

**«O‘ZBEKISTON TEMIR YO‘LLARI»
AKSIYADORLIK JAMIYATI**

TOSHKENT TEMIR YO‘L MUHANDISLARI INSTITUTI

«Temir yo‘llar elektr ta’minoti» kafedrası

«ELEKTROTEXNIKA MATERIALLARI» FANIDAN

MA‘RUZALAR MATNI

TUZUVCHI: SULLIYEV A.X.

TOSHKENT-2018

1-MA'RUZA

ELEKTROTEXNIKA MATERIALLARINING SINFLANISHI

Reja.

1. Kirish. Fanning rivojlanish tarixi va asosiy namoyondalari.
2. Temir yo'lda elektrotexnika materiallari.

Tayanch so'zlar: dielektriklar, yarim o'tkazgichlar, o'tkazgichlar va magnit materiallar, elektr o'tkazuvchanligi o'tkazgich materiallardan

Elektr texnika materiallari fani bo'yicha bajariladigan tajriba ishlari yuqori kuchlanish bilan bog'liq. Yuqori kuchlanish inson hayoti uchun havfli, shu sababli talaba texnika havfsizligi bilan tanishishi shart. Tajriba ishini bajarishdan oldin talabalar shu ishga qarashli yuqori kuchlanishli qurilmalar bilan tanishadilar. Tajriba ishini bajarish uchun o'qituvchidan ruxsat olinadi. Tekshirilayotgan dielektrikni elektrodlar orasiga joylashtirib, keyin yuqori kuchlanish ulanadi. Har bitta tajriba ishi himoya qafaslari bilan jihozlangan bo'lib, texnika havfsizligiga rioya qilinishi kerak¹.

Dielektriklarning muhim xususiyatlaridan biri, uning tashqi elektr maydoni ta'sirida qutblanishidir. qutblanish deganda dielektrikda elektr maydoni ta'sirida zaryadlangan zarrachalarning fazoviy joylashuvini o'zgartirish holati tushuniladi. Elektr maydoni ta'sirida bo'lgan dielektrik ikki vektor qiymati – elektr maydon kuchlanganligi ($\vec{E}$) va qutblanganlik ($\vec{P}$) bilan ifodalanadi. Elektr maydon kuchlanganligi zaryadlangan jism yoki zarrachalarning elektr maydonidagi ta'sir kuchini ifodalaydi. Elektr maydon kuchlanganligi vektorning yo'nalishi sifatida jism nuqtaviy zaryadining musbat kuch chizig'i yo'nalishi qabul qilingan.

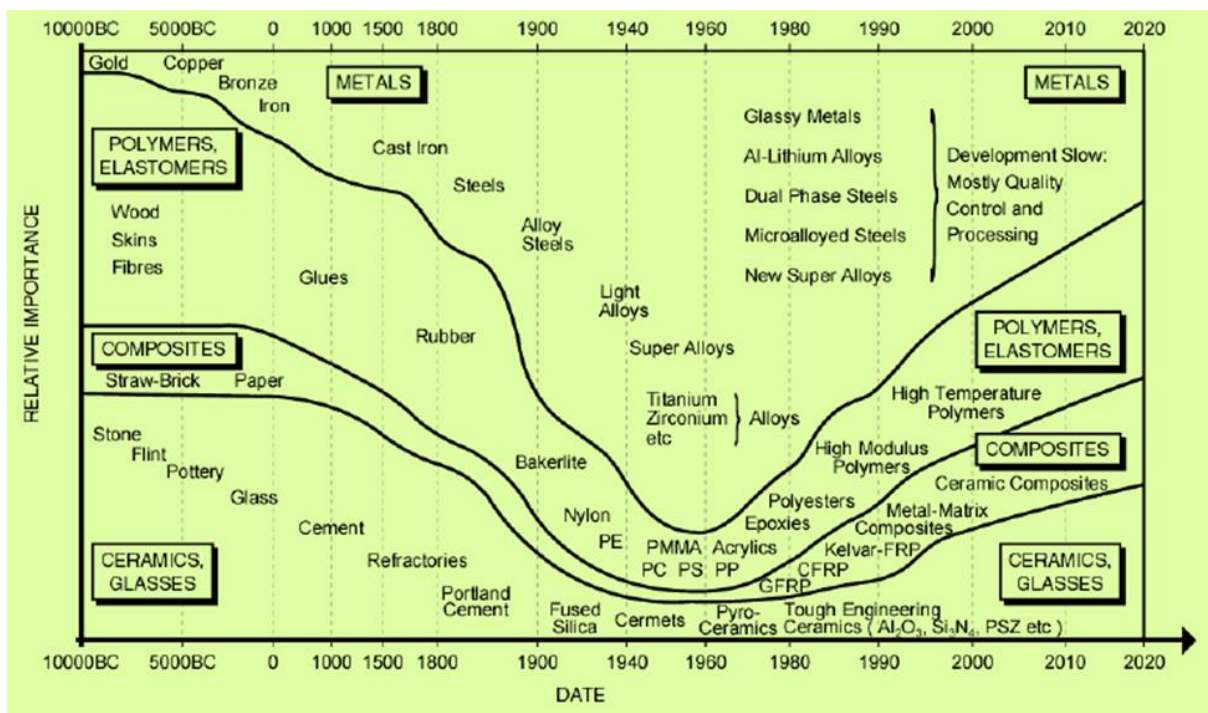
Elektr uskunalarning tok tashuvchi qismlariga bevosita tegib shikastlanish xavfidan tashqari yuqori kuchlanishdan past kuchlanishga o'tishdagi tokdan shikastlanish xavfi ham mavjud.

Yuqori kuchlanish tarmog'idan pastki kuchlanish tarmog'iga o'tayotgandagi xavfdan himoyalaniş neytralni yoki pastki kuchlanish tarmog'i fazasini yerga ulash orqali amalga oshiriladi².

Elektr uskunalarning metall qismlaridan kuchlanish o'tishidan himoyalaniş uchun yerlatkich, nollash yoki ajratish qurilmalaridan foydalaniladi.

¹ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 1-2 bet*].

² [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 3-4 bet*].



Elektrotexnika materiallarining rivojlanishi

Elektr uskunalar korpuslariga tutashuv, ya'ni yerdan izolyasiyalanmagan konstruktiv qismlarga kuchlanish ta'siridagi tok o'tkazuvchi qismlarning tegib qolishi elektr uskunalarining yerga nisbatan kuchlanish ostida qolishiga olib keladi. Bunday hollarda odam yerda yoki polda turgan holda elektr uskunaning shikastlangan joyiga tegib ketsa, u elektr tokidan shikastlanish xavfi ostida qoladi.

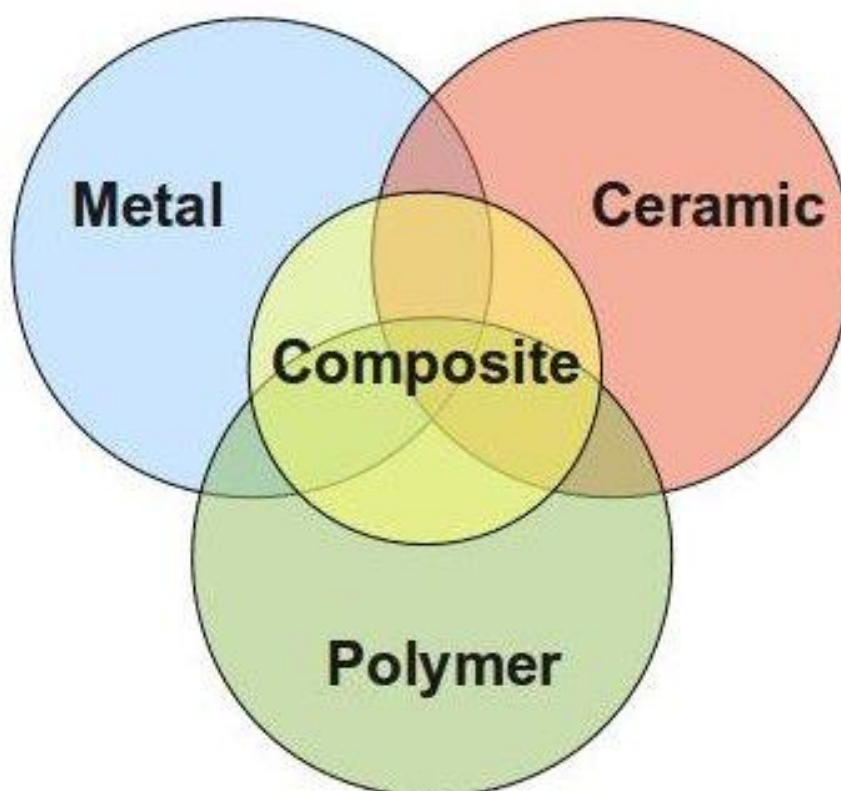
Kuchlanish o'tishi tufayli tokdan shikastlanish xavfini oldini olish uchun elektr qurilmalar konstruktiv qismlarini himoyaviy yerga ulash yoki nollash amalga oshiriladi. Yerlash himoyasi va nollash elektr uskunaning normal holatda kuchlanish ostida bo'lmagan metall qismlariga mis yoki temir o'tkazgichlar orqali yerlatgichga ulanishiga aytiladi³. Izolyasiya shikastlanishi natijasida kelib chiqqan korpusdagi qisqa tutashuv tarmoqqa ulangan yerlatkich o'tkazgichlari orqali o'tadi.

1000 V dan yuqori bo'lgan kuchlanishli elektr qurilmalar uchun asosiy himoya vositalari: kuchlanish ta'siri ish bajarish, vaqtincha yerlatkich va o'lhagich vositalari uchun shtanga; saqlagichni o'rnatish va echish uchun himoyalangan qisqichlar. Qo'shimcha vositalarga quyidagilar kiradi: dielektrik qo'lqoplar, dielektrik tufli va himoya, xususan, qadam kuchlanishidan himoya uchun kovushlar, himoyalovchi tagliklar, dielektrik mat (gilamcha, namat). Barcha himoya vositalari davomiy ko'rikdan o'tkazilib turiladi. Ko'rik davomida yaroqsiz deb topilgani va ko'rikdan o'tkazish muddati o'tib ketgan himoya vositalari darhol foydalanishdan chiqarilishi lozim.⁴

Bundan tashqari, himoya vositalari qobiqlarida biron-bir kamchilik sezilganda, ular navbatdan tashqari ko'rikdan o'tkaziladi.

³ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 3-4 bet].

⁴ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 1-2bet].



Elektrotexnika materiallari namunalari 500 V dan yuqori bo'lgan kuchlanishda sinov shkaflarida sinovdan o'tkaziladi. Ishga tushiruvchi, rostlovchi va o'lchovchi apparaturalar shkafning ustki qismida joylashgan bo'lishi shart.

Faqat shkaf eshiklari yopilgandan so'ng kuchlanish beriladi va ishlashga ruxsat etiladi; eshik ochilganida kontakt bloklari uziladi. Shkaf ko'rikdan o'tkazilayotgan paytda qurilma va o'tkazgichlarga tegib bo'lmaydi. Shkafning metall ustunlari ishonchli yerlangan bo'lishi shart.⁵

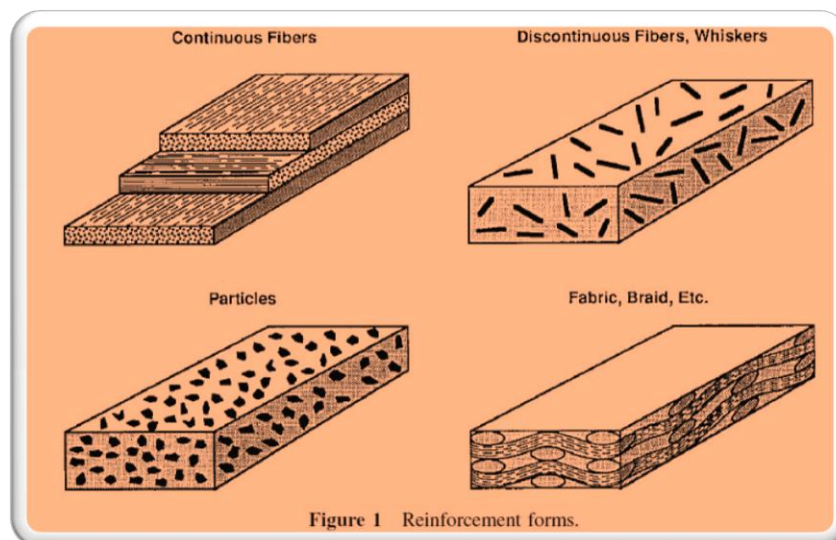
Elektr texnikada vujudga kelayotgan muammolarni ijobiy hal etish uchun yangidan-yangi materiallarni ishlab chiqarish, shu bilan birga mavjud materiallar xossalarini uzluksiz takomillashtirib borish va ularning sifatini yaxshilash kerak bo'ladi. Bu esa yangi texnologiya asosidagi yuqori sifatli elektr texnika materiallari ishlab chiqaruvchi korxonalarni juda tez rivojlantirishni taqozo etadi.

Qo'yilgan maqsadga amaliy ravishda yondoshish uchun qo'llanishi mumkin bo'lgan materiallarning kimyoviy, fizik va mexanik xossalarini chuqur talqin eta bilish kerak. Bunda fan va texnika sohasida erishilgan yutuqlar, olingan ma'lumotlarni talabalarga atroflicha yoritib berish zarur. Zamonaviy elektr texnikada qollaniladigan materiallarni tadqiq etish va yuqorida qayd etilgan maqsadlarga erishish uchun "Elektr texnika materiallari" kursi o'qitiladi.⁶ "Elektr texnika materiallari" o'quv qo'llanmasi talabalarni mazkur fanga oid ma'lumotlar,

⁵ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 3-4 bet].

⁶ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 3-4 bet]

materiallarining elektr texnikadagi o'ri hamda ularning amalda qo'llanilishi bilan tanishtiradi.



“Elektr texnika materiallari” o’quv qo’llanmasi talabalarni mazkur fanga oid ma’lumotlar, materiallarining elektr texnikadagi o’ri hamda ularning amalda qo’llanilishi bilan tanishtiradi.

Hozirgi paytda fan va texnika rivojlangan, texnologik jarayonlar takomillashgan bir vaqtda elektr texnika ham yangi bosqichlarga ko’tarilib, turli xildagi materiallar ishlab chiqarilmoqda va o’zlashtirilmoqda. Ishlab chiqarilayotgan elektr texnika materiallarining yangi xossalarga ega turlari ko’p miqdorda tayyorlanmoqda. Yangi turdagi materiallarni yaratishga ularning fizik, kimyoviy va mexanik xossalarini chuqur o’rganish orqali erishilmoqda.

Elektr texnika uskunalarini loyihalash, ishlab chiqarish va tekshirishda mutaxassis turli-tuman xossaga ega bo’lgan elektr texnika materiallari bilan to’qnashadi. Bu materiallar elektr mashinasi va jihozlarida kuzatiladigan elektromagnit jarayonida ishtirok etadi. Elektr texnika materiallaridan ma’lum darajada elektr, mexanik va magnit xossalar talab etiladi.

Elektr texnika materiallari fanida o’quvchilar e’tiboriga quyidagilar havola etiladi va o’rganiladi: elektr texnika materiallarini o’rganish va tekshirish asoslari; ularning xossalari va tuzilishi; muayyan xossalari orqali materiallarni elektrotexnikada ishlatishni aniqlash va amaliy jihatdan qo’llash⁷.

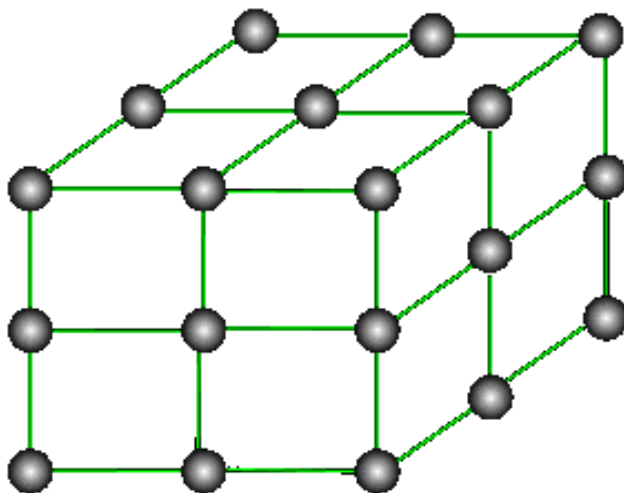
Odatda kristall deganda katta bo’laklar uchun ham, mayda bo’laklar uchun ham bir xil bo’lgan geometrik muntazam shakldagi moddalar tushuniladi. “Kristall” – yunoncha so’z bo’lib, qadimgi yunonlar muzni «kristallos» deb ataganlar, keyinchalik bu so’z bilan tabiiy kvarsni atay boshlaganlar. Vaqt o’tishi

⁷ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 3-4 bet].

bilan bu soʻzning maʼnosi kengaya borib, hamma koʻp qirra koʻrinishga ega boʻlgan tabiiy jismlarni kristall deb atala boshlandi. Hozirda kristall deganda ichki tuzilishi aniq tartibli boʻlgan jismlar tushuniladi. Kristallni hosil qilgan atom, ion yoki molekulalardan iborat elementlar geometrik toʻgʻri, qonuniy va davriy fazoviy panjarani tashkil etadi (rasm-1). Odatda kristallar shartli ravishda real va ideallarga boʻlinadi. Kristall jismlar tuzilish elementlarining fazoda taqsimlanishi tartiblilik bilan amorf moddalardan ajralib turadi. Demak, amorf moddalarning atomlarini fazoda taqsimlanishi tartibsiz boʻlib, ular yaqin tartibga ega boʻladilar.

Agar kub shaklidagi osh tuzi kristallchasini mayda boʻlaklarga boʻlib, bu boʻlakchalarni mikroskop ostida kuzatsak, biz ularning oʻlchamlariga bogʻliq boʻlgan holda kub (yoki bir nechta yopishib qolgan kublar) shakliga ega ekanligini koʻramiz. Agar kristallarning boʻlinish jarayonini fikran davom ettirishni tasavvur qilsak, u holda biz atom (molekulalar yoki ionlar) larning juda kam sonlaridan iborat boʻlgan kristallarning elementar yacheykalariga kelamiz⁸.

Kristallarni oʻrganishning zamonaviy usullari kristallarning elementar yacheykalari ichida zarralar (atom, molekulalar, ionlar)ni qanday joylashganligini bilishga imkon beradi. Rasmda osh tuzi kristallining ichida natriy va xlor ionlarining joylashish chizmasi keltirilgan. Kristall panjarada joylashgan zarralarning oʻrni kristall panjara tugunlari deyiladi.



Biror bir kristallni tashkil etgan elementlar fazoviy panjaraning tugunlarida joylashadi. Bu zarrachalarning issiqlik harakatlari ularni tugunlar atrofida tebranma harakatida namoyon boʻladi va ular zarrachalarning tebranma harakatining markazi hisoblanadi. Harorat ortishi bilan zarrachalar tebranma harakati amplitudasi ortib boradi.

Kristall toʻgʻrisida gapirilganda, uning bir xususiyatini hisobga olish kerak, yaʼni u qanday kattalikka ega boʻlmasin uni bitta juda katta molekula deb qaraladi. Chunki, molekula ikki va undan ortiq atomlardan tashkil topadi. Kristallning amorf jismlardan farqi uning tartibli tuzilishiga ega boʻlganligi uchun u simmetriya qonunlariga boʻysunadi.

⁸ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 2-3 bet].

Quyida kristall tuzilishlardagi ba'zi simmetriya elementlari bilan tanishib chiqamiz:

1. Kristalldan o'tkazilgan to'g'ri chiziqlarning har ikkala tomonidan barobar masofada bir xil geometrik shakllar (tomonlar, burchaklar, nuqtalar, qirralar va cho'qqilar joylashadi)ga bo'ysunuvchi kristall tuzilish ichidagi xayoliy nuqtaga (markaz) egaligi.

2. Kristall yacheyka bir marotaba to'liq aylanganda bir necha marotaba o'zi bilan o'zi ustma –ust tushadi. Bu aylanish o'qiga simmetriya o'qi deb ataladi va n yoki n In xarflari bilan belgilanadi, bunda n – o'qning tartibini ifodalaydi. Bir marta to'la aylanganda kristall tuzilish o'zi bilan o'zi 4 marta ustma-ust tushsa, u holda bu simmetriya o'qi 4-chi tartibli bo'ladi. Umuman bir marta to'la aylanganda « n » marta ustma-ust tushsa, n -chi tartibli simmetriya o'qi deyiladi. Kristallarda faqat ikkinchi, uchinchi, to'rtinchi, beshinchi va oltinchi tartibli simmetriya o'qlari bo'lishi mumkin. Oltinchidan katta simmetriya o'qlari bo'lmaydi⁹.

3. Simmetriya tekisligi kristallni shunday ikki bo'lakka bo'ladiki, ulardan biri ikkinchisining ko'zgudagi aksini ifodalaydi va « r » xarfi bilan belgilanadi.

Kristall tuzilishlar quyidagi turlarga bo'linadi: oddiy, hajmi markazlashgan, yoni markazlashgan. Oddiy kub panjarada, atomlar faqat uning tugunlarida joylashadi. Hajmi markazlashganda esa atomlar uning tugunlaridan tashqari, kubning markazida ham joylashadi, yoni markazlashganda esa, uning tugunlardan tashqari, har bir tomonning markazlarida ham joylashadi. Shu yerda kristall panjaralarning koordinasion sonlari haqida ham aytib o'tish joiz. Kristall panjaradagi hoxlagan atomni eng yaqin bir xil masofada joylashgan atomlarning soniga qarab: I, II, III ... n – koordinasion sonlari deb ataladi.

O'z joyini yo'qotgan atomlar "vakant" joylarga yaqinlashganda, ularning ushlanib qolishi natijasida "vakant" joyni to'ldirishi mumkin. Bu hodisani nuqsonlarning rekombinasiyasi deyiladi. Nuqsonlarning hosil bo'lishidan rekombinasiyalanishigacha o'tgan vaqtni nuqsonlarning yashash vaqti deyiladi. Nuqtaviy nuqsonlar kristall panjaraga begona element atomlari kirib qolganda ham hosil bo'ladi. Bunda begona atom tugunlarning biriga(11-a rasm) yoki ularning oralig'iga joylashishi(11-b rasm) mumkin. Natijada kristallning shu joyi deformasiyalanadi.

Bosma plata uchun bazis materiallar

Bazis materiallardan past kuchlanishli asboblarda va radiotexnika apparatlarida, hisoblash texnikasida, elektronika, telefoniya va boshqa sohalarda qo'llaniladigan bosma plata ishlab chiqarishda foydalaniladi.

Ilgarilari bosma plata uchun bazis materiallar sifatida zarlangan (folgalangan) materiallar qo'llanilib, ular (qatlamli plastmassa yoki sintetik pardadan tayyorlanib, varaqning bir yoki ikkala yuzasi qalinligi 35 mkm dan ortiq metall zarqog'ozi bilan qoplanardi. Keyingi paytda metall qoplama qalinligi 5 mkm gacha kamaytirilib, material yuzasiga qoplama subtraktiv (metall qoplama selektiv

⁹ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 3-4 bet*].

ravishda yupqalashtiriladi) uslubning yarim additiv va additiv (mis qatlam galvanik usulda yotqiziladi) usullari qo'llanilmoqda¹⁰.

Bazis materialning bir yoki ikki yuzasiga misni kimyoviy hamda galvanik usullarda yotqizib (zarlab), bosma plata ishlab chiqarish mumkin. Zar qoplash aralash usulida ham amalga oshiriladi.

Qoplash uchun izolyatsiya yuzasi tekis bo'lishi, metall o'tkazgich sifatida elektrolitik misli zarqog'oz qo'llanilishi va buni asos bilan (izolyatsiya varag'i) biriktirishda turli xil yelim va adgezivlar qo'llanilishi mumkin. Odatda, biriktiruvchi yelim yuzaga 40-50 mkm qalinlikda maxsus mashina yordamida surtiladi.

Yuqori chastotali asboblarda uchun bazis materiallar getinaks asosida tayyorlanib, ularning yuzasiga elektrolitik mis qoplanadi. Bunday plata varag'i qalinligi 1-3 mm, o'lchami kamida 800x900 mm qilib tayyorlanadi.

Zarlangan shisha-tekstolit (shisha tola termoreaktiv bog'lagich bilan shimdiriladi) yuzasiga misli zarqog'oz qoplangan hollardagi varaq qalinligi 1,5 mm gacha, o'lchami kamida 600x700 mm qilib olinadi. Zarlangan SFT-230 navli dielektrikning qalinligi 0,13-2,5 mm, o'lchami kamida 400x600 mm, FDG navli zarlangan dielektrikning qalinligi esa 1,5-2 mm, o'lchami kamida 200x250 mm, SONF navli shisha-tekstolit qalinligi 0,8-3 mm, o'lchami kamida 400x600 mm, FDME navli shisha tekstolit qalinligi 0,1-0,15 mm, o'lchami esa kamida 400-600 mm qilib olinadi¹¹.

Issiqqa bardoshli SGPA-5-1, STPA-5-2 navli shisha-tekstolitlar (qatlami shisha to'qimasi asosidagi) 0,1-2 mm qalinlikda, o'lchami esa kamida 400x600 mm bo'ladi. Zarlangan LF-1 navli lavsan (polietilen tereftalat asosidagi) yuzasiga 35 mkm qalinlikdagi elektrolitik mis zarqog'ozi yopishtiriladi. Zarlangan PF-1 navli bosma platasi poliimid asosida tayyorlanadi.

Ko'p qatlamli bosma platasiga SP-1, SP-2, SPT-3, STP-4, SPO, SPS navli shisha to'qima asosida tayyorlangan materiallar misol bo'la oladi. Ularning qatlamlarini bosim ostida yelimlab, o'zaro biriktiriladi va misli zarqog'oz ularning yuzasiga yopishtiriladi.

Yuqori chastotali asboblarda FLAN navli arilaks bilan to'yintirilgan, zarlangan dielektriklar qo'llaniladi. Ushbu, dielektrik materiallarning qalinligi 1-2 mm, o'lchami 260x340 mm, zarqog'oz qalinligi 35 mkm qilib olinadi. Shu chastotalarda ishlovchi asboblarda polikarbon bilan to'yintirilgan, zarlangan varaqsimon materiallar ham ishlatiladi. Ularning ko'rsatkichlari quyidagicha: $\epsilon_r=2,8$; $\text{tg}\delta=(1,5\div 5)\cdot 10^{-3}$ (chastotasi 10^{10} Gs); $\rho\approx 10^{12}$ Om·m; $\rho_s\approx 10^{11}\div 10^{12}$ Om·m.

¹⁰ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 5-6 bet].

¹¹ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 5-6 bet].

Elastomerlar

Kauchuk asosidagi materiallar va xossalari jihatidan unga yaqin bo'lgan moddalar elastomerlar deb ataladi. Texnikaning turli sohalarida va kundalik hayotda elastomerlardan keng foydalaniladi. Tabiiy kauchuk (TK) tropik iqlim sharoitida o'sadigan kauchuk daraxtining sharbati (lateks)dan, ajratib olinadi. Kauchuk $+50^{\circ}\text{C}$ da yumshaydi va yopishqoq bo'ladi, past haroratda esa mo'rt holatga o'tadi. Kauchukning benzindagi eritmasidan rezina yelimi olinadi. Kauchuk tarkibiga oltingugurt kiritib, vulkanizatsiya qilinsa, kauchukning harorat chidamliligi ortib, mexanik mustahkamligi ko'tariladi. Kauchuk tarkibidagi oltingugurtning miqdori 1-3% bo'lsa, yumshoq rezina (qayishqoq va cho'ziluvchan), oltingugurt miqdori 30-35% bo'lganida esa qattiq rezina ebonit) olinadi¹².

Rezina va ebonit tayyorlashda kauchuk va oltingugurtdan tashqari, rezinali aralashma tarkibiga to'latuvchilar (bo'r, talk), katalizator va boshqa qo'shimchalar ham kiritiladi.



Rezina elektr texnikada keng qo'llaniladi. Undan sim va kabellar yuzasini izolyatsiyalashda qoplovchi sifatida, shuningdek himoya qo'lqopi, kalishlar, gilamchalar tayyorlashda foydalaniladi.

Sof kauchuk qutbsiz dielektrik material bo'lib, uning dielektrik xossalari quyidagicha: $\epsilon_r=2,4$; $\text{tg}\delta=0,0002$; $\rho=10^{14}$ Om·m. Elektr izolyatsiyasida ishlatiladigan rezinaning dielektrik xossalari rezinali aralashma va ishlab chiqarish texnologiyasiga bog'liq ravishda quyidagicha bo'ladi: $\epsilon_r=3-7$; $\text{tg}\delta=0,02-0,1$; $\rho=10^{13}$ Om·m; $E_T=20-30$ MV/m.

¹² [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 5-6 bet].

Rezina yaxshi dielektrik bo'lgani bilan, issiqlik, yorug'lik va ultrabinafsha nurlari ta'sirida tez eskiradi. Rezina o'zidan elektr tokini o'tkazmaydi. Agar uning tarkibiga ko'mir kukuni kiritilsa, elektr tokini yaxshi o'tkazadi. Bunday rezinalar mashina, konstruktsiya, uskunalarda paydo bo'ladigan zaryadni o'zi orqali yerga tez o'tkazib yuboradi¹³.

Sintetik kauchuklar (SK) kabel sanoatida izolyatsiya va himoya qoplamasi sifatida keng qo'llanilmoqda. Ularni tayyorlashda spirt, neft va tabiiy gazdan foydalaniladi.



Butadienli kauchuk (SK) yaxshi elektr izolyatsiya va elastiklik xossalariga ega bo'lib, butadien (divinil)ni polimerlash orqali olinadi. Uning dielektrik xossalari quyidagicha: $\epsilon_r=2,3$; $\text{tg}\delta=0,008$; $\rho=8,5\cdot 10^{11} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_T=42 \text{ MV/m}$. Butadienli kauchukning yuqori ish harorati $60\div 65^\circ\text{C}$.

Butadien-stirolli kauchuk (SKS) butadien va stirolni birgalikda polimerlash natijasida olinadi. U xossalari jihatidan TKga yaqin bo'lib, dielektrik ko'rsatkichlari quyidagicha: $\epsilon_r=2,3$; $\text{tg}\delta=0,003$; $\rho=1,1\cdot 10^{13} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_T=46 \text{ MV/m}$. Butadien-stirolli kauchukning zichligi 940 kg/m^3 , ish harorati $-35\div +65^\circ\text{C}$ undan kabel izolyatsiyasida qoplama sifatida foydalaniladi¹⁴.

Butilkauchuk izobutileni izopren bilan birgalikda polimerlash orqali ishlab chiqariladi. Uning zichligi 930 kg/m^3 , ish harorati $-40\div +105^\circ\text{C}$, dielektrik xossalari: $\epsilon_r=2,4$; $\text{tg}\delta=0,004$; $\rho=2,1\cdot 10^{13} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_T=22 \text{ MV/m}$.

Kremniy organikli kauchuk tarkibida kremniy va organik radikallar bo'lib, yuqori darajada egiluvchan va yaxshi dielektrik xossalariga ega. U suvda, namlik sharoitida va past bosimda ishlashi bilan birga, moy va ishqor ta'siriga ham

¹³ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 5-6 bet].

¹⁴ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 5-6 bet].

chidamlidir. KO kauchukning zichligi 2000 kg/m^3 , dielektrik xossalari: $\epsilon_r=2,9$; $\text{tg}\delta=0,008$; $\rho=1,2 \cdot 10^{12} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_T=29,3 \text{ MV/m}$.

Nazorat savollari

1. Oddiy holatda qaysi kuchlanish xavfli hisoblanadi?
2. Qanday miqdordagi tok o'limga olib keladi?
3. Fibrilyasion tok nima?
4. Himoya vositalarining ko'rikdan o'tkazish muddatlarini aytib bering?
5. Qanday plakatlarni bilasiz?
6. Tokdan shikastlangan odamga birinchi yordam ko'rsatish tartibini so'zlab bering?
7. Elektroizolyasion materiallar necha turga bulinadi?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 1-6 bet

2-MA'RUZA

ELEKTROTEXNIKA MATERIALLARINING SINFLANISHI

Reja:

1. Elektrotexnika materiallari elektr va magnit xossalari.
2. Elektrotexnika materiallari klassifikatsiyasi.

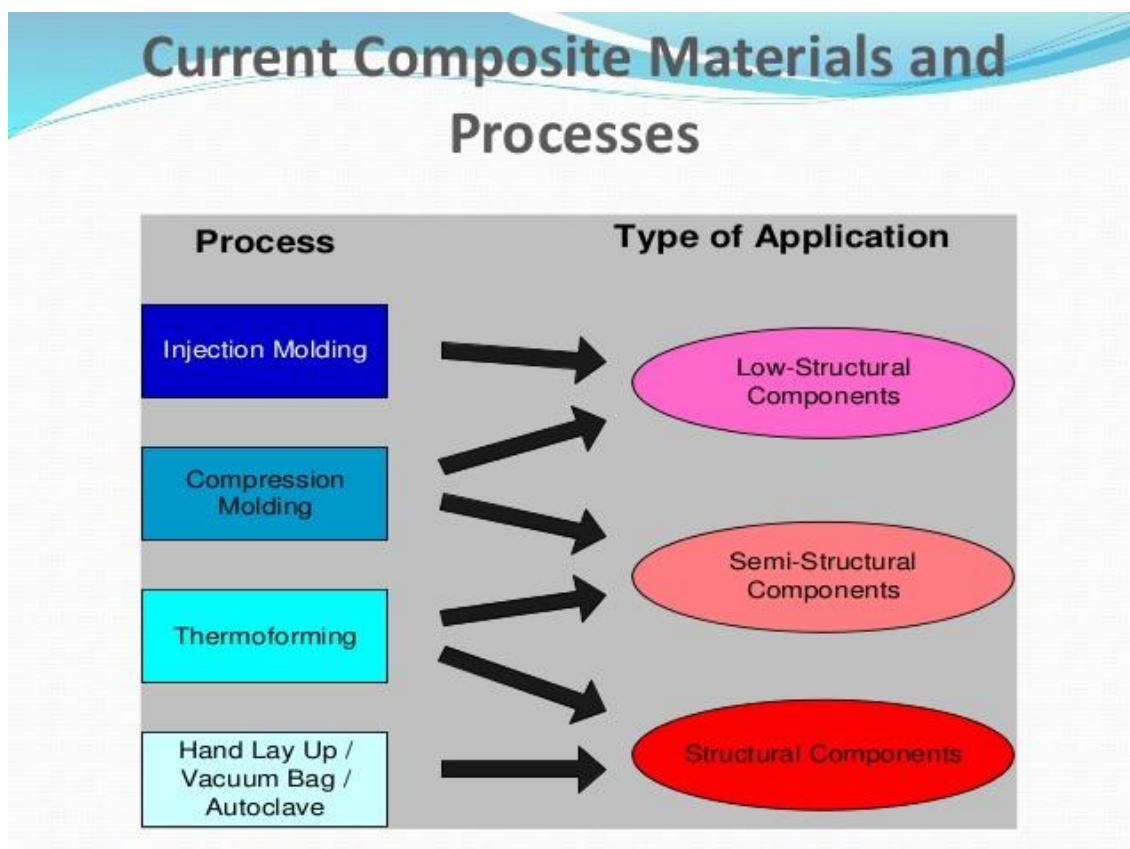
Elektr texnika materiallari asosan 4 turga - o'tkazgich, dielektrik, yarim o'tkazgich va magnit materiallariga bo'linadi. Elektr stansiyalarida ishlab chiqarilgan elektr tokini havo va kabel orqali uzatuvchi uzatgichlar bilan iste'molchilarga yetkazib berishda o'tkazuvchi materiallar ishlatiladi. Bu materiallar katta elektr o'tkazuvchanlikka ega sof metallardan tayyorlanadi.

Agar metallarning qarshiligi katta bo'lishi talab etilsa, u holda metallar aralashmasidan iborat qotishmalardan foydalaniladi.

Izolyatsion materiallar yoki dielektriklar apparat uskunalarda elektr toki oqimini cheklash uchun ishlatilgani sababli, ular juda katta elektr qarshilikka ega bo'lishi shart. Dielektrik sifatida juda ham ko'p turdagi organik va anorganik materiallar qo'llaniladi. Bu materiallar gaz, suyuq va qattiq agregat holatda bo'lishi mumkin¹⁵.

¹⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 6-7 bet].

Yarim o'tkazgichlar o'zining elektr o'tkazuvchanligi jihatidan o'tkazgich bilan dielektrikl orasida joylashgan bo'lib, zamonaviy texnikada keng qo'llaniladi. Materiallarda yarim o'tkazuvchanlik xossalari, ko'pincha, tayyor mahsulot olish paytida hosil bo'ladi.



Magnitli elektrotexnika asbob-uskunalarida magnit oqimini hosil qilish yoki o'tkazish maqsadida magnit materiallari qo'llaniladi. Bu materiallardan ma'lum darajada magnit xossalari talab etiladi. Bu xususiyat temir yoki uning turli (nikelli, kobaltli va hokazo) qotishmalarida mavjuddir.

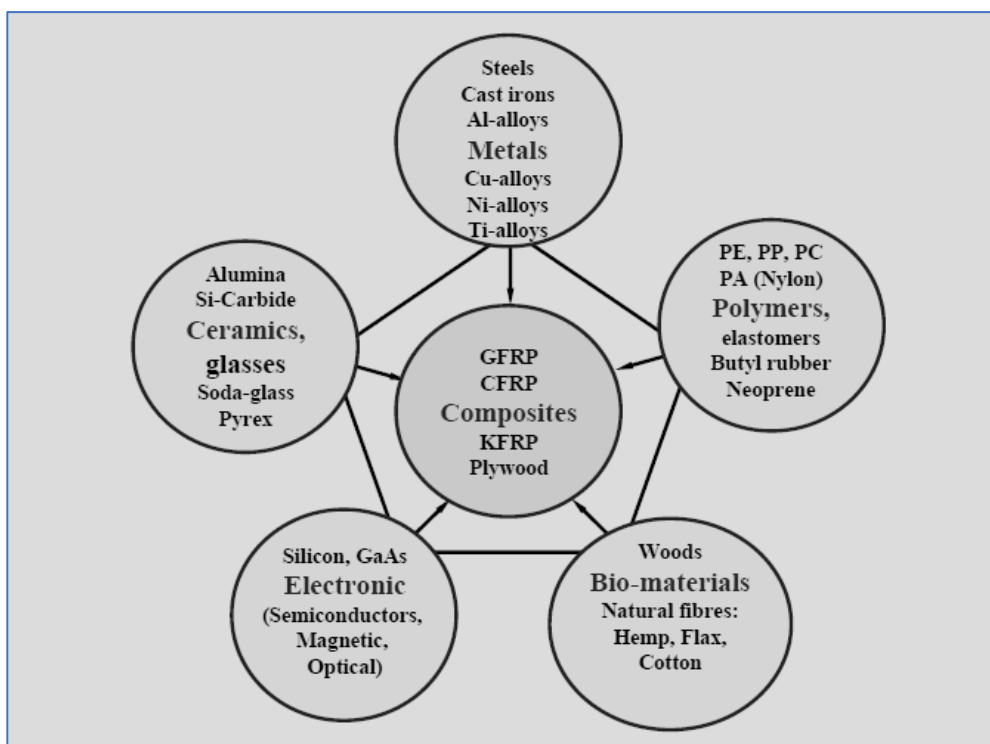
Elektr texnikaning rivojlanishi elektr texnika materiallariga bog'lig bo'lib, u o'z navbatida yangi xossali materiallar ishlab chiqish kerakligini taqozo etadi. Xossalari yaxshilangan, issiqqa chidamli izolyatsiya va magnit materiallari kichik hajmli, yengil va ixcham elektr mashina va apparatlarni yaratish imkonini beradi. Yuqori ish haroratiga ega bo'lgan yangi turdagi dielektriklar aviatsiya, raketa texnikasida va boshqa sohalarida ishlatilmoqda¹⁶.

So'nggi paytda ko'plab ishlab chiqarilayotgan yangidan-yangi sun'iy materiallar xalq xo'jaligining turli sohalarida, jumladan, elektrotexnikada keng miqyosda qo'llanilmoqda.

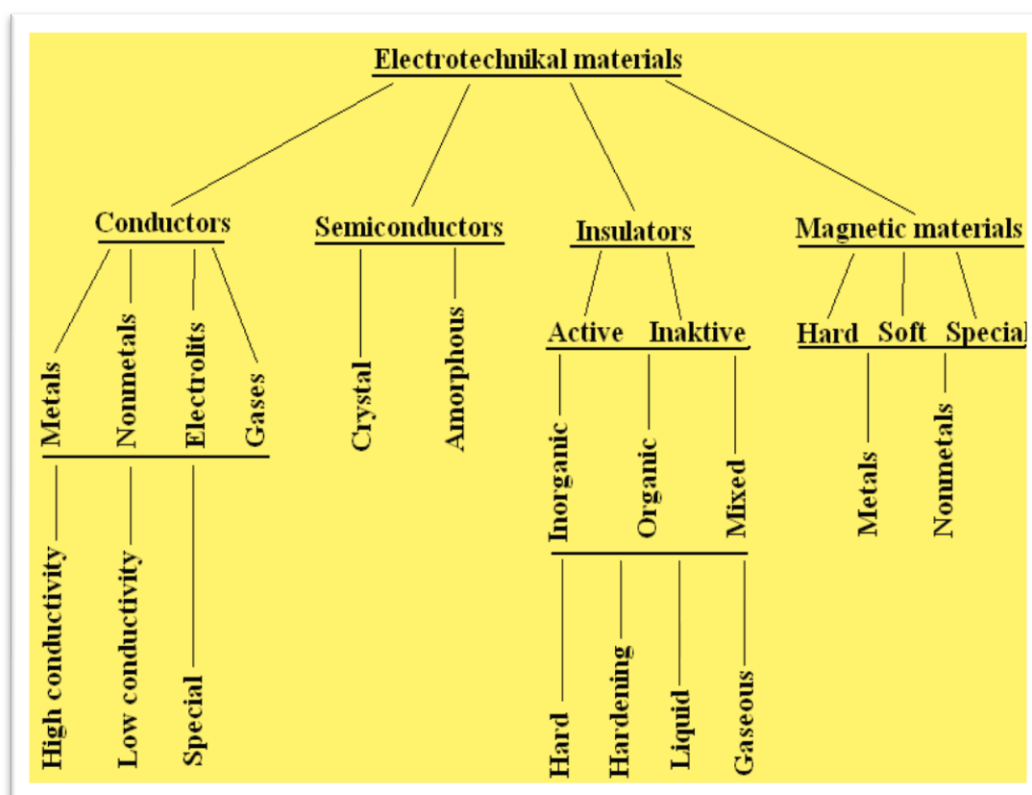
Hozirgi davrda o'z ish faoliyatini yuqori darajada bajarib, xalq xo'jaligini sifatli kabel mahsulotlari bilan ta'minlayotgan "O'zkabel" DAJ ishlab chiqarish korxonasida dielektrik va o'tkazgich materiallar ko'p ishlatiladi. Bulardan

¹⁶ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 6-7 bet].

asosiysini polietelen va mis tashkil etadi. Bo'lajak mutaxassislar uchun elektr texnika materiallarini chuqur o'rganish katta amaliy ahamiyatga ega.¹⁷



Dunyodagi mavjud materiallar



¹⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 6-7 bet]



Yog'och va qog'ozlar

Bu materiallarning asosini o'simliklar tarkibidagi organik moddalar tashkil etadi. Elektr texnikada dastlabki elektr izolyatsiya materiallaridan foydalanilgan. Yog'ochning tola yo'nalishi bo'yicha elektr mustahkamligi uning ko'ndalang kesim yo'nalishiga nisbatan 3-4 barobar, qarshiliklari esa 10 barobar kichikdir.



Quruq holatdagi yog'ochning zichligi $400-800 \text{ kg/m}^3$ oralig'ida bo'ladi. Yog'ochning zichligi qancha yuqori bo'lsa, uning mexanik mustahkamligi tola yo'nalishiga qarab turlicha bo'ladi. Uning tola yo'nalishi bo'yicha mexanik mustahkamligi shu tolaga ko'ndalang yo'nalishdagiga nisbatan ancha yuqori bo'ladi. Yog'ochning asosiy kamchiliklari quyidagilardan iborat: yuqori darajada gigroskopiklik; issiqlik yoki alanga ta'siriga chidamsizlik; o'z xossalarini tashqi ta'sir natijasida keskin o'zgartirishi va hokazo.

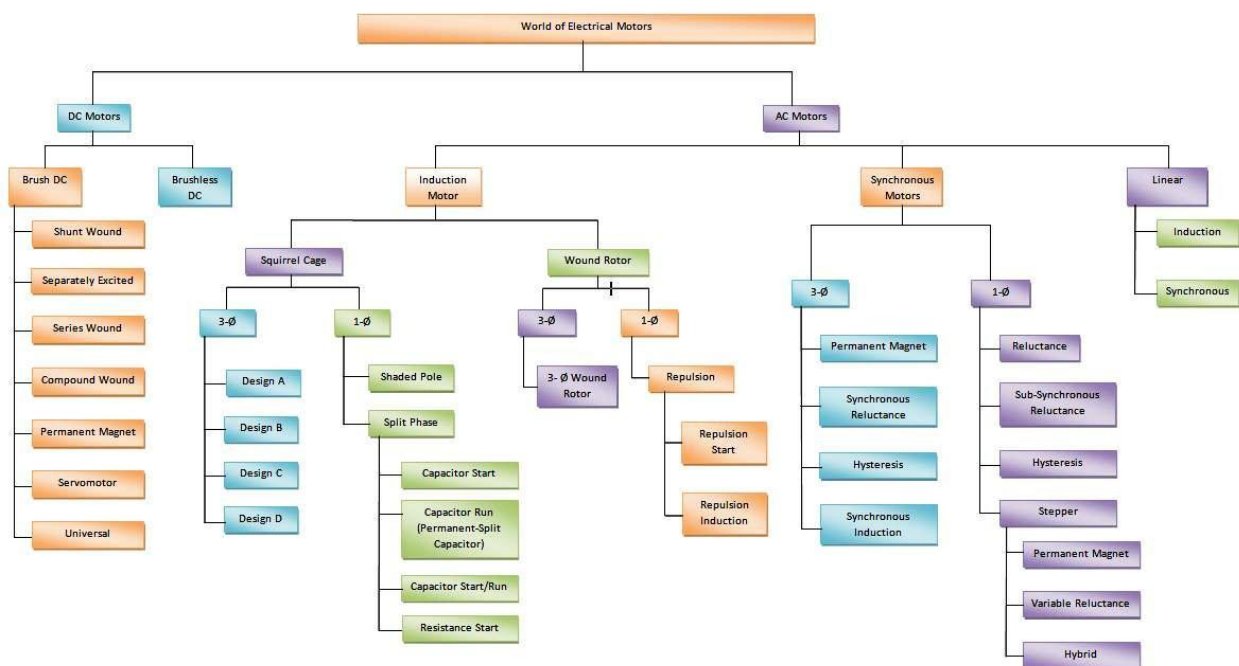
Yog'ochning dielektrik va mexanik xossalari unga moy, qatron kabi shimiluvchi suyuqliklar shimdirish orqali yaxshilanadi. Quritib shimdirilgan yog'och o'zining elektrik va mexanik mustahkamligini oshiradi. Uning izolyatsion

xossalari shimdiriluvchi modda turi (parafin, alif, neft moyi, sintetik qatron)ga bevosita bog'liq bo'ladi. Yog'ochning gigroskopikligini kamaytirish uchun unga moy shimdirishning o'zigina yetarli bo'lmaydi. Shuning uchun moy shimdirilgandan so'ng material yuzasi qo'shimcha ravishda loklanadi. Transformatorlarda elementlarni biriktirish maqsadida oq qayin, qayin va butadan tayyorlangan yog'och materiallar ishlatiladi.¹⁸ Aloqa va elektr energiyasini uzatish liniyalarida yog'ochdan tayyorlangan tayanchlar ishlatiladi. Yog'ochlardan, shuningdek o'chirgich, uzgich, transformator va boshqa elektr apparatlarida, elektrtexnikada texnika xavfsizligini ta'minlovchi qurilmalarda foydalaniladi.

Tarkibi, asosan, sellyulozadan iborat, qisqa tolali varaqsimon yoki o'ramli materiallarga qog'oz va karton kiradi. Qog'oz ishlab chiqarish uchun yog'och sellyulozasidan foydalaniladi. Elektr izolyatsiyasida qo'llaniladigan qog'oz tayyorlashda sulfat va natron sellyulozasi ham ishlatiladi. Elektr izolyatsiya qog'ozi va karton ishlab chiqarishda yog'ochga maxsus kimyoviy ishlov beriladi va undan lignin, mineral tuz va yelim kabi birikmalar chiqarib yuboriladi. Natijada sellyuloza tolalari sof holda ajratib olinadi. Mexanik ishlov berib maydalangan sellyulozaning suvdagi eritmasi aylanuvchan jo'valarga quyilib, yuqori haroratda quritiladi. Qog'oz o'ramga tortib o'ralayotganda tolalar, asosan, o'ram mustahkamligi uning uzunligi bo'yicha, eniga nisbatan birmuncha ortadi.

Kabel qog'ozlari K, KM, KV, KVMU navlarda ishlab chiqariladi, bunda K-kabel, M-ko'p qatlamli, V-yuqori kuchlanishli, U-kuchaytirilgan ma'nolarini ifodalaydi. K va KM navli qog'ozlar kuchlanishi 35 kV gacha bo'lgan kabellarda, KV va KVU navlilari kuchlanishi 35 kV dan yuqori hamda KVM va KVMU navlilari kuchlanishi 100 kV dan yuqori bo'lgan kabellarda qo'llaniladi. Kabel qog'ozlarining qalinligi 70-170 mkm, zichligi 760-1000 kg/m³.

¹⁸ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 6-7 bet].



Qog'ozning zichligini oshirish hisobiga uning qalinligini kamaytirish mumkin. Materialning dielektrik singdiruvchanligi qog'oz va unga shimdirilgan moy turiga bevosita bog'liq bo'ladi.

Telefon qog'ozi KT va KTU navlarda ishlab chiqarilib, ularning qalinligi 50 mkm, zichligi ko'pi bilan 800 kg/m^3 ni tashkil etadi. Telefon qog'ozlari sarg'ish, qizil, ko'k yoki yashil ranglarda bo'ladi.

Kondensator qog'ozi asosan ikki xilda (oddiy kondensator qog'ozi va siliKon) ishlab chiqariladi. Silikon katta quvvatga ega kondensatorlarda qo'llaniladi. Kondensator qog'ozlarining zichligi $800\text{-}1250 \text{ kg/m}^3$, qalinligi 4-30 mkm, o'ramining eni 12-490 mm atrofida bo'ladi. Bunday yupqa qog'oz ishlatish natijasida katta solishtirma sig'imli kondensatorlar yaratish imkoni tug'iladi¹⁹.

Karton, asosan, qalinligi jihatidan (0,2-6 mm) odatdagi qog'ozlardan farq qiladi. Izolyatsiya kartonlari ikki turda (havo muhitida ishlashga mo'ljallangan g'ovaksimon va uncha zich bo'lmagan kartonlar) ishlab chiqariladi. G'ovaksimon karton o'ziga moyini yaxshi shimib oladi va bunda uning elektr mustahkamligi pasaymaydi. Kartonlar varaq holida (o'lchami 3x4 m gacha) yoki o'ramlarda (eni 1 gacha) ishlab chiqariladi. Ulardan elektr mashina, transformator va boshqa elektr apparatlarining izolyatsiyasida foydalaniladi. Pishiq qog'oz yupqa qog'ozlardan tayyorlanib, iliq ruh xloridi eritmasidan o'tkaziladi va kerakli qalinlikka erishilguncha po'lat jo'valarga o'ralaveradi. So'ngra pishiq qog'oz jo'valardan kesib olinib, yaxshilab suvda yuviladi va bosim ostida ishlov beriladi. Varaqsimon pishiq qog'oz (FE) qalinligi 0,6-12 mm, uzunligi 0,85-2,3 m va eni 0,55-1,4 m qilib tayyorlanadi hamda unga qora, qizil, kulrang va boshqa ranglar beriladi.

¹⁹ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 6-7 bet].

Namlangan pishiq qog'ozga turli shakl berish mumkin. Pishiq qog'oz elektr mashina va apparatlarining konstruksiya materiallari sifatida ham qo'llaniladi.

Gazsimon dielektrlarga barcha gazlar, tabiiy havo, gaz va suv bug'i aralashmasi ko'rinishidagi gazlar kiradi. Ko'pincha gazlar dielektrik sifatida gaz to'ldirilgan kondensatorlar va ulagichlarda qo'llaniladi. Havo barcha elektr qurilmalarini o'rab turganligi uchun dielektrik sifatida ishonchli ishlashlarini ta'minlaydi. Havoda ochiq simlar havo qatlami buzilganda, namlik ortib ketganda, binafsha cho'g' ko'rinishida toj hosil bo'lib, energiya isrofini yuzaga keltiradi²⁰.

Har qanday gazlarda ham elektr kuchlanganligi ta'sirida zaryadlangan zarralar (elektron, ion) bo'lib betartib xaotik harakatda bo'ladi. Tashqi ionizator (kosmik, quyosh nuri, yerning radioaktiv) nur ta'sirida gazlarning zaryadlangan zarralari ko'pincha energiya olib, ya'ni gazlarning valentli elektronlari o'zlarining atomlariga uzatadi, natijada musbat ionlar hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan elektronlar o'zlarini erkinligini uzoq saqlashi mumkin, yoki ma'lum muddatdan so'ng atomga birikib manfiy ion yuzaga kelishi mumkin.

Betartib issiqlik harakatida elektronlar bilan musbat ionlar ta'sirlashib neytral atom yoki molekula hosil qiladi. Bu jarayon tiklanish yoki generatsiya deyiladi. Agar metallar elektrodlar orasida gaz joylashtirilsa, elektr maydoni ta'sirida yo'nalish bo'ylab zaryadlangan zarralar bir qutbdan ikkinchi elektrod tomon harakat qiladi. Natijada bir elektroddagi elektron va ionlar ikkinchi elektrodga aralashadi va tok oqib o'tadi. Tok qanchalik katta bo'lishi vaqt birligida zaryadlangan zarralarning o'tishiga bog'liq²¹.

Gazlardagi qutblanishning zarbali ko'rinishining o'sishi teshilishga olib keladi. Teshilish vaqtida tok I tezlik bilan o'sib, kuchlanish U_0 intiladi. □

$$U_{pr}=A \cdot r \cdot h$$

Gazlarda teshilish yoy shaklida kuzatilib, teshilishning kuzatilishi **Pashen qonuni** yuqoridagi ifoda asosida aniqlanadi.

A - koeffitsiyent

R - gaz bosimi (Pa)

h - elektrodlar orasidagi masofa (M)

Formuladan ko'rindiki, $U_{pr}=f(r,h)$ nominal bosim sharoitida 1sm elektrodlar orasidagi masofa uchun havoning elektr mustahkamligi 3 mV/m ga teng. Bular orasida izolyatsiya sifatida tabiiy havo muhim o'rin tutadi. Har qanday elektr qurilmalarida izolyatsion material bilan yurituvchi qism orasidagi havo izolyatsiya vazifasini o'taydi. Elektrotexnikada gazlar siqilgan ko'rinishda kichik haroratlarda ko'p foydalaniladi (bunday qurilma krioelektrotexnika deyiladi).

²⁰ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 8-9 bet].

²¹ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 8-9 bet].

Azot ham havo bilan elektr mustahkamligi bir xil, lekin kam qo'llanilishi sababli tok o'tkazuvchi qismlar bilan doimiy ravishda tasirlashib turishi natijasida yemirilish hosil qiladi.

Tarkibida kislorod yo'q, shuning uchun tegib turgan materiallar oksid hosil qiladi. Elektrotexnikada vodorod katta ahamiyatga ega. Yuqori issiqlik o'tkazuvchanligi uchun generatorlarni, sinxron kompensatorlarni sovitishda keng foydalaniladi, ya'ni havo o'rniga vodorodni sovitishda rotordagi quvvat yo'qolishi kamayadi, chunki bu yo'qolishni gazning zichligiga yaqin, yana generator sinxron kompensatorda, vodorodli atmosferada schyotkalarining aylanishi yengil bo'lib, F.I.K yuqori bo'ladi.

Suyuq dielektrlardan asosan neft moyi - transformator moyi hisoblanadi. Moyli transformator, ulagichlar, reaktorda izolyasiya sifatida qo'llanilish xossasi, elektr chidamligi yuqori. Bunday moylar neftni pog'onali haydash yo'li bilan tarkibidagi turli aralashmalarni qaynatish, tozalash yo'li bilan olinadi²².

Normal sharoitda standart bo'yicha:

Kinematik yopishqoqligi 17-18.5 mm/s 20 °C

6.5-6.7 mm/s 50 °C

bug'ining yonish harorati 135-140 °C

qotish harorati 45 °C

Bir necha tonnasi bo'lsa, yonishga xavfi yuzaga keladi.

Qotish harorati asosiy faktorlardan biri bo'lib, ochiq transformatorli yordamchi stansiyalarda, sovuq yuqori bo'lgan joylarda, misol uchun moyli ulagichlarda alohida arktik moy (ATM-65, ya'ni 70 °C) dan foydalaniladi.

PTE talabi asosida elektrostansiya va podstansiyalar uchun transformator moyining elektr mustahkamligi normallashtirilgan.

Diametri 25 mm metall diskli elektrodlar orasi 2,5 mm bo'lib, 50 Gs li chastotadagi tegishli kuchlanishda bir necha bor nazorat o'tkazilib normallashtiriladi.

Suyuq dielektrlar

Neft mahsulotlaridan ishlab chiqarilgan izolyasiya mollari o'zining afzalligi bilan birga ba'zi bir kamchiliklar: eskirish, chaqnash va alangalash xavfi, portlash ham holi emas. Ana shu sababli, yuqori qiymatli dielektrik singdiruvchanlikka erishish maqsadida suyuq sintetik dielektrlar ishlab chikarildi. Bunga misol qilib, keng miqiyosda qo'llanilayotgan xlorlangan ugluvodorodlarni olish mumkin. Turli xil ugluvodorodlar molekulalaridagi vodorod atomi o'rniga xlor atomini kiritish orqali xlorlangan ugluvodorodlar, ya'ni xlorlangan difenil olinadi.

1-jadval

Ba'zi sintetik dielektrlarning fizik va kimyoviy xossalari:

Ko'rsatkichlar	Trixloridifenil	Soatol - 10	Geskol
----------------	-----------------	-------------	--------

²² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. bet].

Zichligi, kg/m ³	1360	111510	1640
Kinematik qovushqoqligi, 10 ⁻⁶ m ² /s	40-70	650	3,5-4,0
Qotish harorati, °C	-19	-6	-60

Xlorlangan difenil tarkibidagi xlor miqdori 43% dan 67% gacha oshirilsa, quyuq yoki mumsimon modda hosil bo‘ladi²³. Vodorod atomi o‘rnidagi xlor atomlarining miqdori oshirilishi natijasida modda quyuqlashib, zichligi ortadi va uning qotish harorati pasayadi (1-jadval):

Lokli matolar

Elektr izolyatsiya loki shimdirilgan, egiluvchan ip-gazlama yoki shoyi matolar lokli matolar deyiladi. To‘qilgan mato, asosan, mexanik mustahkamlikni ta‘minlasa, undagi lok pardasi esa materialning elektr mustahkamligini ta‘minlaydi. imkon yaratish bilan birga, yuqori elektr mustahkamlikni ham ta‘minlaydi²⁴.

Mazkur loklangan matolarning yuqori ish harorati 105°C ga tengdir. So‘nggi paytlarda kapron va shisha tolalari asosidagi lokli matolar ham elektr izolyatsiyasida keng qo‘llanilmoqda.

Ochiq rangli lokli matolarning ip-gazlama asosidagisining elektr mustahkamligi 35-50 MV/m, shoyi asosidagisining 55-90 MV/m. zichligi mos ravishda birinchisida 1100 kg/m³, ikkinchisida 900-1000 kg/m³ ga teng. Ochiq rangli loklangan matolar organik erituvchilar ta‘siriga chidamli, lekin issiqlik ta‘sirida eskirishi mumkin. Qora rangli loklangan matoning gigroskopikligi kichik bo‘lib, organik erituvchilar ta‘siriga chidamsizdir.

Loklangan matolar eni 700-1050 mm bo‘lgan o‘ramlar holida ishlab chiqarilib, ularning qalinligi: ip-gazlama matolarda 0,15-0,30 mm, shoyi matolarda 0,04-0,15 mm, kapronida 0,10-0,15 mm atrofida boladi²⁵.

Mahsulotning tannarxini pasaytirish maqsadida ip-gazlama va shoyi materiallar loklangan qog‘oz bilan almashtiriladi. So‘nggi paytlarda uskunalar izolyatsiyasida loklangan mato yoki loklangan qog‘oz o‘rniga sintetik plyonkalar ishlatilmoqda.

²³[T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 8-9 bet*].

²⁴ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 10-11 bet*].

²⁵ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 11-12 bet*].

HAZARDOUS MATERIALS LABEL IDENTIFICATION SYSTEM

HAZARDOUS MATERIALS CLASSIFICATION		HAZARDOUS INDEX RATINGS FOR CONTAINER LABELING			
OXIDIZER	INDEX RATING GUIDE FOR THE DEGREE OF HAZARD FOR EACH CATEGORY	HEALTH HAZARD	FIRE HAZARD	INSTABILITY	TARGET ORGAN
ACID	4 SEVERE HAZARD	4-SEVERE HAZARD-SPECIAL FULL BODY SUIT MUST BE WORN	4-EXTREMELY FLAMMABLE, FLASH POINT BELOW 73°F	4-MAY EXPLODE UNDER NORMAL CONDITIONS	4-SEVERE HAZARD TO TARGETED ORGANS, USE FULL SUIT
ALKALI	3 SERIOUS HAZARD	3-SERIOUS HAZARD-FULL BODY SUIT SHOULD BE WORN	3-VERY FLAMMABLE, IGNITES AT NORMAL TEMPERATURE CONDITIONS	3-MAY EXPLODE WITH SHOCK OR HEAT	3-SERIOUS HAZARD TO TARGETED ORGANS, USE FULL SUIT
CORROSIVE	2 MODERATE HAZARD	2-MODERATE HAZARD-BREATHING APPARATUS WITH FULL FACE MASK SHOULD BE WORN	2-IGNITES WITH MODERATE HEATING, FLASH POINT BELOW 200°F	2-VIOLENT CHEMICAL CHANGE BUT WILL NOT DETONATE	2-MODERATE HAZARD TO TARGETED ORGANS, USE TARGETED PROTECTION
USE NO WATER	1 SLIGHT HAZARD	1-SLIGHT HAZARD-BREATHING APPARATUS MAY BE WORN	1-IGNITES WHEN HEATED, FLASH POINT ABOVE 200°F	1-NOT STABLE IF HEATED, USE CAUTION	1-SLIGHT HAZARD TO TARGETED ORGANS, USE TARGETED PROTECTION
RADIATION HAZARD	0 MINIMAL HAZARD	0-MINIMAL HAZARD-NO PRECAUTIONS NECESSARY	0-NON-COMBUSTIBLE, WILL NOT IGNITE	0-NORMALLY STABLE	0-MINIMAL HAZARD TO TARGETED ORGANS, PROTECTION OPTIONAL

4-Deadly	4-Below 73°F
3-Extreme danger	3-Below 100°F
2-Hazardous	2-Below 200°F
1-Slightly hazardous	1-Above 200°F
0-Normal material	0-Will not burn

HEALTH HAZARD	3	INSTABILITY	2
SPECIFIC HAZARD			
OXIDIZER			
ACID			
ALKALI			
CORROSIVE			
USE NO WATER			
RADIATION HAZARD			

PERSONAL PROTECTION, TARGET ORGANS, & INDEX RATINGS									
PERSONAL PROTECTION SYMBOLS			TARGET ORGANS				RATINGS		
EXAMPLE: METHANOL CAS #67561	HEALTH 1	FLAMMABILITY 3	INSTABILITY 0	TARGET ORGAN	BLADDER	BLOOD	BLOOD CHOLESTERASE	BONE MARROW	4
					CARDIO-VASCULAR SYSTEM	CENTRAL NERVOUS SYSTEM	ENDOCRINE SYSTEM	EYES	3
					GASTRO-INTESTINAL TRACT	HEART	KIDNEYS	LIVER	2
					LUNGS	LYMPHATICS	LYMPHOID SYSTEM	PERIPHERAL NERVOUS SYSTEM	1
					PROSTATE	RESPIRATORY SYSTEM	SKIN	TEETH	0

Nazorat savollari:

1. Yuqori kuchlanish tarmog‘i nima?
2. Qutblanish deganda nimani tushunasiz?
3. Elektr maydon kuchlanganligiga ta’rif bering?
4. Elektrotexnik materiallarni kullanish soxasiga tushuncha bering?
5. Elektroizolyasion materiallar necha turga bulinadi?
6. Elektrotexnik materiallarni xususiyatlarni tushuntirib bering?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 6-12 bet

3-MA’RUZA DIELEKTRIKLARNING QUTBLANISHI

Reja:

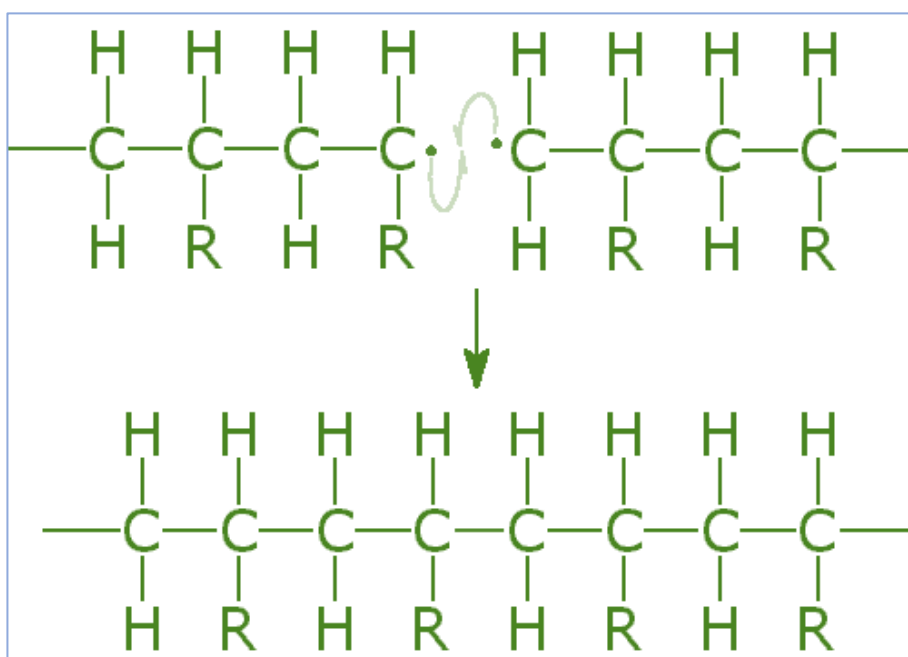
1. Qutbli dielektriklar
2. Qutbsiz dielektriklar

Tayanch soʻzlar: qutblanish dielektrikda elektr maydoni, kuchlanganligi vektorning yoʻnalishi. Elektrstatika. zaryadlarni tutashtiruvchi chiziq yoʻnalishidagi.

Qutbli dielektriklar

Dielektriklarning muhim xususiyatlaridan biri ularning tashqi elektr maydoni taʼsirida qutblanishidir. Qutblanish deganda dielektriklarda elektr maydoni taʼsirida zaryadlangan zarrachalarning fazoviy joylashuvini oʻzgartirish holati tushuniladi.

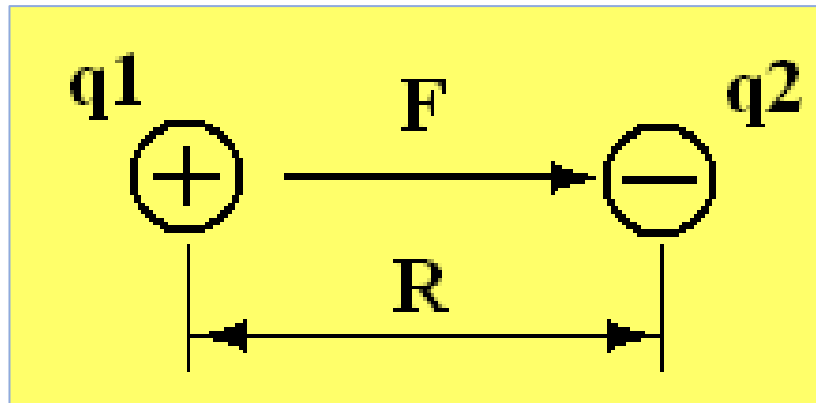
Elektr maydoni taʼsirida boʻlgan dielektrik ikki vektor qiymat – elektr maydon kuchlanganligi ($\vec{E}$) va qutblanganlik ($\vec{P}$) bilan ifodalanadi. Elektr maydon kuchlanganligini zaryadlangan jism yoki zarrachalarning elektr maydonidagi taʼsir kuchini ifodalaydi. Elektr maydon kuchlanganligi vektorining yoʻnalishi sifatida jism nuqtaviy zaryadining musbat kuch chizigʻi yoʻnalishi qabul qilingan²⁶.



Elektr statikaning asosiy qonuni (Kulon qonuni)ga asosan bir jinsli dielektrikning biror-bir muhitda joylashgan va bir-biridan R masofada boʻlgan ikki nuqtaviy zaryadi (q_1 , q_2) orasidagi mexanik taʼsir kuchi quyidagicha aniqlanadi (1-rasm):

$$\vec{F} = \frac{q_1 \cdot q_2}{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 4\pi R^2}, \text{ H} \quad (1)$$

²⁶ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 12-13 bet].



bunda: R – nuqtaviy zaryadlarni tutashtiruvchi chiziq yoʻnalishidagi birlik vektori, m ; ϵ_r – nisbiy dielektrik singdiruvchanlik; ϵ_0 – elektr doimiysi

$\left(\epsilon_0 \approx \frac{10^{-9}}{36\pi} = 8,854 \cdot 10^{-12} F/m \right) \cdot q$ qiymatli nuqtaviy zaryadning R masofada vujudga keltiradigan elektr maydon kuchlanganligi Kulon qonuniga asosan quyidagicha ifodalanadi:

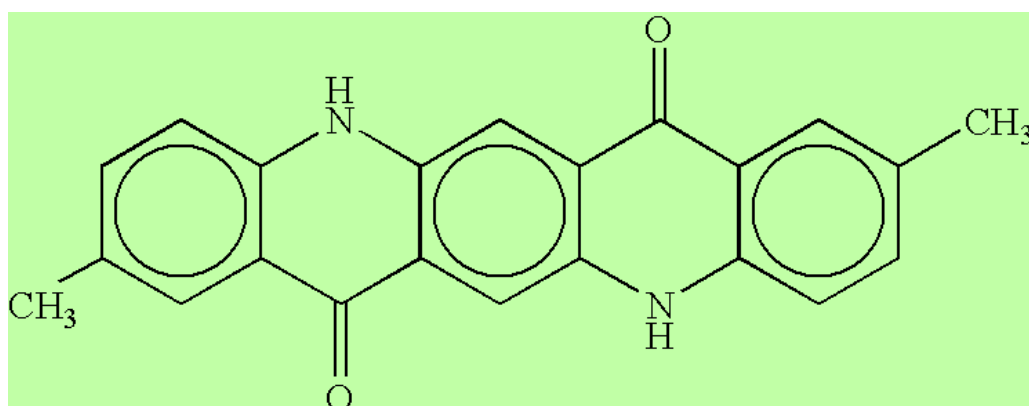
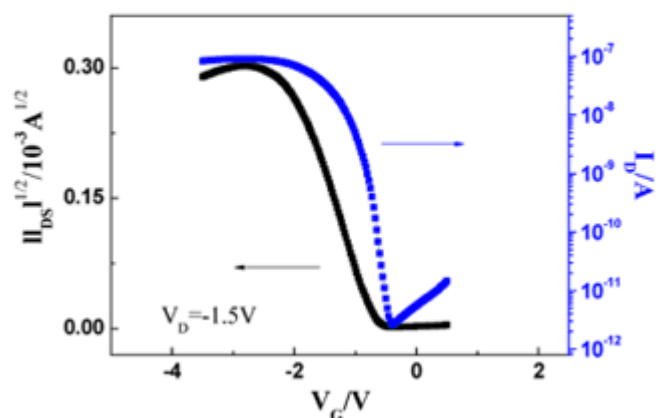
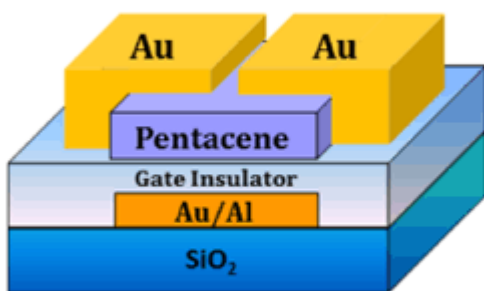
$$E = \frac{q}{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 4\pi R^2}, B/m \quad (2)$$

Ikki yassi qoplama (elektrodlar orasiga oʻzgarmas h) qalinlikdagi dielektrik joylashtirilsa, bu dielektrikning istalgan nuqtasidagi elektr maydonining kuchlanganligi oʻzgarmas boʻlib, u quyidagicha aniqlanadi:

$$E = \frac{U}{h}, \quad (3)$$

bunda U – yassi qoplamalar orasidagi kuchlanish, V .

Agar ichki va tashqi radiuslari r_1 , r_2 boʻlgan qoplamalar orasiga dielektrik joylashtirilsa va silindrik kondensator vujudga keltirilsa, oʻq yoʻnalishi boʻylab x masofadagi elektr maydon kuchlanganligi quyidagicha aniqlanadi



$$E = \frac{U}{x \ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (4)$$

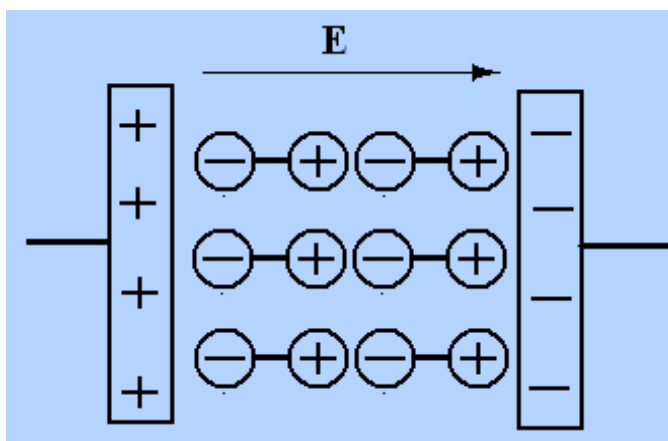
Chunki dielektrik hajmidagi molekula zaryadlarining algebraik yig'indisi nolga teng bo'ladi, ya'ni musbat va manfiy zaryadlarning og'irlik markazlari faza jihatidan bir-biriga mos keladi.

Qutbsiz dielektriklar

Tashqi elektr maydoni ta'sirida dielektrik molekullari tartibli joylashadi (2-rasm). Bunda dielektrikning elektr momenti ($\sum P$ - dielektrik barcha qutblangan momentlarining geometrik yig'indisi) noldan farq qiladi. Qutblanganlik dielektrikning ma'lum bir nuqtasi uchun elektr maydon kuchlanganligiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\bar{P} = k_E \varepsilon_0 E \quad (5)$$

bunda k_E – dielektrik qabulchanlik; $k_E \varepsilon_0$ - absolyut dielektrik qabulchanlik.



Qutblanish moduli quyidagicha ifodalanadi:

$$[P] = \sigma_b \text{ Kl/m}^2 \quad (6)$$

Bu ifodadan, qutblanganlikning dielektrikdagi bog'langan zaryadlarining sirt zichligiga tengligi kelib chiqadi.

Yuqorida keltirilgan P va E vektor kattaligi ham kiritiladi. Elektr siljish yoki elektr induksiya dielektrikning berilgan nuqtasida elektr maydoni kuchlanganligi vektorining elektr doimiysiga kopaytmasi bilan shu nuqta qutblanish vektorining geometrik yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad (7)$$

Elektr siljish va elektr maydoni kuchlanganligi orasida quyidagicha bog'lanish mavjud:

$$\vec{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \vec{E} \quad (8)$$

So'nggi ikki formula taqqoslanib, dielektrik singdiruvchanlik va dielektrik qabulchanlik orasidagi bog'lanish topiladi:

Ushbu formuladan ma $\epsilon_r = 1 + k_e$ moddalarning dielektrik singdiruvchanligi birdan yuqori bo'lib, faqat vakuum uchun $k_e = 0$ va, binobarin, $\epsilon_r = 1$ bo'ladi.

Yuqorida qayd etilishicha, qutblanish elektr maydoni ta'sirida bo'lgan dielektrikda sodir bo'ladigan jarayonlardan biri hisoblanib, bunda zaryad ma'lum yo'nalishga ega bo'ladi. Bu jarayon butun dielektrik hajmi bo'yicha kuzatiladi va zaryadlar qoplama yaqinida to'planishi bilan davom etadi. Qoplama yaqinida joylashgan dielektrikda yig'ilgan zaryadlarning ishorasi qoplamalardagi elektr maydoniga teskari bo'lib, musbat ishorali qoplama yaqinida joylashgan dielektrikda esa musbat zaryad to'planadi. Shuning uchun ham bu jarayon

qutblanish deb ataladi. Agar dielektrik elektr maydonidan tashqariga chiqarilsa, zaryadlar o'zining asl holatiga qaytadi²⁷.

Ikki metall qoplama orasiga dielektrik joylashtirilib, kondensator hosil qilish mumkin. Kondensator qoplamalaridagi erkin zaryadlar yig'indisini q bilan belgilasak, u holda:

$$q = CU \quad Kl \quad (9)$$

bunda C –kondensatorning sig'imi, F ; U –kondensator qoplamasiga berilgan kuchalanish, V .

Agar qoplamalar orasidagi dielektrik o'rnini vakuum bilan almashtirilsa, kondensatordagi zaryad miqdori (q) qoplamalarda yig'ilgan zaryad miqdori (q_0), bilan dielektrik qutblanish zaryadi (q_D) yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$q = q_0 + q_D, \quad (10)$$

Kondensatorning sig'imi va dielektrik qiymatini aniqlaydigan ifoda dielektrik sing'diruvchanlikdir. (1.10) ifoda yordamida nisbiy dielektrik singdiruvchanlik ε_r aniqlanadi:

$$\varepsilon_r = \frac{q}{q_0} = \frac{q_0 + q_g}{q_0} = 1 + \frac{q_g}{q_0}.$$

Odatda, nisbiy dielektrik singdiruvchanlik jumlasidagi nisbiy so'zi tushirib qoldiriladi va ε_r dielektrik singdiruvchanlik deb yuritiladi.

Elektr maydonida joylashgan dielektrikning sifatida uning qutblanish mobaynida aniqlanadigan dielektrik singdiruvchanligi qiymati bilan ifodalanadi. Dielektrik qutblanish xususiyatining qiziq tomoni, uning sig'im qiymatini ifodalashdadir.²⁸

Agar vakuumli kondensator qoplamalariga kuchlanish bersak, u zaryadlanadi. Bu zaryad qiymati kuchlanish birligiga, kondensator o'lchamiga, qoplama yuzi va ular orasidagi masofaga bog'liq bo'ladi. Kondensator sig'imi C_0 ifodasi yordamida aniqlanadi.

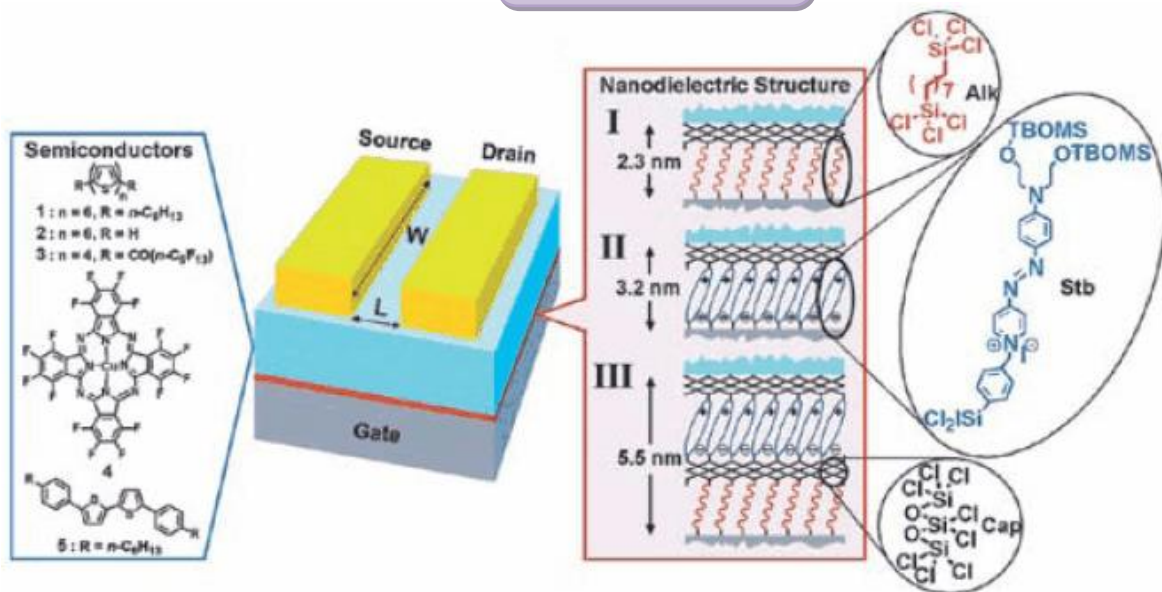
Kondensator qoplamalari o'rnini o'zgartirmagan holda vakuumni dielektrik bilan almashtirilsa, dielektrikda qutblanish sodir bo'ladi²⁹. Qoplama yuzasiga yaqin joyda unga qarama-qarshi ishorali zaryad paydo bo'ladi va natijada qoplamadagi ma'lum miqdordagi zaryadni neytrallaydi. Buning hisobiga

²⁷ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 12-13 bet*].

²⁸ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 13-14 be*

qoplamalardagi zaryad miqdori ma'lum qiymat $[A]$ da ko'payishi mumkin, natijada kondensator sig'imi quyidagicha ifodalanadi:

$$C = \frac{q_2 + \Delta q}{U} > C_0.$$



Bu sig'implarning bir-biriga nisbati $C/C_0 = \epsilon_r$ materialning dielektrik singdiruvchanligini bildiradi.

Kondensatorning sig'imi dielektrikning materialiga, metall qoplamalarining geometrik o'lchami va ularning shakllariga bog'liqdir. Ixtiyoriy shakl va o'lchamga ega elektrodni vakuumda joylashtirsak, C_0 sig'imli kondensator hosil bo'ladi. Elektrodlar orasiga dielektrik kiritsak, u holda kondensator sig'imi ortadi:

$$C = \epsilon_r \cdot C_0.$$

Demak, berilgan shakl va geometrik o'lchamga ega bo'lgan kondensatorning sig'imi dielektrikning ϵ_r qiymatiga to'g'ri proporsionaldir.³⁰

Qoplama yuzalari S va dielektrikning qalinligi h ga teng bo'lgan yassi kondensator sig'imi quyidagicha aniqlanadi:

$$C = \epsilon \frac{\epsilon_0 S}{h} = \epsilon \frac{8,854 \cdot 10^{-12} \text{ S}}{h} F \quad (12)$$

Agar kondensator silindrik shaklli (qoplama radiuslari r_1 , r_2 , uzunligi l) bo'lsa, u holda:

³⁰ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (14-16 bet)]

$$C = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{2\pi l}{\ln \frac{r_2}{r_1}} = \frac{5,56 \cdot 10^{-12} l}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (13)$$

Bir-biriga parallel joylashgan sim, kabel va hokazolarda solishtirma sig'im (c) dan foydalaniladi:

$$c = \frac{C}{l} F / m.$$

Kuchlanish U , sig'imi C ga teng bo'lgan kondensatorlardan elektr maydon energiyasi:

$$E = \frac{1}{2} CU^2, J \quad (14)$$

yoki quvvatning hajm birligidagi qiymati:

$$E = \frac{1}{2} ED = \frac{1}{2} \varepsilon \varepsilon_0 E^2 \quad J/m^3 \quad (15)$$

Agar dielektrikning ε_r qiymati qancha katta bo'lsa, undan yasalgan kondensator sig'imi shuncha yuqori bo'ladi. Shu sababli, kondensator ishlab chiqarishda ε_r qiymati yuqori bo'lgan dielektrik olish maqsadga muvofiqdir. Sig'imi kam bo'lishi uchun, yuqori kuchlanishli va yuqori to'lqinli kabel izolyatsiya materialining ε_r qiymati kichik qilib olinadi.

Dielektrik singdiruvchanlikning eng kichik qiymati vakuum uchun tegishli bo'lib, unda $\varepsilon_r=1$ bo'ladi. Dielektriklar (gaz, suyuq, qattiq agregat holatidagi) ichida eng kichik dielektrik singdiruvchanlik (ε_r) gazlarda bo'lib, uning qiymati odatdagi sharoit (muhit harorati 20°N , havo bosimi 760 mm. sim. ust., havoning nisbiy namligi 65%) uchun ε_r qiymati birdan yuqoridir.³¹

Dielektriklar, asosan, qutbli va qutbsiz turlarga bo'linadi. Istalgan moddaning molekullari zarrachalardan (atom yoki guruhlari, ionlardan) iborat bo'lib, ularning har biri musbat yoki manfiy elektr zaryadiga egadir. Bu zaryadlar orasidagi o'zaro tortishish kuchi jismning mexanik mustahkamligini ifodalaydi. Turli xil moddalarning molekullaridagi zaryadlarning fazoviy joylashuvi har xil bo'lishi mumkin. Agar molekullarning barcha musbat yoki manfiy zaryadlarini bitta umumiy manfiy va bitta umumiy musbat zaryad bilan almashtirsak, mos ravishda musbat va manfiy zaryadlarining og'irlik markazlarida joylashgan mazkur zaryadlar fazoda bir-biriga mos tushishi yoki mos tushmasligi mumkin. Fazoviy bir-biriga mos tushgan zaryadlar qutbsiz molekulaga ega bo'lgani sababli, bunday molekullardan tashkil topgan jismlar qutbsiz jismlar deyiladi. Ikkinchi holda

³¹ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 13-14 bet*].

molekula tashqi elektr maydoni ta'sir etmagan holatda ham o'z elektr momenti noldan farqli bo'lib, dipol hosil qilgani sababli, molekula qutbli hisoblanadi va ular asosida tashkil topgan jismlar qutbli jismlar deb ataladi.

Molekulaning elektr momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu = ql, \quad (16)$$

bunda q -molekulaning jami musbat (yoki unga son jihatdan teng bo'lgan jami manfiy) elektr zaryadi, Kl ; l - dipol yelkasi, m .

Qutbli molekulaning elektr momenti 10^{-30} Kl·m atrofida, qutbsiz molekulani esa $l=0$ bo'lgani sababli $\mu=0$ bo'ladi.

Jismning elektr xossasidan qat'iy nazar, uning qutbliligi molekulaning kimyoviy tuzilishi orqali aniqlanadi. Simmetriya markazi bo'lganda, simmetrik ravishda joylashgan molekular qutbli bo'ladi. Bir atomli molekular (He , Ne , Kr , Xe) va ikki atomli gomeoqutbli bog'lanishli (H_2 , Cl_2 va hokazo) molekular qutbsizdir. Ion bog'lanishli molekular qutbli boglanishlar qatoriga kiradi uglevodorodli moddalari esa qutbsizdir. Masalan, qutbsiz bog'lanishli moddalarga parafin, serezin, polipropilen, poliizobutilen, polistirol, eskapon, neftli izolyatsiya moyi va hokazolar, qutblilariga esa polivinilflorid, sellyuloza va uning mahsulotlari fenolformaldegid va boshqalar kiradi.

Suyuq holatdagi dielektriklar qutbli va qutbsiz molekulalardan tashkil topadi. Qutbsiz dielektrikning ϵ_r uncha katta bo'lmaydi ($\epsilon_r \leq 2,0-2,5$) va u yorug'likning sinish ko'rsatkichi kvadratiga deyarli teng bo'ladi. Qutbsiz dielektrikda ϵ_r qiymatining harorati ortishi bilan kamayishi hajm birligidagi molekular sonining kamayishiga asoslanadi. Dipol molekulari suyuq dielektrik bir vaqtning o'zida elektron va dipol qutblanishiga ega bo'ladi. Qutbli suyuq dielektrlarda ϵ_r qiymati asosan 3,5-5 atrofida bo'ladi³²

Qattiq jismlarning dielektrik singdiruvchanligi dielektrik tuzilishiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Ularda turli xildagi qutblanishlar bo'lishi mumkin. Parafin qattiq holatdan suyuq holatga o'tishida (t_e) uning zichligi pasayishi tufayli ϵ_r qiymati keskin kamayadi.

Qattiq dielektrlarning zarralari zich joylashgan bo'lib, ular ion kristallari tuzilishiga ega. Bu dielektrlarda ϵ_r qiymati keng oraliqda o'zgaradi. Zarralari uncha zich bo'lmagan elektrotexnik chinnida bir yo'la elektron, ion va ion-relaksatsiya qutblanishi kuzatiladi. Shishada esa ϵ_r qiymatining o'zgarish oralig'i ($\epsilon_r \approx 4-20$) kattadir.

Dielektrlarda ikki xil qutblanish mavjud:

- 1) elektron-ion elektr maydoni ta'sirida juda tez sodir bo'ladigan, energiya sarf bo'lmaydigan;
- 2) relaksatsiya- qutblanish asta sekin sodir bo'lib, qizish natijasida dielektrik energiya sarf bo'ladigan jarayon.

³² [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 13-14 bet*].

Kondensator-sig'imi va kondensatorda yig'ilgan zaryad dielektrikda sodir bo'ladigan qutblanish jarayonlarini o'zida aks ettiradi.

Elektron qutblanish (q_e, C_e) atom yoki ionlar qobig'ining siljishi va ciqilishi hisobiga sodir bo'lib, bu turdagi qutblanish katta tezlikda (10^{-15} sek) kechadi va qiymat jihatdan yorug'likning sindirish ko'rsatkichi kvadratiga (n^2) teng. Bunday qutblanish barcha dielektrlarda kuzatilib, ularning atomlaridagi elektronlar musbat ion tomon siljiydi. Qutbli bo'lmagan suyuq holatdagi va qattiq dielektrlarda qutblanish sust kechib, ξ_u qiymati 2-2,5 atrofida bo'ladi. Elektron qutblanishda siljish D maydon kuchlangaligi Ye ga proparsional ravishda o'sadi, shuning uchun ham ξ_u kuchlanganlikka bog'liq bo'lmaydi. ξ_u ning haroratga bo'lgan bog'lanishi jismning shu haroratdagi zichligiga bog'liq, u qizdirilganda zichligi pasayadi, hajm birligidagi atom soni kamayib, qutblanishi susayadi; jism eriganda zichlik kamayadi, natijada qutblanish ham keskin kamayadi. Elektron qutblanishda energiya sarf bo'lmaydi. Bu qutblanish-neft yog'larida, paraffin, polistirol, polietilen va boshqalarda kuzatiladi³³.

Ion qutblanish C_i, q_i -ion tuzilishli kristall qattiq jismlarda bo'sh bog'langan toklar siljishi natijasida ro'y beradi. Bunday qutblanish elektron qutblanishdan kuchliroq kechadi va ξ_u ning qiymati 5-30 oraliqda bo'ladi. Ion qutblanish o'lcham jihatidan elektron qutblanishdan katta bo'lib, uning qutblanish tezligi esa past bo'ladi va ξ_u chastotaga bog'liq emas. Bu qutblanishda elektr siljish maydon kuchlanganligiga va ξ_u qiymati kuchlanganlikka bog'liq emas. Harorat ko'tarilishi bilan kristall panjaradagi ionlar orasidagi masofa ortadi, ular orasidagi tortishish kuchi pasayadi va ion qutblanishi ko'payadi, ya'ni ξ_u harorat oshishi bilan ortadi. Ion qutblanishda energiya sarfi bo'lmaydi.

Dipol relaksasiya qutblanishi – betartib issiqlik harakatda bo'lgan zarralar elektr maydoni ta'sirida o'z yo'nalishini o'zgartirishi hisobiga ro'y beradi. Dipol qutblanish ancha sekin ($\tau = 10^{-6} \div 10^{-8} c$) kechishi sababli radio to'lqinida ($10^6 \div 10^8 \Gamma u$) maydon o'zgarishi qutblanish vaqtiga yaqinlashib qoladi, oqibatda yuqori chastotada dipol molekullar maydon yo'nalaishining o'zgarilishiga ulgura olmay qoladi va qutblanish susayib, ξ_u qiymati pasayadi. Dipol qutblanish – qutbli gazlar, suyuqliklar va ba'zi organik qattiq moddalarga xosdir: qutbli dielektrlarda past haroratda jism qovushqoqligi yuqoriligi tufayli dipollar harakatsiz va $\xi_u = \xi_n$ ga teng bo'ladi, material qizdirilsa ortadi, lekin yuqori haroratda ξ_u qiymati kamayadi. Ion relaksasiya qutblanishi ba'zi anorganik moddalarda kuzatiladi. Bunda moddaning o'zaro bo'sh bog'langan ionlari tashqi elektr maydon ta'sirida aniq yo'nalish oladi.

³³ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 13-14 bet*].

Elektron relaksasiya qutblanishi – sindirish ko‘rsatgichi yuqori va katta ichki maydonga ega bo‘lgan dielektriklar uchun xos bo‘lib, qo‘shimcha elektron yoki kovaklarni issiqlik energiyasi bilan ta’sirlantirish orqali yuzaga keladi. Bu turdagi qutblanish, asosan metall oksidi bo‘lgan ba’zi kimyoviy birikmalar (titan, vismut, niobiy)ga xosdir³⁴.

Umuman dielektriklar qutbli va qutbsiz turlarga bo‘linadi. Istalgan moddaning molekulari zarralardan (atom, ion, elektron) iborat bo‘lib, ularning har biri musbat yoki manfiy elektr zaryadiga ega. Bu zaryadlar orasidagi o‘zaro tortishish kuchi jismning mexanik mustahkamligini ifodalaydi. Turli xil moddalarning molekularidagi zaryadlarning fazoviy joylashuvi har xil bo‘lishi mumkin. Agar molekularning barcha (+) va (-) zaryadlarini bitta umumiy (-) va umumiy bitta (+) zaryad bilan almashtirsak, mos ravishda (+) va (-) zaryadning og‘irlik markazlarida joylashgan mazkur zaryadlar fazoda bir-biriga mos tushishi yoki mos tushmasligi mumkin. Fazoviy bir-biriga mos tushgan zaryadlar qutbsiz molekulaga ega bo‘lganligi uchun, bunday molekulalardan tashkil topgan jismlar qutbsiz jismlar deyiladi. Ikkinchi holda molekula tashqi elektr maydoni ta’sir etmagan holatda ham o‘z elektr momenti 0 dan farqli bo‘lib, dipol hosil qilganligi sababli, molekula qutbli hisoblanadi va ular asosida tashkil topgan jismlar qutbli jismlar deyiladi. Jismning elektr xossasidan qat’iy nazar, uning qutbliligi molekulaning kimyoviy tuzilishi orqali aniqlanadi.

Bir atomli molekularlar (Ne, Ar, Kr, Xe) va gomeoqutbli ikki atomli (H_2 , Cl_2 ...molekularlar, uglevodorodli moddalar qutbsizdir (paraffin, polipropilen, polistirol). Ion bog‘lanishli va polivinil xlorid, sellyuloza, fenolformaldegid va b³⁵.

Dielektriklarda ikki xil qutblanish mavjud;

3) elektron-ion elektr maydoni ta’sirida juda tez sodir bo‘ladigan, energiya sarf bo‘lmaydigan;

4) relaksasiya- qutblanish asta sekin sodir bo‘lib, qizish natijasida dielektrik energiya sarf bo‘ladigan jarayon.

Kondensator-sig‘imi va kondensatorda yig‘ilgan zaryad dielektrikda sodir bo‘ladigan qutblanish jarayonlarini o‘zida aks ettiradi.

Elektron qutblanish (q_e, C_e) atom yoki ionlar qobig‘ining siljishi va ciqilishi hisobiga sodir bo‘lib, bu turdagi qutblanish katta tezlikda (10^{-15} sek) kechadi va qiymat jihatdan yorug‘likning sindirish ko‘rsatkichi kvadratiga (n^2) teng. Bunday qutblanish barcha dielektriklarda kuzatilib, ularning atomlaridagi elektronlar musbat ion tomon siljiydi. Qutbli bo‘lmagan suyuq holatdagi va qattiq dielektriklarda qutblanish sust kechib, ξ_q qiymati 2-2,5 atrofida bo‘ladi. Elektron qutblanishda siljish D maydon kuchlangaligi Y_e ga proparsional ravishda o‘sadi, shuning uchun ham ξ_q kuchlanganlikka bog‘liq bo‘lmaydi. ξ_q ning haroratga bo‘lgan bog‘lanishi jismning shu haroratdagi zichligiga bog‘liq, u qizdirilganda

³⁴ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 13-14 bet*].

³⁵ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 15-16 bet*].

zichligi pasayadi, hajm birligidagi atom soni kamayib, qutblanishi susayadi; jism eriganda zichlik kamayadi, natijada qutblanish ham keskin kamayadi. Elektron qutblanishda energiya sarf bo'lmaydi. Bu qutblanish-neft yog'larida, paraffin, polistirol, polietilen va boshqalarda kuzatiladi.

Ion qutblanish C_i , q_i -ion tuzilishli kristall qattiq jismlarda bo'sh bog'langan toklar siljishi natijasida ro'y beradi. Bunday qutblanish elektron qutblanishdan kuchliroq kechadi va ξ_u ning qiymati 5-30 oraliqda bo'ladi. Ion qutblanish o'lcham jihatidan elektron qutblanishdan katta bo'lib, uning qutblanish tezligi esa past bo'ladi va ξ_u chastotaga bog'liq emas. Bu qutblanishda elektr siljish maydon kuchlanganligiga va ξ_u qiymati kuchlanganlikka bog'liq emas. Harorat ko'tarilishi bilan kristall panjaradagi ionlar orasidagi masofa ortadi, ular orasidagi tortishish kuchi pasayadi va ion qutblanishi ko'payadi, ya'ni ξ_u harorat oshishi bilan ortadi. Ion qutblanishda energiya sarfi bo'lmaydi.

Dipol relaksasiya qutblanishi – betartib issiqlik harakatda bo'lgan zarralar elektr maydoni ta'sirida o'z yo'nalishini o'zgartirishi hisobiga ro'y beradi. Dipol qutblanish ancha sekin ($\tau = 10^{-6} \div 10^{-8} c$) kechishi sababli radio to'lqinida ($10^6 \div 10^8 \Gamma u$) maydon o'zgarishi qutblanish vaqtiga yaqinlashib qoladi, oqibatda yuqori chastotada dipol molekulalar maydon yo'nalaishining o'zgarilishiga ulgura olmay qoladi va qutblanish susayib, ξ_u qiymati pasayadi. Dipol qutblanish – qutbli gazlar, suyuqliklar va ba'zi organik qattiq moddalarga xosdir: qutbli dielektrlarda past haroratda jism qovushqoqligi yuqoriligi tufayli dipollar harakatsiz va $\xi_u = \xi_n$ ga teng bo'ladi, material qizdirilsa ortadi, lekin yuqori haroratda ξ_u qiymati kamayadi

Ion relaksasiya qutblanishi ba'zi anorganik moddalarda kuzatiladi. Bunda moddaning o'zaro bo'sh bog'langan ionlari tashqi elektr maydon ta'sirida aniq yo'nalish oladi.

Elektron relaksasiya qutblanishi – sindirish ko'rsatgichi yuqori va katta ichki maydonga ega bo'lgan dielektrlar uchun xos bo'lib, qo'shimcha elektron yoki kovaklarni issiqlik energiyasi bilan ta'sirlantirish orqali yuzaga keladi. Bu turdagi qutblanish, asosan metall oksidi bo'lgan ba'zi kimyoviy birikmalar (titan, vismut, niobiy)ga xosdir³⁶.

Migrasiya qutblanishi - tarkibi bir jinsli bo'lmagan qattiq jismlarda qutblanishning qo'shimcha mexanizmi sifatida ro'y beradi. U past chastotalarda yuzaga keladi va elektr energiyasi ko'p miqdorda sarflanadi.

Nazorat savollari

1. Qutblanish nima?

³⁶ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 15-16 bet*].

2. Elektr maydon nima?
3. Maydon kuchlanganligi nima?
4. Dielektrik nima.
5. Singdiruvchanlik nima aytiladi?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (12-16 bet)

4-MA'RUZA

DIELEKTRIKLARNING QUTBLANISHI

Reja:

1. Dielektrik qutblanishning asosiy turlari
2. O'z-o'zidan (spontan) qutblanish
3. Suyuq holatdagi dielektriklar

Dielektrik qutblanishning asosiy turlari

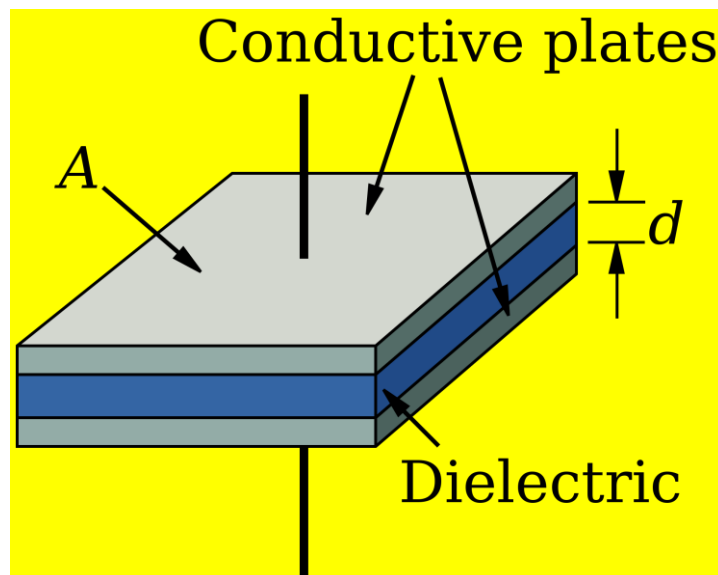
Dielektrikda kuzatiladigan qutblanish asosan ikki turga: elektr maydoni ta'sirida juda tez sodir bo'ladigan (elektronion) va sekin o'sib hamda sekin pasayadigan (relaksatsiya) qutblanishlariga bo'linadi. Birinchi turdagi qutblanish juda tez o'tishi natijasida dielektrikda elektr energiyasi sarflanmaydi, ikkinchi turdagi esa qutblanish asta-sekin sodir bo'lib, dielektrik qizishi natijasida energiya sarflanadi.

Kondensator sig'imi va kondensatorda yig'ilgan zaryad dielektrikda sodir bo'ladigan qutblanish jarayonlarini o'zida aks ettiradi. *Elektron qutblanish* (q_E , C_E) atom yoki ionlar elektron qobig'ining siljishi va ezilishi hisobiga sodir bo'lib, bu turdagi qutblanish katta tezlikda (10^{-15} sek.) kechadi va qiymat jihatidan yorug'likning sindirish ko'rsatkichi kvadratiga (n^2) tengdir. Bunda qutblanish barcha dielektrlarda kuzatilib, ularning atomlaridagi elektronlar musbat elektrod tomon siljiydi³⁷. Qutbli bo'lmagan suyuq holatdagi va qattiq dielektrlarda qutblanish sust kechib, ϵ_r qiymati $2 \div 2,5$ atrofida bo'ladi. Elektron qutblanishda elektr siljish (D) maydon kuchlanganligi (E)ga mos ravishda o'zgaradi, shuning uchun ham ϵ_r kuchlanganlikka bog'liq bo'lmaydi. Jism qattiq holatdan suyuq holatga o'tganida zichligi kamayadi, natijada qutblanish ham sekin susayadi. Elektron qutblanishda elektr energiyasi sarf bo'lmaydi. Bunday qutblanish neft moylarida (oktol), qattiq moddalar parafin, polistirol, polietilen va boshqalarda kuzatiladi.

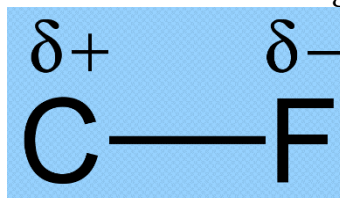
Ionli qutblanish (C_I , q_I) kristall panjarali qattiq jismlarda bo'sh bog'langan ionlar siljishi natijasida ro'y beradi. Ionli qutblanish elektron qutblanishga nisbatan

³⁷ T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (19-20 bet)

kuchliroq kechadi va ε_r ning qiymati 5÷30 oralig'ida bo'ladi. Ion o'lcham jihatidan elektrondan katta bo'lib, qutblanish tezligi esa, aksincha, past bo'ladi ($\tau \approx 10^{-3}$ s). Bunda ε_r qiymati chastotaga bog'liq emas. Ion qutblanishida elektr siljish maydon kuchlanganligi E ga, ε_r qiymati esa mazkur kuchlanganlikka bog'lig bolmaydi. Harorat ko'tarilishi bilan kristall panjaradagi ionlar orasidagi masofa ortadi. Natijada oraliqdagi tortishish-kuchi pasayadi va ion qutblanishi kuchayadi, ya'ni ionli dielektrlarda masalan, slyuda, ba'zi turdagi sopollarda ε_r qiymati o'sib boradi³⁸.



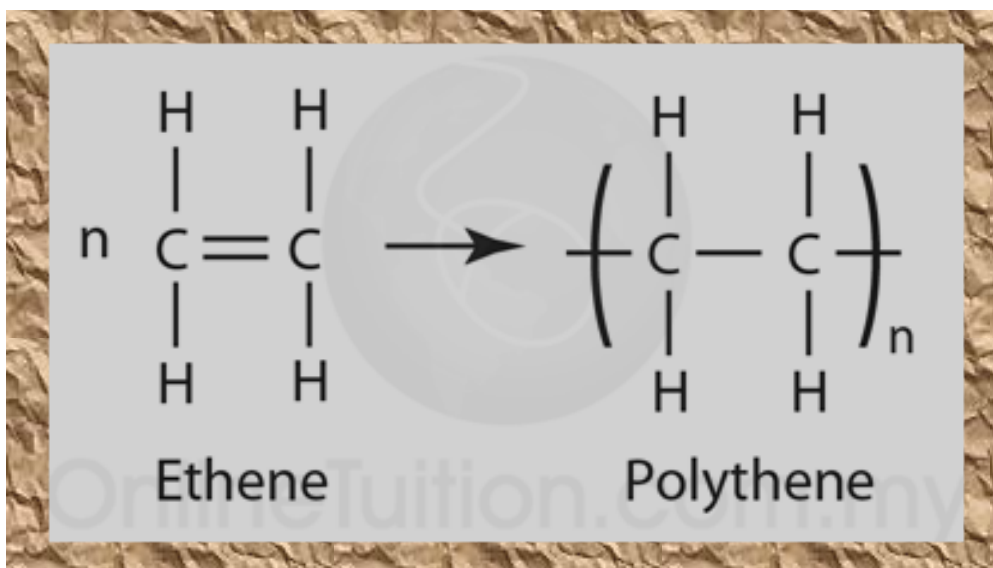
Ion qutblanishida energiya isrofi kuzatilmaydi, chunki qutblanishga sarflanadigan energiya manbaga to'liq uzatiladi. Faqat yuqori chastotada ionlarning rezonansi hisobiga materiallarda elektr energiya isrofi kuzatiladi.



Dipol-relaksatsiya qutblanishi (C_{D-R} , q_{D-R} , r_{D-R}) betartib issiqlik harakatida bo'lgan zarrachalar (dipol molekulalari) elektr maydoni ta'sirida o'z yo'nalishini o'gartirishi hisobiga ro'y beradi. Agar molekulalar, kuchlar dipollarning maydon uzra yo'nalish olishiga xalal bermasa, u holda dipol qutblanishi sodir bo'ladi.

Qutbli dielektrlardagi dipol molekulalarining musbat va manfiy zaryadlarining og'irlik markazlari bir-biriga mos kelmay, balki molekula chekkasiga siljigan holda elektr momenti hosil qiladi. Elektr maydonida uning manfiy chekka qismi musbat qoplamaga, musbat qismi esa manfiy qoplamaga tomon burilishga intiladi. Dipol mazkur burilishda ma'lum qarshilikka (r_{D-R}) uchraydi va uni yengish uchun energiya sarf etadi.

³⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (19-20 bet)]



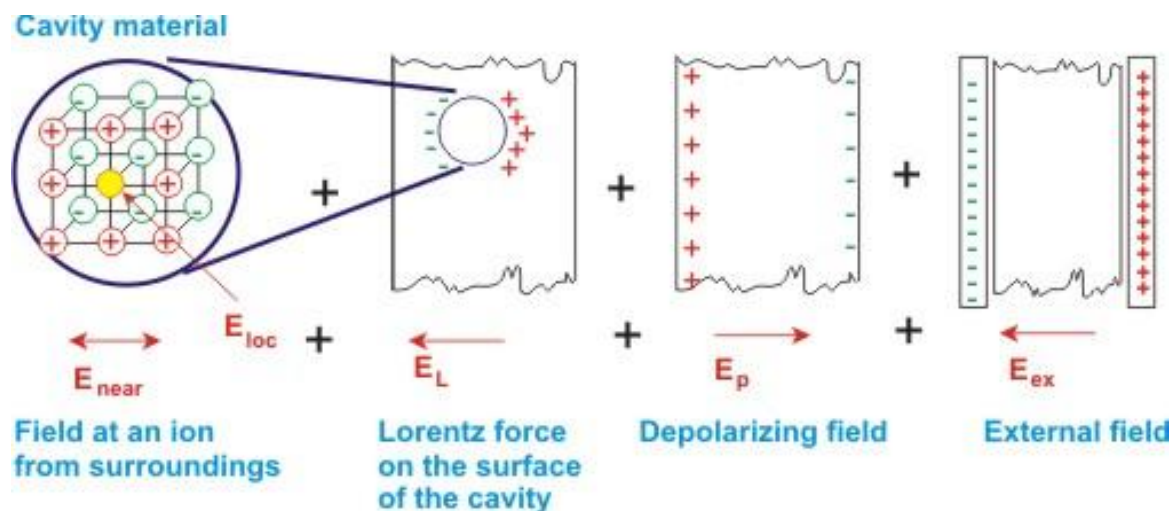
Dipol qutblanish ancha sekin ($\tau=10^{-6} \div 10^{-8}$ c) kechishi sababli radio to'liqinida ($10^6 \div 10^8$ Gs) maydon o'zgarishi qutblanish vaqtiga yaqinlashib qoladi; oqibatda yuqori chastotada dipol molekulalar maydon yo'nalishining o'zgarishiga ulgurolmay qoladi va qutblanish susayib, ϵ_r qiymati pasayadi³⁹. Dipol qutblanish qutbli gazlar, suyuqliklar va ba'zi organik qattiq moddalarga xosdir. Kuchlanganlik uzilgandan so'ng dipolning issiqlik harakati ta'sirida tartibli susayishi vaqti (eksponensial o'zgaradigan $e=2,71$) *relaksatsiya vaqti* deb ataladi. Qutbli dielektrikda ϵ_r qiymatining haroratga qarab o'zgarishi, past haroratda jism qovushqoqligi yuqoriligi tufayli dipollar harakatsiz va $\epsilon_r = \epsilon_L$ ga teng bo'ladi; material qizdirilsa, u yumshab ichki ishqalanish susayishi natijasida dipol burilishi yengillashadi va ϵ_r qiymati ortadi; yuqori haroratda esa dipolning aniq yo'nalish olishiga zarralarning betartib issiqlik harakatining ortishi xalal beradi va o'z navbatida ϵ_r qiymati kamayadi.⁴⁰

Ion-relaksatsiya qutblanishi (C_{i-r} , q_{i-r} , r_{i-r}) ba'zi anorganik moddalarda kuzatiladi. Bunda moddaning o'zaro bo'sh bog'langan ionlari tashqi elektr maydon ta'sirida aniq yo'nalish oladi. Agar elektr maydon olinsa, qutblanish eksponensial qonun bo'yicha pasayadi.

Elektron-relaksatsiya qutblanish (C_{e-r} , q_{e-r} , r_{e-r}) sindirish ko'rsatkichi yuqori va katta ichki maydonga ega bo'lgan dielektriklar uchun xos bo'lib, qo'shimcha elektron yoki teshiklarni issiqlik energiyasi bilan ta'sirlantirish orqali yuzaga keladi. Bu turdagi qutblanish asosi metall oksidi bo'lgan ba'zi kimyoviy birikmalar (titan, niobiy, vismut) ga xosdir. Tarkibida titan bo'lgan elektron-relaksatsiya qutblanishli sopolda elektr maydon chastotasi ortishi bilan dielektrik singdiruvchanlik kamayadi.

³⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (19-20 bet)]

⁴⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (19-20 bet)]



Migratsion qutblanish (C_M , q_M , r_M) tarkibi bir jinsli bo'lmagan qattiq jismlarda qutblanishning qo'shimcha mexanizmi sifatida ro'y beradi. U past chastotada yuzaga keladi va elektr energiyasi ko'p miqdorda sarflanishi bilan xarakterlanadi. Bunday qutblanishni keltirib chiqaradigan omillar texnik dielektrlardagi o'tkazuvchi va yarim o'tkazuvchi qismlar hamda o'tkazuvchanligi turlicha bo'lgan qatlamlardir.

O'z-o'zidan (spontan) qutblanish

O'z-o'zidan (spontan) qutblanish (C_o , q_o , r_o) segnetoelektrlarga xos bo'lib, birinchi bor u segnet tuzi ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$) da kuzatiladi. Tashqi maydon bo'lmaganda segnetoelektrikning ma'lum qismida dipollar o'z-o'zidan bir-biriga nisbatan moslashib, aniq yo'nalish oladi. O'z-o'zidan qutblanuvchi moddalarning alohida sohalarida (domenlarida) elektr momenti yo'nalishi turlicha bo'ladi. Tashqi maydon ta'sirida domenlarning elektr momenti maydon tomon yo'naladi va shu sababli kuchli qutblanish sodir bo'ladi. Segnetoelektrikning dielektrik singdiruvchanligi juda ham yuqori (500-20000) bo'lib, u maydon kuchlanganligi va haroratga uzviy ravishda bog'liqdir⁴¹.

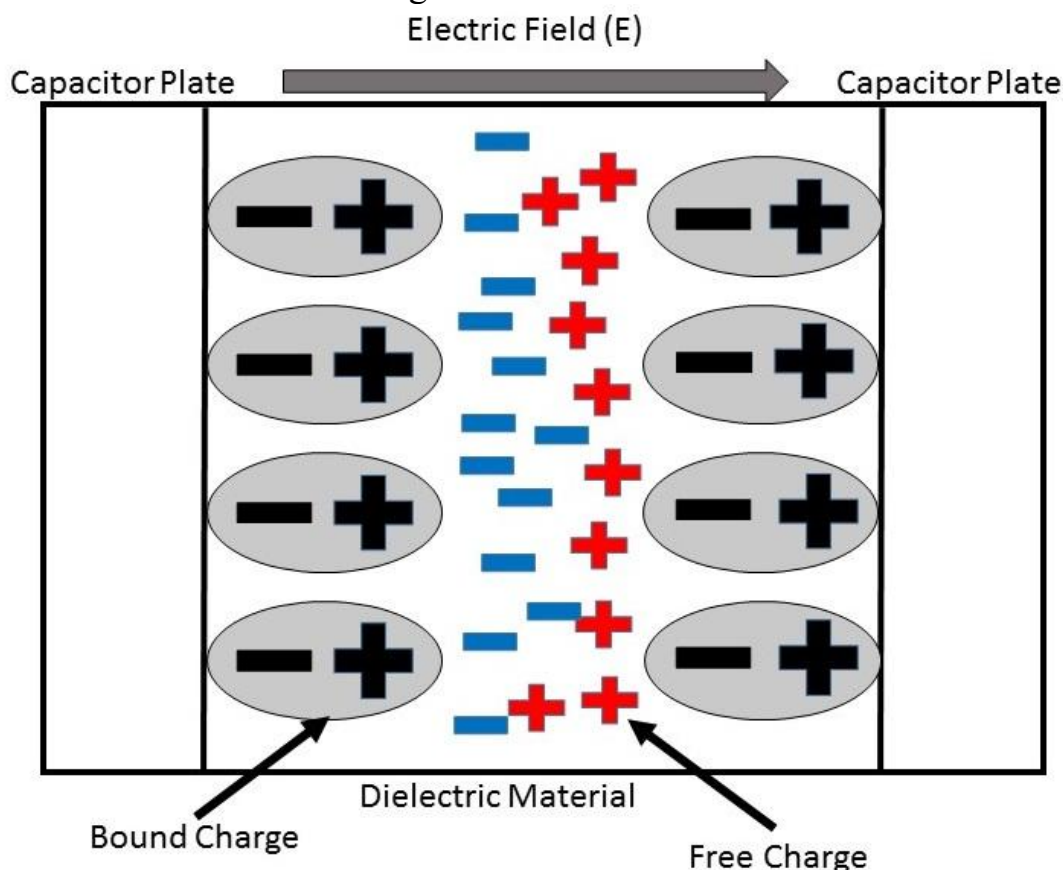
Dielektrik gisterezis segnetoelektrikning xarakterli xususiyatlaridan biridir. Kyuri nuqtasi bilan bog'liq harorat qiymatlarida domenli qutblanish kuzatiladi va u elektr maydoni kuchlanganligida nochiziqli bog'lanishga ega bo'ladi. Tashqi maydon kuchlanganligining ma'lum qiymatidan boshlab to'yinish ro'y berib, qutblanish o'zgarmay qoladi, aksincha, maydon ta'siri pasaytirilganda va u ordinata o'qini kesib, nolga teng bo'lganda jism qutblanishi ma'lum qiymatgacha pasayadi. Shuning uchun ham o'z-o'zidan qutblanish jarayonida dielektrikning singdiruvchanligi elektr maydon kuchlanganligiga bog'liq bo'ladi⁴².

Dielektrik singdiruvchanlikning haroratga bog'liqligida kuzatiladigan yuqori qiymat Kyuri harorati yoki *Kyuri nuqtasi* deyiladi. Ana shu maqbul haroratda yuqori singdiruvchanlikka erishiladi, bunda jismda struktura o'zgarishi sodir bo'ladi. Bu nuqtadan yuqori haroratda material o'zining segnetoelektriklik

⁴¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (19-20 bet)]

⁴² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (20-21 bet)]

xususiyatini, ya'ni ϵ_r qiymatining elektr yoki magnit maydoniga bo'lgan bog'liqligini domenlar to'plamining joyi o'zgarishi hisobiga segnetoelektrlarda elektr eskirishi kuzatiladi va ϵ_r qiymatining keskin o'zgarishi Kyuri haroratida sodir bo'ladi. Agar segnetoelektrik Kyuri nuqtasigacha qizitilib, so'ngra keskin sovitilsa, uning dielektrik singdiruvchanligi o'zining asl qiymatiga qaytadi. Dielektrik singdiruvchanlikni tiklash, segnetoelektrikka yuqori kuchlanishli elektr maydoni ta'sir ettirilib ham amalga oshiriladi.



Gazlarning molekullari orasidagi masofa nisbatan katta bo'lganligi sababli, ularning zichligi kichik bo'ladi. Shuning uchun barcha gazlarning dielektrik singdiruvchanligi qiymati birga yaqin bo'ladi. Gaz molekulasining radiusi (r_m) qancha katta bo'lsa, ϵ_r qiymati shuncha yuqori bo'ladi. Gazning hajm birligidagi molekullar soni uning harorat va bosimiga bog'liq bo'ladi. Molekullar sonining o'zgarishiga qarab, gazning ϵ_r qiymati ham o'zgaradi. Gazda ϵ_r qiymati havo namligiga ham bog'liq bo'ladi.⁴³

Suyuq holatdagi dielektriklar

Suyuq holatdagi dielektriklar qutbli va qutbsiz molekullardan tashkil topadi. Qutbsiz dielektrikning ϵ_r uncha katta bo'lmaydi ($\epsilon_r \leq 2,0-2,5$) va u yorug'likning sinish ko'rsatkichi kvadratiga deyarli teng bo'ladi. Qutbsiz dielektrikda ϵ_r qiymatining harorati ortishi bilan kamayishi hajm birligidagi molekullar sonining kamayishiga asoslanadi. Dipol molekullari suyuq dielektrik bir vaqtning o'zida

⁴³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (19-23 bet)]

elektron va dipol qutblanishiga ega bo'ladi. Qutbli suyuq dielektrlarda ϵ_r qiymati asosan 3,5-5 atrofida bo'ladi

Qattiq jismlarning dielektrik singdiruvchanligi dielektrik tuzilishiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Ularda turli xildagi qutblanishlar bo'lishi mumkin. Parafin qattiq holatdan suyuq holatga o'tishida (t_o) uning zichligi pasayishi tufayli ϵ_r qiymati keskin kamayadi.

Qattiq dielektrlarning zarralari zich joylashgan bo'lib, ular ion kristallari tuzilishiga ega. Bu dielektrlarda ϵ_r qiymati keng oraliqda o'zgaradi. Zarralari uncha zich bo'lmagan elektrotexnik chinnida bir yo'la elektron, ion va ion-relaksatsiya qutblanishi kuzatiladi. Shishada esa ϵ_r qiymatining o'zgarish oralig'i ($\epsilon_r \approx 4-20$) kattadir.

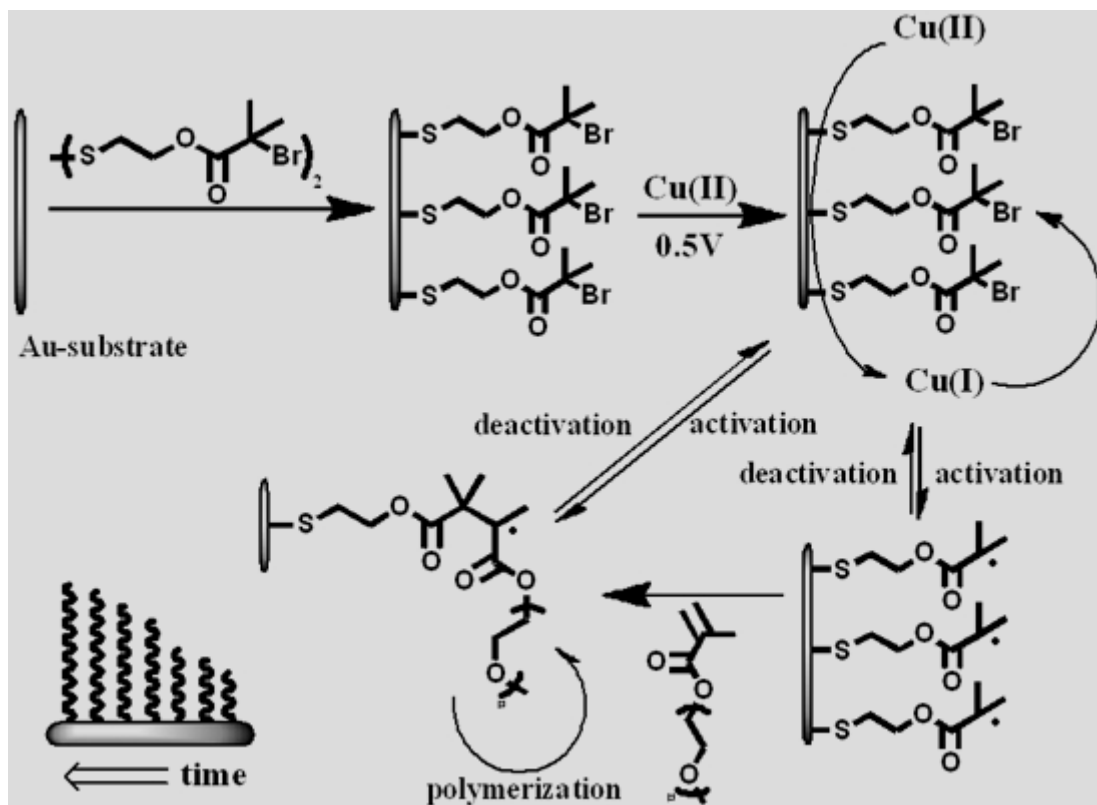
Qattiq jismlarda ϵ_r qiymati harorat va maydon chastotasiga bog'liq bo'lib, uning qonuniyatlari qutbli suyuqlikniki kabidir. Masalan, muzda ϵ_r qiymati harorat va chastotaga nisbatan keskin o'zgaradi. Harorati nolga yaqin bo'lgan muzning dielektrik singdiruvchanligi past chastotada suvnikiki kabi 81ga yaqin bo'lib, harorat yanada pasaytirilsa, muzning ϵ_r qiymati 2,85 gacha tushib ketadi.

Migrasiya qutblanishi - tarkibi bir jinsli bo'lmagan qattiq jismlarda qutblanishning qo'shimcha mexanizmi sifatida ro'y beradi. U past chastotalarda yuzaga keladi va elektr energiyasi ko'p miqdorda sarflanadi⁴⁴.

O'z-o'zidan qutblanish segnetoelektrlarga xos bo'lib, birinchi bor u segneto tuzida kuzatilgan. Tashqi maydon bo'lmaganda segneto elektrining ma'lum qismida dipollar o'z o'zidan bir-biriga nisbatan moslashib aniq yo'nalish oladi. O'z-o'zidan qutblanuvchi moddalarning alohida sohalarida elektr momenti yo'nalishi turlicha bo'ladi. Segnetoelektrlarning ξ_u qiymati juda yuqori (500-20000) bo'lib, u maydon kuchlanganligi va haroratga uzviy bog'liq.

Gazlar molekullari orasidagi masofa nisbatan katta bo'lganligi uchun ularning zichligi kichik bo'ladi. Shuning uchun barcha gazlarning qiymati birga yaqin bo'ladi. Gaz molekulasining radiusi qancha katta bo'lsa, ξ_u qiymati shuncha yuqori bo'ladi. Gazning hajm birligidagi molekullar soni uning harorat va bosimiga bog'liq bo'ladi va molekullar sonining o'zgarishiga qarab uning ξ_u qiymati ham o'zgaradi.

⁴⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. (20-21 bet)]



Gazda ξ_u qiymati havo namligiga ham bog'liq bo'ladi.

Suyuq holatdagi dielektriklar qutbli va qutbsiz molekulalardan tashkil topgan. Qutbsiz dielektriklarning ξ_u qiymati uncha katta bo'lmaydi. ($\xi_u < 2.0-2.5$) va u yorug'likning sinish ko'rsatkichi kvadratiga deyarli teng bo'ladi. Qutbsiz dielektriklarning ξ_u qiymatining harorat ortishi bilan kamayishi hajm birligidagi molekulalar sonining kamayishiga asoslanadi. Dipol molekulali suyuq dielektriklar bir vaqtning o'zida dipol qutblanishiga ega bo'ladi. Qutbli suyuq dielektrlarda $\xi_u = 3.5-5$ atrofida bo'ladi.

Jismning elektr xossasidan qat'iy nazar, uning qutbliligi molekulaning kimyoviy tuzilishi orqali aniqlanadi. Simmetriya markazi bo'lganda, simmetrik ravishda joylashgan molekulalar qutbli bo'ladi. Bir atomli molekulalar (*He*, *Ne*, *Kr*, *Xe*) va ikki atomli gomeoqutbli bog'lanishli (*H₂*, *Cl₂* va hokazo) molekulalar qutbsizdir. Ion bog'lanishli molekulalar qutbli boglanishlar qatoriga kiradi uglevodorodli moddalari esa qutbsizdir. Masalan, qutbsiz bog'lanishli moddalarga parafin, serezin, polipropilen, poliizobutilen, polistirol, eskapon, neftli izolyatsiya moyi va hokazolar, qutblilariga esa polivinilflorid, sellyuloza va uning mahsulotlari fenolformaldegid va boshqalar kiradi.

Suyuq holatdagi dielektriklar qutbli va qutbsiz molekulalardan tashkil topadi. Qutbsiz dielektrikning ϵ_r uncha katta bo'lmaydi ($\epsilon_r \leq 2.0-2.5$) va u yorug'likning sinish ko'rsatkichi kvadratiga deyarli teng bo'ladi. Qutbsiz dielektrikda ϵ_r qiymatining harorati ortishi bilan kamayishi hajm birligidagi molekulalar sonining kamayishiga asoslanadi. Dipol molekulali suyuq dielektrik bir vaqtning o'zida

elektron va dipol qutblanishiga ega bo'ladi. Qutbli suyuq dielektrlarda ε_r qiymati asosan 3,5-5 atrofida bo'ladi

Qattiq jismlarning dielektrik singdiruvchanligi dielektrik tuzilishiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Ularda turli xildagi qutblanishlar bo'lishi mumkin. Paraffin qattiq holatdan suyuq holatga o'tishida (t_e) uning zichligi pasayishi tufayli ε_r qiymati keskin kamayadi⁴⁵.

Qattiq jismlarning ξ_u qiymati dielektrikning tuzilishiga bog'liq bo'ladi. Ularda turli xil qutblanishlar bo'lishi mumkin. Bunga misol tariqasida paraffin uchun ξ_u ning qiymati har xil bo'lishi mumkin: paraffin qattiq holatdan suyuq holatga o'tishida, uning zichligi kamayishi tufayli ξ_u keskin kamayadi. Zarralari zich bo'lmagan elektrotexnik chinnida bir yo'la elektron, ion va ion–relaksasiya qutblanish kuzatiladi. Shishada esa $\xi_u=4-20$. Qattiq jismlarda ξ_u ning qiymati harorat va chastotaga bog'liq bo'lib, uning qonuniyatlari qutbli suyuqlikningi kabi. Muzda ξ_u qiymati harorat va chastotaga nisbatan keskin o'zgaradi. Xarorati 0 ga yaqin bo'lgan muzning dielektrik ξ_u qiymati past chastotalarda suvniki kabi 81 ga yaqin bo'lib, harorat yanada pasaytirilsa, muzning ξ_u qiymati 2.85 gacha tushadi.

Qattiq jismlarda ε_r qiymati harorat va maydon chastotasiga bog'liq bo'lib, uning qonuniyatlari qutbli suyuqlikningi kabidir. Masalan, muzda ε_r qiymati harorat va chastotaga nisbatan keskin o'zgaradi. Harorati nolga yaqin bo'lgan muzning dielektrik singdiruvchanligi past chastotada suvniki kabi 81 ga yaqin bo'lib, harorat yanada pasaytirilsa, muzning ε_r qiymati 2,85 gacha tushib ketadi.

Agar dielektrikning ε_r qiymati qancha katta bo'lsa, undan yasalgan kondensator sig'imi shuncha yuqori bo'ladi. Shu sababli, kondensator ishlab chiqarishda ε_r qiymati yuqori bo'lgan dielektrik olish maqsadga muvofiqdir. Sig'imi kam bo'lishi uchun, yuqori kuchlanishli va yuqori to'lqinli kabel izolyatsiya materialining ε_r qiymati kichik qilib olinadi⁴⁶.

Dielektrik singdiruvchanlikning eng kichik qiymati vakuum uchun tegishli bo'lib, unda $\varepsilon_r=1$ bo'ladi. Dielektrlar (gaz, suyuq, qattiq agregat holatidagi) ichida eng kichik dielektrik singdiruvchanlik (ε_r) gazlarda bo'lib, uning qiymati odatdagi sharoit (muhit harorati 20°C, havo bosimi 760 mm. sim. ust., havoning nisbiy namligi 65%) uchun ε_r qiymati birdan yuqoridir.

Dielektrlar, asosan, qutbli va qutbsiz turlarga bo'linadi. Istalgan moddaning molekulalari zarrachalardan (atom yoki guruhlar, ionlardan) iborat bo'lib, ularning har biri musbat yoki manfiy elektr zaryadiga egadir. Bu zaryadlar orasidagi o'zaro

⁴⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (19-23 bet)]

⁴⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (21-22 bet)]

tortishish kuchi jismning mexanik mustahkamligini ifodalaydi. Turli xil moddalarning molekulalaridagi zaryadlarning fazoviy joylashuvi har xil bo'lishi mumkin. Agar molekulalarning barcha musbat yoki manfiy zaryadlarini bitta umumiy manfiy va bitta umumiy musbat zaryad bilan almashtirsak, mos ravishda musbat va manfiy zaryadlarining og'irlik markazlarida joylashgan mazkur zaryadlar fazoda bir-biriga mos tushishi yoki mos tushmasligi mumkin. Fazoviy bir-biriga mos tushgan zaryadlar qutbsiz molekulaga ega bo'lgani sababli, bunday molekulalardan tashkil topgan jismlar qutbsiz jismlar deyiladi. Ikkinchi holda molekula tashqi elektr maydoni ta'sir etmagan holatda ham o'z elektr momenti noldan farqli bo'lib, dipol hosil qilgani sababli, molekula qutbli hisoblanadi va ular asosida tashkil topgan jismlar qutbli jismlar deb ataladi⁴⁷.

Ko'pincha dielektrlarda dielektrik singdiruvchanlik va kondensator sig'imining haroratga bog'liqligini aniqlashda dielektrik singdiruvchanlikning harorat koeffitsienti:

$$TK\varepsilon_r = \frac{I}{\varepsilon_r} \frac{d\varepsilon_r}{dT} \quad (1.16)$$

ga sig'imining harorat koeffitsienti:

$$TKC = \frac{l}{\varepsilon C} \frac{dC}{dT} \quad (1.17)$$

dan foydalaniladi.

Bu ikki koeffitsient orasidagi bog'lanish quyidagi ko'rinishga ega:

$$TKC = TK\varepsilon_r + \alpha \quad (1.18)$$

bunda α - dielektrikning chiziqli harorati koeffitsienti.

Tashqi muhit harorati o'zgaradigan sharoitda ishlaydigan elektr va radio apparatlarni loyihalashda kondensator sig'imining haroratga bog'liq bo'lmasligini ta'minlash zarur. Sig'imning haroratga nisbatan barqarorligi quyidagi ikki usul orqali amalga oshiriladi. Birinchi usulda ikkita bir-biriga parallel yoki ketma-ket ulangan kondensatorlar zanjiri olinadi, bunda zanjirlardagi sig'implarning harorat koeffitsientlaridan birining ishorasi musbat, ikkinchisiniki-manfiy bo'ladi⁴⁸. Sig'implari C_1 va C_2 , sig'imning harorat koeffitsientlari TKC_1 va TKC_2 bo'lgan bir-biriga parallel ulangan kondensatorlarning umumiy sig'imi quyidagicha aniqlanadi:

$$C^* = C_1 + C_2 \quad F. \quad (1.19)$$

Nazorat savollari:

⁴⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (22-23 bet)]

⁴⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (22-23 bet)]

1. Qutblanish nima?
2. Ionli qutblanish nima?
3. Dipol-relaksatsiya qutblanish nima?
4. Elektron-relaksatsiya qutblanish nima?
5. O‘z-o‘zidan qutblanish nima?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (19-23 bet)

5-MA'RUZA DIELEKTRIKLARNING TABIIY ELEKTR O'TKAZUVCHANLIGI

Reja:

1. Asosiy tushunchalar.
2. Gazlarning elektr o'tkazuvchanligi.

Asosiy tushunchalar

Jismda elektr zaryadlarining tartibli harakati elektr tokini hosil qiladi. Zaryadlarning bunday tartibli harakati elektr maydon kuchlanganligi ta'sirida vujudga keladi. Dielektrikda elektr o'tkazuvchanlik uning tarkibidagi erkin zaryadlar hisobiga sodir bo'ladi. Hajm birligidagi n ta zaryad eltuvchisi bo'lgan va zaryad qiymati q ga teng bo'lgan dielektrikka tashqi elektr maydoni (E) ta'sir ettirilsa, shu elektr maydon ta'sirida zaryad kuch chiziqlari yo'nalishida ma'lum tezlik $\mathcal{G}$ oladi. Jismning ko'ndalang yuzasidan vaqt birligida o'tadigan elektr miqdori, ya'ni tok zichligi:

$$J = \frac{E}{p}$$

(1)

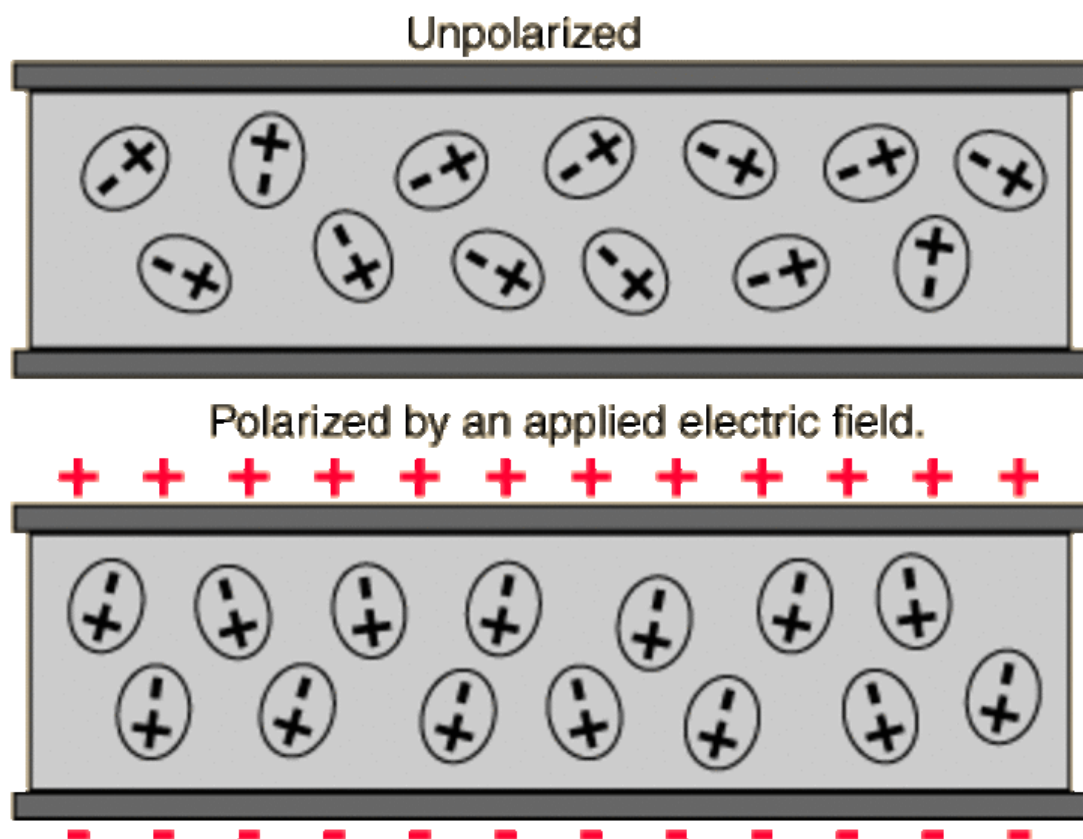
yoki

$$J = nq\mathcal{G} \quad A/m^2$$

$\rho = I/\gamma$ ekanligini hisobga olsak:

$$J = E \gamma$$

Bu yerda: ρ -solishtirma elektr qarshiligi, $Om \cdot m$; γ - solishtirma elektr o'tkazuvchanlik, sm/m .

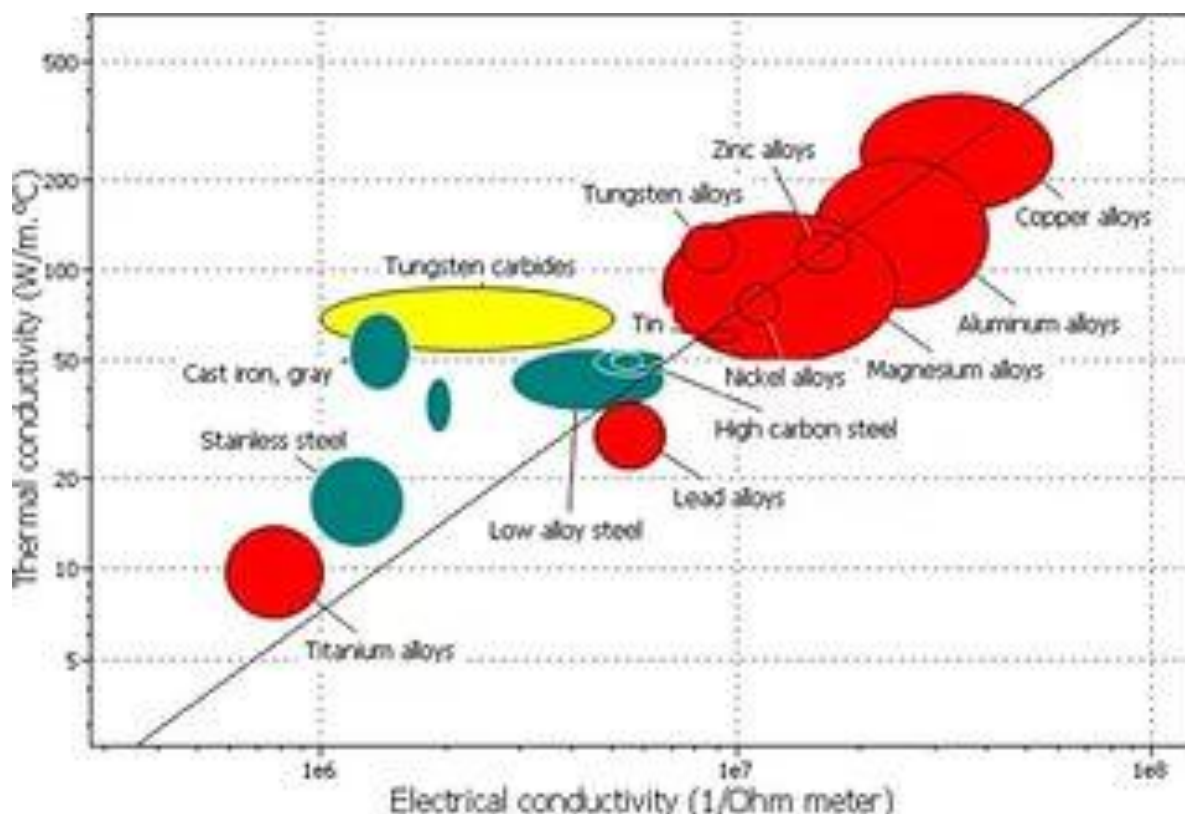


Jism elektr o'tkazuvchanligi elektronli, ionli (yoki elektrolitik) va millionli (yoki elektroforetik) ko'rinishlarga egadir. Dielektrlarda asosan ionli elektr o'tkazuvchanlik kuzatiladi. Odatda, dielektrik oz bo'lsada ma'lum miqdordagi elektr tokini o'zidan baribir o'tkazadi. Bu esa erkin zaryad eltuvchilar mavjudligi bilan tushuntiriladi⁴⁹.

Izolyatsiya materiali odatda juda katta solishtirma qarshilikka ega bo'ladi. Bu qiymat qancha yuqori bo'lsa, dielektrikdan shuncha kam miqdorda elektr toki o'tadi. Bunday xossaga ega dielektriklar yuqori sifatli hisoblanadi. Elektr maydoni ta'sirida gaz, suyuqlik va qattiq holatdagi dielektrlardan qandaydir miqdorda elektr toki o'tib, dielektrikda elektr energiya isrofi kuzatiladi. Bunday isroflarni aniqlashda dielektrlarning elektr o'tkazuvchanligini o'rganish katta amaliy ahamiyatga egadir. Elektr o'tkazuvchanlikni o'rganishda izolyatsiya materialidan yasalgan va metall elektrodlar bilan jihozlangan (3-rasm) namunali kuchlanish beriladi. Namuna asosan yassi taxtacha shaklida tayyorlanib, elektrodlar uning bir yoki qarama-qarshi ikki yuzasiga o'rnatiladi. Dielektrikning hajmiy qarshiligini aniqlash uchun elektr toki namunaning hajmi bo'icha o'tkaziladi va elektrodlar qarama-qarshi yuzaga o'rnatiladi. Mazkur elektrodlar galvanometr orqali elektr manbaiga ulanadi⁵⁰. Dielektrikning yuza qarshiligini aniqlashda esa elektrodlar namunaning bir yuzasiga o'rnatilishi mumkin.

⁴⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (24-25 bet)]

⁵⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (24-25 bet)]



Dielektrikka o'zgaras kuchlanish ulangandan so'ng ma'lum vaqt (bir minut) o'tgandan so'ng, tok o'zining qandaydir o'zgaras qiymatiga erishadi va 43ut ok ichki tok (I_{ich}) deyiladi. Dielektrikning qarshiligi R berilgan kuchlanish (U) ga to'g'ri proporsional, dielektrikdan ya'ni dielektrikning umumiy qarshiligi bir-biriga parallel o'tayotgan ichki tokka esa teskari proporsional bo'ladi:

$$R = \frac{U}{I_{ich}}, Om \quad (2)$$

Dielektrikning elektr o'tkazuvchanligi, aksincha, qarshilikka teskari proporsionaldir:

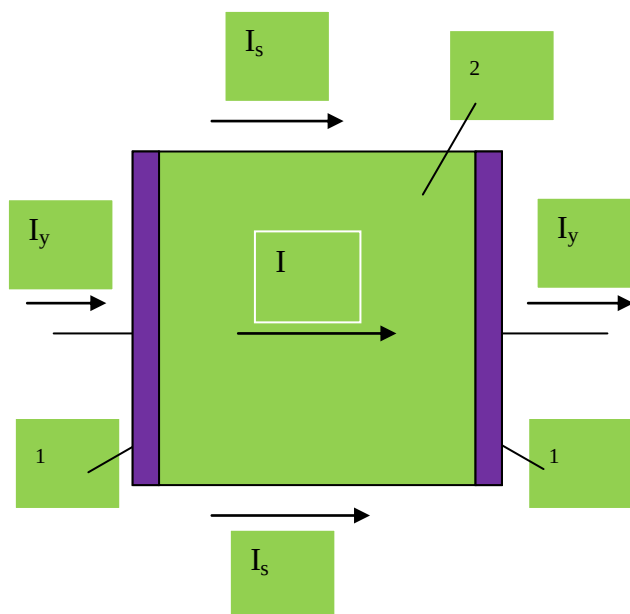
$$\gamma = \frac{1}{R} = \frac{I_{ich}}{U} \quad (3)$$

Dielektrik sirti bo'ylab o'tadigan tokni sirt toki (I_s) deb atalib, bu tok miqdorining hajmiy tok I miqdori bilan yigindisi esa dielektrikdan o'tadigan umumiy tok (I_y) ni tashkil etadi:

$$I_y = I_s + I, A \quad (4)$$

bunda

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



$$I_s = U\gamma_s = \frac{U}{R_s}$$

Dielektrik orqali o'tayotgan ichki va yuza tok oqimlari

Dielektrikning umumiy elektr o'tkazuvchanligi quyidagicha aniqlanadi:

yoki

$$\gamma = \gamma + \gamma_s$$

$$\frac{1}{R_y} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_s}$$

$$R_y = \frac{R \cdot R_s}{R + R_s}$$

ya'ni dielektrikning umumiy qarshiligi bir-biriga parallel ravishda ulangan xajmiy va yuza qarshiliklar yig'indisidan iborat bo'ladi⁵¹.

Ko'ndalang kesim yuzasi S va uzunligi h bo'lgan dielektrikning hajmiy qarshiligi R quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$R = \rho \frac{h}{S}, \text{Om.} \quad (5)$$

Dielektrikning solishtirma yuza qarshiligi esa:

$$\rho = R \frac{S}{h}, \text{Om}\cdot\text{m} \quad (6)$$

Xalqaro birliklar sistemasi (SI) ga asosan bu qarshilik $\text{Om}\cdot\text{m}$ yoki $\text{Om}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ birliklarda olinadi: $1 \text{ Om}\cdot\text{m} = 100 \text{ Om}\cdot\text{sm} = 10^6 \text{ Om}\cdot\text{mm}^2/\text{m} = 10^6 \text{ mk Om}\cdot\text{m} = 10^8 \text{ mk Om}\cdot\text{sm}$.⁵²

Dielektrikning solishtirma hajmiy o'tkazuvchanligi uning solishtirma hajmiy qarshiligiga teskari proporsionaldir. Elektr o'tkazuvchanlik jismning holati (gaz, suyuq, qattiq) ga, unga ta'sir etuvchi kuchlanish turi va miqdoriga, muhit harorati, namligi va boshqa ta'sirlarga bog'liq bo'ladi. O'zgaruvchan elektr maydoni ta'siridagi dielektrikdan o'tuvchi tok oqimi ichki va absorbsiya toklari yig'indisidan tashkil topadi. O'zgarmas kuchlanish ta'sirida bo'lgan dielektrikdan faqat ichki tok o'tib, absorbsiya toki faqat kuchlanishni ulash yoki uzish paytida kuzatiladi. Past sifatli suyuq va qattiq izolyatsiya materiallarida $\rho \approx 10^6 - 10^8 \text{ Om}\cdot\text{m}$ bo'lib, yuqori (oily) sifatlilarida esa, bu qiymat $10^{14} - 10^{18} \text{ Om}\cdot\text{m}$ ga teng bo'ladi. Yaxshi sifatli dielektrik va elektr o'tkazgich materiali orasidagi solishtirma hajmiy qarshiliklar farqi $10^{22} - 10^{25} \text{ Om}\cdot\text{m}$ ga yetib boradi. Dielektrikning solishtirma yuza qarshiligi elektrodlar o'zaro teng va yuzaga parallel ravishda o'rnatilganda:

$$\rho_s = R_s \frac{d}{I}, \text{Om} \quad (7)$$

bunda: R_s - dielektrikning yuza qarshiligi, Om ; d -elektrodning uzunligi, m ; I -mazkur elektrodlar orasidagi masofa, m .

⁵¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (24-25 bet)]

⁵² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 25-26 bet.]

Bu kattalik yordamida dielektrikning solishtirma yuza o'tkazuvchanligi ($\gamma = I/\rho$) aniqlanadi. Elektr o'tkazuvchanlikning o'lchov birligi sifatida simens (Sm) qabul qilingan. Qattiq dielektrikning to'liq elektr o'tkazuvchanligi uning yuza va hajmiy elektr o'tkazuvchanliklari yig'indisidan iboratdir. Kuchli va kuchsiz elektr maydonlarida joylashgan dielektrlarda zaryad eltuvchilar turli holda sodir bo'ladi. Dielektrikning qanday agregat holatdaligiga qarab, kuchsiz elektr maydoni ta'sirida ionli elektr o'tkazuvchanlikka egadir. Elektr o'tkazuvchanlikka dielektrik tarkibidagi qo'shimcha va begona zarrachalar ham sababchi bo'ladi. Bular dielektrikning elektr o'tkazuvchanligini oshiribgina qolmay, uning elektr mustahkamligining pasayishiga ham olib keladi. Kuchli elektr maydoni ta'sirida zaryad eltuvchilar neytral zarrachalar bilan to'qnashib, ularni ionlashtiradi va natijada, urilish ionlashishi sodir bo'ladi. Elektr maydoni o'zining kritik qiymatidan o'tganida, erkin zaryad eltuvchilar miqdori keskin ortadi va dielektrik o'z izolyatsiya xossasini yo'qotadi. Bunday holatda dielektrikda teshilishi hodisasi sodir bo'ladi. Qattiq va suyuq dielektrlar uzoq vaqt kuchlanish ta'sirida bo'lganda, ulardan o'tadigan tok miqdori kamayishi yoki ortishi mumkin. Birinchi holda dielektrikdagi elektr o'tkazuvchanlikni, asosan, turli xil qo'shimchalar keltirib chiqarib, vaqt o'tishi natijasida namunada elektr tozalanishi sodir bo'ladi va dielektrikdan o'tayotgan tok miqdori kamayadi. Aksincha, vaqtga nisbatan tokning ortishi esa, dielektrikdagi zaryadlar hisobiga ro'y beradi. Uzluksiz ta'sir etadigan kuchlanish dielektrikning eskirishiga olib keladi va bu jarayon uning teshilishi bilan yakunlanadi⁵³.

Kondensatorning doimiy zaryadsizlanish vaqti amaliy jihatdan keng foydalanadigan kattalik bo'lib, u quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\tau_0 = R_{iz} \cdot C = \rho \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_k$$

bunda: R_{iz} - kondensator izolyatsiyasining qarshiligi, Om; C - kondensatorning sig'imi, F .

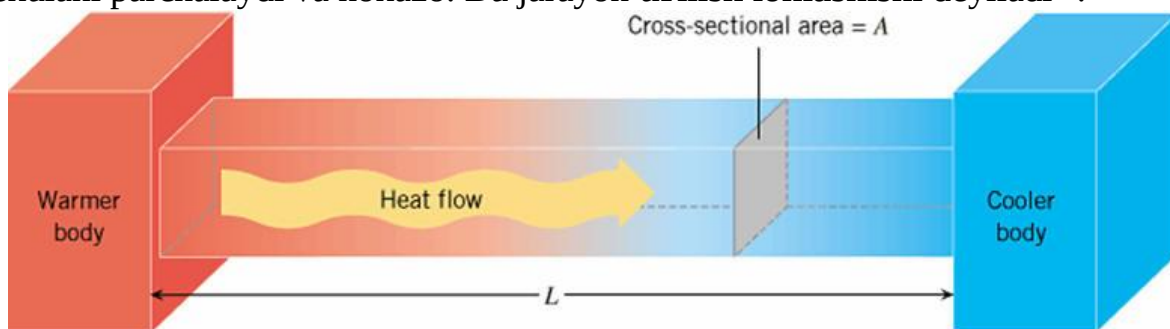
Gazlarning elektr o'tkazuvchanligi.

Gazlarda elektr toki erkin yoki ionlar hisobiga sodir bo'ladi. Kuchsiz elektr maydonidagi gaz neytral elektr zarrachalar - molekula yoki atomlardan tashkil topadi. Tashqi ta'sir-ionizator orqali sodir bo'ladigan gaz elektr o'tkazuvchanlik deyiladi. Ikkita yassi elektrod ionlashtirilgan gaz muhitiga kiritilib, ularga kuchlanish berilsa, ionlar harakatga kelib zanjirdan elektr toki o'tadi.

Normal sharoit ($t=20^0C$, $\phi =65\%$, $p=760$ mm. sim.ust) da havoda to'yingan tok zichligi I juda kichik qiymatga, ya'ni kuchlanishning $0,6$ V/m qiymatida 10^{-15} A/m² ga to'g'ri keladi. Shuning uchun ham, havo yaxshi dielektrik hisoblanadi. Gazlarda mustaqil bo'lmagan elektr o'tkazuvchanlik tashqi ionizator, kosmik yoki radioaktiv nurlar bartaraf etilsagina to'xtaydi. Bunda zaryad eltuvchilar keskin kamayishi sababli, gazdan o'tayotgan tok nolga intiladi.

⁵³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (25-26 bet)]

Yuqori qiymatli elektr maydonining erkin zaryad eltuvchilarga kuchli ta'sir etishi natijasida zaryadlarning harakat tezligi ortadi. Gaz molekulari bilan to'qnashuvi oqibatida mazkur zaryadlarning kinetik energiyasi molekularining ionlashish energiyasidan ortib ketadi. Tezkor elektronlarning neytral molekula bilan to'qnashuvi natijasida molekula musbat ion va elektrodlarga parchalanadi. Har bir to'qnashuvda ikkita elektron hosil bo'lib, ular o'z navbatida yana ikki molekulani parchalaydi va hokazo. Bu jarayon **urilish ionlashishi** deyiladi⁵⁴.



$$P_{\text{cond}} = \frac{Q}{t} = kA \frac{T_H - T_C}{L}.$$

Fotoionlashish deb, molekularning uyg'ongan holatidan asl holatiga o'tishi tushuniladi. Bu jarayonda ma'lum miqdordagi energiya nurlanishga sarf bo'ladi. Nur molekulaga ta'sir etib, yangidan-yangi erkin zaryad eltuvchilarni keltirib chiqaradi. Urilish ionlashishi va fotoionlashish jarayonlari bir vaqtning o'zida sodir bo'ladi.

Izolyator sirtining holatini baholash uchun uning solishtirma sirt o'tkazuvchanligi γ_S va solishtirma hajm o'tkazuvchanligi γ_V aniqlanadi. γ_S ning qiymati quyidagi formula bilan topiladi:

$$\gamma_S = \frac{K_{\text{sh}}}{R},$$

bu yerda R - izolyatorning qarshiligi; $K_{\text{sh}} = 0,65$ izolyatorning shakl koefitsiyenti.

R qarshilik qiymati izolyator iflos qatlamini to'yinishi holatigacha namlangan holat uchun aniqlanadi va bu qarshilik izolyator sirt qarshiligining minimal qiymatiga mos keladi. Namlash solishtirma hajm o'tkazuvchanligi $200 \text{ mKCM} / \text{CM}$ dan yuqori bo'lmagan namli kichik zarrachalar bilan amalga oshiriladi⁵⁵.

Nam oqim izolyator iflos qatlamini buzmasligi lozim.

Qutbli dielektrikning yuza qarshiligi atrof-muhitning namlik darajasi qancha yuqori bo'lsa, shuncha kam bo'ladi. Qutbli dielektrikda chang qatlami yaxshi o'tiradi va bu qatlamning to'yinib namlanishi R_s qiymatini keskin tushirib

⁵⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (25-26 bet)]

⁵⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (25-26 bet)]

yuboradi. G'ovak jismda namlik butun yuza bo'yicha uning hajmiga singib, yuzada qo'shimcha suv pardasi hosil qilishi natijasida dielektrikning yuza qarshiligi pasayib ketadi. Dielektrikning yuza qarshiligini yuvish, issiqda toblash va boshqa turli usullar orqali ko'tariladi. Dielektrik yuzasini tozalash usullaridan biri uni distillangan suvda qaynatishdan iboratdir. Dielektrikning yuzasini loklash bilan ham uning yuza qarshiligini oshirish mumkin. Agar jism yuzasi turli birikma va iflosliklardan halos qilinsa, u katta yuza qarshiligiga erishadi va bu qiymat (P_s) namlik muhitda ko'p o'zgarmaydi. Dielektrik tarkibida dissotsiatsiyalanadigan ionli qo'shimchalar bo'lsa, namlik ta'sirida uning solishtirma yuza qarshiligi keskin pasayadi.

Atrof-muhit havosi tarkibida ma'lum miqdorda suv bug'i bo'ladi. Normal sharoitda havoning nisbiy namligi 65% ni tashkil etadi. Dielektrik sirtiga o'tirgan yoki unga singigan namlik izolyatsiya qarshiligini keskin (10^6 martagacha) pasaytiradi, bu suvning past solishtirma qarshiligi ($P \approx 10^3 - 10^4 \text{ Om}\cdot\text{m}$) bilan tushuntiriladi. Suvda dielektrikka singib borishi natijasida uning tarkibida erkin ionlar miqdori ko'payadi. Dielektriklar namlikka bo'lgan chidamliligi jihatidan quyidagi uch turga: nam singdiradi yoki namlanadigan; nam singdirmaydigan lekin yuzasi namlanadigan; namlanmaydigan va nam singdirmaydigan dielektriklarga bo'linadi. So'nggi turdagi materiallar kam uchraydi. Bularga misol tariqasida parafin, serezin, ftoroplast kabi qutbsiz dielektriklarni ko'rsatish mumkin⁵⁶.

Metallarning o'ziga nam singdirish qobiliyati ularning tarkibidagi makro yoki mikro, yohud submikroskopik bo'shliqlarga bog'liq bo'ladi va u gigroskopiklik yoki suv singdirish bilan ifodalanadi.

Material yuzasining namlanishi izolyatsion qutblanish tabiatiga bog'liqdir. Ionli qutblanuvchi jism yuzasida qarama-qarshi ishorali ionlar joylashib, ular qutbli suv molekulalarini o'ziga tortadi va izolyatsiya yuzasida bir necha molekulalar qatlamini hosil qiladi.

Dipol qutblanuvchi jism yuzasida zaryadlangan dipollar betartib joylashib, suvni yuqoridagi (ion qutblanish) ga nisbatan kamroq miqdorda o'zida singdiradi yoki yupqa qatlam hosil qiladi. Faqatgina elektron qutblanishga ega neytral yuzaga ega bo'lib, suv molekulalarini o'ziga mutlaqo tortmaydi. Shu sababli, ionli dielektrik suv bilan yaxshi namlanadi, dipollisi nisbatan kamroq namlanadi, neytral dielektrik esa umuman namlanmaydi.

Issiqlik ta'sirida dielektrikda erkin ionlar ko'payishi natijasida uning solishtirma qarshiligi keskin pasayadi. Dielektrikda solishtirma yuza qarshiligining haroratga nisbatan o'zgarishi quyidagicha ifodalanadi.

$$I_g p_t = I_g p_{20} - \beta(t - 20^{\circ}\text{C}).$$

Anorganik materiallarda $\beta \approx 0,01-0,02$, organiklarida esa $\beta \approx 0,03 - 0,04$. Agar harorat 15°C dan 25°C gacha o'zgartirilsa, u holda ρ_s qiymati ikki barobar

⁵⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (25-26 bet)]

o'zgaradi. Bu qiymat 100°C ga farq qilsa, dielektrikning ρ_s qiymati katta, ish haroratida esa undagi tok oqimi kam bo'lishi kerak⁵⁷.

Elektr mashina va apparatlarning izolyatsiya qarshiligi deganda, sim izolyatsiyasi va shu jihoz qismlari orasidagi qarshilik tushuniladi. Izolyatsiya qarshiligining o'lchov birligi qilib $1 \text{ tom} = 10^6 \text{ Om}$ qabul qilingan. Izolyatsiyaning umumiy solishtirma qarshiligi yuza va ichki qarshiliklari yig'indisidan iboratdir. Shu sababli izolyatsiya qarshiligi namlik va harorat ta'sirida o'zgaradi. Amalda izolyatsiya qarshiligi tayor elektr uskunasi uchun ish sharoitida harorat va namlik ta'sirida tekshiriladi. Dielektrikda ρ qiymati materialning o'zgarish kuchlanish ta'sirida ishlashi mumkinligini ifodalaydi. Uning qiymati qancha yuqori bo'lsa, izolyatsiya shuncha yaxshi bo'ladi. Ammo bu xarakteristika dielektrikning o'zgaruvchan kuchlanishda ishlashi yoki ishlay olmasligini ifodalaydi.

O'zgarish kuchlanish ta'sirida jismda davriy qutblanish kuzatilmagani sababli dielektrlardagi energiya isrofi uning solishtirma yuza va hajmiy qarshiligiga bog'liq bo'ladi. O'zgaruvchan kuchlanishda dielektrikda ichki toklardan tashqari qo'shimcha sabablar vujudga kelib, undagi elektr energiyasi isrofi ortadi. Elektr maydonida joylashgan dielektrikda sarflanadigan quvvat miqdorini aniqlash uchun dielektrikdagi isrof burchagi δ yoki shu burchak tangensi $\tan\delta$ dan foydalaniladi. Elektrotexnikada sinusoidal tokli elektr zanjiri eng ko'p tarqalgan. Sinusoidal tok kuchlanishi o'z shaklini saqlagani holda o'zgarishi mumkinligi bilan o'zgarish tokdan farq qiladi. O'zgaruvchan tok turli usullarda hosil qilinadi. Bunday usullardan eng oddiy generator yordamida tok hosil qilishdir. Dielektrik isrof burchagi deb, sig'imli zanjirdagi kuchlanish va tokning fazaviy siljish burchagi 90° gacha to'ldiriladigan burchakka aytiladi. Dielektrikda energiya isrofi qancha katta bo'lsa, fazaviy siljish burchagi shuncha kichik va δ burchak yoki uning funksiyasi $\tan\delta$ shuncha katta bo'ladi. Jismning agregat holati (gaz, suyuq va qattiq) ga qarab, undagi dielektrik isrofning tabiati turlicha bo'ladi. Dielektrik isrofni ifodalaydigan vektor diagramma ko'rsatilgan⁵⁸.

Misdan keyingi radiotexnikada eng ko'p qo'llaniladigan material - bu alyuminiy bo'lib, u elektr tokini yaxshi o'tkazadigan materialdir. Alyuminiy juda yengil, kumushsimon oq rangda tabiatda uchraydi. Uning solishtirma qarshiligi misnikidan 16 marta katta bo'lib, alyuminiy misdan 3,5 marta yengildir. Normal sharoitda erish harorati 660°S , solishtirma issiqlik sig'imi $923 \text{ J}\cdot\text{kg}\cdot\text{K}$, solishtirma issiqlik o'tkazuvchanligi 218 Vt . Haroratli chiziqli kengayish koeffitsiyenti $21\cdot 10^{-6} \text{ K}$ ga teng. Solishtirma qarshiligi $0,0265 \text{ m}\Omega\cdot\text{m}$ ga teng, chiqish ishi $4,25\text{eV}$ ga teng. Alyuminiy-ning kamchiligi, mexanik chidamliligining juda kichikligidir. Alyuminiy elektroliz yo'li bilan olinadi. Alyuminiy tabiatda har xil markali ko'rinishda uchraydi, ya'ni 1AYe, A97, A999, AYe markali tarkibida 0,5 kirishma bor. Undan tayyorlangan alyuminiy simni solishtirma qarshiligi $0,028 \text{ m}\Omega\cdot\text{m}$ ni tashkil etadi, A97 markali alyuminiy tarkibida 0,3% kirishma bor. Bu markali

⁵⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (25-26 bet)]

⁵⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (27-28 bet)]

alyuminiy juda toza material bo'lib, kremniy bilan kontakt qilinadi. Uning kamchiligi elektromigrasiyaga juda kam moyilligidir.

Klassik elektron nazariyasiga binoan metallni ko'rib chiqadigan bo'lsak, metallarga tashqi elektr maydon ta'sir qilmasa, undagi elektronlar ma'lum bir yo'nalishga ega bo'lmaydi va betartib harakat qiladi. Agarda metallarga elektr kuchlanishi berilsa tashqi elektr maydon kuchlanganligiga teskari bo'lgan yo'nalishda elektronlar doimiy tezlanish bilan harakatlana boshlaydi. Bunda elektronlar ma'lum bir yo'nalish bo'yicha elektr toki hosil qilib, metall o'tkazuvchanligini sodir qiladi yoki bo'lmasa kristall panjaraga musbat zaryadlangan ionlar bilan urilib, energiya beradi va elektr maydonda tezlanish olgan holda harakatlana boshlaydi. O'tkazuvchan materiallar tasnifiga asoslangan holda elementlarni ko'rib chiqamiz:

Yarim o'tkazgichlarga shunday materiallar kiradiki, ularning xona haroratidagi solishtirma elektr qarshiligi 10^{-5} dan 10^{10} om sm gacha bo'ladi. (yarim o'tkazgichli texnikada 1 sm^3 hajmdagi materialning qarshiligini o'lchash qabul qilingan). Yarim o'tkazgichlar soni metall va dielektriklar sonidan ortiq, juda ko'p hollarda kremniy, arsenid galliy, selen, germaniy, tellur va har xil oksidlar, sulfidlar va karbidlar kabi yarimo'tkazgich materiallardan foydalaniladi.⁵⁹

Yarim o'tkazgich materiallarining elektrofizik xususiyatlarini o'rganish asosida yangi fizik asboblarni yaratish imkoniyati tug'iladi. Ayniqsa, qattiq jismlar fizikasining yarim o'tkazgichlar fizikasi qismini o'rganadigan materiallar asosida hozirgi zamon talablariga javob beradigan fizik asboblarni va qurilmalar yaratiladi.

Elementar yarim o'tkazgich bo'lgan kremniy va germaniy elementlaridan, shuningdek murakkab strukturali yarim o'tkazgichlar xususiyatlarini o'rganish, ularning tashqi ta'sir ostida xususiyatlari o'zgarishini kuzatish orqali ham kerakli xossalarga ega bo'lgan asboblarni yaratish imkoniyati tug'iladi.

Ayniqsa, kremniy elementi kristallidan asbobsozlik va mikroelektronikada juda ko'p qo'llaniladi. Shuning uchun ham bu elementning elektrofizik, mexanik, optik va boshqa xususiyatlarini o'rganish katta ahamiyatga egadir. Tashqi ta'sir: nurlanish, bosim, deformasiya va boshqa ta'sirlarda kremniyning xususiyatlari o'zgarishini o'rganish dolzarb muammodir.

Izolyator sirt qirshiligi megommetr yordamida $0,5 - 2,5 \text{ kV}$ kuchlanish oralig'ida aniqlanishi lozim. Izolyator iflos qatlamini namlanishdan to'yinish momentini aniqlash uchun, namlanish jarayonida o'lchash kuchlanishi izolyatorga 2 daq. vaqt oralig'i bilan davriy berib turilishi va izolyatorning kuchlanish ta'sirida bo'lish davomiyligi 3 s dan oshmasligi lozim⁶⁰.

γ_s qiymati izolyator sirti har xil nuqtalari solishtirma sirt o'tkazuvchanliklari o'lchangan qiymatlarining o'rtachasiga teng qilib olinadi. γ_s zond usuli yordamida o'lchanadi. Zondning ishchi qismi mis yoki latun sterjenlardan iborat 2 ta elektrod

⁵⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (27-28 bet)]

⁶⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (27-28 bet)]

bo'lib, yassi aylanasi uchlarining diametri 4 mm , elektrodlar orasidagi masofa 5 mm .

Zond yordamida o'lchov bajariladigan sirt bo'lagini sun'iy namlash solishtirma hajm o'tkazuvchanligi 200 mKCM/cm dan katta bo'lmagan suv bilan ifloslanish qatlami to'yinguncha amalga oshiriladi. To'yinish momenti sirtida namlikning alohida tomchilari paydo bo'lishi bilan qayd etiladi.

Elektrodlarni izolyator sirtiga tegib turgan joylarida suv to'planmasligi lozim. Buni oldini olish maqsadida o'lchash vaqtida egilib turishi kerak. O'lchashdan avval izolyator ifloslanish darajasini bir tekis bo'lgan zonalariga ajratiladi. Har bir zonada o'lchash $0,5\text{ kV}$ li megommetr bilan 10 martadan o'tkaziladi.

Zondning elektrodleri orasidagi ifloslangan qatlamning solishtirma sirt o'tkazuvchanligi

formula bilan aniqlanadi.

$$\gamma'_{S_3} = \frac{K_{\text{ш}}}{R_u} \leq \frac{0,82}{R_u}$$

Bu yerda $K_{\text{ш}}$ - zondning shakl koeffitsiyenti; R_i - zondning elektrodleri orasidagi ifloslangan qatlam qarshiligining o'lchangan minimal qiymati, $M\Omega$.

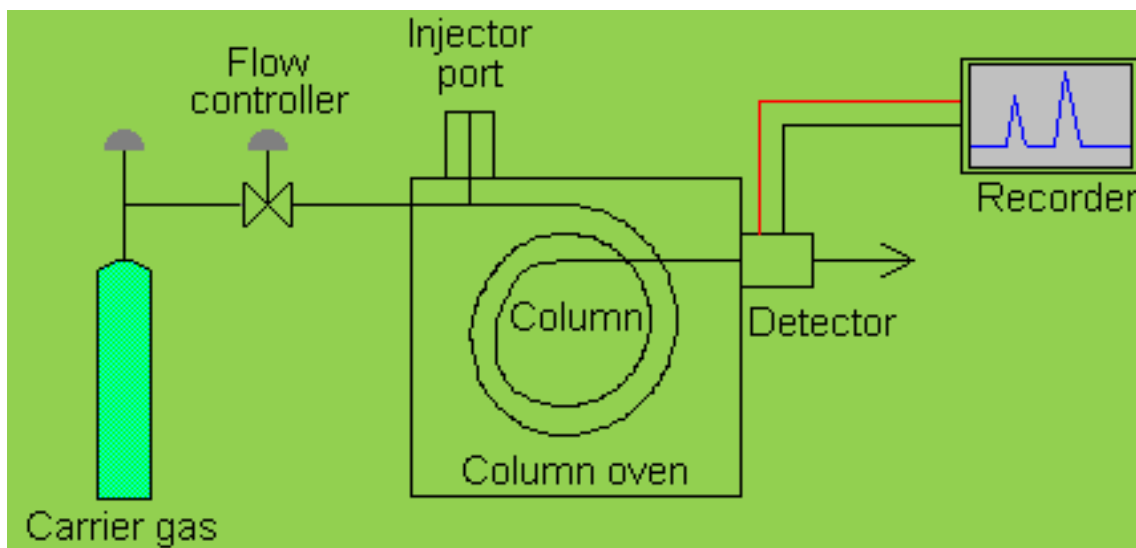
Har bir zonadagi ifloslangan qatlam solishtirma sirt o'tkazuvchanligining o'rtacha qiymati

$$\gamma_{S_k} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \gamma'_{S_i}}{n}$$

Agar ionlashtirilgan gaz o'zaro parallel joylashgan ikkita yassi elektrod oralig'ida bo'lib, bu elektrodلarga kuchlanish berilsa, mazkur kuchlanish ta'sirida ionlar maydon yo'nalishi tomon siljiydi va zanjirdan tok o'ta boshlaydi. Bunda ionlarning bir qismi elektrodلarda neytrallanadi, qolgan qismi esa rekombinatsiya hisobiga yo'qoladi. Kuchlanish oshirib borilsa, ionlar elektrodلarga tomon yo'naladi va rekombinatsiya qilishga ulgurmaydilar. Bunda, gaz oralig'idagi barcha ionlar kuchlanishining ma'lum qiymatida faqat elektrodلarda zaryadsizlanadi⁶¹.

To'yinish toki (U_t U_i oralig'idagi o'zgarmas tok) normal sharoitdagi havo uchun elektrodلar oraligi 10 mm va maydon kuchlanganligi $0,60\text{ V/m}$ bo'lganda sodir bo'ladi. Bu tok qiymati havoda juda kam bo'lib, taxminan 10^{-15} A/m^2 ga teng bo'ladi. Shu sababli, urinish ionlashishi sodir bo'ladigan holatga qadar havo yaxshi dielektrik hisoblanadi. Urinish ionlashishi sodir bo'lganda gazlarda mustaqil elektr o'tkazuvchanlik hosil bo'ladi.

⁶¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (27-28 bet)]



Kuchlanishning U_i qiymatidan yuqori holatlarida va kuchlanish o'sishi bilan tok keskin o'sa boshlaydi. Havoda bu holat maydon kuchlanganligi $E_i \approx 10_5 - 10_6$ V/m ga teng bo'lgan paytda sodir bo'ladi. ⁶²

Nazorat savollari

1. Dielektrikning namligi qanday aniqlanadi?
2. Dielektrikning mexanik xossalar deganda nimani tushunasiz?
3. Dielektrikning issiqlik xossalar deganda nimani tushunasiz?
4. Dielektrikning kimyoviy xossalar deganda nimani tushunasiz?
5. Gazlarning elektr o'tkazuvchanligini aniqlashning usullarini keltiring?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 24-28 bet.

6-MA'RUZA

DIELEKTRIKLARNING TABIIY ELEKTR O'TKAZUVCHANLIGI

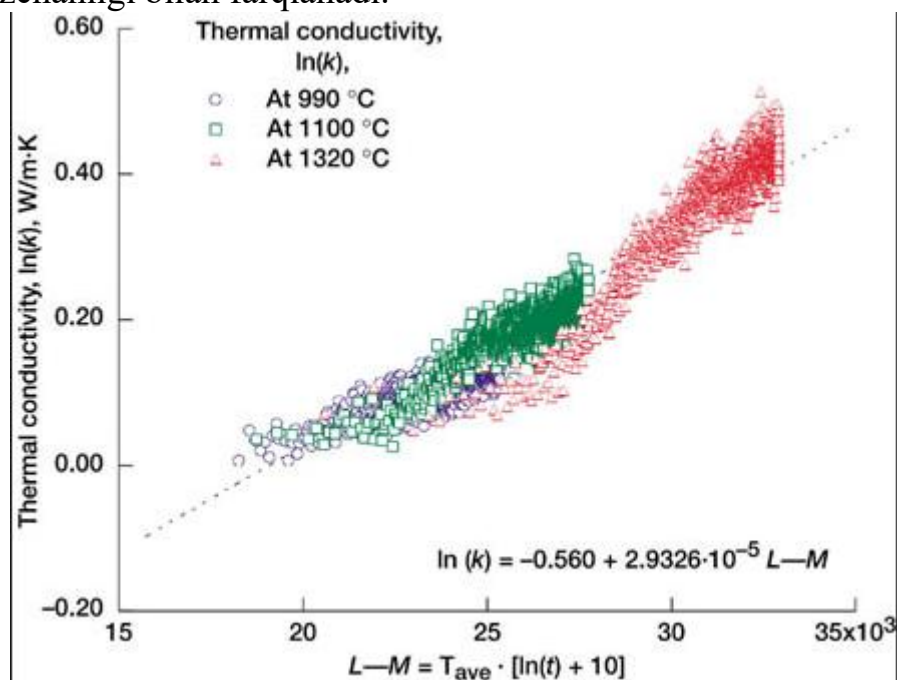
Reja

1. Suyuq dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligi
2. Qattiq dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligi.
3. Qattiq dielektriklarda sirt (yuza) orqali elektr o'tkazuvchanlik

Suyuq dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligi

⁶² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 27-28 bet.]

Suyuqlikning elektr o'tkazuvchanligi uning molekula tuzilishi va tarkibidagi qo'shimchlarga bog'liqdir. Qutbli suyuqlik qutbsiz suyuqlikdan o'zining kam elektr o'tkazuvchanligi bilan farqlanadi.



Aksariyat suyuqliklarning molekulari ionlashmaganligi sababli, ularning elektr o'tkazuvchanligida qo'shimcha (nam, tuz, ishqor, kislata va hokazo)larning ta'siri katta bo'ladi. Suyuqlik tarkibida juda oz miqdorda bo'lgan bunday qo'shimchalar dielektrikning elektr o'tkazuvchanligini sezilarli darajada oshiradi. Suyuqlikda ionlarning yoki zaryadlangan kolloid zarralarning siljishi undan tok o'tishini ta'minlaydi⁶³.

Qutbli suyuqliklar yuqori elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lib, ularning dielektrik singdiruvchanligi ortishi natijasida dielektrikning elektr o'tkazuvchanligi ham ortadi. O'ta qutbli suyuqliklar yuqori elektr o'tkazuvchanlikka egaligi sababli bunday suyuqliklar ionli elektr o'tkazuvchanlikka ega o'tkazgichlar deb qaraladi.

Suyuq dielektrik tarkibidagi qo'shimchalardan tozalansa, uning solishtirma qarshiligi birmuncha ortadi. Masalan, qutbsiz suyuq dielektrik orqali uzoq vaqt elektr toki o'tkazilsa, elektr ionlarning elektrodlarida yig'ilishi natijasida mazkur suyuqlik qo'shimchalardan tozalanadi va dielektrik qarshiligi ortadi. Natijada suyuq dielektrikda elektr tozalanishi sodir bo'ladi.

Suyuq dielektriklarning solishtirma o'tkazuvchanligi haroratga uzviy ravishda bog'langan bo'lib, haroratning ortib borishi bilan uning qovushqoqligi kamayadi. Oqibatda ionlarning siljuvchanligi ortib, suyuqlikning elektr o'tkazuvchanligi ko'payadi.

Suyuq dielektrikning solishtirma o'tkazuvchanligi aniqlanadi:⁶⁴

⁶³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (29-30 bet)]

⁶⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 28-30 bet.]

$$\gamma = A \exp\left(-\frac{a}{T}\right), \quad (1)$$

bunda: A , a - berilgan suyuqlikni modallaydigan o'zgarmas kattaliklar.

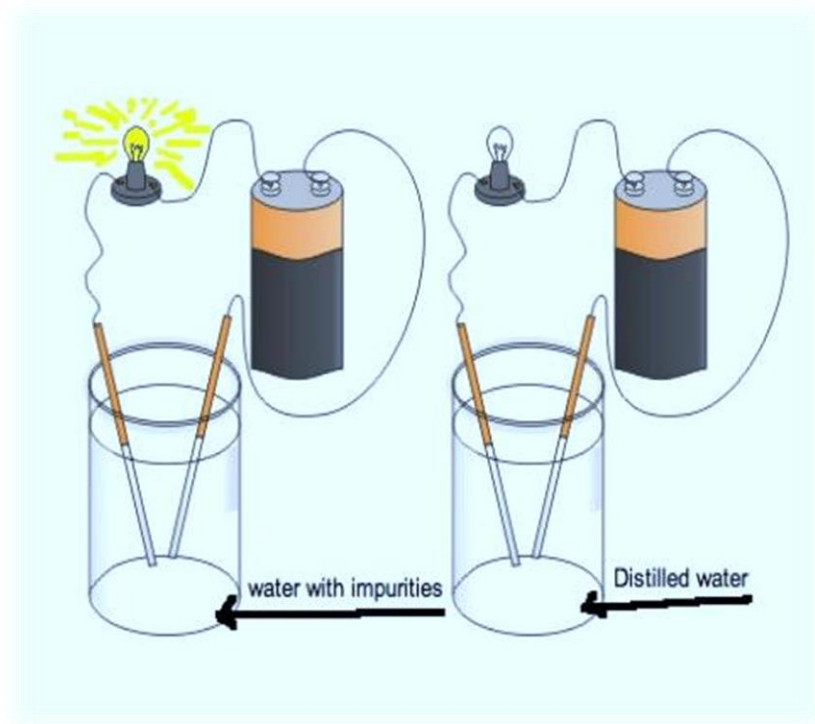
Suyuqlikning solishtirma o'tkazuvchanligi va qovushqoqligi orasidagi bog'lanish qovushqoq muhitda doimiy kuch ta'sirida siljuvchi shar harakatiga asoslangan Stoks qonunidan foydalanib, o'rganiladi. Ushbu qonunga asosan, suyuq muhitda joylashgan sharning harakat tezligi:

$$g = \frac{F}{6\pi\eta} m/c \quad (2)$$

bunda: F - kuch, N ; r - shar radiusi, m ; η -suyuqlikning dinamik qovushqoqligi.

Agar ion shar ko'rinishli, uning zaryadi q va harakatlantiruvchi kuchi $F = E q$ deb olsak, u holda suyuqlikning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi Om qonuniga asosan quyidagicha aniqlanadi.

$$\gamma = \frac{n_0 q^2}{6\pi\eta} \quad (3)$$



bunda: n_0 – zaryad eltuvchilar miqdori.

Ushbu ifodaga asosan, suyuqlik qiziganda, uning qovushqoqligi kamayishi sababli, dielektrikning elektr o'tkazuvchanligi ortadi. Elektr o'tkazuvchanlik kolloid birikmalarida ham kuzatilib, ularda zaryad eltuvchi vazifasini millionlar bajaradi. Elektr texnikada kolloid birikmalaridan emulsiya, suspenziya (suyuqlikdagi qattiq zarrachalar) va aerozollar (gaz tarkibidagi qattiq va suyuq zarrachalar) ishlatiladi. Elektr maydonida millionlar harakati elektroforez

ko'rinishida bo'ladi va jarayon elektrolizdan yangi modda hosil qilmasligi bilan farqlanadi. Elektroforetik elektro o'tkazuvchanligi, tarkibida suv zarrasi bo'lgan yog'da, qatron (smola)li organik suyuqliklarda kuzatiladi.

Ba'zi suyuq dielektrlarda p qiymatining ε_r qiymatiga bog'liqligi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Ba'zi suyuqliklarning 20°C dagi solishtirma hajmiy qarshiligi va dielektrik singdiruvchanligi.

Suyuqlik	Tuzilish xususiyati	ρ ; Om·m	ε_r
Transformator moyi	Qutbsiz	10^{10} - 10^{13}	2,3
Benzin			2,0
Kanakunjut	Qutbli	10^8 - 10^{10}	4,5
Atseton		10^4 - 10^5	22
Distillangan suv	O'ta qutbli	10^3 - 10^4	81

Elektrotexnikaga oid konstruktsiya va uskunalarni ishlatish sharoitlaridan kelib chiqib, suyuq dielektrlarga yuqori elektr mustahkamlik va solishtirma hajmiy qarshilik, kichik miqdorli dielektrik singdiruvchanlik, elektr va issiqlik maydonlariga bo'lgan bardoshlilik, ish mobaynida xossalarning barqarorligi, yong'inga bardoshlik kabi talablar qo'yiladi. Neft mahsulotidan olinadigan transformator moyi elektrotexnikada eng ko'p ishlatiladigan suyuq dielektrlardan hisoblanib, u quvvatli transformatorlarda, asosan, elektr izolyasiya va sovitkich vazifasini bajaradi⁶⁵. Bir xil qalinlikdagi turli elektr izolyasion materiallar teshilish kuchlanishi har xil bo'ladi. Shuning uchun dielektrlarning teshilishga chidamlilik qiymatini aniqlash juda muhim. Bu qiymat dielektrlarning elektr mustahkamligi E_M deyiladi. Oddiy holatda (bir tekis maydon) elektr mustahkamligi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$E_M = \frac{U_T}{h},$$

bu yerda, U_T - teshilish kuchlanishi; h - dielektrikning qalinligi.

Dielektrikka berilgan kuchlanish oshirib borilganda, undan o'tayotgan tok ortib boradi va kuchlanishning ma'lum qiymatida dielektrikda teshilish sodir bo'ladi. Teshilish paytida dielektrikda paydo bo'ladigan o'ta o'tkazuvchan kanal elektrodlarning qisqa tutashuviga olib keladi. Bunday holatda dielektrik izolyasion xususiyatini yo'qotadi. Dielektrikning teshilish lahzasidagi kuchlanish teshilish kuchlanishi deb ataladi.

Transformator moyining kuchlanishga nisbatan elektr mustahkamligi 6.1-jadvalda keltirilgan⁶⁶.

⁶⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (29-30 bet)]

⁶⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (29-30 bet)]

Tajriba tekshirilayotgan transformator moyi bilan to'ldirilgan chinni idishda o'tkaziladi.

Elektrodlar diametri 25 mm va qalinligi 5-8 mm da tayyorlanadi. Disk chetlari 2 mm li aylanaga ega. Elektrodlar orasidagi masofa klyuch va kalibr bilan o'rnatiladi. Tekshirish vaqtida masofa $h = 0,25 \text{ sm}$.

6.1-jadval

Apparatdagi kuchlanish, kV	Moyning elektr mustahkamligi, kV/mm ($h=2,5 \text{ mm}$)	
	quruq holatda	foydalanish sharoitida
≤ 6	25	20
35	30	25
110, 220	40	35
≥ 330	50	45

Transformator moyi va boshqa suyuq dielektrlarning elektr chidamliligini tekshirish AII-70 qurilmasida o'tkaziladi (izolyasiyani tekshirish qurilmasi, 70 kV).

Qattiq dielektrlarning elektr o'tkazuvchanligi.

Qattiq jismlarning elektr o'tkazuvchanligi ular tarkibidagi ionlar yoki boshqa zarralarning siljishi hisobiga sodir bo'ladi. Ba'zi qattiq jismlarda esa elektr o'tkazuvchanlikni erkin elektronlar keltirib chiqaradi. Kuchli elektron maydoni ta'sirida jismda elektronli elektr o'tkazuvchanlik kuzatiladi. Elektr o'tkazuvchanlik turi Faradey qonunini qo'llash orqali tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Ion tuzilishli dielektrlarda elektr o'tkazuvchanlik, asosan, issiqlik harakati ta'sirida ozod bo'ladigan ionlar siljishi hisobiga ro'y beradi. Past haroratda kristall panjarada bo'sh bog'langan ionlarga, xususan, qo'shimchalarning ionlari siljiydi. Atom yoki molekula panjarali dielektrikning elektr o'tkazuvchanligi qo'shimchalari hisobiga ro'y beradi. Bu holda uning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi juda kichik qiymatni tashkil etadi. Har bir muayyan hol uchun elektr o'tkazuvchanlik jarayoni zaryad eltuvchining aktivatsiya energiyasi qiymatiga asoslanib aniqlanadi⁶⁷.

Dielektrikdagi elektronlarning siljuvchanligi ionlarning siljuvchanligidan ancha yuqori bo'ladi. Ion strukturali dielektrikning elektr o'tkazuvchanligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\gamma = A \exp(-b/T) \quad (4)$$

bunda: $b = (W_0 + W_c)k$; W_0 -ionlarni ozod etish energiyasi; W_c -ionning siljishi energiyasi; b - koefitsient (qattiq jismlarda $b=10000-22000 \text{ K}$ ga teng); T - harorat, $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ - Bolsman doimiysi.

Agar dielektrikdagi tok turli xil ionlar siljishidan kelib chiqsa, (4) ifoda quyidagicha ko'rinishga keladi:

$$\gamma = \sum_i A_i \exp\left(-\frac{W_i}{kT}\right).$$

⁶⁷ [T.K. Basak. Electrical engine (29-30 bet)]

International, Nil edition. USA, 2009.

(5)

Ushbu ifodada γ ni $1/p$ ga almashtirib, soddalashtirsak, solishtirma hajmiy qarshilikning haroratga bog'lanishini aniqlaymiz:

$$\rho = B \exp\left(\frac{b}{T}\right)$$

yoki

$$p = p_0 \exp(-\alpha t)$$

(6)

(6) ifodaga asosan solishtirma qarshilikning harorat koeffitsienti quyidagi ko'rinishga ega:

$$TK\rho = \alpha\rho = -\frac{b}{T^2}.$$

(7)

Ion panjarali kristall tuzilishga ega jismlarda elektr o'tkazuvchanlik ion valentligi bilan bog'liq. Bir valentli ionli kristallarning elektr o'tkazuvchanligi ko'p valentli ionli kristallarga nisbatan yuqori bo'ladi. Masalan, NaCl kristallarining elektr o'tkazuvchanligi MgO yoki Al_2O_3 kristallarining elektr o'tkazuvchanligiga qaraganda yuqori bo'ladi.

Kristallarda elektr o'tkazuvchanlik kristall o'qlari bo'yicha bir xil bo'lmaydi, atrof jismlarda esa elektr o'tkazuvchanlik turli yo'nalish bo'yicha bir xil bo'ladi. Yuqori molekulali organik polimerlarda solishtirma elektr o'tkazuvchanlik ularning polimerlanish va vulkanlanish darajasi bilan aniqlanadi. Organik qutbsiz atrof dielektrik (polistirol va hokazo)ning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi ancha kichikdir. Shishaning elektr o'tkazuvchanligi uning kimyoviy tarkibiga bog'liq bo'lgani sababli mazkur qiymatni texnologik jarayonda boshqarish mumkin bo'ladi. Masalan, kvarsli shisha juda kichik solishtirma elektr o'tkazuvchanlikka ega. Agar uning tarkibiga turli xil metall oksidlari kiritilsa, shishaning elektr o'tkazuvchanligi birmuncha o'zgaradi. Shisha tarkibiga Mendeleyev jadvalining birinchi guruhidagi ishqoriy metall oksidlari kiritilsa, uning solishtirma o'tkazuvchanligi keskin o'sadi va bu o'sish qiymati metall ionning radiusiga bog'liq bo'ladi. Ion radiusi qancha kichik bo'lsa, solishtirma o'tkazuvchanlik qiymati shuncha yuqori bo'ladi⁶⁸.

Agar shishaga og'ir oksidlar (bariy, qo'rg'oshin oksidlari) kiritilsa, uning solishtirma o'tkazuvchanligi anchaga pasayadi. Quyida ba'zi shishalarning 200°C dagi solishtirma hajmiy qarshiligi keltirilgan:

Natriy peroksidi..... $2 \cdot 10^6$ Om·m

Kaliy peroksidi..... $8 \cdot 10^9$ Om·m

Qo'rg'oshinli shisha..... $2 \cdot 10^{10}$ Om·m

Tarkibida shisha bo'lgan elektr texnika chinnisiga bariy oksidi kiritilganda dielektrikka oz miqdorda nam kirishi natijasida uning solishtirma elektr

⁶⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. (30-32 bet)]

o'tkazuvchanligi keskin ortadi. Agar nam muhitda saqlangan bunday dielektrik quritilsa, uning solishtirma qarshiligi ko'tariladi.

Qattiq jismning yuqorida kiritilgan elektr o'tkazuvchanligi elektr maydon kuchlanganligining kichik qiymatlariga nisbatan tegishlidir. Maydon kuchlanganligi qiymati oshirilsa, kristall tuzilishga ega jismlarda elektronli tok oqimi hosil bo'ladi va natijada Om qonuni buziladi. Maydon kuchlanganligi 10-100 MV/m dan yuqori kuchlanganligiga bog'liqligi Pulning 58mpiric formulasi orqali ifodalanadi:

$$\gamma_e = \gamma \exp \beta E, \quad (8)$$

bunda; E – maydon kuchlanganligi, MV/m; β -(Om qonuni buzilmaydigan sohaga tegishli solishtirma elektr o'tkazuvchanlik, Sm; β - materialni ifodalaydigan koefficient.)

Maydon kuchlanganligining qiymati teshilish kuchlanganligiga yaqin bo'lganida solishtirma o'tkazuvchanlik Frenkel ifodasi orqali aniqlanadi:

$$\gamma = \gamma \exp (\beta, \sqrt{E}) \quad (8)$$

Elektr maydoni ta'sirida bo'lgan dielektriklar eskirish xususiyatiga ega bo'lib, bunda materiallarning dielektrik, mexanik va boshqa xossalari yomonlashadi. Sopolda bunday o'zgarish juda kam bo'lsa ham, lekin unda elektr kimyoviy eskirish kuzatiladi, bu jarayon sopolning kristall panjarasidan kislorod chiqib ketishi va elektr o'tkazuvchanlikda ionning ishtiroki bilan tushuntiriladi.⁶⁹

Qattiq dielektrlarda sirt (yuza) orqali elektr o'tkazuvchanlik

Dielektrik sirtiga chang yoki nam qatlam o'tishi natijasida sirt orqali elektr o'tkazuvchanlik sodir bo'lib, uning qiymati mazkur qatlamlar qalinligi bilan aniqlanadi. Suvning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi yuqori bo'lganligi sababli, uning dielektrik yuzasidagi juda yupqa qatlami ham sirt orqali elektr o'tkazuvchanlikning sezilarli darajada ortishiga olib keladi.

Dielektrikning solishtirma yuza qarshiligini aniqlash uchun halqa ko'rinishdagi ikkita elektroddan foydalanish mumkin.

Bunda dielektrikning yuza qarshiligi R va solishtirma yuza qarshiligi R_s orasidagi bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$R_s = \frac{P_s}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{P_s}{2\pi} \ln \frac{d_2}{d_1}, \quad (9)$$

⁶⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 30-32 bet.]

bu yerda; $r_1 d_1$ – birinchi ichki halqa radiusi va diametrik, m; $r_2 d_2$ - ikkinchi tashqi halqa radiusi va diametrik, m;

Agar $r_2 - r_1 \ll r_1$ bo'lsa, yuqoridagi ifoda quyidagi ko'rinishda yozilish mumkin:

$$R_s = \frac{Ps(r_2 - r_1)}{\pi(r_1 + r_2)} = \frac{Ps(d_2 - d_1)}{\pi(d_1 + d_2)}. \quad (10)$$

Qutbli dielektrikning yuza qarshiligi atrof-muhitning namlik darajasi qancha yuqori bo'lsa, shuncha kam bo'ladi. Qutbli dielektrikda chang qatlami yaxshi o'tiradi va bu qatlamning to'yinib namlanishi R_s qiymatini keskin tushirib yuboradi. G'ovak jismda namlik butun yuza bo'yicha uning hajmiga singib, yuzada qo'shimcha suv pardasi hosil qilishi natijasida dielektrikning yuza qarshiligi pasayib ketadi. Dielektrikning yuza qarshiligini yuvish, issiqda toblash va boshqa turli usullar orqali ko'tariladi. Dielektrik yuzasini tozalash usullaridan biri uni distillangan suvda qaynatishdan iboratdir. Dielektrikning yuzasini loklash bilan ham uning yuza qarshiligini oshirish mumkin. Agar jism yuzasi turli birikma va iflosliklardan halos qilinsa, u katta yuza qarshiligiga erishadi va bu qiymat (P_s) namlik muhitda ko'p o'zgarmaydi. Dielektrik tarkibida dissotsiatsiyalanadigan ionli qo'shimchalar bo'lsa, namlik ta'sirida uning solishtirma yuza qarshiligi keskin pasayadi⁷⁰.

Atrof-muhit havosi tarkibida ma'lum miqdorda suv bug'i bo'ladi. Normal sharoitda havoning nisbiy namligi 65% ni tashkil etadi. Dielektrik sirtiga o'tirgan yoki unga singigan namlik izolyatsiya qarshiligini keskin (10^6 martagacha) pasaytiradi, bu suvning past solishtirma qarshiligi ($P \approx 10^3 - 10^4$ Om·m) bilan tushuntiriladi. Suvda dielektrikka singib borishi natijasida uning tarkibida erkin ionlar miqdori ko'payadi. Dielektriklar namlikka bo'lgan chidamliligi jihatidan quyidagi uch turga: nam singdiradi yoki namlanadigan; nam singdirmaydigan lekin yuzasi namlanadigan; namlanmaydigan va nam singdirmaydigan dielektriklarga bo'linadi. So'nggi turdagi materiallar kam uchraydi. Bularga misol tariqasida parafin, serezin, ftoroplast kabi qutbsiz dielektriklarni ko'rsatish mumkin.

Metallarning o'ziga nam singdirish qobiliyati ularning tarkibidagi makro yoki mikro, yohud submikroskopik bo'shliqlarga bog'liq bo'ladi va u **gigroskopiklik** yoki **suv singdirish** bilan ifodalanadi.

Material yuzasining namlanishi izolyatsion qutblanish tabiatiga bog'liqdir. Ionli qutblanuvchi jism yuzasida qarama-qarshi ishorali ionlar joylashib, ular qutbli suv molekulalarini o'ziga tortadi va izolyatsiya yuzasida bir necha molekulalar qatlamini hosil qiladi⁷¹.

Dipol qutblanuvchi jism yuzasida zaryadlangan dipollar betartib joylashib, suvni yuqoridagi (ion qutblanish) ga nisbatan kamroq miqdorda o'zida singdiradi

⁷⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (30-32 bet)]

⁷¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (30-32 bet)]

yoki yupqa qatlam hosil qiladi. Faqatgina elektron qutblanishga ega neytral yuzaga ega bo'lib, suv molekulalarini o'ziga mutlaqo tortmaydi. Shu sababli, ionli dielektrik suv bilan yaxshi namlanadi, dipollisi nisbatan kamroq namlanadi, neytral dielektrik esa umuman namlanmaydi.

Issiqlik ta'sirida dielektrikda erkin ionlar ko'payishi natijasida uning solishtirma qarshiligi keskin pasayadi. Dielektrikda solishtirma yuza qarshiligining haroratga nisbatan o'zgarishi quyidagicha ifodalanadi.

$$I_g p_t = I_g p_{20} - \beta(t - 20^{\circ}C) \quad . \quad (11)$$

Anorganik materiallarda $\beta \approx 0,01-0,02$, organiklarida esa $\beta \approx 0,03 - 0,04$. Agar harorat $15^{\circ}C$ dan $25^{\circ}C$ gacha o'zgartirilsa, u holda ρ_s qiymati ikki barobar o'zgaradi. Bu qiymat $100^{\circ}C$ ga farq qilsa, dielektrikning ρ_s qiymati katta, ish haroratida esa undagi tok oqimi kam bo'lishi kerak.

Elektr mashina va apparatlarning izolyatsiya qarshiligi deganda, sim izolyatsiyasi va shu jihoz qismlari orasidagi qarshilik tushuniladi. Izolyatsiya qarshiligining o'lchov birligi qilib $1 \text{ tom} = 10^6 \text{ Om}$ qabul qilingan. Izolyatsiyaning umumiy solishtirma qarshiligi yuza va ichki qarshiliklari yig'indisidan iboratdir. Shu sababli izolyatsiya qarshiligi namlik va harorat ta'sirida o'zgaradi. Amalda izolyatsiya qarshiligi tayor elektr uskunasi uchun ish sharoitida harorat va namlik ta'sirida tekshiriladi. Dielektrikda ρ qiymati materialning o'zgarish kuchlanish ta'sirida ishlashi mumkinligini ifodalaydi. Uning qiymati qancha yuqori bo'lsa, izolyatsiya shuncha yaxshi bo'ladi. Ammo bu xarakteristika dielektrikning o'zgaruvchan kuchlanishda ishlashi yoki ishlay olmasligini ifodalamaydi.

Nazorat savollari

1. Dielektrikning namligi nima?
2. Mexanik issiqlik va kimyoviy xossalari deganda nimani tushunasiz?
3. Dielektrlarning izolyasion xususiyatlarini buzilish sabablarini tushuntirib bering?
4. Transformator moyining vazifasi nimadan iborat?
5. Suyuq dielektrlarga qo'yiladigan talablarni aytib bering?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 28-32 bet.

7-MA'RUZA DIELEKTRIKLARDA ENERGIYA ISROFI

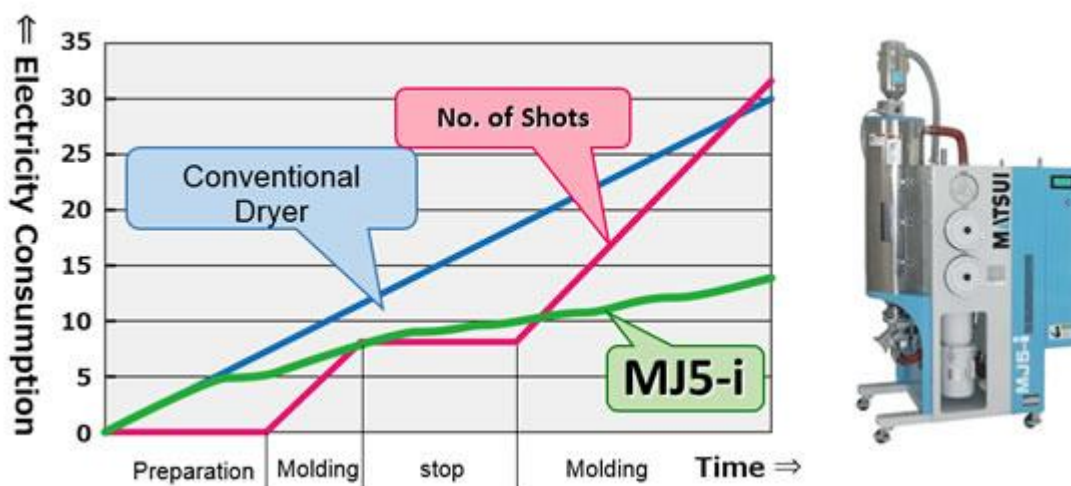
Reja

1. Asosiy tushunchalar
2. Polimer plyonkalar va suyuq kristallar

3. Suyuq kristallar

Asosiy tushunchalar

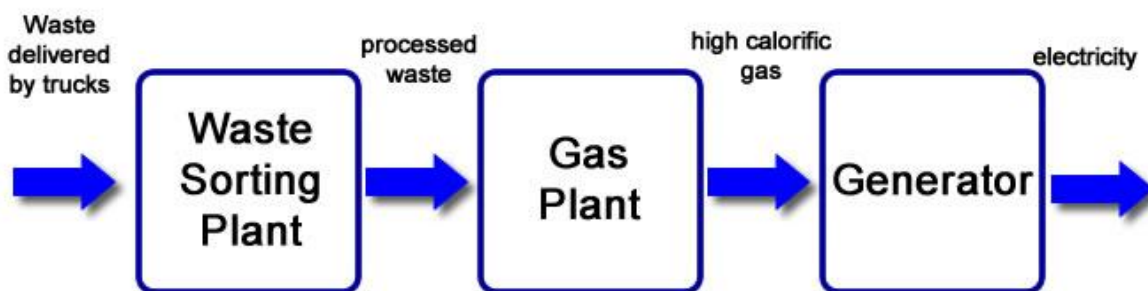
Agar dielektrikka elektr maydoni ta'sir ettirilsa, dielektrik asta-sekin qiziy boshlaydi, chunki ta'sir etayotgan energiyaning bir qismi uning qizishiga sarf bo'ladi. Qizishiga sarf bo'ladigan elektr quvvati dielektrikdagi isrof yoki dielektrikdagi energiya sochilishi deyiladi. Dielektrikdan ichki tok o'tishi natijasida undagi elektr energiyasining isrofi o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanish ta'sirida ro'y beradi. O'zgarmas kuchlanish ta'sirida jismda davriy qutblanish kuzatilmaganligi sababli dielektrikdagi energiya isrofi uning solishtirma yuza va hajmiy qarshiligiga bog'liq bo'ladi.



O'zgaruvchan kuchlanishda dielektrikda ichki toklardan tashqari, qo'shimcha sabablar (qutblanish) vujudga kelib, undagi elektr energiyasi isrofi ortadi.

Elektr maydonida joylashgan dielektrikda sarflanadigan quvvat miqdorini aniqlash uchun dielektrikdagi isrof burchagi δ , yoki shu burchak tangensi $\tan \delta$ dan foydalaniladi. Buni yaxshi tushunib yetish uchun o'zgaruvchan tok to'g'risida umumiy tushunchaga ega bo'lish kerak. Elektr texnikada sinusoidal tokli elektr zanjiri eng ko'p tarqalgan⁷².

Sinusoidal tok kuchlanishi o'z shaklini saqlagani holda, o'zgarishi mumkinligi bilan o'zgarmas tokdan farq qiladi. O'zgaruvchan tok turli usullarda hosil qilinadi. Bunday usullardan eng oddiysi generator yordamida tok hosil qilishdir.



⁷² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. (33-34 bet)]

Elektromagnit qonuniga asosan, o'zgarmas magnitmaydonida joylashtirilgan va o'zgarmas burchak tezlik (ω) bilan to'g'ri burchakli ramka aylantirilganda o'tkazgichda elektr yurituvchi kuch hosil bo'ladi:

$$e = Bl \mathcal{G} \sin(\omega t + \phi_C) = E_m \sin(\omega t + \phi_C). \quad (1)$$

bunda: B - magnit induksiyasi; l - o'tkazgichning uzunligi; $\mathcal{G}$ - o'tkazgichning chiziqli tezligi; ϕ_C - ramka va tekislik oralig'idagi burchak; E_m - elektr yurituvchi kuch amplitudasi. Zanjirda sinusoidal tok va kuchlanish vaqt birligiga nisbatan sinusoidal funksiyaga ega:

$$u = U_m \sin(\omega t + \phi_M) \quad i = I_m \sin(\omega t + \phi_i) \quad (2)$$

bunda: u -kuchlanish va i -tokning oniy qiymati; $\omega t + \phi$ sinusoidal funksiyaning fazoviy burchagi.⁷³

Bir davr ichida R -qarshilikdan sinusoidal tok o'tganda ajraladigan issiqlikka teng quvvat ajratuvchi o'zgarmas qiymatli tok I_E sinusoidal tokning effektiv qiymati deb qabul qilinadi:

$$I_E^2 RT = \int_0^T i^2 RT \quad (3)$$

$$I_E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707,$$

chunki

$$\int_0^T \sin^2 \omega t dt = \int_0^T \frac{1 - \cos^2 \omega t}{2} dt = \frac{1}{2} \int_0^T dt - \int_0^T \frac{\cos 2\omega t}{4\omega} d2\omega t = 0.$$

Sinusoidal kuchlanishning effektiv qiymati:

$$U_E = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

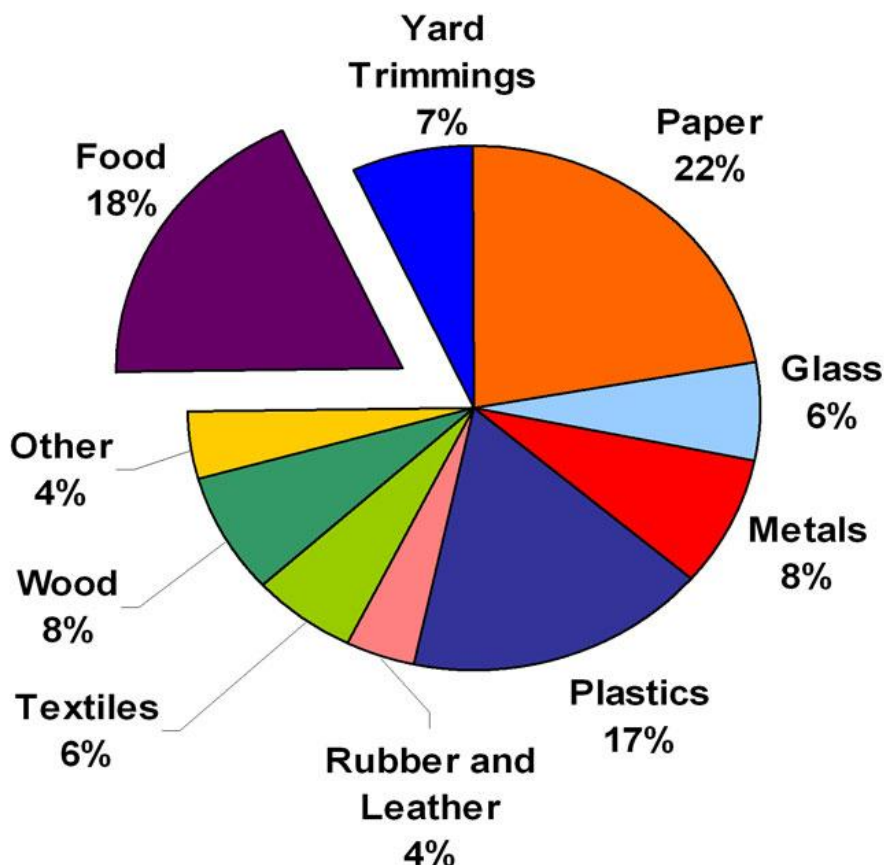
Sinusoidal tok kuchlanishining o'rtacha qiymati yarim davr ichidagi qiymatlarga asosan topilgan o'rtacha arifmetik qiymatdan iboratdir:

⁷³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 33-35 bet.]

$$I_{o'} = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} I_t \sin \omega t dt = \frac{2I_t}{\pi} \approx 0,637 I_t. \quad (4)$$

Bir xil chastotali sinusoidal kattaliklarning soat mili yo'nalishiga teskari vektorlar orqali ifodasi sinusoidal tokning vektor diagrammasi deyiladi. Sinusoidal kattaliklarning boshlang'ich fazasi $\phi = 0$ bo'lsa, ularning yuqori va effektiv qiymatini ifodalaydigan vektor absissa o'qi bo'ylab yo'naladi. Vektor diagramma sinusoidal kattaliklarni qo'shish yoki ayirish amallarini ancha soddalashtiradi. O'zgarmas tok zanjiri elementlaridagi tok, kuchlanish va quvvat qiymatlari o'zgarmas bo'lsa, o'zgaruvchan tok zanjiridagi bu parametrlar vaqt davomida o'zgarib turadi. Aktiv qarshilik R_a , induktivlik (L) va sig'im (C) lar sinusoidal tok zanjirini ifodalaydigan fizik parametrlardir.

Municipal Solid Waste Sent to Landfill, 2007



Elektr energiyasini boshqa turdagi energiya (issiqlik, yorug'lik, mexanik)ga aylantiruvchi zanjir elementi aktiv qarshilik deyiladi. Agar zanjirdagi qarshilikdan o'zgaruvchan tok o'tsa, undagi elektr quvvati Joul-Lens qonuniga binoan qarshilik (R_a) ning qizishiga sarflanadi va qizishga sarflangan quvvat (P) ning o'rtacha qiymati aktiv quvvat deyiladi. Sig'imi C bo'lgan kondensator zanjiriga sinusoidal kuchlanish $u = U_t \sin \omega t$ berilsa, qoplamalar goh musbat, goh manfiy zaryadlanib turadi va undan $i = I_t \sin(\omega t - 90^\circ) = \omega C U_t \cos \omega t$ o'zgaruvchan tok o'tadi. Ifodaga asosan, sig'imli zanjirdagi tok fazasi kuchlanish fazasidan 90° ilgarilab ketadi.

Sig'im yoki reaktiv qarshilik $\left(x_c = \frac{I}{\omega C}\right)$ tok chastotasi va zanjir sig'imiga teskari proporsional bo'ladi.

Kondensator zaryadlanib, qoplamalardagi kuchlanish ortganida elektr maydonning quvvati $\frac{CU^2}{2}$ ga teng bo'ladi va zaryadsizlanish davrida tok manba tomon yo'naladi. Natijada elektr zanjiridagi quvvat foydali ishga sarflanmay, tok manbai bilan tebranib turadi. Mazkur tebranishga sarflangan quvvat reaktiv quvvat deyiladi. Sig'im qarshilikli zanjirdan o'tadigan tok sig'imi yoki reaktiv tok deyiladi.⁷⁴

Hozirgi zamon radio qurilmalarida kondensatorlar keng qo'llanilmoqda. Elektr kondensator dielektrik bilan ajratilgan ikki yoki undan ko'p elektrodlar (qoplamalar) dan tashkil topgan tizim bo'lib, bunda dielektrik qalinligi qoplamalar o'lchamlariga nisbatan kichik. Elektrodning bunday tizimi o'zaro elektr sig'imiga ega bo'ladi. Elektr kondensator tayyor mahsulot ko'rinishida elektr zanjirlarda ishlatiladi, ya'ni jamlashtirilgan sig'im zarur bo'lgan paytlarda. Elektr kondensatorlarda dielektriklar sifatida gazlar, suyuqliklar va qattiq elektr izolyasiyalik moddalar, shuningdek yarim o'tkazgichlar xizmat qiladi. Ular tebranish konturlarini hosil qilish, elektr zanjirlarini ajratib qo'yish uchun, shuningdek, filtrlarning elementi bo'lib xizmat qiladi. Elektr kondensator qoplamalari orasida gazsimon va suyuq dielektriklar bo'lganda qoplamalar sifatida metall plastinalar tizimi foydalaniladi, bunda plastinalar oralig'i doimiy bo'ladi. Qattiq dielektrik holda elektr kondensator qoplamalari yupqa metall filtlardan tayyorlanadi yoki metall qatlamlari bevosita dielektrikka yotqiziladi. Ayrim turdagi elektr kondensatorlar uchun metall folga sirtiga (1 qoplama) dielektrikning yupqa qatlami yotqiziladi, 2-qoplama sifatida metall yoki yarim o'tkazgich plyonka, u dielektrik qatlamiga boshqa tomondan yotqiziladi yoki elektrolit (unga oksidlangan folga botiriladi) ishlatiladi.

Kondensatorlarni tafsivlovchi asosiy parametrlari:

- 1) sig'im nominal miqdori;
- 2) nominal miqdordan og'ishi yo'l qo'yilgan miqdor;
- 3) ish kuchlanishi;
- 4) teshib o'tish sinov kuchlanishi;
- 5) izolyasiya qarshiligi yoki sizish toki hisoblanadi.

Shuningdek, kondensator dielektrigida bo'ladigan isrofni, harorat va namlik o'zgarganda sig'im miqdorining turg'unligini tafsivlovchi miqdorlar ham uning muhim parametrlari hisoblanadi.

Sig'im nominal miqdoridan og'ishga yo'l qo'yilgan miqdor kondensatorning aniqlik sinfiga bog'liq bo'ladi. Ko'p kondensatorlarni qarshiliklarga o'xshab, uch aniqlik sinfiga bo'ladi:

⁷⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 35-38 bet.]

Kondensatorning ish kuchlanishi, uning uzoq vaqt normal ishlashini ta'minlovchi kuchlanish miqdorini ko'rsatadi. Ish kuchlanish miqdori volt bilan kondensatorning ustida ko'rsatilgan bo'ladi⁷⁵.

Sinov kuchlanishi kondensatorning dielektrigi teshilmay ma'lum vaqt (odatda bir minutdan oshmaydi) chidashi kerak bo'lgan kuchlanish miqdorini ko'rsatadi. Kondensatorning ustida, ko'pincha, dielektrikning teshilishi (materialining ishdan chiqishi) bir necha sekundda ro'y beradigan teshib o'tish kuchlanishini miqdori ko'rsatiladi.

Izolyasiya qarshiligi keltirilgan ma'lum miqdordagi kuchlanishda kondensatorning «sezuvchi» tok miqdorini tavsiflaydi.

Izolyasiya qarshiligi odatda MegaOm yoki MOm/mkf da ifodalanadi. Izolyasiya qarshiligining miqdori kondensator korpusida ko'rsatilmaydi, lekin uni yuqori sezgir Ommetr bilan o'lchash mumkin.

O'zgaruvchan tok kondensator orqali o'tganda dielektrikda tok qisman isrof bo'ladi, bu kondensatorni qizishga olib keladi. Tashqi muhitning harorati va namligi o'zgarganda sig'im miqdori ham o'zgaradi, chunki kondensator plastinkalarining o'lchami va dielektrikning singdiruvchanligi ham o'zgaradi.

Kondensatorning tuzilishi shunday bo'lishi kerakki, natijada sig'im o'zgarishlari juda oz bo'lsin.

Kondensatorlar o'zgarmas va o'zgaruvchan sig'imli bo'ladi. O'zgaruvchan sig'imli kondensatorda sig'imni ma'lum oraliqda tekis o'zgartirish mumkin.

Kondensator sig'imini oz oraliqda o'zgartirish uchun yarim o'zgaruvchan (sozlovchi) kondensatorlar ham mavjud bo'lib, ular apparaturani sozlashda ishlatiladi⁷⁶.

Kondensatorlar havo dielektrikli, qattiq dielektrikli (qog'ozli, slyudali, keramikali) va elektrolitli (quruq va nam) bo'lishi mumkin.

O'zgarmas sig'imli kondensatorlarning asosiy turlarini tavsifini ko'rib o'tamiz.

Qog'ozli kondensatorlar (38-rasm) past chastotalarda filtrlash, blokirovkalash va o'tish kondensatorlari sifatida ishlatiladi. Bu kondensatorlardagi dielektrik—maxsus modda shimdirilgan qog'ozdir.

1-jadvalda qog'ozli kondensatorlarning parametrlari haqida asosiy ma'lumotlar keltirilgan.

Slyudali kondensatorlar yuqori elektr ko'rsatkichlarga ega.

Ular kichik o'lchami va arzonligi bilan ajralib turadi. Bu kondensatorlarda dielektrik sifatida slyuda ishlatiladi. Slyudali kondensatorlar haqida asosiy ma'lumotlar 2-jadvalda keltirilgan.

Sopoli kondensatorlar slyudali kondensatorlarga nisbatan ancha yuqori elektr ko'rsatkichlarga ega. Bu kondensatorlarda dielektrik sifatida kuydirish yo'li

⁷⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 33-35 bet.]

⁷⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 33-35 bet.]

bilan o'tkazuvchi qatlam yuritilgan sopol ishlatiladi. Ular qisqa va ultraqisqa to'liqlik radioapparatida o'tish, blokirovkalash va kontur kondensatorlari sifatida keng qo'llaniladi.

Hozirgi zamon radio qurilmalarida kondensatorlar keng qo'llanilmoqda. Elektr kondensator dielektrik bilan ajratilgan ikki yoki undan ko'p elektrodlar (qoplamalar) dan tashkil topgan tizim bo'lib, bunda dielektrik qalinligi qoplamalar o'lchamlariga nisbatan kichik. Elektrodning bunday tizimi o'zaro elektr sig'imiga ega bo'ladi. Elektr kondensator tayyor mahsulot ko'rinishida elektr zanjirlarda ishlatiladi, ya'ni jamlashtirilgan sig'im zarur bo'lgan paytlarda. Elektr kondensatorlarda dielektriklar sifatida gazlar, suyuqliklar va qattiq elektr izolyasiyalik moddalar, shuningdek yarim o'tkazgichlar xizmat qiladi. Ular tebranish konturlarini hosil qilish, elektr zanjirlarini ajratib qo'yish uchun, shuningdek, filtrlarning elementi bo'lib xizmat qiladi. Elektr kondensator qoplamalari orasida gazsimon va suyuq dielektriklar bo'lganda qoplamalar sifatida metall plastinalar tizimi foydalaniladi, bunda plastinalar oralig'i doimiy bo'ladi. Qattiq dielektrik holida elektr kondensator qoplamalari yupqa metall filtrlardan tayyorlanadi yoki metall qatlamlari bevosita dielektrikka yotqiziladi. Ayrim turdagi elektr kondensatorlar uchun metall folga sirtiga (1 qoplama) dielektrikning yupqa qatlami yotqiziladi, 2-qoplama sifatida metall yoki yarim o'tkazgich plyonka, u dielektrik qatlamiga boshqa tomondan yotqiziladi yoki elektrolit (unga oksidlangan folga botiriladi) ishlatiladi.

Shuningdek, kondensator dielektrigida bo'ladigan isrofni, harorat va namlik o'zgarganda sig'im miqdorining turg'unligini tafsivlovchi miqdorlar ham uning muhim parametrlari hisoblanadi.

Sig'im nominal miqdoridan og'ishga yo'l qo'yilgan miqdor kondensatorning aniqlik sinfiga bog'liq bo'ladi. Ko'p kondensatorlarni qarshiliklarga o'xshab, uch aniqlik sinfiga bo'ladi:

Kondensatorning ish kuchlanishi, uning uzoq vaqt normal ishlashini ta'minlovchi kuchlanish miqdorini ko'rsatadi. Ish kuchlanish miqdori volt bilan kondensatorning ustida ko'rsatilgan bo'ladi.

Sinov kuchlanishi kondensatorning dielektrigi teshilmay ma'lum vaqt (odatda bir minutdan oshmaydi) chidashi kerak bo'lgan kuchlanish miqdorini ko'rsatadi. Kondensatorning ustida, ko'pincha, dielektrikning teshilishi (materialining ishdan chiqishi) bir necha sekundda ro'y beradigan teshib o'tish kuchlanishini miqdori ko'rsatiladi.

Izolyasiya qarshiligi keltirilgan ma'lum miqdordagi kuchlanishda kondensatorning «sezuvchi» tok miqdorini tavsiflaydi.

Izolyasiya qarshiligi odatda MegaOm yoki MOm/mkf da ifodalanadi. Izolyasiya qarshiligining miqdori kondensator korpusida ko'rsatilmaydi, lekin uni yuqori sezgir Ommetr bilan o'lchash mumkin⁷⁷.

⁷⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 35-36 bet.]

O'zgaruvchan tok kondensator orqali o'tganda dielektrikda tok qisman isrof bo'ladi, bu kondensatorni qizishga olib keladi. Tashqi muhitning harorati va namligi o'zgarganda sig'im miqdori ham o'zgaradi, chunki kondensator plastinkalarining o'lchami va dielektrikning singdiruvchanligi ham o'zgaradi.

Kondensatorning tuzilishi shunday bo'lishi kerakki, natijada sig'im o'zgarishlari juda oz bo'lsin.

Kondensatorlar o'zgarmas va o'zgaruvchan sig'imli bo'ladi. O'zgaruvchan sig'imli kondensatorda sig'imni ma'lum oraliqda tekis o'zgartirish mumkin.

Kondensator sig'imini oz oraliqda o'zgartirish uchun yarim o'zgaruvchan (sozlovchi) kondensatorlar ham mavjud bo'lib, ular apparaturani sozlashda ishlatiladi.

Kondensatorlar havo dielektrikli, qattiq dielektrikli (qog'ozli, slyudali, keramikali) va elektrolitli (quruq va nam) bo'lishi mumkin.

Ammo haqiqiy dielektrikli sig'imda bu burchak 90° ga teng bo'lmaydi ($\varphi \neq 90^\circ$), shu sababli $\cos \varphi \neq 0$ va aktiv quvvat ham nolga teng emas. Bu esa dielektrikda elektr energiyasining isrofi sodir bo'lishini ko'rsatadi. Dielektrik isrof burchagi (δ) tok va kuchlanish vektorlari orasidagi fazoviy burchak (φ) ni 90° gacha to'ldiriladi. Sig'imdagi elektr energiya isrofi issiqlik ajralib chiqishi bilan kechishi sababli sig'imli zanjirda aktiv qarshilik ham ishtirok etadi. Shu bois, sig'imning ekvivalent chizmasi sig'im va qarshilik bilan belgilanib, bunda qarshilik va sig'imning o'zaro ketma-ket va parallel ulangan hollari keltirilgan. Ular o'zgaruvchan kuchlanish zanjiriga ulangan va ma'lum elektr energiyasi isrofiga ega, degan faraz qilinadi. Chizmadagi aktiv qarshilikdan ajralayotgan quvvat miqdori kondensator izolyatsiyasidan ajralayotgan quvvatga teng, deb olingan, tok esa kuchlanishdan ma'lum burchakka ilgarilab ketgan bo'lsin. Zanjirdagi kondensatorlardan birining dielektrigida quvvat isrof bo'lmaydi, ya'ni bu kondensatorni ideal kondensator deb faraz qilinadi. Bunday ekvivalent chizma haqiqiy dielektrikdagi dielektrik isrof jarayonini qisman ifodalaydi va isrof burchagi (δ) ni aniqlash uchun xizmat qiladi. O'zgaruvchan tok zanjirdagi aktiv quvvat⁷⁸

Qarshilik va sig'imi o'zaro ketma-ket va parallel ulangan zanjir chizmalarida quvvat isrofi sig'implar (C_s va C_p) va burchak δ yordamida ifodalanadi. Qarshilik va sig'imi ketma-ket ulangan zanjir qarshiligida quvvat isrof bo'ladi. Bu zanjir uchun kuchlanishning vektor diagrammasini quramiz. Tokning umumiy vektori sig'imdagi kuchlanish vektori (U_s) dan 90° ilgarilab ketadi, aktiv qarshilikdagi kuchlanish vektori ($\overline{U_r}$) esa tok vektori bilan ustma-ust (bir fazali bo'lgani uchun) tushadi. $(\overline{U_s}, \overline{U_r})$ larning geometrik yig'indisi umumiy kuchlanish vektori ($\overline{U}$) ni beradi. $\overline{U}$ bilan tok vektori orasidagi burchak dielektrik isrof burchagi (δ) bo'ladi. Xuddi shunday usulda qarshilik va sig'imi o'zaro parallel holda ulangan zanjir chizmasi uchun tokning vektor diagrammasini quramiz. Bunda ($\overline{U}$) sig'imdagi tok

⁷⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 35-36 bet.]

vektori $\vec{I}_s$ dan 90° dan ilgarilab ketadi. Qarshilikdagi tok vektori $\vec{I}_r$ esa U bilan bir fazada bo'lib, ustma-ust tushadi. So'ngra umumiy tok vektori $\vec{I}_s, \vec{I}_r$ larning geometrik yig'indisidan keltirib chiqariladi. Umumiy va sig'imi tok vektorlari orasidagi burchak esa δ burchagini ifodalaydi. Sig'im va qarshiliklar o'zaro ketma-ket ulangan hol uchun aktiv quvvat:

Polimer plyonkalar va suyuq kristallar

Elektr izolyatsiya plyonkalari yupqa va egiluvchan material bo'lib, ular har xil kenglikda va qalinlikda tayyorlanadi. Plyonkalarning elektr va mexanik xossalari yaxshi bo'lganligi sababli, ulardan kondensator, elektr mashina va apparat, kabellar ishlab chiqarishda foydalaniladi. Plyonkalar ekstruziya, quyish va puflab chiqarish usullari orqali tayyorlanadi. Egiluvchan plyonkalar yuqori molekulyar massali chiziqli polimerlardan tayyorlanib, egiluvchanlikka materialga plastifikator qo'shish yoki harorat ta'sirida polimer molekulalarini ma'lum yo'nalishga burish orqali erishiladi⁷⁹.

Elektr izolyatsiyasida triatsetat selluloza ko'p ishlatiladi. Uning asosida olingan plyonka xossalari quyidagicha: $\epsilon_r = 3,6$; $\text{tg}\delta = 0,007$; gigroskopikligi 2-3%; ish harorati $90-100^\circ\text{C}$, bu plyonkaning mexanik mustahkamligi kichik bo'lganligi sababli, u ko'pincha qalin qog'oz yuzasiga qoplangan holda ishlatiladi.

Sintetik qutbli plyonkalarga polietilentereftalat plyonkalari: lavsan, melineks, xostafon va hokazolar misol bo'ladi. Bu plyonkalar $0,04-0,035$ mm qalinlikda tayyorlanib, ularning xossalari quyidagichadir: zichligi 1400 kg/m^3 ; cho'zilishdagi mustahkamligi $120-180 \text{ MPa}$; $\rho=10^{14} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $\epsilon_r=3,3$; $\text{tg}\delta=0,007$; ish harorati $60\div 150^\circ\text{C}$; uzilishdagi nisbiy cho'zilishi $50\div 100\%$.

Polikarbonat makrofol plyonkasining xossalari: zichligi 1200 kg/m^3 ; cho'zilishdagi mustahkamligi $100-2000 \text{ MPa}$; $\rho=10^{14}-10^{15} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $\epsilon_r=2,9$; $\text{tg}\delta=0,006$; $E_T=60-90 \text{ MV/m}$; uzilishdagi nisbiy cho'zilishi $100-300\%$.

Politetraftoretillen asosida olingan plyonkaning xossalari: zichligi 1200 kg/m^3 ; cho'zilishdagi mexanik mustahkamligi $10-15 \text{ MPa}$; $\epsilon_r=2,0$; $\text{tg}\delta=0,0003$; $\rho=10^{14}-10^{15} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_T=45-100 \text{ MV/m}$ bo'lib, ish harorati ancha yuqori (260°C) dir.

Polietilen asosidagi plyonka ekstruziya asosida olinib, uning zichligi 920 kg/m^3 , cho'zilishdagi mexanik mustahkamligi $14-6 \text{ MPa}$, dielektrik xossalari $\epsilon_r=2,2$; $\text{tg}\delta=0,0003$; $\rho=10^{14}-10^{15} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_T=300 \text{ MV/m}$, ish harorati $85-120^\circ\text{C}$.

Polistirol asosidagi plyonka (stirofleks)ning xossalari quyidagicha: cho'zilishdagi mexanik mustahkamligi $60-70 \text{ MPa}$; $\epsilon_r=2-2,6$; $\text{tg}\delta=0,0003-0,0004$; $\rho=10^{14}-10^{16} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_T=110-190 \text{ MV/m}$; ish harorati $70-85^\circ\text{C}$ ⁸⁰.

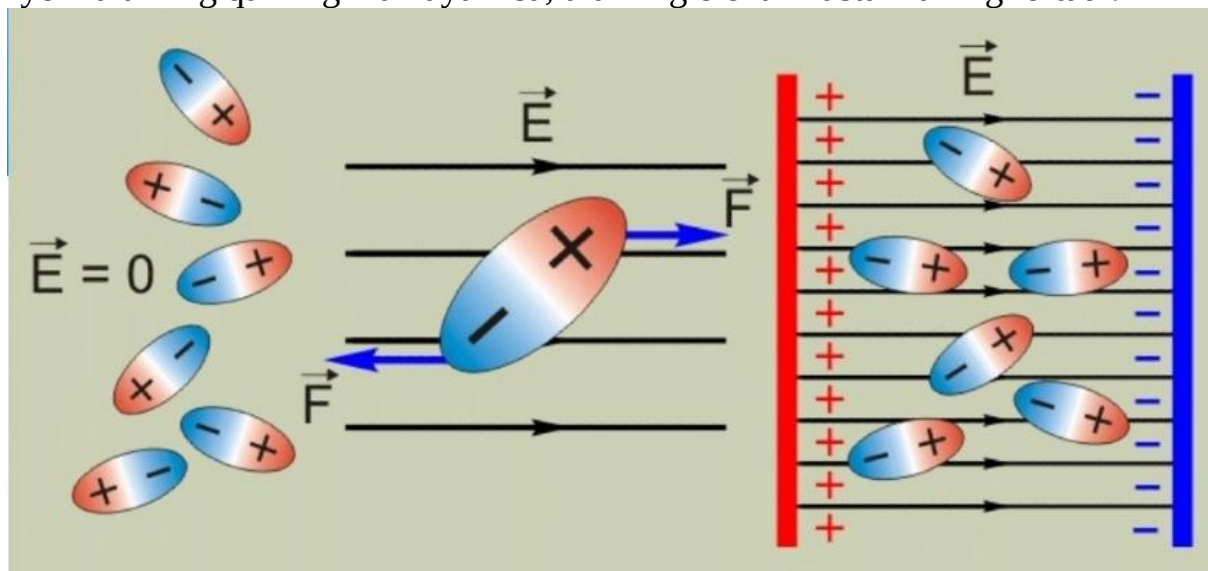
Polipropilen plyonkasining xossalari: zichligi 900 kg/m^3 , cho'zilishdagi mexanik mustahkamligi $100-200 \text{ MPa}$; $\epsilon_r=2,0$; $\text{tg}\delta=0,0002$; $\rho=10^{15}-10^{17} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_T=300 \text{ MV/m}$ va yuqori ish harorati $90-100^\circ\text{C}$ ga tengdir.

⁷⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 35-36 bet.]

⁸⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 36-37 bet.]

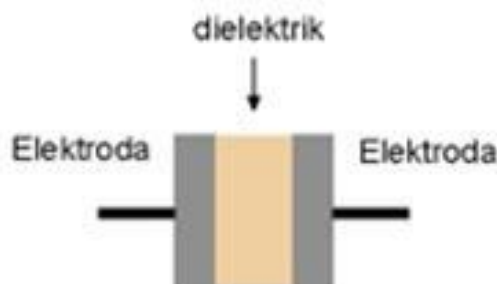
Qutbsiz plyonkalarining izolyatsiya qarshiligi yuqori bo'lib, o'zidan elektr tokini juda kam miqdorda o'tkazadi. Shu sababli ulardan o'zgarmas sig'imli kondensatorlar ishlab chiqariladi. Qutbli plyonkalarda ϵ qiymati katta bo'lgani sababli, ulardan kichik hajmli kondensatorlar olish mumkin.

Stirofleks plyonkalari yuqori chastotali kabellarda ishlatiladi, polikarbonatlisi esa quvvatli (yuqori kuchlanishli) kabel ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Plyonkalarining qalinligi kamaytirilsa, ularning elektr mustahkamligi ortadi.



Suyuq kristallar

Suyuq kristallar ma'lum darajadagi qovushqoqlik, optik, elektrik va magnit xossalariga ega bo'lgan organik birikmalardir. Bu suyuqliklarning harorat o'zgarishiga sezgirligi yuqori bo'lib, bunda ular o'z rangini o'zgartiradi. Elektronika sohasida suyuq kristallardan yupqa plyonka olish maqsadida foydalaniladi. Ushbu kristall birikmalardan $-20 \div 250^\circ\text{C}$ oralig'ida ishlaydigan indikatorlar ishlab chiqariladi. Suyuq kristallar elektr va magnit maydoni kuchlanganligiga juda ham bog'liq bo'lib, bunda ular o'zining shaffofligini va boshqa optik xossalarini o'zgartiradi. Biror yuzaga surtilgan suyuq kristallda nurning qutblanish tekisligining burilishi, nurning ikki bor sinishi, nur yutilishidagi spektral o'zgarish va boshqa xususiyatlar suyuq kristallarni amalda keng qo'llash imkonini beradi⁸¹.

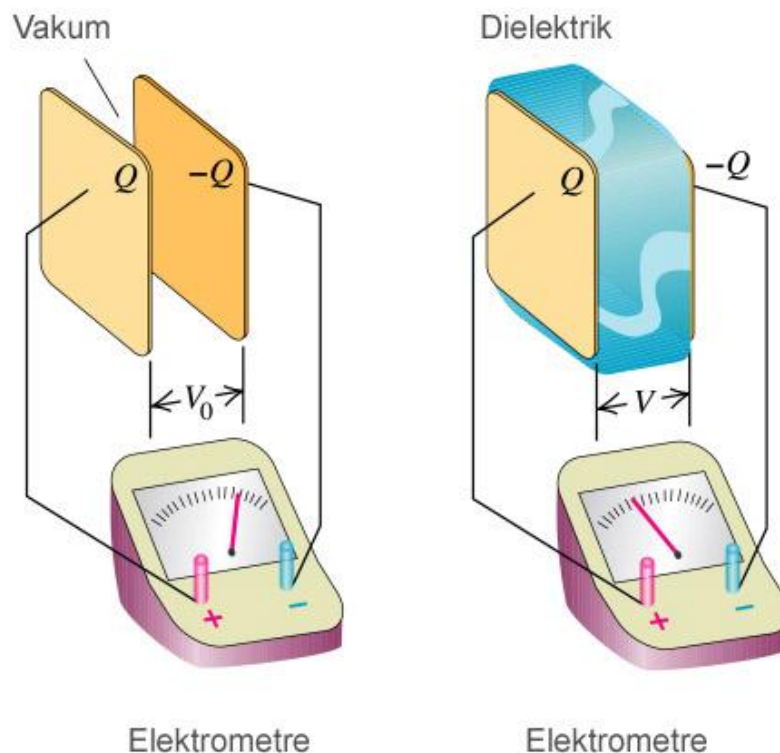


Suyuq kristallarning anizotrop xossasi molekulalarning tartiblanish darajasi (S) orqali aniqlanadi:

⁸¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 36-37 bet.]

$$S = (1/2) (3\cos^2\Theta - 1).$$

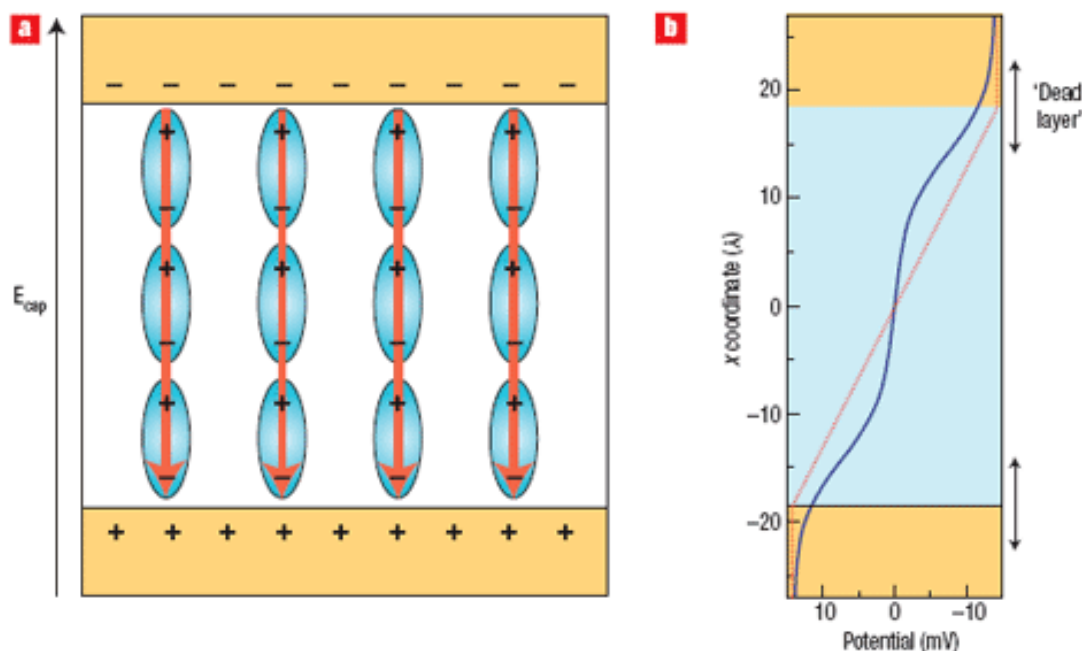
Bunda: Θ - alohida olingan molekula o'qi bilan bir yo'nalishdagi boshqa molekularlarning yo'nalish o'qi orasidagi burchak.



Suyuq kristallarda $0 < S < 1$ oralig'ida bo'lib, haroratga bog'liq ravishda o'zgaradi. Harorat ko'tarilganda tartiblanish darajasi nolga intiladi. Suyuq kristallar uchun qayishqoqlik va qovushqoqlik muhim rol o'ynaydi. Bunda qovushqoqlik qiymati oqim tezligi qiymatigagina emas, balki yondosh qatlamdagi molekulaning yo'nalish o'qiga ham bog'liqdir. Suyuq kristallarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi kichik qiymatni (10^{-11} Sm/m) tashkil etadi. Bir necha suyuq kristallarni o'zaro aralashtirib, kerakli dielektrik singdiruvchanlikka ega aralashma olinadi. Bu aralashma dielektrik anizotropiyasi ($\Delta\epsilon$) bilan ifodalanib, uning qiymati $-4 \div 20$ oralig'ida bo'ladi⁸².

Suyuq kristallarning elektr-optik xossalari elektr texnikada keng miqyosda qo'llaniladi. Ushbu kristallar asosida yaratilgan asbobda tasvir hamda axborotni qayta ishlash sifati boshqa xuddi shu kabi asbobga nisbatan ancha yuqoridir. Mazkur asboblarda sarflanadigan quvvat (10^{-9} Vt/m²) va ish sharoitidagi kuchlanish qiymati (2-50V) kichik bo'ladi.

⁸² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 37-38 bet.]



Suyuq kristallar ma'lumot, axborot beradigan asboblari (elektron soat, kalkulyator, kompyuter va b.) da keng qo'llanilmoqda. Hozirgi paytda elektron trubkalar o'rniga matritsali ekran yaratish ustida qizg'in ish olib borilmoqda.

Nazorat savollari

1. Dielektrikning teshilishi?.
2. Suyuq dielektrlarning teshilishi?.
3. Bir muhit usulining mohiyati nimadan iborat?.
4. Ikki muhit usuli mohiyatini tushuntiring?.
5. Dielektrik isrof nima? Isrof burchagi-chi?
6. Dielektrik materialning sifat ko'rsatkichlariga nimalar kiradi?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 33-38 bet.

8-MA'RUZA DIELEKTRIKLARDA ENERGIYA ISROFI

Reja

1. Dielektrik isrof burchagi
2. Gazsimon, dielektrlardagi isroflar
3. Suyuq va qattiq dielektrlardagi isroflar.

Dielektrik isrof burchagi

Dielektrik isrof burchagi deb, sig'imli zanjirdagi kuchlanish va tokning fazoviy siljish burchagini 90^0 gacha to'ldiradigan burchakka aytiladi. Ideal

dielektrikda tok vektori kuchlanish vektoridan rosa $\frac{\pi}{2} = 90^\circ$ ilgarilab, bu vektorlar orasidagi isrof burchagi nolga teng bo'ladi.

Aksincha, dielektrikda energiya isrofi qancha katta bo'lsa, fazoviy siljish burchagi shuncha kichik va δ burchak yoki uning funksiyasi $tg\delta$ shuncha katta bo'ladi. Jismning agregat holati (gaz, suyuq va qattiq) ga qarab, undagi dielektrik isrofning tabiati turlicha bo'ladi. Dielektrikdagi isrof qutblanish tufayli sodir bo'lganda zaryad va kuchlanish orasidagi bog'lanish ellips ko'rinishiga ega bo'ladi. Aksincha, o'tkazuvchanlik tufayli sodir bo'lsa, bu bog'lanish chiziqli o'zgaradi. Elektr maydon kuchlanganligining katta qiymatida yoki yuqori chastotada sodir bo'ladigan isroflar, dielektrikda sodir bo'ladigan ionlanish hisobiga ro'y beradi⁸³.

Dipol qutblanishda sodir bo'ladigan quvvat isrofi dielektrikda o'zgaruvchan elektr maydoni ta'sirida dipol burilishi jarayonida ichki ishqalanish natijasida paydo bo'ladi. Ionlashish sharoitidagi isroflar havoda yoki tarkibida havo bo'shliqlari bo'lgan jismlarda, masalan, chinni, qog'oz hamda zich dielektriklar orasidagi bo'shliqlarda sodir bo'ladi. Qattiq dielektrik ichidagi havo bo'shlig'ini izolyatsiyasi havoli kondensator deb qarash va uni qattiq dielektrikli kondensator bilan ketma-ket ulangan deb faraz qilish mumkin. Bunday dielektriklardagi kuchlanish va sig'im orasidagi bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$U = U_D + U_h; \quad \frac{U_D}{U_h} = \frac{C_h}{C_D}; \quad U = U_h \left(1 + \frac{C_h}{C_D}\right).$$

Dielektrik va havo bo'shlig'ichida kuchlanishlar (U_D , U_h) tegishli sig'imlar (C_D , C_h) orqali aniqlanadi. Dielektrikdagi kuchlanish (U) oshirib borilsa, U_h qiymati teshilish kuchlanishi (U_{ht}) qiymatigacha ortib, havo molekulalarida avval ionlanish, so'ng'ra teshilish hodisasi ro'y beradi. Qattiq jismga nisbatan havoning elektr mustahkamligi past bo'lib, kuchlanishning ma'lum kritik qiymatidan e'tiboran havoda ionlanish boshlanadi. Ionlanish kuchlanishi (U_i) qattiq dielektrik uchun uncha xavf tug'dirmaydi. Kuchlanishning $U=U_i$ yoki $U=U_{ht}$ qiymatlarida dielektrikning havo bo'shliqlarida ionlanish natijasida erkin ionlar soni orta boradi. Bu esa dielektrikda elektr o'tkazuvchanlikning va elektr energiyasi isrofining ortishiga olib keladi⁸⁴. Dielektrikda elektr o'tkazuvchanlik, dipol qutblanish va ionlanish uning qizishiga olib keladi. Bunda dielektrikda elektr energiyasining ma'lum miqdori issiqlikka aylanadi. Segnetoelektriklarda energiya isrofi o'z-o'zidan (spontan) qutblanish hisobiga ro'y berib, uning qiymati Kyuri nuqtasidan past haroratda katta bo'ladi. Segnetoelektriklardagi energiya isrofi

⁸³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 39-40 bet.]

⁸⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 39-40 bet.]

dielektriklardagidan ancha yuqori bo'ladi. Segnetoelektrlarda harorat o'zgarishi tufayli, o'z-o'zidan qutblanish Kyuri nuqtasigacha sodir bo'ladi. Segnetoelektrlardagi dielektrik isroflar Kyuri nuqtasigacha juda kam o'zgaradi. Undan yuqori nuqtalarda, ya'ni segnetoelektrikning o'z-o'zidan qutblanishi yo'qolgan holatida $\tan \delta$ qiymati keskin pasayadi. Agar dielektrikda elektr energiyasi isrof bo'lmaydi, deb faraz qilsak, sig'imli zanjirda tok vektori kuchlanish vektoridan $\delta = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$ ilgarilab ketib, sig'im (kondensatorning) ning aktiv quvvati nolga teng bo'ladi:

$$P_a = UI \cos \varphi = UI \cos 90^\circ = 0$$

Ammo haqiqiy dielektrikli sig'imda bu burchak 90° ga teng bo'lmaydi ($\varphi \neq 90^\circ$), shu sababli $\cos \varphi \neq 0$ va aktiv quvvat ham nolga teng emas. Bu esa dielektrikda elektr energiyasining isrofi sodir bo'lishini ko'rsatadi. Dielektrik isrof burchagi (δ) tok va kuchlanish vektorlari orasidagi fazoviy burchak (φ) ni 90° gacha to'ldiriladi. Sig'imdagi elektr energiya isrofi issiqlik ajralib chiqishi bilan kechishi sababli sig'imli zanjirda aktiv qarshilik ham ishtirok etadi. Shu bois, sig'imning ekvivalent chizmasi sig'im va qarshilik bilan belgilanib, bunda qarshilik va sig'imning o'zaro ketma-ket va parallel ulangan hollari keltirilgan. Ular o'zgaruvchan kuchlanish zanjiriga ulangan va ma'lum elektr energiyasi isrofiga ega, degan faraz qilinadi⁸⁵. Chizmadagi aktiv qarshilikdan ajralayotgan quvvat miqdori kondensator izolyatsiyasidan ajralayotgan quvvatga teng, deb olingan, tok esa kuchlanishdan ma'lum burchakka ilgarilab ketgan bo'lsin. Zanjirdagi kondensatorlardan birining dielektrigida quvvat isrof bo'lmaydi, ya'ni bu kondensatorni ideal kondensator deb faraz qilinadi. Bunday ekvivalent chizma haqiqiy dielektrikdagi dielektrik isrof jarayonini qisman ifodalaydi va isrof burchagi (δ) ni aniqlash uchun xizmat qiladi. O'zgaruvchan tok zanjirdagi aktiv quvvat

$$P_a = UI \cos \varphi \quad Vt$$

Qarshilik va sig'imi o'zaro ketma-ket va parallel ulangan zanjir chizmalarida quvvat isrofi sig'implar (C_s va C_p) va burchak δ yordamida ifodalanadi. Qarshilik va sig'imi ketma-ket ulangan zanjir qarshiligida quvvat isrof bo'ladi. Bu zanjir uchun kuchlanishning vektor diagrammasini quramiz. Tokning umumiy vektori sig'imdagi kuchlanish vektori (U_s) dan 90° ilgarilab ketadi, aktiv qarshilikdagi kuchlanish vektori ($\overline{U_r}$) esa tok vektori bilan ustma-ust (bir fazali bo'lgani uchun) tushadi. $(\overline{U_s}, \overline{U_r})$ larning geometrik yig'indisi umumiy kuchlanish vektori ($\overline{U}$) ni beradi. $\overline{U}$ bilan tok vektori orasidagi burchak dielektrik isrof burchagi (δ) bo'ladi. Xuddi shunday usulda qarshilik va sig'imi o'zaro parallel holda ulangan zanjir chizmasi uchun tokning vektor diagrammasini quramiz. Bunda ($\overline{U}$) sig'imdagi tok

⁸⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 39-40 bet.]

vektori $\bar{I}_s$ dan 90° dan ilgarilab ketadi. Qarshilikdagi tok vektori $\bar{I}_r$ esa U bilan bir fazada bo'lib, ustma-ust tushadi. So'ngra umumiy tok vektori $\bar{I}_s, \bar{I}_r$ larning geometrik yig'indisidan keltirib chiqariladi. Umumiy va sig'imi tok vektorlari orasidagi burchak esa δ burchagini ifodalaydi. Sig'im va qarshiliklar o'zaro ketma-ket ulangan hol uchun aktiv quvvat:

$$P_a = \frac{U}{Z} \frac{U r_s}{Z} = \frac{U^2 r_s}{X^2 + r_s^2} \frac{U^2 \omega C_s \operatorname{tg} \delta}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta};$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{U_a}{U_c} = \frac{I_r}{I \cdot \frac{1}{\omega C_s}} = \omega C_s r_s$$

bu yerda z-to'liq qarshilik.⁸⁶

Xuddi shuningdek, sig'im va qarshilik o'zaro parallel ulangan zanjir uchun:

$$P_a = U \cdot I_a = U^2 \omega C_r \operatorname{tg} \delta$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega C_r r_r}$$

bunda: P – aktiv quvvat Vt; U - zanjirdagi kuchlanish, V; C - sig'im, F.

(2.27) va (2.29) hamda (2.28) va (2.30) ifodalarni tenglashtirish orqali sig'im va qarshilik orasidagi munosabat aniqlanadi.

$$C_r = \frac{C_s}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta};$$

$$r_r = r_s \left(1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \delta} \right)$$

Agar $C_p = C_s = C$ bo'lsa, u holda izolyatsiyada isrof bo'ladigan quvvat ikkala (ketma-ket va parallel ulangan) zanjir uchun bir xil bo'ladi:

$$P_a = U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta$$

Demak, dielektrikdagi quvvat isrofini aniqlash uchun $\operatorname{tg} \delta$ qiymatidan tashqari izolyatsiya sig'imi, ta'sir etuvchi kuchlanish qiymati va uning chastotasi (ω) ni bilish kerak. Yuqori kuchlanish va katta chastotalarda izolyatsiyada energiya

⁸⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 38-42 bet.]

isrofi ko'p bo'ladi. Izolyatsiyasi o'ta qizib ketishining oldini olish maqsadida $\operatorname{tg}\delta$ qiymati kichik bo'lgan dielektrik tanlab olinadi. $\operatorname{tg}\delta$ ni aktiv (I_a) va (I_s) tok qiymatining nisbati orqali ham topish mumkin:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{I_a}{I_s}.$$

2. Gazsimon, dielektrlardagi isroflar.

Gazlarda dielektrik isrof asosan elektr o'tkazuvchanlik hisobiga sodir bo'ladi. Gazlarning elektr o'tkazuvchanligi juda kichik bolganligi uchun ularda $\operatorname{tg}\delta$ qiymati ham kichik bo'ladi. Gazlarning solishtirma hajmiy qarshiligi taxminan $10^{16} \text{ Om}\cdot\text{m}$, dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon_r \approx 1$, $\operatorname{tg}\delta \approx 10^{-8}$ ga teng. Elektr maydon kuchlanishi (U) gaz molekulalarining ionlanish kuchlanishi (U) qiymatidan past bo'lganda dielektrik isrofi deyarli sodir bo'lmaydi va bu holda gazni ideal dielektrik deb qaraladi. Kuchlanish o'zining kritik qiymati (U_k) dan o'tganda gaz molekulalarida ionlanish boshlanadi va gazda dielektrik isrof ($\operatorname{tg}\delta \approx 10^{-5}$) orta boradi. Kuchlanishning U_t qiymatida gazda teshilish ro'y beradi. $\operatorname{tg}\delta = f(U)$ xarakteristikasi gazning ionlashish egri chizig'i deb ataladi⁸⁷.

Qattiq dielektrik bo'shliqlarida gazning ionlashish jarayoni ro'y berib, havoning ionlashishi oqibatida esa, ozon va azot oksidi hosil bo'lib, dielektrikning yemirilishiga sabab bo'ladi.

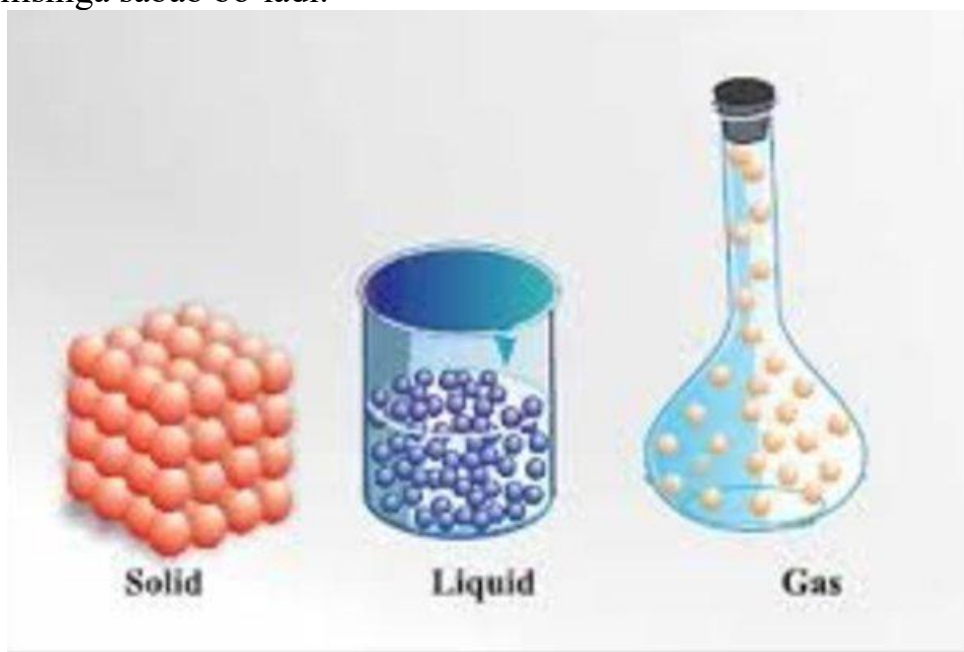


Fig. 1.1 Arrangement of particles in solid, liquid and gaseous state

⁸⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009.40-45 bet.]

Agar suyuqlik dielektrikdagi isroflar faqat o'tkazuvchanlik tufayli sodir bo'lsa, bu isroflar tok kvadratiga to'g'ri proporsional bo'lgani uchun $tg\delta$ qiymati avvaliga sekin, keyin keskin ortadi.

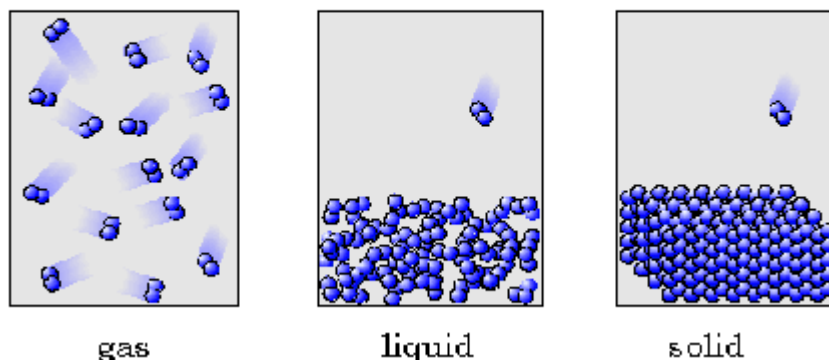
Qattiq dielektrlarda dielektrik isrofi material tuzilishiga bog'liq. Shu sababli ular 4 turkumga bo'lib o'rganiladi:

- 1) Molekula
- 2) Ion
- 3) Segnetoelektrik
- 4) Bir jinsli bo'lmagan.

Molekulali tuzilishga ega dielektrikdagi isroflar molekula shakliga uzviy bog'liqdir. Qutbsiz dielektrlar (serezin, polietilin, polistirol, politetraftoretillen...)dagi dielektrik isroflar juda kamdir. Qutbli bo'lgan dielektrlar (sellyuloza, poliamid, poliuretan, bakelit va hokazo) dipol relaksasiya qutblanishga ega bo'lib, ulardagi dielektrik isroflar qiymati kattadir. Bu dielektrlardagi isroflar haroratga bog'liq⁸⁸.

Ion strukturali qattiq jismlardagi dielektrik isroflar ionlarning panjarada joylashish holati bilan bog'liq: ionlari zich joylashgan dielektrlarda isrof kam bo'ladi, ionlari zich bo'lmasa relaksasiya qutblanishi kuzatilib, dielektrik isrof qiymati katta bo'ladi. Ularga mullit kordiepit, sirkon va boshqa materiallarni misol tariqasida keltirish mumkin.

States of Matter



Harorat ortishi bilan elektrik chinnida ionlar ko'payadi va qiymati eksponensial qonun bo'yicha o'sib boradi. Ion strukturali amorf jismlarda (organik shishalarda) dielektrik isroflar o'tkazuvchanlik va qutblanish hisobiga ro'y beradi.

Segnetoelektrlardagi dielektrik isroflar oddiy dielektrlarga nisbatan yuqori bo'ladi. Bunga asosiy sabab ularning o'z-o'zidan qutblanishidir. Segnetoelektrlardagi dielektrik isroflar haroratga nisbatan kam o'zgaradi. Qutblanish Kyurik nuqtasida, susayishi natijasida keskin pasayib ketadi.

Tarkibi bir jinsli bo'lmagan qattiq jismlar tarkibidagi komponentlar soni kamida ikkita, mexanik bir-biri bilan aralashgan bo'lishi kerak. Bunga sopol misol bo'ladi. Sopoldagi dielektrik isroflar uning tarkibidagi kristall va shishasimon faza

⁸⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 40-42 bet.]

miqdorining o'zaro nisbatiga bo'g'liq bo'ladi, turli qo'shimchalar sopoldagi dielektrik isroflarni oshiradi⁸⁹.

Qutbsiz suyuqliklar (kondensator moylari) da dielektrik isrof elektr o'tkazuvchanlik tufayli sodir bo'ladi. Qutbli suyuqliklarda esa bu isrof elektr o'tkazuvchanlikdan tashqari, dipol-relaksatsiya qutblanishi hisobiga sodir bo'ladi. Bunday suyuqlikning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi 10^{-10} — 10^{-11} sm/m bo'ladi. Suyuqliklardagi dielektrik isrof qiymati ularning qovushqoqligiga ham bog'liqdir. O'zgaruvchan kuchlanish ta'siridagi qutbli qovushqoq suyuqlikning dipolli molekulalari elektr maydon o'zgarishi tufayli qovushqoq muhitda buriladi va bunda elektr energiyasining bir qismi ishqalanishga sarflanib, issiqlik ajralib chiqadi. Suyuqlik nisbatan quyuq bo'lsa, molekulalar elektr maydon ta'sirida o'z holatini o'zgartirishga ulgurmaydi. Bu holda dielektrik isrof juda kam bo'ladi. Xuddi shunday holat suyuqlik juda suyuq bo'lganida ham kuzatiladi, bunda molekulalar maydon ta'sirida o'z o'rnini deyarli ishqalanishsiz o'zgartiradi. Suyuqlik o'rtacha qovushqoqlikka ega bo'lganida undagi dielektrik isrof ancha yuqori bo'ladi va uning ma'lum bir qiymatida maksimumga erishadi.

Suyuq va qattiq dielektrlardagi isroflar

O'tkazuvchanlik hisobiga sodir bo'ladigan dielektrik isroflar tok kvadratiga to'g'ri proporsional bo'lgani uchun $tg\delta$ qiymati avvaliga sekin, so'ngra keskin ortadi. Dipol qutblanish hisobiga ro'y beradigan dielektrik isroflarda $tg\delta$ qiymati haroratga nisbatan yuqori nuqtadan o'tib, so'ngra pasayadi. Harorat past bo'lganida suyuqlikning qovushqoqlik darajasi yuqori, dipollar esa deyarli harakatsiz bo'lgani sababli, unda elektr isrofi deyarli kuzatilmaydi. Aksincha, yuqori haroratda suyuqlikning qovushqoqligi keskin kamayishi sababli, dipollar maydon uzra oson (ishqalanishsiz) buriladi, natijada energiya isrofi kam bo'ladi. Agar suyuq dielektrikdagi bir yo'la ikki turli sabab - o'tkazuvchanlik va qutblanish tufayli sodir bo'lsa, $tg\delta = f(t)$ xarakteristika ilgarigi ikki xarakteristika yig'indisidan iborat bo'ladi. Barcha xollarda xam xarorat ortishi oqibatida jism o'tkazuvchanligi ortadi va natijada $tg\delta$ qiymati ko'payadi⁹⁰.

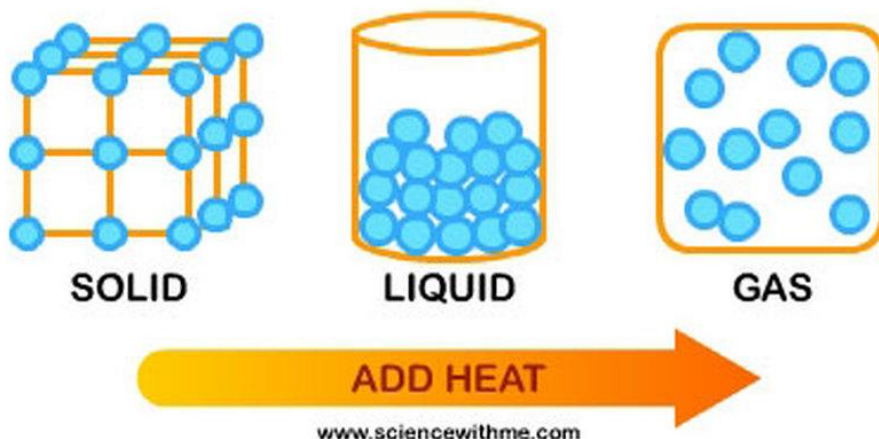
Dielektrikka ta'sir etuvchi namlik $tg\delta$ qiymatning o'sishiga olib keladi. Agar suyuq dielektrikdagi isroflar faqat elektr o'tkazuvchanlik tufayli sodir bo'lsa, chastota ortishi bilan $tg\delta$ qiymati kamayadi. Bunda dielektrikda ichki o'tkazuvchanlikdan kelib chiqqan tokning aktiv qiymati chastotaga proporsional ravishda o'sadi. Shu sababli aktiv tok reaktiv tokka nisbatan $\left(\frac{I_a}{I_s} = tg\delta\right)$ chastota ortishi bilan kamayadi. Dielektrik isroflar dipol qutblanish sababli ro'y berganida

⁸⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 40-42 bet.]

⁹⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 40-42 bet.]

chastota ortishi bilan $tg\delta$ o'zining yuqori qiymatiga erishadi. Past chastotalarda dipol burilish tezligi kichik bo'ladi, bunda ishqalanish sust o'tadi va dielektrikdagi isrof kamayadi. Yuqori chastotada esa dipol elektr maydonida burilishga ulgura olmaydi.

States of Matter



Oraliq chastotalarda esa $tg\delta$ qiymati o'zining yuqori qiymatiga erishadi. Jismdagi dielektrik isrof o'tkazuvchanlik va qutblanish tufayli sodir bo'ladi. Past chastotalarda dipol relaksatsiya isrofi elektr o'tkazuvchanlikdagi isrofga nisbatan kam bo'ladi. Masalan, qutbsiz transformator moyida $tg\delta = 0,001$; qutbli kanakunjut moyida esa $tg\delta = 0,02$ bo'ladi⁹¹.

Qattiq dielektrlarning dielektr isrofi material tuzilishiga bog'liqdir. Shu sababli, ular yuqorida keltirilgan 4 turkumga bo'lib o'rganiladi. Molekulalar tuzilishiga ega dielektrlardagi isroflar molekula shakliga uzviy bog'liqdir. Qutbsiz dielektrlar (serezin, polietilen, polistirol, politetraftoretlen va hokazo)dagi dielektrik isroflar juda kamdir. Tuzilish jihatidan qutbli bo'lgan dielektrlar (sellyuloza, poliamid, poliuretan, bakelit va hokazo) dipol-relaksatsiya qutblanishga ega bo'lib, ulardagi dielektrik isroflar qiymati kattadir. Ion strukturadagi qattiq jismdagi dielektrik isroflar ionlarning panjarada joylashish holati bilan bog'liq: ionlari zich joylashgan dielektrlardagi dielektrik isrof kam bo'ladi. Ionlari zich joylashmagan kristall strukturali jismlarda relaksatsiya qutblanishi kuzatilib, dielektr isrof qiymati katta bo'ladi. Bularga mullit, kondierit, sirkin va boshqa materiallarni misol tariqasida keltirish mumkin. Harorat ortishi bilan elektrotexnik chinnida ionlar ko'payadi va $tg\delta$ qiymati eksponensial qonun bo'yicha o'sib boradi. Ion strukturali amorf jism (organik shisha) larda dielektrik isroflar elektr o'tkazuvchanlik va qutblanish hisobiga ro'y beradi. Tarkibi bir jisimli bo'lmagan shishaning solishtirma qarshiligi o'sishi natijasida $tg\delta$ qiymati pasayadi. Ularda harorat oshirib borilsa, $tg\delta$ qiymati ham keskin ortadi. Shisha tarkibida

⁹¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 43-44 bet.]

ishqor oksidlari (Na_2O ; K_2O) bo'lsa, undagi dielektrik isroflar bir muncha ko'payadi.

Segnetoelektrlardagi dielektr isroflar oddiy dielektrlarga nisbatan yuqori bo'ladi. Bunga asosiy sabab uning o'z-o'zidan qutblanishidir. Segnetoelektrlardagi elektrik isroflar haroratga nisbatan kam o'zgaradi, qutblanish Kyuri nuqtasidagina, qutblanish susayishi natijasida, keskin pasayib ketadi⁹².

Molekulali tuzilishga ega dielektrikdagi isroflar molekula shakliga uzviy bog'liqdir. Qutbsiz dielektrlar (serezin, polietilin, polistirol, politetraforetilen...)dagi dielektrik isroflar juda kamdir. Qutbli bo'lgan dielektrlar (sellyuloza, poliamid, poliuretan, bakelit va hokazo) dipol relaksasiya qutblanishga ega bo'lib, ulardagi dielektrik isroflar qiymati kattadir. Bu dielektrlardagi isroflar haroratga bog'liq.

Ion strukturali qattiq jismlardagi dielektrik isroflar ionlarning panjarada joylashish holati bilan bog'liq: ionlari zich joylashgan dielektrlarda isrof kam bo'ladi, ionlari zich bo'lmasa relaksasiya qutblanishi kuzatilib, dielektrik isrof qiymati katta bo'ladi. Ularga mullit kordiepit, sirkon va boshqa materiallarni misol tariqasida keltirish mumkin. Harorat ortishi bilan elektrik chinnida ionlar ko'payadi va $\tan\delta$ qiymati eksponensial qonun bo'yicha o'sib boradi. Ion strukturali amorf jismlarda (organik shishalarda) dielektrik isroflar o'tkazuvchanlik va qutblanish hisobiga ro'y beradi.

Segnetoelektrlardagi dielektrik isroflar oddiy dielektrlarga nisbatan yuqori bo'ladi. Bunga asosiy sabab ularning o'z-o'zidan qutblanishidir. Segnetoelektrlardagi dielektrik isroflar haroratga nisbatan kam o'zgaradi. Qutblanish Kyurik nuqtasida, susayishi natijasida keskin pasayib ketadi.

Tarkibi bir jinsli bo'lmagan qattiq jismlar tarkibidagi komponentlar soni kamida ikkita, mexanik bir-biri bilan aralashgan bo'lishi kerak. Bunga sopol misol bo'ladi. Sopoldagi dielektrik isroflar uning tarkibidagi kristall va shishasimon faza miqdorining o'zaro nisbatiga bog'liq bo'ladi, turli qo'shimchalar sopoldagi dielektrik isroflarni oshiradi⁹³.

Tuzilishi bir jinsli bo'lmagan qattiq jismlarga tarkibidagi komponentlar soni kamida ikkita bo'lgan *sopol* kiradi. Sopoldagi dielektrik isroflar uning tarkibidagi kristalli va shishasimon faza miqdorining o'zaro nisbatiga bog'liq bo'ladi, turli begona qo'shimchalar sopoldagi dielektrik isroflarni oshiradi.

Elektrolitli kondensatorlar filtrlarda, pulslanuvchi tokning blokirovka va ajratish zanjirlarida, shuningdek, tranzistorli kuchaytirgichlarda o'tish kondensatori sifatida ishlatiladi.

⁹² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 42-44 bet.]

⁹³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 43-44 bet.]

Alyuminiy lentaga kimyoviy usulda yupqa oksid qatlami olinadi. Bu qatlam dielektrik bo'lib xizmat qiladi. Kondensatorda birinchi qoplama alyuminiy tasma, ikkinchisi esa tasmaga tegib turadigan elektrolit qatlamidan iborat bo'ladi.

Oksid plyonkasi bir tomonga o'tkazish xususiyatiga ega, shuning uchun kondensatorni ulashda ko'rsatilgan qutblikka qat'iy rioya qilish kerak.

Elektrolitli kondensatorlar suyuq va quruq (yarim quruq) elektrolitli bo'ladi. Elektrolit suyuq bo'lganda, oksid plyonkali alyuminiy tasma suyuq yoki yopishqoq elektrolitga joylanadi. Elektrolit quruq bo'lganda, yopishqoq yoki yarim qattiq elektrolit shimdirilgan qistirma oksid plyonkaga tegib turadi. 9-rasmda suyuq elektrolitli kondensatorni tuzilishi ko'rsatilgan. Elektrolitli kondensatorlarning asosiy afzalligi shundaki, ularni o'lchami nisbatan kichik bo'lsada, katta sig'im olish mumkin. Asosiy kamchiliklari shundan iboratki, ularning sizish qarshiligi kam va sig'im miqdori haroratga hamda kondensatorning ishlash vaqtiga bog'liq⁹⁴.

Molekulali tuzilishga ega dielektrikdagi isroflar molekula shakliga uzviy bog'liqdir. Qutbsiz dielektriklar (serezin, polietilin, polistirol, politetraforetilen...)dagi dielektrik isroflar juda kamdir. Qutbli bo'lgan dielektriklar (sellyuloza, poliamid, poliuretan, bakelit va hokazo) dipol relaksasiya qutblanishga ega bo'lib, ulardagi dielektrik isroflar qiymati kattadir. Bu dielektriklardagi isroflar haroratga bog'liq.

Ion strukturali qattiq jismlardagi dielektrik isroflar ionlarning panjarada joylashish holati bilan bog'liq: ionlari zich joylashgan dielektriklarda isrof kam bo'ladi, ionlari zich bo'lmasa relaksasiya qutblanishi kuzatilib, dielektrik isrof qiymati katta bo'ladi. Ularga mullit kordiepit, sirkon va boshqa materiallarni misol tariqasida keltirish mumkin. Harorat ortishi bilan elektrik chinnida ionlar ko'payadi va $tg\delta$ qiymati eksponensial qonun bo'yicha o'sib boradi. Ion strukturali amorf jismlarda (organik shishalarda) dielektrik isroflar o'tkazuvchanlik va qutblanish hisobiga ro'y beradi.

Segnetoelektriklardagi dielektrik isroflar oddiy dielektriklarga nisbatan yuqori bo'ladi. Bunga asosiy sabab ularning o'z-o'zidan qutblanishidir. Segnetoelektriklardagi dielektrik isroflar haroratga nisbatan kam o'zgaradi. Qutblanish Kyurik nuqtasida, susayishi natijasida keskin pasayib ketadi.

Tarkibi bir jinsli bo'lmagan qattiq jismlar tarkibidagi komponentlar soni kamida ikkita, mexanik bir-biri bilan aralashgan bo'lishi kerak. Bunga sopol misol bo'ladi. Sopoldagi dielektrik isroflar uning tarkibidagi kristall va shishasimon faza miqdorining o'zaro nisbatiga bo'g'liq bo'ladi, turli qo'shimchalar sopoldagi dielektrik isroflarni oshiradi⁹⁵.

Bir xil chastotali sinusoidal kattaliklarning soat mili yo'nalishiga teskari vektorlar orqali ifodasi sinusoidal tokning vektor diagrammasi deyiladi. Sinusoidal

⁹⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 43-45 bet.]

⁹⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 43-45 bet.]

kattaliklarning boshlang'ich fazasi $\phi = 0$ bo'lsa, ularning yuqori va effektiv qiymatini ifodalaydigan vektor absissa o'qi bo'ylab yo'naladi. Vektor diagramma sinusoidal kattaliklarni qo'shish yoki ayirish amallarini ancha soddalashtiradi. O'zgarmas tok zanjiri elementlaridagi tok, kuchlanish va quvvat qiymatlari o'zgarmas bo'lsa, o'zgaruvchan tok zanjiridagi bu parametrlar vaqt davomida o'zgarib turadi. Aktiv qarshilik R_a , induktivlik (L) va sig'im (C) lar sinusoidal tok zanjirini ifodalaydigan fizik parametrlardir.

Elektr energiyasini boshqa turdagi energiya (issiqlik, yorug'lik, mexanik)ga aylantiruvchi zanjir elementi aktiv qarshilik deyiladi. Agar zanjirdagi qarshilikdan o'zgaruvchan tok o'tsa, undagi elektr quvvati Joule-Lenz qonuniga binoan qarshilik (R_a) ning qizishiga sarflanadi va qizishga sarflangan quvvat (P) ning o'rtacha qiymati aktiv quvvat deyiladi. Sig'imi C bo'lgan kondensator zanjiriga sinusoidal kuchlanish $u = U_t \sin \omega t$ berilsa, qoplamalar goh musbat, goh manfiy zaryadlanib turadi va undan $i = I_t \sin(\omega t - 90^\circ) = \omega C U_t \cos \omega t$ o'zgaruvchan tok o'tadi. Ifodaga asosan, sig'imli zanjirdagi tok fazasi kuchlanish fazasidan 90° ilgarilab ketadi. Sig'im yoki reaktiv qarshilik

$\left(x_c = \frac{I}{\omega C} \right)$ tok chastotasi va zanjir sig'imiga teskari proporsional bo'ladi.

Tuzilishi bir jinsli bo'lmagan qattiq jismlarga tarkibidagi komponentlar soni kamida ikkita bo'lgan *sopol* kiradi. Sopoldagi dielektrik isroflar uning tarkibidagi kristalli va shishasimon faza miqdorining o'zaro nisbatiga bog'liq bo'ladi, turli begona qo'shimchalar sopoldagi dielektrik isroflarni oshiradi.

Qattiq va suyuq holatdagi ba'zi dielektriklar (slyuda va ayrim turdagi chinnilar) uchun $\tan \delta$ ning kichik qiymati 10^{-4} ga yaqin bo'ladi. Bunday materiallar yuqori chastota va yuqori kuchlanish ta'siri ostida bo'ladigan elektr va radio uskunalarda ishlatiladi.⁹⁶

Nazorat savollari

1. Dielektrik isrof burchagi deb nimaga aytiladi?
2. Dipol tushunchasini ta'riflang?
3. Fazoviy siljish nima?
4. Kuchlanganlikni ta'riflang?
5. Ionlashishni izohlang?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 38-45 bet.

⁹⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 43-45 bet.]

9-MA'RUZA

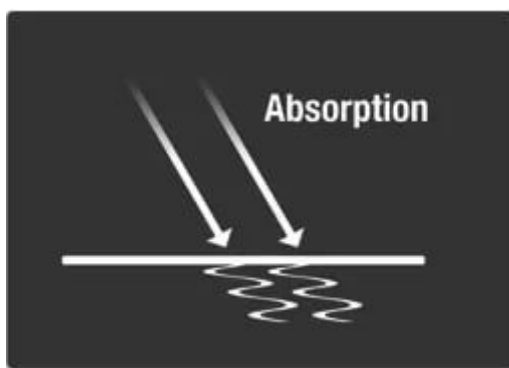
DIELEKTRIKLARNING SINGDIRUVCHANLIGI

Reja:

1. Asosiy tushunchalar
2. Gazlarning teshilishi.

Asosiy tushunchalar

Dielektrikka berilgan kuchlanish qiymati oshira borilganda tok oqimi yuksalib, elektr energiyasining isrofi ko'payadi. Elektr izolyatsiyasi cheklanmagan qiymatdagi o'ta yuqori elektr kuchlanishiga bardosh bera olmaydi. Kuchlanish qiymati ko'tarila borishi natijasida dielektrikda teshilish sodir bo'ladi. Bunda dielektrikda tok oqimi keskin ortadi. Teshilish paytida dielektrikda sodir bo'ladigan o'ta o'tkazuvchan kanal elektrodning qisqa tutashuviga olib keladi. Teshilish sodir bo'lgan joyda chaqnash yoki elektr yoyi yuzaga kelib, dielektrikning teshilgan qismida erish, kuyish, yorilish va hokazolarni kuzatish mumkin⁹⁷.



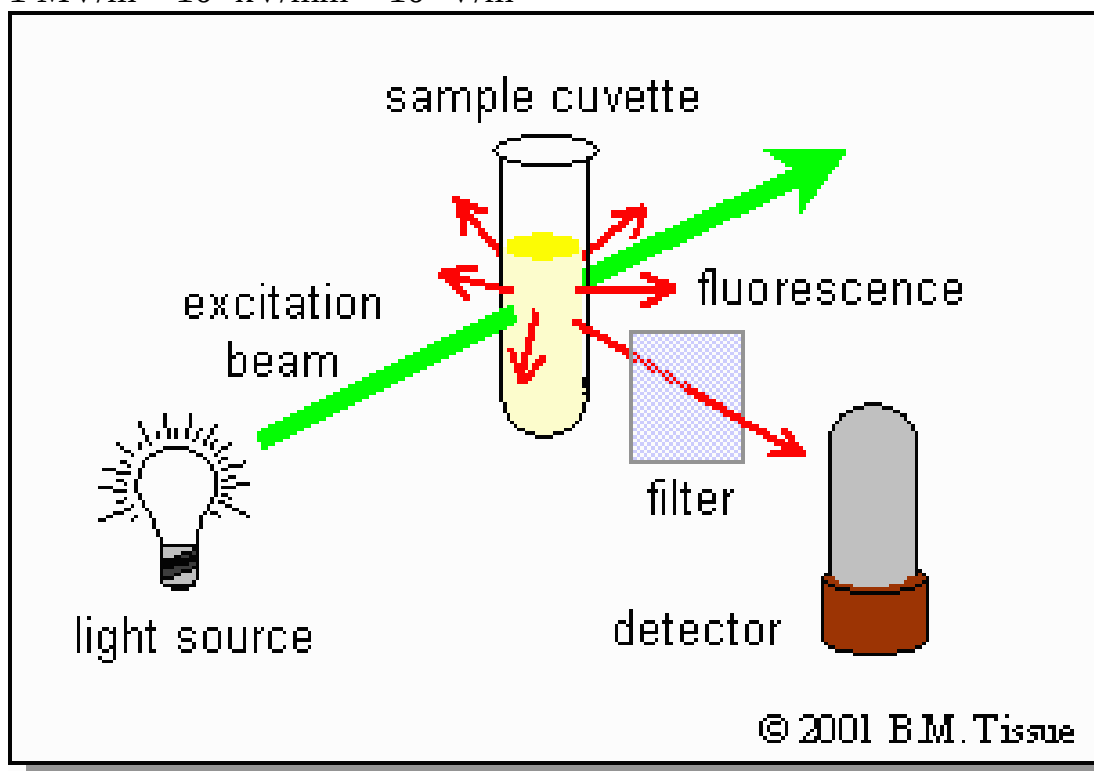
Boshqacha qilib aytganda, elektr maydonida joylashgan dielektrik o'z izolyatsion xususiyatini elektr maydoni kuchlanganligining ma'lum qiymatida yo'qotadi. Dielektrik hajmining aniq bir qismida keskin o'zgarish ro'y berishi oqibatida elektrodlar orasida dielektrik orqali katta tok o'tib, qisqa tutashuv hodisasi ro'y beradi. Dielektrikning teshilish lahzasidagi kuchlanish teshilish kuchlanishi (U_t) deyiladi. Elektr maydonning shu lahzaga mos keluvchi qiymati esa dielektrikning elektr mustahkamligi deyiladi. Dielektrikning elektr mustahkamligi teshilish kuchlanishining dielektrikning teshilish joyidagi qalinligi (h) ga nisbati bilan aniqlanadi⁹⁸.

$$E_t = \frac{U}{h}.$$

⁹⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 51-52 bet.]

⁹⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 51-52 bet.]

Dielektrikning elektr mustahkamligi SN ga asosan MV/m larda o'lchanadi.
 $1 \text{ MV/m} = 10^3 \text{ kV/mm} = 10^6 \text{ V/m}$



Agar dielektrikda ρ , ϵ_r , $tg\delta$ qiymatlari qanoatli darajada bo'lmasa, materialni ishlatsa bo'ladi, lekin E qiymati qanoatli darajada bo'lmasa, bunday dielektriklarni umuman ishlatib bo'lmaydi. Teshilish natijasida dielektrikdan katta tok o'tib, elektr texnika uskunasi ishdan chiqadi.

Dielektriklar elektrotexnikada muhim o'rin egallaydi. Tok o'tkazuvchi qismlarni bir - biridan izolyasiyalash maqsadida ajratishda (turli potentsiallarni bir-biridan) foydalaniladi.

Bundan tashqari elektr izolyasion materiallar elektr kondensatorlarida tegishli sig'im hosil qilishda ba'zi omil va haroratda turli paytda ham sig'imni ta'minlashda foydalaniladi. Dielektrik materiallarga o'zining xossalarini boshqarish asosida o'zgartirish mumkin bo'lgan guruhi faol dielektriklar (segneto elektriklar) deb yuritiladi. Dielektrik materiallar gazsimon, suyuq va qattiq ko'rinishga ega, yana bir guruhi mavjudki qotuvchi materiallar tayyorlashda suyuq ekspluatasiya paytida qattiq (lak, kompaund) holatda bo'ladi. Kimyoviy tabiatiga ko'ra organik va noorganik bo'ladi. Organik dielektriklarga uglerod birikmalari tarkibida asosan kislorod, vodorod, azot, galogen va boshqa elementlar bo'lgan moddalar kiradi. Qolganlari esa noorganik hisoblanib, tarkibida kremniy, alyuminiy aralashmalari bo'lgan jismlardan tashkil topadi⁹⁹.

Ko'pgina organik materiallar egiluvchan, elastik bo'lib ulardan tolali plenklar tayyorlanadi. Shuning uchun ular keng qo'llaniladi, lekin issiqlikka chidamligi juda kichik bo'lganligi uchun yuqori haroratli izolyasiyalovchi

⁹⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009.51-52 bet.]

qismlarda ishlatilmaydi. Noorganik materiallarning ko'pchiligi egiluvchan va elastik bo'lmay, mo'rt bo'lib, lekin issiqlikka juda chidamli hisoblanadi. Shuning uchun yuqori haroratli izolyasiya ishlarida ulardan keng foydalaniladi.

Izolyasion materiallardan ishlab chikarilgan konstruksiyalar mexanik kuch ta'siri ostida buzilishi sababli ularning mexanik mustahkamligi va deformasiyasini o'rganish katta ahamiyatga ega. Statik cho'zilish, siqilish va egilishning oddiy ko'rinishlari amaliy mexanikaning asosiy qonuniyatlariga bo'ysunadi va bundagi mustahkamlik chegaralarining qiymatlari (δ_4 , δ_s , δ_e) si Paskalda o'lchanadi. ($1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$).

Cho'zilishdagi mustahkamlik yupqa tasma shaklidagi dielektriklarga xos bo'lib, bu materiallar o'tkazgich yuzasiga, masalan, kabel o'zagiga qoplanayotganda hisobga olinadi. Uzish mashinasida materialning yemirilishga bo'lgan mustahkamligi aniqlash bilan birga, jismning uzilish paytidagi nisbiy cho'zilishi ham aniqlanadi.

Nisbiy cho'zilishning kichik qiymatlari mo'rt va qattiq jismlar (chinni, shisha, getinaks) uchun tegishli bo'lib, qayishqoq materiallar (rezina, elastomer) da esa 1 ko'rsatkichi, nisbatan katta qiymatlarga ega bo'ladi. Chunki qayishqoq materialning mexanik mustahkamligi kichik qiymatlarga ega. Ba'zi plastik materiallarda 1 qiymati qattiq va qayishqoq materiallarning tavsiflari oralig'ida bo'ladi.

Materiallardan tayyorlanadigan namunalarning shakli, ularga qo'yiladigan kuch yo'nalishini hisobga olgan xolda ishlab chiqiladi. Materiallarning siqilishga bo'lgan vaqtincha qarshiligi bo'lgani sababli, ularda siqilishdagi kuchlanishni aniqlash shart emas. Dielektriklarda esa mexanik mustahkamlik ikkala yunalishda alohida-alohida aniqlanadi. Tolali va qatlamli dielektrlarni sinash uchun namunalar tayyorlashda ulardagi tola yo'nalishi e'tiborga olinadi. Ko'pchilik dielektrlarning siqilishga bo'lgan mustahkamligi cho'zilishga bo'lgan mustahkamligidan ancha yuqoriligi sababli ularni, asosan, siqilish yo'nalishi bo'yicha ishlatish maqsadga muvofiqdir.

Quvvatli generator, transformator va kabellarda izolyatsiya teshilish energetik tizim uchun jiddiy falokat hisoblanadi. Shuning uchun ham, teshilish nima sababdan kelib chiqishi, izolyatsiya kuchlanishning qanday qiymatini ushlay olishini bilish juda zarurdir.¹⁰⁰

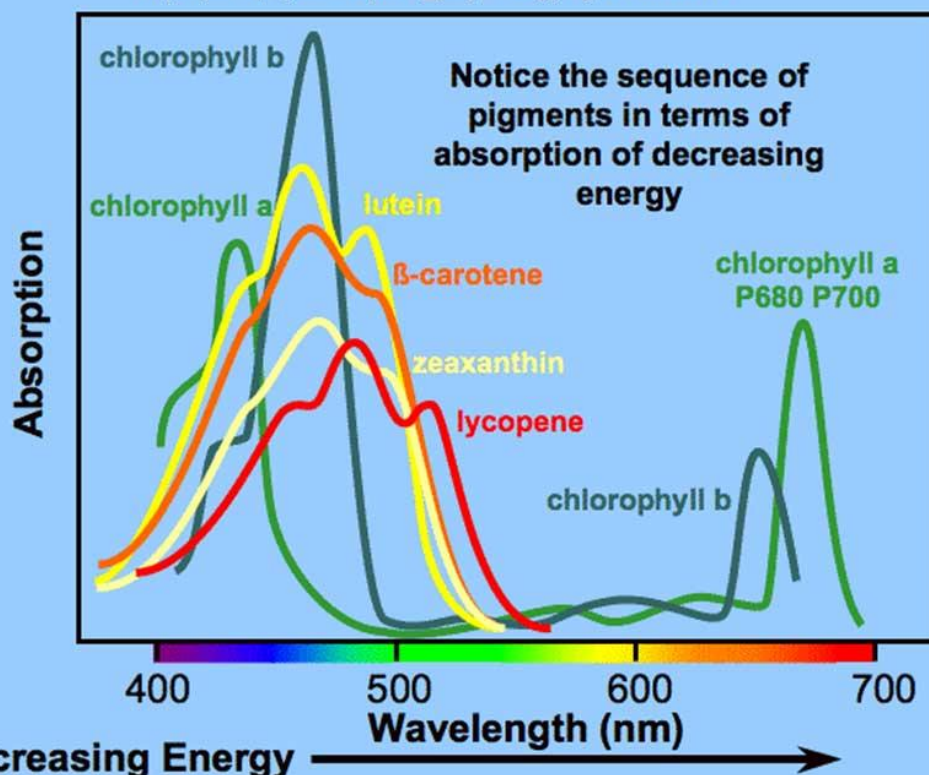
Gazlarning teshilishi

Elektro texnika konstruksiyalarining kattagina qismi – transformator, kondensator, uzgich (uzib-ulagich), elektr havo liniyalari va hokazolarda tashqi izolyatsiya vazifasini havo bajaradi. Normal sharoitda havoning elektr mustahkamligi suyuq va qattiq dielektrlarning elektr mustahkamligidan ancha kichikdir.

¹⁰⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 51-60 bet.]

The photosynthetic pigments absorb much of the spectrum

http://plantphys.info/plant_physiology/lightrxn.shtml



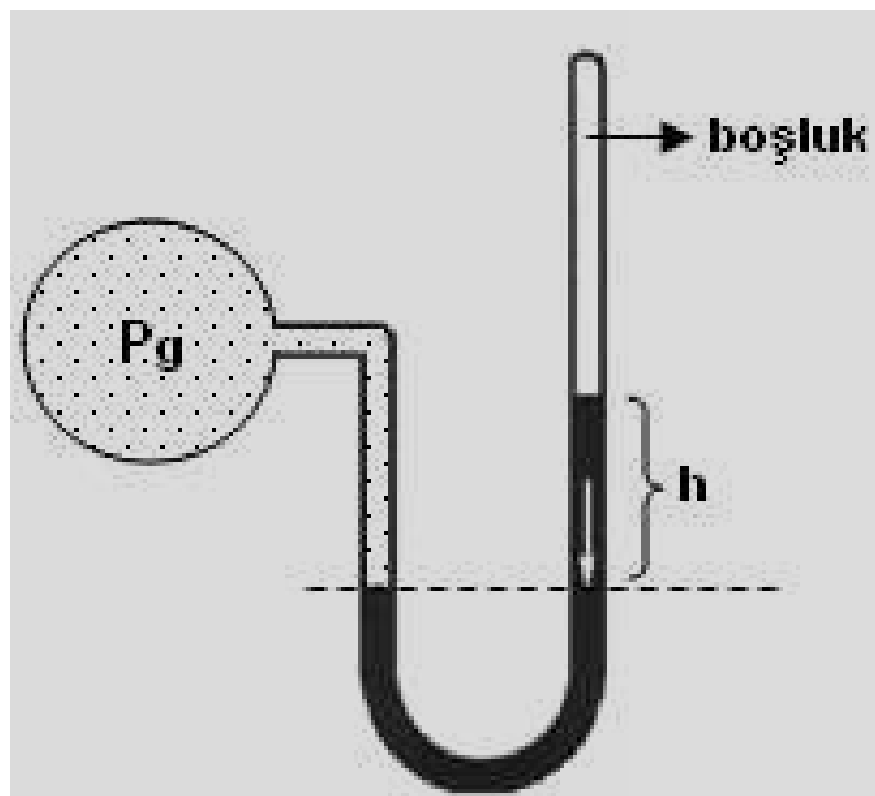
Gaz tarkibida ion va elektronlar issiqlik ta'sirida siniq chiziqli betartib harakatda bo'ladi. Agar gazga elektr maydoni ta'sir ettirilsa, elektron yoki ionlar aniq yo'nalish olib, qo'shimcha tezlik bilan harakatlanadi¹⁰¹. Bunda gazning zaryadlangan zarrachalari qo'shimcha energiya oladi;

$$W = q U_{\lambda}$$

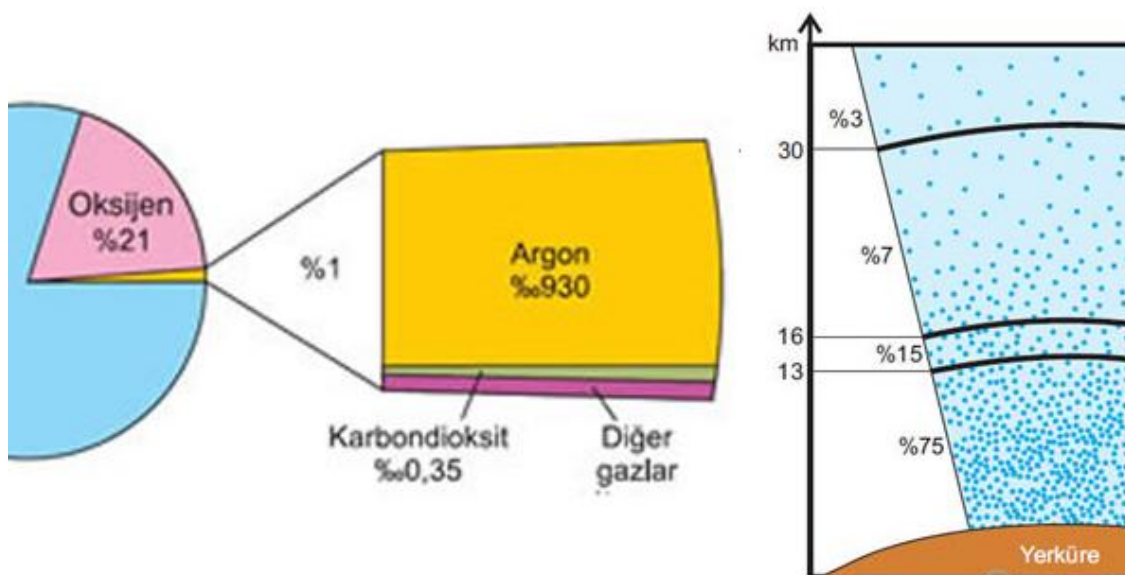
bu yerda: q - zaryad; U_{λ} - erkin harakat uzunligi (λ) dagi kuchlanish farqi.

Elektron yadrodan uzoqroq qobiqqa o'tib, molekula ionlanadi, natijada u manfiy elektron va musbat ionlarga ajraladi. Ion va elektron o'z yo'lida uchragan gaz molekulalarini ionlantiradi. Ionlanish sodir bo'lishi uchun zarur sharoit $W \geq W_i$ bo'lib, tekis maydonda $W = Eq$ bo'ladi. Bunda λ - erkin o'tish uzunligi. Ionlanish energiyasi W_i va ionlanish kuchlanishi $U_i = \frac{W_i}{q}$ munosabat orqali bog'langan. Ko'pchilik gazlar uchun U_i qiymati 4-25 V oralig'ida o'zgarib, ionlanish energiyasi 4-25 eV ga to'g'ri keladi.

¹⁰¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 53-54 bet.]



Har bir gaz uchun q va λ qiymatlari o'zgarmasdir. Ma'lum masofani to'qnashuvsiz o'tgan elektronning tezligi $=600 \sqrt{i}$ bo'ladi; elektron gaz molekulalarining katta tezligi ionlanishini ta'minlaydi. Gaz molekulalarining ionlanishi uchun elektronning harakat tezligi 1000 km/s dan yuqori bo'lishi lozim¹⁰².



Elektronning siljishi ion siljuvchanligiga nisbatan ancha yuqori bo'ladi. Ionlanish paytida ajralib chiqqan elektron molekulalarining ionlanishini ta'minlaydi, ular zaryadlarga yoritiladi. Elektrodlar orasidagi gazda razryad

¹⁰² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 53-54 bet.]

bo'lganida musbat ionlar katod yuzasini bombardimon qilib elektroddan elektronlarni ozod etadi.

Dielektrikning issiqqa chidamligi: anorganik dielektriklarning issiqqa chidamligi ularning elektr (ϵ, p) qiymatlarining o'zgarishiga qarab baholanadi. Organik dielektriklarning issiqqa chidamligi, ularning cho'zilishi va egilishi orqali yoki qizitilgan dielektrikka igna botirib ko'rish orqali aniqlanadi.

Izolyasiya materiallarining haroratga chidamligi Martenc usuli orqali ham aniqlanadi. Bu usulda jismning qisqa muddatli issiqlikka bardoshligi uning mexanik xossalari o'zgarishiga qarab aniqlanadi. Dielektriklarning issiqlikdan yumshash harorati qizdirilgan namunaga shar yoki doirani ma'lum kuch bilan ta'sir ettirib aniqlanadi.

Suyuqlikning chaqnash harorati uning haroratini ko'tara borib, cho'g'lanishga yaqinlashtirilganda, suyuqlikning havodagi bug'i yonib ketishi bilan aniqlanadi.

Suyuqlikning alangalanish harorati tekshirilayotgan suyuqlikka alangani yaqinlashtirganda uning yonib ketishi bilan aniqlanadi. Suyuqlikning alangalanish harorati uning chaqnash haroratidan birmuncha yuqoridir. Bunday tavsiflar transformator moyi va erituvchi suyuqliklar sifatini aniqlashda keng qo'llaniladi. Materiallarning issiqlik o'tkazuvchanligi solishtirma issiqlik o'tkazuvchanligi bilan tavsiflanadi:

$$\Delta P_T = \gamma_T \frac{dT}{dl} \Delta s,$$

bu yerda $\Delta P_T, \Delta s$ - yuzadan o'tadigan issiqlik oqimining quvvati, dT/dl harorat gradienti. Solishtirma issiqlik o'tkazuvchanligi γ_T elektr izolyasion materiallarda metallarga nisbatan ko'proq bo'ladi. Materiallarni siqish va tashqi bosim orqali ta'sir qilish γ_T ni oshishiga olib keladi¹⁰³.

Dielektrikning sovuqqa chidamligi: ko'p hollarda izolyasiyalarni eksplutasiya qilganda, masalan, podstansiyalarning ochiq jihozlari. Aloqa apparatlarida sovuqqa chidamlilik, ya'ni -60 dan -70 °C sovuqlikda izolyasiya materiallarining eksplutatsiyaga chidamligi katta ahamiyatga ega. Past haroratda izolyasiya materiallarining elektr xossalari yaxshilanadi. Normal sharoitda elastik va egiluvchan bo'lgan materiallar past haroratlarda qattiq va mo'rt bo'lib qoladi. Bu esa kuchlanish ta'siri ostida bo'lgan materialning sinishi va uskunaning ishdan chiqishiga olib keladi.

Dielektriklarning kimyoviy xossalari 2 xil sabablarda aniqlanadi: Materiallar uzoq vaqt ishlaganda chidamli bo'lishi kerak; tashqi ta'sirlar natijasida yemirilib ketmasligi; korroziyaga chidamli bo'lishi; har xil qo'shimchalar (gazlar, suv, kislota, tuz eritmaları v.b.) ta'siriga berilmasligi.

¹⁰³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 55-56 bet.]

Ishlab chiqarishda materiallar kimyo texnologik yo'llar bilan qayta ishlanadi, yopishtiriladi, laklanadi, eritiladi va hakazo.

Kuchlanish sekundiga 2-5 kV oshirib boriladi. Transformator ruchkasini chapga buraganda kuchlanish o'zgarishini voltmetrda kuzatib turiladi. Moyda teshilish sodir bo'lguncha, kuchlanishni qiymati o'zgartirib boriladi. Moyda teshilish sodir bo'lganida uchqun paydo bo'ladi. qurilma qopqog'idagi oyna orqali ham ushbu jarayonni kuzatish mumkin. Teshilishdan oldingi kuchlanishdan katta bo'lgan kuchlanish teshilish kuchlanishi deyiladi. Teshilish vaqtida qurilma avtomatik ravishda o'chadi. Agar teshilish past kuchlanishda sodir bo'lsa va avtomat ishga tushmasa, u holda tezlik bilan kuchlanishni o'chirish lozim.

Teshilish natijasida dielektrikdan katta tok o'tib, elektr texnika uskunasi ishdan chiqadi. Quvvatli generator, transformator va kabellarda izolyatsiya teshilish energetik tizim uchun jiddiy falokat hisoblanadi. Shuning uchun ham, teshilish nima sababdan kelib chiqishi, izolyatsiya kuchlanishning qanday qiymatini ushlay olishini bilish juda zarurdir.¹⁰⁴

Ayrim hollarda elektr maydonida tezlanish olgan elektron molekulalarning ionlanishini ta'minlamay, ularni uyg'ongan holatga olib keladi, xolos. Bunday molekulalar ortiqcha energiyani nurlatish hisobiga, o'zidan foton ajratadi. Foton o'z navbatida boshqa molekulaga yutilib, uni ionlantiradi. Gazlarda sodir bo'ladigan ichki foton ionlanishi nurlanish orqali katta tezlikda o'z yo'li elektrod oraligida yuqori elektr o'tkazuvchan gaz kanali hosil qiladi. Chizmada elektron ko'chka shtrixlangan konus shaklida keltirilgan. Elektron molekulalariga urilishi natijasida gazda ionlanish sodir bo'ladi. Natijada anod tomon siljiyotgan elektronlar soni keskin ortib, ular o'z yo'lida katod tomon yo'nalgan musbat ionlar sonini oshirib boradi. Elektron urilishi natijasida atomlardan to'liqlik nurlar - fotonlar ajratadi. Foton tezligi yorug'lik tezligiga teng bo'lganligi sababli, ko'chkidan ancha ilgari ketib, yo'lida duch kelgan zarrachalarning ionlanishini ta'minlaydi. Anod tomon siljiyotgan elektron birinchi sodir bo'lgan ko'chkini ancha ilgari ketib, yangi ko'chki hosil qiladi.

Shunday qilib, birinchi kuchni AV uzunlikka o'sib yetguncha, strimer SD oraliqda yuqori o'tkazuvchanlikka ega yo'l hosil qiladi. Keyingi bosqichda manfiy strimerdagi alohida ko'chkilar bir-birini quvib, birlashib, umumiy ionlangan kanal hosil qiladi. Keyingi bosqichda strimerdagi alohida ko'chkilar bir – birini quvib, birlashib umumiy ionlangan kanal hosil qiladi.

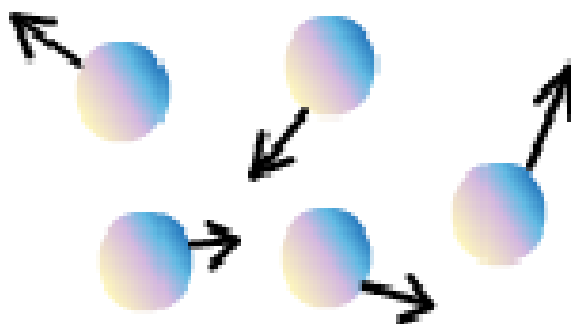
Katoddan anodga tomon harakatlanayotgan strimerning o'sishi bilan bir vaqtda qarama-qarshi tomondan musbat zaryadlangan ko'chki oqimi hosil bo'la boshlaydi. Musbat zaryadli strimer gaz razryad plazmali yo'ldan tashkil topadi. Elektron ko'chkilar o'z yo'lida ko'p miqdorda yangidan paydo bo'lgan musbat ionlar qoldiradi va bu ionlarning katta quyuni anod yaqinida sodir bo'ladi¹⁰⁵.

¹⁰⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 55-56 bet.]

¹⁰⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 57-58 bet.]

Musbat zaryad bilan to'lgan va elektron bilan to'yingan elektrodlar orasidagi masofada katta o'tkazuvchanlikka ega gaz plazmasi hosil bo'ladi.

Gas



No Bonds



Katodga musbat ionlar urilishi natijasida metall yuzasida dog' hosil bo'lib, u o'zidan elektronlar ajratadi. Keltirilgan jarayonlar asosida gazda teshilish sodir

bo'ladi. U odatda katta tezlikda, ya'ni 1 sm oraliq $10^{-7} - 10^{-8}$ sekundda bosib o'tadi. Elektrodlar orasida berilgan kuchlanish qancha yuqori bo'lsa, gazda elektr teshilishi shuncha katta tezlikda sodir bo'ladi¹⁰⁶. Agar ta'sir etuvchi kuchlanish vaqti kam bo'lsa, teshilish kuchlanishining qiymati o'sadi va bu o'sish impuls koeffitsienti bilan ifodalanadi:

$$\beta = \frac{U_t}{U_{t50}}$$

bunda; U_t – berilgan impulsdagi teshish kuchlanishi, kV; U_{t50} – 50 Gs chastotali o'zgaruvchan yoki o'zgarmas kuchlanishdagi teshish kuchlanishi, kV.

Bir jinsli bo'lmagan elektr maydonidagi impuls koeffitsienti $\beta \approx 1,5$.

Gazda sodir bo'ladigan teshilish ta'sir etayotgan elektr maydon turiga bog'liq. Bir jinsli elektr maydoni yassi yuzali, chekkalari yumaloq shaklli qo'ziqorinsimon elektrodlar, yoki oralaridagi masofa diametridan uncha katta bo'lmagan ikki shar orasida hosil qilinadi. Bunday maydonda teshilish kuchlanishining gaz harorati va bosimiga bog'liq ma'lum qiymatida to'satdan ro'y beradi. Kuchlanish manbai katta quvvatga ega bo'lsa, elektrodlar orasida uchqun razryadi emas, balki yoy razryadi sodir bo'ladi.¹⁰⁷

Gazning elektr mustahkamligi haroratga teskari, bosimga esa to'g'ri proporsionaldir. Gazning harorat va bosimi kam o'zgarganda teshilish kuchlanishi gazning zichligiga bog'liq bo'ladi: $U_t = U_{t0} \cdot \delta$,

Bunda; U_{t0} – normal sharoit ($t = 20^\circ\text{C}$; $p \approx 0,1$ Mpa) dagi teshilish kuchlanishi; U_t – berilgan harorat va bosimdagi teshilish kuchlanishi.

Havoning nisbiy zichligi δ quyidagicha hisoblanadi:

$$\delta = 0,386 \frac{P}{t + 273}$$

bunda t – harorat, $^\circ\text{C}$; p – gaz bosimi, mm sim. ust.

Bosim yuqori bo'lganda gaz zichligi ortib, molekulalar orasidagi masofa qisqaradi va elektronlarning erkin harakatlanish masofasi (λ) qisqaradi. Natijada teshilish kuchlanishning katta qiymatlarida sodir bo'ladi. Gaz bosimi kamaytirilsa, uning elektr mustahkamligi pasayadi va bosimning ma'lum qiymatidan boshlab elektr mustahkamlik orta boradi. Bu gaz hajmidagi molekulalar sonining keskin kamayishi va elektronlar gaz molekulalari bilan to'qnashuvining pasayib ketishi orqali isbotlanadi. Kuchli vakuumda elektr teshilish elektronlarning elektrod yuzasidan ajrab chiqish hodisasi (sovuq emissiya) bilan tushuntiriladi. Bunda elektr mustahkamlik ancha yuqori qiymatga erishadi. Bu esa yuqori chastotali kuchlanish uchun mo'ljallangan vakuum kondensatorlarini yasashda qo'l keladi.

¹⁰⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 57-58 bet.]

¹⁰⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 56-58 bet.]

Yuqori bosimli gazlar yuqori kuchlanishli apparatlar uchun izolyatsiya sifatida shuningdek kabellar va yuqori kuchlanishli kondensatorlar tayyorlashda ishlatiladi.

Bir jinsli bo'lmagan elektr maydonida gazning teshilish jarayoni o'zgacha bo'lib, kuchlanganlik yuqori qiymatga ega nuqtada toj ko'rinishidagi razryad vujudga keladi. Maydon kuchlanishli yuksaltirilsa, toj razryad uchqun yoki yoy razryadga o'tadi. Agar igna – tekislik elektrodleri oralig'idagi gazning elektr mustahkamligini tekshirsak, ignaga musbat kuchlatish (impuls) berilganda oraliqda sodir bo'lganda teshilish kuchlanishining qiymati ignaga manfiy kuchlanish berilgan holdagina ancha past bo'ladi (igna deganda uchi konus shaklli elektrod nazarda tutilmoqda). Bu quyidagicha tushuntiriladi. Gazning ionlanishi igna yaqinida vujudga keladi, chunki bu yerda maydon kuchlanganligi o'zining yuqori qiymatiga ega bo'ladi. Iгна atrofida musbat zaryadlangan ion (molekula) lar “buluti” hosil bo'ladi. Ignada musbat kuchlanish bo'lganida esa bunday hajmiy zaryad igna uzunligining sun'iy o'sishiga va elektrodlar orasida razryadlanish masofasining qisqarishiga olib keladi¹⁰⁸.

Qattiq dielektrik yuzasi yaqinida havoda hosil bo'lganida razryad yuza qoplanish razryadi deb ataladi. Mazkur razryad odatda elektrodlar orasida faqat havo bo'lgan holdagiga qaraganda ancha past kuchlanishlarda ro'y beradi. Razryad kuchlanishining qiymati elektr maydon tuzilishi (elektrod va dielektrikning shakli)ga maydon chastotasi, dielektrik yuzasining holati va havo bosimiga bog'liqdir. Havo nisbiy namligining ortishi izolyatorning razryad kuchlanishini ancha pasaytiradi.

Nazorat savollari:

1. Dielektrlarning izolyasion xususiyatlarini buzilish sabablarini tushuntirib bering?.
2. Transformator moyining vazifasi nimadan iborat?
3. Suyuq dielektrlarga qo'yiladigan talablarni aytib bering?
4. Gazlarning teshilishi deb nimaga aytiladi?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 51-60 bet.

10-MA'RUZA DIELEKTRIKLARNING SINGDIRUVCHANLIGI

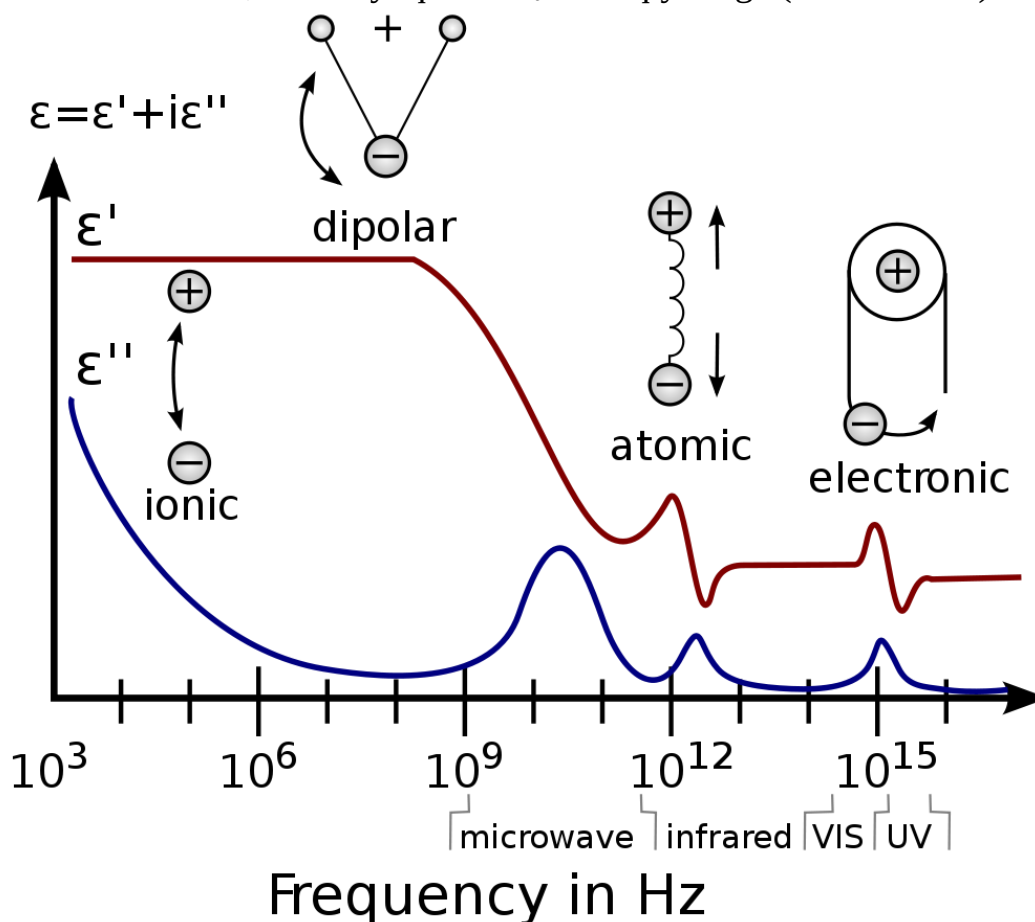
Reja:

1. Suyuq dielektrlarning teshilishi.
2. Qattiq dielektrlarning teshilishi

¹⁰⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 59-60 bet.]

1. Suyuq dielektriklarning teshilishi.

Suyuq dielektriklarining elektr mustahkamligi normal sharoitda gazlarnikiga nisbatan ancha yuqori bo'ladi. Suyuqlikda λ qiymati gazlardagiga nisbatan ancha kichikdir. Shu sababli, toza suyuqlikda E_t katta qiymatga (50-70MV/m) erishadi.

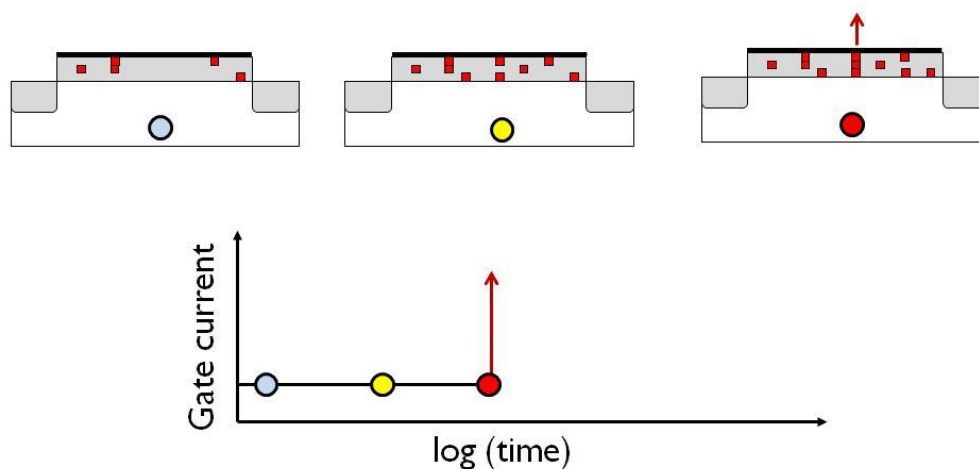


Odatda suyuqlik tarkibida doimiy qo'shimchalar sifatida gaz, suv va qattiq jism zarralari ishtirok etadi. Bunday qo'shimchalar suyuqlikning elektr mustahkamligiga (teshilish qonuniyatlariga ham) salbiy ta'sir etib, E_t qiymatini keskin pasaytiradi. Elektr maydonida suyuqlikdagi begona zarralar maydon chiziqlari bo'ylab elektrodlar orasida zanjir ko'rinishidagi "bo'sh joylar" ni shakllantiradi¹⁰⁹.

Agar suyuqlik tarkibida gaz pufakchalari bo'lsa, teshilish ana shu pufakchalardan boshlanib, suyuqlikda tugaydi. Suyuq dielektrik – neft mahsuloti bo'lgan transformator moyining tarkibidagi oz miqdordagi suv uning elektr mustahkamligini keskin pasaytiradi. Moydagi suv shar shakliga ega bo'ladi, kuchli maydon ta'sirida dipolli ushbu suv tomchilari qutblanish natijasida ellips shakliga o'tadi. Bunda elektrodlar orasida vujudga kelgan o'ta o'tkazuvchan kanal orqali teshilish ro'y beradi.

¹⁰⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 60-61 bet.]

Time dependent dielectric breakdown



Alam ECE 695

7

Toza moylarda E_t qiymati 80°C bo'lganda moyning yengil funksiyasi qaynab, unda ko'plab pufakchalar hosil bo'lishi natijasida suyuqlikning elektr mustahkamligi keskin pasayadi.

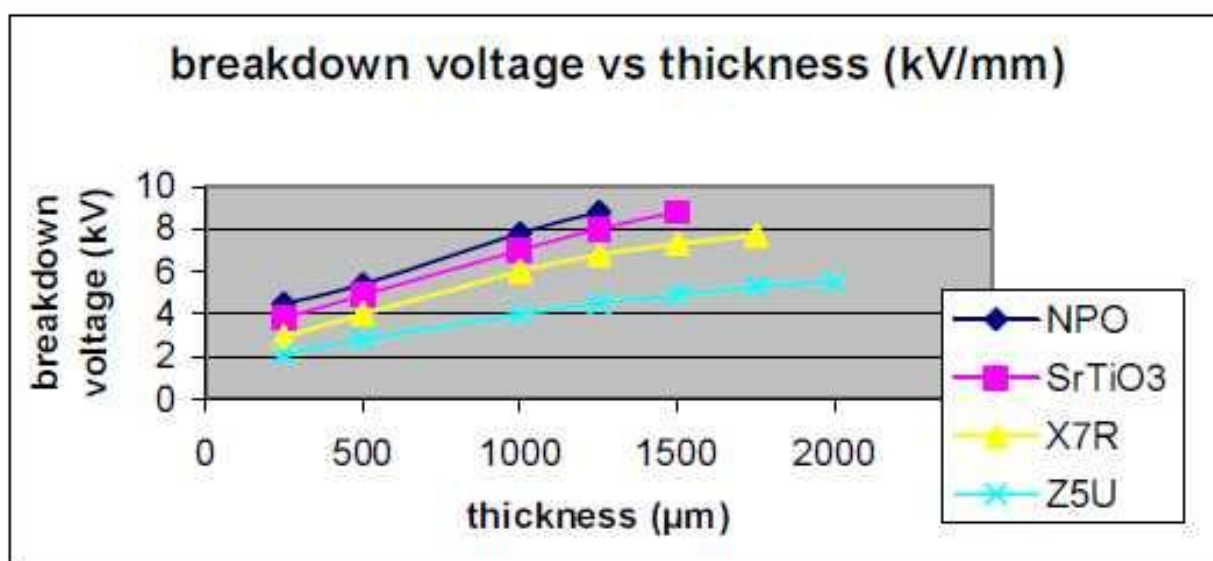


Figure 2; Breakdown voltage vs thickness (kV/mm)

Neft mahsulotlaridan ishlab chiqarilgan izolyasiya mollari o'zining afzalligi bilan birga ba'zi bir kamchiliklar: eskirish, chaqnash va alangalash xavfi, portlash ham holi emas. Ana shu sababli, yuqori qiymatli dielektrik singdiruvchanlikka erishish maqsadida suyuq sintetik dielektriklar ishlab chikarildi. Bunga misol qilib, keng miqiyosda qo'llanilayotgan xlorlangan ugluvodorodlarni olish mumkin. Turli xil ugluvodorodlar molekulalaridagi vodorod atomi o'rniga xlor atomini kiritish orqali xlorlangan ugluvodorodlar, ya'ni xlorlangan difenil olinadi. Xlorlangan difenil tarkibidagi xlor miqdori 43% dan 67% gacha oshirilsa, quyuq yoki

mumsimon modda hosil bo‘ladi. Vodorod atomi o‘rnidagi xlor atomlarining miqdori oshirilishi natijasida modda quyuqlashib, zichligi ortadi va uning qotish harorati pasayadi (1-jadval):

O‘rta darajada xlorlangan pentaxlordifenil (sovtol) quyuq modda bo‘lgani sababli, suyultirish maqsadida unga xlorlangan suyuq uglevodorod qo‘shiladi. Kondensator moyini quyuq difenil bilan aralashtirib, hosil bo‘lgan suyuqlik qog‘ozli izolyasiyaga shimdirilsa, kondensatorning reaktiv quvvati ortadi hamda hajmi birmuncha kichrayadi.

1-jadval

Ba’zi sintetik dielektriklarning fizik va kimyoviy xossalari:

Ko‘rsatkichlar	Trixlordifenil	Soatol - 10	Geskol
Zichligi, kg/m ³	1360	111510	1640
Kinematik qovushqoqligi, 10 ⁻⁶ m ² /s	40-70	650	3,5-4,0
Qotish harorati, °S	-19	-6	-60
Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffisienti, Vt/m ³ *°S	0,0963	-	0,15
tgδ(90 °C)	0,015	0,03	0,03
ρ, Om·m (90°C)	3·10 ⁹	10 ¹²	13·10 ¹⁰
E _r	5,9	-	2,7-2,9
E _T , MB/m	20	22	18

Sovtol-10 ning tarkibi 90% pentaxlordifenil hamda 10% trixlorbenzoldan iborat bo‘lib, undan yuqori kuchlanishli transformatorlarni to‘latishda, shuningdek qattiq izolyasiyaga shimdiriluvchi sifatida foydalaniladi.¹¹⁰

Geksol kimyoviy jihatdan barqaror suyuqlik bo‘lib, tarkibi 80% geksaxlorbutadiyen va 20% pentaxlordifenildan iborat. U harorat va cho‘g‘ ta’sirida chaqnash yoki alangalanish xususiyatiga ega emasligi bilan ajralib turadi va juda past haroratida ham qotmaydi. Geksol sifati yaxshi suyuq dielektrik hisoblanib, undan transformatorlarda izolyasiya sifatida foydalaniladi.

Ko‘rib o‘tilgan barcha difenillar zaxarli hisoblanganligi sababli, ular bilan ishlash mobaynida texnika xavfsizligi choralari ko‘rilishi lozim. Kremniy-organik (KO) suyuqlik zaxarli bo‘lmay, ekologik jihatdan xavfsiz bo‘lganligi sababli ular elektrotexnikada keng miqyosda qo‘llanilmoqda. KO suyuqliklar gigroskopik emas hamda yukori haroratga bardoshlidir. Bu suyuqliklarga poliorganosiloksan polietilsiloksan, polifenilsiloksan va boshqa suyuqliklar kiradi.

Elektrotexnika uskunariga qo‘yiladigan ftor-organik suyuqligi (xladon) tok o‘tayotgan sim va chulg‘amdan ajralib chiqayotgan issiqlik ta’sirida bug‘lanib, issiqlikni yutadi, so‘ngra sovitgichda kondensasiyalanib, yana asosiy sistemaga suyuq holda qaytadi. Natijada uskuna bo‘shliqlarida katta bosim hosil bo‘lib, apparatning gaz muhitidagi elektr mustahkamligi ortadi. Havo tarkibidagi ftor-

¹¹⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 60-61 bet.]

organik suyuqlik bug'lari portlash xavfini tug'dirmaydi. Suyuq holatda bu dielektrik deyarli yonmaydi. Yuqori dielektrik singdiruvchanlikka ($\epsilon_r=35-39$) ega bunday qutbli sintetik suyuqliklarga misol qilib, nitrobenzol ($N_5S_6-NO_2$) etilengliol ($NO-SN_2-SN_2-ON$), sianotilsaxaroza ($S_{38}N_{46}N_8O_{11}$) kabi suyuqliklarni keltirish mumkin. Elektr maydoni ta'siriga chidamli, o'zida elektr quvvatini juda kam isrof etadigan sintetik uglevodorodli qutbsiz suyuqliklarga poliizobutilen, polibutilen va alkilbenzol misol bo'la oladi. Agar kondensatorning qog'oz izolyasiyasi poliizobutilenga shimdirilsa, kondensatorning zaryadlanish vaqti keskin ortadi.

Agar tarkibida bir oz suv bo'lgan moyning harorati oshirilsa, undagi suv impulsiya holatidan molekulyar eritma holatiga o'tishi natijasida E_t qiymati ko'tariladi.¹¹¹

Past haroratlarda suyuqlikning elektr mustahkamligi ortishi uning quyusqlashishi va tarkibidagi suvning muzga aylanishi natijasida ϵ_r qiymatining kamayishi ($\epsilon_r=2,85$) bilan bog'liqdir. Moy tarkibidagi mexanik qo'shimchalar jumladan tola, kukun zarrasi va hokazolar ham suyuq dielektrikning elektr mustahkamligi pasayishiga olib keladi. Shuning uchun elektr texnikada ishlatiladigan suyuq dielektriklar mexanik tozalagich, bosqichli filtr, markazdan qochma moslama, vakuum quritgich va gazsizlantiradigan uskunalarda begona qo'shimchalardan tozalanadi. Suyuq dielektrik qo'shimchalardan tozalanganda uning E_r qiymati sezilarli darajada ortadi. Masalan, tozalanmagan transformator moyida $E=4$ MV/m bo'lsa, tozalanganida $E_t=25-45$ MV/m. Elektr apparat (transformator, kabel, kondensator o'chirgichlariga moy tozalangandan keyingina quyiladi.

2. Qattiq dielektrlarning teshilishi

Qattiq dielektrlarning teshilishi quyidagi turlarga bo'linadi: makroskopik jihatdan bir jinsli dielektrlarning elektrik teshilishi: bir jinsli bo'lmagan dielektrlarning elektrik teshilishi: issiqlik (elektr- issiqlik)dan teshilish: elektr-kimyoviy teshilish¹¹².

Makroskopik jihatdan bir jinsli dielektrlarning elektrik teshilishi juda tez rivojlanib o'tishi (10^{-7} 10^{-8} s) bilan xarakterlanadi. Bunda qattiq jismdagi ba'zi elektronlar elektron ko'chki hosil qiladi. Bu teshilish o'z tabiati jihatidan sif elektron jarayonga kiradi. Elektronlar elektr maydonda olgan energiyasini o'z harakatlari davomida tarqatadi va kristall panjaraning qayishqoq tebranishini vujudga keltiradi. Muayyan kritik tezlikka erishgan elektronlar yangidan-yangi

¹¹¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 60-69 bet].

¹¹² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 62-63 bet.]

elektronlarni uzib chiqarib, muvozanat holatini buzadi, ya'ni qattiq jismda elektronlarning urilishi tufayli ionlanish sodir bo'ladi¹¹³.

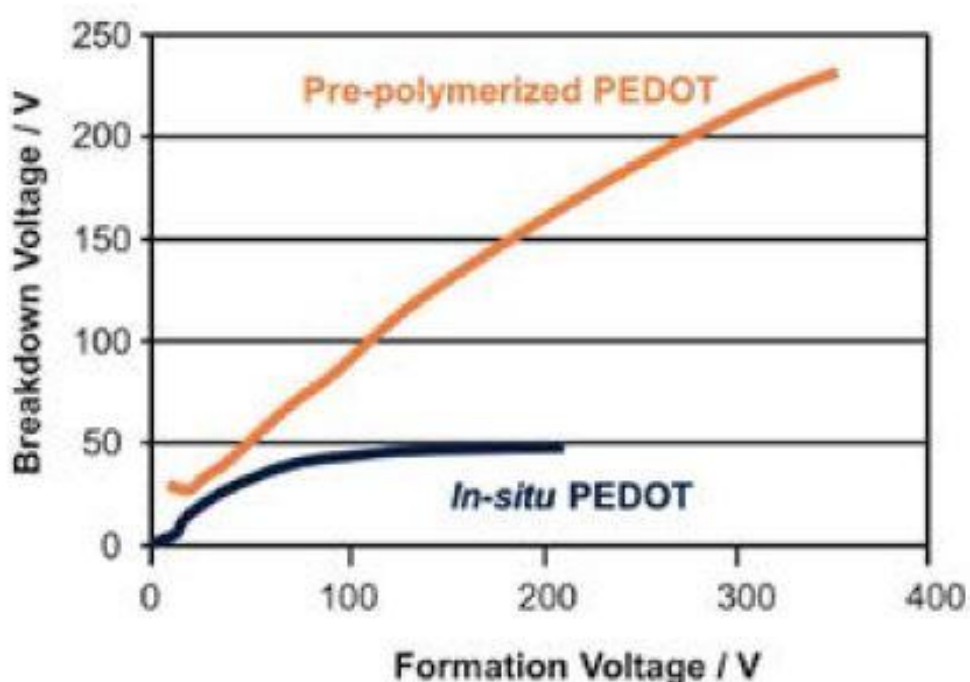


Figure 5: Process-dependency of the dielectric breakdown voltage [12]

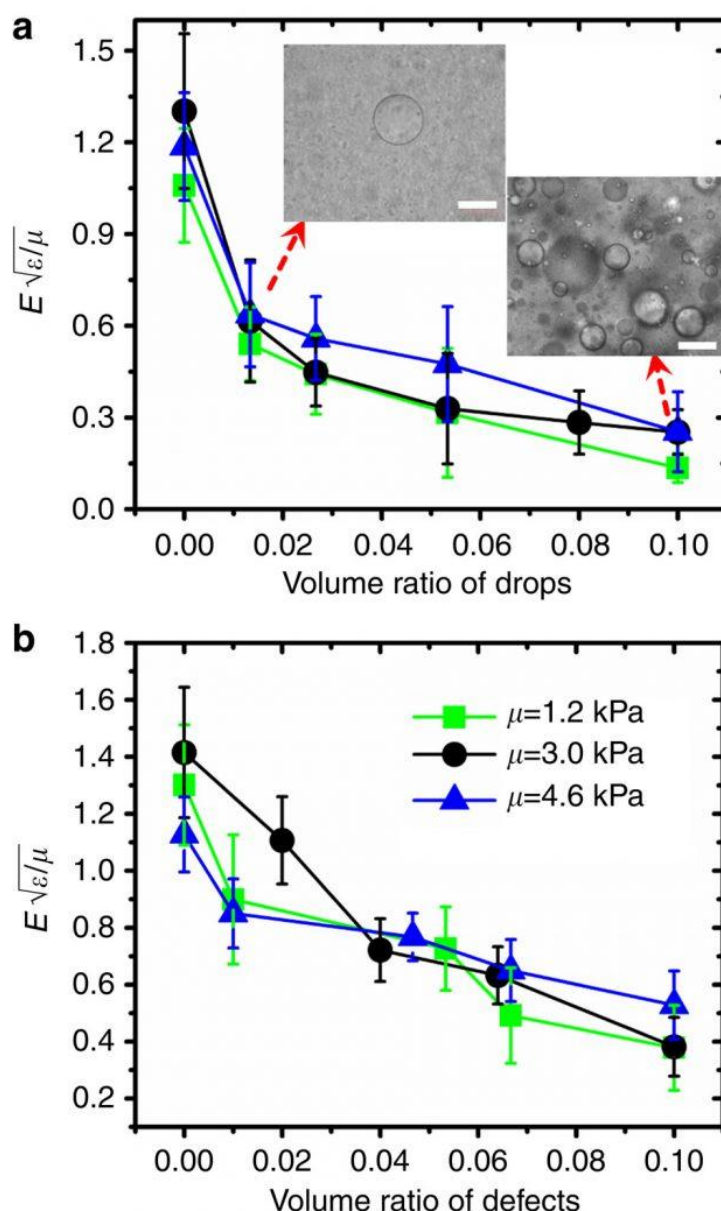
Bir jinsli elektr maydonida joylashtirilgan bir jinsli dielektik uchun elektr teshilishidagi maydon kuchlanganligi jismning elektr mustahkamligini aniqlaydigan kattalik bo'lib xizmat qiladi. Bunday holat ishqor-galoid birikmali monokristallarda va ba'zi polimerlarda kuzatilib, E_t ning bir jinsli (1) va bir jinsli bo'lmagan (2) elektr maydonidagi qiymatlari turlicha bo'ladi.

Bir jinsli bo'lmagan dielektrlarning elektr teshilishi tarkibida gaz bo'shlig'i bo'lgan texnik dielektrlarda kuzatilib, bu jarayon xuddi bir jinsli dielektrlardagidek juda tez sodir bo'ladi. Bir jinsli maydonda joylashtirilgan dielektrlar (shisha, chinini)ning elektr mustahkamligi material qalinligiga bog'liq emas¹¹⁴. Lekin, dielektrikning qalinligi orta borishi bilan uning tarkibida o'zgarish bo'lib, gaz bo'shliqlari soni ortishi natijasida jismning elektr mustahkamligi sezilarli darajada pasayadi. Agar elektrodning yuzasi kichraytirilsa, maydonning ta'sir yuzasi oqibatida undagi nuqsonlar soni ozayib, dielektrikning elektr mustahkamligi orta boradi. Haroratning ma'lum qiymatgacha E_t qiymati o'zgarmaydi, uning yanada ortishi natijasida E_t qiymatining pasayishi kuzatiladi. Bu, dielektrikda issiqlikdan teshilish jarayoni sodir bo'lishi bilan tushuntiriladi.

teshilish jarayoni sodir bo'lishi bilan tushuntiriladi.

¹¹³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 63-64 bet.]

¹¹⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 63-65 bet.]



Qattiq jismlarning elektr o'tkazuvchanligi ularning tarkibidagi ionlarning yoki boshqa zarralarning siljishi hisobiga sodir bo'ladi, ba'zi qatq jisimlarda esa o'tkazuvchanlikni erkin elektronlar keltirib chiqaradi. Kuchli elektr maydon ta'sirida jismda elektronli elektr o'tkazuvchanlik turi Faradey qonunini qo'llash orqali tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Ion tuzilishli dielektrlarda elektr o'tkazuvchanlik asosiy issiqlik harakat ta'sirida ozod bo'ladigan ionlar siljishi hisobiga ro'y beradi. Past harakatda kristal panjarada bo'sh bog'langan ionlar, ususan qo'shimchalarining ionlari siljiydi¹¹⁵. Atom yoki molekula panjarali dielektrikning o'tkazuvchanligi qo'shimchalar hisobiga ro'y beradi. Bu holda uning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi juda kichik qiymatni tashkil etadi. Dielektrikdagi elektronlarning siljuvchanligi ancha yuqori bo'ladi. Ion strukturali dielektrikning elektr o'tkazuvchanligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

¹¹⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 63-65 bet.]

$$\gamma = A \exp(-b/T)$$

Bu yerda : $b=(W_0 +W_c)k$; W_0 –ionlarni ozod etish energiyasi; b - koefitsient (qattiq jismlarda $b=10000 - 22000$ Kga teng); T - harorat, $k=1.38 \cdot 10^{23}$ J/K Bol'sman doimiysi. (16)ga asosan, dissosasiya va siljish energiyalari qancha katta qiymatga ega bo'lsa, solishirma elektr o'tkazuvchanlik bilan harorat shuncha kuchli ravishda o'zgaradi.

Ion panjarali kristall tuzilishga ega jismlarda elektr o'tkazuvchanlik ion valentligi bilan bog'liqdir. Bir valentli ion kristallarning elektr o'tkazuvchanligi ko'p valentli ionli kristallarga nisbatan yuqori bo'ladi. Masalan, NaCl kristallining elektr o'tkazuvchanligi MgO yoki Al_2O_3 kristallarining elektr o'tkazuvchanligiga qaraganda yuqori bo'ladi. Organik qutbsiz amorf dielektrik (polistrol va hokazo) ning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi ancha kichikdir. Shishaning elektr o'tkazuvchanligi uning kimyoviy tarkibiga bog'liq bo'lganligi sababli mazkur qiymatni texnologik jarayonda boshqarish mumkin bo'ladi. Agar dielektrikka elektr maydon ta'sir ettirilsa, dielektrik asta-sekin qiziy boshlaydi, chunki ta'sir etayotgan energiyaning bir qismi uning qizishiga sarf bo'ladi. Qizishga sarf bo'ladigan elektr quvvati dielektrikdagi isrof yoki dielektrikdagi energiya sochilishi deyiladi. Dielektrikdan ichki tok o'tishi natijasida undagi elektr energiyasining isrofi o'zgaras va o'zgaruvchan kuchlanish ta'sirida ro'y beradi¹¹⁶.

O'zgaras kuchlanish ta'sirida jismda davriy qutblanish kuzatilmagani sababli dielektrlardagi energiya isrofi uning solishtirma yuza va hajmiy qarshiligiga bog'liq bo'ladi. O'zgaruvchan kuchlanishda dielektrikda ichki toklardan tashqari qo'shimcha sabablar vujudga kelib, undagi elektr energiyasi isrofi ortadi. Elektr maydonida joylashgan dielektrikda sarflanadigan quvvat miqdorini aniqlash uchun dielektrikdagi isrof burchagi yoki shu burchak tangensi dan foydalaniladi. Elektrotexnikada sinusoidal tokli elektr zanjiri eng ko'p tarqalgan. Sinusoidal tok kuchlanishi o'z shaklini saqlagani holda o'zgarishi mumkinligi bilan o'zgaras tokdan farq qiladi. O'zgaruvchan tok turli usullarda hosil qilinadi. Bunday usullardan eng oddiysi generator yordamida tok hosil qilishdir. Dielektrik isrof burchagi deb, sig'imli zanjirdagi kuchlanish va tokning fazaviy siljish burchagi 90° gacha to'ldiradigan burchakka aytiladi. Dielektrikda energiya isrofi qancha katta bo'lsa, fazaviy siljish burchagi shuncha kichik va δ burchak yoki uning funksiyasi shuncha katta bo'ladi. Jismning agregat holati (gaz, suyuq va qattiq) ga qarab, undagi dielektrik isrofning tabiati turlicha bo'ladi.

G'ovak dielektriklar (yog'och, qog'oz, g'ovak sopol) da E_t qiymati havoning elektr mustahkamligiga yaqin bo'ladi. Agar qattiq dielektrikdagi bo'shliqlar to'latilsa (masalan, suyuq dielektrikni shimdirish orqali), jismning elektr mustahkamligi keskin ortadi. Bu jarayon jism tarkibidagi havo va gaz bo'shliqlarining siqib chiqarilishi evaziga sodir bo'ladi.

¹¹⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 66-67 bet.]

Issiqlikdan teshilish. Dielektrikda dielektrik isroflar hisobiga ajraladigan issiqlik miqdori berilgan sharoit uchun tarqaladigan issiqlik miqdoridan yuqori bo'lganida issiqlikdan teshilish ro'y beradi. Bunda issiqlik muvozanati buziladi. Issiqlikdan teshilish elektr maydonida joylashgan materialning qizishi harorati uning erish yoki qyish nuqtasiga yetganda ro'y beradi. Bu turdagi elektr mustahkamlik materialninggina emas balki tayyor mahsulotning ham xarakteristikasini ifodalaydi.

Dielektrikning qizishi bilan bog'liq teshilish kuchlanishi kuchlanish chastotasiga, muhit haroratiga va materialning issiqlikka bo'lgan chidamliligiga bog'liqdir¹¹⁷.

Issiqlik teshilishidagi teshilish kuchlanishini hisoblashning soddalashtirilgan uslubini ko'rib chiqamiz. Bir jinsli, dielektrik isrofga ega dielektrik ikki elektrod orasiga joylashtirilgan bo'lsin. Elektrodلarga o'zgaruvchan tok manbaidan kuchlanish beriladi va uning qiymatini teshilish sodir bo'lishiga qadar oshirish imkoni bor, deb faraz qilamiz. Issiqlikdan teshilish jarayoni yuqori haroratda, ya'ni ichki o'tkazuvchanlikdagi isrof katta bo'lganida kuzatiladi. Dielektrikda isrof bo'ladigan quvvatning haroratga bog'liqligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$P_a = \frac{U^2 f \varepsilon_r S \operatorname{tg} \delta e^{\alpha(t-t_0)}}{1,8 \cdot 10^{10} h}$$

Bunda: U -berilgan kuchlanish, B ; f -chastota, Gs ; ε_r – nisbiy dielektrik singdiruvchanlik, α - dielektrik isrof burchagi tangensining harorat koeffitsienti; t - dielektrikning isrof hisobiga qizish harorati, $^{\circ}C$; t_0 – elektrod harorati, $^{\circ}C$; S - elektrod yuzasi, m^2 ; h -dielektrikning qalinligi, m ; $\operatorname{tg} \delta$ -atrof muhit haroratidagi dielektrik isrof.¹¹⁸

Dielektrikda ajratiladigan issiqlik tashqi muhitga elektrodning metall qismi orqali tarqaladi, chunki metalning issiqlik o'tkazuvchanligi dielektriknikiga nisbatan ikki-uch barobar yuqoridir. Dielektrikdan ajralib chiqadigan quvvat Nyuton formulasi orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$P_t = 2\sigma S(t-t_0)$$

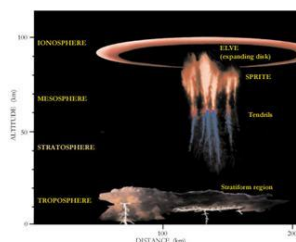
Bunda: σ - elektrodلar dielektrik-metall sistemasining issiqlik uzatish koeffitsienti.

¹¹⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 66-67 bet.]

¹¹⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 66-67 bet.]

Dielectric breakdown in everyday life

Lightning

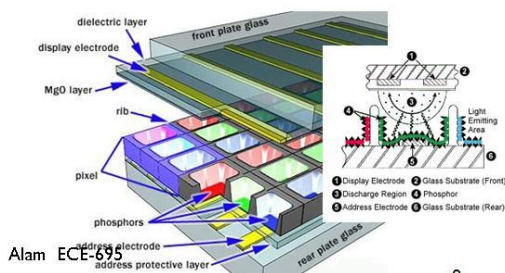


Unrolling a scotch tape



Putterman,
Nature, 2008

Plasma TV



8

Dielektrik elektr maydoniga joylashtirilib unga U_t kuchlanish ta'sir ettirilsa, material harorati t gacha ko'tarilib, barqaror tenglik, ya'ni materialning issiqlik ajratish quvvati shu issiqlikning tarqalish quvvatiga teng holat yuzaga keladi. Agar kuchlanish qiymatigacha oshirilsa, dielektrikdan issiqlik ajralib chiqishi va uning atrof- muhitga tarqalishi tengligi buzilib, dielektrikning harorati o'sa boradi. Natijada jismda yemirilish, kuyish sodir bo'ladi.

Shunday qilib, barqarorlik holati chegarasidagi kuchlanish issiqlik teshilish kuchlanishi U_t deb qabul qilinib, quyidagi ikki shart bilan aniqlanadi:

$$\begin{cases} P_a = P_t \\ \frac{\partial p_a}{\partial t} = \frac{\partial p_t}{\partial t} \end{cases}$$

Birinchi tenglik kuchlanish ta'siridagi barcha dielektriklar barqaror ishlashining hamma holati uchun mos kelsa, ikkinchisi faqat bir chegaraviy holat uchun bajariladi¹¹⁹.

Yuqorida keltirilgan tenglik asosida quyidagini keltirib chiqaramiz:

$$U_t = \kappa \sqrt{\frac{\sigma h}{f \varepsilon_r \tan \delta_a}}$$

bunda: $1/\alpha = t - t^0$, $k = 1,15 \cdot 10^5$ - koeffitsiyent.

¹¹⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 68-69 bet.]

Ushbu formulaga asosan, dielektrik qancha qalin bo'lsa va uning issiqlik tarqatishi qancha yaxshi bo'lsa, kuchlanishi shuncha yuqori qiymatga ega bo'ladi. Qiymatlari katta bo'lganda esa qiymati kichik bo'ladi. Umuman olganda, issiqlikda teshilish ancha murakkab jarayon hisoblanadi. Elektrod yaqinida qarshilik pasayib, kuchlanish dielektrik qalinligi bo'yicha notekis taqsimlanadi va issiqlik uning o'rta qismida yuqoriroq bo'ladi. Natijada, teshilish kuchlanishining hisobigagina nisbatan kichikroq qiymatlarda ro'y biradi. Elektr issiqlik teshilishining dielektrik kuchlanish berilgan vaqtga bog'liqligi ko'rsatilgan.

Qattiq dielektrlarning elektr mustahkamligini hisoblab topish murakkab bo'lganligi sababli, uni tajriba yo'li orqali aniqlash ma'quldir¹²⁰.

Elektrkimyoviy teshilish. Teshilishning bu turi dielektrikda harorat va namlik nisbatan yuqori bo'lgan holda kuzatiladi. Bundan tashqari, elektr kimyoviy teshilish materiali bo'shliqlarida issiqlik hodisasi bilan bog'liq gaz ionlashish sodir bo'lganida ham ro'y beradi. Elektr kimyoviy teshilish ro'y berishi uchun uzoq vaqt talab qilinadi, chunki u elektr o'tkazuvchanlik hodisasi bilan bog'liq. Bu turdagi elektr teshilishi ko'pgina organik materiallarda, chunonchi, chinnining ba'zi turlarida kuzatiladi, shuning uchun dielektrikda ishlatiladigan elektrod materialga ham bog'liq bo'ladi.

Nazorat savollari:

6. Suyuq dielektrlarning singdiruvchanlik nima?
7. Qattiq dielektrlarning singdiruvchanligi?
8. Elektr maydon nima?
9. Maydon kuchlanganligi nima?
10. Singdiruvchanlik deb nimaga aytiladi?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 60-69 bet

11-MA'RUZA IZOLYASIYA MATERIALLARNING NAMLIK VA MEXANIK XUSUSIYATLARI

Reja:

1. Dielektrikning namlanishi.
2. Dielektrikning mexanik xossalari

1. Dielektrikning namlanishi.

Elektr izolyatsiya materiallari oz yoki ko'p darajada gigroskopik xususiyatga, ya'ni atrof-muhitdan o'ziga namlik tortib olish xususiyatiga yoki nam singdirish,

¹²⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 68-69 bet.]

ya'ni o'zidan suv bug'larini o'tkazish xususiyatiga ega. Atmosfera havosida ma'lum miqdordagi suv bug'lari doimo bo'ladi.



Havoning mutloq namligi uning hajm birligidagi suv bug'i massasi bilan ifodalanadi. Haroratning har bir qiymatiga to'yinishdagi mutloq namlikning aniq qiymati to'g'ri keladi. Absolyut namlikning havoni to'yintirish uchun zarur qiymati harorat oshishi bilan keskin ortadi, ya'ni suv bug'ning bosimi ham ortadi.¹²¹

Havoning nisbiy namligi quyidagicha aniqlanadi.

$$\varphi = \frac{m}{m_r} \cdot 100\% = \frac{P}{P_r} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Normal atmosfera bosimida ($p=0,1$ Mpa) va haroratida ($t=20$ °C) $m_t=17,3$ g/m³, $\varphi = 65\%$ bo'lganida havoning namligi normal deb qabul qilinadi, bunday sharoitda suv bug'ining miqdori $m= 17,3 \cdot 0,65=11,25$ g/m³ bo'ladi. Suv o'ta qutbli dielektrik bo'lib, uning solishtirma qarshiligini tashkil etadi¹²².

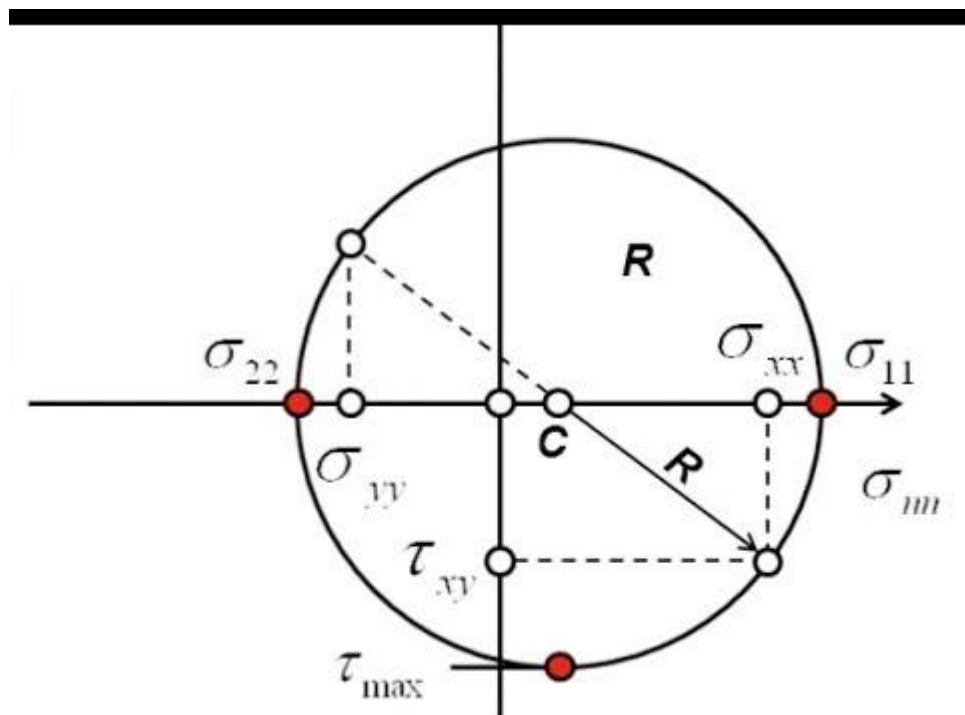
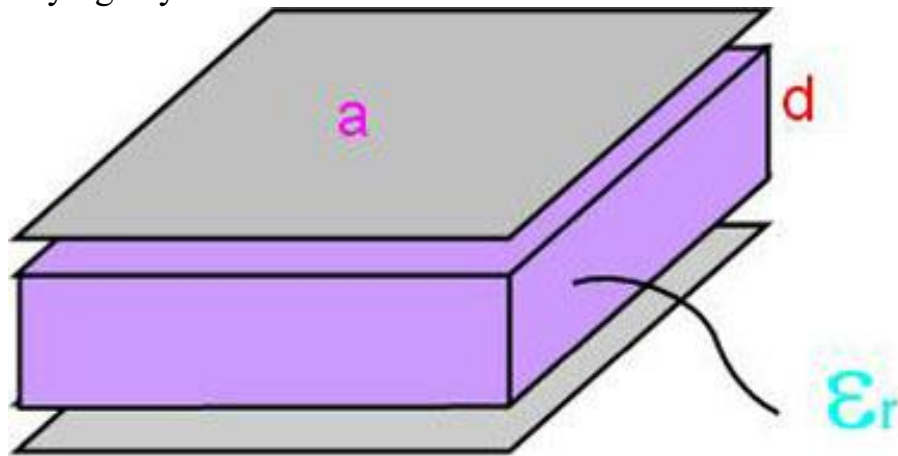
Shu sababli, suv qattiq dielektrikning bo'shliqlariga kirish natijasida uning elektr xususiyatlarini keskin o'zgartirib yuboradi. Bunday holat, ayniqsa, issiq iqlim sharoitida ($\varphi =98-100\%$ va $t =+30+40^0$ C) vujudga keladi. Nisbiy namlikning yuqori bo'lishi elektr apparati va mashinalarning ishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Dielektrikning suv (yoki boshqa biror suyuqlik) bilan qo'llanish xususiyati ho'llanish burchagi θ bilan ifodalanadi. Bu burchak suv tomchisi chekkasiga o'tkazilgan urinma va tekshirilayotgan tekis yuza orasida joylashgan.

Dielektrikning ho'llanish burchagi $\theta < 90^0$, $\theta > 90^0$ oraliqda bo'ladi. θ qiymati qancha bo'lsa, jismning ho'llanishi shuncha yuqori bo'ladi. Ho'llanadigan yuzalar

¹²¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 72-73 bet]

¹²² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 72-73 bet.]

uchun $\theta < 90^\circ$ shuncha yuqori bo'ladi. Ho'llanadigan yuzalar uchun $\theta < 90^\circ$
 Ho'llanmaydigan yuzalar uchun $\theta > 90^\circ$.



Materialning namligi. Muayyan namlik va haroratga ega bo'lgan muhitga elektr izolyatsion material namunasi kiritilsa, ma'lum vaqtdan so'ng jismning namligi muvozanat holatga ega bo'ladi. Agar nisbatan quruq dielektrik nam havoga kiritilsa, namlik jism hajmi bo'yicha uning ichiga singib boradi. Materialdagi namlik ma'lum vaqt davomida o'zining to'yingan qiymatiga erishadi yoki, aksincha, nisbatan quruq saqlangan havoda nam material vaqt o'tishi bilan o'zidagi namlikni yo'qota boradi¹²³.

Elektr izolyatsion materialdagi namlik uning elektr xossalarini o'rganishda qo'l keladi, chunki Har xil materiallarning havoning nisbiy namligi o'zgarmas bo'lgandagi namlik muvozanati turlicha bo'lishi mumkin. Gigroskopik materialning namligini to'g'ri aniqlash uni massa orqali qabul qilish yoki

¹²³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 72-73 bet.]

topshirish ishlarida katta ahamiyatga ega. To'qimachilik materiallari uchun *konditsion namlik* tushunchasi kiritiladi. Konditsion namlik deganda, material namligining normal sharoit havosidagi muvozanat holatdagi qiymati tushuniladi. Masalan, kabel qog'ozi uchun konditsion namlik 8% deb olinadi. Zich tuzilishga ega materiallar g'ovak yoki tolali materiallarga nisbatan namlikni o'ziga kam singdiradi.

Turli dielektrik materiallarda uchraydigan bo'shliqlarning taxminiy o'lchamlarini (nm- nanometrlarda) keltirib o'tamiz:

Sopoldagi mikrobo'shliqlar..... 10^2 - 10^5

Sellyuloza tolasi ichidagi mikrobo'shliqlar..... 10^2

Tola atrofidagi bo'shliqlar1-10

Turli material molekulalari orasidagi bo'shliqlar..... 1-5

Molekulalar ichidagi bo'shliqlar1

Suv molekulasi diametri 0,27 nm bo'lgani sababli u ko'p materiallarning hatto molekulalari ichidagi bo'shliqlarigacha singib borishi yuqoridagi misoldan ko'rinib turibdi¹²⁴.

Agar namlik tola yoki parda yuzasiga bir tekis o'tirsa, u holda materialning dielektriklik xususiyati keskin yomonlashadi. Namlik materialda hajm bo'yicha notekis va uzluksiz tarqalsa, dielektrikning elektr xususiyati juda kam o'zgaradi.

G'ovak, suvda eruvchan jismlar namlik ta'sirida qisman elektrolit hosil qiladi. Bu esa materialning solishtirma hajm qarshiligini pasaytirib yuboradi.

Dielektrikning nam singdiruvchanligi. Elektr izolyatsion materiallarning namlikni o'ziga singdirishi deganda suv bug'ining jism orqali sizib o'tishi tushuniladi.

Bu kattalik dielektrik muhofaza qatlamining asosiy xarakteristikasi hisoblanadi. Aksariat materiallarda mayda havo bo'shliqlari bo'lgani sababli ular nam singdirish xususiyatiga ega. Ma'lum yuza (S) va qalinlik (h) dagi yassi materialdan suv bug'i bosimining farqi p_1 - p_2 ta'sirida vaqt birligi (τ) ichida o'tuvchi namlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$m = \frac{P(p_1 - p_2)S\tau}{h}, \quad (2)$$

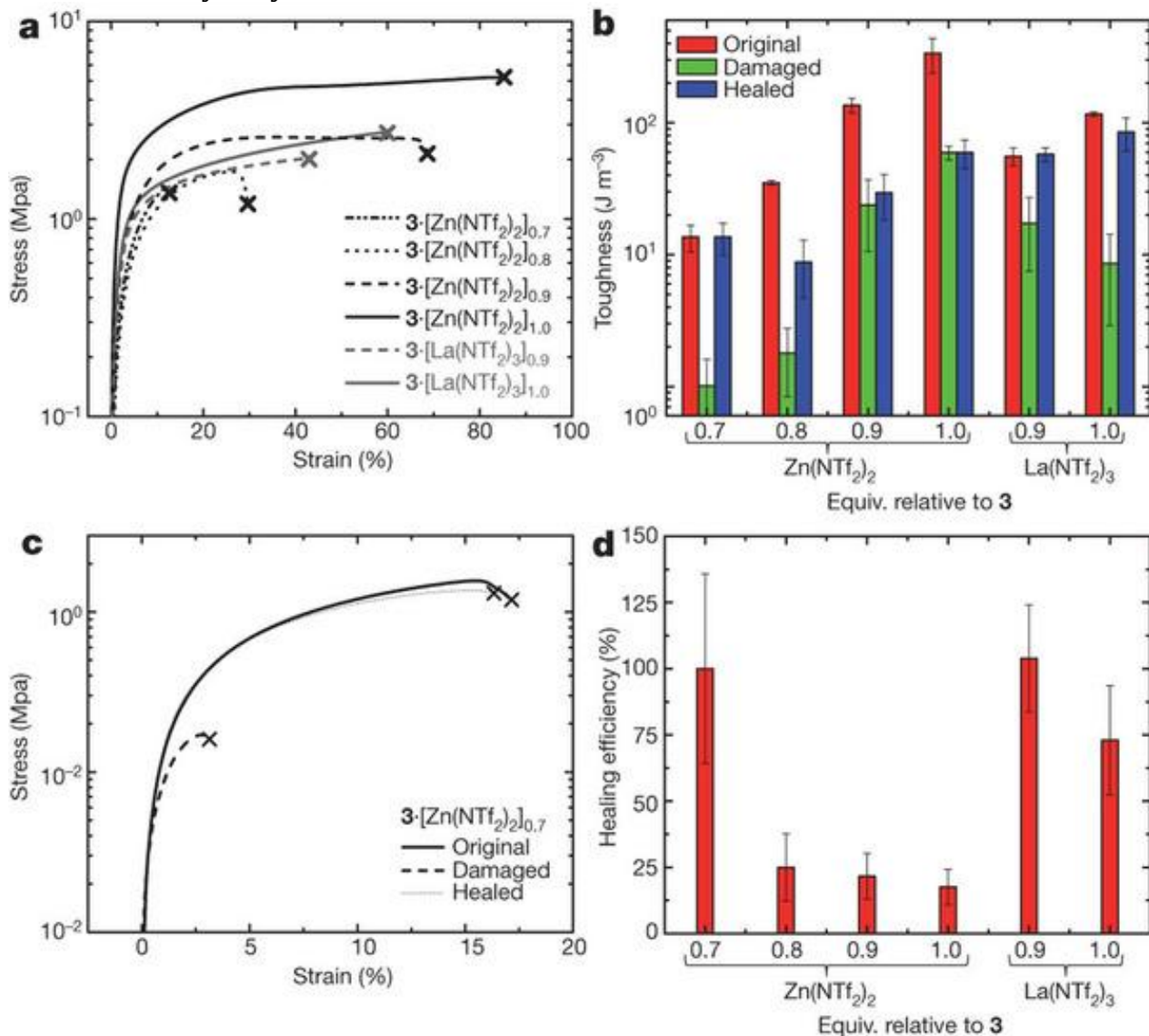
bunda: m -massa; P - jismning nam singdirish koeffitsienti.

Elektr apparatlari tropik iqlim sharoitida uzluksiz ishlatilsa, organik birikmalarda mog'or ko'rinishidagi yemirilish sodir bo'ladi. Bu hodisa dielektrik yuza qarshiligini va mexanik mustahkamligini kamaytirib, dielektrik isrofini

¹²⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 72-73 bet.]

ko'paytiradi va uning metall bilan birlashadigan qismida yemirilish sodir bo'ladi.¹²⁵

Mog'or kanifol, tarkibida moy bo'lgan lok, sellyuloza va shimdirilgan materiallarda tez va yaxshi rivojlanadi. Bundan tashqari, materiallar saqlanish yoki ekspluatatsiya mobaynida termit va kemiruvchi jonivorlar tomonidan ham shikastlanishi yoki yemirilishi mumkin.



Tropik iqlim sharoitiga chidamlilikni tekshirish maqsadida elektr izolyatsiya materiallari va elektr texnika uskunalari yuzasiga mikroorganizmlar kiritilib, ular namligi yuqori (95-98%) va o'rtacha haroratli ($t=40-50^\circ\text{C}$) havoda uzoq muddat ushab turiladi. Tekshiriladigan materiallarning elektr va mexanik xossalardagi o'zgarishlar bo'yicha mog'orning rivojlanish intensivligi aniqlanadi. Organik elektr izolyatsiya materiallarning tabiiy yemirilishiga bo'lgan qarshiligini oshirish

¹²⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 72-74 bet]

maqsadida izolyatsiya ta'rkibiga turli xil fungitsid va zaharli moddalar kiritiladi yoki dielektrik yuzasiga ular qo'shilgan lok qoplamalar beriladi. Fungitsidlar tarkibiga azot, xlor, simob kabi moddalar bo'lgan organik birikmalardan tashkil topadi.

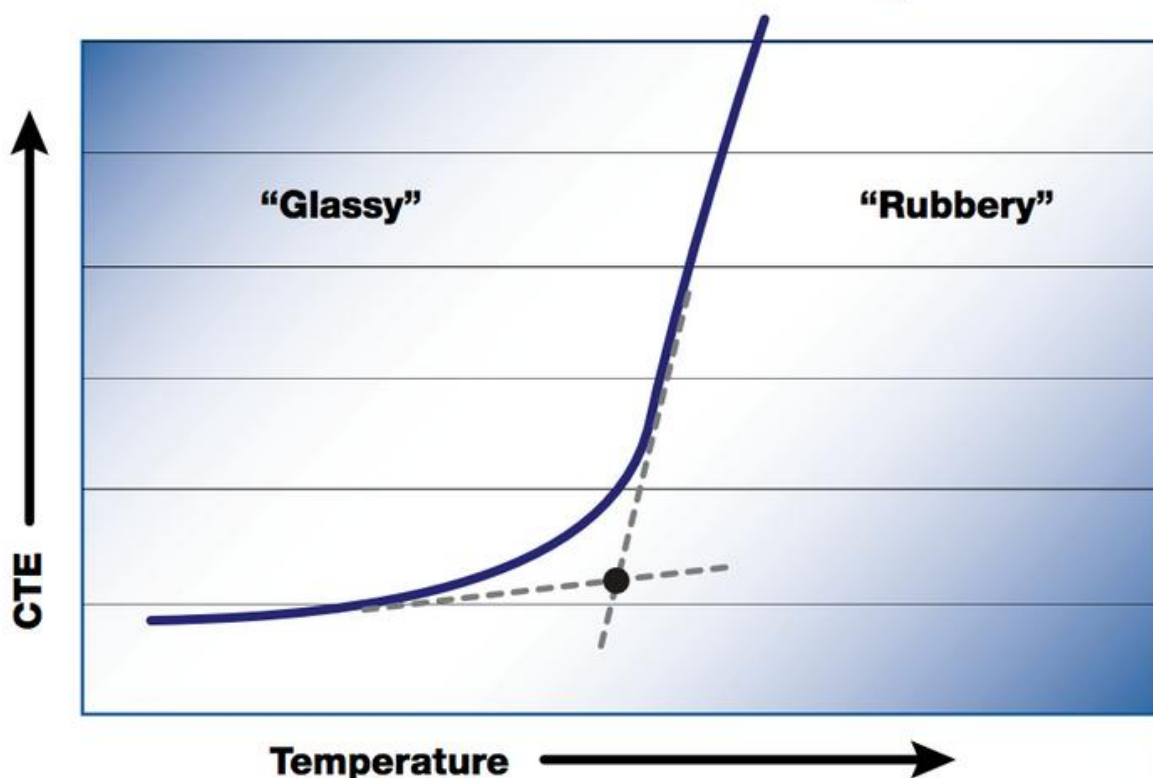
2. Dielektrikning mexanik xossalari

Izolyatsiya materiallaridan ishlab chiqarilgan konstruksiyalar mexanik kuch ta'siri ostida bo'lishi sababli ularning mexanik mustahkamligi va deformatsiyasini o'rganish katta ahamiyatga ega. Statik cho'zilish, siqilish va egilishning oddiy ko'rinishlari amaliy mexanikaning asosiy qonuniyatlariga bo'ysinadi va bundagi mustahkamlik chegaralarning qiymatlari (σ_{ch} , σ_c , σ_e , SI da Paskalda o'lchanadi ($1 \text{ PA} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ kgs/sm}^2$). Cho'zilishdagi mustahkamlik yupqa varaq va tasma shaklidagi dielektrlarga xos bo'lib, bu materiallar o'tkazgich yuzasiga, masalan, kabel o'zagiga qoplanayotganda hisobga olinadi:

$$\sigma_{ch} = P_{ch} / F \quad \text{Pa}$$

bunda: P_{ch} – dielektrikning uzilish lazasidagi ta'sir kuchi, kg; F - dielektrikning ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 . Uzish mashinasida materialning yemirilishga bo'lgan mustahkamligi (P_{ch}) ning cho'zilishi $i = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100\%$ ham aniqlanadi.

Thermo Mechanical Analysis



Nisbiy cho'zilishning kichik qiymatlari mo'rt va qattiq jismlar (chinni, shisha, getinaks) uchun tegishli bo'lib, qayishqoq materiallar (rezina, elastomer) da esa i ko'rsatkichi nisbatan katta qiymatlarga bo'ladi. Chunki qayishqoq materialning mexanik mustahkamligi kichik qiymatlarga ega. Ba'zi plastik materiallarda i qiymati qattiq va qayishqoq materiallarning xarakteristikalari oralig'ida bo'ladi. Materialning mexanik mustahkamligi maxsus tayyorlangan namunalar yordamida aniqlanadi. Materialdan tayyorlanadigan namunalarning shakli ularga qo'yiladigan kuch yo'nalishini hisobga olgan holda ishlab chiqiladi.¹²⁶ Masalan, dielektrikning cho'zilish (a), siqilish (b) va egilish (v) ga bo'lgan mustahkamligini aniqlash uchun tayyorlangan namunalarning shakllari keltirilgan. Materiallarning siqilishga bo'lgan vaqtincha qarshiligi σ_c yuqorida keltirilgan ifodaga o'xshash bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F} \quad \text{Pa.}$$

Tajribaga asosan, metallarda $\sigma_{ch} = \sigma_s$ bo'lgani sababli ularda siqilishdagi kuchlanishni aniqlash shart emas. Dielektrlarda esa $\sigma_{ch} \neq \sigma_s$ bo'lgani sababli, mexanik mustahkamlik ikkala yo'nalishda alohida – alohida aniqlanadi. Tolali va qatlamli dielektrlarni sinash uchun namunalar tayyorlashda ulardagi tola yo'nalishi e'tiborga olinadi. Ko'pchilik dielektrlarning siqilishga bo'lgan mustahkamligi cho'zilishga bo'lgan mustahkamligidan ancha yuqoriligi ($\sigma_{ch} \ll \sigma_s$) sababli ularni, asosan, siqilish yo'nalishi bo'yicha ishlatish maqsadga muvofiqdir.

Jismning egilishdagi zo'riqishi eguvchi moment (M) ning qarshilik momenti (W) ga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\sigma_e = \frac{M}{W}.$$

Askariyat materiallarning mexanik mustahkamligi ularning kesim yuzasiga uzviy ravishda bog'liq bo'ladi. Dielektrikning mexanik xossasi haroratga ham bog'liq bo'lib, issiqlik ta'sirida uning mexanik mustahkamligi kamayadi. Gigroskopik materiallarda namlik orta borgan sari ularning mexanik mustahkamligi pasayib boradi.

Mo'rtlik plastik deformatsiyasiz yemirilish turiga kirib, u material strukturasi va tekshirish sharoitiga bog'liq bo'ladi. Materialga ta'sir ettiriladigan kuchlanish tezligi oshirib borilib, uning harorati keskin kamaytirilsa, jismning mo'rtlikka bo'lgan mexanik mustahkamligi kamayadi. Ko'pgina materiallar katta statik yemirilish kuchlanishiga ega bo'lishi bilan bir qatorda, mo'rtligi sababli, ularning dinamik yemirilish kuchlanishi kichik bo'ladi. Materiallarning dinamik kuchlanishini aniqlaydigan usul – bu urilish egiluvchanligi yoki urilish

¹²⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 73-74 bet.]

qovushqoqligidir. Jismning urilish qovushqoqligi σ_q uni sindirishga sarf etiladigan quvvatning (A) shu jism kesim yuzasiga (F) bo'lgan nisbati ($\sigma_q = \frac{A}{F} \cdot J/m^2$) orqali aniqlanadi. Bu qiymat polietilenda 100 kJ/m^2 bo'lgan holda, sopol va mikaleksda bor-yo'g'i $2\text{-}5 \text{ kJ/m}^2$ ga tengdir¹²⁷.



Dielektriklar elektrotexnikada muhim o'rin egallaydi. Tok o'tkazuvchi qismlarni bir - biridan izolyasiyalash maqsadida ajratishda (turli potentsiallarni bir-biridan) foydalaniladi.

Bundan tashqari elektr izolyasion materiallar elektr kondensatorlarida tegishli sig'im hosil qilishda ba'zi omil va haroratda turli paytda ham sig'imni ta'minlashda foydalaniladi.

Dielektrik materiallarga o'zining xossalarini boshqarish asosida o'zgartirish mumkin bo'lgan guruhi faol dielektriklar (segneto elektriklar) deb yuritiladi. Dielektrik materiallar gazsimon, suyuq va qattiq ko'rinishga ega, yana bir guruhi mavjudki qotuvchi materiallar tayyorlashda suyuq ekspluatasiya paytida qattiq (lak, kompaund) holatda bo'ladi. Kimyoviy tabiatiga ko'ra organik va noorganik bo'ladi. Organik dielektriklarga uglerod birikmalari tarkibida asosan kislorod, vodorod, azot, galogen va boshqa elementlar bo'lgan moddalar kiradi. Qolganlari esa noorganik hisoblanib, tarkibida kremniy, alyuminiy aralashmalari bo'lgan jismlardan tashkil topadi. Ko'pgina organik materiallar egiluvchan, elastik bo'lib ulardan tolali plenklar tayyorlanadi. Shuning uchun ular keng qo'llaniladi, lekin issiqlikka chidamligi juda kichik bo'lganligi uchun yuqori haroratli izolyasiyalovchi qismlarda ishlatilmaydi. Noorganik materiallarning ko'pchiligi egiluvchan va elastik bo'lmay, mo'rt bo'lib, lekin issiqlikka juda chidamli

¹²⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 73-74 bet.]

hisoblanadi. Shuning uchun yuqori haroratli izolyasiya ishlarida ulardan keng foydalaniladi¹²⁸.

Izolyasion materiallardan ishlab chikarilgan konstruksiyalar mexanik kuch ta'siri ostida buzilishi sababli ularning mexanik mustahkamligi va deformasiyasini o'rganish katta ahamiyatga ega. Statik cho'zilish, siqilish va egilishning oddiy ko'rinishlari amaliy mexanikaning asosiy qonuniyatlariga bo'ysunadi va bundagi mustahkamlik chegaralarining qiymatlari (δ_4 , δ_s , δ_e) si Paskalda o'lchanadi. ($1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$).

Cho'zilishdagi mustahkamlik yupqa tasma shaklidagi dielektrlarga xos bo'lib, bu materiallar o'tkazgich yuzasiga, masalan, kabel o'zagiga qoplanayotganda hisobga olinadi. Uzish mashinasida materialning yemirilishga bo'lgan mustahkamligi aniqlash bilan birga, jismning uzilish paytidagi nisbiy cho'zilishi ham aniqlanadi.

Nisbiy cho'zilishning kichik qiymatlari mo'rt va qattiq jismlar (chinni, shisha, getinaks) uchun tegishli bo'lib, qayishqoq materiallar (rezina, elastomer) da esa 1 ko'rsatkichi, nisbatan katta qiymatlarga ega bo'ladi. Chunki qayishqoq materialning mexanik mustahkamligi kichik qiymatlarga ega. Ba'zi plastik materiallarda 1 qiymati qattiq va qayishqoq materiallarning tavsiflari oralig'ida bo'ladi.

Materiallardan tayyorlanadigan namunalarning shakli, ularga qo'yiladigan kuch yo'nalishini hisobga olgan xolda ishlab chiqiladi. Materiallarning siqilishga bo'lgan vaqtincha qarshiligi bo'lgani sababli, ularda siqilishdagi kuchlanishni aniqlash shart emas. Dielektrlarda esa mexanik mustahkamlik ikkala yunalishda alohida-alohida aniqlanadi. Tolali va qatlamli dielektrlarni sinash uchun namunalar tayyorlashda ulardagi tola yo'nalishi e'tiborga olinadi. Ko'pchilik dielektrlarning siqilishga bo'lgan mustahkamligi cho'zilishga bo'lgan mustahkamligidan ancha yuqoriligi sababli ularni, asosan, siqilish yo'nalishi bo'yicha ishlatish maqsadga muvofiqdir¹²⁹.

Shimdirish usulida izolyasiya bo'shliqlari gigroskopik bo'lmagan yoki kam gigroskopik qattiq yoki suyuq dielektrik bilan to'latiladi. Shimdirilgan materiallarga avvaliga nam singmay, ma'lum vaqt o'tgandan keyin bu xossa yomonlasha boradi. Ba'zi shimdirilgan materiallar o'ziga nam olmaydi. Havo bo'shliqlari bo'lgan va shimdirilgan matolar qisqa muddatli namlikka bardoshli bo'lib, ularda Y_{eT} qiymati quruq shimdirilgan metallarga nisbatan yuqori bo'ladi. Izolyasiya tavsifini o'zgartirmasdan saqlash va namlik ta'sirini kamaytirish maqsadida shimdirish usulidan tashqari, laklash usulidan ham foydalaniladi. Bunda shimdirilgan jism qalinligi 0,1-0,2 mm li lak qatlami bilan qoplanadi, lekin bu usul namlik 80 % dan oshganda o'zini oqlamaydi.

¹²⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 73-74 bet.]

¹²⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 75-76 bet.]

Bundan tashqari, siqish usuli yordamida mahsulot yuzasi qalinligi 1-2mm bo'lgan plasmassa qoplamasi bilan qoplanadi. Bu usul havo namligi 90% gacha bo'lgan hollarda ishonchli himoya qiladi.

Mahsulot yuzasini qoplash usullaridan biri, ishlov beradigan yuzaga tayyorlangan kompaund quyish usulidir. Bunda detalning tashqi qismiga mos qilib maxsus qolip yasaladi va unga suyuq holdagi plasmassa to'ldiriladi.

Barcha hollarda jismni namlikdan himoya qilishda organik materiallar qo'llaniladi.

Bu materiallar gigroskopik xususiyatiga ega bo'lgani uchun o'zidan namlikni o'tkazadi¹³⁰.

Yuqori molekulyar birikmalarning yuzta, mingta va undan ko'p atomlarning o'zaro kovalent bog'lanishidan vujudga kelgan molekulasi makromolekula deyiladi. Aksariyat tabiiy va sintetik polimerlarning makromolekulalari takrorlanadigan bir xil atomlar guruhi elementar xalqalardan tashkil topadi. Bunday makromolekulaga ega birikmalar polimerlar deb ataladi. Polimerlarni sintez qilishda ishlatiladigan quyi molekulyar birimlar monometrlar deyiladi.

Dielektriklar ichida yuqori molekulyar organik materiallar alohida ahamiyatga egadir. Tarkibida uglerod moddasi bo'lgan birikmalar organik moddalar deb ataladi. Uglerod molekulalarining tuzilishi turli-tumandir. Bu molekulalar ko'p sonli kimyoviy birikmalar hosil qiladi : molekula tuzilishi buyicha ular zanjirli, tarmoqlangan, doirasimon va boshqa shakllarda bo'lishi mumkin. Yuqori molekulyar materiallarga sellyuloza, shoyi, kauchuk va boshqalar kiradi.

Sun'iy ravishda olinadigan yuqori molekulyar materiallar ikki turkumga ajratilishi mumkin. Birinchisiga, tabiiy yuqori molekulyar moddalarga kimyoviy ishlov berish yo'li bilan tayyorlanadigan sun'iy materiallarni keltirish mumkin. Masalan, sellyulozani qayta ishlash orqali sellyuloza efiri olinadi. Ikkinchi turkumga quyi molekulyar moddalardan tayyorlanadigan yuqori molekulyar sintetik materiallar kirib, ular elektr izolyasiyasida alohida ahamiyatga egadir.

Suyuq dielektrlarga (moy, lok, kompaund) ning mexanik xossalarini o'rganishda qovushqoqlik qo'l keladi. Qovushqoqlik deganda suyuqlik va gaz molekulalarining siljishdagi ichki ishqalanishi tufayli yuzaga keladigan ichki qarshilik tushuniladi. $U \eta$ bilan belgilanib, dinamik qovushqoqlik (ichki ishqalashish) deyiladi va $1 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 10\text{P} = 1000 \text{ sP}$ (Pauz)da o'lchanadi.¹³¹ $V = \frac{\eta}{\rho}$ kinematik qovushqoqlik deyiladi va stokslarda o'lchadi.

Nazorat savollari:

11. Xavoning nisbiy namligi qanday aniqlanadi?
12. Dielektrlarning xollanish burchagi qanday oraliqda bo'ladi?

¹³⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 75-76 bet.]

¹³¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 74-76 bet]

13. Dielektrikning namligi bu?
14. Dielektrikning mexanik xossalari ayting

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 72-76 bet

12- MA'RUZA IZOLYASIYA MATERIALLARNING NAMLIK VA MEXANIK XUSUSIYATLARI

Reja:

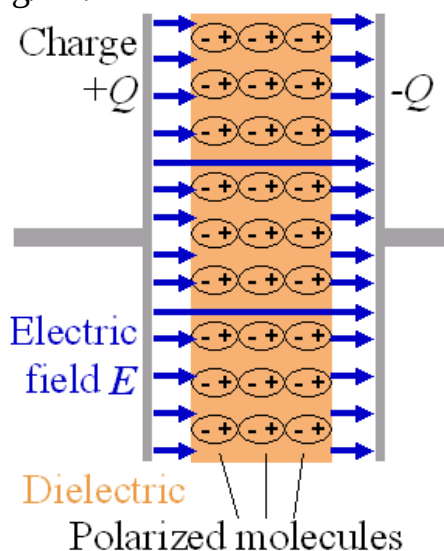
1. Dielektrikning fizik xossalari
2. Izolyatsiyani namlikdan himoya qilish.

1. Dielektrikning fizik xossalari

Dielektrikning zichligi γ ni bilish mahsulot tayyo'rlashda materialga bo'lgan ehtiyojni, uning hajm yoki massasini aniqlash uchun zarurdir. Zichlik jism massasi (m) ning uning hajmi V ga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\gamma = \frac{m}{V} \text{ kg / m}^3$$

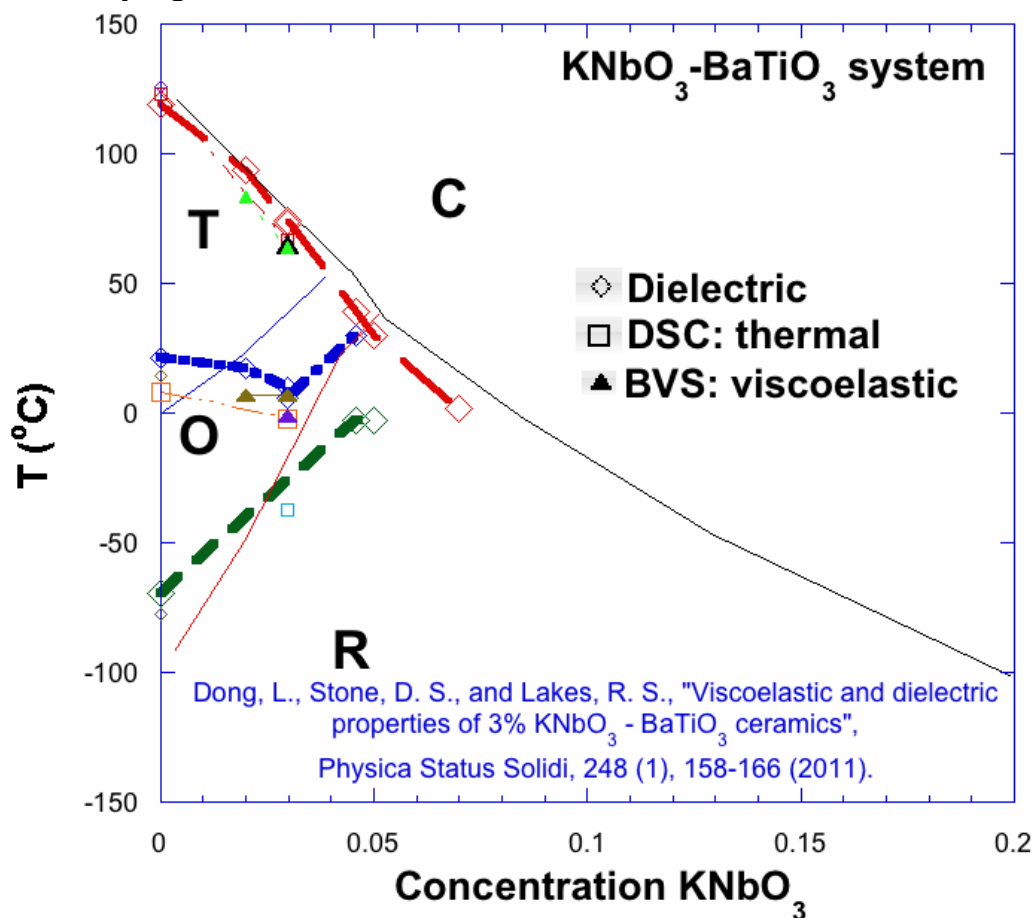
Organik materiallarda $\gamma = (0,5-1,5) \cdot 10^3$, anorganikda esa bu qiymat bir oz yuqoriroq: $\gamma = (2,5-4,0) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.



Materialning gigroskopikligi jismni (namunani) ma'lum vaqt suvda ushlab turish orqali aniqlanadi:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100\%$$

bunda: m_1 – quruq namunaning massasi, r ; m_2 – namunaning suvda ma'lum vaqt ushlagandan keyingi massasi, r .



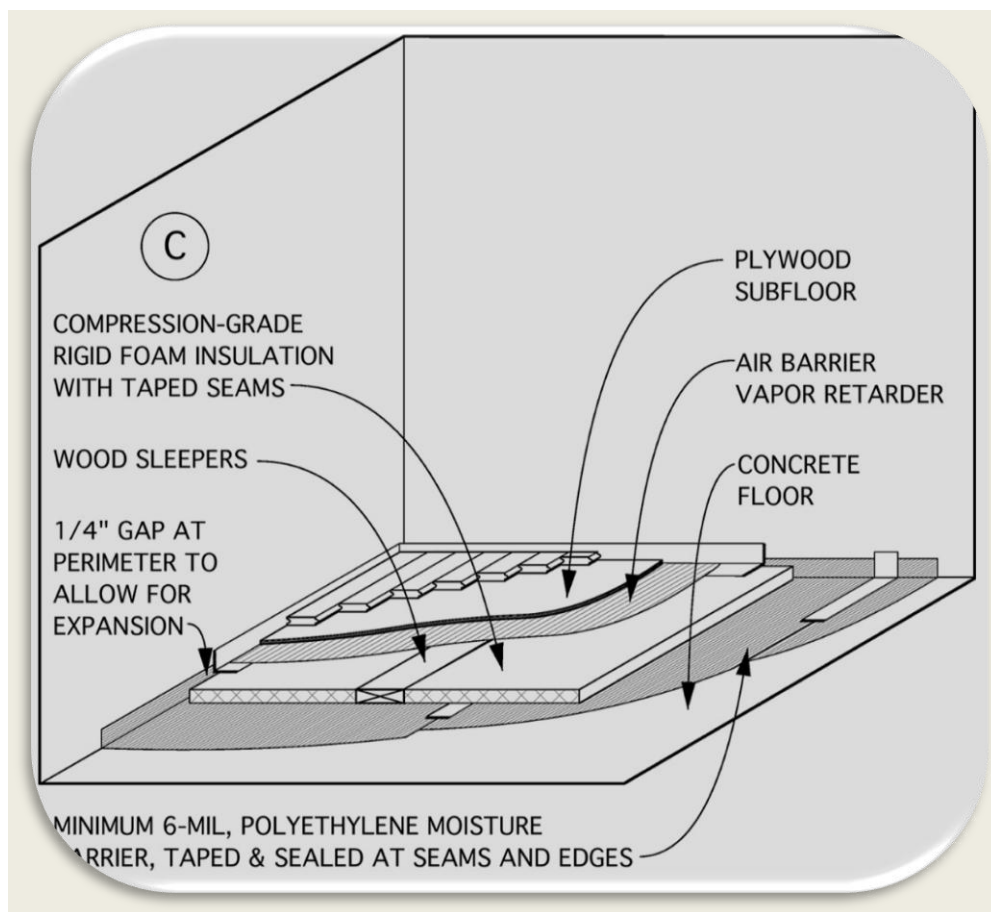
Bu kattalik dielektrikning namga chidamliligini baholashda yordam beradi. Ko'pgina dielektriklar ma'lum darajada gigroskopik bo'lganligi sababli, izolyatsiyani namdan himoya qiladi.¹³²

2. Izolyatsiyani namlikdan himoya qilish.

Shimdirish usulida izolyatsiya bo'shliqlari gigroskopik bo'lmagan yoki kam gigroskopik qattiq yoki suyuq dielektrik bilan to'latiladi. Shimdirilgan materiallarga avvaliga nam singmay, ma'lum vaqt o'tgandan so'ng bu xossa yomonlasha boradi. Ba'zi shimdirilgan materiallar o'ziga nam olmaydi. Masalan, shimdirilgan marmarda ρ qiymati uzoq vaqt o'zgarmay turadi. Tolali shimdirilgan material (qog'oz, karton, mato sellyuloza) larda esa ρ qiymati asta-sekin pasaya boradi. Shimdirilmagandagi kabi shimdirilgan qalin qog'oz (karton) da ham namlik materialga asta-sekin singib boradi va ma'lum vaqtdan so'ng W qiymati ikkala qog'ozda deyarli bir xil qiymatga ega bo'ladi. Havo bo'shliqlari bo'lgan va shimdirilgan matolar qisqa muddatli namlikka bardoshli bo'lib, ularda E_t qiymati quruq shimdirilgan materillarga nisbatan yuqori bo'ladi¹³³.

¹³² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 76-78 bet].

¹³³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 76-78 bet.]



Izolyatsiya xarakteristikasini o'zgartirmasdan saqlash va namlik ta'sirini kamaytirish maqsadida shimdirish usulidan tashqari, loklash usulidan ham foydalaniladi. Bunda, shimdirilgan jism qalinligi 0,1-0,2 mm li lok qatlami bilan qoplanadi. Lekin bu usul namlik 80% dan ortganda o'zini oqlamaydi.

Izolyator sirtining holatini baholash uchun uning solishtirma sirt o'tkazuvchanligi γ_S va solishtirma hajm o'tkazuvchanligi γ_V aniqlanadi. γ_S ning qiymati quyidagi formula bilan topiladi:

$$\gamma_S = \frac{K_{sh}}{R},$$

bu yerda R - izolyatorning qarshiligi; $K_{sh} = 0,65$ izolyatorning shakl koefitsiyenti.

R qarshilik qiymati izolyator iflos qatlamini to'yinishi holatigacha namlangan holat uchun aniqlanadi va bu qarshilik izolyator sirt qarshiligining minimal qiymatiga mos keladi. Namlash solishtirma hajm o'tkazuvchanligi yuqori bo'lmagan namli kichik zarrachalar bilan amalga oshiriladi.

Nam oqim izolyator iflos qatlamini buzmasligi lozim.

Izolyator sirt qarshiligi megommetr yordamida kuchlanish oralig'ida aniqlanishi lozim. Izolyator iflos qatlamini namlanishdan to'yinish momentini aniqlash uchun, namlanish jarayonida o'lchash kuchlanishi izolyatorga 2 daq. vaqt

oralig'i bilan davriy berib turilishi va izolyatorning kuchlanish ta'sirida bo'lish davomiyligi 3 s dan oshmasligi lozim¹³⁴.

γ_S qiymati izolyator sirti har xil nuqtalari solishtirma sirt o'tkazuvchanliklari o'lchangan qiymatlarining o'rtachasiga teng qilib olinadi. γ_S zond usuli yordamida o'lchanadi. Zondning ishchi qismi mis yoki latun sterjenlardan iborat 2 ta elektrod bo'lib, yassi aylanasi uchlarining diametri 4 mm, elektrodlar orasidagi masofa 5 mm.

Zond yordamida o'lchov bajariladigan sirt bo'lagini sun'iy namlash solishtirma hajm o'tkazuvchanligi katta bo'lmagan suv bilan ifloslanish qatlami to'yinguncha amalga oshiriladi. To'yinish momenti sirtida namlikning alohida tomchilari paydo bo'lishi bilan qayd etiladi.

Elektrodlarni izolyator sirtiga tegib turgan joylarida suv to'planmasligi lozim. Buni oldini olish maqsadida o'lchash vaqtida egilib turishi kerak. O'lchashdan avval izolyator ifloslanish darajasini bir tekis bo'lgan zonalarga ajratiladi. Har bir zonada o'lchash 0,5 kV li megommetr bilan 10 martadan o'tkaziladi¹³⁵.

Bu yerda K_{sh} - zondning shakl koeffitsiyenti; R_i - zondning elektrodleri orasidagi ifloslangan qatlam qarshiligining o'lchangan minimal qiymati, MOm .

Har bir zonadagi ifloslangan qatlam solishtirma sirt o'tkazuvchanligining o'rtacha qiymati

$$\gamma_{Sk} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \gamma_{Si}}{n}$$

formula bilan hisoblanadi.

Butun izolyator ifloslangan qatlamining solishtirma sirt o'tkazuvchanligi esa

$$\gamma_S = \frac{\sum_{k=1}^m \gamma_{Sk} \cdot S_k}{S'}$$

formula bilan hisoblanadi, bu yerda m - zonalar soni;

k - zona tartibi;

S_k - k - zona sirtining yuzasi;

S - butun izolyator sirtining yuzasi.

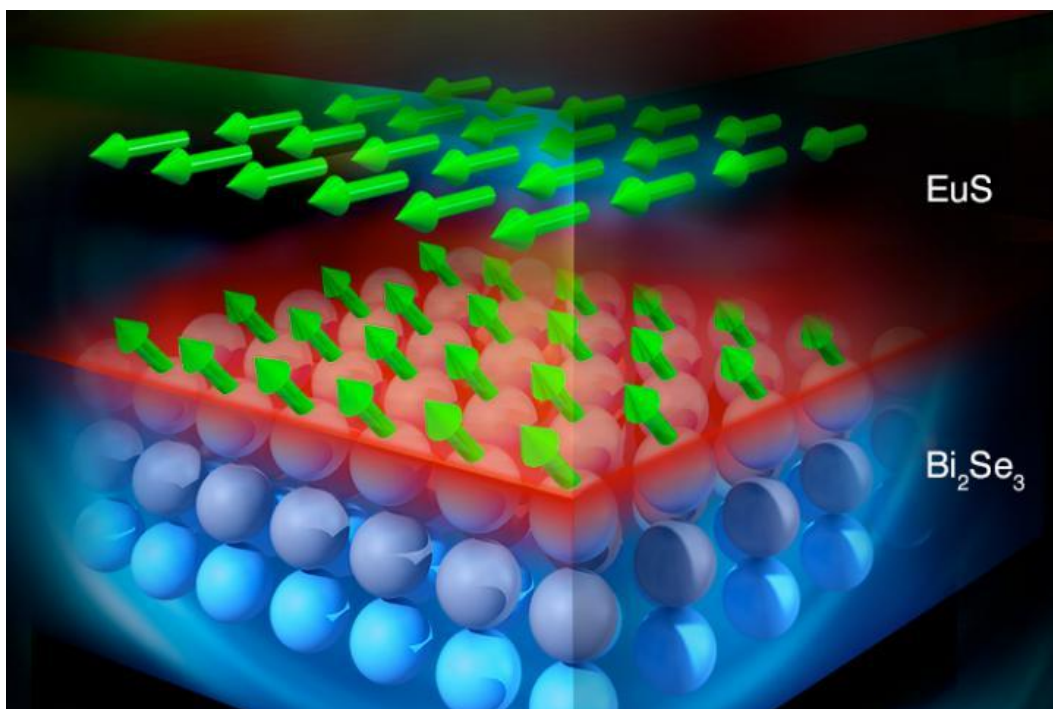
Bundan tashqari, siqish usuli yordamida mahsulot yuzasi qalinligi 1-2 mm bo'lgan plastmassa qoplamasi bilan qoplanadi. Bunday qoplamaning mexanik xarakteristikalari lok qoplama mexanik mustahkamligidan ancha yuqori bo'ladi.

¹³⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 76-78 bet.]

¹³⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 76-78 bet.]

So'nggi usul mahsulotning havo namligi 90% gacha bo'lgan hollarda ishonchli himoya qiladi¹³⁶.

Mahsulot yuzasini qoplash usullaridan biri ishlov beriladigan yuzaga tayyorlangan kompaund quyish usulidir. Bunda detalning tashqi qismiga mos qilib maxsus qolip yasaladi va unga suyuq holdagi plastmassa to'ldiriladi. Masalan, epoksid smolasidan tayyorlangan qoplamaning qalinligi 10-20 mm qilib olinadi. Mahsulot suyultirilgan kompaundga botirib olinadi. Bu usul dielektrlarni 95% gacha namlik ta'siridan himoya qiladi.



Barcha hollarda ham jismni namlikdan himoya qilishda organik materiallar qo'llaniladi. Bu materiallar gigroskopik xususiyatga ega bo'lgani uchun o'zidan namlikni o'tkazadi. Istalgan organik dielektrik qandaydir miqdorda nam singdiruvchanlikka ega.

Ba'zi organik dielektrlar uchun nam singdirish koeffitsienti quyidagichadir:

Parafin $5 \cdot 10^{-10}$ c

Polietilen $3 \cdot 10^{-10}$ c

Epoksid smolasi $5 \cdot 10^{-9}$ c

Neftli bitum $1 \cdot 10^{-8}$ c

Dielektrikni namlikdan ishonchli himoya qilish maqsadida bosim ostida quyish usuli qo'llaniladi. Chunki bu usulda olinadigan qoplamaning qalinligi katta qiymatga ega bo'ladi va mahsulotni namlikdan yaxshi himoya qiladi. Agarda himoya qoplamasida darz yoki yemirilish sodir bo'lsa, namlik qoplama ichiga tezda kirib boradi.

¹³⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 78-79 bet.]

Vakuumdagi zichlash usulida himoya qilinadigan mahsulot metall qobiqqa joylashtiriladi va qopqoq bilan kavsharlanadi. Metall qoplama dielektrikni namdan a'lo darajada himoya qiladi¹³⁷.

Qog'oz izolyatsiyali yuqori kuchlanishli kabellarni namdan muhofaza qiladigan himoya qoplamasi sifatida izolyatsiya yuzasiga uzluksiz qoplanadigan metall (qo'rg'oshin, alyuminiy, po'lat) qoplama ishlatiladi. Bu qoplamalar izolyatsiya yuzasiga maxsus presslarda qoplanadi. Elektr mashinalarining izolyatsiyasi namlik ta'siridan loqlash, shimdirish va kompaund quyish usullari orqali himoya qilinadi. Uzluksiz ishlaydigan elektr mashinasi namlikka chidamli bo'ladi. Bu mashinaning muttasil ish mobaynida qizishi natijasida izolyatsiyasining namlanmasligi bilan tushuntiriladi. Uzoq muddat ishlamagan (omborda saqlangan) elektr dvigateli yoki generatorlarning izolyatsiya holati tekshirilib, zarur holatlarda ularning izolyatsiyasi quritilishi shart.

Dielektriklarning issiqlik xossalari. Dielektrikning issiq va sovuqqa chidamliligi, issiqlik o'tkazuvchanligi va issiqdan kengayishi uning issiqlik xossalari kiradi. Anorganik dielektriklarning issiqqa chidamliligi ularning elektr xossalari (ϵ, ρ) qiymatlarining o'zgarishiga qarab baholanadi. Organik dielektriklarning issiqqa chidamliligi ularning cho'zilishi va egilishi orqali yoki qizitilgan dielektrikka igna botirib ko'rish orqali aniqlanadi.

Izolyatsiya materialining harorat ta'siriga chidamliligi Martens usuli orqali ham aniqlanadi. Bu usulda jismning qisqa muddatli issiqlikka bardoshliligi uning mexanik xossalari o'zgarishiga qarab aniqlanadi. Dielektrikning issiqlikdan yumshash harorati qizdirilgan namunaga shar yoki doirani ma'lum kuch bilan ta'sir ettirib aniqlanadi¹³⁸.

Suyuqlikning alangalanish harorati tekshirilayotgan suyuqlikka alangani yaqinlashtirganda uning yonib ketishi bilan aniqlanadi. Suyuqlikning alangalanish harorati uning chaqnash haroratidan birmuncha yuqoridir. Bunday xarakteristikalar transformator moyi va erituvchi suyuqliklar sifatini aniqlashda keng qo'llaniladi.¹³⁹

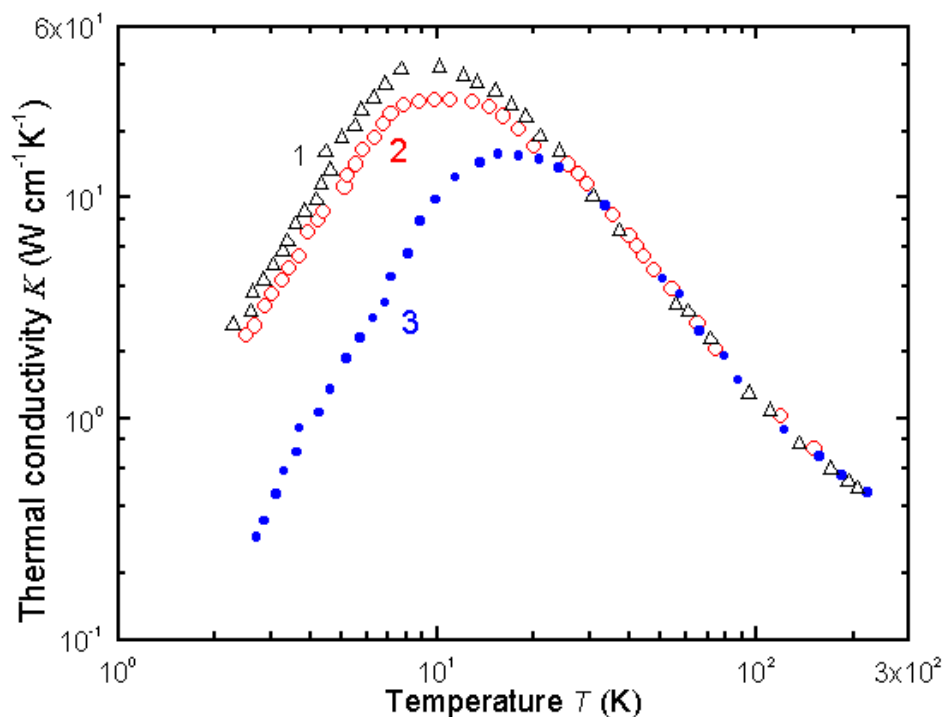
Izolyatsiyaning joiz ish harorati jismning qisqa yoki uzoq muddatli qizishga chidamliligini tekshirish orqali aniqlanadi. Dielektrikning qizishi mobaynida unda kimyoviy o'zgarish sodir bo'ladi. Bu holat izolyatsiya materialining issiqlik ta'sirida eskirishi deyiladi. Bunday eskirish sellyuloza va loqlangan jismning qattiqligi va mo'rtligi ortishi yoki jism yuzasida yoriqlar paydo bo'lishi bilan belgilanadi. Dielektrikning issiqlik ta'sirida eskirishi uning ilk bor tayyorlangan holatiga nisbatan o'zgarishiga qarab aniqlanadi. Jismning eskirish muddati (τ) harorat bilan quyidagicha bog'langan:

¹³⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 78-79 bet.]

¹³⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 78-80 bet.]

¹³⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 78-80 bet.]

$$\ln \tau = A/T + B$$



bunda: A , B – berilgan materialning issiqlik ta'sirida eskirishiga taalluqli o'zgarmas koeffitsientlar.

Issiqlik ta'siridagi eskirish UB (ultrabinafsha) nurlari, elektr maydoni, mexanik kuchlanish va boshqa ta'sirlar ostida tezlashadi.

Elektr mashina va apparatlarining quvvatini o'zgartirmagan holda dielektrikning issiqlikka chidamliligini oshirish orqali ularning hajmi va narxini birmuncha kamaytirish mumkin. Bu samolyotsozlik va raketsozlikda, elektr dvigateli, transformator va boshqa ixcham, qulay asbob-uskunalar tayyorlashda juda qo'l keladi.

GOST 8865-70 va Xalqaro elektr texnika komissiyasi ko'rsatmalariga asosan, normal sharoitda ishlaydigan elektr mashina va apparatlari izolyatsiya materiallarining joiz ish haroratlari issiqqa chidamlilik bo'yicha bir necha sinfga bo'linadi¹⁴⁰:

Issiqqa chidamlilik sinfi Y A E B Θ H C

Joiz ish haroratining eng yuqori qiymati, 90 105 120 130 155 180 > 180

Ochiq sharoitda ishlatiladigan izolyatsiya materialining sovuqqa chidamliligi ham katta ahamiyatga ega. Past haroratlarda, odatda, izolyatsiya materiallari o'z dielektriklik xususiyatlarini yaxshilaydi. Normal sharoitda elastik va egiluvchan bo'lgan materiallar past haroratlarda (-30÷-50°C) qattiq va mo'rt bo'lib qoladi. Bu

¹⁴⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 80-81 bet.]

esa kuchlanish ta'siri ostida bo'lgan materialning sinishi (yemirilishi) va uskunaning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin.

Jismning issiqlik o'tkazuvchanligi issiqlik tarqalishining bir turidir. Dielektrik izolyatsiyasidagi issiqlik uning qizigan qismidan sovuqroq qismiga yoki tashqi muhitga tarqaladi. Dielektrikning issiqlik o'tkazuvchanligi izolyatsiyaning issiqlikdan teshilishiga va harorat zarbiga nisbatan chidamliligiga ta'sir ko'rsatadi¹⁴¹.

Jismning >S yuzasidan o'tuvchi issiqlik oqimining quvvati Fure tenglamasiga asosan quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta P_u = \gamma_u \frac{dT}{dl} \Delta S$$

bunda: $\frac{dT}{dl}$ - harorat gradienti, °C/m ; γ_u – jismning issiqlik o'tkazish koeffitsienti, Vt/mK.

Izolyasion materiallardan ishlab chikarilgan konstruksiyalar mexanik kuch ta'siri ostida buzilishi sababli ularning mexanik mustahkamligi va deformasiyasini o'rganish katta ahamiyatga ega. Statik cho'zilish, siqilish va egilishning oddiy ko'rinishlari amaliy mexanikaning asosiy qonuniyatlariga bo'ysunadi va bundagi mustahkamlik chegaralarining qiymatlari (δ_4 , δ_s , δ_e) si Paskalda o'lchanadi. (1Pa=1N/m²).

Cho'zilishdagi mustahkamlik yupqa tasma shaklidagi dielektriklarga xos bo'lib, bu materiallar o'tkazgich yuzasiga, masalan, kabel o'zagiga qoplanayotganda hisobga olinadi. Uzish mashinasida materialning yemirilishga bo'lgan mustahkamligi aniqlash bilan birga, jismning uzilish paytidagi nisbiy cho'zilishi ham aniqlanadi.

Nisbiy cho'zilishning kichik qiymatlari mo'rt va qattiq jismlar (chinni, shisha, getinaks) uchun tegishli bo'lib, qayishqoq materiallar (rezina, elastomer) da esa 1 ko'rsatkichi, nisbatan katta qiymatlarga ega bo'ladi. Chunki qayishqoq materialning mexanik mustahkamligi kichik qiymatlarga ega. Ba'zi plastik materiallarda 1 qiymati qattiq va qayishqoq materiallarning tavsiflari oralig'ida bo'ladi.

Materiallardan tayyorlanadigan namunalarning shakli, ularga qo'yiladigan kuch yo'nalishini hisobga olgan xolda ishlab chiqiladi. Materiallarning siqilishga bo'lgan vaqtincha qarshiligi bo'lgani sababli, ularda siqilishdagi kuchlanishni aniqlash shart emas. Dielektriklarda esa mexanik mustahkamlik ikkala yunalishda alohida-alohida aniqlanadi. Tolali va qatlamli dielektriklarni sinash uchun namunalar tayyorlashda ulardagi tola yo'nalishi e'tiborga olinadi. Ko'pchilik dielektriklarning siqilishga bo'lgan mustahkamligi cho'zilishga bo'lgan mustahkamligidan ancha yuqoriligi sababli ularni, asosan, siqilish yo'nalishi bo'yicha ishlatish maqsadga muvofiqdir.

¹⁴¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 80-81 bet.]

Dielektrlarda γ_u qiymati metal materiallariga nisbatan ancha pastdir. G'ovak va bo'shliqlari ko'p bo'lgan dielektrlarda issiqlik o'tkazish koeffitsienti eng kichik qiymatga ega bo'lib, ular shimdiriluvchi modda bilan to'latilgan holatda mazkur kattalik qiymati o'sadi (2-jadval). Kristall dielektrlarda γ_u qiymati amorf dielektrlardagiga nisbatan katta bo'ladi.¹⁴²

1-jadval.

Ba'zi dielektrlarning issiqlik o'tkazish koeffitsientlari

Material	γ_u B/(M·K)	Material	γ_u B/(M·K)
Havo (tirqishlardagi)	0,05	Chinni	1,6
Bitum	0,07	Steatit	2,2
Qog'oz	0,10	Titan qo'shoksidi	6,5
Loklangan mato	0,13	Kristalli kvars	12,5
Tekstolit	0,35	Alyuminiy oksidi	30,0
Suv	0,58	Magniy oksidi	36,0
Kvars	1,25	Berilliy oksidi	218,0

Dielektrlarning issiqlikdan kengayishi boshqa materiallar kabi, chiziqli kengayishning harorat koeffitsienti orqali aniqlanadi:

$$TKI = \alpha_l = \frac{ld}{ldt} K^{-1}$$

2-jadval.

Ba'zi dielektrlar chiziqli kengayishining harorat koeffitsientlari

Material	$\alpha_u \cdot 10^6, K^{-1}$	Material	$\alpha_u \cdot 10^6, K^{-1}$
Polivinilxlorid	235	Polivinilformaldegid	64,0
Polivinilxlorid plastikasi	160	Epoksid katroni	55,0
Polietilen	165	Slyuda	37,0
Sellyuloza asetati	120	Silikatli shisha	9,2
Neylon	115	Sopol	7,0
Politetraftoretlen	100	Steatit	6,6
Polistirol	68	Chinni	3,5
Polimetilmetakrilat	70	Eritilgan kvars	0,55

Organik dielektrlar anorganiklariga nisbatan (3- jadval) ancha yuqori α_l ga ega. Shuning uchun ham anorganik jismdan yasalgan qismlar harorat o'zgarishida o'zining kam o'zgaruvchan α_l qiymati bilan ajralib turadi.

Nazorat savollari:

15. Dielektrikning fizik xossalari ayting?
16. Izolyatsiyani namlikdan himoya qilish usullari?
17. Dielektrlarda issiqlik o'tkazuvchanligi oqibatida nima sodir bo'ladi?

¹⁴² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 78-81 bet].

18. Past xaroratda dielektrikning izolyatsiyasi qanday o'zgarish sodir bo'lishini tushintirib bering?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 76-81 bet

13-MA'RUZA DIELEKTRIKLARNING XOSSALARI

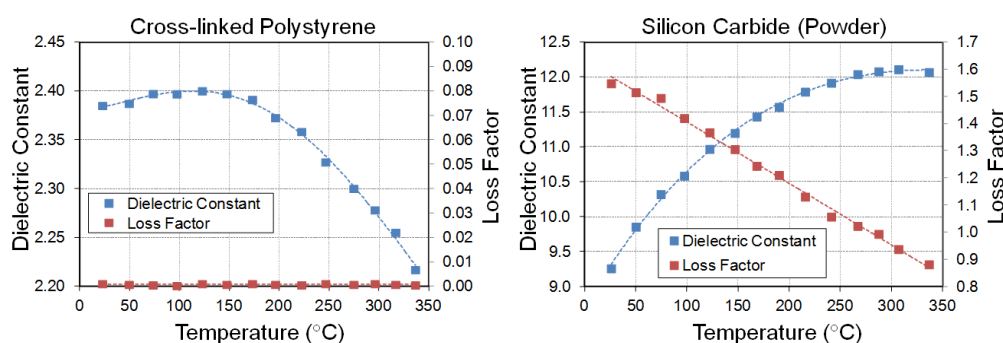
Reja:

1. Asosiy tushunchalar
2. Yuqori energiyali nurlanishning dielektrik xossalari ta'siri.

1. Asosiy tushunchalar

Radio va elektr apparatlarning ko'pchiligida ishlatiladigan dielektriklar uzluksiz yoki uzlukli, korpuskalyar yoki to'liqli yuqori energiyali nurlanish ta'sirida bo'ladi. Tenikaning rivojlanishi raketa va koinot texnikasida ishlatiladigan elektrotexnika materiallarining yuqori energiyali radioaktiv nurlanish ta'siri ostida bo'lishini taqazo etadi. shuning uchun ham materiallarning nurlanishga ya'ni radiatsiyaga chidamliligi (dielektrik va mexanik xususiyatlarni saralay olishi) muhim ahamiyatga egadir. Masalaning boshqa tomonidan qaralsa, radiatsiya ta'sirini texnologik jarayonda ishlatish orqali yangi xossali materiallar hosil qilinadi. Bunda mavjud usullar bilan olib bo'lmaydigan noyob xossali (yuqori mexanik mustahkamlikka ega va issiqbardosh) materiallar vujudga keltiriladi¹⁴³.

Dielectric Properties of Materials at Different Temperatures



Korpuskalyar nurlanishga tezkor yoki sust xarakatli neytronlar, yadro bo'lakchalari, α – zarrachalari va β – nurlari, to'liqli nurlanishga esa γ – nurlari va rentgen nurlari misol bo'la oladi. Nurlanish intensivligi $Vtg \cdot m^2$ larda o'lchanadi.

Material yuzasiga ta'sir etayotgan nurlanish material ichiga singib borishidagi sustlashishi quyidagi qonunga bo'ysunadi:

¹⁴³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 82-83 bet.]

$$p_{\mu} = p_0 \exp(-\mu x)$$

bunda R_0 – material yuzasi yaqinidagi muhitdagi energiya nurlanishining singish chuqurligi; μ – materialda nurlanish susayishini hisobga oluvchi koeffitsiyent.¹⁴⁴

Oddiy moddalar uchun $\mu \approx R \lambda^3 \iota^3 \rho$ bo'lib, bunda λ – nurlanish to'liqini uzunligi; ι – elementning Mendeleyev jadvalidagi tartib soni; ρ – jismning zichligi; R – proporsionallik koeffitsiyenti.

2. Yuqori energiyali nurlanishning dielektrik xossalariga ta'siri.

Jismning nur yutishi uning tuzilishiga, tabiatga va nurlanish sifatiga bog'liq. Nurlanish energiyasining sochilish ionlanish (ichki fotoeffekt) va atomlarning g'alayolanishi hisobiga sodir bo'ladi. Nurlanish ta'sirida molekulalarning qayta tuzilishi va kimyoviy reaksiya ro'y beradi. Ionlanish jarayoni elektronlarning oniy oqimini keltirib chiqarib, kimyoviy bog'lanishlarning uzilishi va siljishiga yoki qarib, kimyoviy bog'lanishlarning uzilishi va siljishiga yoki erkin radikallarning hosil bo'lishiga olib keladi. Elektronlar esa nuqsonli joylarda to'planadi.

Dielektrikka berilgan kuchlanish kiymati oshira borilganda tok okimi yuksalib, elektr energiyasining isrofi kupayadi. Elektr izolyasiyasi uta yukori kuchlanishga bardosh bera olmaydi. Kuchlanish kiymati ortib borishi natijasida dielektrikda teshilish sodir buladi. Teshilish paytida dielektrikda uta utkazuvchan kanal paydo bulib, elektrodslarning kiska tutashuviga olib keladi. Dielektrikning teshilgan kismida erish, kuyish, yorilish va xokazolarni kuzatish mumkin. Boshkacha kilib aytganda, elektr maydonida joylashgan dielektrik uz izolyasion xususiyatini elektr maydon kuchlanganligining ma'lum kiymatida yukotadi¹⁴⁵.

Agar dielektrik kizdirilsa, dielektrik isroflar xisobiga ajraladigan issiklik tarkaladigan issiklik mikdoridan yukori buladi va natijada issiklik muvozanati buzilib, issiklikdan teshilish ruy beradi. Kupgina xolatlarda bu teshilish turi materialning kizish T si uning erish yoki kuyish T sida etganida ruy beradi.

Issiklikdan teshilish kuchlanishi kuchlanish chastotasiga, muxit xaroratiga va materialning issiklikka bulgan chidamligiga boglikdir. Issiklikdan teshilish jarayoni yukori T da, ya'ni ichki utkazuvchanlikdagi isrof katta bulganida kuzatiladi.

Dielektrikda isrof buladigan kuvvatning T ga boglikligi kuyidagi ifoda orkali aniklanadi:

$$P_a = \frac{U^2 f \epsilon_r \tan \delta \cdot e^{\alpha(t-t_0)} \cdot S}{1.8 \cdot 10^{10} \cdot h}$$

¹⁴⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 82-83 bet]

¹⁴⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 82-83 bet.]

bu erda U -materialga berilgan kuchlanish [V]; f -chastota [Gs]; ϵ_r -nisbiy dielektrik singdiruvchanlik; α -dielektrik isrof burchagi tangensning temperatura koeffitsienti; t_0 -elektrod temperaturasi [S]; t -dielektrikning isrof xisobiga kizish temperaturasi [S]; S -elektrod yuzasi [m²]; h -dielektrikning kalinligi [m].

Dielektrikda ajraladigan issiklik tashki muxitga metall elektrodlar orkali tarkaladi, chunki metallning issiklik utkazuvchanligi dielektriknikiga nisbatan ikki – uch marotaba yukoridir.

Elektr issiklik teshilishining dielektrikka kuchlanish berilgan vaktga boglikligi 1-rasmda kursatilgan.

Dielektrikdan ajralib chikadigan kuvvat bu yerda δ -elektrodlar dielektrik-metall sistemasining issiqlik uzatish koeffitsienti.

Agar dielektrik elektr maydonga joylashtirilib unga kuchlanish berilsa, material xarorati t gacha oshadi va barkaror tenglik, ya'ni materialning issiklik ajratish quvvati shu issiqlikning tarkalish kuvvatiga teng xolat yuzaga keladi. Agar ushbu kuchlanish yanada oshirilsa, dielektrikdan issiqlik ajralib chiqishi va uning atrof-muxitga tarqalish tengligi buzilib, dielektrikning T si usib boradi. Natijada unda yemirilish (kuyish) sodir buladi¹⁴⁶.

Shuni yodda tutish kerakki, barkarorlik holati chegarasida kuchlanish issiqlik teshilish kuchlanishi U_T deb qabul qilinadi va u quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$U_T = K \sqrt{\frac{\delta h}{f \epsilon_r \cdot tg \delta \cdot \alpha}}$$

bu yerda $\frac{1}{\alpha} = t - t_0$ bulib, $K = 1,15 \cdot 10^5$ -koeffitsiyent.

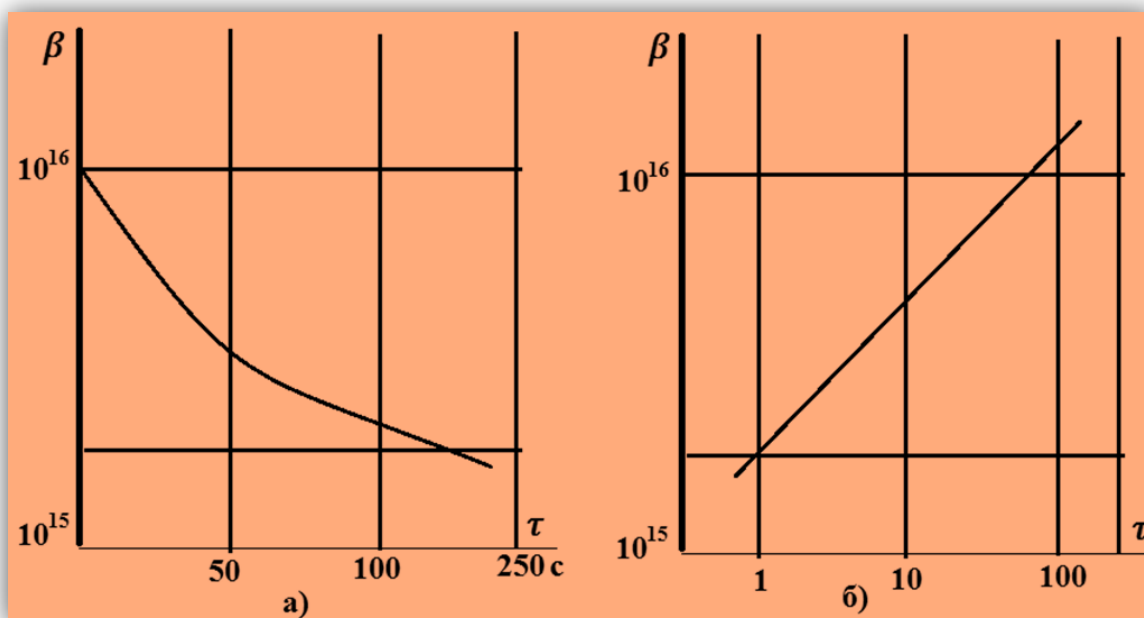
Bu formuladan xulosa shuki, dielektrik kancha kalin bulsa va uning issiklik tarkatishi yaxshi bulsa, issiklik teshilish kuchlanishi U_T shuncha katta buladi. Agar f , $tg \delta$ kiymatlari katta bulsa, U_T kichik buladi.

Organik jismga nurlanish uzoq vaqt ta'sir ettirilsa, unda emirilish sodir bo'ladi. Bqori energiyali nurning qisqa muddatli ta'siri natijasida dielektriklarning kimyviy, fizik, mexanik va elektr xossalari o'zgaradi. Dielektrikka nurlanish ta'sir ettirilganda uning elektr o'tkazuvchanligi ma'lum statsionar holatgacha ortadi. Bu o'zgarish radiatsiya intensivligi bilan aniqlanadi. Nurlanish to'xtatilsa, dielektrikning elektr o'tkazuvchanligi o'zining avvalgi qiymatiga qaytadi. β – nuri ta'sirida toza polistirolida ρ qiymatining vaqt birligida o'zgarishi 37 – rasmda ko'rsatilgan. Xarakteristikaga asosan dielektrikning qarshiligi nurlanish ta'sir vaqtining ma'lum qiymatigacha kamayib, so'ngra nurlanish ta'sir kuchi oshirilganda ko'payadi. Nurlanish issiqlik bilan birlikda ta'sir ettirilganda polimerning ρ qiymati keskin o'zgaradi. Sifatli dielektrikda temperatura ortishi bilan ρ qiymati nisbatan kamroq o'zgaradi. Masalan, normal sharoitda nurlangan va

¹⁴⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 83-85 bet.]

nurlanmagan polietilen ρ qiymatilarining nisbati 10^4 ga teng bo'lib, temperatura 90° ga etganida ushbu nisbat $\rho \approx 10$ gacha pasayadi.

Hozirgi paytda dielektriklar ishlab chiqarish texnologiyasida radioaktiv nurlanish ta'siridan foydalanilmoqda. Masalan, muayyan sharoitda γ – nuri bilan ishlov berilgan polietilenning issiqqa chidamliligi 160°C dan 250°C gacha ortib, uning dielektrik xossalari to'la saqlanib qoladi.¹⁴⁷



Sof polistrolga β nuri ta'sir ettirilganda solishtirma xajmiy qarshiligining vaqt bo'yicha o'zgarishi:

Elektr izolyatsiya kompaundlari shimiluvchi va quyiluvchi turlarga bo'linadi, ular loklardan o'z tarkibida erituvchilarning yo'qligi bilan farq qiladi. Sintetik polimerlar (poliefirstirol, poliefirakrilat, metakrilat, poliuretan, epoksid, kremniy-organik moddalar) asosidagi kompaundlar keng qo'llanilmoqda. Ko'rsatilgan polimerlar ichida eng ko'p ishlatiladigani epoksid qatroni va uning modifikatsiyalari asosidagi kompaundlardir¹⁴⁸.

Shimiluvchi va quyiluvchi kompaundlarni to'g'ri qo'llash orqali yuqori kuchlanishli konstruksiyalarning hajmini anchagina ixchamlashtirish mumkin. Elektr texnikada kompaundlar elektr mashina, transformator va slyudali materiallarga shimdiriladi, radiosxema, asbob va uskunalar qismlariga quyiladi.

Tarkibidagi bog'lovchining turiga qarab, kompaundlar, asosan, uch guruhga (epoksid qatroni asosidagi, poliefir qatroni asosidagi, poliuretanli) bo'linadi. Tarkibiga ko'ra kompaundlarning sovuq yoki issiq sharoitda qotadigan xillari

¹⁴⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 83-85 bet]

¹⁴⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 85-86 bet.]

bo'ladi. Kompaund tarkibiga to'ldiruvchi kiritilishi natijasida uning mexanik va elektrik xossalari o'zgaradi. Tolali yoki kukun ko'rinishidagi to'ldiruvchilar kompaundning mexanik xossalarini o'zgartirib, kompaund asosidagi jismning siqilishga bo'lgan mustahkamligini oshiradi. Bunda jismning issiqlik o'tkazish koeffitsienti ortib, chiziqli kengayish koeffitsienti kamayadi.

Kompaundga ba'zi to'ldiruvchilar (fosfat, surma) qo'shilishi natijasida uning yong'inga chidamliligi ortadi. Agar kompaundga grafit yoki temir kukuni aralashtirilsa, u holda elektr o'tkazuvchanlik yuzaga kelib, statik zaryad bartaraf etiladi¹⁴⁹.

Kompaundlar ishlatish joyida tayyorlanadi. So'nggi paytda bir yoki ikki komponentli kompaundlar ishlab chiqarish keng yo'lga qo'yildi. Ikki komponentli kompaundlarda komponentlarni bir-biriga aralashtirish orqali kerakli miqdordagi kompaund tayyorlab olinadi. Sanoat sharoitida kompaund tayyorlash uchun uzluksiz ishlaydigan aralashtirgichlardan foydalaniladi. Kompaundlardan jismlarni shimdirish, to'latish yoki zichlashda foydalaniladi. Shimdiriladigan jism vakuum yoki bosim ta'sirida kompaundga botirib olinadi. Shimdirish usuli esa suyuqlikni markazdan qochma kuch ta'sirida hamda tomchi holatida yuborish orqali amalga oshiriladi. Yuqori kuchlanishda ishlaydigan izolyatsiyaga kompaund vakuum ostida yuboriladi. Quyish ishlarida metall yoki ftoroplastdan tayyorlangan qoliplar ishlatiladi. Kompaundni quyishdan avval metall yuzasiga KO kauchugining 7%li eritmasi surtiladi. Kukun holatdagi kompaund konstruksiya yuzasiga elektrostatik maydon yoki uyurma tebranish usullari orqali qoplanadi. So'ngra yuqori harorat ta'sirida yuzadagi kompaund eritilib, bir tekis silliq qoplama hosil qilinadi.

Issiqlik ta'sirida qotadigan shimiluvchi kompaundlarga ED-16 navli qatron asosidagi D1, D3, D36, D112, EPK-16, EPSK, UP-5-105, UP-592 navli har xil qotiruvchi va plastifikatorli kompaundlar kiradi. Ba'zi epoksidli kompaundlarning dielektrik va mexanik xossalari quyidagicha: $r=10^{13}$ Om·m; cho'zilishdagi mustahkamligi 60-90 MPa; urilish qovushqoqligi 11-20 kJ/m².

Issiqlik ta'sirida qotadigan, quyiluvchi kompaundlarga ED-16 qatroni, qotiruvchisi sifatida – malein angidridi, to'latuvchi sifatida kvars qumi yoki kalsiy ftoridi ishlatiladi. Kompaund komponentlari bir-biriga ma'lum ketma-ketlikda va aniq miqdorda qo'shib, aralashtiriladi. Tayyorlangan suyuq holatdagi kompaund qoliplarga quyiladi. Kompaund qotgandan so'ng yaxshi elektrik va mexanik xossalariga ega bo'ladi. Bunday konstruksiyali izolyatsiya moy, namlik yoki suv ta'siriga chidamli bo'ladi. Ana shu xossalari tufayli kompaundlarni zichlovchi modda sifatida qo'llash mumkin. Ularga PEK-18, PEK-19, PEK-20, PEKL-19 navli kompaundlar misol bo'ladi. Bu kompaundlar po'lat yuzasiga yaxshi yopishadi, polivinilxlorid va kabel rezinasi bilan yaxshi birikadi¹⁵⁰.

¹⁴⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 85-86 bet.]

¹⁵⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 86-87 bet.]

KP-18, KP-34, KP-50 navli poliefir kompaundlaridan elektr uskunalarning chulg'amlarini shimdirishda foydalaniladi. KP-101 va KP-103 navli kompaundlardan esa murakkab elektr uskunalarning chulg'amlarini shimdirishda foydalaniladi.

MBK, KM-9 navli metakril kompaundlari namlik ta'siriga chidamli bo'lib, tashqi atmosfera sharoitida yorilmaydi. Bu kompaundlar boshqa materiallar bilan yaxshi birikib, toj yoki elektr razryad ta'siriga chidamli bo'lishi bilan birga organik erituvchilarda erimaydi. KM-9 navli kompaund yaxshi zichlovchi kompaundlar qatoriga kiradi.

B-PE-9128 navli kompaund elektr mashina va apparatlari chulg'amini shimdirishda, B-ID-9127 navlisi esa maxsus asinxron dvigatel, transformator chulg'amlarini shimdirishda ishlatiladi. SPP-BI navli kompaund shisha tolalarini bog'lovchi sifatida ishlatiladi.

MFVG-1, MFVG-3 navli KO kompaundlari issiqlik ta'sirida va katalizator yordamida qotadi. Bu kompaund o'zining izolyatsion xossasi yuqoriligi va issiqlik ta'siriga chidamliligi (250-260°C) bilan ajralib turadi. U qayishqoqlik xossasini - 60°C gacha saqlaydi. Xamirsimon zichlovchi kompaundlarning KL turi uch: KLT-30, KLSE-305, KLF-120 navda ishlab chiqariladi. Ularning saqlanish muddati 6 oy bo'lib, moslama va uskunalarni zichlashtirishda ishlatiladi.

Gazsimon dielektrlarga barcha gazlar, tabiiy havo, gaz va suv bug'i aralashmasi ko'rinishidagi gazlar kiradi. Ko'pincha gazlar dielektrik sifatida gaz to'ldirilgan kondensatorlar va ulagichlarda qo'llaniladi. Havo barcha elektr qurilmalarini o'rab turganligi uchun dielektrik sifatida ishonchli ishlashlarini ta'minlaydi. Havoda ochiq simlar havo qatlami buzilganda, namlik ortib ketganda, binafsha cho'g' ko'rinishida toj hosil bo'lib, energiya isrofini yuzaga keltiradi¹⁵¹.

Har qanday gazlarda ham elektr kuchlanganligi ta'sirida zaryadlangan zarralar (elektron, ion) bo'lib betartib xaotik harakatda bo'ladi. Tashqi ionizator (kosmik, quyosh nuri, yerning radioaktiv) nur ta'sirida gazlarning zaryadlangan zarralari ko'pincha energiya olib, ya'ni gazlarning valentli elektronlari o'zlarining atomlariga uzatadi, natijada musbat ionlar hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan elektronlar o'zlarini erkinligini uzoq saqlashi mumkin, yoki ma'lum muddatdan so'ng atomga birikib manfiy ion yuzaga kelishi mumkin.

Betartib issiqlik harakatida elektronlar bilan musbat ionlar ta'sirlashib neytral atom yoki molekula hosil qiladi. Bu jarayon tiklanish yoki generatsiya deyiladi. Agar metallar elektrodlar orasida gaz joylashtirilsa, elektr maydoni ta'sirida yo'nalish bo'ylab zaryadlangan zarralar bir qutbdan ikkinchi elektrod tomon harakat qiladi. Natijada bir elektroddagi elektron va ionlar ikkinchi elektrodga aralashadi va tok oqib o'tadi. Tok qanchalik katta bo'lishi vaqt birligida zaryadlangan zarralarning o'tishiga bog'liq.

Gazlardagi qutblanishning zarbali ko'rinishining o'sishi teshilishga olib keladi. Teshilish vaqtida tok I tezlik bilan o'sib, kuchlanish $U \rightarrow 0$ intiladi.

¹⁵¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 87-88 bet.]

$$U_{pr}=A \cdot r \cdot h$$

Gazlarda teshilish yoy shaklida kuzatilib, teshilishning kuzatilishi Pashen qonuni yuqoridagi ifoda asosida aniqlanadi.

A - koeffitsiyent

R - gaz bosimi (Pa)

h - elektrodlar orasidagi masofa (M)

Formuladan ko‘rinadiki, $U_{pr}=f(r,h)$ nominal bosim sharoitida 1sm elektrodlar orasidagi masofa uchun havoning elektr mustahkamligi 3 mV/m ga teng.

Bular orasida izolyasiya sifatida tabiiy havo muhim o‘rin tutadi. Har qanday elektr qurilmalarida izolyasion material bilan yurituvchi qism orasidagi havo izolyasiya vazifasini o‘taydi. Elektrotexnikada gazlar siqilgan ko‘rinishda kichik haroratlarda ko‘p foydalaniladi (bunday qurilma krioelektrotexnika deyiladi).

Azot ham havo bilan elektr mustahkamligi bir xil, lekin kam qo‘llanilishi sababli tok o‘tkazuvchi qismlar bilan doimiy ravishda tasirlashib turishi natijasida yemirilish hosil qiladi¹⁵².

Tarkibida kislorod yo‘q, shuning uchun tegib turgan materiallar oksid hosil qiladi. Elektrotexnikada vodorod katta ahamiyatga ega. Yuqori issiqlik o‘tkazuvchanligi uchun generatorlarni, sinxron kompensatorlarni sovitishda keng foydalaniladi, ya’ni havo o‘rniga vodorodni sovitishda rotordagi quvvat yo‘qolishi kamayadi, chunki bu yo‘qolishni gazning zichligiga yaqin, yana generator sinxron kompensatorda, vodorodli atmosferada schyotkalarining aylanishi yengil bo‘lib, F.I.K yuqori bo‘ladi.

Suyuq dielektriklardan asosan neft moyi - transformator moyi hisoblanadi. Moyli transformator, ulagichlar, reaktorda izolyasiya sifatida qo‘llanilish xossasi, elektr chidamligi yuqori. Bunday moylar neftni pog‘onali haydash yo‘li bilan tarkibidagi turli aralashmalarni qaynatish, tozalash yo‘li bilan olinadi.

Normal sharoitda standart buyicha:

Kinematik yopishqoqligi 17-18.5 mm/s 20 S

6.5-6.7 mm/s 50 S

bug‘ining yonish harorati. 135-140 S

qotish harorati 45 S

Bir necha tonnasi bo‘lsa, yonishga xavfi yuzaga keladi¹⁵³.

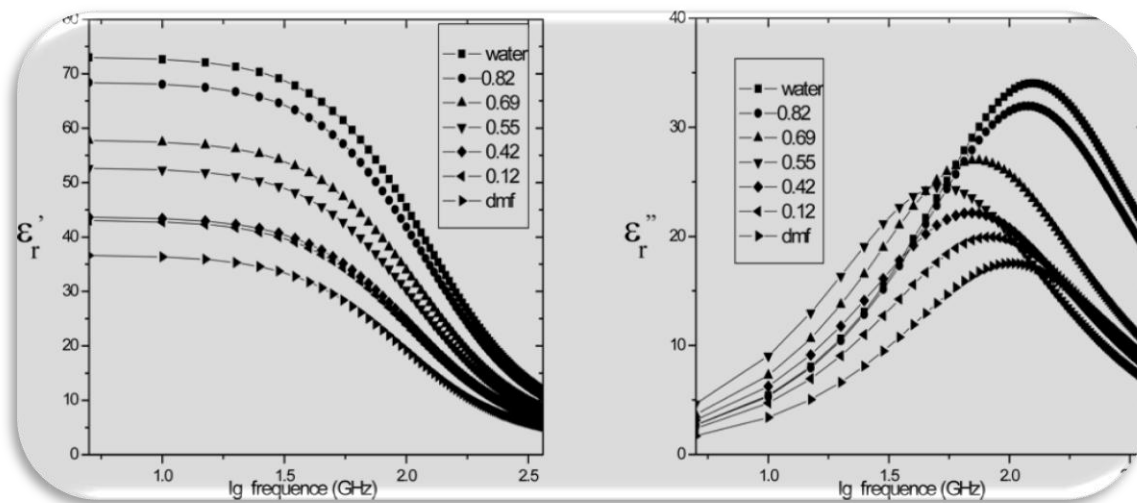
Qotish harorati asosiy faktorlardan biri bo‘lib, ochiq transformatorli yordamchi stansiyalarda, sovuq yuqori bo‘lgan joylarda, misol uchun moyli ulagichlarda alohida arktik moy (ATM-65, ya’ni 70 °C) dan foydalaniladi.

PTE talabi asosida elektrostansiya va podstansiyalar uchun transformator moyining elektr mustahkamligi normallashtirilgan.

¹⁵² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 87-88 bet.]

¹⁵³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 88-89 bet.]

Diametri 25 mm metall diskli elektrodlar orasi 2,5 mm bo'lib, 50 Gs li chastotadagi tegishli kuchlanishda bir necha bor nazorat o'tkazilib normallashtiriladi.



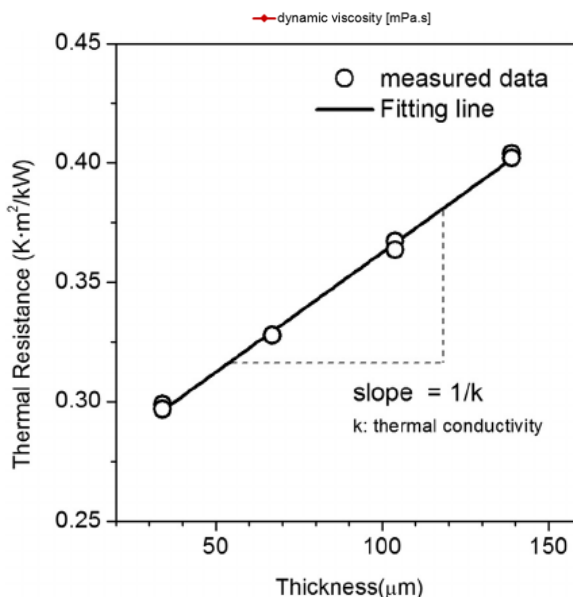
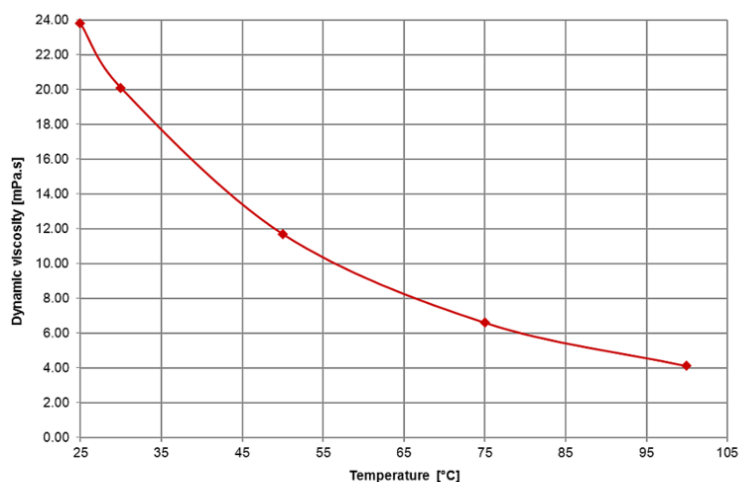
Organik jismga nurlanish uzoq vaqt ta'sir ettirilsa, unda yemirilish sodir bo'ladi. Bqori energiyali nurning qisqa muddatli ta'siri natijasida dielektriklarning kimyoviy, fizik, mexanik va elektr xossalari o'zgaradi. Dielektrikka nurlanish ta'sir ettirilganda uning elektr o'tkazuvchanligi ma'lum statsionar holatgacha ortadi. Bu o'zgarish radiatsiya intensivligi bilan aniqlanadi. Nurlanish to'xtatilsa, dielektrikning elektr o'tkazuvchanligi o'zining avvalgi qiymatiga qaytadi. β – nuri ta'sirida toza polistirol ρ qiymatining vaqt birligida o'zgarishi rasmda ko'rsatilgan. Xarakteristikaga asosan dielektrikning qarshiligi nurlanish ta'sir vaqtining ma'lum qiymatigacha kamayib, so'ngra nurlanish ta'sir kuchi oshirilganda ko'payadi. Nurlanish issiqlik bilan birlikda ta'sir ettirilganda polimerning ρ qiymati keskin o'zgaradi. Sifatli dielektrikda temperatura ortishi bilan ρ qiymati nisbatan kamroq o'zgaradi. Masalan, normal sharoitda nurlangan va nurlanmagan polietilen ρ qiymatilarining nisbati 10^4 ga teng bo'lib, temperatura 90° ga yetganida ushbu nisbat $\rho \approx 10$ gacha pasayadi¹⁵⁴.

Sof polistrolga β nuri ta'sir ettirilganda solishtirma xajmiy qarshiligining vaqt bo'yicha o'zgarishi:

Hozirgi paytda dielektriklar ishlab chiqarish texnologiyasida radioaktiv nurlanish ta'siridan foydalanilmoqda. Masalan, muayyan sharoitda γ – nuri bilan ishlov berilgan polietilenning issiqqa chidamliligi 160°C dan 250°C gacha ortib, uning dielektrik xossalari to'la saqlanib qoladi.¹⁵⁵

¹⁵⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 88-90 bet.]

¹⁵⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 88-90 bet]

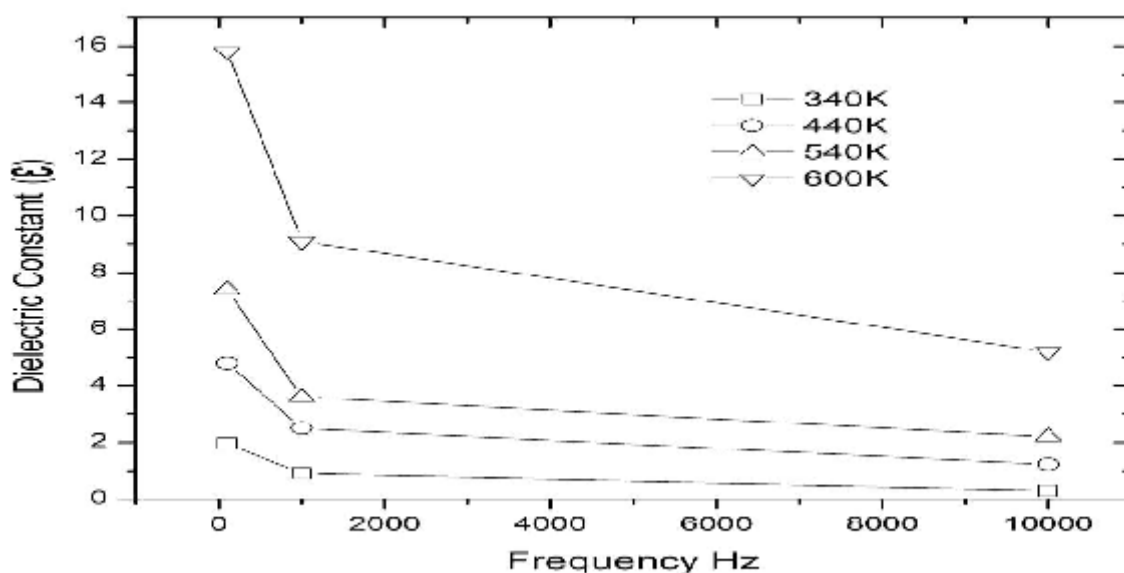
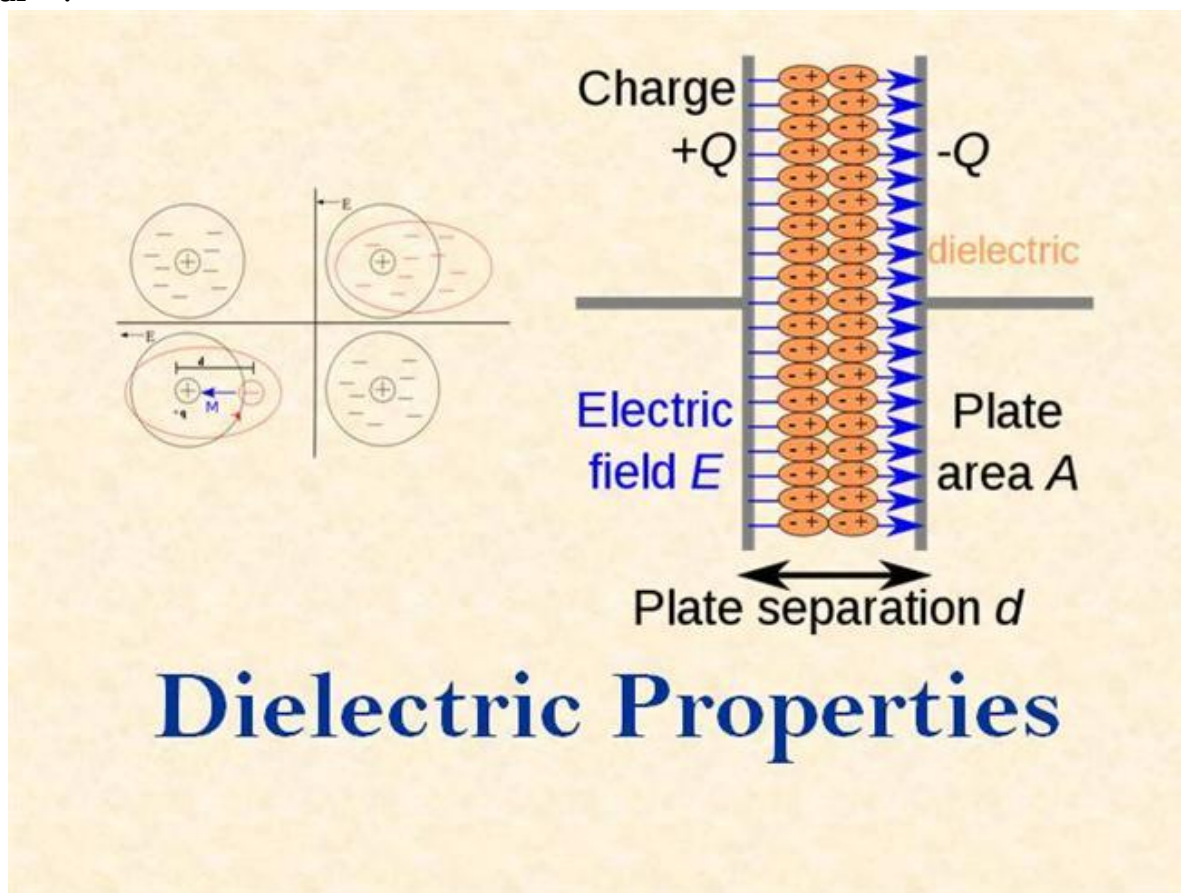


Elektr izolyatsiya kompaundlari shimiluvchi va quyiluvchi turlarga bo'linadi, ular loklardan o'z tarkibida erituvchilarning yo'qligi bilan farq qiladi. Sintetik polimerlar (poliefirstirol, poliefirakrilat, metakrilat, poliuretan, epoksid, kremniy-organik moddalar) asosidagi kompaundlar keng qo'llanilmoqda. Ko'rsatilgan polimerlar ichida eng ko'p ishlatiladigani epoksid qatroni va uning modifikatsiyalari asosidagi kompaundlardir.

Shimiluvchi va quyiluvchi kompaundlarni to'g'ri qo'llash orqali yuqori kuchlanishli konstruksiyalarning hajmini anchagina ixchamlashtirish mumkin. Elektr texnikada kompaundlar elektr mashina, transformator va slyudali materiallarga shimdiriladi, radiosxema, asbob va uskunalar qismlariga quyiladi.

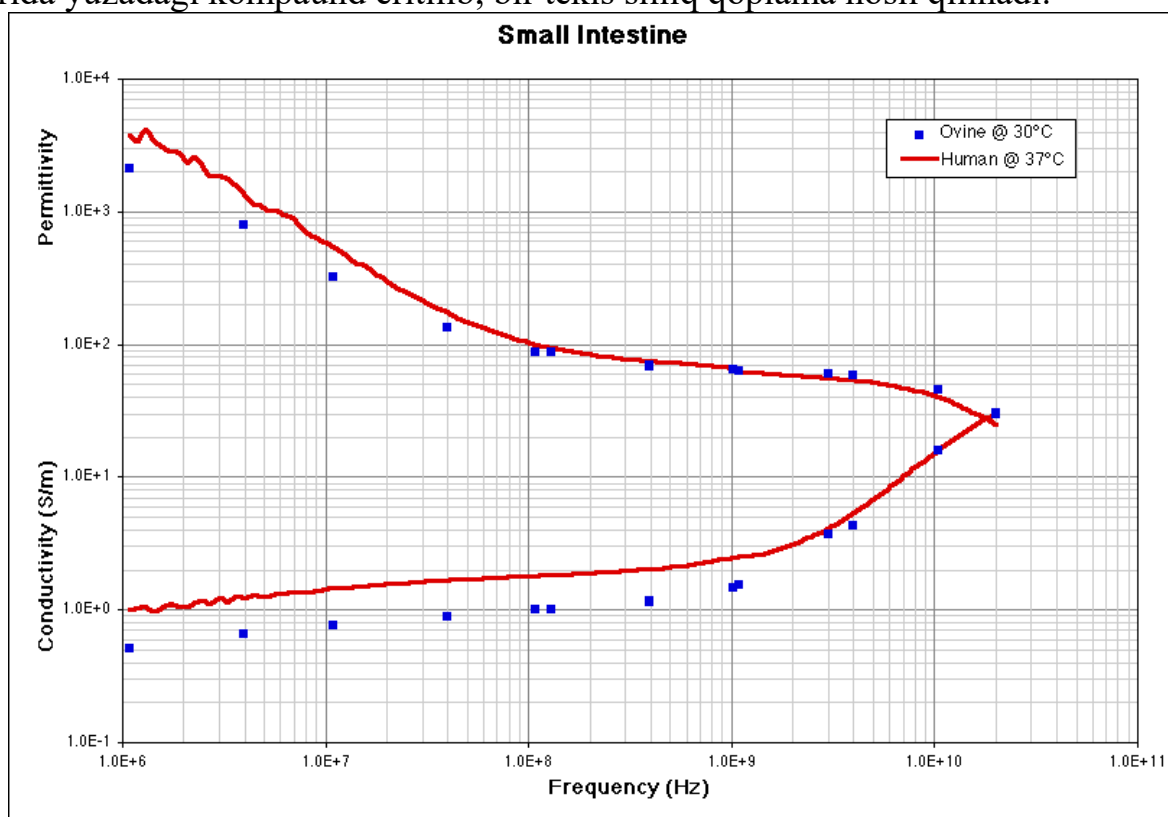
Tarkibidagi bog'lovchining turiga qarab, kompaundlar, asosan, uch guruhga (epoksid qatroni asosidagi, poliefir qatroni asosidagi, poliuretanli) bo'linadi. Tarkibiga ko'ra kompaundlarning sovuq yoki issiq sharoitda qotadigan xillari bo'ladi. Kompaund tarkibiga to'ldiruvchi kiritilishi natijasida uning mexanik va elektrik xossalari o'zgaradi. Tolali yoki kukun ko'rinishidagi to'ldiruvchilar kompaundning mexanik xossalarini o'zgartirib, kompaund asosidagi jismning siqilishga bo'lgan mustahkamligini oshiradi. Bunda jismning issiqlik o'tkazish koeffitsienti ortib, chiziqli kengayish koeffitsienti kamayadi.

Kompaundga ba'zi to'ldiruvchilar (fosfat, surma) qo'shilishi natijasida uning yong'inga chidamliligi ortadi. Agar kompaundga grafit yoki temir kukuni aralashtirilsa, u holda elektr o'tkazuvchanlik yuzaga kelib, statik zaryad bartaraf etiladi¹⁵⁶.



¹⁵⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 89-90 bet.]

Kompaundlar ishlatish joyida tayyorlanadi. So'nggi paytda bir yoki ikki komponentli kompaundlar ishlab chiqarish keng yo'lga qo'yildi. Ikki komponentli kompaundlarda komponentlarni bir-biriga aralashtirish orqali kerakli miqdordagi kompaund tayyorlab olinadi. Sanoat sharoitida kompaund tayyorlash uchun uzluksiz ishlaydigan aralashtirgichlardan foydalaniladi. Kompaundlardan jismlarni shimdirish, to'latish yoki zichlashda foydalaniladi. Shimdiriladigan jism vakuum yoki bosim ta'sirida kompaundga botirib olinadi. Shimdirish usuli esa suyuqlikni markazdan qochma kuch ta'sirida hamda tomchi holatida yuborish orqali amalga oshiriladi. Yuqori kuchlanishda ishlaydigan izolyatsiyaga kompaund vakuum ostida yuboriladi. Quyish ishlarida metall yoki ftoroplastdan tayyorlangan qoliplar ishlatiladi. Kompaundni quyishdan avval metall yuzasiga KO kauchugining 7%li eritmasi surtiladi. Kukun holatdagi kompaund konstruksiya yuzasiga elektrostatik maydon yoki uyurma tebranish usullari orqali qoplanadi. So'ngra yuqori harorat ta'sirida yuzadagi kompaund eritilib, bir tekis silliq qoplama hosil qilinadi.

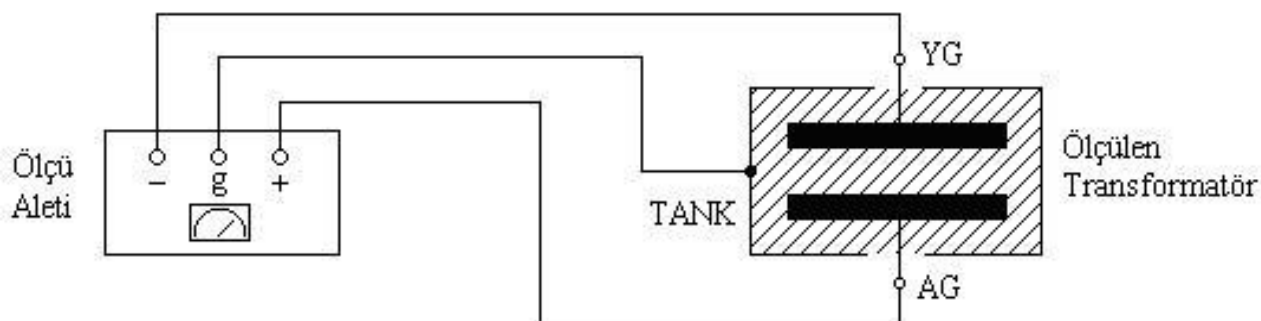


Issiqlik ta'sirida qotadigan shimiluvchi kompaundlarga ED-16 navli qatron asosidagi D1, D3, D36, D112, EPK-16, EPSK, UP-5-105, UP-592 navli har xil qotiruvchi va plastifikatorli kompaundlar kiradi. Ba'zi epoksidli kompaundlarning dielektrik va mexanik xossalari quyidagicha: $r=10^{13}$ Om·m; cho'zilishdagi mustahkamligi 60-90 MPa; urilish qovushqoqligi 11-20 kJ/m².

Issiqlik ta'sirida qotadigan, quyiluvchi kompaundlarga ED-16 qatroni, qotiruvchisi sifatida – malein angidridi, to'latuvchi sifatida kvars qumi yoki kalsiy ftoridi ishlatiladi. Kompaund komponentlari bir-biriga ma'lum ketma-ketlikda va aniq miqdorda qo'shib, aralashtiriladi. Tayyorlangan suyuq holatdagi kompaund qoliplarga quyiladi. Kompaund qotgandan so'ng yaxshi elektrik va mexanik xossalarga ega bo'ladi. Bunday konstruksiyali izolyatsiya moy, namlik yoki suv ta'siriga chidamli bo'ladi. Ana shu xossalari tufayli kompaundlarni zichlovchi

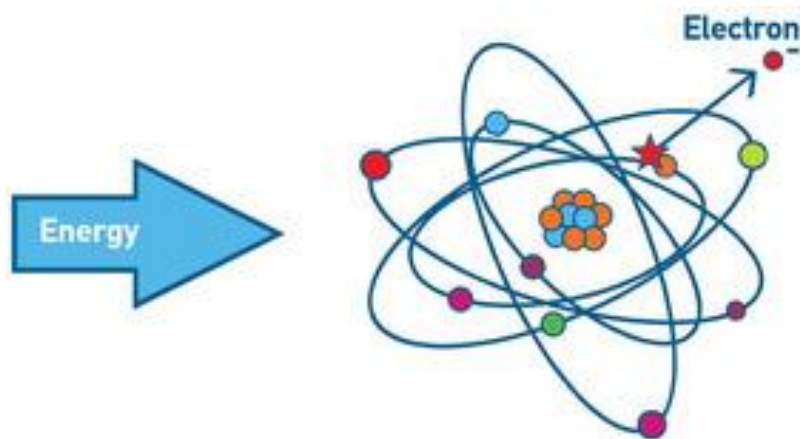
modda sifatida qo'llash mumkin. Ularga PEK-18, PEK-19, PEK-20, PEKL-19 navli kompaundlar misol bo'ladi. Bu kompaundlar po'lat yuzasiga yaxshi yopishadi, polivinilxlorid va kabel rezinasi bilan yaxshi birikadi¹⁵⁷.

KP-18, KP-34, KP-50 navli poliefir kompaundlaridan elektr uskunalarining chulg'amlarini shimdirishda foydalaniladi. KP-101 va KP-103 navli kompaundlardan esa murakkab elektr uskunalarining chulg'amlarini shimdirishda foydalaniladi.



MBK, KM-9 navli metakril kompaundlari namlik ta'siriga chidamli bo'lib, tashqi atmosfera sharoitida yorilmaydi. Bu kompaundlar boshqa materiallar bilan yaxshi birikib, toj yoki elektr razryad ta'siriga chidamli bo'lishi bilan birga organik erituvchilarda erimaydi. KM-9 navli kompaund yaxshi zichlovchi kompaundlar qatoriga kiradi.

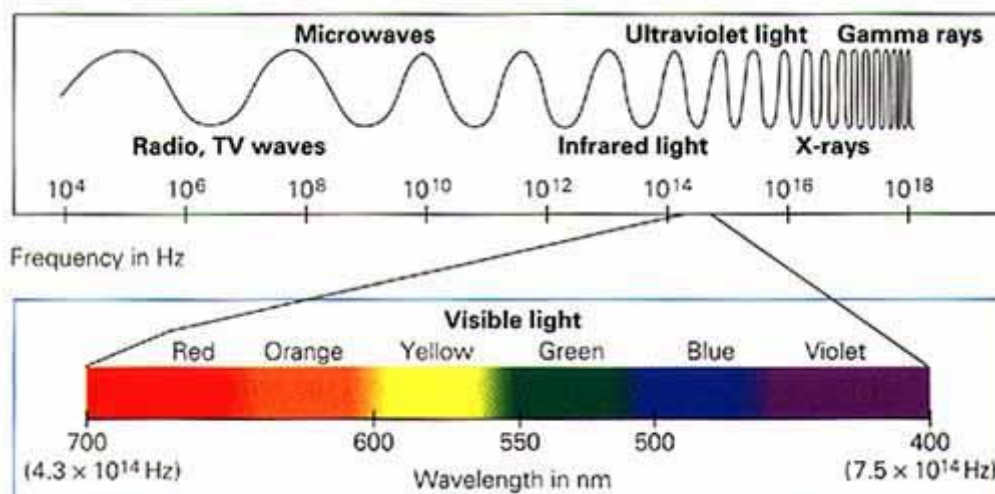
B-PE-9128 navli kompaund elektr mashina va apparatlari chulg'amini shimdirishda, B-ID-9127 navlisi esa maxsus asinxron dvigatel, transformator chulg'amlarini shimdirishda ishlatiladi. SPP-BI navli kompaund shisha tolalarini bog'lovchi sifatida ishlatiladi¹⁵⁸.



Lok va kompaund shimdirilgan g'ovaksimon izolyatsiya materiali yaxshilab quritiladi, so'ngra unga yana lok shimdiriladi yoki qoplanadi, keyin esa ikkinchi bosqichli quritish amalga oshiriladi va lok tarkibidagi erituvchi moddalar chiqarib yuboriladi.

¹⁵⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 89-90 bet.]

¹⁵⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 89-90 bet.]



MFVG-1, MFVG-3 navli KO kompaundlari issiqlik ta'sirida va katalizator yordamida qotadi. Bu kompaund o'zining izolyatsion xossasi yuqoriligi va issiqlik ta'siriga chidamliligi ($250-260^{\circ}\text{C}$) bilan ajralib turadi. U qayishqoqlik xossasini - 60°C gacha saqlaydi. Xamirsimon zichlovchi kompaundlarning KL turi uch: KLT-30, KLSE-305, KLF-120 navda ishlab chiqariladi. Ularning saqlanish muddati 6 oy bo'lib, moslama va uskunalarni zichlashtirishda ishlatiladi.

Termoreaktiv lok yoki kompaundlar issiqlik ta'sirida quritiladi. Loklash, odatda, loklanadigan qism quritkichda ma'lum muddat (masalan, elektr chulg'amini $100-110^{\circ}\text{C}$ da 5-10 soat) ushlab turilgandan so'ng olinib, biroz sovutiladi. ($60-70^{\circ}\text{C}$ gacha) va lokli idishga botiriladi. Qism idishda havo pufakchalari ajralib chiqishi tugaguncha ushlab turiladi. So'ngra olib, quritiladi. Nanga chidamli mashina izolyatsiyasiga lok yoki kompaund bir necha marta beriladi. Detallarni lok yoki kompaund bilan qoplash suyuqlikni yuzaga quyish, tomizish, purkagichda sepish, mo'yqalamda surtish kabi usullarda amalga oshiriladi. Quritish jarayoni termostatda, avtoklavda, infraqizil nur, yoritish chiroqlari va boshqa usullar orqali amalga oshiriladi.

Nazorat savollari:

19. Dielektrikning mexanik xossalari ayting?
20. Dinamik qovushkoklik nima?
21. Aksariyat materiallarning mexanik mustahkamligi nimaga bog'liq bo'ladi?
22. Materiallarning dinamik kuchlanishini aniqlaydigan usul-bu.....?

Adabiyotlar

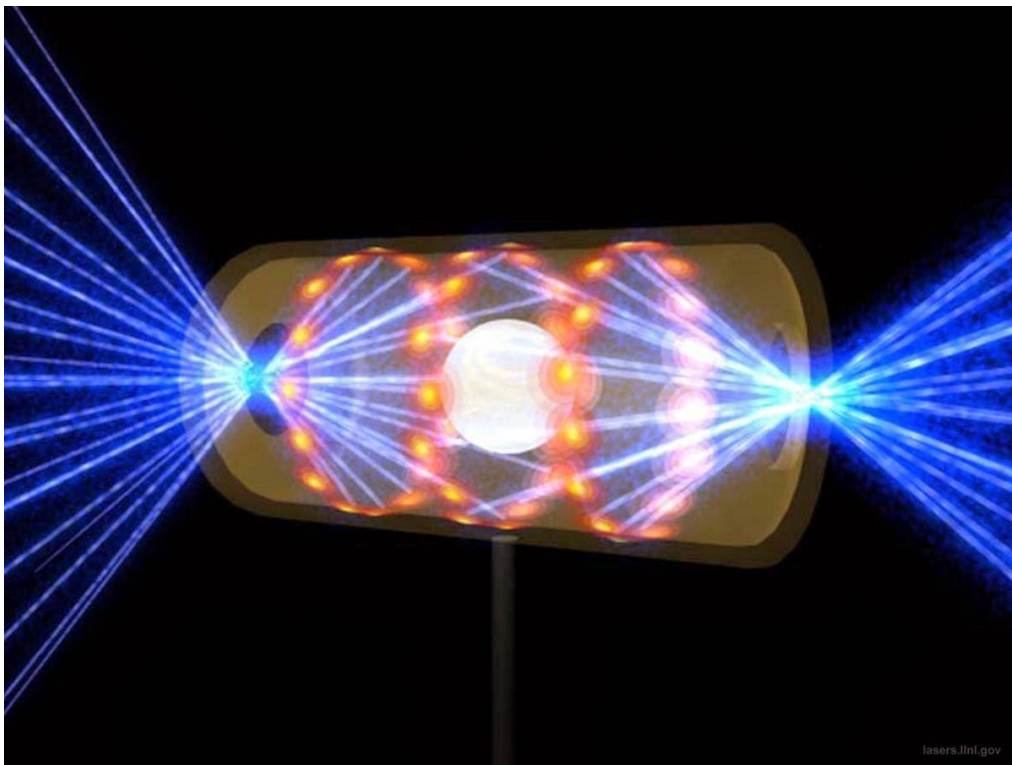
1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 82-90 bet

14-MA'RUZA DIELEKTRIKLARNING XOSSALARI

Reja:

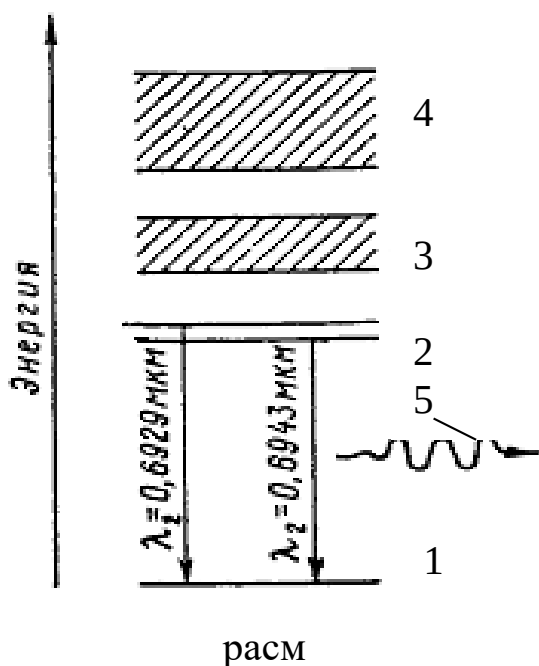
1. Lazer nur texnologiyasining nazariy asoslari
2. Sitollar

Lazer nur texnologiyasining fizik asoslari. *Optika* fani yorug'lik nuri bilan shug'ullanuvchi fizika bo'limidir. *Yorug'lik nurining rangi* uning to'lg'in uzunligi λ ga bog'lig'. *Infrog'izil* rangga to'lg'in uzunligi $\lambda=750$ mkm dan $\lambda=0,76$ mkm gacha kirsa, *g'izil* rangga $\lambda=0,76\div0,62$ mkm, *to'g' sarig'* rangga $\lambda=0,62\div0,59$ mkm, *sarig'* rangga $\lambda=0,59\div0,56$ mkm, *yashil* rangga $\lambda=0,56\div0,50$ mkm, *ko'k* rangga $\lambda=0,50\div0,45$ mkm, *binafsha* rangga $\lambda=0,45\div0,4$ mkm, *ultrabinafsha* rangga $\lambda=0,4\div0,05$ mkm yorug'lik nurlari kiradi.



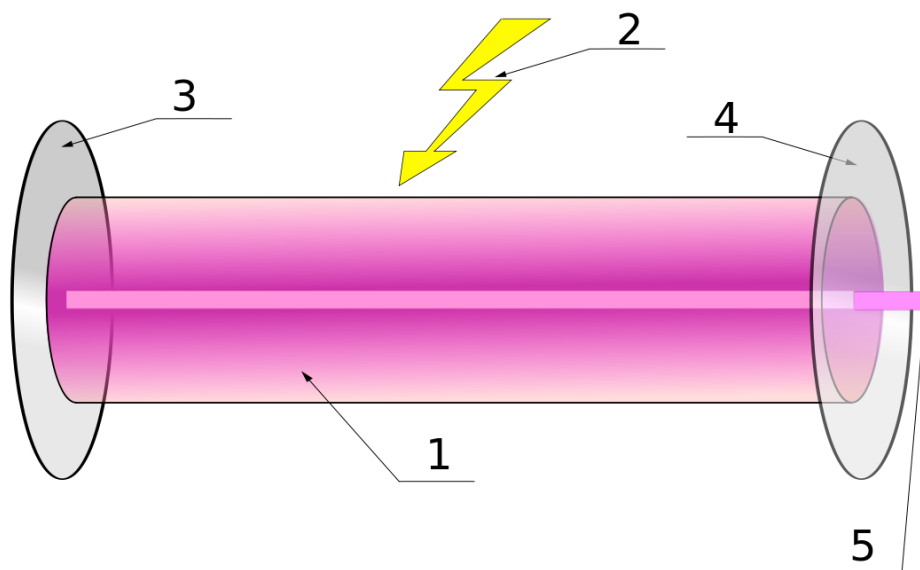
Optikaning to'lg'in nazariyasiga binoan *yorug'lik nuri* o'zaro perpendikulyar yo'nalishda tebranadigan elektr va magnit maydonlari kuchlanganliklarining ma'lum bir yo'nalishda targ'alishidan iboratdir. Yorug'lik nurlari bir-biridan to'lg'in uzunligi λ va fazasi φ bilan farg'lanadi. Yorug'lik nurining elektr maydon kuchlanganligi E va magnit maydon kuchlanganligi H vektorlari g'uyidagicha ifodalanadi¹⁵⁹.

¹⁵⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 90-91 bet.]



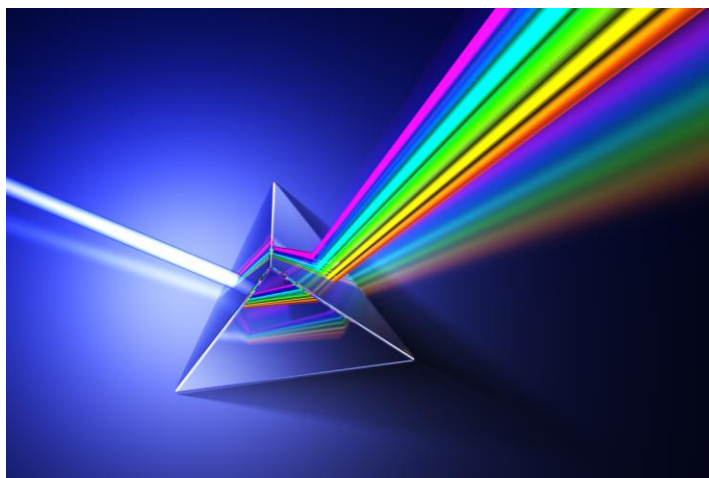
$$\begin{aligned}\vec{E} &= \vec{E}_0 \sin[2\pi(ft - x/\lambda)] \\ \vec{H} &= \vec{H}_0 \cos[2\pi(ft - x/\lambda)]\end{aligned}\quad (1)$$

Agar yorug'lik to'lg'inlarining chastotasi f , fazasi φ , targ'alish yo'nalishi o'zgarmas yoki ma'lum g'onunda bir xil o'zgarsa, ular *kogerent to'lg'inlar* hisoblanadi. Atomning elektron g'obi-g'idagi biron elektron tashg'aridan energiya yutishi ta'sirida o'zining asosiy sathi 1 dan uyg'ongan *metastabil sath*, ya'ni qisqa vag't davomida turg'un sath, 3, 4 ga o'tkaziladi.



Atom elektronlari yutadigan tashg'i energiya asosan chastotasi f bo'lgan keng spektrli yorig'lik nuridir. So'ngra elektronlar tezda keng sath 3, 4 dan g'aytib, o'ta tor metastabil sath 2 ga o'tib oladilar. Elektron metastabil sath 2 da qisqa muddat

ushlanib turgach, elektron metastabil sath 2 dan asosiy sath 1 ga g'aytishida ma'lum to'lg'in uzunligi λ ga ega bo'lgan kogerent yorug'lik nur 5 ni chig'aradi. Kogerent yorug'lik nurni chig'ishi uchun yug'ori-uyg'ongan metastabil sathdagi elektronlar soni, asosiy sathdagi elektronlar sonidan ko'prog' bo'lishi shart¹⁶⁰.



Agar modda elektronlari bir xil uyg'ongan sathdan asosiy sathga g'aytsa, moddaning barcha atomlari bir xil to'lg'in uzunlik λ va faza φ ga ega nur chig'aradi. Elektronga tashg'i energiyani optik energiya yutilishi bilan ta'minlash mumkin. Kogerent nurni olish sharti shuki, elektronlar uyg'ongan metastabil sathda kichkina yashash vag'tiga ega bo'lishi kerak. Kogerent yorug'lik nur texnikada *lazer nur* deb yuritilsa, bunday nurni oluvchi g'urilma *optik kvant generatori* deb ataladi¹⁶¹.

Moddada yorug'lik nurining yutilishi yorug'lik nur energiyasining elektronlarga uzatilishi org'ali sodir bo'ladi. Boshlang'ich davrda nur energiyasining moddaga kirish chug'urligi elektronning o'rtacha yugurish uzunligiga teng bo'lib, $5 \div 50$ mkm ni tashkil g'iladi.

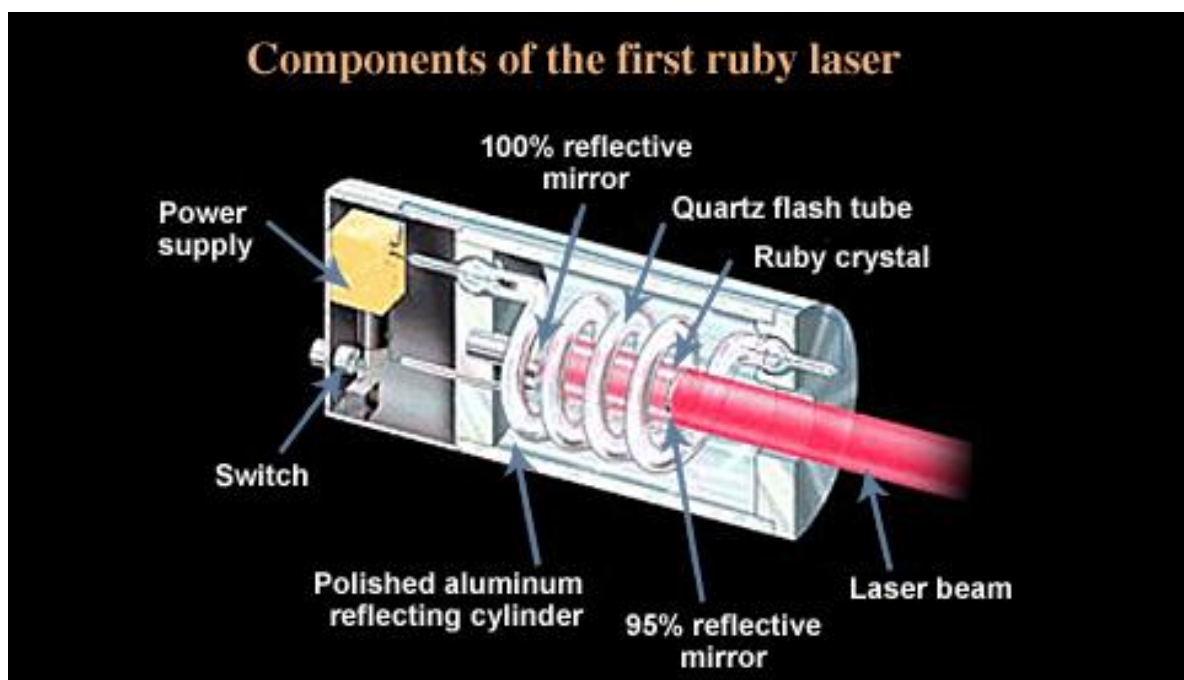
Keyingi davrda nur energiyasining moddaga kirib borishi moddaning issig'lik o'tkazuvchanlik g'obilyatiga bog'lig'dir. Nur energiya og'imining zichligi ma'lum mig'dordan oshgach, sirt g'atlamini g'izitishi va eritishi mumkin. Energiya zichligi oshsa, moddaning bug'langan g'ismi tezda ko'payib, ajralgan tomchilar hosil g'iladi va ularni par bilan birga ishlov berilish hududidan tashg'ariga otib yuboradi. Nur energiya og'imining zichligi 10^{10} Vtg'm² gacha borishi mumkin. Ba'zi moddalarda *sublimatik bug'lanish*, ya'ni erib suyug'lik holatiga o'tmasdan g'attig' holatdan to'g'ri bug' holatiga o'tib ketishi ham kuzatiladi.

Optik kvant generator qisqa muddatli impulsda ishlasa, energiyaning oz g'ismi issig'lik o'tkazuvchanlikka sarf g'ilinadi va ko'p g'ismi bug'latishga ketadi. Shuning uchun $10^{-6} \div 10^{-9}$ sek qisqa muddatli impuls kvant generatorlar ko'prog'

¹⁶⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 90-91 bet.]

¹⁶¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 92-93 bet.]

ishlatiladi. Shisha, keramika, germaniy, kremniy kabi mo'rt moddalarga lazer nur bilan ishlov berganda sirtida mikro yorilishlar, darz ketishlar yuz berishi mumkin. Bu katta issig'lik kuchlanishi ta'sirida yuzaga keladi, va so'nggi ishlov berishda bunday material g'izdirish chizig'i bo'ylab bo'laklanadi¹⁶².



Lazer nurning juda katta energiya og'imi ta'sirida elektr uchg'uni yuzaga kelishi va bu moddani elektr teshib o'tilishiga olib kelishi mumkin. Buni oldini olish uchun moddaning ishlov beriluvchi sirti gaz og'imi bilan sovutilib turiladi.

Lazer nurning texnologik afzalliklari quyidagilar:

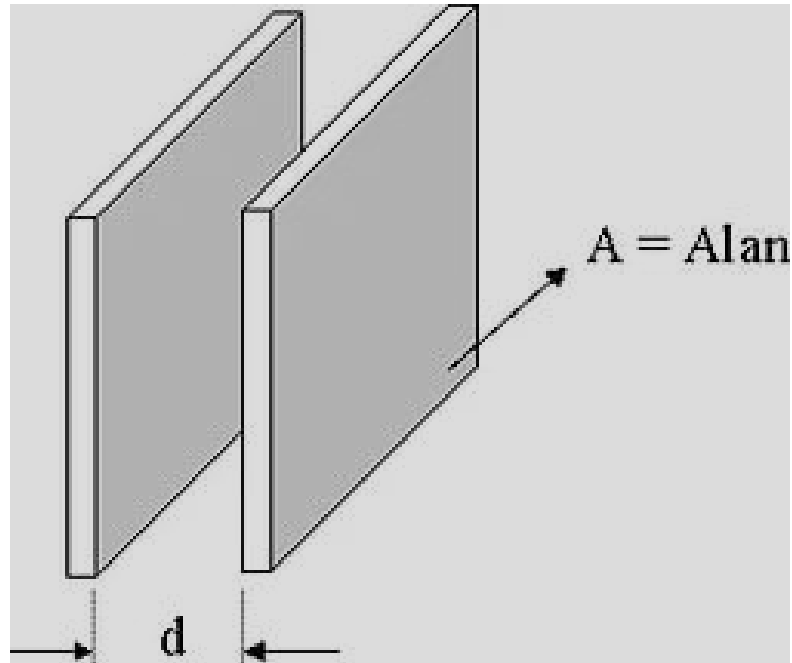
- Energiyani ma'lum kerak masofaga yetkazib berilishi;
- Ishlov berish hududida material bilan energiya manbai orasida mexanik, elektr va magnit ta'sirini yo'g'ligi;
- Katta energiya zichligini ta'minlanishi;
- Energiya mig'dorini oson boshg'arilishi;
- Ishlov berish hududida yug'ori temperatura olinishi;
- O'ta qisqa 10^{-9} sek impulsli nurdan boshlab, toki uzluksiz nurgacha olinish imkonlari;
- Ishlov berish hududini juda kichik bir necha mkm o'lchamligi;
- Nurni ishlov beriluvchi sirt bo'ylab katta aniqlik bilan surilish imkonlari;
- Nur quvvatini talab qilingan qonun bilan o'zgartirila olinishi.¹⁶³

¹⁶² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 92-93 bet.]

¹⁶³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 94-96 bet.]

Sitollar

Sitallar kristall strukturali anorganik material bo'lib, maxsus tarkibli shishani kristallash orqali olinadi ("sitall" so'zi "silikat" va kristall so'zlarining qisqartmasidan iborat. Sitallning kristall fazasi tayyorlanish sharoitiga qarab 90-95% ni tashkil etadi. Bunda kristall o'lchamlari 1-2 mkm dan ortmaydi.



Kristall fazali sopoldan farqli o'laroq, sitall shisha qotishmalaridan hosil bo'ladi va mayda donador (kristall o'lchami 1 mkm, sopolnikida esa 20-25 mkm) tarkibga ega bo'lib, material hajmida havo bo'shliqlari bo'lmaydi. Sitalldan mahsulot ishlab chiqarish usullari xuddi shishaniki kabi bo'ladi. Sitall olish uchun arzon bo'lgan tog' jinslari, shlak kabi xomashyolar talab etiladi. Quyidagi tarkibli sitallar eng ko'p tarqalgan:

- 1) litiy-alyumosilikatli ($\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$);
- 2) magniy-alyumosilikatli ($\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$);
- 3) litiy-ruh-silikatli ($\text{Li}_2\text{O}-\text{ZnO}-\text{SiO}_2$);
- 4) litiy-magniy-silikatli ($\text{Li}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{SiO}_2$) va boshqalar.

Sitall tayyorlash uchun, ko'pincha, ikki ko'rinishdagi katalizatorlar-ishqorlar va ishqoriy-yer metallarning sulfidlari, ftoridlari, yorug'likka sezgir metallardan (mis, kumush, platina, oltin) foydalaniladi. 800-900°C da katalizatorli shisha eritmasidan detallar tayyorlanadi va ma'lum haroratgacha keskin sovitiladi. So'ngra detallar yumshash harorati (500-540°C) gacha qizdiriladi. Bu jarayon shishaning kristallangan markazlarini diffuziya hisobiga kolloid o'lchamlarigacha yiriklashtiradi va shishaning asosiy qismida kristallanish boshlanadi. Qattiq kristall panjara hosil bo'lgandan so'ng issiqlikni asta-sekin oshirish orqali shishada to'liq kristallanish (800-1000°C da) amalga oshiriladi. Bunda detallarning deformatsiyalanishiga yo'l qo'yilmaydi. So'ngra ular xona harorati (20°C) gacha sovitiladi. Agar shisha tarkibida mis, kumush, oltin, platina elementlari katalizator sifatida qo'llanilsa, eritmani keskin sovish mobaynida bu metallar bir tekis

tarqalgan ion va atomlar holatida bo'ladi. Keltirilgan metall zarralari hajm bo'yicha tekis tarqalishini osonlashtirish maqsadida, ularga ishlatishdan avval UB yoki rentgen nurlarida ishlov beriladi. Suyuq shishadan detallar tayyorlanib, ularga issiqlik ta'sirida ishlov beriladi. Yuqorida keltirilgan usulda tayyorlangan sitallar fotositallar deyiladi¹⁶⁴.

Yuqori harorat va chastotalarda sitallning $tg\delta$ qiymati kichik bo'lib, undan elektr izolyatorlari tayyorlanadi. Dielektrik xossalari jihatidan sitallar yaxshi sopol materiallariga yaqin turadi. Sitallning elektr o'tkazuvchanligi material kristall asosining turiga bog'liq bo'ladi. Kristallanish darajasi yuqori bo'lgan sitallarning elektr o'tkazuvchanligi past bo'ladi. Bu, asosan, kristallanish mobaynida ionlar siljishining pasayishi bilan tushuntiriladi. 20-400°C oralig'ida sitallning solishtirma hajmiy qarshiligi shishaning hajmiy qarshiligidan 10^2 - 10^4 marotaba yuqori bo'ladi. Sitall tarkibiga ikki valentli metall oksidlari (Ca, BaO va hokazo) kiritilsa, $tg\delta$ qiymati 2-2,5 marta ortadi, $tg\delta$ qiymati esa 2 marta kamayadi.

Sitallning dielektrik singdiruvchanligi 5-10 ga teng. Agar sitall tarkibida segnetoelektrik faza (titanat, niobiy) mavjud bo'lsa, ϵ_r qiymati 2000 gacha ko'tariladi¹⁶⁵.

Sitallning $tg\delta$ qiymati chastota o'zgarishiga deyarli bog'liq emas. O'zgaruvchan elektr maydoni ta'sirida bo'lgan sitalldagi energiya isroflari elektr o'tkazuvchanlik va ion-relaksatsiya qutblanishi hisobiga sodir bo'ladi.

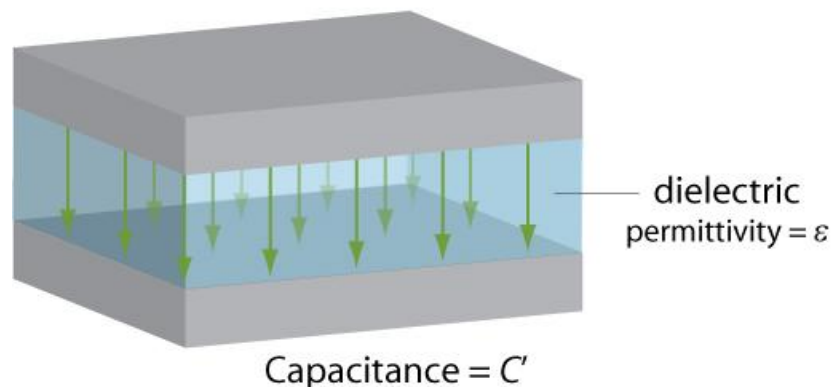
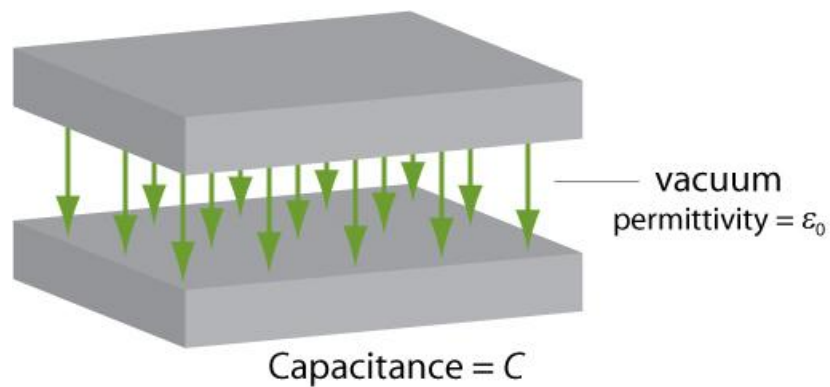
Dielektrik isroflar materialning shishasimon fazasida sodir bo'lgani sababli, uning tarkibidagi ishqorli metall ionlarining miqdori kamaytirilishi kerak. Sitallda energiya isrofi shishaga nisbatan kamroq bo'ladi. Sitall $tg\delta$ qiymatining chastotaga nisbatan o'zgarishi ion-relaksatsiya qutblanishi hisobiga sodir bo'ladi. Harorat ko'tarilishi bilan sitallning $tg\delta$ qiymati, elektr o'tkazuvchanlik ko'payishi hisobiga ortadi. Sitall tuzilish jihatidan zich material bo'lib, uning tarkibida havo bo'shliqlari yo'q. Uning elektr mustahkamligi shisha va chinnilarning elektr mustahkamligidan yuqoridir.

Sitallning solishtirma og'irligi 2420-5700 kg/m³ oralig'ida bo'ladi. Sitallning tarkibi mayda zarrachalardan iborat bo'lgani uchun u yuqori darajali gaz o'tkazmaslik va mexanik mustahkamlikka ega bo'ladi. Sitall yuzasi tekis bo'lib, oson tozalanish xususiyatiga ega, uning yuzasini sirlash shart emas. Bu material metall bilan yaxshi birikadi. Yaxshi kristallangan, sitallning tashqi ko'rinishi tiniq bo'lmaydi. Tiniq va yarim tiniq sitall kristallarining o'lchami kichik bo'ladi yoki kristallanish darajasi to'liq bo'lmaydi. Bu materialning kristallanish jarayonida hajmiy kichrayishi kichik (3% gacha) bo'lganligi sababli, undan aniq o'lchamga ega mahsulot olish mumkin¹⁶⁶.

¹⁶⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 94-96 bet.]

¹⁶⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 95-96 bet.]

¹⁶⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 96-97 bet.]



$$\kappa = C'/C$$

$$\kappa = \varepsilon/\varepsilon_0$$

Sitallning ishqalanishga chidamliligi yuqori bo'lganligi uchun undan tayyorlangan mahsulot yuzasi yemirilishga bardoshli bo'ladi. Mexanik mustahkamligi jihatidan sitall shishadan ustun turadi. Sitallning chiziqli kengayishi koeffitsienti $-0,7 \cdot 10^{-6}$ dan $-30 \cdot 10^{-6} \text{ (grad)}^{-1}$ gacha oraliqda bo'ladi. Bu esa turli xil metall bilan sitallni yaxshi biriktirishga keng imkoniyat yaratadi.

Sitallarning metall bilan yaxshi birikishi, dielektrik xossalari va issiqqa chidamliligining yuqoriligi, ularning mikromodulli bosma sxemalar asosida qo'llash imkonini beradi. Alangaga chidamliligi, yaxshi mexanik xossalari, yuqori darajali radioshaffofligi tufayli sitallni aylanadigan antenna o'tkazgichlarda ishlatish mumkin. Vakuumli elektron asboblarda sitalldan metall bilan zich birikuvchi material sifatida foydalaniladi. Sitall yuqori harorat vakuum sharoitida ishlaydigan asbob qobiqlarida, reaktorlar va boshqaruv o'zaklarida ham ishlatiladi. ε_r qiymati yuqori bo'lgan sitallardan kichik hajmli kondensatorlar tayyorlanadi¹⁶⁷.

Jismning nur yutishi uning tuzilishiga, tabiatga va nurlanish sifatiga bog'liq. Nurlanish energiyasining sochilish ionlanish (ichki fotoeffekt) va atomlarning g'alayolanishi hisobiga sodir bo'ladi. Nurlanish ta'sirida molekulalarning qayta tuzilishi va kimyoviy reaksiya ro'y beradi. Ionlanish

¹⁶⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 95-96 bet.]

jarayoni elektronlarning oniy oqimini keltirib chiqarib, kimyoviy bog‘lanishlarning uzilishi va siljishiga yoki qarib, kimyoviy bog‘lanishlarning uzilishi va siljishiga yoki erkin radikallarning hosil bo‘lishiga olib keladi. Elektronlar esa nuqsonli joylarda to‘planadi.

Dielektrikka berilgan kuchlanish kiymati oshira borilganda tok okimi yuksalib, elektr energiyasining isrofi kupayadi. Elektr izolyasiyasi uta yukori kuchlanishga bardosh bera olmaydi. Kuchlanish kiymati ortib borishi natijasida dielektrikda teshilish sodir buladi. Teshilish paytida dielektrikda uta utkazuvchan kanal paydo bulib, elektrodلarning kiska tutashuviga olib keladi. Dielektrikning teshilgan kismida erish, kuyish, yorilish va xokazolarni kuzatish mumkin. Boshkacha kilib aytganda, elektr maydonida joylashgan dielektrik uz izolyasion xususiyatini elektr maydon kuchlanganligining ma’lum kiymatida yukotadi.

Slyuda va slyudali materiallar

Slyuda tabiiy va sintetik turlarga bo‘linadi. Tabiiy slyuda kristall strukturali, qatlamli tuzilishga ega mineraldir. Slyuda juda yaxshi dielektrik xossalarga, egiluvchanlikka va mexanik mustahkamlikka ega kimyoviy chidamli hamda issiqbardosh mineraldir. Kimyoviy tarkibi bo‘yicha slyudaning turli xillari suvli alyuminiy silikati va ishqorli metall birikmalaridan iborat anizotrop materialdir¹⁶⁸.



Slyuda kristallarida kislorod va kremniy hamda elementar qatlamlarni tashkil etuvchi alyuminiy va magniy ionlari o‘zaro mustahkam bog‘langandir. Shu sababli, slyuda elektr maydon kuch chiziqlari yo‘nalishida yuqori dielektrik xossalarga ega. U yupqa qatlamli, o‘ta egiluvchan, yonmaydigan mineraldir. Texnikada tabiiy slyudaning ikki turi: muskovit va flogopitdan foydalaniladi.

¹⁶⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 96-97 bet.]

Slyuda tabiatda juda kam uchraydigan qimmatbaho materialdir. Uning qatlam bo'yicha elektr izolyatsiya xossalari juda past, solishtirma hajmiy qarshiligi $10^6 \div 10^8$ Om·m qiymati muskovitda $11 \div 16$, flogopitda $23 \div 46$ atrofda bo'ladi. Slyudaning elektr o'tkazuvchanligiga namlik va harorat kuchli ta'sir etadi. Slyuda qayta ishlanib, undan mikanit, mikanitli tasma va mikafoliy ishlab chiqariladi. Ularni tayyorlash uchun qalinligi $5 \div 45$ mkm li slyuda ishlatilib, ularning yuzasi $4 \div 6$ sm² dan $50 \div 65$ sm² gacha o'zgartiriladi. Slyudaning erish harorati $1145 \div 1400^\circ\text{C}$ atrofida bo'lib, mazkur mineralning suvsizlanishi: muskovitda $200 \div 600^\circ\text{C}$, flogopitda esa $800 \div 900^\circ\text{C}$ da ro'y beradi.



Slyudaning qutblanishi, asosan, ionli bo'ladi. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti muskovitda $0,44$ Vt/m·K, flogopitda $0,51$ Vt/m·K.

Mikanit-varaqsimon slyudali material bo'lib, u o'z navbatida argonik (gliftal) lok yoki anorganik bog'lovchi modda (eruvchan shisha) yordamida tayyorlanadi. Mikanit asosan kollektorli (elektr mashina kollektorlarida), quyma (elektr mashina kollektor konusida), egiluvchan (elektr mashina izolyatsiyasida) va qistirmali turlariga bo'linadi¹⁶⁹.

O'zgarmas kuchlanish ta'sirida jismda davriy qutblanish kuzatilmagani sababli dielektrlardagi energiya isrofi uning solishtirma yuza va hajmiy qarshiligiga bog'liq bo'ladi. O'zgaruvchan kuchlanishda dielektrikda ichki toklardan tashqari qo'shimcha sabablar vujudga kelib, undagi elektr energiyasi isrofi ortadi. Elektr maydonida joylashgan dielektrikda sarflanadigan quvvat miqdorini aniqlash uchun dielektrikdagi isrof burchagi yoki shu burchak tangensi foydalaniladi. Elektrotexnikada sinusoidal tokli elektr zanjiri eng ko'p tarqalgan. Sinusoidal tok kuchlanishi o'z shaklini saqlagani holda o'zgarishi mumkinligi bilan o'zgarmas tokdan farq qiladi. O'zgaruvchan tok turli usullarda hosil qilinadi. Bunday usullardan eng oddiysi generator yordamida tok hosil qilishdir. Dielektrik isrof burchagi deb, sig'imli zanjirdagi kuchlanish va tokning fazaviy siljish burchagi 90° gacha to'ldiradigan burchakka aytiladi. Dielektrikda energiya isrofi qancha katta bo'lsa, fazaviy siljish burchagi shuncha kichik va burchak yoki uning funksiyasi shuncha katta bo'ladi. Jismning agregat holati (gaz, suyuq va qattiq) ga qarab, undagi dielektrik isrofning tabiati turlicha bo'ladi. Dielektrik isrofini ifodalaydigan vektor diagramma ko'rsatilgan.

¹⁶⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 97-98 bet.]

Ion strukturali qattiq jismlardagi dielektrik isroflar ionlarning panjarada joylashish holati bilan bog'liq: ionlari zich joylashgan dielektrlarda isrof kam bo'ladi, ionlari zich bo'lmasa relaksasiya qutblanishi kuzatilib, dielektrik isrof qiymati katta bo'ladi. Ularga mullit kordiepit, sirkon va boshqa materiallarni misol tariqasida keltirish mumkin. Harorat ortishi bilan elektrik chinnida ionlar ko'payadi va qiymati eksponensial qonun bo'yicha o'sib boradi. Ion strukturali amorf jismlarda (organik shishalarda) dielektrik isroflar o'tkazuvchanlik va qutblanish hisobiga ro'y beradi.¹⁷⁰

Segnetoelektrlardagi dielektrik isroflar oddiy dielektrlarga nisbatan yuqori bo'ladi. Bunga asosiy sabab ularning o'z-o'zidan qutblanishidir. Segnetoelektrlardagi dielektrik isroflar hororatga nisbatan kam o'zgaradi. Qutblanish Kyurik nuqtasida, susayishi natijasida keskin pasayib ketadi.

Tarkibi bir jinsli bo'lmagan qattiq jismlar tarkibidagi komponentlar soni kamida ikkita, mexanik bir-biri bilan aralashgan bo'lishi kerak. Bunga sopol misol bo'ladi. Sopoldagi dielektrik isroflar uning tarkibidagi kristall va shishasimon faza miqdorining o'zaro nisbatiga bo'g'liq bo'ladi, turli qo'shimchalar sopoldagi dielektrik isroflarni oshiradi.

Elektr izolyatsiya kompaundlari shimiluvchi va quyiluvchi turlarga bo'linadi, ular loklardan o'z tarkibida erituvchilarning yo'qligi bilan farq qiladi. Sintetik polimerlar (poliefirstirol, poliefirakrilat, metakrilat, poliuretan, epoksid, kremniy-organik moddalar) asosidagi kompaundlar keng qo'llanilmoqda. Ko'rsatilgan polimerlar ichida eng ko'p ishlatiladigani epoksid qatroni va uning modifikatsiyalari asosidagi kompaundlardir¹⁷¹.

Shimiluvchi va quyiluvchi kompaundlarni to'g'ri qo'llash orqali yuqori kuchlanishli konstruksiyalarning hajmini anchagina ixchamlashtirish mumkin. Elektr texnikada kompaundlar elektr mashina, transformator va slyudali materiallarga shimdiriladi, radiosxema, asbob va uskunalar qismlariga quyiladi.

Nazorat savollari:

- 23.Lazer nur texnologiyasining fizik asoslarini ayting?
- 24.Kogerent yorug'lik nur texnikada qanday nomlanadi?
- 25.Sublimatik bug'lanish nima?
- 26.Lazer nurning texnologik afzalliklarini sanab o'ting?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 90-98 bet

¹⁷⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 96-98 bet]

¹⁷¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 97-98 bet.]

15-MA'RUZA DIELEKRTIK MATERIALLAR

Reja:

1. Asosiy tushunchalar
2. Gazsimon dielektriklar

1. Asosiy tushunchalar

Izolyatsiya materiallari majmuidan iborat elektr texnika tuzilmasi elektr izolyatsiyasi deb ataladi. Elektr texnikaga oid biror-bir uskuna, asbob va tuzilmalarni izolyatsiya materiallarisiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Eng oddiy hisoblangan elektr zanjirini ham elektr o'tkazgich va izolyatsiya materiallarisiz yig'ib bo'lmaydi. Elektr izolyatsiyasi tok oqimining kerakli yo'nalishi bo'yicha o'tishini ta'minlaydi¹⁷².

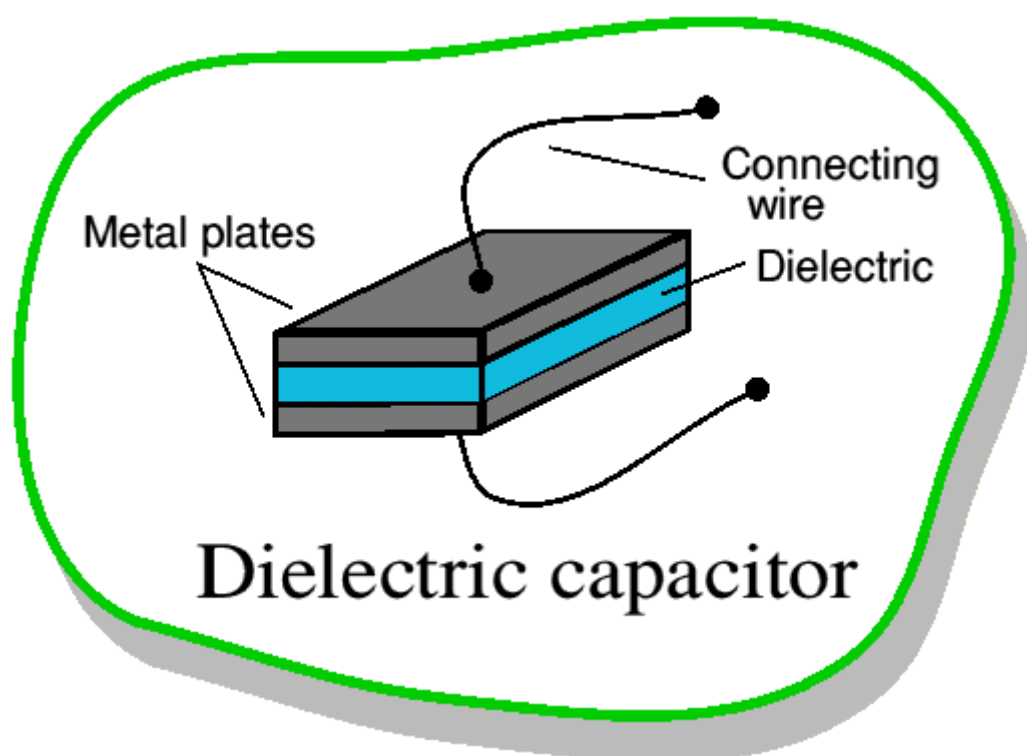


Elektr izolyatsiya materiallari (dielektriklar) agregat holatiga ko'ra gaz, suyuq va qattiq turlarga bo'linadi. Ularning ichida qattiq holatdagi materiallar eng ko'p uchraydi. Kimyoviy tuzilishiga ko'ra izolyatsiya materiallari organik va anorganik turlarga bo'linadi.

Dielektriklarning fizik va kimyoviy xossalariga baho berishda ularni qutbli va qutbsiz turlarga ajratiladi. Qutbli dielektriklarda molekulaning doimiy elektr momenti noldan farqli, qutbsiz dielektriklarda esa nolga tengdir¹⁷³.

¹⁷² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 99-100 bet.]

¹⁷³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 99-100 bet.]



Odatda, dielektriklarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi o'tkazgich yoki yarim o'tkazgichlarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligiga nisbatan juda ham kichik bo'lganligi sababli, ular elektr tokini o'tkazmaydi, deb hisoblanadi. Vaholanki, dielektr elektr maydoniga joylashtirilsa, yoki elektr maydoni ta'siri ostida bo'lsa, u o'zidan qandaydir kichik miqdorda elektr tokini o'tkazadi. Bu tok qiymati, asosan, elektrikning solishtirma qarshiligi va kuchlanish qiymatlariga bog'liq bo'ladi. Odatda, dielektriklarning solishtirma qarshiligi 10^7 Om·m dan yuqori bo'lib, yaxshi dielektrlarda bu qiymat 10^8 Om·m gacha yetadi.¹⁷⁴



Elektr izolyatsiya materiallari sim va kabel izolyatsiyasida, elektr mashina va apparatlarida, izolyator, shuningdek elektr texnikasiga oid boshqa asbob-uskunalar ishlab chiqarishda keng ko'lamda qo'llaniladi.

Dielektrlardan xalq xo'jaligida tobora ko'proq foydalanilmoqda. So'nggi paytlarda ular chastota kuchaytirgich xotira tuzilmasi, datchiklar ishlab chiqarishda qo'llanilmoqda.

¹⁷⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 99-100 bet]

2. Gazsimon dielektriklar

Gaz holatidagi dielektriklarning normal atmosfera bosimidagi elektr mustahkamligi suyuq va qattiq dielektriknikiga nisbatan ancha kichikdir. Bir xil sharoitda bo'lgan azot va havoning elektr mustahkamligi MV/m, elegaz ('elektr' va 'gaz' so'zlaridan olingan)niki 7,5 MV/m bo'lgan bu qiymat qattiq dielektriklarda 20-500 MV/m atrofida bo'ladi.

Gazlarning asosiy xususiyatlaridan biri razryad sodir bo'lgandan so'ng, ular o'zining elektr mustahkamligini qayta tiklay olishidir. Gaz bosimini oshirib, uning elektr mustahkamligini ancha ko'tarish mumkin. Aksariyat elektr apparatlari va uskunalarida, elektr uzatkichlari va podstantsiyalarida asosiy izolyatsiya vazifasini havo bajaradi. Gazlarning elektr mustahkamlikni qayta tiklash xususiyatidan havoli va elegazli uzgichlarda va boshqa yuqori kuchlanishli elektr apparatlarida foydalaniladi¹⁷⁵.

Gaz juda yengil va shu bilan birga juda yaxshi dielektrik xususiyatlarga egadir. Gaz uzluksiz yuqori kuchlanish ta'sirida bo'lganida ham eskirmaydi va o'z xossalarini o'zgartirmaydi. Tabiatda uchraydigan va maxsus ishlab chiqarilgan gazlarning bir qismigina elektr texnikada qo'llaniladi. Elektr texnikada qo'llaniladigan gazlarning aksariyati qutbsiz bo'ladi. Keng tarqalgan ayrim gazlarning asosiy xossalari 4-jadvalda keltirilgan.

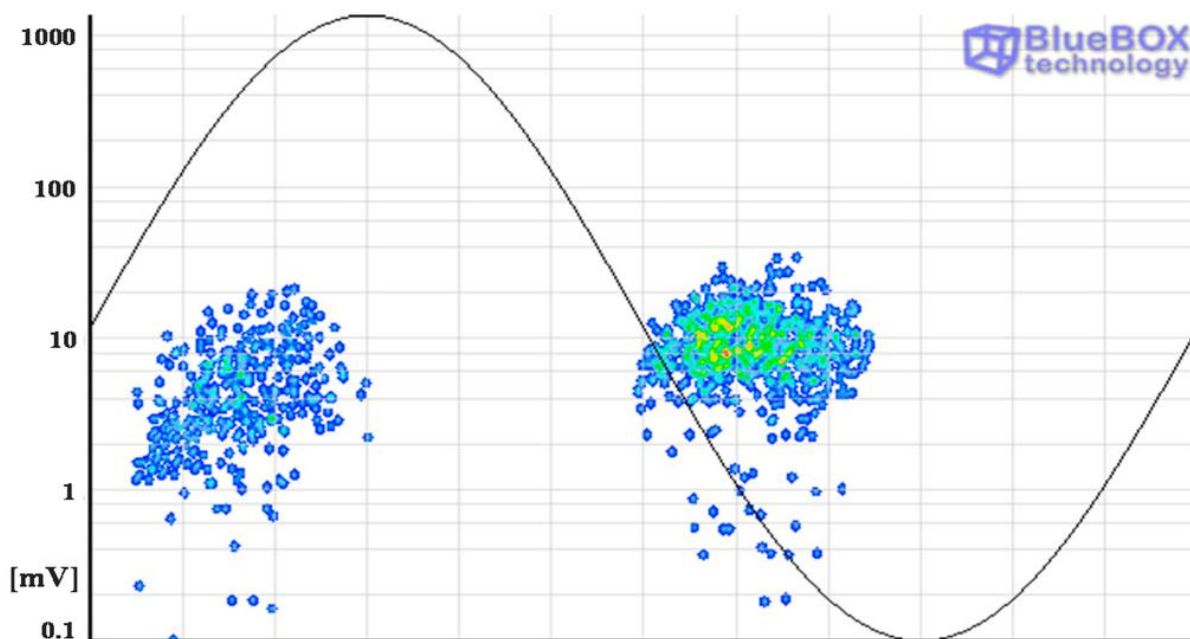
Ayrim gazlarning asosiy xossalari

4-jadval

Ko'rsatkich	Havo	Azot N_2	Elegaz SF_6	Vodorod H_2	Geliy He	Neon Ne	Argon Ar
Molekulyar massasi	28,961	28,013	146,05	2,016	4,003	30,183	3
Qaynash harorati, K	79,0	77,4	209,3	20,4	4,2	27,2	87,5
Zichligi, kg/m ³	1,29	1,25	6,39	0,09	0,18	0,9	1,78
Suyuqlik holatdagi zichligi, mg/m ³	0,92	0,804	1,91	0,071	0,125	1,204	1,4
Issiqlik o'tkazish koeffisienti mVt/(M·K)	24,0	24,0	-	166,0	142,0	45,5	16,3
Dinamik qovushqoq- ligi, kPa-s	10	18	15	9,5	19	30	21
	-	1,91	3,07	1,85	1,12	-	1,83

¹⁷⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 101-102 bet.]

Dielektrik chanligi	singdiruv-	1,00059	1,00058	1,00191	1,00027	1,0007	-	1,0005
------------------------	------------	---------	---------	---------	---------	--------	---	--------



Tabiatda eng ko'p tarqalgan gaz holatdagi dielektriklarga havo yaqqol misol bo'la oladi. Barcha elektr uzatgich, uskuna va apparatlari asosan havo muhitida joylashadi. Bunda havo asosiy izolyatsiya vazifasini bajaradi. Azot gazining elektr mustahkamligi havoning elektr mustahkamligiga ega bo'ladi. Azot gazi muhitida joylashgan materiallar ish mobaynida oksidlanmaydi. Shu sababli gazli kondensatorlarda havo o'rniga azot ishlatiladi.¹⁷⁶

Yuqori molekullar gazlar tarkibida galogen moddalar (fluor, xlor) bo'lgan gazlarning elektr mustahkamligidan ancha ustundir. Masalan, elegaz (SF_6) ning elektr mustahkamligi havonikiga nisbatan 2,5 barobar yuqoridir. Elegaz zaharli bo'lmagan, kimyoviy barqaror gaz bo'lib, yuqori haroratda ($800^{\circ}C$) ham parchalanmaydi. Yuqori bosim ostida bo'lgan elegaz o'z elektr mustahkamligini keskin oshiradi. Shu sababli, elegaz elektr energiyasining uzatish liniyalari, kabel, yzgich va kondensatorlarda keng qo'llaniladi.

Ba'zi uglevodorodli gaz molekulalaridagi vodorod atomi bilan almashtirilsa, mazkur gazning (CF_4 –teroftormetan, C_2F_8 –geksaftoretan, C_3F_8 –perftorpropan) elektr mustahkamligi havonikiga nisbatan kamida 6 barobar ortadi. Ana shu xususiyat tarkibida fluor bo'lgan ba'zi suyuqlik bug'lari bilan to'yintirilgan muhitda ham kuzatiladi. Gazning elektr mustahkamligi uning molekula tuzilishiga bog'liq bo'ladi. Gazlarning ionlanish potentsiali bir-biridan farq qiladi (5-jadval). Mazkur potentsial qiymati qancha kichik bo'lsa, gazning elektr mustahkamligi shuncha

¹⁷⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 103-104 bet]

yuqori bo'ladi va, aksincha, gazning ionlanish potentsiali qancha yuqori bo'lsa, uning elektr mustahkamligi shuncha past bo'ladi¹⁷⁷.

O'zgarmas harorat va tekis elektr maydonidagi gazning teshilish kuchlanishi (U_t) shu gaz bosimi (p) va elektrodlararo masofaning funksiyasidir: $U_t = f(p, h)$. Bu xarakteristika U ko'rinishiga ega bo'lib, Pashen qonuniga bo'ysunadi. Agar gaz bosimi o'zgarmas bo'lsa, uning elektr mustahkamligi elektrodlar orasidagi masofa qisqarishi bilan ortadi. Gaz bosimi ko'tarilsa, uning elektr mustahkamligi ham ortadi. Bu o'z navbatida, gaz muhitida ishlaydigan konstruktsiya va apparatlarning hajmini kichraytirish imkonini oshiradi.

5- jadval

Gaz	H ₂	N ₂	O ₂	Cl ₂	CO ₂	H ₂ O	Xe	Kr	Ar	Ne	Ke
Ionlanish potentsiali	15,4	15,6	12,1	11,5	13,8	12,6	12,1	14	15,8	21,6	24,6

Gazning teshilish kuchlanishi elektr maydoni, kuchlanish turi va haroratiga uzviy ravishda bog'liq bo'ladi. Ko'pgina gazlarning razryad kuchlanishi atmosfera bosimi sharoitida Pashen qonuniga bo'ysunadi. Ushbu qonuniyat notekis elektr maydonidagi gaz uchun ham o'rinli. Bunda teshilish kuchlanishi (U_t) gaz bosimi (p), elektrod radiuslari (ichki va tashqi)ga bog'liq ravishda o'zgaradi: $(U_t)=f(p,r,R/r)$. Inerty gazlar va ularning aralashmalari hamda argon bilan simob bog'i aralashmalarida E_t ning qiymatlari kichik bo'ladi.

Yuqori elektr mustahkamlik elektr gazning molekulyar massasi qancha katta bo'lsa, E_t qiymati shuncha yuqori bo'ladi. Masalan, C₁₄P₂₄ birikmasining elektr mustahkamligi havoning elektr mustahkamligidan 10 marta yuqoridir.

Gaz razryad kuchlanishiga elektrod shakli, elektrodlararo masofa, elektrod yuzasining holati katta ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ham ko'pgina tuzilmalarda elektrod yuzasi maxsus ishlov berib sayqallanadi va unga yoy razryadi ta'sir ettiriladi. Yoy ta'sirida ishlov berish natijasida elektrod yuzasidagi juda mayda chiqiqlar yemirilib kuyadi, elektrod yuzasidagi notekisliklar (mayda chiqiq, chuqurcha va hokazo) unga izolyatsiyali parda qoplash orqali ham bartaraf etilishi mumkin. Bu usul elektr mustahkamlikni 20-30% oshiradi.

Odatda, elektr uzatish liniyalari va podstantsiyalarda havo muhitida joylashgan elektr izolyatsiya konstruktsiyalari bir jinsli bo'lmagan notekis elektr maydonini hosil qiladi. Qurilma elektrodleri asosan igna-tekislik, igna-igna sistemasini vujudga keltirgani sababli, havoning elektr mustahkamligi xuddi shu turdagi elektrodlar yordamida o'rganiladi. Elektrodlar oralig'idagi maydonni tekislash (elektrod shakli, o'lchami, soni, oralig'i va hokazolarni tanlab) havoning elektr mustahkamligini oshirishning asosiy omillaridandir. Shu sababli izolyatsiya konstruktsiyasida elektr maydonini boshqarib, notekislikni kamaytirishga alohida

¹⁷⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 103-104 bet.]

ahamiyat beriladi. Izolyatsiya konstruksiyalarida elektr maydonini tekislash uchun maxsus ekran keng qo'llaniladi¹⁷⁸.

Vakuumning elektr mustahkamligi oddiy atmosfera havosining elektr mustahkamligiga nisbatan yuqori bo'ladi. Uning qiymati elektrod shakli, yuzasi va materialiga bo'g'liq bo'ladi. Vakuumda yuqori elektr mustahkamlikka erishish uchun razryad kameradagi barcha elementlar yaxshilab ishlov berib, tozalanishi va elektrodlar razryad ta'sirida sayqallanishi kerak. Titan qotishmasidan yasalgan elektrodan foydalanilganda vakuumda yuqori elektr mustahkamlikka erishiladi.

Energetik uskunalarda gaz elektr razryaddan so'ng o'z elektr mustahkamligini tez tiklash, yonmasligi, issiqlikni o'zidan yaxshi o'tkazishi, yoyni o'chirishi va boshqa muhim xossalarga ega bo'lishi zarur. Bu xossalar elegazda jamlangani uchun u aksariyat elektr texnika uskunalarda qo'llaniladi.

Qattiq izolyatsiyaga nisbatan gaz izolyatsiyasining elektr sig'imi va o'tkazuvchanlikka ega bo'lganligi sababli, elektr mashinalarida havo o'rniga ishlatiladi. Vodorod gazi elektr mashinasining ishqalanishiga sarflanadigan energiya miqdorini pasaytirishi bilan birga, uning chulg'amiga qoplangan organik izolyatsiya materialining eskirishini cheklaydi. Vodorod gazi ana shu xususiyatlaridan turbogenerator va sinxron kompensatorlarda foydalaniladi.

Ba'zi inert gazlar (neon, argon) hamda simob, yoki natriy bug'larining elektr mustahkamligi kichik bo'lganligi sababli, ular gaz razryad asboblarini to'latishda ishlatiladi. Suyuq holatga o'tgan gazlar (geliy, vodorod, azot) ning harorati juda past bo'ladi. Shu sababli, bundan gazlar maxsus kabellarda ishlatiladi. Suyuq holatdagi mazkur gazlarning dielektrik singdiruvchanligi kichik bo'lib, issiqlik sig'imning kattaligi bilan ajralib turadi¹⁷⁹.

Elegaz qimmatbaho bo'lganligi sababli ko'pgina elektr texnika uskunalarda uning azot bilan aralashmasidan foydalaniladi. Azot va elegaz birikmasining elektr mustahkamligi azot gazining elektr mustahkamligidan bir-muncha yuqori bo'ladi. Shu bois mazkur birikma muhitida bo'lgan metall o'tkazgichning sovitilish sifati nisbatan yaxshilanadi. Azot va elegaz birikmasi gaz bilan to'latiladigan yuqori kuchlanishli elektr uskunalarda qo'llaniladi.

Gazning issiqlik sig'imi va dielektrik singdiruvchanligining kichikligi gaz izolyatsiyasiga ega bo'lgan yuqori kuchlanishli kabellarning moy shimdirilgan qog'oz izolyatsiyali kabellarga nisbatan ustunligini ta'minlaydi. Bu esa yuqori kuchlanishli kabel uzatish liniyalarining quvvatini keskin oshirishga kehg yo'l ochib beradi.

So'nggi paytlarda elegaz bilan to'latilgan katta quvvatga ega transformatorlar ishlab chiqarilib, sinovdan o'tkazilmoqda. Elegaz va uning aralashmalari azotli kondensator ishlab chiqarishga ham tatbiq etilmoqda.

¹⁷⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 104-105 bet.]

¹⁷⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 104-105 bet.]

Dielektrlarda elektr o'tkazuvchanlik uning tarkibidagi erkin zaryadlar hisobiga sodir bo'ladi. Jismdagi elektr o'tkazuvchanlik elektronli, ionli, moliionli (elektroferetik) ko'rinishlarga ega. Dielektrlarda asosan ionli elektr o'tkazuvchanlik kuzatiladi. Odatda dielektrik oz bo'lsa ham, ma'lum miqdorda elektr tokini o'zidan baribir o'tkazadi. Bu esa erkin zaryad tashuvchilarning borligi bilan tushuntiriladi. Izolyasiya materiali odatda katta solishtirma qarshilikka ega bo'ladi. Bu qiymat qancha yuqori bo'lsa, dielektrikdan shuncha kam miqdorda elektr toki o'tadi. Bundan ko'rindiki, dielektrlarda energiya isrofi kuzatiladi. Elektr o'tkazuvchanligiga asosan jism tarkibida bo'lgan qo'shimcha va ifloslantiruvchi zarralar sabab bo'lib, bu qo'shimchalar dielektrikning elektr mustahkamligiga ta'sir qiladi. Dielektriklar tarkibidagi erkin zaryadlar ichki tok oqimiga olib keladi. Dielektrlarni qo'shimcha zarralardan tozalash orqali uning elektr o'tkazuvchanligi kamaytiriladi¹⁸⁰.

Dielektriklar elektrotexnikada muhim o'rin egallaydi. Tok o'tkazuvchi qismlarni bir - biridan izolyasiyalash maqsadida ajratishda (turli potentsiallarni bir-biridan) foydalaniladi.

Bundan tashqari elektr izolyasion materiallar elektr kondensatorlarida tegishli sig'im hosil qilishda ba'zi omil va haroratda turli paytda ham sig'imni ta'minlashda foydalaniladi. Dielektrik materiallarga o'zining xossalarini boshqarish asosida o'zgartirish mumkin bo'lgan guruhi faol dielektriklar (segneto elektriklar) deb yuritiladi. Dielektrik materiallar gazsimon, suyuq va qattiq ko'rinishga ega, yana bir guruhi mavjudki qotuvchi materiallar tayyorlashda suyuq ekspluatasiya paytida qattiq (lak, kompaund) holatda bo'ladi. Kimyoviy tabiatiga ko'ra organik va noorganik bo'ladi. Organik dielektrlarga uglerod birikmalari tarkibida asosan kislorod, vodorod, azot, galogen va boshqa elementlar bo'lgan moddalar kiradi. Qolganlari esa noorganik hisoblanib, tarkibida kremniy, alyuminiy aralashmalari bo'lgan jismlardan tashkil topadi. Ko'pgina organik materiallar egiluvchan, elastik bo'lib ulardan tolali plenklar tayyorlanadi. Shuning uchun ular keng qo'llaniladi, lekin issiqlikka chidamligi juda kichik bo'lganligi uchun yuqori haroratli izolyasiyalovchi qismlarda ishlatilmaydi. Noorganik materiallarning ko'pchiligi egiluvchan va elastik bo'lmay, mo'rt bo'lib, lekin issiqlikka juda chidamli hisoblanadi. Shuning uchun yuqori haroratli izolyasiya ishlarida ulardan keng foydalaniladi¹⁸¹.

Izolyasion materiallardan ishlab chikarilgan konstruksiyalar mexanik kuch ta'siri ostida buzilishi sababli ularning mexanik mustahkamligi va deformasiyasini o'rganish katta ahamiyatga ega. Statik cho'zilish, siqilish va egilishning oddiy ko'rinishlari amaliy mexanikaning asosiy qonuniyatlariga bo'ysunadi va bundagi mustahkamlik chegaralarining qiymatlari (δ_4 , δ_s , δ_e) si Paskalda o'lchanadi. ($1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$).

¹⁸⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 104-105 bet.]

¹⁸¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 104-105 bet.]

Cho'zilishdagi mustahkamlik yupqa tasma shaklidagi dielektrlarga xos bo'lib, bu materiallar o'tkazgich yuzasiga, masalan, kabel o'zagiga qoplanayotganda hisobga olinadi. Uzish mashinasida materialning yemirilishga bo'lgan mustahkamligi aniqlash bilan birga, jismning uzilish paytidagi nisbiy cho'zilishi ham aniqlanadi.

Nisbiy cho'zilishning kichik qiymatlari mo'rt va qattiq jismlar (chinni, shisha, getinaks) uchun tegishli bo'lib, qayishqoq materiallar (rezina, elastomer) da esa 1 ko'rsatkichi, nisbatan katta qiymatlarga ega bo'ladi. Chunki qayishqoq materialning mexanik mustahkamligi kichik qiymatlarga ega. Ba'zi plastik materiallarda 1 qiymati qattiq va qayishqoq materiallarning tavsiflari oralig'ida bo'ladi.

Materiallardan tayyorlanadigan namunalarning shakli, ularga qo'yiladigan kuch yo'nalishini hisobga olgan xolda ishlab chiqiladi. Materiallarning siqilishga bo'lgan vaqtincha qarshiligi bo'lgani sababli, ularda siqilishdagi kuchlanishni aniqlash shart emas. Dielektrlarda esa mexanik mustahkamlik ikkala yunalishda alohida-alohida aniqlanadi. Tolali va qatlamli dielektrlarni sinash uchun namunalar tayyorlashda ulardagi tola yo'nalishi e'tiborga olinadi. Ko'pchilik dielektrlarning siqilishga bo'lgan mustahkamligi cho'zilishga bo'lgan mustahkamligidan ancha yuqoriligi sababli ularni, asosan, siqilish yo'nalishi bo'yicha ishlatish maqsadga muvofiqdir¹⁸².

Dielektrikning fizik xossalari

Dielektrikning zichligi γ ni bilish mahsulot tayyorlashda materialga bo'lgan ehtiyojni, uning hajmi yoki massasini aniqlash uchun zarurdir. Zichlik jism massasi m ning, uning hajmi V ga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\gamma = m / V \text{ kg/m}^3$$

Organik materiallarda $\gamma = (0,5-1,5) 10^3 \text{ kg/m}^3$, anorganik materiallarda esa $\gamma = (2,5-1,5) 10^3 \text{ kg/m}^3$. Materialning gigroskopikligi jismni ma'lum vaqt suvda ushlab turish orqali aniqlanadi:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100\%$$

bunda m_1 -quruq namunaning massasi, m_2 - namunaning suvda ma'lum vaqt ushlagandan keyingi massasi (gr). Bu kattalik dielektrikning namga chidamliligini baholashda yordam beradi.

Izolyasiyani namlikdan himoya qilish.

Shimdirish usulida izolyasiya bo'shliqlari gigroskopik bo'lmagan yoki kam gigroskopik qattiq yoki suyuq dielektrik bilan to'latiladi. Shimdirilgan materiallarga avvaliga nam singmay, ma'lum vaqt o'tgandan keyin bu xossa

¹⁸² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 105-107 bet.]

yomonlasha boradi. Ba'zi shimdirilgan materiallar o'ziga nam olmaydi. Havo bo'shliqlari bo'lgan va shimdirilgan matolar qisqa muddatli namlikka bardoshli bo'lib, ularda Y_{e-T} qiymati quruq shimdirilgan metallarga nisbatan yuqori bo'ladi. Izolyasiya tavsifini o'zgartirmasdan saqlash va namlik ta'sirini kamaytirish maqsadida shimdirish usulidan tashqari, laklash usulidan ham foydalaniladi. Bunda shimdirilgan jism qalinligi 0,1-0,2 mm li lak qatlami bilan qoplanadi, lekin bu usul namlik 80 % dan oshganda o'zini oqlamaydi.

Bundan tashqari, siqish usuli yordamida mahsulot yuzasi qalinligi 1-2mm bo'lgan plasmassa qoplamasi bilan qoplanadi. Bu usul havo namligi 90% gacha bo'lgan hollarda ishonchli himoya qiladi.

Mahsulot yuzasini qoplash usullaridan biri, ishlov beradigan yuzaga tayyorlangan kompaund quyish usulidir. Bunda detalning tashqi qismiga mos qilib maxsus qolip yasaladi va unga suyuq holdagi plasmassa to'ldiriladi.

Barcha hollarda jismni namlikdan himoya qilishda organik materiallar qo'llaniladi. Bu materiallar gigroskopik xususiyatiga ega bo'lgani uchun o'zidan namlikni o'tkazadi¹⁸³.

Dielektrikning issiqlik xossasi

Dielektrikning issiqqa chidamligi uning muhim xossalaridan biridir. Dielektrikning issiq va sovuqqa chidamligi, issiqlik o'tkazuvchanligi va issiqdan kengayishi uning issiqlik xossalariga kiradi.

Nazorat savollari:

27. Elektr izolyatsiya bu.....?
28. Dielektriklar agrifat xolatiga ko'ra turlari?
29. Gazlarning asosiy xususiyatlari?
30. Gazlarning elektr mustaxkamligini oshirish qanday amalga oshiriladi?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 99-107 bet

16-MA'RUZA DIELEKRTIK MATERIALLAR

Reja:

- 1. Suyuq holatdagi dielektriklar.**
- 2. Suyuq sintetik dielektriklar.**

1. Suyuq holatdagi dielektriklar.

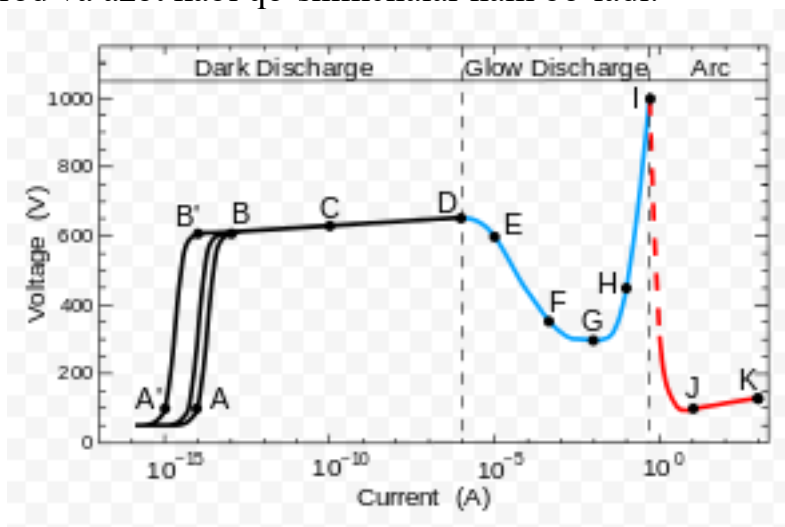
Elektr texnikaga oid konstruksiya va uskunalarni ishlatish sharoitlardan kelib chiqib, suyuq dielektriklarga yuqori elektr musahkamlik va solishtirma hajmiy qarshilik, kichik miqdorli dielektrik singdiruvchanlik, elektr va issiqlik maydonlariga bo'lgan bardoshlilik, ish mobaynida xossalarining barqarorligi,

¹⁸³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 106-107 bet.]

yong'inga bardoshlilik kabi talablar qo'yiladi. Neft mahsulotidan olinadigan transformator moyi elektr texnikada eng ko'p ishlatiladigan suyuq dielektrlardan hisoblanib, u quvvatli transformatorlarda, asosan, elektr izolyatsiyasi va sovitkich vazifasini bajaradi. Transformatorga transformator moyi quyilganda simlarga qoplangan izolyatsiya qoglamasidagi havo bo'shliqlari moy bilan to'ladi. Natijada transformatorning elektr izolyatsiyasi mustahkamligi ortib, elektr kuchlanishi ta'siridagi chulg'amlardan va po'lat o'zakdan ajralayotgan issiqlik tashqi muhitga moy orqali yaxshi tarqatiladi¹⁸⁴.

Bunda transformatorning quvvati birmuncha ortadi.

Neftdan olinadigan transformator moyi parafin, naftalin, aromatik uglevodorod kabi murakkab birikmalardan tashkil topgan bo'lib, uning tarkibida oltingugurt, kislorod va azot kabi qo'shimchalar ham bo'ladi.

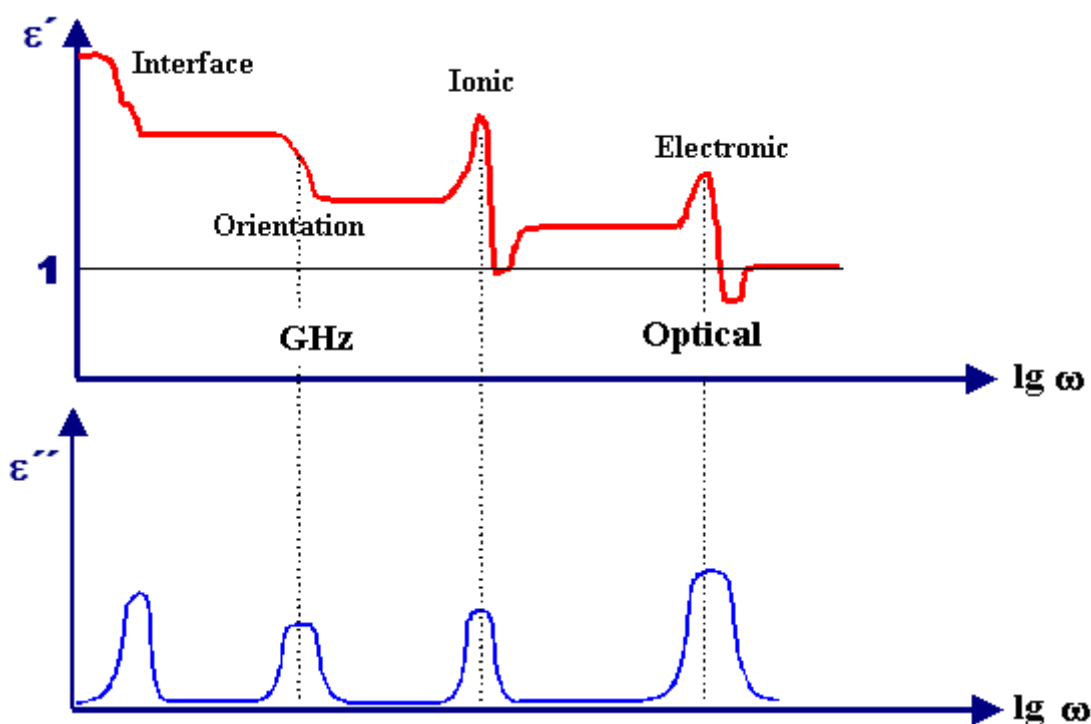


Moydagi zararli qo'shimchalar neftni qayta ishla orqali bartaraf etiladi. Transformatorning moyini tozalash kislotasiz yordamida, selektiv yoki adsorbsiya kabi usullar orqali amalga oshiriladi. Bu moyning rangi och sariq bo'lib, zichligi $861-895 \text{ kg/m}^3$, qotish harorati -45°C , chaqnash (alangalanish) harorati $135-140^\circ\text{C}$, nur sindirish koeffitsienti $1,47-1,49$, kinematik qovushqoqligi $(17,6 \div 26,6) \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ va sirt taranglik kuchi $40-45 \text{ kN/m}$. Transformator moyi yonuvchan suyuqlik bo'lgani sababli, uni ishlatish mobaynida texnika xavfsizligiga amal qilinishi shart. Bu suyuqlikning dielektrik singdiruvchanligi $2,2-2,3$, dielektrik isrof burchagining tangensi $0,001-0,02$ ga teng.

Transformator moyi tarkibidagi juda kam ($0,05\%$) miqdordagi suv ham uning elektr mustahkamligini keskin ($5-10$ barobar) tushirib yuboradi. Bu asosan, suvning dielektrik singdiruvchanligi katta ($\epsilon_r \approx 81$) va solishtirma hajmiy qarshiligining kichikligi ($p \approx 10^3 \div 10^4 \text{ Om} \cdot \text{m}$) bilan tushuntiriladi. Moy tarkibidagi mexanik qo'shimchalar (tola, zarracha va h.k.), ham suyuqlikning elektr

¹⁸⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 107-109 bet.]

mustahkamligini pasaytiradi. Transformator moyi mazkur qo'shimchalardan tozalanib, so'ngra quritilsa, u o'zining asl elektr mustahkamligini qayta tiklaydi¹⁸⁵.



6-jadvalda transformator moyining kuchlanishga nisbatan elektr mustahkamligi keltirilgan. Elektr uskunalarida ishlatilayotgan transformator moyiga kuchli elektr maydoni, issiqlik, kislorod va oksidlovchi moddalar ta'sir etishi natijasida uning eskirishi kuzatiladi.¹⁸⁶

6- jadval

Transformator moyining kuchlanishga nisbatan elektr mustahkamligi

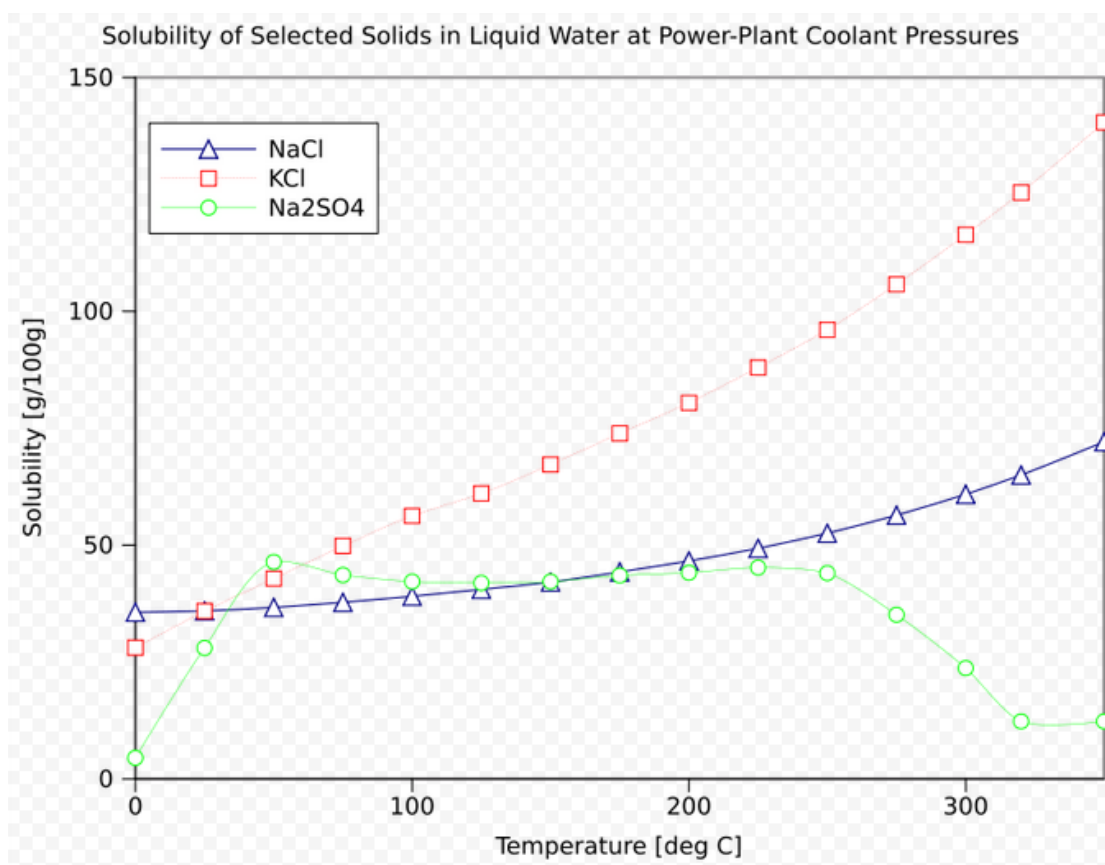
Apparatdagi kuchlanish, kV	Moyning elektr mustahkamligi, kV/mm (h = 2,5 mm)	
	Quruq holatda	Ekspluatatsiya sharoitida
≤6	25	20
35	30	25
110,220	40	35
≥ 330	50	45

Bu jarayon yorug'lik, quvvatli nur va aktiv katalizatorlar ta'sirida tezlashadi. Eskirish jarayonida transformator moyining rangi to'qarib, quyuqlashadi, tgδ qiymati kattalashadi. Filtrlash, regeneratsiya qilish va boshqa usullar orqali transformator moyi eskirishining oldi olinadi.

¹⁸⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 107-109 bet.]

¹⁸⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 107-109 bet.]

Neftdan tayyorlanadigan kondensator moyining tozalanish sifati transformator moyiga nisbatan birmuncha yuqori bo'ladi. Kondensator moyining zichligi $866-901 \text{ kg/m}^3$, qotish harorati -45°C , dielektrik xossalari: $\epsilon_r = 2,1 \div 2,3$; $\text{tg}\delta = 0,002$; $E_t = 20 \text{ MV/m}$. Qattiq dielektrik hisoblangan qog'ozga kondensator moyi shimdirilsa, u holda mazkur qog'ozning dielektrik xossalari yaxshilanadi. Natijada, uning asosida ishlab chiqarilgan kondensatorning hajmi va massasi, shuningdek narxi ham kamayadi. Kondensator moyi elektr texnikada kondensator ishlab chiqarishda foydalaniladi¹⁸⁷.



Kabel moyi bir necha navda ishlab chiqarilib, uning asosini neft mahsuloti tashkil etadi. Bunday moy shimdirilgan qog'oz o'zidan issiqlikni yaxshi tarqatadi va izolyatsiyaning elektr mustahkamligi ancha ko'tariladi. Kabel moyining ana shu xossalari undan katta quvvatga ega, yuqori kuchlanishli kabel ishlab chiqarishda foydalanish imkonini beradi. Kabel moylarining chaqnash harorati va qovushqoqligining nisbatan yuqoriligi uni boshqa moylardan ajratib turadi.¹⁸⁸ 7-jadvalda ba'zi kabel moylarining fizik va kimyoviy xossalari keltirilgan.

¹⁸⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 110-111 bet.]

¹⁸⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 110-111 bet.]

Neft asosidagi ba'zi kabel moylarining fizik va kimyoviy xossalari

Ko'rsatkichlar	Moyning navlari			
	S-220	MN-4	KM-25	MB
Zichligi, kg/m ³	840	<900	>900	860
Kinematik qovushqoqligi, 10 ⁶ m ² /s	800	40	-	150
Alangalanish harorati, °C	180	135	225	96
Qotish harorati, °C	-30	-45	-10	-70
tgδ (50Gs, t = 100 °C)	0,002	0,008	0,005	0,005
E _r	2,25	2,2	2,15	-
P, Om·m	10 ¹²	19 ¹¹	2·10 ¹⁰	-
E _o , MV/m	21	18	15	-

KM-25 navli kabel moyi shu kuchlanishi 1÷35 kV bolgan kabelning qog'oz izolyatsiyasini shimdirishda ishlatiladi. MN-4 navli kabel moyi esa yuqori bosimli, katta kuchlanish (110-500 kV) kabellarning maxsus kanallarini to'latishda qo'llaniladi. Quvur ichidan o'tkaziladigan, 110-500 kV kuchlanish yuqori bosimda ishlaydigan kabellarning quvuri yaxshilab tozalangan S-220 navli kabel moyi bilan to'ldiriladi.

2. Suyuq sintetik dielektriklar.

Neft mahsulotidan ishlab chiqarilgan izolyatsiya moylari o'zining afzal tomonlari bilan birga ba'zi kamchiliklar (eskirish, chaqnash va alangalanish xavfi, portlashdan ham holi emas. Ana shu sababli shuningdek, yuqori qiymatli dielektrik singdiruvchanlikka erishish maqsadida suyuq sintetik dielektriklar ishlab chiqarildi. Bunga misol qilib, keng miqyosda qo'llab kelinadigan xlorlangan uglevodorodlarni olish mumkin. Turli xil uglevodorodlar molekulalaridagi vodorod atomi o'rniga xlor atomini kiritish orqali xlorlangan uglevodorodlar, ya'ni xlorlangan difenil olinadi. Xlorlangan difenil tarkibidagi xlor miqdori 43 dan 67% gacha oshirilsa, quyuq yoki mumsimon modda hosil bo'ladi. Vodorod atomi o'rnidagi xlor atomlarining miqdori oshirilishi natijasida modda quyuqlashib, zichligi ortadi va uning qotish harorati pasayadi (8-jadval).¹⁸⁹

8-jadval.

Ba'zi sintetik dielektriklarning fizik va kimyoviy xossalari

Ko'rsatkichlar	Trixlordifenil	Sovtol -10	Geksol
Zichligi, kg/m ³	1360	1510	1640
Kinematik qovushqoqligi, 10 ⁶ m ² /s	40-70	650	3,5-4,0
Qotish harorati, °C	-19	-6	-60

¹⁸⁹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 112-113 bet]

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, $\text{Vt/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$	0,0963	-	0,15
$\text{Tg}\delta(90^\circ\text{C})$	0,015	0,03	0,03
$P, \text{Om}\cdot\text{m}(90^\circ\text{C})$	$3 \cdot 10^9$	0,03	$13 \cdot 10^{10}$
ϵ_r	5,9	-	2,7-2,9
$E_r, \text{MV/m}$	20	22	18

O'rta darajada xlorlangan pentaxlordifenil (*sovol*) quyuk massa bo'lgani sababli, suyultirish maqsadida unga xlorlangan suyuq uglevodorod qo'shiladi. Kondensator moyi suyuq difenil bilan aralashtirilib, hosil bo'lgan suyuqlik qog'ozli izolyatsiyaga shimdirilsa, kondensatorning reaktiv quvvati ortadi, hamda hajmi birmuncha kichrayadi.



*Sovtol-10*ning tarkibi 90% pentaxlordifenil hamda 10% fixlorbenzoldan iborat bo'lib, undan yuqori kuchlanishli transformatorlarni to'latishda, shuningdek, qattiq izolyatsiyaga shimdiriluvchi sifatida foydalaniladi.



Geksol kimyoviy jihatdan barqaror suyuqlik bo'lib, tarkibi 80% geksaxlorbutadien va 20% pentaxlordifenildan iborat. *U* harorat va cho'g' ta'sirida chaqnash yoki alangalanish xususiyatiga ega emasligi bilan ajralib turadi va juda past haroratda ham qotmaydi. *Geksol* sifati yaxshi suyuq dielektrik hisoblanib, undan transformatorlarda izolyatsiya o'rnida foydalaniladi.

Ko'rib o'tilgan barcha difenillar zararli hisoblanganligi sababli, ular bilan ishlash mobaynida texnika xavfsizligi choralari ko'rilishi lozim¹⁹⁰.

Kremniy-organik (KO) suyuqliklar zaharli bo'lmay, ekologik jihatdan xavfsiz bo'lganligi sababli, ular elektr texnikada keng miqyosda qo'llanilmoqda. KO suyuqliklar gigroskopik emas hamda yuqori haroratga bardoshlidir. Bu suyuqliklarga poliopganosiloksan polietilsiloksan, polifenilsiloksan va boshqa suyuqliklar kiradi (9-jadval). Poliopganosiloksan (161-123, 161-45 impulsli transformator, maxsus kondensator, radio va elektron apparatlarida qo'llanilmoqda.

9- jadval

Ba'zi kremniy – organik suyuqliklarning fizik va kimyoviy xossalari

Ko'satkichlar	PMS-0	PMS-10	PES-3	FM-5	161-123	161-45
Zichligi, kg/m ³	942	924	960	944	1080	1145
Qotish harorati, °C	-65	-60	-70	-110	-100	-90
Dinamik qovushqoqligi, 10 ⁻⁶ m ² /s	10	60	15	16	18	55
ε _r	2,6	2,6	2,4	2,8	5,4	5,8
tgδ	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,02	0,0001
ρ, Om·m	2·10 ¹²	2·10 ¹²	10 ¹¹	10 ¹¹	5·10 ¹⁰	4·10 ¹¹
E _r , MV/m	14	18	18	14	-	-
Issiqlik o'tkazuvchanlik koefitsienti, Vt/m ³ °C	0,0138	0,154	0,0138	0,135	0,115	0,127

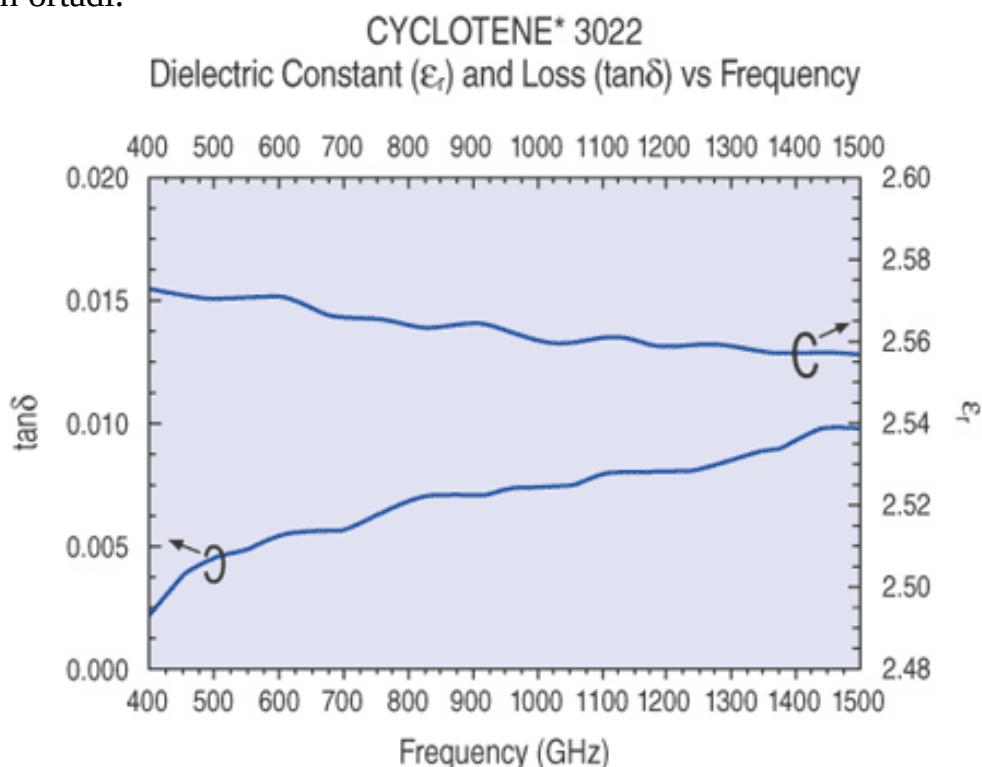
Xlor–ftor-uglerodli va ftor-uglerodli suyuqlik molekulalarida vodorod atomi o'rnini xlor va ftor atomlari qisman yoki to'liq egallaydi. Ftor –organik suyuqliklarda tgδ qiymati juda kichik bo'lishi bilan birga, yuqori darajali haroratga chidamliligi sababli, uni 200°C va undan yuqori haroratda ishlatish mumkin. Bu suyuqlikning sirt taranglik kuchi va qovushqoqligi nisbatan kichikdir. Ftor-organik suyuqlik uchuvchan bo'lganligi sababli u bilan to'latilgan, elektr apparatini yaxshilab zichlash talab etiladi. Bu suyuq dielektrik yordamida chulg'amlar va magnit o'tkazgichlardan ajralib chiqqan issiqlik atrofga tez va yaxshi tarqatiladi¹⁹¹.

Elektr texnika uskunalariga qo'yiladigan ftor- organik suyuqligi (xladon) tok o'tayotgan sim va chulg'amdan ajralib chiqayotgan issiqlik ta'sirida bug'lanib, issiqlikni yutadi, so'ngra sovitkichda kondensatsiyalanib, yana asosiy sistemaga suyuq holda qaytadi. Natijada uskuna bo'shliqlarida katta bosim xosil bo'lib,

¹⁹⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 112-113 bet.]

¹⁹¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 112-113 bet.]

apparatning gaz muhitidagi elektr mustahkamligi ortadi. Havo tarkibidagi ftor-organik suyuqlik bug'lari portlash xavfini tug'dirmaydi. Suyuq holatda bu dielektrik deyarli yonmaydi. Yuqori dielektrik singdiruvchanlikka ($\epsilon_r=35-39$) ega bunday qutbli sintetik suyuqliklarga misol qilib *nitrobenzol* ($\text{H}_5\text{S}_6\text{-NO}_2$), *etilenglikol* ($\text{HO-CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$), *sianoetilsaxaroza* ($\text{C}_{38}\text{H}_{46}\text{N}_8\text{O}_{11}$) kabi suyuqliklarni keltirish mumkin. Elektr maydoni ta'sirida chidamli, o'zida elektr quvvatini juda kam isrof etadigan sintetik uglerodli qutbsiz suyuqliklarga *poliizobutilen*, *polibutelin* va *alkilbenzol* misol bo'la oladi. Agar kondensatorning qog'oz izolyatsiyasi poliizobutilenga shimdirilsa, kondensatorning zaryadlanish vaqti keskin ortadi.



Oktol suyuqligining zichligi $860-875 \text{ kg/m}^3$, alanganish harorati $138-165^\circ\text{C}$, dielektrik xossalari: $\epsilon_r=2,2 - 2,3$; $\tan\delta = 10^{-4} - 10^{-3}$. Bu suyuqliklar asosida tayyorlangan qog'ozli kondensatorga nisbatan 1,8 – 2,3 barobar yuqoridir. Oktolning vazelin bilan aralashmasi qog'ozli kondensatorlarda qo'llanilganda kondensatorning xizmat muddati boshqa shimdirilgan suyuqlikli kondensatorlarga nisbatan 20 – 40 barobar yuqori bo'ladi.¹⁹²

Neft mahsulotlaridan ishlab chiqarilgan izolyasiya mollari o'zining afzalligi bilan birga ba'zi bir kamchiliklar: eskirish, chaqnash va alangalash xavfi, portlash ham holi emas. Ana shu sababli, yuqori qiymatli dielektrik singdiruvchanlikka erishish maqsadida suyuq sintetik dielektriklar ishlab chikarildi. Bunga misol qilib, keng miqiyosda qo'llanilayotgan xlorlangan ugluvodorodlarni olish mumkin. Turli xil ugluvodorodlar molekulalaridagi vodorod atomi o'rniga xlor atomini kiritish orqali xlorlangan ugluvodorodlar, ya'ni xlorlangan difenil olinadi. Xlorlangan difenil tarkibidagi xlor miqdori 43% dan 67% gacha oshirilsa, quyuq yoki

¹⁹² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 112-114 bet]

mumsimon modda hosil bo'lad. Vodorod atomi o'rnidagi xlor atomlarining miqdori oshirilishi natijasida modda quyuqlashib, zichligi ortadi va uning qotish harorati pasayadi.

O'rta darajada xlorlangan pentaxlordifenil (sovtol) quyuq modda bo'lgani sababli, suyultirish maqsadida unga xlorlangan suyuq uglevodorod qo'shiladi. Kondensator moyini quyuq difenil bilan aralashtirib, hosil bo'lgan suyuqlik qog'ozli izolyasiyaga shimdirilsa, kondensatorning reaktiv quvvati ortadi hamda hajmi birmuncha kichrayadi¹⁹³.

Sovtol-10 ning tarkibi 90% pentaxlordifenil hamda 10% trixlorbenzoldan iborat bo'lib, undan yuqori kuchlanishli transformatorlarni to'latishda, shuningdek qattiq izolyasiyaga shimdiriluvchi sifatida foydalaniladi.

Geksol kimyoviy jihatdan barqaror suyuqlik bo'lib, tarkibi 80% geksaxlorbutadiyen va 20% pentaxlordifenildan iborat. U harorat va cho'g'ta'sirida chaqnash yoki alangalanish xususiyatiga ega emasligi bilan ajralib turadi va juda past haroratida ham qotmaydi. Geksol sifati yaxshi suyuq dielektrik hisoblanib, undan transformatorlarda izolyasiya sifatida foydalaniladi.

Ko'rib o'tilgan barcha difenillar zaxarli hisoblanganligi sababli, ular bilan ishlash mobaynida texnika xavfsizligi choralari ko'rilishi lozim. Kremniy-organik (KO) suyuqlik zaxarli bo'lmay, ekologik jihatdan xavfsiz bo'lganligi sababli ular elektrotexnikada keng miqyosda qo'llanilmoqda. KO suyuqliklar gigroskopik emas hamda yukori haroratga bardoshlidir. Bu suyuqliklarga poliorganosiloksan polietilsiloksan, polifenilsiloksan va boshqa suyuqliklar kiradi.

Izolyatsiya matriallari majmuidan iborat elektrotexnika tuzilmasi elektr izolyasiyasi deb ataladi. Elektrotexnikaga oid biror-bir uskuna asbob va tuzilmalarni izolyatsiya materiallarisiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Eng oddiy xisoblangan elektr zanjirini xam elektr o'tkazgich va izolyatsiya matriallarisiz yig'ib bo'lmaydi. Elektr izolyatsiyasi tok oqimining kerakli yo'nalishi bo'yicha o'tishini taminlaydi.

Elektr izolyatsiya matriallari agregat xolatiga ko'ra gaz, suyuq va qattiq turlarga bo'linadi. Ularning ichida qattiq xolatdagi matriallar ko'p uchraydi.

Kimyoviy tuzlishiga ko'ra izolyatsiya matriallari organik va anorganik turlarga bo'linadi.

Dielektriklarning fizik va kimyoviy xossalriga baho berishda ularni qutbli va qutbsiz turlarga ajraladi. Qutbli dielektriklarda molekulaning doimiy elektr momenti 0 dan farqli qutbsiz dielektriklarda esa 0 ga tengdir. Odatda dielektriklarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi o'tkazgich yoki yarim o'tkazgichlarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligiga nisbatan juda xam kichik bo'lganligi sababli ular elektr tokini o'tkazmaydi, deb xisoblanadi. Vaxolanki dielektrik elektr maydoniga joylashtirilsa yoki elektr maydoni ta'siri ostida bo'lsa, u o'zidan qandaydir kichik miqdorda elektr tokini o'tkazadi. Bu tok qiymati ,

¹⁹³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 113-114 bet.]

asosan , dielektrikning solishtirma qarshiligi va kuchlanish qiymatlariga bog'liq bo'ladi¹⁹⁴.

Odatda ,dielektriklarning solishtirma qarshiligi 10^7 om*m dan yuqori bo'lib, yaxshi dielektriklarda bu qiymat 10^{18} om*m gacha yetadi.

Elektr izolyatsiya matriallari sim va kabel izolyatsiyasida, elektr mashinalar va apparatlarida, izolyator shuningdek elektrotexnikaga oid boshqa asbob-uskunalar ishlab chiqarishda keng qo'lamda qo'llaniladi.

Dielektriklardan xalq xo'jaligida tobora ko'proq foydalanilmoqda . So'nggi paytlarda ular chastota kuchaytirgich,xotira tuzilmasi, datchiklar ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

Gaz xolatidagi dielektriklarning normal atmosfera bosimidagi elektr mustahkamligi suyuq va qattiq dielektriklarinikiga nisbatan ancha kichikdir. Bir xil sharoitda bo'lgan azot va havoning elektr mustahkamligi 3mv/m niki 705 mv/m bo'lsa, bu qiymat qattiq dielektriklarda 20-500 mv/m atrofida bo'ladi.

Gazlarning asosiy xususiyatlaridan biri razryad sodir bo'lgandan so'ng, ular elektr mustahkamligini qayta tiklay olishidir. Gaz bosimini oshirib , uning elektr mustahkamligini ancha ko'tarish mumkin. Aksariyat elektr apparatlari va uskunalarda elektr o'tkazgichlari va podstantsiyalarda asosiy izolyatsiya vazifasini havo bajaradi. Gazlarning elektr mustahkamligini qayta tiklash xususiyatidan xcavoli yoki ewlegazli vklyuchatellarda va boshqa yuqori kuchlanishli elektr apparatlarida foydalaniladi.Tabiatda eng ko'p tarqalgan gaz xolatdagi dielektriklarga havo yaqqol misol bo'la oladi. Barcha elektr uzatgich, uskuna va apparatlari asosan havo muxitida joylashadi. Bunda havo asosiy izolyatsiya vazifasini bajaradi. Elegaz zaxarli bo'lmagan kimyoviy barqaror gaz bo'lib, yuqori temperaturada (800c) xam parchalanmaydi. Elektrotexnikaga oid nkonsyruksiya va uskunalarni ishlatish sharoitlaridan kelb chiqib suyuq dielektriklarga yuqori elektr mustahkamlik va solishgtirma xajmiy qarshilik, kichik miqdorli dielektrik singdiruvchanlik, elektr va issiqlik maydonlariga bo'lgan bardoshlik ,shu mobaynida xossalarining barqarorligi, yong'inga bardoshlik kabi talablar qo'yiladi¹⁹⁵.

Transformator yoyi elektr yoy zaryadi sodir bo'lganda uni tezda so'ndirish bilan birga , yoy kanalini keskin sovitish qobiliyatiga xam ega. Neftdan tayyorlanadigan kondesator moyining tozalanish sifati transformator moyiga nisbatan birmuncha yuqori bo'ladi. Kandestor moyining zichligi $866-901 \text{ kg/m}^3$, qotish temperaturasi 45^0C , dielektrik xossalari $\epsilon_r=2.1/2.3$ $\text{tg}\beta=0.002$: $E_m=20\text{mv/m}$. Yuqori molekulyar birikmalarning yuzta, mingta va undan ko'p atomlarning o'zaro kovalent bog'lanishgidan vujudga kelgan molekulasi makromolekula deyiladi. Aksariyat tabiiy va sintetik polimerlarning

¹⁹⁴ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 113-114 bet.]

¹⁹⁵ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 113-115 bet.]

makromolekulalari takrorlanadigan bior xil atomlar gruppasi elementar xalqalardan tashkil topadi.

Bitum-murakkab uglevorod birikmalaridan iborat bo'lgan, qora yoki to'q ko'k rangli termoplastik amorf moddadir. Uning solishtirma og'irligi $980-1050 \text{ kg/m}^3$. Bitum gidroskopik bo'lmagan va o'ziga suv singdirmaydigan materialdir. U benzol va toluolda oson eriydi, spirt va suvda esa mutlaqo erimaydi. Tabiiy (qaziib olinadigan) bitum asfalt deb xam ataladi. Suniiy bitum neftni qayta ishlash orqali olinadi. Neftdan olinadigan bitumlarga BN-3, BN-4, BN-5 navli bitumlar xamda qiyin eruvchan bitumlar misol bo'ladi. Mazkur bitumlarning yumshash temperaturasi $50+125^\circ\text{C}$ ni tashkil etadi. Asfalt yaxshi elektr izolyatsiyasi xossasiga ega bo'lib, mo'rt va qattiqdir. Uning yumshash temperaturasi 200°C gacha yetadi. Bitumlarning dielektrik xossalari quyidagicha: $\epsilon_r=2.5-3.0$, $\tan\delta=0.01$, $p=10^{13}-10^{14} \text{ om}\cdot\text{m}$; $E_m=10-25 \text{ Mv/m}$. bitumlar, asosan, lok va kompaundlar tayyorlashda ishlatiladi.

Mumsimon dielektriklar kristall tuzilishi jihatidan qatron va bitumlardan farq qilib, qattiq xolatdan suyuq xolatga o'tishda o'zining aniq temperaturasiga egadir. Bu matriallardan elektr izolyatsiyasida shimiluvchi va quyiluvchi moddalar sifatida foydalaniladi. Ulardan foydalanilganda kondesator va boshqa elektr asboblarning konstruksiyalarini imkoni yaratiladi. Mumsimon dielektriklar namga chidamli bo'lgani sababli, ular qo'llanilgan konstruksiyalarni zichlash talab qilinmaydi¹⁹⁶.

Mazkur dielektriklarning asosiy kamchiligi qotishda ular xajmiy kirishishning nisbatan yuqoriligidir. Qutblilik darajasi bo'yicha mumsimon dielektriklar uch guruhga bo'linadi: 1) qutbsiz 2) qisman qutbli 3) qutbli:

Politielin va poliizobutilen mumi yuqori kucvhlashli kjabelning qog'oz izolyatsiyasini shimdirishda qo'llaniladi. Ular oq yoki kulrang, solishtirma xajmiy qarshiligi yuqori dielektriklardir. Politielin mumi shimiluvchi kabel moylari (MH-3, MH-5) tarkibida kanifol bilan birgalikda, poliizobutilen mumi esa MH-4 navli shimiluvchi moy tarkibida qo'llaniladi.

Sintetik serezin och sariq rangli kristall strukturali modda bo'lib, qog'oz, slyuda izolyatsiyali kondesatorlar tayyorlashda ishlatiladi¹⁹⁷.

Lok tabiiy va sintetik qatronlar, bitum, quriydigan moy, sellyuloza efiri va boshqa birikmalarning kolloid eritmasidir. Lokning qurish jarayonida uning tarkibidagi ewrituvchi moddalar uchib ketadi, natijada lok pardasi xosil bo'ladi. Alifatik (benzin, uayt-spirit, kerosin) va aromatic (toluol, ksilol, solvent) uglevodorodlar organik erituvchilarning keng tarqalgan xillaridir.

¹⁹⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 114-115 bet.]

¹⁹⁷ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 114-115 bet.]

Nazorat savollari:

31. Suyuk xolatdagi dielektriklar?
32. Suyuk sintetik dielektriklar?
33. Past xaroratda suyuk xolatdagi dielektrikning izolyatsiyasi qanday o'zgarish sodir bo'lishini tushintirib bering?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 107-115 bet

17-MA'RUZA

ORGANIK VA ANORGANIK DIELEKTRIKLAR

Reja:

- 1. Organik dielektriklar**
- 2. Tabiiy qatron**
- 3. Sellyuloza**
- 4. To'qimachilik materiallari**
- 5. O'simlik moylari**
- 6. Bitumlar**
- 7. Mumsimon dielektriklar**
- 8. Lok va kompaundlar**

1. Organik dielektriklar

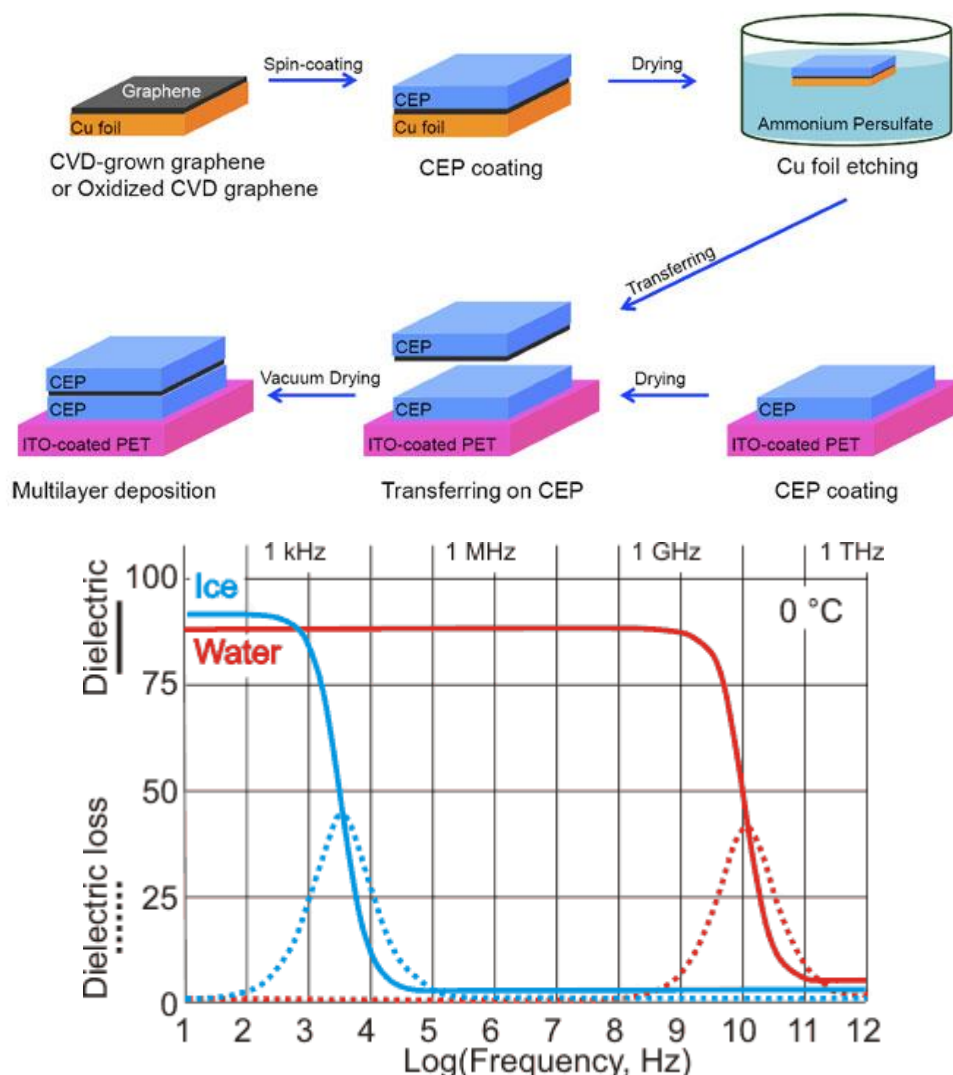
Elektr texnika, radiotexnika, elektronika va xalq xo'jaligining boshqa sohalarida polimerlardan ko'p sonli turli xil mahsulotlar ishlab chiqariladi.

Yuqori molekulyar birikmalarning yuzta, mingta va undan ko'p atomlarning o'zaro kovalent bog'lanishidan vujudga kelgan molekulasi makromolekula deyiladi. Aksariyat tabiiy va sintetik polimerlarning makromolekulalari takrorlanadigan bir xil atomlar guruh – elementar halqalardan tashkil topadi. Bunday makromolekulaga ega birikmalar polimerlar deb ataladi. Polimerlarni sintez qilishda ishlatiladigan quyi molekulyar birikmalar monomerlar deyiladi.

Dielektriklar ichida yuqori molekulali organik materiallar alohida ahamiyatga egadir. Tarkibida uglerod moddasi bo'lgan birikmalar organik moddalar deb ataladi. Uglerod molekulalarining tuzilishi turli-tumandir. Bu molekulalar ko'p sonli kimyoviy birikmalar hosil qiladi: molekula tuzilishi bo'yicha ular zanjirli, tarmoqlangan, doirasimon va boshqa shakllarda bo'lishi mumkin. Yuqori molekulali materiallarga selluloza, shoyi, kauchuk va boshqalar kiradi.

Sun'iy ravishda olinadigan yuqori molekulyar materiallar ikki turkumga ajratilishi mumkin. Birinchisiga tabiiy yuqori molekulyar moddalarga kimyoviy ishlov berish yo'li bilan tayyorlanadigan sun'iy materiallarni keltirish mumkin. Masalan, sellulozani qayta ishlash orqali selluloza efiri olinadi. Ikkinchi turkumga past molekulyar moddalardan tayyorlanadigan yuqori molekulyar

sintetik materiallar kirib, ular elektr izolyatsiyasidan alohida ahamiyatga egadir.¹⁹⁸.

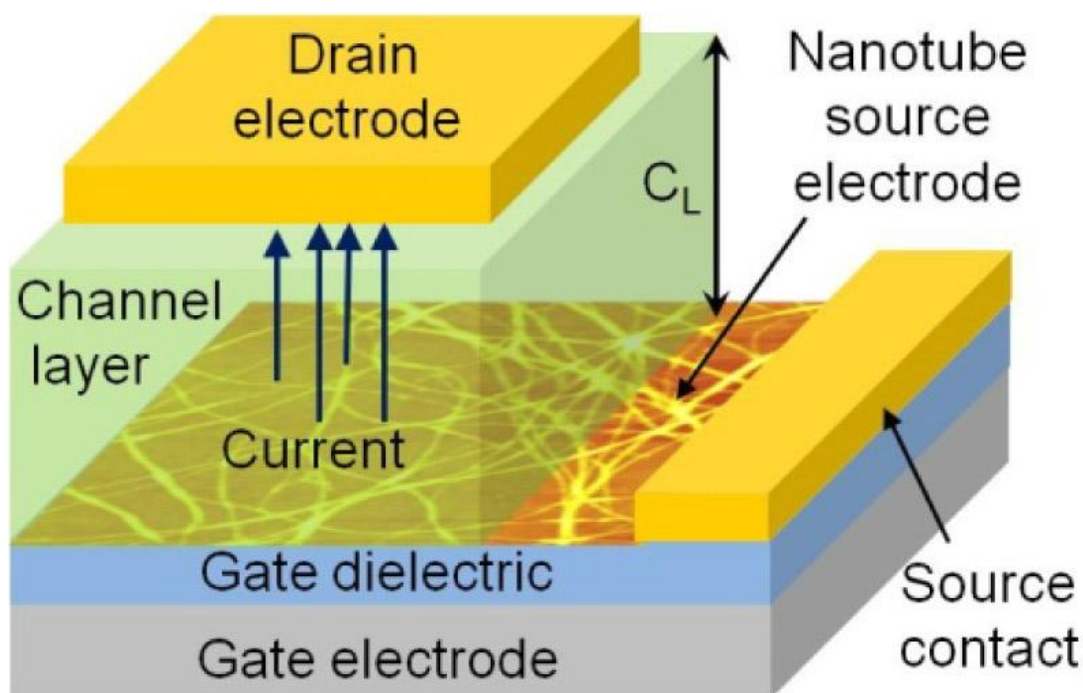


Reaksiya natijasida monomerlardan polimerlar hosil bo'lishi polimerlash deyiladi. Polimerlash natijasida moddalarning molekulyar massasi, suyuqlanish va qaynash harorati ortadi; polimerlash jarayonida modda gaz yoki suyuq holatdan, quyuq yoki qattiq holatga o'tadi.

Polimerlar, asosan, chiziqli va fazoviy polimer guruhlariga bo'linadi. Chiziqli polimer molekularining tuzilishi zanjir va tola ko'rinishida bo'ladi. Tabiiy kauchuk, polietilen, siloksan kauchuklari chiziqli polimerlarga misol bo'ladi. Fazoviy (yoki tarmoqlangan) polimer molekular uchala koordinata o'qlari bo'yicha tekis joylashib, ixcham tuzilishga ega qaytariluvchi guruhlardan tashkil topadi. Chiziqli va fazoviy polimerlar xossalari jihatidan bir-biridan keskin farq qiladi. Chiziqli polimerlar egiluvchi qayishqoq bo'lib, harorat ta'sirida ularning ko'pchiligi avval yumshab, so'ngra eriydi. Fazoviy polimerlar esa eriydigan qattiq

¹⁹⁸ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 115-118 bet]

holatda bo'lib, ularga harorat ta'sir ettirilganda kimyoviy yemirilish sodir bo'ladi.¹⁹⁹



Polimerlarning termoplastik va termoreaktiv turlari bo'ladi (10-jadval). Termoplastik (plastik) polimerlar kuzatilganda yumshab, osongina deformatsiyalanadi; erituvchi ta'sirida esa ular oson eriydi, harorat ta'sirida elektr xossalarini deyarli o'zgartirmaydi. Termoreaktiv (reaktoplast) polimerlar qizitilganda qattiq (mexanik mustahkam) holatga o'tib, egiluvchanlik va eruvchanlik xususiyatlarini yo'qotadi. Harorat ta'sirida ushbu materiallar fazoviy polimerlarga o'xshash tuzilishga ega bo'ladi. Polietilenning asosiy mexanik va fizik xossalari (1-jadvalda) keltirilgan.

So'nggi yillarda issiqlik ta'siriga chidamli termoplastik materiallar (poliimid, politetraftoretlen) ishlab chiqarilgan bo'lib, ular yuqori haroratda ishlay olish xususiyatiga egadirlar.

2.Tabiiy qatron

Tabiiy qatron o'simlik va biogen birikmalaridan tashkil topgan organik moddadir. Tropik o'simliklarda tabiiy qatron ko'p bo'ladi. U past haroratda amorf holatda bo'lib, qizdirilganda avvaliga yumshab, plastik so'ngra esa suyuq holatga o'tadi. Elektr texnikada ishlatiladigan tabiiy qatron suvda erimaydi, ammo spirtida, efirda va o'zi bilan kimyoviy tabiati bir xil bo'lgan organik erituvchilarda yaxshi eriydi. Hosil bo'lgan eritma quritilganda yupqa parda hosil bo'ladi. Tabiiy qatron yopishqoq bo'lib, suyuq holatdan qattiq holatga o'tishida jism yuzasiga mustahkam yopishadi. Bu material kompaund, plastik massa, sun'iy yoki tabiiy tolasimon materiallarining tarkibiy qismi bo'lib xizmat qiladi.

¹⁹⁹ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 115-118 bet]

Shellak – tropik daraxt qumursqalari (gummilak) mahsuli. Shellak tangasimon ko'rinishli, rangli (och sariqdan qo'ng'ir tusgacha), spirt, aseton va efirda yaxshi eriydi. U eritilgan holatda kanifol, kopol, gliftal, bitum va novalak bilan yaxshi birikadi. Shellakning zichligi $1000 - 1040 \text{ kg/m}^3$, chiziqli kengayish koeffitsienti $4,4 \cdot 10^{-4} \dots 9 \cdot 10^{-5}$ ga teng. Uning dielektrik xossalari quyidagicha: $\epsilon_r = 3,5$; $\text{tg}\delta = 0,01$; $\rho = 10^{13} - 10^{14} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_t = 20 - 30 \text{ MV/m}$.²⁰⁰ Shellakdan qoplovchi yoki yelimlovchi loklar tayyorlanib, ko'pincha, undan elektr asboblarning qismlarini loklashda foydalaniladi

Kanifol – to'q sariq rangli mo'rt modda bo'lib, daraxt yelimidan ajratib olinadi. Kanifol spirt, benzin, benzol, skipidar, aseton, neft va o'simlik moylarida osongina eriydi, suvda esa mutlaqo erimaydi. Uning dielektrik xossalari quyidagicha: $\epsilon_r = 2,8$; $\text{tg}\delta = 0,003$; $\rho = 10^{13} - 10^{14} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_t = 10 - 15 \text{ MV/m}$.²⁰¹

Elektr izolyatsiyasida kanifol lok va kompaund tayyorlashda, qatron tarkibida va yuqori kuchlanishli kabellar uchun neft moyiga qo'shimcha sifatida ishlatiladi.

Qahrabo – och sariq – qo'ng'ir tusli o'simlik maxsulidir. Qahraboning zichligi $1050 - 1096 \text{ kg/m}^3$, yumshash harorati $175 - 200^\circ\text{C}$. Uning dielektrik xossalari: $\epsilon_r = 2,8$; $\text{tg}\delta = 0,001$; $\rho = 10^{15} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $\rho = 10^{15} \text{ Om}\cdot\text{m}$. Bu qatron skipidar, benzin va moylarda yaxshi eriydi. Qahrabo qimmat bo'lganligi sababli, undan faqat maxsus o'lchov asboblari va katta qarshiliklar ishlab chiqarishda foydalaniladi.

1-jadval

Polietilenning asosiy mexanik va fizik xossalari

Ko'rsatkichlar	Yuqori Bosimli	Past bosimli	O'rtacha bosimli
Zichligi, kg/m^3	918-930	954-960	960-968
Mustahkamligi, MPA: cho'zilishda	10-17	18-45	18-40
Egilishda	17-20	18-45	25-40
Siqilishda	14-17	30-36	20-37
Nisbiy cho'zilish, %	15-20	10-12	5-8
ρ , $\text{Om}\cdot\text{m}$	10^{15}	10^{15}	10^{15}
ρ_8 , $\text{Om}\cdot\text{m}$	10^{15}	10^{15}	10^{15}
ϵ_r (1MGs)	2,2-2,3	2,2-2,4	2,3-2,4
$\text{tg}\delta$	$(2-3) \cdot 10^{-4}$	$(2-4) \cdot 10^{-4}$	$(2-4) \cdot 10^{-4}$
E_r , MV/m	45-55	45-55	45-55

²⁰⁰ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 118-121 bet].

²⁰¹ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 115-118 bet]

Erish harorati, °C	108-110	124-132	128-135
Suv yutishi (30 sutka), %	0,02	0,005	0,01
Ish xarorati, °C	90	90	90

3.Sellyuloza

Sellyuloza yuqori molekulali chiziqli polimer bo'lib, yog'ochga ishlov berish orqali olinadi. Sellyuloza yuqori molekulyar massaga ega. Sellyuloza tarkibida qutbli gidroksid guruh bo'lganligi sababli, u qutbli polimer hisoblanadi. Mazkur polimerning dielektrik xossalari quyidagicha: $\epsilon_r = 6,5-7,0$; $tg\delta = 0,005-0,01$.²⁰²

Elektr texnikada izolyatsiya materiali sifatida ko'pgina sellyuloza materiallaridan foydalaniladi. Ulardan elektr mashinasi va transformatorlar uchun turli xil izolyatsiya materiallari yoki konstruksiya detallari ishlab chiqariladi. Sellyuloza asosida olingan qog'oz esa yuqori kuchlanishli kabel, telefon kabeli, transformator va kondensatorlar izolyatsiyasida ishlatiladi.

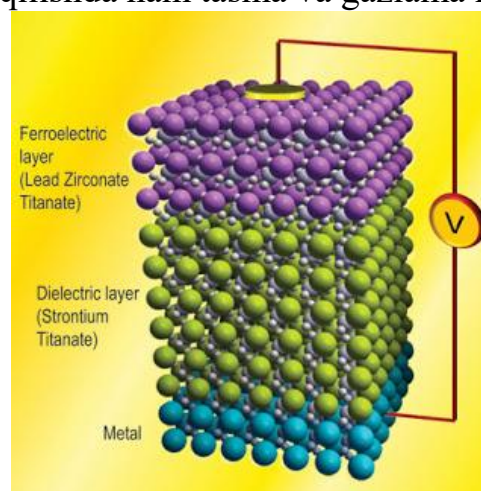
Sellyuloza atsetati yaxshi tozalangan paxta sellyulozasidan olinadi. Bu materialning metilenzloriddagi eritmasidan tola va plyonka olinadi. Ularga egiluvchanlik xususiyatini berish maqsadida eritmaga plastifikator (dibutilftalat) qo'shiladi.

Triatsetat plyonkasi, odatda, elektr mashinasining paz izolyatsiyasida qo'llaniladi.

Nitrosellyuloza loki past kuchlanishli simlarning izolyatsiyasida ishlatiladi. Etilsellyuloza noyob xossalarga ega bo'lganligi sababli, undan kabel sanoatida sim usti va tola yuzasiga qoplama berishda foydalaniladi.

4.To'qimachilik materiallari

To'qimachilik materiallari tarkibi tolalardan iborat xom- ashyoga maxsus ishlov berish orqali olinadi. Elektr izolyatsiyada tola sim va shnur yuzasiga o'rab yoki to'qib chiqiladi. Elektr mashina va apparatlarning asosiy izolyatsiyasini tashqi mexanik ta'siridan himoya qilishda ham tasma va gazlama matolar ishlatiladi.²⁰³



²⁰² [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 115-118 bet]

²⁰³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 118-121 bet].

Tola diametri silindrsimon bo'lmagani sababli, uning qalinligini aniqlashda raqamlash usulidan foydalaniladi. Tola raqami tola uzunligining uning massasiga nisbati orqali aniqlanadi. Demak, tola raqami qancha katta bo'lsa, tola shuncha ingichka bo'ladi. Agar bir necha tolalar birlashtirilib to'qilsa, to'qima qalinligi kasr sonda (75/3) ko'rsatilib, uning suratida tola raqami, mahrajida esa tola soni ko'rsatiladi

Tolasimon materiallar zichligi $920-2500 \text{ kg/m}^3$ atrofida bo'lib, uning quyi chegarasi polietilenga, yuqori chegarasi esa asbest va shisha materiallariga xosdir. Elektr texnikada qo'llaniladigan gazlamalarga misol qilib shifon (qalinligi 0,15 mm), batist (0,12mm) va bo'z (0,40 mm) ni olish mumkin.

Elektr mashina izolyatsiyasida, kabellarda va elektr uskunalarini ta'mirlashda, mitkal va batist tasmalar ishlatiladi. Bu tasmalarning eni 10 mm bo'lib, qalinligi kiper tasma 0,45 mm, mitkal va batistda -0,12 mm qilib olinadi.

Tabiiy shoyi tolasining tashqi qismi ipak yelimi seritsin bilan qoplangan bo'ladi. Izolyatsiyada ishlatiladigan ipak tolasini seritsin va boshqa material qo'shimchalaridan tozalanadi. Tabiiy shoyi tolalari juda ingichka bo'lib, sim yuzalariga qoplama sifatida ishlatiladi. Bu material yaxshi dielektrik xossaga va mustahkamlikka ega. Tabiiy ipak gazlamalariga lok shimdirish orqali mexanik va elektr mustahkamligi yuqori bo'lgan materiallar olinadi. Bunday shoyi to'qimalaridan shoyi-slyuda tasmalari ishlab chiqariladi. Izolyatsiyada ishlatiladigan shoyi gazlamalarning qalinligi 0,07-0,08 mm bo'lib, ulardan juda yupqa izolyatsiya qatlami tayyorlanadi. Shoyi ishlatib tayyorlangan izolyatsiya yuqqaligi va nafisligi bilan ajralib turadi. Sintetik tola va ulardan olingan turli materiallar elektrotexnikada triatsetat shoyisi, kapron, lavsan nomi bilan tanishdir.²⁰⁴

Triatsetat shoyisi asosan triatsetat sellulyozasi eritmasidan tayyorlanadigan tolalardan ishlab chiqariladi. U sim va kabellarning izolyatsiyasida ishlatiladi. Kapron gazlamasi kapron tolalaridan tayyorlanadi, olinadigan lavsan gazlamasi yoki tasmasi polietilentereftalatdan olinadigan lavsan tolalaridan tayyorlanadi. Bu gazlamalardan, o'z navbatida, mitkal va batist deb nomlangan tasmalar tayyorlanadi. Mazkur tasmalarning eni 15-30 mm, qalinligi 0,14-0,16mm bo'lib, ular qayishqoqligi va mexanik mustahkamligi bilan ilgarigilaridan farq qiladi.

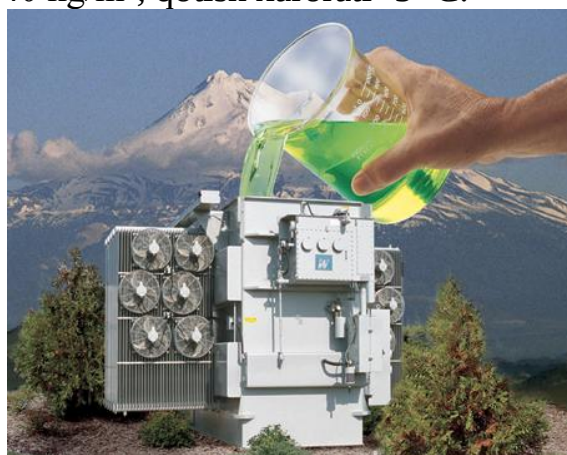
5.O'simlik moylari

O'simlik moylari turli o'simlik urug'laridan olinadi. Elektr texnikada yorug'lik, issiqlik, kislorod va boshqa ta'sirlar ostida qotadigan o'simlik moylari katta ahamiyatga egadir. Biror-bir mato yoki qattiq jism yuzasiga yupqa surtilgan moyning qurishi natijasida qattiq yaltiroq va jismga yaxshi birikkan qoplama hosil bo'ladi.

²⁰⁴ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 118-121 bet*].



Moylarni quritish tezligi haroratini oshirish, yorug'lik ta'sir ettirish yoki biror turdagi katalizator (sikkativ) qo'shish orqali amalga oshiriladi. Quriydigan moylar kimyoviy tarkibi bo'yicha glitserin efiri va organik kislotalardan tashkil topadi. Eng keng tarqalgan quriydigan moylarga zig'ir va tung moyi misol bo'ladi. Zig'ir moyining zichligi 930 kg/m^3 , qotish harorati -20°C ga teng. Tung moyi zaqrarli bo'lib, zichligi 940 kg/m^3 , qotish xarorati -5°C .²⁰⁵



U o'zining tez qotishi va nam yutmaydigan ancha qalin qatlam hosil qilishi bilan ajralib turadi. Ushbu moylar elektr texnikada, asosan, lok loklangan gazmollar tayyorlashda va yog'och materiallarni shimdirishda ishlatiladi.

Kanakunjut moyi ham o'simlik urug'idan olinib, uning zichligi $950-970 \text{ kg/m}^3$, qotish harorati $-10 \div -18^\circ\text{C}$, dielektrik xossalari: $\epsilon_r = 4,0-4,5$; $\text{tg}\delta = 0,01-0,03$; $E_m = 15-20 \text{ MV/m}$. Bu moy etil spirtida eriydi. Undan qog'ozli kondensatorlarni shimdirishda foydalaniladi.

6. Bitumlar

Bitum – murakkab uglevodorod birikmalaridan iborat bo'lgan, qora yoki to'q qo'ng'ir rangli termoplastik amorf gigroskopik bo'lmagan va o'ziga suv singdirmaydigan materialdir. U benzol va toluolda oson eriydi, spirt va suvda esa mutlaqo erimaydi. Tabiiy (qazib olinadigan) bitum *asfalt* deb ham ataladi.

²⁰⁵ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 118-121 bet].



Sun'iy bitum neftni qayta ishlash orqali olinadi. Neftdan olinadigan bitumlarga BN-III, BN-IV, BN-V navli bitumlar hamda qiyin eruvchan bitumlar misol bo'ladi. Mazkur bitumlarning yumshash harorati $50 \div 125^\circ\text{C}$ ni tashkil etadi.

Asfalt yaxshi elektr izolyatsiya xossasiga ega bo'lib, mo'rt va qattiqdir. Uning yumshash harorati 200°C gacha yetadi.

Bitumlarning dielektrik xossalari quyidagicha: $\epsilon_r = 2,5-3,0$; $\text{tg}\delta = 0,01$; $\rho = 10^{13}-10^{14} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_m = 10-25 \text{ MV/m}$. Bitumlar, asosan, lok va kompaundlar tayyorlashda ishlatiladi.

7.Mumsimon dielektriklar

Mumsimon dielektriklar kristall tuzilishi jihatidan qatron va bitumlardan farq qilib, qattiq holatdan suyuq holatga o'tishda o'zining aniq haroratiga egadir. Bu materiallardan elektr izolyatsiyasida shimiluvchi va quyiluvchi moddalar sifatida foydalaniladi. Ulardan foydalanilganda kondensator va boshqa elektr asboblarning konstruksiyalarini soddalashtirish imkoni yaratiladi.

Mumsimon dielektriklar nanga chidamli bo'lgani sababli, ular qo'llanilgan konstruksiyalarni zichlash (germetizatsiyalash) talab etilmaydi. Mazkur dielektriklarning asosiy kamchiligi qotishda ular hajmiy kirishishining nisbatan yuqoriligidir (15-20%).

Qutblilik darajasi bo'yicha mumsimon dielektriklar uch guruhga bo'linadi: 1) qutbsiz (parafin, serezin); 2) qisman qutbli (polietilen, poliizobutilen); 3) qutbli (olevaks).

Polietilen va poliizobutilen mumi yuqori kuchlanishli kabelning qog'oz izolyatsiyasini shimdirishda qo'llaniladi. Ular oq yoki kul rang, solishtirma hajmiy qarshiligi yuqori ($\rho = 10^{14} \text{ Om}\cdot\text{m}$) dielektriklardir. Polietilen mumi shimiluvchi kabel moylari (MN-3, MN-5) tarkibida kanifol bilan birgalikda, poliizobutilen mumi esa MN-4 navli shimiluvchi moy tarkibida qo'llaniladi.²⁰⁶

Parafin rangsiz, hidsiz, kristall strukturali mumsimon modda bo'lib, benzol, neft moylari, benzin va efirda yaxshi eriydi. Parafin parafinli neft distillatini qayta ishlash orqali olinadi. Parafinning bir nechta turi bo'lib, ular bir-biridan erish harorati bilan farq qiladi. Parafinning erish harorati qancha yuqori bo'lsa, uning sifati shuncha yaxshi hisoblanadi. Parafinning zichligi $850-900 \text{ kg/m}^3$, erish harorati $50-62^\circ\text{C}$, dielektrik xossalari: $\epsilon_r = 2,1-2,2$; $\text{tg}\delta = 0,0003-0,0007$; $\rho = 10^{13}-10^{15} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $\rho_s = 10^{15}-10^{16} \text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_m = 20-30 \text{ MV/m}$. Sifatli tozalangan parafin navi B₁-B₄ o'rtacha tozalikdagisi T, C va tozalanmagani H_c, H_b harflari orqali

²⁰⁶ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 118-121 bet].

belgilanadi. Parafin kondensator izolyatsiyasini shimdirishda, uning serezin bilan aralashmasi esa sim va kabel o'ramlarida ishlatiladi.

Serezin neft mahsulotlaridan olinib, dielektrik xususiyatlari jihatidan parafindan ustun turadi. Serezinning erish harorati 65-85°C, undan qayishqoq yupqa qoplama olish mumkin. Serezin kabel sanoatida rezina mahsulotlari tayyorlashda (rezinaning yorug'lik nuriga chidamliligini oshiradi) ishlatiladi.

Sintetik serezin och sariq rangli kristall strukturali modda bo'lib, qog'oz slyuda izolyatsiyali kondensatorlar tayyorlashda ishlatiladi.

Vazelin - qattiq va suyuq uglevodorodlar aralashmasidan tashkil topgan quyuc moddadir. Uning dielektrik xossalari quyidagicha: $\epsilon_r = 0,0002$; $\rho = 5 \cdot 10^{12} \text{ Om} \cdot \text{m}$; $E_m = 20 \text{ MV/m}$. Vazelin kondensatorlarni to'latishda yoki ularning qog'ozli izolyatsiya tasmalarini shimdirishda ishlatiladi.

Olevaks - kanakunjut moyini gidrogeneratsiya qilish usuli orqali olinadigan yaxshi dielektrik xossali moddadir. Olevaksning dielektrik singdiruvchanligi yuqori bo'lganligi sababli, undan kondensatorlar sig'imini oshirishda foydalaniladi.

8. Lok va kompaundlar

Lok tabiiy va sintetik qatronlar, bitum, quriydigan moy, tsellyuloza efiri va boshqa birikmalarning kolloid eritmasidir. Lokning qurish jarayonida uning tarkibidagi erituvchi moddalar uchib ketadi, natijada lok pardasi hosil bo'ladi. Alifatik (benzin, uayt-spirit, kerosin) va aromatik (toluol, ksilol, solvent) uglevodorodlar organik erituvchilarning keng tarqalgan xillaridir.²⁰⁷

Vazifasiga ko'ra elektr izolyatsiya loklari uch guruh (*shimiluvchi*, *qoplovchi* va *yelimlovchi*)ga bo'linadi.

Shimiluvchi loklar g'ovak va tolasimon izolyatsiya materiallari (qog'oz, yog'och, gazlama)ga shimilishi natijasida ular hajmidagi havo bo'shliqlarini siqib chiqaradi. Lok qurigandan so'ng izolyatsiya materialining mexanik va elektr mustahkamligi keskin ortib, uning gigroskopiklik xususiyati kamayadi; issiqlik o'tkazuvchanligi yaxshilanib, izolyatsiyaning issiqqa chidamliligi ortadi. Mazkur loklardan elektr mashina va apparati chulg'amlarini shimdirishda, lokli gazmollar va qatlamli plastiklar ishlab chiqarishda foydalaniladi.

Qoplovchi loklar qattiq izolyatsiya materiallari yuzasiga surtilishi natijasida silliq, yaltiroq, mexanik mustahkam, namga chidamli qoplama olinadi. Qoplama loki izolyatsiya qarshiligini keskin oshirib, yuzani zaryaddan yaxshi muhofaza qiladi. Ushbu lok yuzani kimyoviy erituvchi va boshqa reagentlarga bardoshli qilishi bilan birga unga chang o'tirishini ham kamaytiradi.

Bunday loklar suyuq holatda sim yoki po'lat varaqlarga yupqa qilib surtiladi. Natijada, metall yuzasida kerakli xossaga ega elektr izolyatsiya qoplamasi hosil bo'ladi.

²⁰⁷ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 119-120 bet].

Yelimlovchi loklar ikki qattiq izolyatsiya materialini o'zaro yoki izolyatsiya materialini metall bilan biriktirish vazifasini o'taydi. Bu loklarga materiallarni yaxshilab yelimlash bilan birga yuqori darajali elektr izolyatsiya xossasini berish vazifasi ham yuklatiladi. Yelimlovchi loklar materiallarni biriktirish bilan birga ularga shimilishi ham shart. Bunday loklar xona haroratida qurish xususiyatiga egadir. Odatda, yuqori harorat va kerakli muhitda quritiladigan loklardan yaxshi va sifatli parda va hamda qoplamalar olinadi.

Qatronli loklar sintetik, sun'iy va tabiiy qatron eritmalaridan iboratdir. Ularga quyidagilarni misol qilib keltirish mumkin:

Bakelit loki bakelitning spirtidagi eritmasi bo'lib, termoreaktiv turdagi lok hisoblanadi. Bu lok shimiluvchi yoki biriktiruvchilik vazifasini o'taydi. Bakelit loki quritilganda jism yuzasida qayishqoq bo'lmagan qattiq parda qatlami hosil bo'ladi. Bu lok getinaks, tekstolit ishlab chiqarishda, elektr apparatlarining izolyatsiyasida shimiluvchi sifatiga keng qo'llaniladi.²⁰⁸

Gliftal loki gliftal qatronining spirtlarning suyuq uglevodorodlar aralashmasidagi eritmasi bo'lib, termoreaktiv yelimlovchi lok hisoblanadi. Undan mikanit va mikalentarlarni biriktirishda foydalaniladi.

Sellyuloza loki - sellyuloza efirining eritmasidir. Bu lok quriganda hosil bo'lgan parda qatlami termoplastikligi bilan ajralib turadi. Nitrolak qurishidan hosil bo'lgan pardalar yaltiroq, mexanik mustahkam bo'lib, havo, namlik va moy ta'siriga chidamlidir. Mazkur lok, asosan, sim yuzasidagi qog'oz-paxta o'ramini shimdirish uchun qo'llaniladi.

Moyli lok asosini zig'ir va tung kabi quriydigan moylar tashkil etadi. Quritish jarayonini tezlatish maqsadida ushbu loklarga erituvchi modda qo'shiladi. Bunday erituvchilarga benzin, kerosin va boshqalar misol bo'la oladi. Tarkibida bitumi bo'lmagan moyli lokning ranggi tiniq bo'lib, u mato va qog'oz izolyatsiyasini, shuningdek, elektr mashina va apparatlari chulgamlarini shimdirishda keng qo'llaniladi. Bu lok termoreaktiv bo'lganligi sababli, transformator chulg'amini shimdirishda juda qo'l keladi, hosil qilingan qoplama esa transformator moyida yaxshi ishlaydi. Issiqlik ta'sirida tez qotadigan moyli lok elektr mashina va apparatlarning magnit o'zaklaridagi po'lat varaqlarni sirlash uchun ishlatiladi. Bu po'lat varaqlar bir-biridan izolyatsiya qilinsa, o'zgaruvchan tokli magnit maydonida sodir bo'ladigan uyurma tok hisobiga vujudga keladigan dielektrik isroflar birmuncha kamayadi.

Qora bitumli lok tarkibiga bitumlar kiradi. Bu lok moyli lokka nisbatan arzon, yuqori elektr izolyatsiya va kam gigroskopik xossali parda hosil qiladi. Qora bitumli lok asosidagi izolyatsiya eskirishga chidamli bo'lsa ham, lekin erituvchi va moy ta'siriga chidamsizdir.²⁰⁹

Organik erituvchiga bitum qo'shib hosil qilingan eritma, **sof bitum loki** deyiladi. U oddiy sharoitda quritiladi. Sof bitum loki, asosan, turli metall yuzalarini korroziyadan muhofaza qilishda qo'llaniladi.

²⁰⁸ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 118-121 bet].

²⁰⁹ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 118-121 bet].

Moy-bitumli lokning tarkibida bitumdan tashqari, quriydigan moy ham bo'ladi. Mazkur lokning xossalari sof bitumli loklarga nisbatan qayishqoqligi va chidamliligi bilan farq qiladi. Moy-bitumli loklarning erituvchilari qatoriga benzol, toluol va skipidarni kiritish mumkin. Bu loklar transformator chulg'amlarini shimdirishda ishlatiladi.

Moy-qatronli loklar tarkibida tabiiy va sintetik qatronlar bo'lib, qayishqoqligi, yelimlash xususiyati, kam gigroskopikligi va issiqqa chidamliligi bilan ajralib turadi. Bu moylar transformator chulg'amlarini qoplashda ishlatiladi, hosil bo'lgan qoplama chulg'amni moy kislota bug'laridan yaxshi himoya qiladi.

Loklar harf va raqamlar bilan belgilanadi. Harflar lokli asosning tarkibini, birinchi raqam lokning qayerda qo'llanilishini, keyingi raqamlar esa lokning muayyan turini bildiradi. Elektr izolyatsiyasida ishlatiladigan, shimiladigan loklarga fenolli (FL-98), poliuretanli (UR-9144), kremniy-organikli (KO-964) va moy-gliftalli (GF-95) loklarni misol tariqasida keltirish mumkin.

Ko'pgina loklarni tayyorlash jarayoni murakkab bo'ladi. Bunda, avvalo, lokli asos tayyorlab olinib, so'ngra u erituvchida eritiladi va mazkur eritmadan turli qo'shimchalar chiqarib yuboriladi.

Nazorat savollari:

- 34.Organik dielektriklar deganda nimani tushunasiz?
- 35.Yuqori molekulali materiallarga turlari?
- 36.Sun'iy ravishda olinadigan yuqori molekulyar materiallar nechta turkumga ajratilish mumkin?
- 37.Organik dielektrlarda elektr issiqlik kimyoviy va ionizatsiya teshilishlari kuzatiladimi?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 115-121 bet

18-MA'RUZA

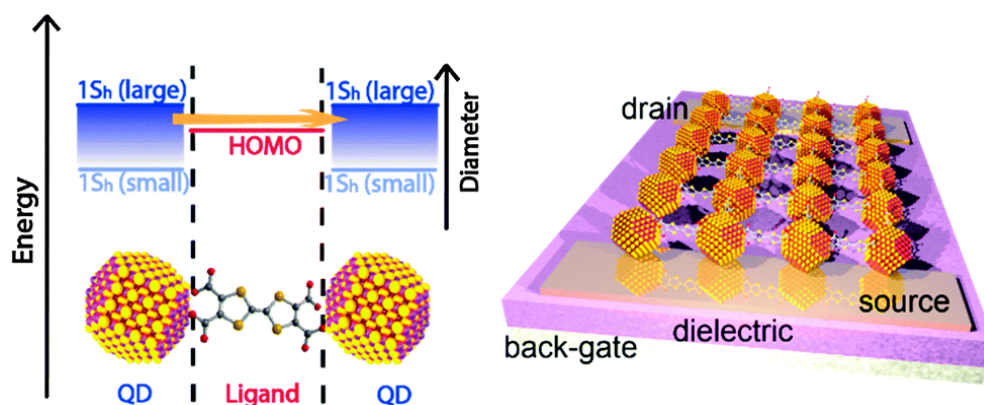
ORGANIK VA ANORGANIK DIELEKTRIKLAR

Reja:

- 1. Anorganik dielektriklar**
- 2.Shisha**
- 3.Sopol materiallar**

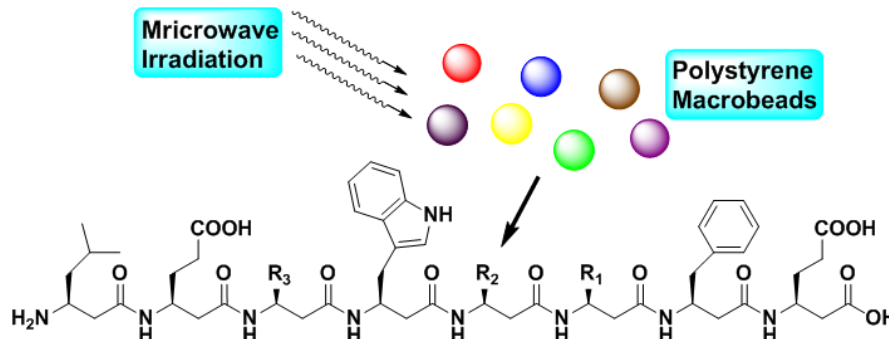
1. Anorganik dielektriklar

Anorganik dielektrlarga shisha, sitall, sopol, slyuda va slyudali materiallar kiradi. Bu materiallar issiqqa chidamlilik, eskirmaslik, turli xil nurlanishga bardoshlilik, kimyoviy chidamli, siqilishga bo'lgan mexanik mustahkamlik va metall bilan birikkanda zich birikma hosil qilish xususiyatlariga ega.



Anorganik materiallar oddiy usullarda ishlab chiqariladi. Bu materiallarning kamchiliklari sifatida ularni mo'rtligini, cho'zilishidagi mustahkamligining pastligini va zichligi katta qiymat (**$2500-8000 \text{ kg/m}^3$**) ga ega anorganik materiallar o'zida turli xil metall (alyuminiy, titan, kalsiy, natriy va hokazo) oksidlarini jamlagan murakkab birikmani tashkil etadi. Ularning ion tuzilishli moddalar qatoriga kiradi.²¹⁰

Normal haroratda anorganik materiallari elektr o'tkazuvchanligi ionli xarakterga ega bo'ladi. Bu asosan, ionli qo'shimchalarning mavjudligi bilan tushuntiriladi. Elektron o'tkazuvchanlik esa faqat yuqori kuchlanishda kuzatiladi. Anorganik dielektrik materiallar uchun **$\text{tg}\delta \approx 10^{-4} \div 10^{-2}$** oralig'ida bo'ladi. Bu dielektrlarda qutblanishni elektron, ion, elektron-relaksatsiya va spontan ko'rinishlari kuzatiladi. Dielektrik singdiruvchanlik qiymati esa uchdan bir necha o'n minggacha oraliqda bo'ladi.

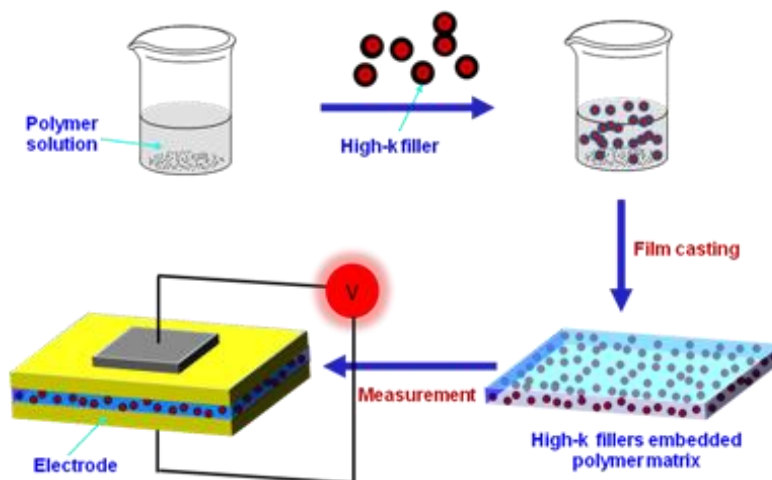


Anorganik dielektrlarda elektr issiqlik, kimyoviy ionizatsiya teshilishlari kuzatiladi. Mazkur dielektrik materiallarning elektr mustahkamligi katta oraliqda ($5-700 \text{ MV/m}$) o'zgaradi. Ularning issiqqa chidamliligi $400-1500^\circ\text{C}$ ni tashkil etadi. Ba'zi sopol materiallar signet va piezoelektrik xossalarga ega bo'ladi.²¹¹

²¹⁰ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 121-123 bet]

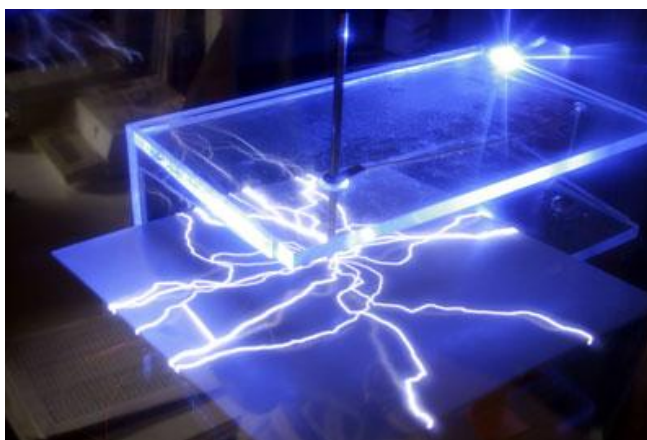
²¹¹ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 121-123 bet]

Anorganik materiallarning radiatsiya nurlanishiga bo'lgan chidamliligi organik materiallarga nisbatan ancha yuqoridir. Ana shu xususiyatlar anorganik materiallarni xalq xo'jaligining ko'p sohalarida qo'llash imkonini beradi.



2.Shisha

Shisha murakkab tuzilishli birikmalardan tashkil topgan bo'lib, uning tarkibiga turli metall oksidlari kiradi. Shisha tuzilishi jihatidan bir jinsli bo'lmagan amorf moddalar qatoriga kiradi. Boshqa anorganik materiallardan farqli o'laroq, shisha quyidagi xossalari bilan ajralib turadi: yupqa parda va tolalar olinishi; optik jihatdan tiniqligi; turli xil metallar bilan birikishi; yuzasining tekisligi; mo'rtligi; namga chidamliligi.



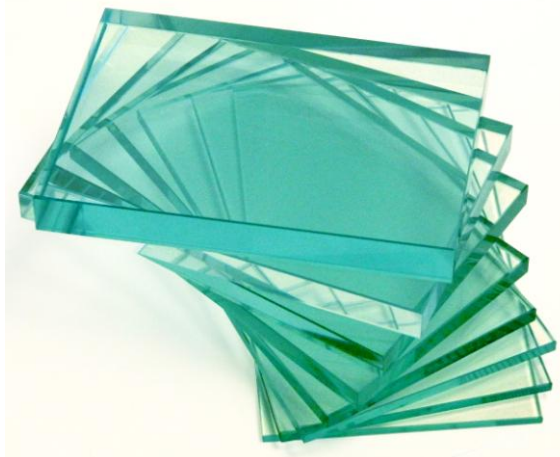
Shisha tarkibiga shisha hosil qiluvchi oksidlar (SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5) hamda uning erish haroratini pasaytiradigan ishqorli oksidlar (Li_2O , Na_2O , K_2O) ishqorli yer metallarining oksidlari (CaO , MgO , BaO va ZnO , Al_2O_3 , BeO) shuningdek, shisha tarkibini o'zgartiradigan boshqa qo'shimchalar kiradi. Shisha hosil qiluvchi oksidlar silikatli (SiO_2), alyuminsilikatli ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$), borsilikatli ($\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$), titansilikatli ($\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$), sirkonatsilikatli va alyumin-borsilikatli ($\text{SiO}_2\text{-ZnO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$) turlarga bo'linadi.

Texnik shisha quyidagi xillarga bo'linadi:

1. Tarkibida og'ir metall oksidi bo'lmagan ishqorli shisha,
2. Tarkibida bir qancha og'ir metall, oksidlari bo'lgan ishqorli shisha;
3. Tarkibida ishqor bo'lmagan sof shisha (kvars)larga bo'linadi. Silikatli va borli sof shishalar tarkibida SiO_4 , B-O_3 elementlari bo'ladi. Tarkibiga oksidlar

kiritilgan shisha g'ovaklashadi. Bir valentli metall ionlari shishaning dielektrik xossalari, issiqqa va namlikka chidamliligini keskin kamaytiradi.

Shishaning yumshash haroratlarining oralig'i katta bo'lganligi sababli, undan mahsulot tayyorlash jarayoni oddiy bo'ladi. Suyuq shisha harorati 800-900°C atrofida bo'lganda undan turli xil mahsulotlar tayyorlanadi. Shisha mahsulotlari puflash, siqish, cho'zish va bosim bilan ishlov berish usuli yordamida tayyorlanadi. Tayyor shisha mahsuloti tezlik bilan sovitsa, unda ichki mexanik kuchlanganlik yuzaga keladi. Shisha yemirilishining oldini olish maqsadida uni qayta qizdirib, ichki kuchlanganlik bartaraf etiladi.



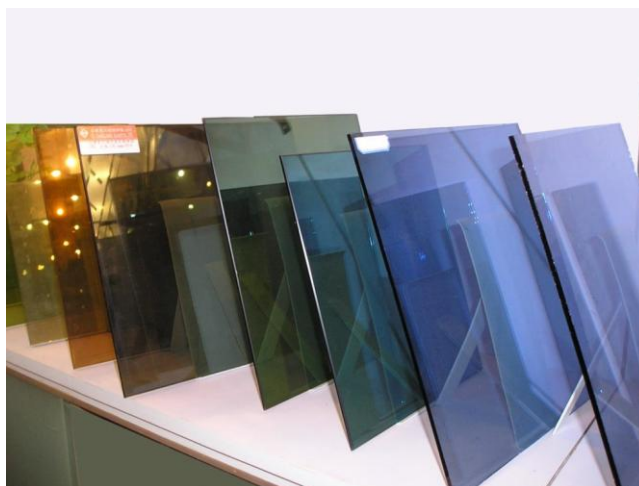
Odatda shishaning bir qancha turiga pardozi berish mumkin bo'lib, ular kesilish xossasiga ham egadir. Shishadan aniq o'lchamli juda yupqa mahsulot ishlab chiqarish uchun uning tarkibiga mis, kumush, oltin, platina zarrachalari kiritiladi. Bunda shishaning yorug'likka nisbatan sezuvchanlik xossasi ham oshadi. So'ngra, fotokimyoviy usul yordamida shishadan aniq o'lchamli mahsulot tayyorlanadi.²¹²

Nur ta'sir ettirib yoki termik ishlov berib, shisha tarkibida tekis kristallanish amalga oshiriladi. Buning natijasida shishaga kerakli xossalarni berish mumkin.

Shishaning solishtirma hajmiy qarshiligi 10^9 - 10^{18} Om·m bo'lib, bunda ρ ning yuqori qiymati kvarsiga va quyi qiymati ishqorli shishaga taalluqlidir. Tarkibida ikki yoki uch xil ishqorli oksidlari bo'lgan shishaga ishlov berish (neytralizatsiyalash) orqali unda elektr o'tkazuvchanlik holati yuzaga keltiriladi. Agar ishqorli shisha tarkibiga ikki valentli metall (Ba, Pb) oksidlari kiritilsa, strukturasi mustahkamlanishi hisobiga ρ qiymati ortadi; harorat ortishi natijasida ionlarning siljuvchanligi ortib, shishaning elektr o'tkazuvchanligi ko'tariladi. Odatda, shisha yuzasiga nam o'tirishi natijasida ρ_s qiymatidan anchagina (10 barobar) past bo'ladi. Shishada ρ_s qiymatni oshirish uchun, uning yuzasiga himoya qatlami (KO loki) yuritiladi yoki kimyoviy ta'sirga bardoshli shisha qo'llaniladi.²¹³

²¹² [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 123-125 bet]

²¹³ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 123-125 bet]



Sof shishalarda, asosan, elektron va ion qutblanish sodir bo'lishi sababli, unda ϵ_r qiymati kichik ($3,1 \div 3,2$) bo'ladi. Agar shishaga ishqorli og'ir metall oksidlari kiritilsa, unda ion-relaksatsiya qutblanishi kuzatilib, materialning qiymati 20gacha ortadi.

O'zgaruvchan elektr maydonida va past chastotalarda shishadagi dielektrik isroflar o'tkazuvchanlik hisobiga sodir bo'lsa, yuqori chastotalarda bu hodisa ion-relaksatsiya qutblanish hisobiga sodir bo'ladi. Tarkibida metall ionlari bo'lgan shishada $\text{tg}\alpha$ qiymati yuqori bo'ladi.

Sof shisha, ishqorsiz yoki tarkibida og'ir metall oksidlari bo'lgan ishqorli shishalar yaxshi dielektrik hisoblanadi. Shisha harorati oshirilganda, kuchsiz bog'langan ionlarning soni ko'payishi hisobiga dielektrikning elektr o'tkazuvchanligi ortadi. Ion-relaksatsiya qutblanishi natijasida shishada $\text{tg}\alpha$ qiymati yuksala boradi. Yuqori chastota va harorat oraliqlarida shishada $\text{tg}\alpha$ qiymati o'zgarishsiz bo'ladi.²¹⁴

Yuqori kuchlanishlarda shishada elektr va issiqlikdan teshilish hodisasi sodir bo'ladi. Bir jinsli maydonda, yupqa ($50\text{-}100\text{ mkm}$) shishada elektr teshilishi $E_T=100\text{-}600\text{ MV/m}$, qalin shishada esa, issiqlik teshilishi $E_T=15\text{-}30\text{ MV/m}$ sodir bo'ladi.



Shishaning solishtirma og'irligi $2000\text{-}8100\text{ kg/m}^3$, cho'zilishdagi mexanik mustahkamligi $100\text{-}300\text{ MPa}$, shishaning yumshash harorati $400\text{-}1600^\circ\text{C}$ oralig'ida bo'ladi. Texnik shishaning dielektrik xossalari: $\epsilon_r=3,8 \div 16,2$; $\text{tg}\delta=0,002 \div 0,01$; $\rho=10^6\text{-}10^{15}\text{ Om}\cdot\text{m}$; $E_T=500\text{ MV/m}$ ga teng bo'ladi.

²¹⁴ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 123-125 bet*]

Shisha elektr texnikada keng qo'llaniladi. Undan, asosan, yuqori kuchlanishli izolyatorlar, turli izolyatsiya mahsulotlari, shuningdek, egiluvchan, o'ta ingichka (4-16 mkm) uzun tolalar tayyorlanadi. Tola olish uchun shisha siniqlari maxsus teshik-filerlarda eritiladi, so'ngra uni oqizib, o'rab olinadi yoki kerakli uzunlikda kesiladi. Bir nechta shisha tolalarni o'zaro birlashtirib, shisha ipi olinadi. Ulardan tasma, turli matolar ishlab chiqariladi. Shisha tolalarining organik tolalardan ustunligi ularning yuqori haroratga bardoshliligi, yuqori mexanik mustahkamlik va dielektrik xossalarga egaligi va kam miqdorda nam singdiruvchanligidadir. Shisha tolasidan yasalgan qalamchalarning cho'zilishga bo'lgan mustahkamligi po'latning mustahkamligidan qolishmaydi.

Kvarsli shisha kondensatorlarda, induksion g'altaklarda, vakuumli asboblarda va hokazolarda qo'llaniladi. Kam ishqorli va ishqorsiz shishalardan yuqori kuchlanishli va yuqori chastotali asboblarning kondensatorlarida, impulsli generatorlarda keng foydalaniladi.

Ayrim turdagi shishalar lampalar tayyorlashda ishlatiladi. Tola va to'qima tayyorlashda ishqorsiz shisha qo'llaniladi. Shisha tola va to'qimalardan mexanik mustahkamlikka ega shisha plastlari tayyorlanadi. Ular issiqqa chidamli kabel izolyatsiyalarida qo'llaniladi. Shisha to'qimalarining tarkibida havo bo'shliqlari bo'lgani sababli, ularning dielektrik xossalari shisha tolasinikiga nisbatan yuqoridir. Masalan, shisha tolasida $\text{tg}\delta=4,5\cdot 10^{-3}$; $\epsilon_r=9,2$ bo'lsa, shisha to'qimada $\text{tg}\delta=1\cdot 10^{-3}$; $\epsilon_r=1,8-2,0$ bo'ladi. Shisha to'qimalar issiqlik va γ nurlari radiatsiyasi ta'siridan himoya qiluvchi vosita sifatida ham qo'llaniladi. Plyonka shisha qalinlikda ishlab chiqariladi. Agar plyonkaning qalinligi kamaytirilsa, uning egiluvchanligi va E_T , qiymati ortadi. Bunday plyonkalarining elektr mustahkamligi $E_T=70-600$ MV/m ni tashkil etadi. Plyonka shisha elektr mashinasining izolyatsiyasida, kondensator, mustahkam shisha qatlamlari tayyorlashda qo'llaniladi.²¹⁵

Ko'piksimon shisha yengil, mexanik mustahkam, yaxshi dielektrik xossali, issiqqa chidamli material bo'lgani uchun u radio qurilmalari va issiqlik izolyatsiyalarida ishlatiladi.

3.Sopol materiallar

Sopol - toshsimon anorganik material bo'lib, anorganik plastmassa yoki uning kukuniga yuqori haroratda ishlov berish orqali olinadi. Sopol materiallarda, asosan, kristall, shishasimon va gaz fazalari bo'ladi.

Kristall faza sopolning asosiy xossalari (ϵ_r , $\text{TK}\epsilon$, $\text{tg}\delta$, E_T , ρ , σ va hokazolar) ni aniqlaydi. Bu faza, asosan, kislorodli birikma va ularning qattiq qotishmalari (SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 va hokazo) yoki kislorodsiz birikma (Nb, N, Si, NaI) lardan iboratdir.

Qo'llanilishi bo'yicha sopol quyidagi turlarga bo'linadi:

o'rnatiluvchi buyumlarda ishlatiladigan sopollar;

kondensatorda ishlatiladigan sopollar;

signet sopoli; pyezosopollar.

²¹⁵ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 123-125 bet*]

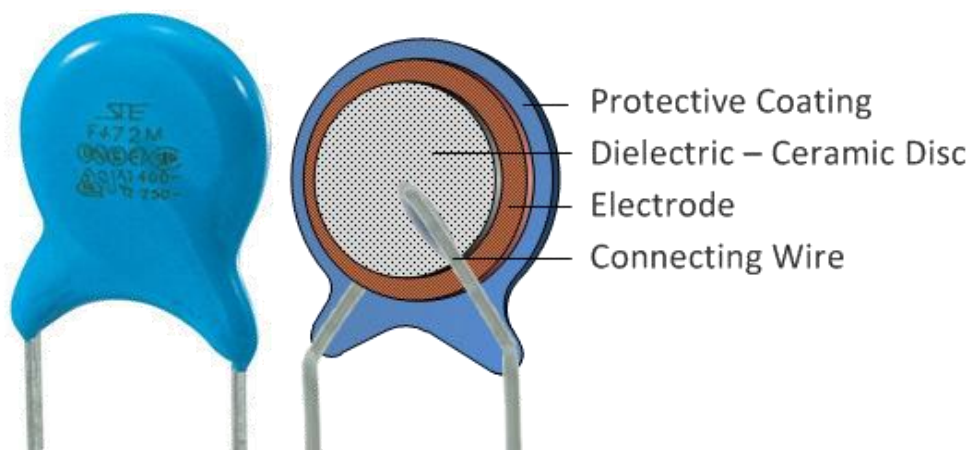
O'rnatiluvchi buyumlarda qo'llaniladigan, ϵ_r ning kichik qiymatlariga ega materiallar: $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$; $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$; $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$; $\text{ZrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$.²¹⁶



Kondensatorlarda qo'llaniladigan ϵ_r ning yuqori qiymatlariga ega sopol materiallar: $\text{ZrO}_2\text{-TiO}_2$; $\text{CaZrO}_3\text{-CaTiO}_3$; $\text{MgTiO}_4\text{-CaTiO}_3$; $\text{CaSnO}_3\text{-CaZnO}_3\text{-CaTiO}_3$.

Pyezoelektrik va segnetoelektriklar uchun qollaniladigan materiallar: $\text{BaTiO}_3\text{-SrTiO}_3\text{-CaTiO}_3$; $\text{BaTiO}_3\text{-BaZrO}_3$, $\text{MaTiO}_3\text{-BaSnO}_3$; $\text{SrTiO}_3\text{-Bi}_2\text{O}_3\cdot 3\text{TiO}_2$.

Sopolning shishasimon fazasi - kristall fazalarni o'zaro bog'laydigan qatlamdır. U sopolning pishishiga imkon yaratishi bilan birga, materialning mexanik mustahkamligini ham oshiradi. Shishasimon fazaning miqdori materialning texnologik xususiyatlari (pishirish harorati, plastiklik) bilan aniqlanadi. Bu faza miqdorining oshirilishi materialning mexanik mustahkamligini ko'taradi. Shishasimon faza miqdorining kamayishi, materialning dielektrik, issiqlik va mexanik xossalarini yomonlashtiradi. Oddiy sopollarda shishasimon faza 1-10%, elektr chinnisida esa 40-65% bo'ladi.



Gazsimon faza turli sopollarda mavjud bo'lib, u sopol massani tayyorlashda, qoliplashda, pishirish paytida (uchuvchan moddaning chiqib ketishi natijasida) va sopol zichlanishida vujudga keladi. Ushbu faza ochiq (sirtida) va yopiq (ichki qismda) turlarga bo'linadi. Yopiq turdagi gazsimon faza sopolning elektrik va

²¹⁶ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 123-125 bet]

mexanik xossalarini pasaytiradi hamda yuqori elektr maydon kuchlanganligida bo'shliqlarda ionlashish sodir bo'lishi hisobiga dielektrik isroflarni oshiradi. Ochiq bo'shliqlar sopolning barcha xossalarini yomonlashtiradi. Tarkibidagi shishasimon faza miqdoriga qarab sopolni shishasimon (shisha miqdori 50% dan ortiq) va kristalli (kristall miqdori 50% dan ortiq) turlarga bo'lish mumkin. Shisha hosil qiladigan birikma sifatida dala shpati pigmentlarini ko'rsatish mumkin.²¹⁷

Kristalli sopol tarkibiga radio sopolining asosiy turlari (alyuminiy oksid, steatit, titanit, niobiy va hokazolar) kiradi. Ularning kristall hosil qiladigan birikmalariga talk, titan va sirkoniy qo'sh oksidlari, bariy va magniy oksidlari kiradi. Radio sopoliga plastik qo'shimcha sifatida tuproq qo'shiladi. U shishasimon faza hosil qilishi bilan birga mahsulot ishlab chiqarishni yengillashtiradi.²¹⁸

Sopol ishlab chiqarish jarayoni ishlatiladigan birikmalarning tarkibiga, shishasimon fazaning miqdori, materialga qo'yiladigan talablarga bog'liqdir. Tarkibida tuproq bo'lgan sopol plastik bo'ladi. Kristall va tarkibida tuproq bo'lmagan sopol esa noplastik bo'ladi. Plastik sopol ishlab chiqarish jarayoni xomashyoni tayyorlash (maydalash, o'lchash, birikmalarni aralashtirish, quritish), mahsulotni qoliplash va pishirishdan iborat.



Plastik bo'lmagan sopol xossalarini barqarorlashtirish va cho'kishini kamaytirish maqsadida uni pishirish ikki bosqichda (dastlabki va oxirgi holatlarida) o'tkaziladi. Shu sababli, sopol ishlab chiqarish quyidagi ketma-ketlikda bajariladi:

1. Xomashyoni tayyorlash jarayoni (o'lchash, maydalash, birikmalarni aralashtirish, ulardan briket tayyorlash).
2. Briketlarni dastlabki pishirish.
3. Briketlarni maydalash, unga plastifikator (parafin, yelim) qo'shish.
4. Detallarni qoliplash.
5. So'nggi bosqichdagi pishirish.

Eng muhim bosqichlarga dastlabki va oxirgi bosqichdagi pishirish ishlari kiradi. Dastlabki pishirishda asosiy jarayonlar sodir bo'ladi va mahsulot hajmi

²¹⁷ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 123-125 bet]

²¹⁸ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 125-126 bet]

o'zgaradi (kichrayadi). Bu esa, oxirgi bosqichdagi pishirishda mahsulotni aniq o'lcham va kerakli shaklda olish imkonini yaratadi. Ishlov berish jarayonida ma'lum kristall panjaralarda kimyoviy birikish sodir bo'ladi va bunda materialning hajmi kichrayadi. Mahsulot bo'sh va vaqtincha bog'langan zarrachalardan shakllanadi va ancha g'ovaklikka (30-50%) ega bo'ladi. Oxirgi bosqichdagi pishirishda sopolga yuqori haroratda ishlov berilib, u zichlashadi va mexanik mustahkamligi birmuncha ortadi.²¹⁹



Pishirish tezligi zarrachalar diametriga teskari proporsionaldir. Shu sababli, pishirishni tezlatish maqsadida sopol juda mayin (zarra diametri 1-3 mkm) qilib tayyorlanishi kerak. Sopolni pishirish murakkab jarayon bo'lib, bunda bo'shliqlar tortilishi bilan birgalikda pishirishni sekinlatadigan sabablar (bo'shliqda hosil bo'ladigan gazlar) ham kelib chiqadi.

Suyuq fazadagi pishirilish tarkibiga tuproq qo'shilgan sopollarga taalluqlidir. Suyuq fazadagi pishirilish ikki holatda, ya'ni qattiq va suyuq fazalarning o'zaro ta'sirisiz hamda mazkur fazalarning o'zaro ta'siri ostida kechadi. Birinchi holda yuqori haroratli ishlov jarayonida kristallarni biriktiruvchi suyuq fazada qovushqoq va plastik oqim hosil bo'ladi va sopol zichlashadi. Fazalar chegarasidagi sirt taranglik kuchi qancha yuqori bo'lsa, zichlashish shiddati shuncha tezlashadi. Bunda zarra o'lchamlari kichikroq va shishasimon faza qovushqoqligi pastroq bo'lishi katta ahamiyatga egadir.

Ikkinchi holda sopolni pishirish jarayoni qattiq fazaning nisbatan suyuqroq faza bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida yuzaga keladi. Bunda birinchi bosqichda suyuq faza hosil bo'ladi, tortirish kuchi ta'sirida zarralar o'zaro yaqinlashib, butun birikma zichlashadi. Harorat oshira borilsa, qattiq, fazaning mayda zarrachali qismida erish jarayoni sodir bo'ladi. Eritma to'yinishi natijasida unda kristallanish ro'y beradi. Cho'kuvchan kristallar kattaroq o'lchamga ega bo'ladi, ya'ni suyuq faza orqali o'tkristallanish yoki rekristallanish jarayoni sodir bo'ladi. Eritmaning tarkibi o'zida eruvchan qattiq faza bilan to'yina boradi.²²⁰

²¹⁹ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 126-129 bet]

T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 126-129 bet]



Har bir turdagi sopol material uchun ma'lum pishirish harorati xos bo'lib, bundan past haroratda sopolda ochiq bo'shliqlar hosil bo'ladi. Agar harorat optimal qiymatdan yuqori bo'lsa, rekrisrallanish jarayonida sopolda mayda yoriqchalar va yirik bo'shliqlar yuzaga keladi. Bunday bo'shliqlar sopolning elektrik va mexanik xossalarga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Pishirish haroratining qiymati massa tayyorlashda xomashyoning maydalanish darajasiga ham bog'liqdir. Maydalash mayin bo'lganda mahsulotning mexanik mustahkamligini oshirish uchun pishirish pastroq haroratda o'tkazilishi kerak. Sopolni pishirishda harorat ma'lum tezlikda oshirib boriladi. So'ngra mahsulot pishirish haroratida ma'lum muddat ushlab turiladi, keyin esa bir maromda sovitiladi. Sovitish tezligi ham sopol xossalarga kuchli ta'sir etadi. Chunki keskin sovitishda kristall zarrachalar chegarasida va shishasimon qatlamlarda darzlar paydo bo'lish ehtimoli ortadi. To'plash tufayli sopolda siqilish deformatsiyasi sodir bo'lib, uning mexanik mustahkamligi 2-3 marta ortadi. Loysimon plastik massa uqalangan sopol talqonning namlash usuli bilan olinadi. Massa qolipga quyiladi, so'ngra uning tarkibidagi namlikning ma'lum qismini quritish orqali chiqarib yuboriladi va mahsulotga mexanik ishlov beriladi.



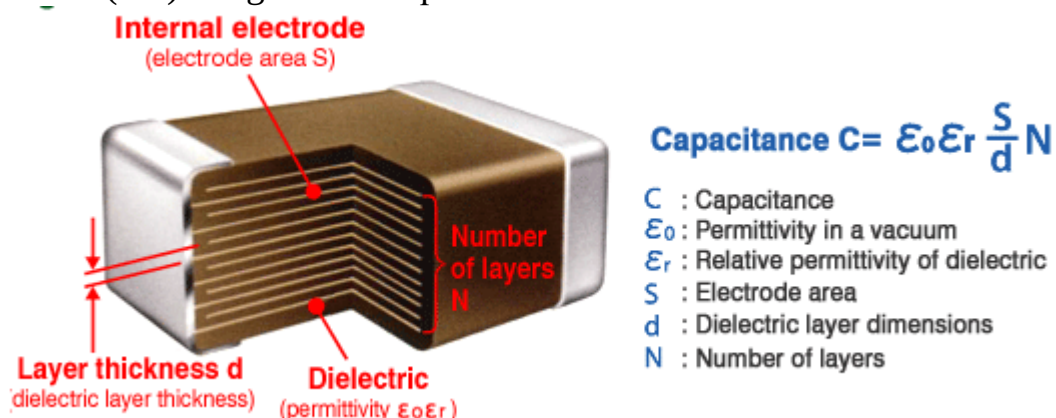
Kristall ko'rinishga ega, plastik bo'lmagan sopol massasining plastikligini oshirish uchun uning tarkibiga organik qo'shilmalar (yelim, parafin, stearin, qatron) kiritiladi va ular pishirish jarayonining o'zidayoq kuyib ketadi. Plastiklashtirilgan va qotirilgan mahsulotlar pishirilishining oxirgi bosqichi unga mexanik ishlov (yo'nish) berilgandan so'ng amalga oshiriladi.

Ko'pgina sopol turlarining elektr o'tkazuvchanligi ionli xarakterga, tarkibida titan bo'lganlarining elektr o'tkazuvchanligi esa elektron xarakterga egadir. Sopolning solishtirma hajmiy qarshiligi ($10^{11} \div 10^{18} \text{ Om} \cdot \text{m}$) haroratga, materialning namligi hamda uning tarkibidagi gaz bo'shliqlariga bog'liq bo'ladi. Ularning miqdori qancha katta bo'lsa, izolyator qarshiligi shuncha past bo'ladi.²²¹

²²¹ [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 126-129 bet]

Sopollarda ϵ_r qiymati keng miqyosda 3-4 dan bir necha o'n minggaacha o'zgaradi. Ko'pgina sopollarda ϵ_r qiymati chastota ortishi bilan kamayadi. Kondensatorlar uchun ishlatiladigan sopollar chiziqli va chiziqli bo'lmagan (segnetoelektrik) qutblanishga ega.

O'zgaruvchan elektr maydonida sopoldagi energiya isrofi ichki tok o'tkazuvchanlik va qutblanish elektron-relaksatsiya, ion-relaksatsiya, spontan hisobiga sodir bo'ladi. Sopol materiallarining $tg\delta$ qiymati 10^{-4} - 10^{-2} ni tashkil etadi. Sopolning elektr kuchlanishi ta'sirida teshilish issiqlik, kimyoviy va ionlashish turlariga bo'linadi. Sopolning elektr mustahkamligi 20-25 MV/m. sopolning zichligi (2300 - 4000 kg/m^3) uning mexanik mustahkamligiga, pishirish harorati va kristall faza turiga qarab kuchli ravishda o'zgaradi. Uning chiziqli kengayishi koeffitsienti $(4-7)10^{-6} \text{ grad}^{-1}$ oraliqda bo'ladi.²²²



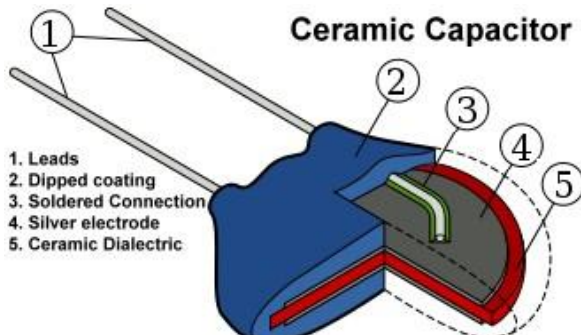
O'rnatiluvchi buyumlarda ishlatiladigan sopol materialida $\epsilon_r=6\div 10$ bo'lib, mexanik mustahkamlik $\sigma_{siq}\approx 40-200 \text{ MPa}$ ni tashkil etadi. Undan, asosan, induktiv g'altak qobig'i, o'zgaruvchan sig'imli havo kondensatorining o'zagi, lampa platalari, bosma sxema asosi, qarshiliklar va hokazolarni tayyorlashda foydalaniladi. Mazkur turdagi sopol zich va g'ovaksimon bo'ladi. Bu sopol yaxshi dielektrik va mexanik xossalarga ega bo'lishi kerak. O'rnatiluvchi buyumlarda ishlatiluvchi o'rnatiluvchi sopollar tarkibi jihatidan $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-Si}$ kabi tizimlardan iboratdir. Alyuminiysilikat sopoli $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ tizimasining kristall asosi sifatida korund (Al_2O_3) va mullit $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ olinadi. Sopol tarkibida Al_2O_3 qancha ko'p bo'lsa uning mexanik mustahkamligi va issiqqa chidamliligi, dielektrik xossalari shuncha yuqori bo'ladi. Alyuminoksid mayda donador ($2-3 \text{ mkm}$) strukturali plastik bo'lmagan abraziv materialdir. U lampalarning izolyatsiya qismida, bosma sxema asoslarida, aviasvecha va hokazolarda qo'llaniladi.

Ultrachinnining dielektrik, issiqlik va mexanik xossalari yuqoridir. Ultrachinni tarkibida Al_2O_3 ($35-80\%$) miqdori qancha ko'p bo'lsa, u xossalari

²²² [T.K. Basak. *Electrical engineering materials*. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 126-129 bet]

jihatidan alyuminoksid sopoliga yaqinlasha boradi. Ultrachinnining pishirilish harorati 1350-1400°C.²²³

Radiochinni tarkibidagi materialning yuqori darajada plastik bo'lishini ta'minlaydi, Al_2O_3 va tuproq miqdori materialning yuqori darajada plastik bo'lishini ta'minlaydi. Uning pishirilish harorati 1280-1320°C, radiochinnidan turli xil detallar tayyorlanadi.



Kordierit –dielektrik isrofi yuqori va chiziqli kengayish koeffitsienti kichik (1-2) 10^6 grad^{-1} hamda razryadi ta'siriga chidamli material bo'lib, undan issiqda bardoshli mahsulotlar, razryad singdiruvchi asboblar va hokazolar tayyorlashda foydalaniladi.

Kondensator sopoli uchun ϵ_r yuqori qiymatiga ega bo'lishi kerakligi sababli, uning kristali asosida rutil, titanat, sirkonat, ishqorli metall stannatlari qo'llaniladi.

Yuqori chastotali kondensator sopoli vazifasiga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi: 1) o'zgaruvchan sig'imli kondensator sopoli ($\epsilon_r=150-230$; $TK\epsilon=(3300-1400) \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$; termokompensatorli kondensator sopoli ($\epsilon_r=35-95$; $TK\epsilon=(750 \div 150) \cdot 10^{-6}$). 3) termostabil kondensator sopoli ($\epsilon_r=12-48$; $TK\epsilon=(-75 \div -33) \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$).

Kondensatorning vazifasiga qarab uning konstruksiyasi turlicha bo'lishi mumkin. Ular gazsimon, dielektrikli (havoli, gaz to'latilgan, vakuumli), qattiq anorganik dielektr materialli (slyudali, shishali, sopolli, shisha emalli, shisha sopolli), qattiq organik dielektrik materialli (qog'oz, lavsan, polistirol, polipropilen, (ftorplast-pardali va hokazo) va oksid izolyatsiyali (alyuminiy yoki tantal oksidli metalloksidli) turlarga bo'linadi.

Elektrodlar turiga ko'ra kondensatorlar metallashtirilgan dielektrik va varaqsimon elektrod turlariga bo'linadi.

Kondensator markalari harf va raqamlar bilan belgilanadi. Birinchi harf K-o'zgarvas sig'imli, KT-sozlanadigan; KP-o'zgaruvchan, KN-nochiziqli kondensatorlarni bildiradi. Keyingi ikki raqam dielektrik turini: 10-past kuchlanishli sopol; 15-yuqori kuchlanishli sopol; 21-shishasimon sopolni anglatadi. Undan keyingi harflar kondensatorning qo'llanilish sohasini ifodalaydi: P-o'zgaruvchan va o'zgarvas tok zanjirida; Ch-o'zgaruvchan tok zanjirida; I-impulsi sharoitida; U-o'zgaruvchan, o'zgarvas tok zanjirlarida va impulsi sharoitda.

²²³ [T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 126-129 bet]

Nazorat savollari:

38. Anorganik dielektriklar deganda nimani tushunasiz?
39. Yuqori molekulali materiallarga turlari?
40. Sun'iy ravishda olinadigan yuqori molekulyar materiallar nechta turkumga ajratilish mumkin?
41. Anorganik dielektrlarda elektr issiqlik kimyoviy va ionizatsiya teshilishlari kuzatiladimi?
42. Shisha va sopol materiallar qo'llanilish sohasi?

Adabiyotlar

1. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009. 121-129 bet

