

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ИСЛОМ КАРИМОВ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҚЎҚОН ФИЛИАЛИ

Ўқув-услугий бўлим
томонидан рўйхатга олинди.

№_ УМК-«27»
«29» 01 2022 йил



«ТАСДИҚЛАЙМАН»

Ўқув-услугий бўлим бошлиғи

М.Қамбаров
«29» 01 2022 йил

«МУХАНДИСЛИК ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ» КАФЕДРАСИ

ЭЛЕКТР ТЕХНИК МАТЕРИАЛЛАР

фанининг

ЎҚУВ–УСЛУБИЙ МАЖМУАСИ

Билим соҳаси:	300 000	–	Ишлаб чиқариш-техник соҳа;
Таълим соҳаси:	310 000	–	Мухандислик иши;
Таълим соҳаси:	5310800	–	Электроника ва асбобсозлик (электроника саноатида)

ҚЎҚОН-2022

Фаннинг ўқув-услугий мажмуаси Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигида № _____ рақам билан 20____ йил «____» _____да рўйхатга олинган намунавий ўқув дастури асосида тузилган

Тузувчилар:

Р.Ў.Сиддиқов



Тошкент давлат техника университети Қўқон филиали «
Мухандислик технологиялари» кафедраси ўқитувчиси;

В.И.Иброҳимов



Тошкент давлат техника университети Қўқон филиали «
Мухандислик технологиялари» кафедраси ўқитувчиси;

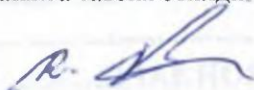
Н.Р.Эсаналиева



Тошкент давлат техника университети Қўқон филиали «
Мухандислик технологиялари» кафедраси ўқитувчиси;

Ўқув-услугий мажмуа «Электроника ва электр техникаси» факултетининг «
Мухандислик технологиялари» кафедраси мажлисида (20____ йил «____» _____ «____»-сон
баённома) муҳокома этилди ва филиал Кенгашига тавсия этилди.

«Мухандислик технологиялари»
кафедраси мудири



Р.Ў.Сиддиқов

«Мухандислик технологиялари»
кафедраси котиби



Н.Эсаналиева

Ўқув-услугий мажмуаси Тошкент давлат техника университети Қўқон филиал
Кенгашида кўриб чиқилди ва тасдиқланди. (20____ йил «____» _____ - сон
баённома).

Кенгаш котиби:

MUNDARIJA

I	O‘QUV MATERIALLAR.....	6
1.1	Elektr texnik materiallar fanidan ma’ruzalar kursi.....	6
1.2	Elektr texnik materiallar fanidan amaliy mashg‘ulotlarini bajarish uchun uslubiy qo‘llanma.....	84
1.3	Elektr texnik materiallar fanidan laboratoriya mashg‘ulotlarini bajarish uchun uslubiy qo‘llanma.....	107
II	MUSTAQIL TA’LIMLARNI BAJARISH UCHUN USLUBIY KO‘RSATMA.....	132
III	GLOSSARIY.....	148
IV	ILOVALAR.....	150
4.1	Elektr texnik materiallar fanidan namunaviy o‘quv dasturi.....	150
4.2	Elektr texnik materiallar fanidan ishchi o‘quv dasturi.....	157
4.3	Elektr texnik materiallar fanidan tarqatma materiallar.....	167
4.4	Elektr texnik materiallar fanidan test savollari.....	170
4.5	Elektr texnik materiallar fanidan talabalar bilimini baxolash mezonini.	181
4.6	Tavsiya etilgan adabiyotlar ro‘yxati	184

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI QO‘QON FILIALI**

"MUHANDISLIK TEHNOLOGIYALARI" kafedrası

“ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR” fanidan

MA‘RUZALAR KURSI

QO‘QON–2022

1-MA'RUZA. KURSNING MAQSADI. ETMLAR HAQIDA ASOSIY TUSHUNCHALAR VA SINFLAR. ZAMONAVIY TEXNIKADAGI ETMNING O'RNI VA ROLI

Reja:

- 1. Elektr texnik materiallar haqida asosiy tushunchalar va sinflar.*
- 2. Zamonaviy texnikadagi elektr texnik materiallarning o'rni va roli.*
- 3. Elektr maydondagi dielektriklar. Qutbli va qutibsiz dielektriklar.*

Tayanch so'z va iboralar

Dielektriklar, o'tkazgichlar, yarim o'tkazgichlar, magnit materiallar diamagnitlar, paramagnitlar, asosiy xarakteristiklari, ionli, metalli, elektronli bog'lanish, energetik sathlar diagrammasi, dielektrik singdiruvchanlik, issiqlik xarakteristiklari.

Elektr texnik materiallar haqida asosiy tushunchalar va sinflar.

Fan-texnika taraqqiyotining o'sishi, yangidan - yangi materiallarning kashf etilishi bilan birga yangi materiallarni yaratish, ularning sifatini oshirishiga olib keladi. Mustaqil O'zbekistonimizning hozirgi zamonaviy ilg'or texnologiyaning jadal sur'atlar bilan rivojlanishida, jumladan elektr energetika sohasida yangi zamonaviy jihozlarni davlat andozasi asosida ishlab-chiqarishda elektr texnik materiallarning o'rni, sifati juda muhim o'rin tutadi. Shu sababli, yetuk kadrlarni zamonaviy, raqobatbardosh bo'lishlari uchun qo'shma korxonalarining texnologiyalarini to'liq egallashlari, texnologik jarayonlarni puxta bilishlari kerak. Shuning uchun yuqori sifatli mahsulotlar olish (elektr energiyasi ishlab chiqarish va iste'molchilarga yetkazib berish) texnologiyalarini yaratish, ekspluatatsiya qilishda materiallarning turi, klassifikatsiyalari, qo'llanilish sohasi, elektrik kattaliklari, zaif tomonlari va ularni bartaraf etish choralarini bilish juda muhimdir. Eng sifatli materialning olinishida, avvalo uning fizik, mexanik va kimyoviy tavsiflari, issiqlik va elektr xossalarini chuqur bilimlar nazariy va amaliy jihatdan o'rganishni taqozo etadi.

Insoniyat paydo bo'lishining erta davrlarida insonlar juda kam sonli materiallardan foydalanganlar. Bular tabiatda mavjud tabiiy materiallar edi – toshlar, daraxt, loy, xayvon terisi va boshqalar. Vaqt o'tib odamlar tabiiy mahsulotlarni o'rnini bosuvchi materiallarni ishlab chiqishni o'rgandilar. Bular keramika va turli materiallar ya'ni yangi materiallar edi. Keyinchalik aniqlanishicha materiallarning tarkibida termik ishlash natijasida yoki turli qo'shimchalar qo'shilishi natijasi o'zgarish yuzaga kelar ekan. U vaqtlarda materiallar juda kam miqdorda ishlatilish maqsadi va ularning sifatiga ko'ra aniqlangan. Olimlarning ta'kidlashicha tarkibiy elementlar va material tashkil etuvchilar orasida bog'liqlik mavjud. Ushbu qarashlar taxminan 100 yil avval vujudga kelgan bo'lib, buning natijasida insonlar material tavsifini baholashni o'rgandilar. Buning bari minglab maxsus tarkibli materiallar vujudga kelishiga olib keldi va eng murakkab zamon talablarining qondirilishiga sabab bo'ldi. Bizning davrda ham foydalanilayotgan materiallar sirasiga metallar, polimerlar, shisha va tola kiradi¹.

¹ Materials science and engineering. William D. Calister, Jr. David G. Rehtwisch.

Elektrotexnik materiallarni texnika sohasida qo'llash, foydalanish tomonlari noaniqligi XIX asrning boshlariga kelib muhim bir to'xtamga keldi. Amaliyotda 1802 yil akademik V.V.Petrov tomonidan ETM yordamida kuchli elektr energiya manbasi (kondensator) kashf qilindi. Bu 8400 ta mis va qo'rg'oshin disklarni (moy shimdirilgan qog'ozlarga o'ralgan) orasidagi turli EYUKlar hisobiga hosil bo'lgan batareya edi. Birinchi marta batareya yordamida elektr yoy hosil qilindi. Keyingi yillarda 1832 yil rus olimi P.L.Shilling elektr magnit telegraf, 1872 yilda Lodigin ko'mir chirog'i, 1876 yilda elektr chirog'i (svecha) boshlang'ich elektr chiroqlari kashf etildi. Yuqoridagi barcha kashfiyotlar o'tkazgichlar magnit materiallar va izolyatsiyalovchi materiallar yordamida bajarilgan. Elektrotexnikaning tez o'sishida oldinga quyilgan vazifani tez va sifatli uddalashda ETMlarni to'g'ri tanlay bilish katta rol o'ynaydi. Hozirgi paytda texnik materiallarni fizik, mexanik va ximiyaviy xususiyatlarni chuqur o'rganish va ularni tadbiq etish yordamida yangi ETMlar olinmoqda.

Yuqori sifatli elektrotexnik materiallar olish maqsadida muhandis-elektriklar mutaxassislarini tayyorlashda mutaxassis kurs "ETM" kiritilgan bo'lib, bunda:

- 1) Elektrotexnikada qo'llaniladigan materiallarning nazariy asoslari.
- 2) Elektrotexnik materiallarning klassifikatsiyalari.
- 3) Asosiy xarakteristikalar.
- 4) Elektrotexnik materiallarning texnologiyasining asosiy xususiyatlari va xokazo. Ba'zi bir kattaliklarning belgilanishi γ - solishtirma o'tkazuvchanlik.

Elektrotexnik materiallar elektrik xossalriga ko'ra o'tkazgich (o'tkazuvchilar), dielektrik (o'tkazmaydiganlar) va yarim o'tkazgichlarga ajraladi. Qattiq jismlarning nazariy energetik diagramma jihozlarida qurish mumkin. Turli buyumlarni gaz ko'rinishidagi holatidagi spektrlarni tekshirganda atomlar bir biriga nisbatan uzoq masofada turgan holatda ya'ni har bir buyumning atomlarini aniqlovchi spektral liniyalar hosil qiladi. Bu esa turli atomlar uchun energetik holat (sath)ni ifodalaydi. Normal holatda bu sathning bir qismi elektronlar bilan to'ldiriladi (ya'ni atomning holati qo'zg'atilmagan normal holat), qachonki atom tashqi energetik ta'sirida qo'zg'aladi. Gaz ko'rinishidan suyuq holatga keyin qattiq holatga o'tganda elektronlar bilan to'ldirilgan qismlari orasida butun energetik sath zonalar hosil bo'ladi.

Energetik sath zonalaridan kelib chiqqan holda dielektriklar ta'qiqlovchi zonasi shunchalik katta bo'ladi. O'tkazgichlar bu materiallarda elektronlarning harakatini butun energetik zonada bo'lib, balki materiallarni to'la qoplaydi. Jismlarning atomlarini energetik xossalari turlichadir. Masalan: uglerod olmos ko'rinishida dielektrik bo'ladi, grafit ko'rinishida o'tkazgich bo'ladi.

Dielektrik buyumlar magnit o'tkazuvchanlik ya'ni, tashqi magnit maydonining kuchlanganligiga bog'liq emas. Ularga vodorod, inert gazi, ko'pchilik organik birikmalar, tosh tuzi ba'zi metallar (mis, qo'rg'oshin, kumush, oltin, simob). Paromagnetik buyumlarga ya'ni tashqi magnit maydonining kuchlanganligiga bog'liq emas. Ularga (kislorod, azot oksidi, temir tuzi, ipak materiallar, alyumin, platina) Ferromagnetikka ya'ni tashqi magnit maydonining kuchlanganligiga bog'liq. Po'lat,

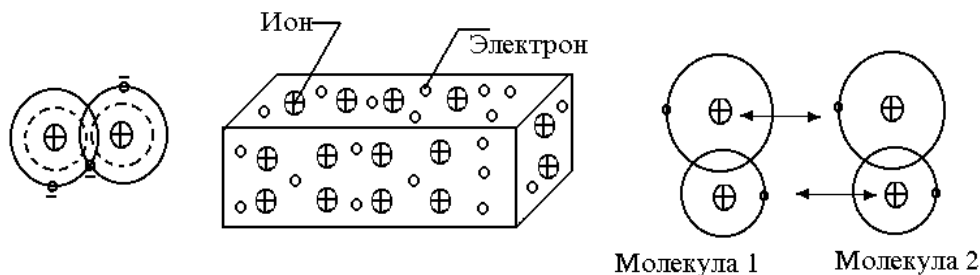
nikel, kobalt, zirxlari, xrom va marganets zirxlari energetik sathlar birlashgan atomlar ungda metall bo'lmagan qattiq jismlarning atomlarining joylashuvi:

- a) atomlarning normal energetik sathi.
- b) atom qo'zg'almaydigan
- v) erkin zonasi
- g) ta'qiqllovchi zona
- d) elektronlar bilan to'ldirilgan zona.

Barcha jismlar proton neytron va elektronlardan iborat elementlar asosida tuzilgan. Proton va neytronlar atom yadrosida elektron va atom atrofida joylashgan ya'ni atomni musbat zaryadini kompensatsiyalaydi. Gaz, suyuqlik, qattiq jismlar atomlardan molekula yoki ionlardan tashkil topgan molekulalar bir necha atomlardan tashkil topgandir.

1. Ionli bog'lanish bunda (+) va (-) ionlarining tortilish kuchi bilan aniqlanadi. Qattiq jismlarning mexanik mustahkamligi ionni strukturasi bog'liq.

2. Metall bog'lanish (qattiq kristalli jismlar uchun) metallarni sistemik ko'rinishida olib (+) zaryadlangan ionlarni panjara ko'rinishida erkin elektronlar orasida joylashgan.



1.1-rasm. Jismlarning a) ikki atomli kovalent bog'lanishli, b) metalli bog'lanishli, v) molekulalarning o'zaro ta'sirlashuvi (Van – der – Vaals bog'lanish) bog'lanishlarning sxematik chizmalari.

Musbat atomlar bilan erkin elektronlarni tortilishi metalning monolitik xossasini ifodalaydi. Erkin elektronlarning hajmi materialning elektr o'tkazuvchanligi, issiqlik o'tkazuvchanligi va yaltirashini ifodalaydi.

3. Molekulyar bog'lanish (Van-der-Vals bog'lanish). Bu bog'lanish ba'zi jismlarda ichki molekulaning bog'lanishni ifodalaydi.

Bu molekulalararo bog'lanish qo'shni molekuladagi elektron valentligining harakatiga bog'liq. Istalgan paytda elektronlar maksimal uzoq va maksimal yaqin (+) zaryadga nisbatan bo'lishi mumkin. Bunda musbat zaryadining tortilish kuchi tashqi orbitaning itarish kuchidan katta bo'ladi. Bunday bog'lanishlar parafinda quyi temperaturada erishadi. Kristal holatida chidamsizligida ko'rish mumkin.

Elektrotehnik materiallar deb alohida elektr mashinalari apparatlari uchun ishlatiladigan materiallar tushuniladi.

Elektroizolyatsion - dielektrik, o'tkazgich - o'tkazuvchi, yarim o'tkazgich - yarim o'tkazadigan sinflarga bo'linadi. Bundan tashqari magnitli materiallarga bo'linadi. Elektro texnik materiallarni to'g'ri tanlay olishga bog'liq. Buning uchun materialni

xossalari kuchlanish ta'sirida harorat ostida o'zgarishini bilish kerak. Yuqoridagi kattaliklarni ifodalash uchun xarakteristika (parametr) ni bilish kerak.

Mexanik xarakteristika. Tortilishdagi buziluvchi kuchlanish Q_r (MPa) R - tortishdagi tok (N)

S - tekshiruvgacha bo'lgan yuza (m^2) Siqilish natijasida esa Q_s (MPa)

F_c - siqilishdagi kuch, Q_c - silindr va kub shaklidagi materiallar uchun ifodalaydi.

B. Elektrik xarakteristika.

1. Solishtirma qarshilik - ρ

2. ρ_s tashqi va ρ_v hajmiy bo'ladi.

Umuman, $\rho = RS/l$ [$\Omega \cdot m$] da ifodalanadi.

Elektr texnikaviy materiallar uchun ρ quyidagi qiymatlar oralig'ida bo'ladi.

Dielektriklar $10^8 - 10^{18}$ [$\Omega \cdot m$]

Yarim o'tkazgichlar $10^{-4} - 10^8$ [$\Omega \cdot m$]

O'tkazgichlar $10^{-6} - 10^{-8}$ [$\Omega \cdot m$]

ρ_s doimo ρ_v dan kichik $10^9 - 10^{16}$ $\Omega \cdot m$ oraliqda bo'ladi.

ρ asosan vaqtga ham bog'liq bo'ladi.

2. Temperatura koeffitsienti TK , ρ chiziqli o'zgarganda

$TK\rho(\alpha) = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_1 \cdot (t_2 - t_1)$ ($1/^\circ C$)

Xarakteristikadan ko'rinadiki TK o'tkazgichlar uchun $TK\rho < 0$ dan, demak, o'tkazgichlar qarshiligi yuqori temperaturada ifodalangan. Dielektrik, yarim o'tkazgich uchun $TK\rho > 0$ demak, temperatura o'sishi bilan qarshilik kamayadi.

3. Dielektrik singdiruvchanlik ϵ_r .

Bu kattalik dielektrikni kuchlanish ostida bo'lgandagi qobiliyatini ifodalaydi. Ma'lumki yassi kondensatordagi sig'imga to'g'ri proporsional

$S = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 S/h$

ϵ_0 - elektr doimiysi $8,85416 \cdot 10^{12}$ F/N

ϵ_r - o'lchamsiz bo'lib dielektriklarning qutblanishiga bog'liq.

Qutblanishni to'rt turi elektromagnitli, ionli, dipolli va spontanli turlari bor. $tg\delta$ (dielektrik isrof burchagi) dielektriklarning elektr mustahkamligini SI birliklar sistemasida quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi.

$E_{mus} = U_{tesh}/h$

Issiqlik xarakteristikalari. Issiqlik xarakteristikalari elektrotexnikaviy materiallarni qiziganda kuzatiladi.

- Erish temperaturasi kristall strukturali materiallar uchun tegishli (metall, dielektrik, yarim o'tkazgich) ya'ni qattiq holatdan suyuq holatga o'tishdagi temperatura hisoblanadi.

- Yumshash temperaturasi amorf strukturali materiallar uchun (smola, bitum, lak, kley) qattiq holatdan suyuq holatga o'tishdagi bosqichlar.

- Issiqlikka chidamliligi qisqa yuqori temperaturada tekshiriladi.

- Qizishga chidamliligi uzoq vaqt bir temperaturada tekshiriladi.

- Sovuqqa chidamliligi quyi temperaturada tekshirilib elektroizolyatsion material bunda (rezina, plasmassa, lak, plenka) singari mustahkamligi yo'qoladi.

- Suyuq dielektrikning yonish temperaturasi, bu suyuq dielektrik qiziganda ajrab chiqqan parlari olov bilan ko'shilganda yonadi. Bundan tashqari fizik xarakteristikalar mavjud bo'lib, yopishqoqligi, suv yutishi, namlikka chidamliligi ham e'tiborga olinadi.

3. Elertr maydondagi dielektriklar. Qutbli va qutibsiz dielektriklar.

Elektr maydonidagi har qanday dielektrikdagi jarayon *qutblanish* deb yuritilib, ya'ni bog'langan zaryadlarning cheklanma aralashuvi yoki dipolli molekulalarning ma'lum yo'nalishga qaratilishi tushuniladi.

Dielektrikning qutblanishini tavsiflashda, ϵ_r -*dielektrik singdiruvchanlik*, shuningdek qutblanishda dielektrikning qizishida issiqlikni ajralishi kuzatilsa tgδ-*dielektrik isrof burchagi* kattaliklari orqali izohlanadi. Texnik dielektrikning qizishida uning tarkibidagi oz miqdorli erkin zaryadlarning mahsuli bo'lmish o'tuvchi toklarning dielektrikni qalinligi va sirti bo'ylab oqishi ham kuzatiladi. Texnik dielektrlardan oqadigan o'tuvchi toklarning miqdorini solishtirma sirtiy va hajmiy elektr o'tkazuvchanligiga teskari bo'lgan solishtirma *sirtiy* va *hajmiy* elektr qarshiligi kattaliklari orqali tafsivlanadi.

Har qanday dielektrik belgilangan sharoitdagi ko'zda tutilgan kuchlanish ostida ishlatish mumkin. Kuchlanishning qiymati belgilangan kattalikdan ko'tarilganda *dielektrik teshilish*, ya'ni dielektrik xossalarining to'la yemirilishi kuzatiladi. Dielektrikda teshilish ro'y beradigan jarayonga mos keluvchi kuchlanishga *teshilish kuchlanishi*, shuningdek, elektr maydonining tegishli kuchlanganligiga dielektrikning *elektr mustahkamligi* deb yuritiladi. Dielektrlarning qutblanishi asosan ikki turi mavjud.

- qutblanish elektr maydoni ostida bo'lib, lahzada energiya tarqalmay, issiqlik kuzatilmay turib;

- qutblanish lahzada emas, issiqlik energiyasi ajralishi kuzatilib yoki qizish natijasida amalga oshuvchi hisoblanib, bunday qutblanish *relaksatsion qutblanish* deyiladi.

Elektr maydoni ta'sirida dielektrlarning bog'langan elektr zaryadlari qaysi maydon kuchlanganligi kuchli bo'lsa, o'sha tomonga yo'naladi. Elektr zaryadi bo'lmasa zaryadlar o'z joyida qoladi. Ko'pgina dielektrlarni elektr maydoni kuchlanganligi ta'sirida zaryadlarning yo'nalishi chiziqli bog'langanligi xarakterlidir. Maxsus guruhlar borki kuchlanganlik o'zgarmaganda yo'nalish nochiziqli, ya'ni ba'zi maydon kuchlanganligi to'yingan bo'ladi. Bunday dielektrlarning segnet dielektriklar deyiladi. Segnet dielektriklar deyilishiga sabab qutblanishning nochizikligi ilk bor segnet tuzlarida kuzatilgan. Har qanday dielektrikni elektr zanjiriga ulangan, elektrodlar kiritilgan kondensator deb kuzatish mumkin. Kondensator zaryadi ma'lumki,

$$Q = C \cdot U$$

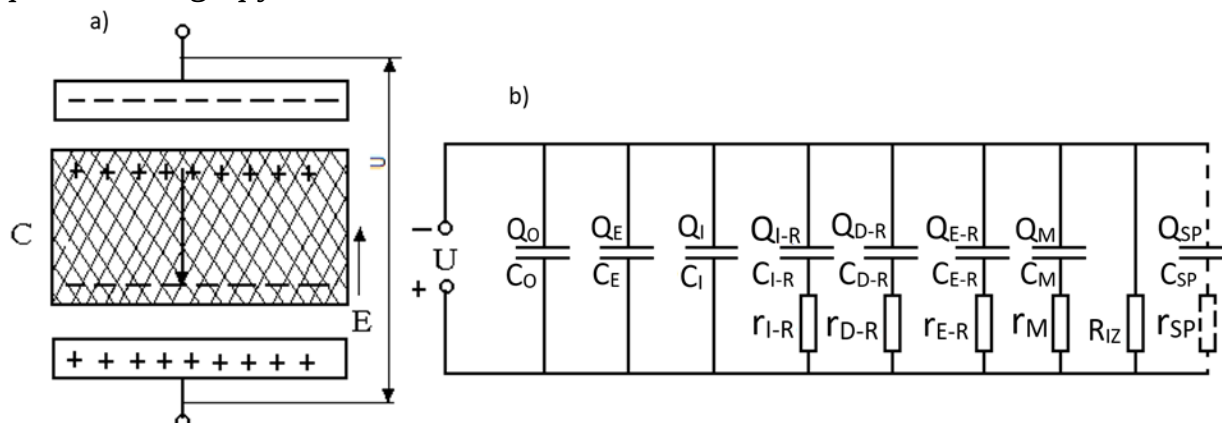
C - kondensator sig'imi.

U- berilgan kuchlanish.

Dielektrlarning asosiy xarakterlovchi xossalaridan biri nisbiy dielektrik sigdiruvchanlikdir ϵ_r .

Birinchi tur qutblanishga elektronli va ionli qutblanishga xos bo'lib, qolgan turdagi qutblanishlar esa ikkinchi turga mansub hisoblanadi. Dielektrik bilan kondensator sig'imidagi yig'ilgan elektr zaryadi turli qutblanish mexanizmini ifodalaydi. Turli dielektrlarda qutblanish ham turlicha bo'ladi. Dielektrikning

ekvivalent sxemasida sig'imga ega bo'lgan, turli qutblanishlar ko'rsatilgan bo'lib, manba kuchlanishi U ga parallel ulangan. C_0 va Q_0 kattaligi dielektrik bo'lmagan holat uchun o'zining xususiy elektr maydoniga ega, C_E va Q_E kattaliklari elektronli qutblanishdagi qiymatlar hisoblanadi.



1.2-rasm. Murakkab tarkibli dielektrik materialning elektr maydonidagi qutblanish sxemalari. Bu yerda U kuchlanish C_0 , Q_0 vakumdagi zaryad va sig'im miqdorlari, Q , C – tegishli elektronli ionli dipol – releksatsion, ion – releksatsion, elektron releksatsion, migratsion, spontanli, energiya isrofiga bog'liqli zaryad va sig'im miqdorlari, r qarshilik, R_{IZ} – parron tokiga mos keluvchi izolyatsiya qarshiligi.

Elektronli qutblanishda atom va ionlarning qobiliyati elektronlarining deformatsiyasi va aralashuvi tushuniladi. Elektron qutblanish vaqti 10^{-15} sekundga teng. Toza elektr qutblanishdagi dielektrik singdiruvchanligi yorug'likning yutilishi (perelomlenie) ko'rsatkichining kvadratiga teng. Elektronlarning deformatsiyalashuvi temperaturaga bog'liq emas, qaytaga temperatura ortishi bilan dielektrlarda issiqlik tarqalishida elektr qutblanishi kamayadi. Elektronli qutblanuvchi dielektrlarning dielektrik singdiruvchanligining temperaturaga qarab o'zgarishi ularning zichligi o'zgarishiga bog'liq. Elektr qutblanish barcha energiya yo'qolishiga bog'liq bo'lmagan dielektrlarda kuzatiladi.

Ionli qutblanish qattiq dielektrlar uchun xarakterli bog'langan ionlarning aralashuvida kuzatiladi. Temperatura ko'tarilganda ta'sirlanuvchi ionlar orasidagi masofa uzoqlashishi va issiqlik tarqalishi natijasida aralash kuchlari kuchsizlanadi. Qutblanish vaqti 10^{-13} sekundga teng.

Dipol – relaksatsiyali qutblanish (S_{d-r} , Q_{d-r} , r_{d-r}) qisqacha dipolli deb, elektronli va ionli qutblanishdan farqli o'laroq, zarrachalarning issiqlikdan xarakati tufayli ro'y beradi. Dipolli molekulalarning xaotik xarakati qisman elektr maydoni kuchlanganligi bilan ustma-ust tushib qolishi natijasida qutblanishga sabab bo'ladi. Dipolli qutblanishda molekulyar kuchlar maydon bo'ylab yo'nalishi ustma-ust tushmasligi ham mumkin. Haroratning ortishida molekulyar kuchlar zaiflashib, jismning qovushqoqligi kamayib, maydon bo'ylab yo'nalishi kuchayishi bilan bir vaqtda molekulalarning issiqlikdan xarakati faollashib, maydon ta'siriga bo'ysunishi kamayadi. SHuning uchun dipolli qutblanish haroratning ortishida kuchayib, so'ngra xaotik harakat intensivlashganda qutblanish pasayadi.

Dipolli qutblanish asosan qutbli gaz va suyuqliklar uchun xosdir. Bu ko'rinishdagi qutblanish qutbli organik jismlarda ham kuzatilishida molekulalarning qutblanishdagi

burilishi emas, balki molekulaga nisbatan munosabatdagi radikallarning o'zidan-o'zi burilishi amalga oshishi kerak. Masalan, tsellyulozaning qutblanishiga uning tarkibidagi ON gidroksil guruxlar sabab bo'ladi.

Ion-relaksatsiyali qutblanish (S_{i-r} , Q_{i-r} , r_{i-r}) noorganik shishada, ionlari zich joylashmagan ion kristalli noorganik jismlarda kuzatiladi. Bu xolda jismning xaotik issiqlik xarakati muxitida zaif bog'langan ionlari tashqi elektr maydoni tasiriga ustma-ust tushib xarakatlanadilar. Elektr maydoni yo'qolganda ion-relaksatsiyali qutblanish uzviy pasayishi, haroratning ko'tarilishida esa sezilarli ortishi kuzatiladi.

Elektron-relaksatsiyali qutblanish (S_{e-r} , Q_{e-r} , r_{e-r}) elektronli va ionli qutblanishdan farqli o'laroq, issiqlidagi qoldiq energiya ta'sirida qo'zg'algan elektron yoki teshik evaziga yuzaga keladi.

Elektron-ionli qutblanish yuqori yutilish ko'rsatkichiga ega bo'lgan, elektron o'tkazuvchanli va katta ichki maydonli dielektriklarga xosdir. Masalan, aralashma bilan ifloslangan dioksid titan; titan, niob, vismutning o'zgaruvchan valentli metall oksidlari asosidagi birikmalari va boshqalar.

Migratsion qutblanish (S_m , Q_m , r_m) qo'shimcha qutblanish mexanizmi bo'lib, makroskopik turlicha jinslardagi begona aralashmali bir jinsli bo'lmagan strukturali qattiq jismlarga xosdir. Bu qutblanish kichik chastotalarda kuzatilib, elektr energiyasining katta miqdorda tarqalishida ro'y beradi. Bunday qutblanishning sodir bo'lishining sababi, texnik dielektriklardagi qatlamlardagi turlicha o'tkazuvchanli to'la va yarim o'tkazgichli ulanishlardir.

Bir jinsli bo'lmagan material elektr maydoni ta'sirida erkin elektron va ionlarning mustaqil to'la va yarim o'tkazgichli ulanishlari umumlashib, katta qutblanishni xosil qiladilar. Qavatli materiallarning xar bir qatlam va elektrodli chegarasida sekin xarakatlanuvchi ionlarning zaryadlari yig'ilishi mumkin.

O'z-o'zidan yoki *spontan* S_{sp} , Q_{sp} , r_{sp} qutblanish mexanizmi segnetoelektriklarda kuzatilib. O'z-o'zidan qutblanish elektr maydoni bo'lmaganda elektr momentiga ega bo'lgan aloxida qismlarga (*domenlar*) tegishlidir. Ammo domenlarning elektr momentlari turlichadir. Tashqi maydonning ta'siri natijasida turlicha domenlarning elektr momentlari umumlashgan xolda maydon bo'ylab yo'nalishlari kuchli qutblanishni yuzaga keltiradi. Boshqa qutblanish mexanizmlaridan farqi shundaki, tashqi maydonning ba'zi qiymatlarida to'yinish kuzatilib, kelgusida maydonning kuchayishi qutblanishning intensiv rivojlanishiga olib kelmaydi. SHuning uchun spontanli qutblanishda dielektrik singdiruvchanlik elektr maydon kuchlanganligiga bog'liq bo'ladi. ϵ_r ning haroratga bog'liqligi bir necha maksimumlarga ega bo'ladi. O'zgaruvchan elektr maydonida o'z-o'zidan qutblanuvchi materiallarda qutblanish energiyani tarqalishidagi issiqlikning ajralishi bilan tafsivlanadi.

Elektronlarni qutblanishi issiqlik energiyasini qo'zg'atilganda orttirma elektronlar ta'sirida hosil bo'ladi. Yuqori dielektrik singdiruvchanlik bu hol uchun taalluqlidir. Qurilmaga qarab dielektriklar quyidagicha klassifikatsiyalanadi.

1-guruhga faqat qutblanish xossalari dielektriklar. Qutblanishi kuzatilmaydigan va kuchsiz qutblanishli qattiq jismlar kristall va amorf ko'rinishida (parafin, polistirol)

hamda qutblanishi bo'lmagan va kuchsiz qutblanishli suyuqlik va gaz (benzol, vodorod) kiradi.

2-guruhga elektronli va dipolli relaksatsiya qutblanish deyiladi. Bu turdagi qutblanishga organik qattiq jismlar kiradi.

3-guruhga elektr ionli va relaksatsiya qutblanishli dielektriklar tashkil etib, bu turdagi qutblanishga qattiq noorganik dielektrik kiradi.

4-guruhga segnetoelektrlarni xarakterlovchi xossaga ega bo'lgan elektr ionli va elektr ion relaksatsiya qutblanishli dielektriklar hisoblanib, bularga segnet tuzi, titanit va boshqa materiallar kiradi.

Gazlarda dielektrik singdiruvchanlik gazlardagi molekulalar zichligi kam bo'lganligi uchun ham sezilarli emas, taxminan 1 ga yaqin. Gazlarda qutblanish elektronli yoki dipolli bo'lishi mumkin. Agar gaz molekulalari qutbli bo'lsa elektr qutblanishining asosiy ko'rsatkichi hisoblanadi.

Suyuq dielektriklar qutbli yoki qutbli bo'lmagan molekulalardan tuzilgan bo'lishi mumkin. Bu suyuq dielektriklar uchun uncha yuqori emas, yorug'lik yutilishining kvadratiga teng.

Qattiq dielektrlarning stukturaviy xususiyatiga bog'liq. Qutbli bo'lmagan qattiq dielektriklar uchun xarakterli qonuniyatlar qutbi bo'lmagan suyuq va gazlardagidek tegishli. Parafinning qattiq holatdan suyuq holatga o'tishda (erish temperaturasi 54°C ga yaqin) ni keskin tushishi kuzatiladi. Oqibatda jismning zichligi kamayadi. Qattiq dielektrlarda o'zida ionli kristallar elektr va ionli qutblanishga ega bo'lgan dielektrlarda musbat bo'ladi. Ya'ni elektr qutblanishi maydon ta'sirida xossaga ega bo'ladi. Segneto elektrlarning yuqori bo'lib, maydon kuchlanganligi va haroratdan keskin ajrab chiquvchi bog'lanish xususiyatiga ega bo'lib, harorat bog'lanishi keskin ajralib turishi maksimal 125 haroratda seziladi. Maksimal qiymatidagi harorat – *Kyuri harorati* deyiladi. Kyuri haroratidan yuqori haroratda segneto elektrlar xossalari yo'qolib, hatto elektr maydon kuchlanganligi bilan bog'lanishi yo'qoladi.

Nazorat savollari.

1. ETMlarning fan-texnika taraqqiyotidagi roli.
2. ETMlarning klassifikatsiyalarini tushuntirib bering?
3. Metall bog'lanish qaysi holatdagi jismlar uchun tegishli.
4. Elektronli bog'lanishni tushuntiring.
5. Qanday dielektrlarni elektroizolyatsion materiallar deb yuritiladi?
6. Mexanik xarakteristikasini tushuntiring.
7. Issiqlik xarakteristikalarini tushuntiring.
8. Dielektrik materiallarda qutblanish qanday kuzatiladi?
9. Relaksatsion qutblanishni tushuntirib bering?

2-MA'RUZA. DIELEKTRIKLARDA ENERGIYA ISROFI

Reja:

1. *Dielektriklarda energiya isrofining asosiy tushunchalari.*
2. *Gazlarda, suyuqliklarda, qattiq jismdagi dielektrik isroflar. Segnetoelektriklardagi dielektrik isroflar.*

Tayanch so'z va iboralar

Isrof, isrof turlari, isrofning maydon jinsiga bog'liqligi, dielektriklardagi isrof, isrof burchagi, isrof burchagining tangensi, isrofning temperaturaga bog'liqligi.

Dielektrik isrof deb elektr maydoni ta'sirida o'zgaruvchan va o'zgarmas bo'lishidan qat'iy nazar dielektrikda tarqalayotgan va qizishga olib kelgan quvvatga aytiladi. Dielektrik isrof o'zgaruvchan yoki o'zgarmas kuchlanish bo'lganda uning o'tkazuvchanligini xarakterlovchi uyurma toklari oqadi. O'zgarmas kuchlanishda qutblanish davriy tashkil etuvchilari bo'lmaganda (bu dielektrikning sifatini ifodalaydi) solishtirma hajm va sirtqi qarshilik yo'q bo'ladi. O'zgaruvchan kuchlanishda esa uyurma toklaridan tashqari, qo'shimcha sabablar bo'lib, bu esa dielektrik isrofga olib keladi. Elektr izolyatsion materiallarda isrofni kattalik sifatida hajm birligida yoki solishtirma isrof deb aniqroq burchak sifati ya'ni, tok bilan kuchlanish orasidagi dielektrik isrof burchagining $\tan\delta$ deb kiritiladi. Dielektrik isrof burchagi deb sig'imli zanjirning tok va kuchlanish orasidagi siljish burchagi 90 gacha bo'lgan qo'shimcha burchakka aytiladi. Bunday zanjirda ideal holatda burchak 90° bo'lib, $\tan\delta=0$ bo'ladi. Qanchalik tarqalayotgan quvvat katta bo'lsa kichik yoki aksincha katta bo'ladi. Dielektrik isrofni katta bo'lishiga yo'l qo'ymaslik kerak chunki issiqlik yani qizish materialni kichik kuchlanishda ham ishdan chiqishiga olib keladi. Dielektrik isrofni o'rganish paytida dielektrikni qutblanish xarakteristikasini yaxshi o'rganish kerak, agar egri chiziqli bo'lsa ya'ni nochoziqli dielektrik (segnetoelektriklarda) bu isroflar uni elektrik xossalariga ta'sir ko'rsatadi. Bu isroflar yonma-yon turgan izolyatsiyalangan o'tkazgich yoki yarim o'tkagichlarda uglerodlarni birikishi temir oksidlanishiga olib keladi. Isrof burchagi qutblanishdagi zaryad kuchlanishga chiziqli bog'liq (butun ellips hajm qizishga ketgan quvvatning yuzasi).

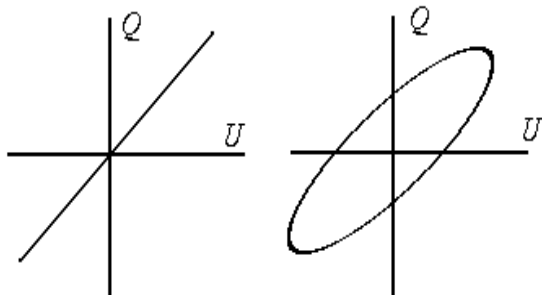
Dielektrik isrofni fizik va tabiiy xususiyatlariga qarab to'rt asosiy guruhga bo'linishi mumkin;

1) Dielektriklarning qutblanishida ifodalanuvchi isrof. Bunday isrof asosan relaksasion qutblanuvchi jismlarda kuzatilib dipolli strukturali va zich bo'lmagan ionli strukturali dielektriklarda kuzatish mumkin. Relaksasion dielektrik isrof issiqlik harakatini elektr maydoni ta'sirida harakati buziladi. Dielektrik isrofning relaksasion deyilishiga sabab tabiiy bog'lanish - bu jismlarning xarakterlovchi temperaturasi bilan tenglashganda kuzatiladi. Ya'ni bu temperaturada reaksiyaning ma'lum vaqtining qismi berilgan o'zgaruvchan kuchlanishning intensivligi kattalashib qismlar orasidagi bog'lanish kamayib, natijada isrofning kamayishiga olib keladi.

2) Dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligida ifodalanuvchi isrof.

Sezilarli hajm va sirtqi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan dielektriklar uchun taalluqli bo'lib ular uchun dielektrik isrofning tangensi.

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1,8 \cdot 10^{10}}{\xi r \cdot f \rho}$$



a) chiziqli, isrofga bog'liq emas

b) nohiziqli, isrofga bog'liq

quyidagicha topiladi.

$$R_{au} = A1 \cdot f(U - U_u)^3$$

A1- doimiy koeffisient;

F - maydon chastotasi, (Gs);

U - berilayotgan kuchlanish, (V);

U_u - ionlanish boshlanishidagi kuchlanish, (V).

Agar $U > U_u$ bo'lsa $\operatorname{tg} \delta$ maydon kuchlanganligiga chiziqli bog'liq.

4) Bir jinsli bo'lmagan strukturada kechadigan dielektrik isrof asosan qatlamli dielektriklarda, shimdirilgan qog'oz va gazlamalarda, to'ldiruvchili plastmassalarda, mikanitli g'ovakli keramikada, mikaleksda kuzatiladi. Dielektriklarning strukturalari turlicha bo'lganligi uchun, tarkibidagi komponentlar turli xususiyatlarga ega bo'lganligi uchun ulardagi dielektrik isrofni hisoblashning umumiy ifodasi yo'q.

Gazlardagi dielektrik isrof.

Gazlarning dielektrik isrofi maydon kuchlanganligining, qaysiki gaz molekulalarining zarbiy ionlashishning rivojlanishi uchun yetarli bo'lishi kerak bo'lgan kichik qiymatlarida kuzatilib, juda kichik bo'ladi. Shuning uchun gazlarni amaliy qarashlarda ideal dielektrik deb yuritish mumkin.

Gazlardagi isrof faqat dipolli molekulalarni oriyentatsiyasidagi elektr o'tkazishi asos bo'lib, qaysiki, gazlarning qutblanishida dielektrik isrof kuzatilmaydi. Barcha gazlarning dielektrik elektr o'tkazishi kichik bo'lganligi, dielektrik isrof burchagining ham mos holda kichik (ayniqsa yuqori chastotalarda) bo'lishi bilan ajralib turadi. $\operatorname{tg} \delta$ ning qiymati avvalgi ifodalar yordamida topiladi.

Gazlarning solishtirma hajmiy qarshiligi – $f=50$ Gs, $\epsilon_r \approx 1$ bo'lganda $10^{16} \div 4 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ oralig'ida bo'ladi.

Bir jinsli bo'lmagan maydonning yuqori chastotalarida, qaysiki aloxida bo'lakchalarda kuchlanganlikning qandaydir kritik qiymatlarida molekulalarning ionlashishi natijasida ionizatsiyali isrof yuz beradi. Oldingi mavzuda aytilganidek, ya'ni yuqori chastotada dielektrikning ichki gazli ulanishida ionizatsiya natijasida isrof

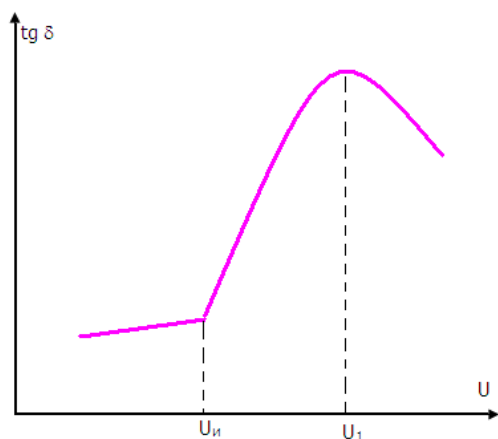
Bunday dielektriklardagi isrof chastotaga bog'liq emas. Tangens δ ning chastotasi geperbolik qonuniyat bo'yicha o'zgaradi.

3) Izolyatsion dielektrik isrof gaz ko'rinishidagi dielektriklar uchun taalluqli. Kuchlanish isrofi bir jinsli bo'lmagan elektr maydonida kuchlanganlik paytida gazning ionlanish davrining boshlanishida kuzatiladi. Kuchlanish isrofi

kuzatilishini esga olsak, $\operatorname{tg}\delta$ ning ortishi kuchlanishning o'sishiga mos keladi. Gazli ulanishda U_i kuchlanishning ortishida $\operatorname{tg}\delta$ ham ortadi (2.2-rasm). U_1 kuchlanishda gaz tubdan ionlanadi, $\operatorname{tg}\delta$ ham sezilarli ortadi. Kuchlanishdan yuqori qiymatlarda gazning teshilishi sodir bo'ladi. $\operatorname{tg}\delta=f(U)$ bog'lanish odatda *ionlanish egri chizig'i* deb yuritiladi.

Havoning ionlanishi azot oksidlari va ozonning hosil bo'lishi natijasida, organik izolyatsiyani kimyoviy parchalanish yuzaga keladi.

Yuqori kuchlanishli havo liniyalaridagi o'tkazgichlarning sirtida havoning oinlanishi (tojning hosil bo'lishi) oqibatida FIK kamayadi.



2.2-rasm. Havoli ulanishlardagi izolyatsiya uchun $\operatorname{tg}\delta$ ning kuchlanishga bog'liqligi.

Suyuq dielektrlardagi dielektrik isrof.

Qutblanmagan dielektrikning tarkibida dipolli molekulali aralashma bo'lmasa, isrof faqat elektr o'tkazishda yuzaga keladi. Toza qutblanmagan suyuqliklarning solishtirma qarshiligi, shuningdek dielektrik isrofi ham juda kichik bo'ladi. Misol tariqasida aralashmadan tozalangan kondensator moyi, $\operatorname{tg}\delta$ qiymati kichik bo'lib, formula asosida topiladi.

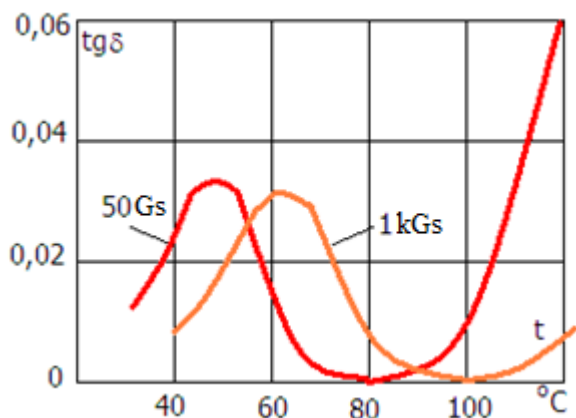
Qutblangan suyuqliklarda kuzatiladigan isrof sharoitga (harorat, chastota) bog'liq bo'lib, dipolli relaksatsion qutblanishdagi elektr o'tkazishi evaziga sezilarli kattalikka erishadi.

Texnikada qo'llaniladigan ayrim suyuqliklar qutbli va qutblanmagan jismlarning (masalan, moy-kanifolli kompaundlar) aralashishidan iborat bo'ladi.

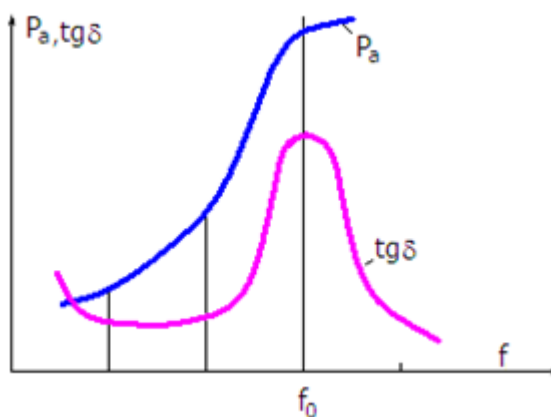
Suyuq qutblangan molekulali dielektrlardagi dielektrik isrof uning qovushqoqligiga sezilarli bog'liqdir. Bunday dielektrlarning solishtirma o'tkazuvchanligi xona harorati sharoitida 10^{-10} - 10^{-11} sm/m ga teng. O'zgaruvchan kuchlanishdagi qutblangan qovushqoq suyuq dielektrlarning dielektrik isrofi ularning elektr o'tkazishida katta ulishini tavsiflaydi. Bunday isrof *dipolli-relaksasion isrof* deb yuritiladi.

Elektr maydoni o'zgarishida kuzatilayotgan dipolli molekulalar qovushqoqlik muhitida burilib, elektr energiyasini issiqlikka aylanishidagi isrofni yuzaga keltiradi. Agar suyuqlik qovushqoqligi o'ta yuqori bo'lsa, u holda dipollning harakati elektr maydonining o'zgarishidan ortda qolib, relaksasion qutblanish amalda yo'qolib, isrof oz bo'ladi. Qovushqoqlik kichik bo'lganda esa dipolli molekulalarning harakati ham sustlashib, isrofning kamayishi kuzatiladi. O'rtacha qovushqoqlikda dipolli

molekulalardagi isrof qovushqoqlikning ayrim qiymatlarida maksimumga erishadi. Moy-kanifolli kompaundni $tg\delta$ ning haroratga bog'liqligini (2.3-rasm) chastotaning ikki xil qiymati uchun katta masshtabda kuzatish mumkin.



3.4-rasm. Moy-kanifolli kompaundning turlicha chastotalarda $tg\delta$ ning haroratga bog'liqligi



3.5-rasm. Dipolli suyuqliklar uchun taralayotgan quvvat va $tg\delta$ ning chastotaga bog'liqligi

Chastotaning yuqori qiymatlarida maksimum $tg\delta$ yuqori haroratli maydonlarda aralashadi: katta chastota maksimum isrof burchagini olishi uchun relaksatsiya vaqtini kichik bo'lishini talab qiladi, relaksatsiya vaqti kichik bo'lishiga esa qovushqoqlikni kamayishi ya'ni haroratni yuqori bo'lishi zarur.

$tg\delta$ ning kichik qiymatga erishishi uchun (2.4-rasm) qovushqoqlik juda kichik bo'lgan muhitning haroratiga mos holatda kuzatilib, bunda dipollar amalda yo'qotishlarsiz harakatlanadi. Bu hollarda isrof juda kam bo'ladi. Kelgusidagi $tg\delta$ ning haroratning ortishidagi o'sishi uning yuqori haroratdagi dielektrik isrof mexanizmidagi elektr o'tkazishini ortishi bilan izoxlanadi.

Suyuq dielektrlarda kuzatiladigan dipolli-relaksasion qutblanishdagi R_o quvvatning tarqalishi chastotaga mos keluvchi maydon o'zgarishiga mos holda qutblanish ustma – ust tushishga ulgiradi. Qachonki chastota shunchalik ortib ketganda qutblanishdagi dipollarning yo'nalishi maydon o'zgarishi bilan ustma-ust tushmay ortda qola boshlaganda, $tg\delta$ pasayadi, R_o isrofi esa yuqoridagi ifodaga mos holda o'zgarmas bo'lib qoladi. Shuning uchun R_o dielektrik isrofning chastotaga bog'liqligi $tg\delta$ ning chastotaga bog'liqligi bilan tegishli tomonlari yo'q.

Kichik qovushqoqli suyuq dielektrlar past chastotalarda dipolli-relaksasion qutblanishdagi isrof o'tishdagi elektr o'tkazishida aytarli katta bo'lmaydi. Quyida chastotasi 50 Gs bo'lganda qutblangan va qutblanmagan suyuqliklarning ϵ_r va $tg\delta$ qiymatlari keltirilgan:

ϵ_r	$tg\delta$	
Transformator moyi	2,3	0,001
Sovol	4,5	0,020

Ko'rinib turibdiki qutblanmagan suyuqlik masalan transformator moyining dielektrik isrof burchagi qutbli suyuqlik savolga nisbatan ancha kichik.

Qattiq dielektrlarning energiya isrofi.

Qattiq dielektrikdagi kuzatiladigan dielektrik isrof ularning strukturasiga bog'liq. Qattiq jismlarda turli tarkibli va strukturali tuzilishga ega bo'lganligi uchun dielektrik isrofning barcha turlari kuzatilishi mumkin. Aynan shu fikrni oydinlashtirish, hisob ishlarini yengillashtirish maqsadida qattiq jismlardagi dielektrik isrofni to'rt guruhga bo'lish mumkin: molekulyar strukturali dielektrlar, ion strukturali, segnetoelektrlar va bir jinsli strukturaga ega bo'lmagan dielektrlar.

Molekulyar strukturali dielektrlardagi dielektrik isrof molekulaning turiga bog'liq. Qutblanmagan molekulali, tarkibida aralashma bo'lmagan dielektrlar kichik dielektrik isrofga ega bo'ladi. Bunday dielektrlarga misol qilib serezin, qutblanmagan polimerlar-polietilen, politetraftoretlen, polistirol va boshqalarni keltirish mumkin.

Sanab o'tilgan dielektrlarning dielektrik isrofi kichik bo'lmaganligi uchun, yuqori chastotali dielektrlar sifatida qo'llaniladi.

Qutblangan molekulali molekulyar strukturali dielektrlar asosan organik jismlarda tashkil etib, texnikada keng qo'llamda qo'llaniladi. Bularga selluloza asosidagi materiallar (qog'oz, katron), qutbli polimerlar (organik shisha); poliamidlar (kepron). Kauchukli materiallar (ebolit), fenolformaldegidli smolalar (bakelit), selluloza efirlari (asetilsellyuloza) va boshqa materiallar kiradi.

Bunday jismlar dipolli-relaksasion qutblanishda qurish hisobiga haroratga bog'liq holda yuqori dielektrik isrofga ega bo'ladi; Haroratning ayrim qiymatlarida dielektrik isrof maksimum va minimum isrofga erishadi; minimumdan keyingi isrofning ortishi uning o'tuvchi elektr o'tkazishi orqali tushuntiriladi.

Qog'ozli dielektrlarda xatto quritilgan holatida ham quyi haroratda $tg\delta$ maksimumga erishadi.

Segnetoelektrlardagi dielektrik isroflar.

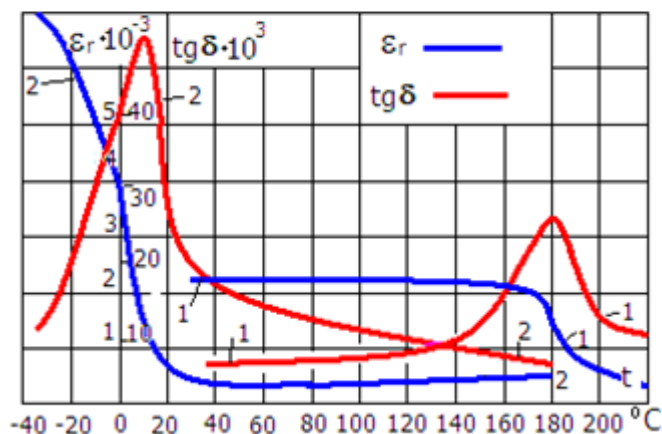
Segnetoelektrikdagi dielektrik isrof dielektrikdagi singari bir xil bo'ladi. Xususiyatli tomoni, oldin aytib o'tilganidek, Kyuri nuqtalariga yaqin aniqlashtirilgan haroratning oralig'larida o'z-o'zidan ixtiyoriy qutblanish darajasi tushiniladi. O'z-o'zidan ixtiyoriy qutblanish muhitida haroratga bog'langan dielektrik isrof kam o'zgarsada, Kyuri nuqtasidan yuqori qiymatlarda o'z-o'zidan ixtiyoriy qutblanish yo'qolishi natijasida birdaniga pasayadi.

2.5-rasmda tarkibi turlicha va shunga tegishli Kyuri nuqtalariga ega bo'lgan ikki xil keramik segnetoelektrlarning dielektrik isrof burchagini tangensi va dielektrik singdiruvchanligini haroratga bog'liqligi tasvirlangan.

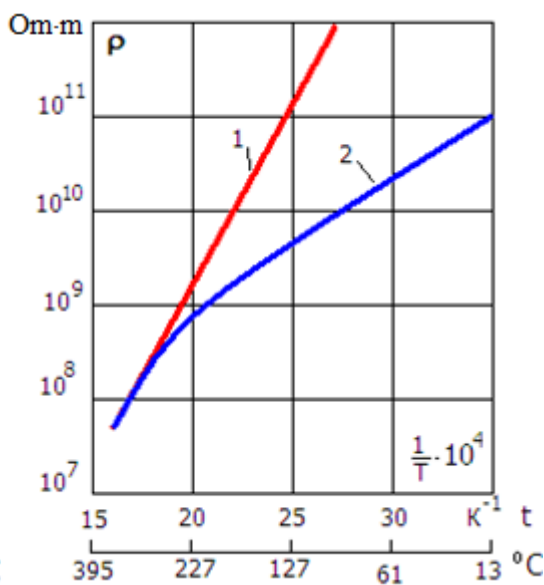
Bir jinsli bo'lmagan strukturali qattiq jismlardagi dielektrik isrof kamida ikki xil komponentlarning o'zaro aralashmasida, bir-biri bilan mexanik bog'langan qattiq dielektrlarda kuzatiladi. Bularga, avvalo, keramikani olish mumkin. Har qanday keramik material o'zida murakkab tuzilishli tizimni aks ettiradi. Inchunin, tarkibi kristalli, gazli va shaffofli fazalari bilan farqlanadi.

Keramikadagi dielektrik isrof kristall va shaffofli fazalarining o'zaro munosabatidan kelib chiqadi. Gazli faza keramikada esa, yuqori kuchlanganlik maydonidagi ro'y beradigan ionizasiyani rivojlanishida dielektrik isrofni ortishiga olib

keladi. Keramikadagi isrofning ortishiga materialni ishlab – chiqarish jarayonida mahsulotda yarim o'tkachgichli ulanishlar hosil bo'lishi ham sabab bo'ladi. Shuningdek, keramikadagi dielektrik isrofning ortishiga mavjud ochiq g'ovaklardagi absorbsiyali namlikni ham sanash mumkin.



2.5-rasm. Turlicha tarkibli titanat bariy namunasining $tg\delta$ va dielektrik singdiruvchanligini haroratga bog'liqligi (1 va 2 – namunalar raqami)



2.6-rasm. Muskovit slyudasining solishtirma hajmiy qarshiligini haroratga bog'liqligi. 1 - ρ ning o'zgarmas tokda o'lchangan ko'rsatkichi ; 2- ρ $tg\delta$ va $f=50$ Gs bo'lgandagi xisobi

Bir jinsli bo'lmagan materiallarga qatlamli strukturaga ega bo'lgan slyudani ham kiritish mumkin. Slyuda plastinkasidagi yarim o'tkazgichli qatlamlarning mavjudligi evaziga $tg\delta$ ning o'zgaruvchan kuchlanishning quyi chastotalarida, xuddi shu materialning juda ham yupqa monokristallarining $tg\delta$ ni qiymatiga taqqoslaganda o'sishi kuzatiladi. 2.6-rasmdan ko'rinib turibdiki, muskovit slyudasining solishtirma hajmiy qarshiligi o'zgarmas tokda ham, o'zgaruvchan tokda ham faqatgina yuqori haroratlarda (qachonki aktiv o'tkazuvchanlik faqat slyudaning elektr o'tkazishi orqali aniqlanganda) ustma-ust tushayabdi xolos.

Shimdirilgan qog'ozni ham bir jinsli bo'lmagan dielektriklar sarasiga kiritish mumkin. Bunday qog'ozlarda sellyuloza tolalaridan tashqari, shimiladigan u yoki bu tarkibli jismlar bo'ladi. shimdirilgan qog'ozning dielektrik isrofi tarkibdagi komponentlarning elektr xossalariga, miqdoriga hamda havoli ulanishiga ko'ra aniqlanadi.

Moy-kanifol kompaud shimdirilgan qog'ozning $tg\delta$ ni haroratga bog'liqligida ikkita maksimumga ega bo'lib: birinchi (past haroratda) qog'ozning (sellyuloza) o'zini dipolli-radikal isrofini xarakterlaydi, ikkinchi (yuqori haroratlarda) shimilgan kampaundning dipolli-relaksasion isrofini xarakterlaydi.

Elektr izolyatsiya texnikasida ko'pincha kompozision materiallar qo'llaniladi. Bunday materiallar bir holatda materialning mexanik mustahkamligiga (ipakli asosda)

kafolat bersa, ikkinchi holatda zarur bo'lgan xossalarini saqlagan holda arzonlashtirish (plastmassa va rezinadagi to'ldiruvchilar) bo'lsa, uchinchi esa qimmatbaho chiqindilardan foydalanish (slyudali materiallar) imkoniyatlari bo'lganligi uchun keng qo'llash imkonini beradi.

Nazorat savollari:

1. Qaysi hollarda dielektrik isrof kuzatiladi?
2. Dielektrik isrofning tashqi faktorlarga bog'liqlik tomonlari qaysi?
3. Isrof burchagi kattaligini izoxlab bering?
4. Isrofning turlariga ko'ra dielektriklarning guruhlarini sanab bering?
5. Dielektrik isrofning kamaytirish choralari qanday?

3-MA'RUZA. DIELEKTRIKLARDA TESHILISH TURLARI

Reja:

1. *Dielektriklarda teshilish turlari. Dielektrikning teshilish kuchlanishi. Dielektrikni elektr mustahkamligi.*
2. *Bir jinsli va bir jinsli bo'lmagan elektr maydonida teshilish. Suyuq, gaz va qattiq dielektriklarning teshilishi.*

Tayanch so'z va iboralar

Teshilishni kuzatish, asosiy sababalari, faktorlar, teshilish turlari, teshilish kuchlanishi, elektr mustahkamligi, toj, elektr yoyi.

Elektr maydoni ta'sirida har qanday dielektrik o'zining elektrizolyatsion hossalari yo'qotadi, qaysiki maydon kuchlanganligi qandaydir belgilangan kritik qiymatidan ko'tarilganda bu holat **dielektriklarning teshilishi** yoki elektr mustahkamligini buzilishi deb yuritiladi. Kuchlanish qiymati esa teshilish kuchlanishi U_{tesh} mos keluvchi material kuchlanganligi **dielektrikni elektr mustahkamligi** deyiladi.

$$E_{mus} = U_{tesh}/h \quad MV/m = kV/mm = 10^6 \text{ v/m} \quad (3.1)$$

Gazlarda teshilish zarbli va fotonli ionlanishda, suyuqliklarda esa ionlanish va issiqlik ta'siri natijasida yana asosiy faktor ulardagi begona oqimlarning tarkibi borligidir. Qattiq dielektriklarda elektr maydoni ta'sirida issiqlik natijasida sodir bo'ladi. Elektr teshilish dielektriklarda elektronli jarayon bo'lib, kuchli elektr maydoni ta'sirida bir joyda birdaniga tokning zichligi ortishi teshilish momentiga olib keladi. Issiqlikdan teshilishda (teplovoy probay) dielektriklarning aktiv qarshiligi qizish natijasida kamayib, aktiv tokning o'sib ketishiga va dielektrikning termik buzilishiga olib boradi. Gazlardagi teshilish elektronning aniq ko'rinishi gazlardagi teshilishdagi qiymati maksimal (amplitudali) qiymatliligi bo'lib qoladi.

Elektr texnologik konstruksiyali qurilmalar transformator, sinxron generator, havo liniyalarida izolyatsiya sifatida havo o'rin tutadi. Normal sharoitda havoning E_{mus} suyuq va qattiq dielektriklarning E_{mus} nisbatan katta emas. Gaz tarkibidagi issiqlik

ta'siridagi betartib molekulalar elektr maydoni ta'sirida qo'shimcha energiya oladi va qutblar tomon harakat qiladi. Qo'shimcha energiya quyidagicha ifodalanadi.

$$W = g \cdot U \lambda \quad (3.2)$$

q- zaryad U_g - erkin yugurush uzunligida L dagi kuchlanish tushuvi (elektr magnit to'liq uzunligi)

Agar maydon bir jinsli bo'lsa

$$U \lambda = E \lambda$$

u holda

$$W = g \cdot E \lambda$$

Qo'shimcha energiya zaryadlangan zarrachalar to'qnashuvida agar energiya yetarlicha katta bo'lsa atom va molekulalarning ionlanishiga olib keladi. Ionlanish shartiga ko'ra.

$$W \geq W_u$$

W - issiqlik holatidagi energiya normal holatda edi.

Yuqoridagilarni e'tiborga olsak.

$$E g \lambda \geq W_u$$

Ionlanishdagi energiya W_u asosan ionlanish potentsiali U_u ga bog'liq.

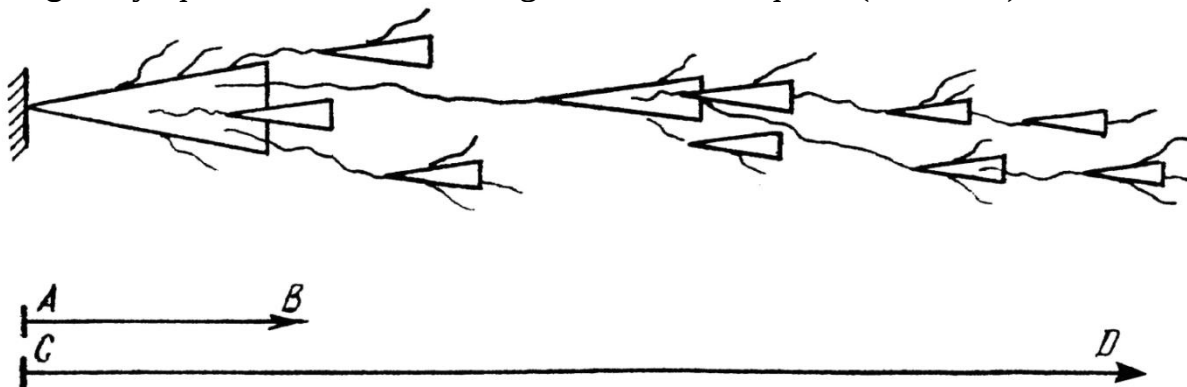
$$U_u = W_u / g$$

U_u turli gazlar uchun 4-25 V tegishli W_u 4-25 eV

Turli gazlar uchun q kattalik o'zgaras bo'lganligi uchun ularning bosimi va temperaturada ionlanish zarbi qandaydir kuchlanishning qiymatiga to'g'ri keladi. Bu E_{bosh} **boshlang'ich kuchlanganlik** deb yuritiladi.

Yuqorida aytilganidek, gazlardagi teshilish - sof elektrli xususiyatga ega bo'ladi. Shuning uchun, yuqori sanab o'tilgan eksperimental natijalardan xulosa qilib aytganda, gazlardagi teshilish kuchlanishning maksimal (amplitudali) qiymatida kuzatiladi. Qattiq va suyuq dielektrlarning teshilishiga issiqlikning ajralishi asosiy turtkilardan hisoblansada, o'zgaruvchan kuchlanishda esa asosiy omil teshilish kuchlanishi ekanligi namoyon bo'ladi.

Ayrim hollarda elektr maydonida tezlanish olgan elektron molekulalarning ionlanishini ta'minlamay, ularni ortiqcha energiya 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 oralig'ida yuqori elektr o'tkazuvchi gaz kanali hosil qiladi (5.1–rasm).



3.1–rasm. Gaz teshilishida strimer tarqalishining sxematik ko'rinishi.

Chizmada elektron ko‘chki shtrixlangan konus shaklida, fotonning harakat yo‘nalishi esa to‘lqin 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 yuboradi. Elektron urilishi natijasida atomlardan to‘lqinli nurlar – fotonlar ajratadi.

Foton tezligi yorug‘lik tezligiga teng bo‘lgani sababli, ko‘chkidan ancha ilgarilab ketib, yo‘lida duch kelgan gaz zarrachalarining ionlanishini ta‘minlaydi. Anod tomon siljiyotgan elektron birinchi sodir bo‘lgan ko‘chkini ancha ilgarilab, yangi ko‘chki hosil qiladi.

Shunday qilib, birinchi ko‘chki AV uzunlikka o‘sib yetguncha, strimer CD oraliqda yuqori o‘tkazuvchanlikka ega yo‘l hosil qiladi. Keyingi bosqichda manfiy strimerdagi alohida ko‘chkilarlar 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 ionlarning katta quyuni anod yaqinida sodir bo‘ldi.

Musbat zaryad zaryad bilan to‘lgan va elektron bilan to‘yingan elektrodlar orasidagi masofada katta o‘tkazuvchanlikka ega gaz plazmasi hosil bo‘ladi. Katodda 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} soniyada bosib o‘tiladi. Elektrodlar orasiga berilgan kuchlanish qancha yuqori bo‘lsa, teshish kuchlanishining qiymati o‘sadi va bu o‘sish *impuls koeffisienti* bilan ifodalanadi:

$$\beta = U_{tesh}/U_{tesh50} \quad (3.3)$$

bunda U_{tesh} – berilgan impulsdagi teshilish kuchlanishi, kV; $U_{Ttesh50}$ – 50 Gs chastotali o‘zgaruvchan yoki o‘zgarmas kuchlanishdagi teshilish kuchlanishi, kV. Bir jinsli bo‘lmagan elektr maydonidagi impuls koeffisienti $\beta \approx 1,5$.

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 amalda lahzada kuchlanishning gaz harorati va bosimiga bog‘liq ma’lum qiymatida ro‘y beradi. Agar manbaning berilayotgan kuchlanishdagi quvvati yetarli bo‘lsa, elektrodlar orasida hosil bo‘lgan uchqun so‘ngra yoyga aylanadi. Elektrodlar orasidagi masofaga mos holda uchqunni hosil qilish natijasida berilayotgan kuchlanishning qiymati aniqlanadi (qo‘ziqorinsimon razryadniklar yordamida yuqori kuchlanishni o‘lchash).

Elektrodlar orasidagi masofaning qichik qiymatlarida havoning elektr mustahkamligini sezilarli ravishda ortishi kuzatiladi. Bu elektrodning kichik oraliqlarida razryadning qiyin shaklda kechishi orqali tushiniladi. Normal sharoitda, ya‘ni bosim 0,1 MPa, harorat 20°C da, havoning elektr mustahkamligi elektrodlar orasidagi masofa 1 sm bo‘lganda 3 MV/m ni; $h=5$ mkm bo‘lganda esa 70 MV/m ga erishadi. Gazlarning elektr mustahkamligi uning zichligiga kuchli darajada bog‘liq

(bosimga nisbatan harorat doimiy bo'lsa). Haroratning kichik o'zgarishlari, bosimda gazlarning teshilish kuchlanishi uning zichligiga proporsionaldir. Shuning uchun havoning teshilish kuchlanishini hisoblashda quyidagi ifoda o'rinli bo'ladi.

$$U_{tesh} = U_{tesh,0} \delta \quad (3.4)$$

Bu yerda $U_{tesh,0}$ —normal sharoit ($t=20^{\circ}\text{C}$, $p \approx 0,1$ MPa) bo'lganda teshilish kuchlanishi; U_{tesh} —berilgan harorat va bosimdagi teshilish kuchlanishi. Havoning nisbiy zichligi δ quyidagi munosabatdan topiladi:

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

Bu yerda t —harorat, $^{\circ}\text{C}$; r —gaz bosimi, mm sim. ust. Normal sharoitda $\delta = 1$ bo'ladi.

Gazning bosimi yuqori va tegishli zichligi ortganda, alohida joylashgan molekulalar orasidagi masofa qisqaradi; unga mos holda elektronlarning erkin yugurish masofasi qisqaradi. Gaz bosimi pasayganda, uning elektr mustahkamligi asosan oldiniga kamayib, qachonki bosim atmosferaning ($p \approx 0,1$ MPa)ga nisbatan qandaydir oraliqqa pasayganda, zaryadlarning elektr maydoni ta'siridan xoli bo'lishi yuqori darajaga erishadi va elektr mustahkamlik yangidan ortishni boshlaydi. Bu ortish hajm birligidagi gaz molekulalar sonining elektr maydonidan xoli bo'lishida kamayishi va elektronlar gaz molekulalari bilan to'qnashuvining ehtimolini pasayib ketishi orqali tushuntiriladi. Yuqori vakuumli muhitda teshilish elektronlarning elektrod sirtida ajralib chiqish hodisasi (*sovuq emissiya*) natijasida kuzatiladi. Bu holda elektr mustahkamlik juda yuqori qiymatga erishishib, u materialga va elektrodning sirtini tuzilishiga bog'liq bo'lib o'zgarmay qoladi. Yuqori elektr mustahkamli vakuumlarni texnikada yuqori chastotali katta kuchlanishli kondensatorlarda qo'llaniladi.

Katta bosimli gazlardan izolyatsiya sifatida yuqori voltli jihozlarda, shuningdek yuqori kuchlanishli kondensator va kabellarda qo'llaniladi.

Gazning kimyoviy tarkibi uning elektr mustahkamligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Bir jinsli bo'lmagan maydondagi teshilish qonunlari yuqoridagi aytilgan fikrlardan ancha yiroqdir. Bir jinsli bo'lmagan maydondagi teshilish ikkita o'tkir, yassi va o'tkir elektrodlar, ikkita elektr uzatish liniyalarining simlar va boshqa sferik shakldagi elektrodlar orasida yuz beradi.

Gazlarning bir jinsli bo'lmagan maydondagi teshilishining murakkabli tomoni shundaki, qisman razryad joyida *toj* ko'rinishda yuzaga kelishi bo'lib, bunda maydon kuchlanishning kritik qiymatida *toj* uchqunli razryadga so'ngra yoyga aylanishi kuzatiladi.

Ignayassi elektrodlar orasidagi teshilishda, yassi musbat qutblangan bo'lgan holatda teshilish kichik kuchlanishlarda sodir bo'ladi. Chunki, ionlanish ixtiyoriy qutb bo'lishidan qat'iy nazar, igna atrofida, ya'ni elektr maydonining kuchlanganligi katta bo'lganligi uchun uning atrofida musbat zaryadlangan ionlar-qaysiki qobig'idagi elektron tark etgan molekulalar "*bulut*" hosil qiladi. Ignayassi musbat qutblangan bo'lganda bu bulutlar uning uchini davomini shakllantiradi va razryadli oraliqning cho'zilishini qisqartiradi. Zaryadlarning musbat qismi musbat qutblangan igna tomonidan itqitib yuboriladi, binobarin ionlanishni ifodalovchi qo'zg'algan elektronlar uni qayta

tiklanishiga ulguradilar, natijada ignaga bog‘langan misbat zadyadli xajmning manfiy zaryadlangan elektrodga nisbatan “*unib chiqish*” manzarasi namayon bo‘ladi.

Yuqori chastotalarda tojning hosil bo‘lishiga tegishli kuchlanish, umuman olganda teshilish kuchlanishi bilan bir xil bo‘lib, elektrodlar orasidagi masofaning ortishida juda oz ortsada sanoat chastotasida esa amalda chiziqli bog‘langanligi uchun kuzatilmaydi. Qattiq dielektrlarning havoli razryadni texnikada *sirtiy razryad (qoplanish)* deb yuritilib, bu jarayon past kuchlanishlarda elektrodlar orasida faqat havo bo‘lganda yuz beradi. Razryad kuchlanishiga odatda, elektr maydonining shakli, dielektrik va elektrodning konfiguratsiyasi, maydon chastotasi, dielektrikning sirtiy holati, xavoning bosimi o‘z ta‘sirini ko‘rsatadi.

Havoning nisbiy namligi quyi chastotalarda va o‘zgarmas kuchlanishda izolyatorlarning razryad kuchlanishiga kuchli ta‘sir ko‘rsatsada, radio chastotalarda esa kam seziladi. Masalan 50 Gs chastotadagi keramik izolyatorlardagi havoning nisbiy namligi 60 dan 80-90% ortishi razryad kuchlanishini ikki marta kamayishiga olib keladi.

Suyuq dielektrlarning elektr mustahkamligi

Suyuq dielektrlarning elektr mustahkamligi normal sharoitda gazlarnikiga nisbatan ancha yuqori bo‘lishi bilan ajralib turadi.

Toza holdaga suyuq dielektrlarni olish juda murakkabdir. Odatda, suyuq dielektrlarning tarkibida suv, turli gazlar va qattiq zarrachalar bo‘ladi. Suyuq dielektrlarning tarkibidagi begona aralashmalarning miqdori uning teshilishini ifodalagani uchun, bu jismlarning teshilish tabiatini tavsiflash nazariy jihatdan ancha qiyindir.

Suyuq dielektrlarning elektrik teshilish nazariyasini o‘ta tozalangan suyuqlikka nisbatan qabul qilish mumkin. Elektr maydonining yuqori kuchlanganligida elektrodlar sirtidagi elektronlarning gazlarniki singari ajralib chiqishi, shuningdek, zaryadlangan zarralarni suyuqlik molekulasiga bilan to‘qnashishi kuzatiladi. Bunda suyuq dielektrlarning kuchaytirilgan elektr mustahkamligi gazsimon dielektrlarga nisbatan elektronning erkin yugurish masofasining kichikligidan kelib chiqadi. Suyuqliklardagi teshilish qizish joyida elektrodlar orasida gazli kanal hosil qiluvchi gazli ulanishlar (osongina ionlashuvchi gaz pufakchalarining energiyasiga nisbatan) sabab bo‘ladi. Normal sharoitda transformator moyi tarkibidagi suv pufakchalari uning mustahkamligini yetarli kamaytiradi. Maydon ta‘sirida sferik shakldagi kuchli dipolli suyuqlik - suv pufakchalari qutblanib, ellips ko‘rinishida bo‘lib, turli qutbli elektrodga kuchaytirilgan o‘tkazuvchanli zanjir bo‘lib tortilishi natijasida teshilish sodir bo‘ladi.

Qurilgan transformator moyining mustahkamligi ichki tarkibidagi suv pufakchalari va oson bug‘lanuvchi moy fraksiyalarining qaynashi natijasida pufakchalar hosil bo‘lganga qadar, haroratga 80°C oralig‘igacha bog‘liq bo‘lmaydi. Normal sharoitda transformator moyini tarkibidagi suv miqdori uning mustahkamligini kamaytiradi. E_{mus} ning ortishi suvning emulsiya holatidan molekulyar aralashma holatiga o‘tishidagi harorat orqali tavsiflanadi. Kelgusida suyuqlikning elektr mustahkamligini kamayishiga qaynashi sabab bo‘ladi. Quyi haroratlarda mustahkamlikning ortishiga, avvalo, uning qovushqoqligini ortishi va suvga nisbatan

muzning dielektrik singdiruvchanligini kichikligi bog'liq. Tarkibidagi kul va tolali bo'lakchalar ham suyuq dielektriklarning elektr mustahkamligini kamaytiradi.

Suyuq dielektriklarni tarkibini begona aralashmalardan tozalash, odatda transformator moyini uning mustahkamligini keskin oshiradi. Masalan, tozalanmagan transformator moyining elektr mustahkamligi $E_{mus} \approx 4$ MV/m; tozalangandan so'ng 20-25 MV/m bo'lishiga erishiladi.

Qattiq dielektriklarning teshilish

Qattiq dielektriklarning teshilish turiga ko'ra 4 ta guruhi bor;

- mikroskopik bir jinsli dielektriklarda elektr teshilishi,
- bir jinsli bo'lmagan dielektriklarda elektr teshilishi,
- dielektriklarda issiqlik elektr teshilishi,
- elektroximik teshilish.

Mikroskopik bir jinsli dielektriklarda elektr teshilishi juda qisqa 10^{-7} - 10^{-8} s vaqtlarda sodir bo'lib, issiqlik energiyasi tegishli bo'lmay, qisman haroratga bog'liq bo'ladi.

Elektrik teshilish tabiatiga ko'ra toza elektronli jarayon bo'lib, qaysiki qattiq jismda kam miqdorli elektronlar ko'chki hosil qiladi. Elektron elektr maydoni ta'sirida yig'ib olgan energiyasini o'zining harakatiga beradi, kristall panjarani qo'zg'atadi. Kritik tezlikka ega bo'lgan elektronlar urib chiqarishi natijasida yangi elektronlarni hosil bo'lishi natijasida panjaraning stasionar holati buziladi, qattiq jismda elektronli zarbli ionlanish ro'y beradi.

Toza elektrik teshilish o'zining elektr o'tkazishidagi dielektrik singdiruvchanligi va gazli ulanishlardan holi bo'lganligi bilan ajralib turadi. Bir jinsli maydonda materialning kuchlanganligi to'la bir jinsli bo'lish qobiliyati uning elektr mustahkamligi sharoitini ta'minlashi mumkin. Bunday sharoit ba'zi organik polimerlarda va ipakli-galoidli birikma monokristallarda bo'ladi. Bu holda E_{mus} yuz megavolt metrga erishadi.

Bir jinsli bo'lmagan dielektriklardagi elektrik teshilish. Bunday teshilish gazli ulanishga ega bo'lgan texnik dielektriklar uchun ta'aluqli bo'lib, jarayon juda tez kechadi. Bir jinsli bo'lmagan materialning bir jinsli va bir jinsli bo'lmagan maydondagi teshilish kuchlanishining qiymatlarini farqi aytarli bir-biridan kam farq qiladi.

Eslatish joizki, shisha, chinni va boshqa qattiq dielektriklarning elektr mustahkamligi bir jinsli maydonda namunaning qalinligiga bog'liq emas edi. Binobarin, shishaning bir jinsli maydondagi elektr mustahkamligini o'rganish juda kichik 0,05 dan -0,2 - 0,5 mm qalinliklar ustida, defektrlar soni kam bo'lganda olib birilgan edi. Namuna qalinligi kattalashishida uning bir jinsli bo'lmashlik strukturasi kuchaymoqda, gazli ulanishlar ortib elektr mustahkamligi bir jinsli maydondagi singari pasaymoqda. Ayrim hollarda elektrodlarda tashqi bir jinsli bo'lmagan elektr maydoni hosil bo'lganda keramikaning elektr mustahkamligi elektrodlarda tashqi bir jinsli elektr maydoni hosil bo'lgandagi elektr mustahkamligiga qaraganda yuqori bo'lishi kuzatiladi. Aynan shu fikrni rutilli keramikaning 1,6-1,7 mm qalinlikda o'zgarmas kuchlanishda elektrodlar igna-yassi bo'lganda uning elektr mustahkamligi taxminan

24 MV/m, yassi elektrodlar uchun atigi 12,5-15 MV/m ni tashkil etishida ko‘rish mumkin.

Issiqlikdan teshilish dielektrikda dielektrik isrof tufayli ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori ortishi natijasida dielektrikdagi tarqalayotgan issiqlik taqsimoti buzilishi jarayoni ko‘chish ko‘rinishini olganda sodir bo‘ladi.

Issiqlikdan teshilishning yuz berishi materialni elektr maydoni ta‘sirida shunday bir haroratda duchor qiladiki, bu harorat uni erishiga yoki kuyishiga majbur qiladi. Issiqlikdan teshilishdagi elektr mustahkamlik materialning faqatgina xususiy tavsifiga tegishli bo‘lmay, bal’ki undan tayyorlangan mahsulotga bog‘liq bo‘ladi. Dielektrikning qizishidagi teshilish kuchlanishi tegishli kuchlanishning chastotasiga, sovitish muxitiga, atrof-muxitning haroratiga bog‘liq. Bundan tashqari “elektr issiqlik” teshilish kuchlanishi materialning qizishga bardoshligiga ham bog‘liqdir, masalan qizishga bardoshligi kichik bo‘lgan organik dielektrik namunasi polistirolning “elektr issiqlikdan “teshilish kuchlanishi noorganik dielektrik kvars, keramikaga nisbatan ancha kichik bo‘ladi.

Umuman olganda issiqlikdan teshilish – bu murakkab jarayon bo‘lib, dielektrik qalinligida haroratning tushuvi, o‘rta qatlamida esa elektroddan berilayotgan issiqlikka nisbatan qizish yuqori bo‘lsada, qarshilikni avval birdaniga pasayishi qatlam sirtida elektr maydoni va kuchlanishni notekis taqsimlanishiga olib keladi. Shuningdek elektrod materiallarining issiqlik o‘tkazuvchanligi ham muhim rol tutadi. Bularning barchasi U_{tesh} ni yaqinlashtirilgan hisoblash natijasida olingan qiymatlaridan kichik bo‘lishiga sabab bo‘ladi.

Elektr texnik materiallarning elektr kimyoviy teshilishi ekspluatatsiya sharoitida havoning namligi va harorati yuqori bo‘lganda muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari teshilishning bu turdagi ko‘rinishi izolyatsiyaning qarshiligi tiklanmas (elektr kimyoviy eskirishi) pasayganda ham, o‘zgaras va o‘zgaruvchan tokning quyi chastotalarida kuzatiladi. Shuningdek, yuqori chastotalarda materialning berk g‘ovaklarida gazlarning ionlanishi, issiqlikning ajralishini kuzatilishi, masalan o‘zgaruvchan valentli metall oksidli keramikada ham elektr kimyoviy teshilish sodir bo‘ladi.

Elektr kimyoviy teshilishning yuzaga kelishi uzoq vaqt talab etadi, chunki u elektr o‘tkazuvchanlikni hosil bo‘lishiga bog‘liq. O‘zgaruvchan valentga ega bo‘lgan metall oksidli keramikaga (masalan, TiO_2) nisbatan alyuminiy, kremniy, magniy va bariy oksidli keramikada elektr kimyoviy teshilish ko‘proq yuz beradi. O‘z navbatida bunday teshilish organik materiallarda ham ko‘p kuzatiladi. Elektr kimyoviy teshilish ko‘pincha elektrodning materialiga ham bog‘liq bo‘ladi.

Yuqorida aytilganidek, gazlardagi teshilish - sof elektrli xususiyatga ega bo‘ladi. Shuning uchun, yuqori sanab o‘tilgan eksperimental natijalardan xulosa qilib aytganda, gazlardagi teshilish kuchlanishning maksimal (amplitudali) qiymatida kuzatiladi. Qattiq va suyuq dielektriklarning teshilishiga issiqlikning ajralishi asosiy turtkilardan hisoblansada, o‘zgaruvchan kuchlanishda esa asosiy omil teshilish kuchlanishi ekanligi namoyon bo‘ladi.

Nazorat savollari:

1. Teshilish kuchlanishi va elektr mustahkamligi terminlarini izohlang?

2. Gazsimon suyuq va qattiq dielektrlarda teshilish mexanizmi qanday?
3. Suyuq dielektrlarning mustahkamlik bog'lanishi qanday?
4. Dielektrlardagi issiqlik teshilishini tushuntiring?
5. Elektr yoyi nima?

4-MA'RUZA. DIELEKTRIKLARNING NAMLANISHI

Reja:

1. Dielektrikning namlanish.
2. Dielektrikning nam singdiruvchanligi.

Tayanch so'z va iboralar

Namlik, nisbiy namlik, ho'llanish burchagi, kondision namlik, urilishi qovushoqligi, mog'or, tropik iqlim.

1. Dielektrlarning namlanishi

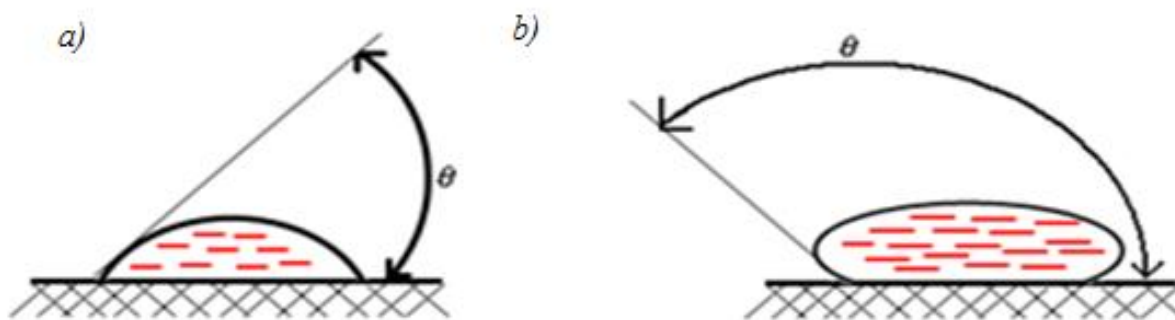
Elektr izolyatsiya materiallari oz yoki ko'p darajada gigroskopik xususiyatiga, ya'ni atrof-muhitdan o'ziga namlik tortib olish xususiyatiga yoki nam singdirish, ya'ni o'zidan suv bug'larini o'tkazish xususiyatiga ega. Atmosfera havosida ma'lum miqdordagi suv bug'lari doimo bo'ladi. Havoning absolyut namligi uning hajm birligidagi suv bug'i massasi bilan ifodalanadi. Haroratning har bir qiymatiga to'yinishdagi absolyut namlikning aniq qiymati m_T to'g'ri keladi. Absolyut namlikning havoni to'yintirish uchun zarur qiymati harorat o'sishi bilan keskin ortadi, ya'ni suv bug'ining bosimi ham ortadi.

Havoning *nisbiy namligi* quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = \frac{m}{m_T} * 100\% = \frac{p}{p_T}$$

Normal atmosfera bosimida ($r=0,1$ MPa) va harorat-sida ($t=20^\circ\text{C}$) $m_T=17,3 \text{ g/m}^3$, $\varphi=65\%$ bo'lganida havoning namligi normal, deb qabul qilinadi, bunday sharoitda suv bug'ining miqdori $m=17,3*0,65=11,25 \text{ g/m}^3$ bo'ladi. Suv o'ta qutbli dielektrik bo'lib, uning solishtirma qarshiligi 10^3-10^4 Omm ni tashkil etadi. Shu sababli, suv qattiq dielektrikning bo'shliqlariga kirib borishi natijasida uning elektrik xususiyatlarini keskin o'zgartirib yuboradi. Bunday holat, ayniqsa, issiq iqlim sharoitida ($\varphi=98-100\%$ va $t=+30\div+40^\circ\text{C}$) vujudga keladi. Nisbiy namlikning yuqori bo'lishi elektr apparati va mashinalarning ishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

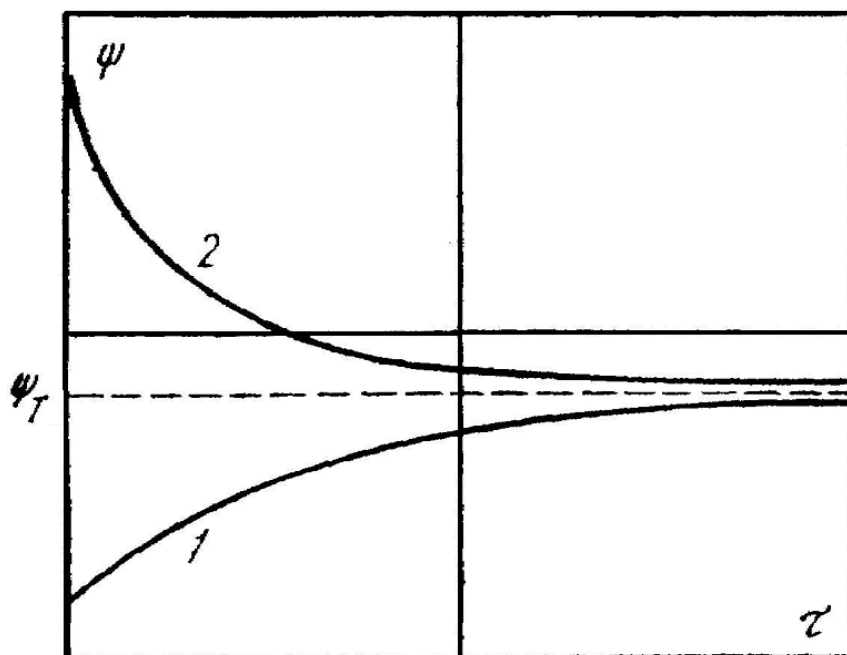
Dielektrikning suv (yoki boshqa biror suyuqlik) bilan xo'llanish xususiyati *ho'llanish burchagi* θ bilan ifodalanadi. Bu burchak suv tomchisi chekkasiga o'tkazilgan urinma va tekshirilayotgan tekis yuza orasida joylashgan (4.1-rasm). Dielektrikning xo'llanish burchagi $\theta < 90^\circ$, $\theta > 90^\circ$ oraliqda bo'ladi. θ qiymati qancha kichik bo'lsa, jismning xo'llanishi shuncha yuqori bo'ladi. Ho'llanadigan yuzalar uchun $\theta < 90^\circ$ xo'llanmaydigan yuzalar uchun $\theta > 90^\circ$.



4.1–rasm. Namlanadigan (a) va namlanmaydigan (b) dielektrik sirtidagi suv tomchisi

Materialning namligi. Muayyan namlik va haroratga ega bo'lgan muxitga 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 (1) erishadi yoki, aksincha, nisbatan quruq saqlangan havoda nam material vaqt o'tishi bilan o'zidagi namlikni (2) yo'qota boradi (4.2–rasm).

Elektr izolyatsion materialdagi namlik uning elektr xossalarini o'rganishda qo'l keladi, chunki har xil materiallarning havoning nisbiy namligi o'zgaras bo'lgandagi namlik muvozanati turlicha bo'lishi mumkin. Gigroskopik materialning namligini to'g'ri aniqlash uni massa orqali qabul qilish yoki topshirish ega. To'qimachilik materiallari uchun kondensasion namlik tushunchasi kiritiladi. Kondision namlik deganda, material namligining normal sharoit havosidagi muvozanat holatdagi qiymati tushuniladi. Masalan, kabel qog'ozi uchun kondision namlik 8% deb olinadi. Zich tuzilishga ega materiallar g'ovak yoki tolali materiallarga nisbatan namlikni o'ziga kam singdiradi.



4.2–rasm. Material namunasi namlanish (1) va qurish (2) jarayonida undagi namlikning vaqt bo'yicha o'zgarishi.

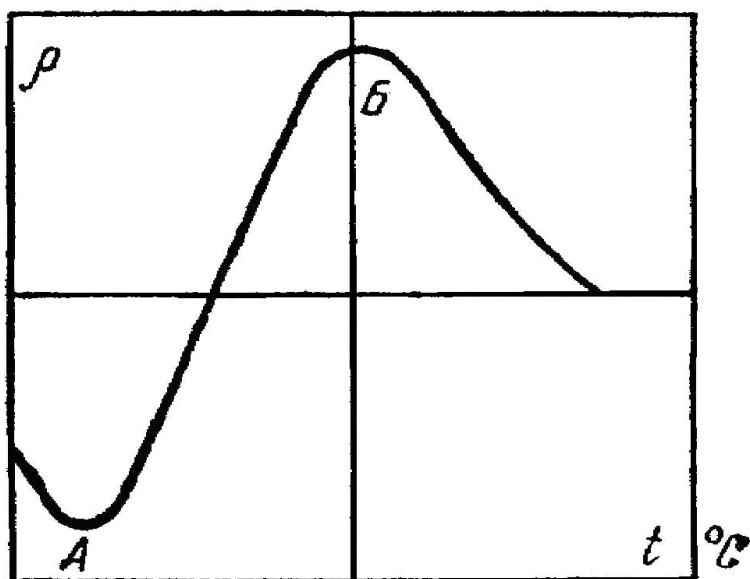
Turli dielektrik materiallarda uchraydigan bo'shliqlarning taxminiy o'lchamlarini (nm–nanometrlarda) keltirib o'tamiz:

Sopoldagi mikrobo'shliqlar	10^2-10^5
Sellyuloza tolasi ichidagi mikrobo'shliqlar	10^2
Tola atrofidagi bo'shliqlar	1–10
Turli material molekulalari orasidagi bo'shliqlar	1–5
Molekulalar ichidagi bo'shliqlar	1

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

Agar namlik tola yoki parda yuzasiga bir tekis o'tirsa, u holda materialning dielektriklik xususiyati keskin yomonlashadi. Namlik materialda hajm bo'yicha notekis va uzlukli 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 (4.3–rasm).



4.3–rasm. Tarkibida elektrolitik qo'shimchasi bor namlangan material solishtirma hajmiy qarshiligining haroratga qarab o'zgarishi.

Dielektriklarning 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. Aksariyat 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 bosimning farqi r_1-r_2 ta'sirida vaqt birligi (τ) ichida o'tuvchi namlik miqdori quyidagicha aniqlanadi:

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

bunda m –massa, P –jismning nam singdirish koeffisienti.

G'ovakli materiallarning nam singdiruvchanligini kamaytirish maqsadida shimdiriladi. Shuni ta'kidlash lozimki, ayniqsa sellyulozali ipakli materiallar va ba'zi organik dielektrlarda shimdirish murakkabligi ya'ni shimdiruvchi jismning molekulalari suv molekulalariga nisbatan katta bo'lganligi uchun juda kichik yoriqlarga kirib borishini ta'minlash lozim.

Elektr apparatlari tropik iqlim sharoitda uzluksiz ishlatilsa, organik dielektrlarda mog'or ko'rinishidagi yemirilish sodir bo'ladi. Bu hodisa dielektrik yuza qarshiligini va mexanik mustahkamligi kamaytirib, dielektrik isrofni ko'paytiradi va uning metall bilan birlashadigan qismida yemirilish sodir qiladi.

Elektr jihozlarini uzoq muddatli ishlashi natijasida, ayniqsa, tropik sharoitda organik materiallarda mog'orlash kuzatiladi. Mog'or bosimni dielektrikni solishtirma sirtiy qarshiligini kamaytirishi, isrofni ortishi, izolyatsiyani mexanik mustahkamligini kamaytirish natijasida metalli qismlar bilan tutashgan joylarda korroziyaga olib kelishi mumkin. Mog'orlash odatda, kanifol, yog'li lak, sellyulozali materiallarda kuzatiladi. Mog'orlashga chidamli bo'lgan materiallarga noorganik dielektrlar: shisha, keramik, slyuda, kremniyli organik materiallar va ba'zi organik masalan, epoksidli smola, fotoroplastik, polietilen, polistrollar kiradi.

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

Tropik iqlim sharoitiga chidamlilikni tekshirish maqsadida elektr izolyatsiya materiallari va elektrotexnika uskunalari yuzasiga mikro–organizmlar kiritilib, ular namliga yuqori (95–98%) va o'rtacha haroratli ($t=+40\div 50^{\circ}\text{C}$) havoda uzoq muddat ushlab turiladi. Tekshiriladigan materiallarning elektr va mexanik xossalaridagi o'zgarishlar bo'yicha mog'oming rivojlanish intensivligi aniqlanadi. Organik elektr izolyatsiya materiallarining tabiiy yemirilishga bo'lgan qarshiligini oshirish maqsadida izolyatsiya tarkibiga turli xil fungisid va zaharli moddalar kiritiladi yoki dielektrik yuzasiga ular qo'shilgan lok qoplamalari beriladi. Fungisidlar tarkibida azot, xlor, simob kabi moddalari bo'lgan organik birikmalardan tashkil topadi.

Nazorat savollari:

1. Namlik deganda nimani tushunasiz?
2. Dielektrik namlik nima?
3. Dielektrikning nam singdiruvchanligini qanday aniqlanadi.
4. Izolyatsiyani namlikdan himoya qilish.

5-MA'RUZA. DIELEKTRIK MATERIALLAR HAQIDA ASOSIY TUSHUNCHALAR

Reja:

1. *Gazsimon dielektrlar.*
2. *Suyuq dielektrlar.*
3. *Qattiq dielektrlar.*

Tayanch soʻz va iboralar:

Dielektrik materiallarning klassifikatsiyalari, gazsimon, suyuq, qattiq dielektriklar, segnetodielektriklar, havo, vodorod, azot transformator moyi, kabel moyi, kondensator moy, Pashen qonuni.

Dielektrik materiallar haqida asosiy tushunchalar

Dielektriklar elektrotexnikada muhim rol oʻynaydi. Tok oʻtkazuvchi qismlarni bir - biridan izolyatsiyalash maqsadida ajratishda (turli potentsiallarni bir-biridan) foydalaniladi. Bundan tashqari elektr izolyatsion materiallar elektr kondensatorlarida tegishli sigʻim hosil qilishda baʼzi faktor va temperaturada turli paytda ham sigʻimni taminlashda foydalaniladi.

Dielektrik materiallarga oʻzining xossalarini boshqarish asosida oʻzgartirish mumkin boʻlgan guruhi **aktiv dielektriklar** (segneto elektriklar) deb yuritiladi. Dielektrik materiallar gazsimon, suyuq va qattiq koʻrinishga ega, yana bir guruhi mavjudki qotuvchi materiallar tayyorlashda suyuq ekspluatatsiya paytida qattiq (lak, kompaund) holatda boʻladi. Ximiyaviy tabiatiga koʻra **organik** va **noorganik** boʻladi.

Organik dielektrlarga uglerod birikmalari tarkibida asosan kislorod, vodorod, azot, galogen va boshqa elementlar boʻlgan moddalar kiradi. Qolganlari esa noorganik hisoblanib, tarkibida kremniy, alyuminiy aralashmalari boʻlgan jismlar hisoblanadi.

Koʻpgina organik materiallar qimmatbaho, mexanik xossalarga koʻra egiluvchan, elastik boʻlib ulardan tolali plenklar tayyorlanadi. Shuning uchun ular keng qoʻllaniladi, lekin issiqlikka chidamligi juda kichik boʻlganligi uchun yuqori haroratli izolyatsiyalovchi qismlarda qoʻllanilmaydi, bu esa kamchiligi hisoblanadi.

Noorganik materiallar esa koʻpchiligi egiluvchan va elastik boʻlmay moʻrt boʻlib, lekin issiqlikka juda chidamli hisoblanadi. Shuning uchun yuqori temperaturali izolyatsiya ishlarida ulardan keng qoʻllaniladi.

Gazsimon dielektriklar toʻgʻrisida fikr yuritganda, avvalo, bizning atrofimizni oʻrab turgan va nafas olishimiz uchun zarur ozuqa hisoblangan havo toʻgʻrisida maʼlumot keltirish oʻrinli boʻladi. *Havo* gazsimon dielektrlarning tipik vakili boʻlib, nafaqat gazli izolyatsiya, balki qattiq va suyuq izolyatsiyalarga ham qoʻshimcha sifatida qoʻllaniladi. Elektr tizimlarining alohida qismlari uchun, masalan elektr uzatish liniyalarini tayanchli oraliqlarida izolyatsiyalanmagan oʻtkazgichlarida faqatgina yagona havo izolyatsiya hosil qiladi. Kamchilik tomoni shundaki, elektr mashinalarining moy shimdirilgan izolyatsiyasiga havoning birikishi natijasida yuqori ishchi kuchlanishda ionizatsiya hosil boʻlish oʻchogʻiga aylanishi uchun sabab boʻladi.

Havoning elektr izolyatsiya xossalari oldingi boblarda aytib oʻtilganligi, fizika va kimyo fanlaridan uning fizik-kimyoviy xossalari maʼlum boʻlganligi sababli, bu xaqda kengroq yoritish joiz emas. Quyida baʼzi gazlarning amaliyot uchun qiziqarli va zaruriy maʼlumotlarini yoritamiz.

5.1-jadvalda elektr texnikasida qoʻllaniladigan baʼzi gazlar, xususan havoning xossalari hamda elektr tizimlarining quyi bosimda ishlashi uchun zarur boʻlgan gazlarning (*krioelektr texnikasi*) siqilgan holatdagi parametrlari keltirilgan.

Bir xil sharoitda (bosim va haroratni, elektrodning shakli va oraliq masofasi) turli gazlarning elektr mustahkamligi sezilarli har xil boʻladi. Azotning elektr

mustahkamligi havoniki bilan taxminan bir xil, lekin xavodan farqli o'laroq, tarkibida kislorod bo'lmaganligi sababli tegib ketadigan materiallarda oksidlanish hosil qilganligi uchun gazli kondensatorlar va boshqa maqsadlarda ham havo o'rniga kam qo'llaniladi. Chunonchi, yuqori molekulyar massali gazlar galogen (ftor, xlor) tarkiblilar, yani ionizatsiya uchun katta energiya talab qiluvchilar havoga nisbatan elektr mustahkamligi ancha katta bo'ladi.

Shuningdek, oltingugurt geksaftorid SF_6 elegaz (oltingugurt geksaftorid gazi ilk marta sho'raviy olim B.M.Goxberg tomonidan tadqiqot qilinib, qisqartma so'z "elektrichestvo" va "gaz") havoning elektr mustahkamligiga qaraganda 2,5 marta ortiqdir. 5.1-rasmda metall diskli elektrodning chetlari orasida havo va elegazning gazni absolyut bosimiga nisbatan teshilish kuchlanishining bog'lanishi ko'rsatilgan. 5.1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, elegaz havoga nisbatan 5,1 marta og'ir, qaynash harorati past; 2 MPa bosimgacha normal sharoitda siqilishi mumkin; Elegaz zaxarli emas, kimyoviy barqaror, 800°C qaynash haroratigacha tarqalmaydi, ishonch bilan kondensatorlar, kabellarda ishlati imkoni beradi. Alohida ta'kidlash joizki, kuchaytirilgan bosimlarda keng qo'llash imkoniyatini beradi (5.2-rasm).

5.1-jadval. Gazlarning xossalari	Ksenon Xe	131,3	166,0	161,0	5,58	-	5,00	0,16	22
	Kripton Kr	83,80	120,2	115,6	3,47	110	8,73	0,25	25
	Argon Ar	39,95	87,5	84,0	1,78	1292	16,30	0,52	21
	Neon Ne	20,18	27,2	24,5	0,90	1204	45,50	1,03	30
	Geliy He	4,003	4,2	-	0,18	125,0	142,0	5,20	19
	Elegaz SF_6	146,05	209,3	-	6,39	1910,0	-	0,62	15
	Metan CH_4	16,043	111,7	89,2	0,72	424,0	26,00	2,18	12
	Ko'mir angidridi CO_2	44,011	194,7	-	1,98	1630,0	15,00	0,82	16
	Vodorod H_2	2,016	20,4	14,0	0,09	7,1	166,0	14,20	9,5

	parametr	xavo	Azot H ₂	Kislorod O ₂
	Molekulyar massasi	28,96	28,013	32,000
	Qaynash harorati, T _{qay} , K	79,0	77,4	90,2
	Erish harorati, T _{erish} , K	60,0	63,2	54,4
	Zichligi, kg/m ³ gaz Suyuqlik	1,29 920,0	1,25 804,0	1,4 1142,0
	Suyuqlikning bug‘lanish harorati, kJ/kg	212	197	213
	Issiqlik o‘tkazish koeffisienti, mVt/(m·K)	24,0	24,00	24,00
	O‘zgarmas bosimda solishtirma issiqlik sig‘imi kJ/(kg·K)	1,005	1,06	0,915
	Gazning dinamik qovushqoqligi, mkPa·s	19	18	21

Dixlordiftormetan CCl₂F₂ - *xladon-12* deb yuritilib, elektr mustahkamligi elegaz bilan bir xil, lekin qaynash harorati bor-yo'g'i 242,7 K (-30,5°C), ammo normal sharoitda 0,6 MPa gacha siqilishi mumkin. Xladon-12 elektr sovitkich konstruksiyalarida qattiq organik elektr izolyatsiya materiallarini qo'llashda korroziyaga olib kelishi mumkin.

Ko'pgina perftorli uglevodorodlar, ya'ni molekulasidagi vodorod atomlarining barchasi ftor atomi bilan almashgan uglevodorodlar, umumiy tarkibi C_xF_y normal sharoitda gaz (CF₄, C₂F₆, C₃F₈, C₄F₈, C₄F₁₀), yoki suyuqlik (masalan, C₇F₈, C₇F₁₁, C₈F₁₆, C₁₄F₂₄) bo'ladi. Bu gaz va suyuqliklarning parlari xavoning elektr mustahkamligini (olti-o'n marta) kuchayishiga olib keladi. 5.2-rasmdan ko'rinib turibdiki, tarkibida ftor ushlovchi gazlar va parlar qiymat jihatidan, normal sharoitda elektr izolyatsiyalovchi suyuqliklarning elektr mustahkamligi bilan bir xil bo'lsada, afzalligi esa gaz to'ldirilgan jihozlarning (massasini kamayishiga) zichligini kamayishiga, yuqori issiqlik bardoshligi va eskirishga mustahkamligini oshirishga olib keladi. Xatto havoning elegaz, freon, perftor gazlari va parlarining aralashmasi ham uning elektr mustahkamligini sezilarli ravishda ortishiga sabab bo'lish xususiyatidan yuqori kuchlanishli elektr tizimlarida keng qo'llaniladi.

Elektr texnika sohasi uchun yana muhim tabiat tuxfasi *vodorod* hisoblanadi. U juda yengil, turli talabni qondiruvchi xossalarga ega bo'lgan gaz hisoblanib, elektr qurilmalarini sovitish muhitida havo o'rniga keng qo'llaniladi (6.1-jadvalda ko'rinib turibdiki, vodorod yuqori issiqlik o'tkazishi va solishtirma issiqlik sig'imiga ega). Vodorodli sovitish muhitida aylanuvchi elektr mashinalarining ishlashi yaxshilanadi. Bundan tashqari, havo o'rniga vodorod qo'llanilganda mashina rotorining ventilyatsiyasida quvvat isrofi gazning zichligiga proporsional bo'lganligi uchun kamayadi. Daf'atan qaraganda havodagi oksidlovchi ta'sir qiluvchi kislorodning bo'lmasligi mashina cho'lg'amlarini organik izolyatsiyasi eskirishini sekinlatishga va mashina ichki qismida qisqa tutashuvning yong'inga xavfli oqibatlarini bartaraf etishga xizmat qiladi. Nihoyat, vodorodli atmosfera shetkalarining ishlashini yengillashtiradi.

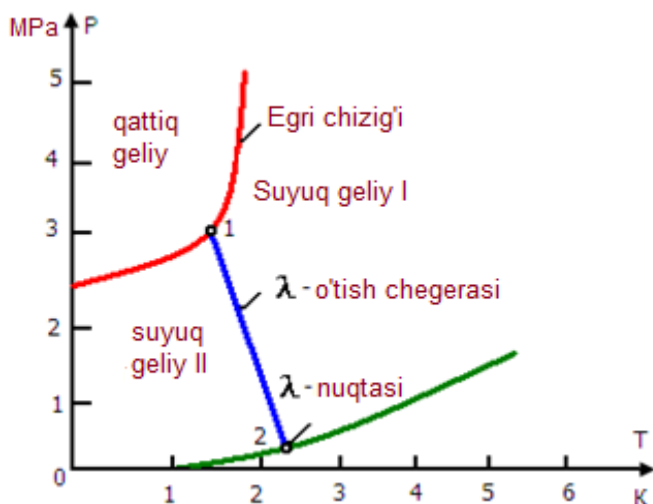
Vodorod elektr mashinasining quvvati va FIK ni oshirishga erishganligi sababli, ulkan turbogenegatorlar, sinxron kompensatorlarning vodorodli sovitish tizimida (stator cho'lg'amining o'tkazgichlarini ichki qismida sirkulyasiyalovchi suyuqlik yanada yuqori samara beradi, rotorniki esa yanada murakkab) bajariladi. Sirkulyatsiyalovchi vodorodli sovitishni qo'llashda mashinaning germetik bo'lishi (podshipniklar moyli tortqichlar yordamida jipslashtiriladi) talab etiladi. Aks holda mashina ichiga xavoning kirishi (xavodagi vodorod 4 dan 74% gacha tashkil etganda zaxarli gaz portlash yuzaga keladi) o'z navbatida mashina ichki qismda qoldiq bosimni, vodorodning sizishi natijasida bollondan doimiy xaydab turish majburiyatini yuzaga keltiradi. Qolgan umumiy sharoitlarda vodorodning elektr mustahkamligi xavonikiga qaraganda 40 %, ko'mirli angidridniki CO_2 esa 10% ga kam bo'ladi.

Gaz razryadli asboblarda uchun odatda inert gazlaridan masalan, neon, argon va boshqalardan, qolaversa simob va natriy parlaridan foydalaniladi. Inert gazlarining elektr mustahkamligi juda kichik bo'ladi. Aytish joizki, kripton va ksenonni issiqlik o'tkazishi juda ham kichik bo'lganligi uchun elektr chiroqlarining ba'zi turlarida qo'llaniladi. Alohida ta'kidlash kerakki, siqilgan geliy quyi haroratli, o'ta o'tkazuvchanlik hosil qiluvchi tizimlarda foydalaniladi. Geliy o'zga xos bo'lgan xossalari bilan namoyon bo'lib, ya'ni boshqa gazlarga qaraganda quyi siqilish haroratiga ega (atmosfera bosimida bor-yo'g'i 4,216 K). Suyuq geliyning zichligi normal sharoitdagi suv zichligidan sakkiz marta kichik bo'ladi. Suyuq geliyning dielektrik singdiruvchanligi kichik (qaynash haroratida 1,047; 1,6 K da esa 1,056); shuningdek qolgan gazlarning ϵ_r ham bir xil. Suyuq va gazsimon geliyning issiqlik o'tkazish koefitsientlari juda kichik atigi 1,3 farq qiladi xolos. Suyuq geliyning sirtiy tortilishi ham kichik. Parlanish harorati juda past bo'lganligi kriogenli texnikaga qo'l keladi.

Normal suyuq geliy (geliy I) sovitishning yangi modifikatsiyasi –geliy II λ -o'tish deb nomlanib, 1937 yil akademik P.L.Kapisa tomonidan kashf qilindi. 8.3-rasmda λ -o'tish (1,2 nuqtalar), geliyning parlanish egri chizig'i bilan λ -o'tish chegarasining kesishi λ nuqtasi deb yuritiladi; λ nuqtasining harorati 2,1735 K ga teng. Geliy II ning qovushqoqligi hisobda nolga teng. Geliy II ning harorat o'tkazish koefitsienti amalda cheksiz yuqori, suyuq geliyning λ -o'tishda solishtirma issiqlik sig'imi bir necha marta ortadi.

5.3-rasmdan ko'rinib turibdiki, qattiq geliy bosimning 2,5 MPa dan kichik qiymatlarida olinadi. Atom massasi 3 bo'lgan geliyning yengil izotopi Ne^3 tabiatda oddiy geliy atom massasi 4ga teng Ne^4 ni milliondan bir ulushini tashkil etadi. Ne^3 shuningdek, atomli reaktorlarda litiydan sun'iy ravishda ham olish mumkin.

Kriogenli xladagent sifatida ba'zan suyuq *neon* qo'llanilib, qaynash harorati vodorodning qaynash haroratidan bir oz yuqorini tashkil etadi. Neon uchun boshqa inert gazlariga qaraganda tavsiflovchi tomoni uning qaynash harorati T_{qay} bilan toblanish harorati T_{tob} orsidagi tafovutning kichikligi hisoblanadi. O'z navbatida bu $T_{qay} - T_{tob}$ farqi neon uchun 3,5 K ni, azot uchun 14 K ni, kislorod uchun 32 K ni tashkil etadi. Kimyoviy inert neonning vodorodga qaraganda avzalligi portlashga xavfsizligi hisoblanadi.



5.3-rasm. Geliyning fazoviy diagrammasi

Taasufki, neon qimmatbaxo gaz, agar 1m^3 xajmdagi gazning nisbiy tannarxi azot uchun bir birlikka, vodorod uchun 2 ga, geliy uchun 80 ga, neon -30000 ga teng. Suyuq azot havoning ozot va kislorodga bo'linishidan osongina olinadi; suyuq vodorod sanoatda katta miqdorda (raketa yonilg'i) keng qo'llaniladi. Quyi haroratni olish uchun qattiq ko'mirli angidrid CO_2 "quruq muz"dan foydalaniladi.

Suyuq holatdagi dielektriklar

Transformator moyi. Transformator moyi elektr texnikasida elektr izolyatsiya materiali sifatida kuch transformatorlariga quyiladi. U ikki maqsadda: birinchidan- cho'lg'amlararo va cho'lg'amlarning simlari orasida hamda cho'lg'am va bak orasida ipakli izolyatsiya hosil qilib elektr mustahkamligini keskin oshirish uchun lim to'ldiriladi; ikkinchidan- issiqlikni yaxshi o'tkazganligi uchun transformator o'zagidagi isrof natijasida ajralgan issiqlikni yaxshi taratadi. Ayrim transformator va o'lchov transformatorlari moysiz "quruq" izolyatsiyali konstruksiyada amalga oshiriladi. Transformator moyining keng qo'llanilishining yana bir vakili-yuqori kuchlanishli o'chirgichlardir. Bunday jihozlarda o'chirgich kontaktlarini ulash va uzish momentida hosil bo'ladigan yuqori haroratdagi elektr yoyini moyda yoki yuqori bosim yordamida yoy kanalining haroratini pasaytirish hisobiga tez so'ndirish qobiliyati mavjud. Transformator moyi shuningdek, moyli chiqqichlarda, reaktorli konstruksiyalarda, reostat va boshqa elektr jihozlarida qo'llaniladi. Transformator moyi singari boshqa neft *elektr izolyatsiya moylari* neftni pog'onali xaydash yo'li bilan, har bir pog'onada aloxida belgilangan harorat (qaynash haroratida) ostida va tarkibidagi kimyoviy aralashmalardan tartibli tozalash natijada oltingugurt kislotasi, so'ngra ipakli, suvda yuvish va quritish bosqichlarida olinadi. Ayrim hollarda elektr izolyatsiya moylari qo'shimcha ravishda suvga tegib ketishi natijasida kuchli sirtiy qoplama hosil qilish maqsadida sun'iy materiallardan iborat adsorbentlar yordamida tozalanadi. Bunday tozalash qizdirilgan moyni adsorbentda aralashtirilib tartibli tindirish, yoki adsorbent qavatida moyni filtrli o'tkazishda amalga oshiriladi. Moyni boshqacha tozalash usullari ham mavjud.

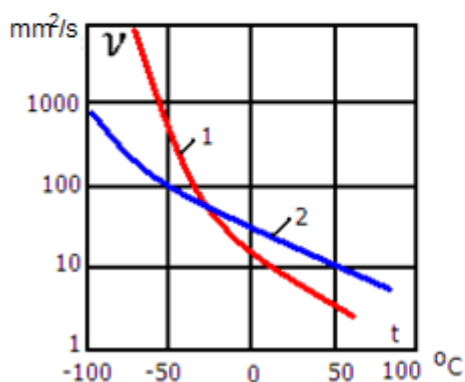
Transformator moyi – bu rangsiz ko'rinishdan to'q sariq ranggacha bo'lgan suyuqlik, kimyoviy tarkibiga ko'ra turli uglevodorodlarning aralashmasidir. Neft o'zining olinish joyiga ko'ra turlicha parametrlarga ega bo'ladi.

Amalda transformator moyining parametrlari davlat andozasi bo'yicha normallashtiriladi. Olingan ma'lumotlarga ko'ra normadagi moyning kinematik qovushqoqligi 20°C haroratda 17-18,5 mm²/s va 50°C haroratda esa 6,5-6,7 mm²/s; parining chaqnash harorati 135-140°C; qotish harorati minus 45°C ga yaqin. Transformator moyining kinematik qovushqoqligini tipik haroratga bog'liqligi 5.4-rasmda 1-egri chiziqda ko'rsatilgan. Moyning qovushqoqligini chegaralash juda muhim bo'lib, qovushqoqlikning ortishi transformator o'zagidagi va cho'lg'amdagi ajralgan issiqlikning taralishini qiyinlashtiradi.

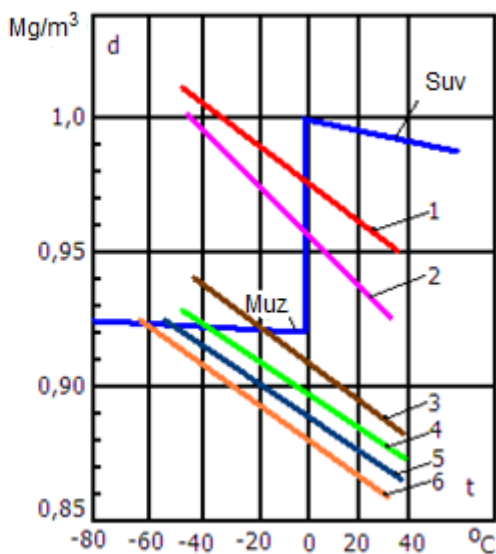
Transformator moyi – yonuvchi suyuqlik; energetik tizim xo'jaliklarida saqlanayotgan bir necha ming tonnadagi mahsulot yong'inga xavfli hisoblanganligi uchun, bunday xo'jaliklarda alohida yong'inga qarshi chora-tadbirlar asosida ish yuritiladi. Moyning yong'inga xavfli bo'lish ehtimoli uning chaqnash haroratiga ko'ra belgilanadi.

Moyning qotish harorati – parametr, ochiq podstansiyalarda o'rnatiladigan moyli o'chirgichlar uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Maxsus "arktika" moyi (ATM-65) minus 70°C qotish haroratiga ega.

Atrof-muxitning quyi haroratida elektr izolyatsiya moyi ekspluatatsiya sharoitida zichligi 1Mg/m³ kam bo'lmaganda, uning *muzga aylanishdagi kritik harorati* muhim rol o'ynaydi. Bundan past haroratda elektr izolyatsiya moyi tarkibidagi suvli aralashma muz parchasiga aylanib, moy ichida suzib, o'z navbatida uningn elektr mustahkamligini pasaytirib yuboradi (boshqacha qilib aytganda, elektr izolyatsiya suyuqlik zichligi suv muzi zichligidan katta bo'lishiga mos bo'lgan harorat intervali).



5.4-rasm. Transformator moyi (1 egri chiziq) va kremniyli organik suyuqlikning (2 egri chiziq) kinematik qovushqoqligini haroratga bog'liqligi



5.5-rasm. Suv, muz transformator moyi (3,4,5 egri chiziqlar) va kremniyli organik suyuqliklarning (1,2,6 egri chiziqlar) zichligini haroratga bog'liqligi

Aytilgan fikrlar 5.5-rasmda o'z ifodasini topgan. Moyning elektr mustahkamlik kattaliklari har qanday ta'sirlarga kirishuvchan bo'lganligi uchun, nazorat qilinishiga muxtoj bo'ladi. Tarkibidagi oz miqdorli suvli aralashma ham uning elektr

mustahkamligini keskin kamaytirib yuboradi. Bunday natijalar suvning ε_r (80 ga yaqin) kattaligi moyning ε_r (2,2 ga yaqin) kattaligiga nisbatan ancha yuqori bo'lganligi sababli kuzatiladi. Elektr maydoni qaysi nuqtada kuchli bo'lsa, moy tarkibidagi suv tomchisi o'sha joyga intilib, teshilishga olib keladi. Yana sabab suv tomchisidan tashqari, uning tarkibidagi begona ipakli, paxta qog'oz chiqindilari o'ziga namlikni yaxshi biriktirib olishlari orqali o'zlarining ε_r larini keskin orttirib olishlari ham hisoblanadi.

Elektr maydoni ta'sirida ipak elektr maydonining kuchli joyiga yo'nalishi bilan birga, yo'naltirilgan kuch chizig'i hosil qilib moyning teshilishini yengillashtiradi.

Suv moy tarkibiga tashishda, saqlashda, to'lg'azish va xokozlarda osongina qo'shiladi. Moyni quritishni bir necha usullari mavjud bo'lib: maxsus filtrlı qog'oz-filtrli pressqurilmalarida bosim ostida o'tkazish; markazdan qochma kuchlar yo'nalishida moyga ta'sir o'tkazish, bunda suvning zichligi moy zichligidan katta bo'lganligi uchun aylanma harakatda ajralishga majbur bo'ladi; adsorbentlar yordamida qayta ishlov berish; qizdirilgan moyni azotli kameraga changlatish va boshqalar hisoblanadi. Quritish natijasida moyning elektr mustahkamligi tiklanadi.

“Elektr stansiyalarining texnik ekspluatatsiya qoidalari” (PTE) talablariga muvofiq, transformator moyi elektr mustahkamligining quyi parametrlari 5.2-jadvalda keltirilgan. “Qoida”ga ko'ra moy namunasining teshilish jarayoni diametri 25 mm, bo'lgan ikkita yassi metalli elektrod oralig' masofa 2,5 mm ga joylashtirilib, mos keluvchi teshilish kuchlanishining qiymatlari (kilovolt)da ko'rsatilgan. PTE transformator va boshqa jihozlarga quyiladigan toza moylarning turli normalarini muvofiqlashtiradi.

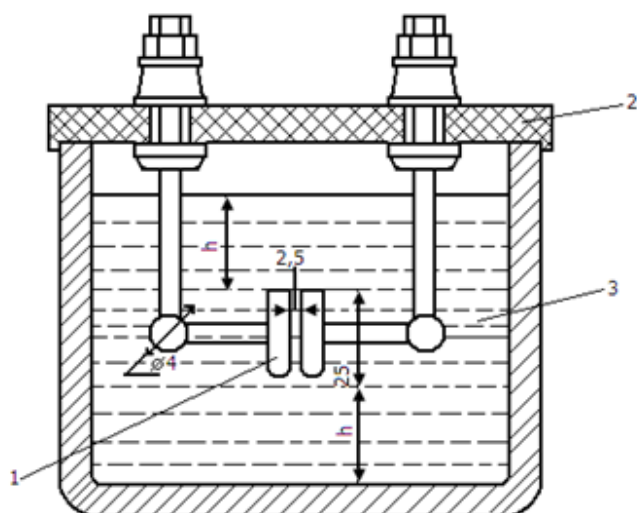
Transformator moyining $tg\delta$ ni haroratga bog'liqligi qutbsiz dielektrlarniki singari namoyon bo'ladi (5.7-rasm). Transformator moyining zichligi 0,85-0,9 Mg/m³. Uning hajmiy kengayishini harorat koeffisienti 0,00065 K⁻¹ (bu kattalik transformator kengaytirgichli bakining moy harorati ortganda moyni ko'tarilish sathini o'z ichiga sig'dirishni hisoblashda zarur).

Normal sharoitda moyning mos holda solishtirma issiqlik sig'imi 1,5 J/kg·K ga, issiqlik o'tkazish koeffisienti esa 1Vt/(m·K) teng bo'lib, moy harorati ortishida issiqlik sig'imi va issiqlik o'tkazish koeffisienti ham ortadi. Moy yuklangan transformatorning magnit o'zagidagi issiqlikdagi isrofini havoga nisbatan 20-30 marotaba intensiv taratadi.

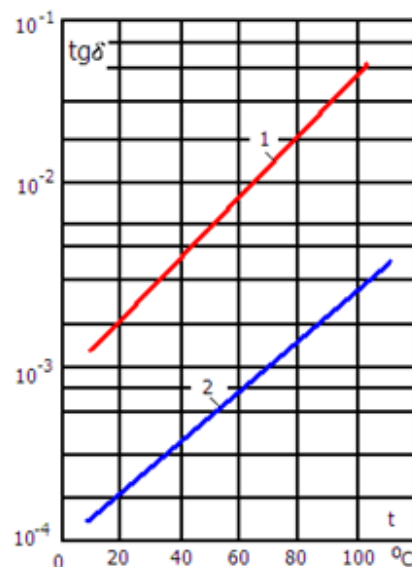
5.2-jadval.

Normal transformator moyining elektr mustahkamligi.

Kuchlanish ostida ishlovchi jihozlar, kV	Elektr mustahkamligi, $U_{tesh}/2,5$, Kv/mm kamida	
	Quruq moy	Ekspluatatsiyadagi moy
≤ 6	25	20
35	30	25
110 va 220	40	35
≥ 330	50	45



5.6-rasm. Transformator moyining teshilishini tekshirishda qo'llaniladigan andozaviy elektrodli idish. 1-metall diskli elektrodlar; 2-qopqoq; 3-tekshiruvdagi moy, oralig' masofa $h \geq 15$ mm



5.7-rasm. Transformator moyining (chastota 50Gs bo'lganda) $tg\delta$ ni haroratga bog'liqligi. 1-adsorbentli tozalash natijasida olingan moy; 2-adsorbentli tozalashgacha bo'lgan moy

Transformator va moy to'ldirilgan jihozlarni ekspluatatsiya qilish sharoitida moy eskiradi. Moy eskirganda uning rangi to'q shaklda bo'lib, tarkibida ifloslantiruvchi mahsulotlar-kislotalar, qisman aralashuvchi va aralashmaydigan qorishmalar hosil bo'ladi. Qotishmalarning paydo bo'lishi ishlovchi jihozlarni og'ir ish sharoitiga olib keladi, ya'ni bak hamda ishlovchi detallarning sirtida qavat hosil qilib, ularning issiqlik taralishini qiyinlashtiradi. Moyda hosil bo'lgan past molekulyarli kislotalar cho'lg'am izolyatsiyasini buzib, moyning metall bilan tegib turgan qismida korroziyani yuzaga keltiradi. Moyning eskirishida qovushqoqligi va kislotali soni ortib, elektr izolyatsiya xossasi pasayadi. Odatda moy parining chaqnash harorati ekspluatatsiya sharoitida kichik molekulyar massali uglevodorodlarning parchalanish hisobiga doimo ortib boradi, vaxolangki, transformatorlarning moyini qizishida (shuningdek, moyli o'chirgichlarning kontaktlarida yoy hosil bo'lganda) *kreking* (past molekulyar massali uglevodorodlarning hosil bo'lishida molekulalarning uzilib qolishi) yuzaga kelib, chaqnash haroratini pasayishga olib keladi.

Moyning eskirishi quyidagi hollarda tezlashadi; a) havo ta'sirida, ya'ni moyning eskirishi havo tarkibidagi kislorodning oksidlanishini bo'lishiga uzviy bog'liq, ayni paytda ozon bilan birikishida intensiv kuchayadi; b) haroratning ortishida (amalda moyning ishchi harorati 95°C deb belgilanadi); v) moyning metallar (mis, temir, qo'rg'oshin) va eskirishga olib keluvchi katalizatorlar bilan tegib turganda; g) nur ta'sirida; d) elektr maydoni ta'sirida.

Elektr maydoni ta'sirida moyning ba'zi turlarida gazlar ajralib pufakchalar hosil qilib, ionizatsiya o'chog'ini yuzaga keltiradi. Gaz ajralib chiqishini oldini olish yoki ajralib chiqqan gazni yutib yuborish qobiliyati moyni *gazga turg'unligi* deb yuritiladi.

Moyning olinish makoni turli joylardan bo'lganligi uchun uning texnik kattaliklari ham har xil bo'ladi. Moyning eskirishida uni tarkibidagi mahsulotlardan tozalab oldingi xossalarni tiklashning adsorbentlar yordamida ilk ishlovi *regeneratsiya* deb yuritiladi.

Transformatorga moy to'lg'azilgandan so'ng, ekspluatatsiya davrida moyni regeneratsiyalashni uzluksiz ravishda amalga oshirish mumkin. Shu maqsadda transformatorlarga termosifonli filtr o'rnatiladi (5.8-rasm). Transformatorning ish jarayonida qizigan moy zichligi kamayib, bakning yuqorigi qismiga ko'tariladi, termosifon quvuriga kirib, adsorbentli qavatlariga ega bo'lgan filtrdan pastga majburan tushadi. Filtrni ventillar yordamida o'chirib adsorbentlarni almashtirish mumkin.

Moy eskirishining oldini olishni boshqa tadbirlari ham mavjud. Transformatoridagi moy ustki sathidagi havo tashqi muhitdagi havo bilan silikogelli yoki xlor kalsiyli havo tozalovchi filtrlar yordamida bog'lanadi. Bu bog'lanishda filtr havoni namlikdan, chang va kimyoviy aktiv unsurlardan tozalaydi. Ayrim hollarda transformatorning baki va moy sathi oralig'iga moyga kislorodni birikishini olish maqsadida havo o'rniga azot to'ldiriladi (*azotli himoya*).

Transformator moyi tarkibiga ingibitorlar (antiokislitelnix cho'kmalar) qo'shish tavsiya etiladi. Bu cho'kmalar moyni eskirishga qarama-qarshi bo'lgan katalizatorlar; bularga ionol, amidopirin va boshqa jismlar hisoblanadi. Alohida moy turi uchun ingibitorning to'g'ri tanlanishi uning ekspluatatsiya muddati va iqtisodiy tejamkorligini ortishiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Shishali moy to'ldirilgan konservatorlarning chiqqichlarini sirtini to'q rangli bo'yoq qoplaman nurdan himoyalash maqsadida amalga oshiriladi.

Kondensator moyi. Kondensator moyi kondensatorlarda asosan, fazaviy siljishdagi induktivlikni kompensasiyalash maqsadida qog'oz shimdiriladi. Qog'ozli dielektrik shimdirilishi natijasida uning ϵ_r va E_{mus} ortib, o'z navbatida gabarit kattaliklarini kamayishiga, berilgan ishchi kuchlanishda chastotasi hamda sig'imini ortishiga erishiladi.

Neftli kondensator moyining zichligi $0,86-0,89 \text{ Mg/m}^3$, qotish harorati minus 45°S , $\epsilon_r=2,1\div 2,3$ va $\text{tg}\delta 0,002$ (chastota 1KGs bo'lganda).

Vazelinli kondensator moyi zichligi va elektr mustahkamliliga ko'ra neftli kondensator moyi bilan bir hil bo'lsada, qotish harorati ancha yuqori minus 5°S ni tashkil etadi. Kondensator moyining elektr mustahkamligi kamida 20 MV/m ni tashkil etadi.

Kabel moyi. Kabel moyi elektr kuch kabellarida elektr mustahkamligini oshirish va issiqlikdan isrofni kamaytirish maqsadida foydalaniladi. Kabel moylarining turli tiplari bor. Kuch kabellarini shimdirish, asosan ishchi kuchlanishi 35 kV gacha qo'rg'oshin va alyuminiy qobiqli (qovushqoqli shimdirilgan kabellar) izolyatsiyada bajarilib, masalan KM-25 kinematik qovushqoqligi kamida $23 \text{ mm}^2/\text{s}$ 100°C da, qotish harorati minus 10°C , chaqnash harorati kami bilan $+220^\circ\text{C}$ ga teng. Bu moyning qovushqoqligini ortirish maqsadida kanifol qo'shiladi.

Moy to'ldirilgan kabellarda qovushqoqli moylardan foydalaniladi. Shu qatorda, kuchlanishi $110-220 \text{ kV}$ li MN-4 markali kabellarni ekspluatatsiya qilishda qo'shimcha shimdiruvchi tizilma yordamida qo'shimcha $0,3-0,4 \text{ MPa}$ qoldiq bosim beriladi. Bu

moyning kinematik qovushqoqligi 100°C da ortig'i bilan 3,5 mm²/s, 50°C da 10 mm²/s, 20°C da esa 40 mm²/s va 0°C da 110 mm²/s; qotish harorati minus 45°C dan ortiq emas va chaqnash harorati +135°C ni tashkil etadi.

Kuchlanishi 110-500 kVli po'lat quvur qobiqli moy to'ldirilgan (1,5 MPa gacha) kabellar uchun S-200 tozalangan moy ishlatilib, uning kinematik qovushqoqligi 100°C da 11 mm²/s, 50°C da 50 mm²/s, 20°C da 800 mm²/s, 0°C da esa 5000 mm²/s ga teng. Qotish harorati minus 30°C dan ortiq emas va chaqnash harorati +200°C; tgδ (50 Gs va 100°C da) 0,003; elektr mustahkamligi 20 MV/m ni tashkil etadi.

Suyuq sintetik dielektriklar. Neft moyi elektrik eskirishga moyil, yuqori kuchlanishdagi elektr maydoni ta'sirida uning xossalari o'zgaradi. Katta sig'imli bir xil o'lchamdagi kondensatorlarning tayyorlashda qutbsiz dielektriklarning ϵ_r kattaligiga nisbatan qutbli dielektriklarniki yuqori bo'ladi. Neft moylariga qaraganda sintetik suyuq dielektriklarning xossalarini ko'rib o'taylik.

Xlorli uglevodorodlar. Turli uglevodorodlarning molekulari, xatto ugvdorod atomini xlor atomi bilan almashtirish orqali olinadi. Keng tarqalgan qutbli mahsulot xlorli **difenil** bo'lib, umumiy tarkibi $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ ga ega. Difenil molekulasida $C_{12}H_{10}$ (yoki $H_5C_5-C_5H_5$) ikkita fenilli qoldiqdan iborat. Ba'zi paytlarda xlorlanish n ning 3 dan 6 gacha darajasi ishtirokida xlorli difenil izomerlarining turlicha aralashmalari olinadi.

Kremniy organik suyuqliklar kichik tgδ, quyi g'ovakli, yuqori issiqlikka chidamlidir. Ular uchun qovushqoqliknig haroratga zaif bog'liqligi o'rinli bo'ladi. Kremniy organik mahsulotlar singari u ham qimmatbahodir. Si kremniy atomiga birikadigan radikallarning xarakteriga qarab, polimetilsiloksanli (PMS), polietilsiloksanli (PES), polifenilsiloksanli (PFS) va boshqa kremniy organik suyuqliklarga bo'linadi. Kremniy organik suyuqliklarning ϵ_r 2,5 dan 3,3 gacha, tgδ 0,0001 dan 0,0003 gacha (1kGs va 20°C da); ruxsat etilgan yuqori ishchi harorati 250°C (uzoq muddatli) va 350°C (qisqa muddatli) gacha ortadi. PMS-10 markali suyuqlikning kinematik qovushqoqligi 10 mm²/s, PMS-20 esa 20 mm²/s (20°C da) ga teng.

Ftor organik suyuqliklar kichik tgδ, o'ta quyi g'ovakli, yuqori issiqlikka chidamlidir. Ayrim ftor organik suyuqliklar 200°C dan yuqori haroratlarda uzoq muddatlarda ishlash mumkin. Oldingi boblarda aytib o'tilganidek, ftor organik suyuqliklarning parlari gazsimon dielektriklarga xos bo'lmagan yuqori elektr mustahkamligiga ega. Ftor organik suyuqliklarning xarakterli tomonlari shuki, kichik qovushqoqli, quyi sirtiy tortilishli (g'ovakli izolyatsiyani shimdirishda bu xislati juda qulay), yuqori hajmiy tarqalishining harorat koeffitsiyentli, boshqalarga qaraganda uchuvchan bo'ladi. Shuning uchun ftor organik suyuqliklar quyilganda jihozning germetizatsiyasi mukammal bo'lishi talab etiladi.

Organik qattiq dielektriklar. Dielektriklar orasida yuqori molekulyarli organik materiallar muhim o'rin tutadi. Bunday materiallarni to'liq tasavvur qilish uchun, avvalo ularning umumiy qonuniyatlari, tuzilishiga oid xossalari, shuningdek mos keluvchi atamalar to'g'risida fikr yutiramiz.

Organik jismlar deganda uglerodning boshqa elementlar bilan birikmalari tushiniladi. Uglerod ko'p miqdordagi molekularlarning kimyoviy ulanishini turlicha shaklda hosil qilish qobiliyatiga ega bo'lib, bunda molekularlar jismni hosil bo'lishida zanjirli, shoxobchali va xalqa shaklida faqat uglerod atomlaridan yoki uglerod bilan

birikkan element atomlari bilan birgalikda ulanish hosil qiladi. Ayrim organik elektr izolyatsiya materiallari quyi molekulyarli jismlar xisoblanib, ularda bir yoki o'nlab atomlar asosida ulanishli molekulalar tashkil topadi. Bularga masalan, xladon, uglevodorodlar, neft moyi, xlorli difenillar kiradi.

Yuqori molekulyarli birikmalarni kimyoviy tabiatiga ko'ra *polimerlar* deb yuritilib, bunday jismlarni tarkibidagi bir xil tuzilishga ega bo'lgan atomlar guruhlarining majmuini namayon qiluvchi *monomer* deb ataluvchi oddiy molekulalarning o'zaro bog'lanishi natijasida hosil bo'ladigan materiallar tashkil etadi.

Monomerlarda polimer olinish reaksiyasi *polimerizasiya* deyiladi. Polimerizasiyada tabiiyki molekulyar massa ortadi, erish va qaynash harorati va qovushqoqlik ortadi, polimerizasiya jarayonida gazsimon yoki suyuq shaklda bo'lib qattiq holatga o'tganda uning aralashmasining hajmi kamayadi.

Amaliyotda materiallarning qizishida pimerizasiyalashadigan jismlar ikki guruhga: *termoplastik* va *termoaktiv* materiallarga bo'linadi.

Termoplastik materiallar quyi haroratda qattiq, lekin qiziganda yumshaydi, oson deformasiyalanadi, tegishli aralashtirgichlarda aralashadi. E'tiborli tomoni shundaki, qizdirishning belgilangan haroratigacha yumshaganda ham o'zining qaytmas xossalarini saqlab qoladi. Sovitilganda ham material aralashish xususiyatini saqlab qoladi, haroratning yangi bosqichida yumshaydi.

Termoaktiv materiallar (termoqotuvchi) termoplastik materiallarga qarshi o'laroq, qizdirishda mislsiz xossalari o'zgarib, boshqacha qilib aytganda jipslashib, ya'ni yuqori mexanik mustahkamlik va qattiqlik hosil qiladilar.

Qatronlar – umumiy bir qat'iy bir qonuniyatga ega bo'lmagan, kimyoviy tabiatiga ko'ra ayrim jihatlari (bu murakkab yuqori molekulyarli organik jismlar) va ba'zi fizik xossalari bir xil bo'lgan amaliyotda keng qo'llanadigan materiallar guruhi hisoblanadi. Yetarlicha quyi haroratlarda qatronlar - amorf, shaffof massali, bir oz mo'rt bo'ladi. Qizdirish natijasida yumshab (agar avvaliga kimyoviy tarkibi o'zgarmasa), yopishqoq, so'ngra suyuq shaklga o'tadi. Qatronlarning vujudga kelishi, hosil bo'lish jarayoniga ko'ra tabiiy, sun'iy va sintetik qatronlarga bo'linadi.

Tabiiy qatron. Tabiiy qatron o'simlik va biogen birikmalardan tashkil topgan organik jismdir. Tropik o'simliklarda tabiiy qatron ko'p bo'ladi. U quyi haroratda amorf holatda bo'lib, qizdidirilganda avvaliga yumshab, plastik, so'ngra esa suyuq holatga o'tadi. Elektr texnikasida ishlatiladigan tabiiy qatronlar suvda erimaydi, ammo spirt, 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 lok, kompaund, plastik massa, sun'iy yoki tabiiy tolasimon materiallarining tarkibiy qismi bo'lib xizmat qiladi.

Shellak – tropik daraxt qumursqalari (gummilak) mahsulidir. Shellak tangasimon ko'rinishli, rangli (och sariqdan qo'ng'ir tusgacha), spirt, aseton va efirda yaxshi eriydi. U eritilgan holatda kanifol, kopal, gliftal, bitum va novolak bilan yaxshi birikadi. Shellakning zichligi $1000\text{--}1040\text{ kg/m}^3$ – chiziqli kengayish koeffitsiyenti $4,4\cdot 10^{-4}\div 9\cdot 10^{-5}$ ga teng. Uning dielektrik xossalari quyidagicha: $\epsilon_r=3,5$; $\text{tg}\delta=0,01$; $\rho=10^{-12}\text{--}10^{-14}\text{ }\Omega\cdot\text{m}$;

$E_m=20-30$ MV/m. Shellakdan qoplovchi yoki yelimlovchi loklar tayyorlanib, ko‘pincha, undan elektr asboblarning qismlarini loklashda foydalaniladi.

Kanifol–to‘q sariq rangli, mo‘rt qatron bo‘lib, daraxt (asosan qarag‘aydan) yelimining suyuq tashkil etuvchilarini tozalab (skipidarda) ajratib olinadi. Kanifol asosan organik kislotalardan (abiyetin) tashkil topgan bo‘lib, tegishli metallarda qizdirilishdagi olinadigan tuzva oksidlari **rezinatlar** deyiladi. Kanifol spirt, benzin, benzol, skipidar, aseton, neft va o‘simlik moylarida osongina eriydi, suvda esa mutlaqo erimaydi. Uning dielektrik xossalari quyidagicha: $\epsilon_r=2,8$; $\text{tg}\delta=0,003$; $\rho=10^{12}-10^{13} \Omega \cdot \text{m}$, $E_{\text{mus}}=10-15$ MV/m. Kanifolning havoda yumshash harorati $50-70^\circ\text{C}$ ni tashkil etadi. Kanifol haroratning ortishida yumshasada, aralashishi kamayganligi uchun havoda doimo oksidlanadi.

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 mahsulidir. Qahraboning zichligi $1050-1096 \text{ kg/m}^3$, yumshash harorati $175-200^\circ\text{C}$. Uning dielektrik xossalari: $\epsilon_r=2,8$; $\text{tg}\delta=0,001$; $\rho=10^{15}-10^{17} \Omega \cdot \text{m}$; 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.

Sun‘iy qatronlar. Elektr izolyatsiyasida polimerizasiyalashdagi va kondensasiyalashdagi sintetik qatronlar muhim o‘rin egallaydi. Kondensasiyali qatronlarning umumiy kamchiligi shuki, qorishma hosil bo‘lishida suv yoki quyi molekulyarli jismlarning ajralishi kuzatilib, qoldiqlari uning elektr izolyatsiya xossalari pasaytiradi. Bundan tashqari polikondensasiya qatron molekullari tarkibida qutbli guruhlar bo‘lganligi uchun dielektrik isrof tangens burchagi yuqori bo‘ladi. Polimer qatronlar esa qutbsiz (uglevodorod tarkibli polimerlar, politetraftoretlen) bo‘ladi.

Polistirol shaffof amorf polimer bo‘lib, stirolni polimerizasiyalashda, o‘z navbatida sintezlash bilan, shuningdek qazilma bo‘lgan toshko‘mirni quruq xaydash yo‘li bilan olinadi. Polistirolning texnik kattaliklari oldingi boblarda yoritilgan. Asosiy kamchiliklari quyi haroratlarda mo‘rt bo‘lishi, ustki sirtlarda darz ketishga moyilligi, aralashtirgichlarga kichik ta’sir qilishi, issiqlikka chidamliligining past bo‘lishi kabilar kiradi. Yuqorida ko‘rib o‘tilgan polimerlar toza uglevodorodli birikmalar bo‘lib, amaliyotda qutbsiz dielektriklar sanalib, elektr izolyatsiya xossalari yuqori hisoblanadi. **Polivinilxlorid** – etilenni tavsiflovchi molekulasida bir dona H atomiga Cl atomi aralashgan (vinil deb nomlanuvchi qoldiq $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-$) vinilxlorid $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{Cl}$ gazsion monomerni polimerizasiyalashdagi qattiq maxsulot, amorf polimerdir. Polivinilxloridning strukturali formulasi quyidagicha bo‘ladi.

Sellyuloza. Sintetik polimer bo‘lib, tabiiy polimer - sellyulozani kimyoviy qayta - ishlash yo‘li bilan olinadi. Bunda sellyuloza molekulasining har biri uchta –ON gidroksil guruhiga ega bo‘ladi. Sellyuloza efirlarini tayyorlashda barcha yoki ayrimlari boshqa atom guruhlari bilan aralashtiriladi. Agar bu atom guruhlari uglevodorodli qoldiqlar bo‘lsa - **oddiy efirlar**, kislota qoldiqlari bo‘lsa **murakkab efirlar** deb yuritiladi.

Sellyulozaning murakkab efirlariga: selliyulozaning gidroksil guruhidagi atomlari o'rnini HO_2 nitro guruhlari (azotli kislota qoldiqlari) egallashlari nitrosellyuloza; uksus kislota $-\text{CO}-\text{CH}_3$ qoldiqlari egallashlari asetilsellyuloza deb yuritiladi. Nitrosellyuloza yonuvchan, nitroguruhlarning ko'p miqdordagi bo'lishi xatto portlashga xavfli bo'ladi; asetilsellyuloza esa yong'inga xavfsizligi bilan ajralib turadi.

O'simlik moyi – qovushqoq suyuqlik, turli o'simliklarning urug'idan olinadi. Bu moylar ichida quruvchi moylar o'zining issiqlik, yorug'lik, kislorod bilan tegib turgan qismlarida qattiq shaklga o'tishi bilan ajralib turadi. Moyning ixtiyoriy materialga quyilgan sirtidagi yarqiroq qattiq yupqa qatlam elektr izolyatsiyalovchi parda hosil qiladi. Bu parda suyuqlikning parlanishi natijasida emas, balki murakkab kimyoviy jarayon bo'lib, kislorodning qandaydir miqdorini moyga yutilishi orqali kechadi. Shundan kelib chiqib lyan moyining qurishi uning massasini kamayishiga emas, balki ortishiga sabab bo'ladi. Moyning to'liq qurishiga, masalan moyli loklarning qurishiga toza havo zarur.

Bitum - amorf material, uglevodorodlarning murakkab aralashmasini tavsiflovchi va kompleks xossalarga ega. Ular rangi qora, quyi haroratda mo'rt bo'ladi. Bitumlar aromat uglevorodlarda (benzol, toluol) benzina nisbatan oson aralashadi. U spirt va suvda aralashmay, amalda suv yuqtirmaydigan qalin qatlam hosil qiladi. Bitumlar termoplastik, zichligi $1\text{Mg}/\text{m}^3$ ga teng.

Lok va kompaundlar. Elektr izolyatsiya texnikasida lok va kompaundlar muhim urin egallagan. Izolyatsiyani tayyorlash jarayonida suyuq shaklda ishlatilib, lekin tayyor izolyatsiyada esa ular qattiq shaklda bo'ladilar. Shuning uchun lok va kompaundlar **qotuvchi materiallar** deb yuritiladi.

Loklar. Bu moyning uchuvchi aralashtirgichlarda qurishida lokli asos deb yuritiluvchi qatron va bitumlarning kolloidli aralashmasidir. Elektr izolyatsiya texnikasida loklar uch guruh: **shimdiriluvchi**, **qoplovchi** va **yelimlovchiga** bo'linadi.

Shimdiriluvchi loklar. G'ovak va qisman ipakli izolyatsiyani (qog'oz, karton, gazlama, elektr mashina va jihozlarining cho'lg'amlarini izolyatsiyasi) shimdirish uchun ishlatiladi. G'ovaklar shimdirilgandan so'ng, havo bilan to'lib emas, balki qurigan lok bilan qoplanib, havoga qaraganda elektr mustahkamligi va issiqlik o'tkazishi ortadi. Shuning uchun shimdirilish natijasida teshilish kuchlanishi oshadi, issiqlik o'tkazuvchanligi ortadi (bu issiqlik isrofini kamaytiradi), izolyatsiyani mexanik xossalari yaxshilanadi. Organik ipakli izolyatsiya shimdirilgandan so'ng, havoning oksidlovchi ta'sirlaridan holi bo'lib, issiqlikka chidamliligi kuchayadi (masalan, selliyuloza materialining shimdirilishdagi E sinfdan A sinf dagi issiqlikka mustahkamligi).

Qoplovchi loklar qattiq izolyatsiya sirtida silliq, yarqiroq, mexanik mustahkamli, namga chidamli plyonka hosil qilish maqsadida ishlatiladi. Bunday plyonka izolyatsiyaning sirtiy qarshiligini, sirtiy razryadlanish kuchlanishini oshiradi, loklangan maxsulotni namlik ta'siridan, kimyoviy faol unsurlardan himoyalaydi, o'z navbatida mahsulotning ko'rinishi go'zallashadi va ifloslanishdan saqlaydi.

Ba'zi qoplovchi loklar (**emal-loklar**) qattiq izolyatsiyaga emas, to'g'ridan-to'g'ri metall sirtiga surtilib, sirtida elektr izolyatsiya qatlamini yuzaga keltiradi (masalan,

emallangan simlar, elektr mashina va jihozlaridagi magnitli o'zkazgich listlarini izolyatsiyasi).

Yelimlovchi loklar qattiq izolyatsiyalovchi materiallarni (masalan, mikanitdan tayyorlangan slyuda yaproqlarini yelimlash) o'zaro yopishtirishda, yoki ularni metallarga yelimlashda qo'llaniladi.

Kompaundlar loklardan tarkibida aralashtirgichlar bo'lmasligi bilan farq qiladi. Ular turlicha qatoron, bitum, moylardan hosil bo'lib, kompaund normal muhitda qattiq bo'lsada, kerakli qovushqoqlik ishlatilishi uchun zaruriy harorat beriladi.

Qo'llanilishiga ko'ra kompaundlar ikki guruhga bo'linadi. **Shimdiriladigan kompaundlar**, odatda shimdiriladigan loklarga o'xshaydi. **Quyiluvchi kompaundlar** elektr mashina va jihozlari hamda turli detallarning oraliqlarini, shuningdek tegishlicha qalin izolyatsiya hosil qilish maqsadida xizmat qiladi. Quyiluvchi kompaundlarni qo'llashda izolyatsiyani ta'minlashda kimyoviy faol unsurlar ta'siridan, razryadlanish kuchlanishini ortishidan, issiqlik uzatilishini o'sishini hisobga olish zarur.

Tolali materiallar. Elektr texnikasida tolaning cho'ziq ko'rinishidagi xossalariga ega bo'lgan tolali materiallardan keng foydalaniladi. Ba'zi tolali materiallarning, ayniqsa tekstolitning tuzilishi umuman boshqachadir. Boshqa tolali materiallarning tuzilishini mikroskop yordamida qisman kattalashtirib o'rganish mumkin.

Tolali materiallarning afzalliklari: arzon, yetarli mexanik mustahkamlikka ega, ishlov berishga qulay. Kamchiliklariga elektr mustahkamligi va issiqlik o'tkazishi kichikligi va po'kakligi kiradi. Tolali materiallarning xossalariga uning shimdirish natijasida yaxshilash imkoniyati bor bo'lganligi uchun, odatda elektr izolyatsiya sifatida shimdirilgan shaklda foydalaniladi.

Tolali materiallarning ko'pchilik qismini organik jismlar tashkil etadi. Bularga o'simliklar va xayvonot dunyosidan olinadigan materiallar, tabiiy tohani (asosan sellyuloza) kimyoviy usulda ishlash yo'li bilan olinadigan sun'iy materiallar, nixoyat asosiy o'rin tutadigan sintetik polimerlar asosidagi sintetik tolalar kiradi.

Yog'och o'zining tabiatda keng tarqalganligi, arzonligi va mexanik ishlov berilishiga qulay hamda osonligi jihatlariga ko'ra elektr texnika sohasida birinchilardan bo'lib qo'llanilib kelmoqda. Yog'ochning mexanik xossalari yaxshi bo'lishi bilan birga, geometrik hajmiga ko'ra po'latga nisbatan mustahkamligi kichik bo'lsada, lekin yengil hisoblanadi. Ayrim yog'och turlari mustahkam bo'ladi.

Yog'ochning kamchiliklari: 1) yuqori po'kakligi, chunki detallar tayyorlash jarayonida yoriqlar hosil bo'lishida, nam yog'ochni quritishda geometrik o'lchamining cho'kishida uning elektr izolyatsiya xossalari keskin pasayadi; 2) bir xil turdagi yog'ochning xossalari andozaviy emasligi; o'sishi, shohlari va boshqa defektlariga mos holda xossalarining bir jinsli emasligi; 3) issiqlikka chidamliligining pastligi va yonuvchanligi.

Yog'och elektr texnikasida ajratkich va o'chirgichlarning yuritmalarini shtanglari, bo'lgich dastaklari, yuqori va quyi kuchlanishli tayanch va transformatorlarning detallarini mahkamlash, faner, elektr uzatish tayanchlarini tayyorlashda keng ishlatiladi.

Qog'oz – sellyuloza asosidagi kalta tolali tuzilishga ega bo'lgan varoqli yoki o'ramli material hisoblanadi. Qog'oz ishlab-chiqarishda odatda yog'och sellyulozasidan

foydalaniladi. Yog'och tarkibiga sellyuloza bilan bir qatorda aralashma sifatida suvli tarkiblar, lignin (po'kakligini ta'minlovchi), qatronlar, tuz va boshqalar kiradi. Aralashmalardan tozalash uchun, avvalo yog'och qozonda ipakli va kislotala siv qorishmasida qaynatilib, so'ngra sellyuloza begona aralashmalardan suvda yuviladi. Odatda, yozuv qog'ozlari, jumladan mazkur kitobning qog'ozi ham, tarkibida H_2SO_3 oltingugurt kislotasi bo'lgan qorishmada yog'ochni qaynatishdagi sulfidli sellyulozadan olinadi. Bunday sellyuloza tayyorlanish jarayonida osongina oq rang oladi.

To'qimachilik materiallari. To'qimachilik materiallari maxsus uzun tolali (kalava, ip) xom-ashyoni maxsus qayta ishlash usulida olinadi. Gazlamalar qog'ozga nisbatan tuzilishi keskin farq qilib, tayyorlash jarayonida qog'ozga tola alohida yo'nalishiga ko'ra qarama-qarshi, betartib qilib joylashtiriladi. Bunday sharoitda tayyorlangan to'qimachilik materiallari yuqori mexanik mustahkamli, asosan bukilishi va yuvilishi qulay bo'lsada, lekin qog'oz va shimdirilgan qog'ozga nisbatan elektr xossalari bir oz past bo'ladi.

Tabiiy tolalar. Bularga paxta qog'ozli kalava va natural ipak kiradi. Ipakdan juda yupqa izolyatsiya olinsada paxta qog'oz kalavaga nisbatan ancha qimmat turadi, shuning uchun izolyatsiyalashda sintetik va sun'iy tolalarga murojaat etiladi.

Sun'iy tolalar. Asosiy turlari asetatli ipaklar hisoblanib, sellyuloza efirlaridan olinadi. Bular odatdagi sellyuloza efirlaridan aralashishi va tarkibidagi aralashtirgich bilan yupqa plyonka hosil qilishi bilan farq qiladi.

Sintetik tolalar. Sintetik tolalarga polietilenteraftalatli (lavsan, terilen, teren, darkon), poliamidli (kapron, dederon, neylon, anid), polietilenli, polistirolli, polivinilxloridli (xlorin) va politetraftoretlenli tolali materiallarni sanash mumkin. Bizning texnologiyada, izolyatsiya maqsadida ko'pincha kaprondan foydalaniladi, chunki kapron anchagina iqtisodiy jihatdan arzon, massa birligida uzun ip olinishi, zichligi uncha katta emasligi va boshqa afzalliklarga ega.

Plastik massalar. Ko'pchilik hollarda tashqi bosim bilan bir vaqtning o'zida qizdirishda plastik massalarda kerakli shaklga keltirish qobiliyati *qolip-shakl* usulida maxsulotlarni ishlab chiqarish imkoniyatini beradi. Qolip –shakl usulida kerakli o'lchamdagi bir dona mahsulotni tayyorlab olingandan so'ng, shu tartibda ketma-ket qayta ishlab chiqarish ishlab-chiqarish samaradorligini ortishiga, mahsulot tannarxini arzon bo'lishiga olib keladi. Bir necha ming dona mahsulot ishlab chiqarilgandan so'ng, qolipdan chiqqan detalning o'lchamlarini aniqligi yo'qoladi.

Plastmassalar elektr texnikasida elektr izolyatsiya hamda konstruktorlik materiallari sifatida qo'llaniladi. Ko'pgina plasmassalar yuqori mexanik mustahkamlikka va yaxshi elektr xossalarga ega bo'lib, shuningdek yengil (plasmassaning zichligi odatda 0,9 dan 1,8 Mg/m³ gacha bo'ladi) hisoblanadi.

Getinaks bakelitli shimdirilgan qog'ozni issiq qoliplab tayyorlanadi. Getinaksni ishlab chiqarishda mustahkam va qizishga chidamli shimdirilgan qog'oz tanlanadi. Qatron bilan shimdirish bir necha hil usulda amalga oshiriladi. Keng tarqalgan usullardan biri, spirtida bakelit aralashmasini quritish bo'lib, bunda qog'oz o'rami lokli vannadan o'tkazilib, quritish shaxtasi orqali qabul qilish mexanizmi yordamida o'raladi.

Bunday shimdirishning asosiy kamchiligi ko'p miqdordagi aralashtirgich – qimmatbaho spirt hisoblanib, oson yonganligi uchun yong'inga havfli bo'ladi.

Tekstolit getinaks singari bo'lib, faqat shimdirilgan gazlamadan tayyorlanadi. Paxta qog'ozli gazlama asosidagi tekstolitning kattaliklari (masalan, 6.5-jadvalda B marka) getinaksning kattaliklari bilan bir xil bo'lsada, tekstolit yuqori zarbiy qovushqoqlikka ega. U getinaksqa nisbatan besh, olti marta qimmat bo'lganligi uchun zaruriy alohida joylarda zarbga mustahkam bo'lgan (ulab uzish detallarida) ish joylarida qo'llaniladi. Epoksid-fenolformaldegidli qatron shimdirilgan sintetik (lavsan) gazlamali LT markali tekstolit namlikka chidamli bo'lsada, lekin qizishga barqarorligi atigi +85°C gacha bo'ladi.

Rezina. Vulkanizatsiyalash natijasida kauchukning qizdirishga barqarorligi, shuningdek, sovuqqa chidamliligi ortish bilan birga, uning mexanik mustahkamligi, aralashtirgichlarga barqarorligi ham yaxshilanadi. Kauchukka qo'shiladigan oltingugurt miqdoriga qarab vulkanizatsiyalashda: 1-3% li oltingugurtda yumshoq, o'ta cho'ziluvchan – yumshoq rezina, 30-35% li oltingugurtda zarbiy yuklamaga mustahkam, qattiq material **ebonit** olinadi.

Kauchuk va oltingugurtdan rezina va ebonit tayyorlashda rezinali qorishma tarkibiga turlicha **to'ldirgichlar** (talk, mel), shuningdek, bo'yoqlar, vulkanizatsiya jarayonining katalizatorlari (**tezlashtirgichlar**) va boshqalar kiradi. Rezina elektr sanoatida montaj va ishchi simlar, hamda ko'chma egiluvchan sim va kabellarning izolyatsiyasini ta'minlashda ishlatiladi. Undan yana montaj ishlari va xizmat qiluvchi personalni shaxsiy himoyalash choralari ta'minlashda himoyalovchi qo'lqop, gilamcha, kalish va izolyatsiyali quvurlar kabi buyumlar ham tayyorlanadi. Rezinaning elektr izolyatsiya materiali sifatida qo'llashda asosiy kuzatiladigan zaif tomonlari shundaki, nisbatan kichik qizishga chidamliligi (qizishda mo'rt va yoriq bo'lib eskirishi tezlashadi), qutbsiz suyuqliklarning ta'siriga zaifligi (benzin, benzol), nurga ayniqsa ultra binafsha nurga chidamsizligi hisoblanadi. Rezinaga ozon kemiruvchi sifatida, ya'ni, rezinaning cho'zilgan holatida eskirishini zudlik bilan tezlashtiradi; bunda yoriq hosil bo'lib, bu yoriqlardan materialning ichki qismiga kirib boradi. Rezina tarkibida qolgan oltingugurtning erkin qoldiqlari misga tegilganda ta'sirlashishi natijasida, ayniqsa yuqori haroratda oltingugurtli mis hosil qiladi. shuning uchun kabelli konstruksiyalarning misli tolalarining sirtiga rezinali izolyatsiya qobig'i qoplash mumkin emas, ular orasiga qo'shimcha ajratuvchi deb nomlanuvchi oltingugurtli metallga ta'sirini so'ndiruvchi qo'rg'oshinli qatlam yoki qog'oz qo'yiladi. Alyuminiy tolali kabellarga ajratuvchi shart emas.

Shisha – noorganik, shaffof jism bo'lib, turli oksidlarning murakkab tizimini ifodalaydi. Bundan tashqari, shisha ko'rinishli oksidlar, jumladan: o'zi alohida toza shisha hosil qiluvchilari (SiO_2 , B_2O_3), ipakli Na_2O , K_2O , ipak tuproqli CaO , V_2O_5 , shuningdek, PbO , Al_2O_3 va boshqalar ham bo'ladi. Asosi SiO_2 dan tashkil topgan shishalar **silikatlar** deyiladi.

Shishaning xossalari uning issiqlikda ishlov berilish rejimi va tarkibiga qarab keng ko'lamda o'zgaradi.

Zichligi. Shishaning zichligi 2 dan 8,1 Mg/m³ gacha o'zgarish mumkin. Og'ir shishaga ko'p miqdordagi qo'rg'oshin tarkibli shishalar (flint, xrustal) kiradi. Oddiy silikatli (deraza oynasi) shishaning zichligi 2,5 Mg/m³ ga teng.

Mexanik xossalari. Shishaning siqilishdagi mustahkamligi cho'zilishdagi mustahkamligiga qaraganda bir necha marta katta bo'ladi. Uning siqilishdagi mustahkamlik oralig'i 6000 – 21000 MPa, cho'zilishdagi oralig'i bor yo'g'i 100 – 300 MPa ga teng.

Issiqlik xossalari. Shisha shaffof jism bo'lganligi uchun aniq bir erish haroratiga ega emas. Qizdirish jarayonida shishaning qovushqoqligi doimiy o'zgarib turadi; uning yumshash haroratida qovushqoqligi 10⁷–10⁸ Pa·s ni tashkil etadi. Ko'pchilik shishalarning yumshash harorati 400 dan 1600°C ni tashkil etadi. SiO₂ va ipakli oksidlarning qo'shilishi shishaning yumshash haroratini pasaytiradi. Shishaning α_e qiymati 0,55·10⁻⁶ K⁻¹ dan 15·10⁻⁶ K⁻¹ oralig'ida bo'ladi. α_l kattalik haroratning keskin kamayishida (termo zarb) katta rol o'ynaydi. Haroratning keskin kamayishi va ortishida shishaning sirtida haroratning bir xilda taqsimlanmasligi natijasida mexanik kuchlanish hosil bo'lib, buning oqibatida darz ketishga olib keladi. Harorat tez ortganda shishaning sirti kengayishga harakat qiladi, bu paytda shishaning ichki qismi qizishga ulgurmaydi va siqilish kuchlanishi hosil bo'ladi. Agar shisha sirtida harorat keskin pasayganda esa, qatlamning qo'shni qismlari orasida qirqimlar hosil bo'ladi. Aytish joizki, shishaning cho'zilishdagi mustahkamligi siqilishga bo'lgan qiymatidan bir necha marta kam bo'ladi.

Sitallar. U shishiga maxsus tarkiblarni kristallizasiyalash ("sitall" - "kristall" va "silikat" so'zlarining qisqartmasi) yo'li bilan olinadi. Ular oddiy shisha va keramika orasini tashkil etadi. Shuning uchun ularni ba'zan **shishali keramika** deb ham yuritiladi.

Sopol materiallar. Keramik materiallar deb, yuqori haroratning keyingi bosqichida kuydirish natijasida tayyorlangan noorganik materiallar tushiniladi. Tayyorlangan mahsulotni kuydirish natijasida murakkab fizik-kimyoviy jarayon asosida keramik massa kerakli xossaga erishadi. Keramik materiallar avvallari **glin** (maxsus tuproq) asosida bo'lib, uni suv bilan muntazam qorishtirilib, so'ngra kuydirish jarayonida tayyorlangan bo'lsa, hozirgi vaqtda glinni qisman yoki umuman ishtirokisiz keramik materiallar tayyorlanmoqda.

Keramik materiallarning xossalari ko'ra, elektr texnikasida yarim o'tkazgich, magnit material sifatida qo'llaniladi. Ko'pgina keramik materiallar elektr izolyatsiya materiallari sifatida qo'llanilib, ular yuqori mexanik mustahkamlikka, kichik dielektrik isrof burchakli, qizdirishga chidamli va boshqa qimmatbaho xossalarga ega bo'ladilar. Organik materiallarga nisbatan qiyoslaganimizda, elektr va issiqlikdan eskirishga, uzoq muddatli mexanik ta'sirda qoldiq deformasiya bermaydi. Keramikaning yana bir xossasi metallizasiyalash, ya'ni metall bilan payvandlash imkoniyati bo'lganligi uchun germetik konstursiyalarda ham ishlatiladi.

Chinni. Elektr texnik chinni elektr izolyatsiya materiali sifatida asosiy o'rinda turadi. Chinnini tayyorlashda glinning maxsus navi **kaolin** (yuqori sifatli o'ta toza, yorqin, plastik glin) va minerallardan kvars SiO₂ va dala shpatidan foydalaniladi. Chinni tayorlash texnologiyasining tub mohiyati shundan iboratki, zikr etilgan jismlarni boshqa begona aralashmalardan tozalash va suv bilan birga muntazam aralashtirish natijasida

bir jinsli qorishma hosil qilishdan iborat. Xosil qilingan qorishmadan turli usullarda kerakli shakl tayyorlanadi. Shaklni qoldiq suvdan halos qilish maqsadida quritiladi. Keyingi bosqich, glazur va kuydirish bosqichi hisoblanadi. *Glazur* – chinni maxsulotning sirtiga yupqa qatlamli suvli pardaga o'xshash qoplovchi massadir. Kuydirishda glazur erib, chinnining sirtini to'la qoplab, yaltiroq, silliq qatlam hosil qiladi. Glazur chinnini ichki qismiga namlikni birikishidan ximoyalaydi. U chinning tashqi ko'rinishini go'zallashtirish bilan birga turli rangdagi jilo berish imkoniyatini beradi. Glazur yordamida chinnining sirtiga turli changlarni o'tirishidan, izolyator sirtidan o'tuvchi toklarni kamaytirish va ularning qoplovchi kuchlanishini ortishiga erishiladi. Xullas glazur chinni sirtining darz ketishini oldini oladi. Glazurning yumshash harorati kuydirish haroratidan bir necha marta kichik bo'lganligi uchun, kuydirish jarayonida glazur erib chinni sirtiga maxkam o'rnatilgan bo'ladi. Glazurning chiziqli kengayishining harorat koeffitsiyenti α_i chinnining α_l ga yaqin bo'lishi shart, aks holda haroratning o'zgarishida kichik yoriqchalar hosil bo'ladi.

Slyuda va slyudali materiallar. Slyuda tabiiy minerallardan tashkil topgan bo'lib, elektr izolyatsiya materiallari ichida muhim o'rinni egallaydi. Uning alohida xossalardan, yuqori elektr mustahkamligi, qizishga barqarorligi, namlikka chidamliligi, mexanik mustahkamligi va egiluvchanligini xisobga olib, elektr izolyatsiyaning maxsus hollarida, ya'ni yuqori kuchlanishli va katta quvvatli elektr mashinalarida va ba'zi kondensatorlarda dielektrik sifatida qo'llaniladi. Slyuda tabiatda kristall ko'rinishida uchraydi, bir-biriga nisbatan parallel osongina yopishib yassi plastinka shakliga keltiriladi. Uning tabiatda boy makonlari bizning diyor va chet elda Xindiston hisoblanadi.

Mikanitlar – listli, o'ramli materiallar bo'lib, quruq qatronlar, yelimlovchi loklar yordamida alohida slyuda zarralari taglik qog'ozning, ba'zan gazlamaning bir yoki ikki tomoniga yopishtirilib tayyorlanadi. Taglik materialning uzilishdagi mustahkamligini oshirib, egilishda slyuda yaproqchalarining sinishini oldini oladi.

Mikanitning qo'llanilishi doirasiga ko'ra, shuningdek tayyorlash texnologiyasini ifodalash maqsadida ikkita yoki uchta harfiy belgi asosida belgilanadi. Birinchi harf mikanit tipini bildiradi (K–kollektorli, P–g'iloqli, F–shakliy, G–egiluvchan, M–mikafolli, L–tasmani), ikkinchi harf mikanit tayyorlashdagi slyuda tipi (M–muskovitli, F–flegopitli, S–muskovit va flegopit qarishmasi), uchinchi va keyingi raqamlar yelimlovchi qo'shimcha jismlarni bildiradi.

Asbest – tolali tushilishga ega bo'lgan minerallar guruhidir. Keng tarqalgan tipi – *xrizotilli* – asbest, $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ turlicha ipakli xrizotil minerallarini ifodalaydi. Asbest toshli jinslarda tolalari bir biriga parallel joylashgan ip ko'rinishida bo'ladi. Tolaning uzunligi, ipning qalinligi millimetrning o'ndan biridan bir necha santimetrlarni tashkil etadi. Tolaning uzunligi qanchalik uzun bo'lsa, asbest shunchalik sifatli, qimmatbaho hisoblanadi. Lekin uzun tolali asbestlar tabiatda juda kam uchraganligi uchun shikastlanishdan saqlash maqsadida qo'lda qazib olinadi. Qisqa tolali asbestlarga mexanizasiyalashgan usulda erishiladi. Makoni Ural tog'lari hisoblanadi.

Asbestning tolali organik materiallarga nisbatan afzalliklariga, uning yuqori qizishga chidamliligi bo'lib, odatda organik materiallar to'laligicha yemiriladigan haroratlarda ham asbest o'zining xossalarni saqlab qoladi. 400-500°C dan yuqori haroratlarda asbest tarkibidagi suvning ajralishi kuzatilib, natijada uning kristalli

strukturasini o'zgarishi xisobiga mexanik mustahkamligi pasayadi. Asbest 1150°C dan yuqori haroratda eriydi. Cho'zilishdagi mustahkamlik oralig'i 30–40 MPa ga teng, ammo ishlov berish jarayonidagi turlicha mexanik ta'sirlar, masalan egilishi kabilar uning mexanik mustahkamligini kamaytiradi. Asbest yuqori gigroskopik tuzilishga ega bo'lganligi uchun, qatron va mumlar bilan shimdirilganda, sezilarli cho'kadi. Asbest elektr texnikasining turli sohalarida qo'llaniladi. Jumladan, asbestdan kalavalar, tasmalar, gazlamalar, qog'oz, karton va boshqa mahsulotlar tayyorlanadi. Organik materiallarga qaraganda ular qo'pol, qattiq va qalin bo'ladilar.

Nazorat uchun savollar.

1. Elektr izolyatsiyasiga qo'yiladigan talablarda gazli, suyuq va qattiq dielektrlarda qanday xususiyatlarni ifodalaydi?
2. Qo'llanilish va xossalariga ko'ra dielektirlarning sinfini ko'rsating.
3. Transformator moyining shartli qovushqoqligini ayting.
4. Transformator moyining chaqnash haroratini ayting.
5. Kabel moyining qanday tiplari mavjud?

6-MA'RUZA. O'TKAZGICHLAR

Reja:

6.1. *O'tkazgich materiallarning asosiy xossalari.*

6.2. *O'ta o'tkazgichlar va krio o'tkazgichlar.*

6.3. *Turli metallar*

Tayanch so'z va iboralar:

O'tkazgichlarning xossalariga ko'ra klassifikatsiyalari, metallar va qotishmalar, alyuminiy, mis, po'lat, har xil no metallar, solishtirma o'tkazuvchanlik va qarshiligi, issiqlik o'tkazish koeffitsienti, termo EYuK, elektronlarning chiqishdagi ishi, mustahkamlik chegarasi, tokning zichligi, yuqori o'tkazgichga ega bo'lgan materiallar, bronza, latun.

O'tkazgich materiallarining asosiy xossalari

Elektr toki o'tkazgichlari sifatida qattiq jismlar, suyuqliklar va ma'lum sharoitlarda esa gaz ham qo'llanilishi mumkin. Elektrotexnikada qo'llaniladigan aksariyat qattiq o'tkazuvchi materiallarga metall va uning qotishmalari kiradi.

Yuqori elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan o'tkazgich materiallarga normal temperatura sharoitida solishtirma qarshiligi $\rho \leq 0,05 \text{ m}\Omega \cdot \text{m}$ bo'lgan metallar kiradi. Normal temperaturada solishtirma qarshiligi kamida $0,3 \text{ m}\Omega \cdot \text{m}$ bo'lgan qotishmalar yuqori qarshilikka ega qotishmalar deb ataladi. Yuqori o'tkazuvchanlikka ega metallar sim, tok o'tkazuvchi kabellarda, elektr mashinasi va transformatorlarning cho'lg'amlarida va boshqa asbob-uskunalarda ishlatiladi. Yuqori qarshilikka ega metall va qotishmalar rezistorlar, elektr isitkich asboblari, cho'g'lanma lampalarning tolalarini tayyorlashda foydalaniladi.

O'ta past (kriogen) temperaturalarda solishtirma qarshiligi o'ta kichik bo'lgan materiallar – o'ta o'tkazgichlar va krio–o'tkazgichlar alohida ahamiyatga ega.

Suyuq o'tkazgichlarga erigan metallar hamda turli elektrolitlar kiradi. Bunga misol tariqasida suyuqlanish harorati -39°C bo'lgan simobni keltirish mumkin.

Qattiq va suyuq holatdagi metallardan elektr toki o'tish jarayoni elektr maydoni ta'sirida ozod elektronlarning tartibli harakatiga asoslanadi. Shu sababli, metallar elektronli elektr o'tkazgich yoki birinchi darajali o'tkazgichlar deyiladi. Ikkinchi darajali elektr o'tkazgich yoki elektrolitlarga kislota, ishqor va tuzli eritmalar kiradi. Mazkur moddalardan tok o'tishi, Faradey qonuniga asosan, elektr zaryadlari bilan birgalikda ionlarning siljishi bilan tushuntiriladi. Tok uzluksiz o'tishi jarayonida bunday elektrolit tarkibi asta-sekin o'zgara boradi va elektrodalarda elektroliz mahsulotlari to'plana boradi. Erigan holatdagi ion kristallari ham ikkinchi darajali o'tkazgichlarga kiradi.

Gaz yoki metall bug'i kuchsiz elektr maydonida o'zidan elektr tokini o'tkazmaydi. Agar elektr maydon kuchlanganligi o'zining urilish va fotoionlashish sodir qiladigan keskin qiymatidan o'tsa, gazlar elektronli va ionli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi.

Qattiq o'tkazgich ion panjarali kristall sistema ko'rinishida bo'lib, ichki qismida ozod elektronlar joylashgan deb faraz qilinadi. Odatda, bu elektronlar issiqlik ta'sirida betrtib, elektr maydoni ta'sirida esa aniq yo'nalish bo'yicha harakatlanadi. Elektronlar harakat davomida kristall panjara tugunlari bilan to'qnashishi natijasida ajralib chiqadigan energiya o'tkazgichning metall asosiga uzatiladi va natijada u qiziy boshlaydi. Buning asosida Joul–Lens qonuni keltirib chiqarilgan, ya'ni metallarda elektr o'tkazuvchanlik va elektr energiya isrofi tushuntirib berilgan. Bundan tashqari, mazkur qonun metallarning elektr va issiqlik o'tkazuvchanliklari orasidagi bog'lanishni ham izohlaydi. Metallarning asosiy xossalari 6.1–jadvalda keltirilgan.

O'tkazgich materiallarning xossalarini ifodalaydigan asosiy ko'rsatkichlar quyidagilardan iborat:

1. solishtirma qarshilik (ρ) yoki solishtirma o'tkazuvchanlik ($\gamma=1/\rho$);
2. solishtirma qarshilikning temperatura koeffisienti ($\text{TK}\rho$) yoki α_{ρ} ;
3. issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti (γ_T);
4. kontakt potensiallar farqi va termoelektr yurituvchi kuch (TEYuK);
5. elektronlarning metallardan chiqish ishi;
6. cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi (σ_r) va uzilish oldidagi nisbiy cho'zilish ($\Delta\ell/\ell$).

O'tkazgichdagi tok zichligi va elektr maydon kuchlanganligi o'zaro quyidagicha bog'lanishga ega:

$$J=\gamma E$$

bunda: J –tok zichligi, A/m^2 ; γ –o'tkazgich materialining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi, $\text{Sm}\cdot\text{m}$; E – elektr maydon kuchlanganligi, V/m .

Metallarda solishtirma o'tkazuvchanlik elektr maydoni kuchlanganligiga bog'liq bo'lmaydi. Solishtirma o'tkazuvchanlikka teskari kattalik solishtirma qarshilik ($\gamma=1/\rho$) deyilib, qarshiligi R uzunligi ℓ va o'zgarmas kesim yuzasi S bo'lgan o'tkazgich uchun u quyidagicha hisoblanadi:

Metallarning asosiy xossalari

6.1-jadval.

№	Metallarning nomi	Zichligi, *10 ³ kg/m ³	Erish temperaturasi, °C	Solishtirma issiqlik sig'imi, J/kg*K	Chiziqli kengayish TK1*10 ⁶ *K ⁻¹	Solishtirma qarshilik, mkOm*m	Elektronlarnin g chiqish ishi, eV	Qayishqoqlik moduli, GPa
1	Simob	13,60	-38,9	138	61,0	0,958	4,5	-
2	Seziy	1,87	26,5	234	95,5	0,210	1,9	1,8
3	Galliy	5,91	29,7	381	18,0	0,560	-	-
4	Kaliy	0,87	63,7	753	80,0	0,09	2,2	-
5	Natriy	0,97	97,8	1260	70,0	0,046	2,3	10
6	Indiy	7,28	156,0	243	25,0	0,090	-	-
7	Litiy	0,53	186,0	3620	-	-	-	4,9
8	Qalay	7,31	232,0	226	23,0	0,120	4,4	54,0
9	Kadmiy	8,65	321,0	230	30,0	0,076	4,0	62,3
10	Qo'rg'oshin	11,4	321,0	130	29,0	0,210	-	15,7
11	Rux	7,14	420,0	390	31,0	0,059	-	92,2
12	Magniy	1,74	651,0	1040	26,0	0,045	3,6	44,3
13	Alyuminiy	2,7	657,0	922	24,0	0,028	4,3	70,8
14	Bariy	3,5	710,0	268	17,0	0,500	-	12,6
15	Kumush	10,5	961,0	234	19,0	0,016	4,4	80
16	Oltin	19,3	1063	126	14,0	0,024	4,8	77,5
17	Mis	8,94	1083,0	385	16,0	0,017	4,3	129
18	Berilliy	1,85	1284,0	200	13,0	0,04	3,9	287
19	Nikel	8,9	1455,0	444	13,0	0,073	5,0	196
20	Kobalt	8,71	492,0	435	12,0	0,062	-	200
21	Temir	7,87	1535,0	452	11,0	0,098	4,5	211
22	Palladiy	12,1	1554,0	243	12,0	0,110	-	121
23	Titan	4,5	1724,0	577	8,1	9,480	-	104
24	Xrom	7,1	1850,0	-	6,5	0,210	-	245
25	Platina	21,4	1770,0	134	9,0	0,105	-	170
26	Toriy	11,5	1850,0	113	11,2	0,186	3,3	79,2
27	Sirkoniy	6,5	1860,0	276	5,4	0,410	3,7	68,4
28	Iridiy	22,5	2350,0	-	-	-	-	528
29	Niobiy	8,57	2410,0	272	7,2	0,140	4,1	100
30	Molibden	10,2	2620,0	264	5,1	0,057	4,2	294
31	Tantal	16,7	2850,0	142	6,5	0,135	4,1	177
32	Reniy	20,5	3180,0	138	4,7	0,210	4,8	465
33	Volfram	19,3	3380,0	218	4,4	0,055	4,5	407

$$\rho = R \frac{S}{l} O_M \cdot M.$$

Metallarning klassik qonuniyatiga asosan metall o'tkazgichlarning solishtirma o'tkazuvchanligi quyidagichadir:

$$\gamma = \frac{e^2 n_0 \lambda}{2m\nu_H},$$

bunda: e —elektronning zaryadi; n_0 —metallning hajm birligidagi ozod elektronlar soni; λ —elektron erkin bosib o'tgan yo'lining o'rtacha uzunligi; v_i —metalldagi ozod elektron issiqlik harakatining o'rtacha tezligi.

Turli xil metallar uchun elektronlarning betartib issiqlik harakat tezligi v_i taxminan bir xildir. Shu sababli, solishtirma o'tkazuvchanlik qiymati elektronlar erkin bosib o'tgan yo'lining o'rtacha tezligi va o'tkazgich materialining tuzilishiga bog'liq bo'ladi. Nisbatan tug'ri kristall panjarali sof metallarning solishtirma qarshiligi eng kichik qiymatga ega. Agar metall tarkibiga qo'shimcha kiritilsa, uning kristall panjarali deformasiyalanib, ρ qiymatining o'sishiga olib keladi.

Temperatura ko'tarilishi natijasida metall o'tkazgichdagi zaryad eltuvchilar soni (ozod elektronlar konsentratsiyasi) o'zgarmay qoladi. Lekin, kristall panjara tugunlari tebranishining kuchayishi tufayli elektr maydoni ta'siri natijasida harakatlanayotgan ozod elektronlar tobora ko'proq to'siqlarga duch keladi, ya'ni λ kamayadi. Bunda elektronlarning siljuvchanligi pasayadi, natijada metallning solishtirma o'tkazuvchanligi kamayadi va solishtirma qarshiligi ortadi. Binobarin, metall solishtirma qarshiligining temperatura koeffisienti:

$$\text{TK}_\rho = \alpha_\rho = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dT}$$

Agar temperatura kichik oraliqda o'zgarsa, ρ qiymatining temperaturaga bog'liqligi quyidagicha bo'ladi:

$$\rho_2 = \rho_1 [1 + \alpha_\rho (T_2 - T_1)]$$

bunda ρ_1 , ρ_2 — o'tkazgichning T_1 , T_2 temperaturadagi solishtirma qarshiliklarining qiymatlari ($T_2 > T_1$); α_ρ —solishtirma qarshilikning o'rtacha temperatura koeffisienti.

Metallarning elektr o'tkazuvchanligi

Xaotik harakatdagi elektronlarning tartibli oqimi, (Om qonuni), elektr maydondagi gaz holatidagi elektrionlarni to'qnashishi natijasida energiya ajralishi ya'ni, qizishi Joul–Lens qonuni bu kabi qonuniyatlar analitik usulda, eksperimental usulda elektr o'tkazuvchanlik, energiya isroflari aniqlandi. Bundan tashqari yana gaz va metallarda elektr o'tkazuvchanligida quyidagi gipotezalar yoritildi.

1. Zanjirda uzoq muddatli tok o'tganda bir xil metalli o'tkazgichlarda metall atomlarini bir biriga o'tishi kuzatilmaydi.

2. Metallarning yuqori temperaturada qiziganda erkin elektronlarni issiqlik harakati ortadi, ba'zi yuqori tezlikdagi elektronlar metall sirtidan uchib potensialning kuchi ostida bo'ladi.

3. O'tkazgichda to'satdan maydon ta'siri to'xtaganda harakat yo'nalishi, inersiya qonuni asosida elektronli gazlarning aralashuvi kuzatiladi. Bu esa o'tkazgichning to'xtatilgan so'ngi qismlarida potensiallar farqini yuzaga keltiradi va unga ulangan o'lchovchi asboblarning ko'rsatkichi shkala asosida og'adi.

4. Metall o'tkazgichlar magnit maydonida ko'ndalang magnit maydonida ko'ndalang EYuK hosil bo'lib, o'tkazgichning elektr qarshiligini o'zgartiradi.

O'tkazgichlarning xususiyatini ifodalovchi parametrlar

- a) solishtirma o'tkazuvchanlik γ yoki uning teskari solishtirma qarshiligi ρ
- b) solishtirma qarshilikning temperatura koeffisienti α yoki α_p
- v) issiqlik o'tkazish koeffisienti
- g) kontaktlardagi potensiallar farqi (termo EYUK)
- d) elektronlarni metaldan chikish ishi
- ye) cho'zishda mustahkamlik chegarasi $\ell/\Delta\ell$ va uzulishga erkin holda nisbiy cho'zilish

O'tkazgichlarning solishtirma o'tkazuvchanlik va solishtirma qarshiligi

Tok zichligi (A/M) va elektr maydon kuchlanganligi E (V/M) orasidagi munosabat quyidagi formula bilan ko'rsatiladi (Om qonuning differensial formasi).

$$J = \gamma \cdot E$$

Bu formulada γ (simens/m) o'tkazgichning o'z xususiyatiga tegishli bo'lgan parametr bo'lib, uning **solishtirma o'tkazuvchanligi** deyiladi. Unga teskari bo'lgan qiymat **solishtirma qarshiligi** deyiladi. Qarshiligi R, uzunligi ℓ va ko'ndalang kesimi yuzasi S bo'lgan o'tkazgich uchun o'lchov birliklari asosidagi munosabat quyidagicha bo'ladi.

$$\rho = RS/\ell$$

ρ solishtirma qarshilik o'tkazgichlarda 0,016 mkOm·m dan (kumush uchun) 10 mkOm·m gacha bo'lishi mumkin.

Solishtirma qarshilikning harorat koeffisienti

Temperatura oshsa metall o'tkazgichdagi bo'sh elektronlar soni bari bir o'zgarmaydi. Lekin kristal panjaralarining temperatura ta'sirida kengayishi natijasida elektr maydoni ta'sirida elektronlarning erkin yugirish masofasi kamayadi va natijada solishtirma elektr o'tkazuvchanligi kamayadi, solishtirma qarshiligi ortadi.

Toza metallarning qattiq holatidagi ideal gazlarning tarkalishini temperatura koeffisientiga yaqin.

$$TK\rho = \alpha_p = 1/\rho \cdot d\rho/dT$$

α_p ning qiymatlari ba'zi ferromagnit materiallar, metallar (temir, nikel, kobalt) uchun yuqori.

$$1/273 = 0,0037 \text{ K}^{-1}$$

Metallarda issiqlik uzatilishi erkin elektronlarga bog'liq bo'lganligi uchun elektr o'tkazuvchanligi dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligidan yuqoriroq bo'ladi. Shuning uchun issiqlik o'tkazish hossasi ham dielektriklarnikiga nisbatan yuqori bo'ladi.

Metallarning solishtirma o'tkazuvchanligi yuqori bo'lsa ham γ yuqori bo'ladi. Yuqori temperaturalarda solishtirma o'tkazuvchanligi kamayganda γ_t/γ ko'tariladi.

$$\gamma_t/\gamma = LoT$$

Matematik ifodasi **Videman-Frans-Lorens qonuni** deyiladi.

T - termodinamik temperatura (K)

Lo- Lorens kattaligi

$$L_0 = \pi^2 k^2 / 3e^2$$

$K = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K Bolsman doimiysi

$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl elektron zaryadi.

$L_0 = 2,45 \cdot 10^{-8}$ V²/K² ga teng bo'ladi.

Bu qonun ko'pchilik metallar uchun (marganes, berilliy mustasno) tegishli.

Ikki xil o'tkazgichlar tegib ketganda ularning kontaktlardagi potentsiallar farqi hosil bo'ladi. Sababi elektronlarning turli mineral tarkibi orqali yuzaga keladi. Elektronlarning konsentratsiyasi A va V turli metallar orasidagi potentsiallar farqi.

$$U_{AV} = U_V - U_A + kT/e \ln n_{0A} / n_{0V}$$

U_A , U_V - potentsiallardagi elektronlarning konsentratsiyasi. Agar kontaktlar joyidagi temperatura bir xil bo'lsa, potentsiallar farqi yig'indisi nolga teng. Agar temperatura har xil bo'lsa,

$$U = U_{AV} + U_{VA}$$

Agar qotishmalarning temperaturasi turlicha, ya'ni biri T_1 bo'lib, ikkinchisi T_2 bo'lsa;

$$U = \psi [T_1 - T_2]$$

ψ - bir par o'tkazgich uchun termo EYUK koeffisienti.

Ikki xil metall yoki qotishma materialli izolyatsiyalangan o'tkazgichlardan temperaturalarini [termoparalar] o'lchashda keng qo'llaniladi.

O'tkazgichlarning mexanik xususiyatlarini cho'zishda mustahkamlik chegarasi (kg/mm) va uzilish oldidan nisbiy cho'zilishi mo'rtligi va qattiqligi kabi xususiyatlari bilan ifodalanadi. Mis, bronza, alyuminiy, kumush, volfram o'tkazuvchanligi katta bo'lgan eng muhim o'tkazgich materiallarga kiradi.

Mis. Solishtirma qarshiligi kichik bo'lib, ($\rho = 0,017$ Om·m) mexanik mustahkamligi katta, zanglashga chidamli, detallar yasashga va payvandlashga qulay hisoblanib, lekin defesit metall. Misni olinish texnologiyasi asosan, sulfid rudalarini qayta ishlov jarayonida olinadi. Bir necha marta mis rudasini bug'lash, kuydirish eritish yo'li bilan elektrotexnikada keng qo'llaniladigan material olinadi.

Misni qalay kremniy fosfor, beriliy, magniy va kadmiy bilan aralashmalari bronza deyiladi. Misni qo'rg'oshin bilan aralashmasi latun deyiladi. Bronza va latun misni har xil mexanik xususiyatini yaxshilaydi masalan cho'zilishga chidamlir oq bo'ladi.

Alyuminiy. Yengil rangli metall zichligi (2,7 mg/m) misga ko'ra 3,5 marta yengil. Solishtirma qarshiligi misga ko'ra 1,63 marta katta.

Alyuminiy tezda oksid parda bilan qoplanadi. Bu uning yana zanglashidan saqlaydi. Alyuminiy qattiq eritmaları yuqori mustahkamlikka ega. Alyuminiy o'zini mexanik mustahkamligi juda kam bo'lganligi uchun eritmalaridan foydalaniladi masalan:

Aldrey 0,3-0,5% Mg, 0,4-0,7% Si va 0,2-0,3% Fe ga ega. Aldrey uchun $Q_r = 350$ MPa $\Delta l/l = 6.5\%$, $\alpha_l = 23 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ $\alpha_p = 0,0036 K^{-1}$, $\rho = 0,317$ mkOm·m.

Aldreyning mexanik mustahkamligi misga yaqin bo'lsa ham alyuminiydek yengil.

Po‘lat - eng arzon mexanik mustahkamligi katta material. Lekin misga ko‘ra 6-7 marta o‘tkazuvchanligi kam. O‘tkazgich sifatida temir yo‘lda, tramvay, metroda rels orqali tok o‘tkazuvchi hollarda qo‘llaniladi. Bu temir asosli qotishma bo‘lib, tarkibida ma‘lum miqdorda boshqa legirlovchi elementlar ham bo‘ladi. Po‘latlarning mingdan ortiq turlari mavjud bo‘lib, ular tarkibi va tayyorlanish jarayonidagi termik ishlovlar bilan farqlanadi. Bu materialning mexanik xossalariga uglerodning miqdori juda sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi, odatda 1% dan ko‘p bo‘lmagan miqdorda qotishma tarkibida bo‘ladi. Po‘latlarning eng ko‘p tarqalgan ba‘zi markalari tarkibidagi uglerod miqdoriga qarab bo‘linadi, bular kam, o‘rta va yuqori uglerodli po‘latlar. Po‘latlarning asosiy turlari ham xuddi shunday tarkibidagi legirlovchi elementlarning miqdoriga qarab bo‘linadi².

Bimetall-ba‘zi hollarda rangli metalni iqtisod qilish maqsadida po‘latni ustidan mis qatlam bilan qoplanadi.

Bronzalar—mis asosida olingan qotishmalar bo‘lib, undan buyumlar qo‘yishda hajmiy kichrayishi kamligi bilan farq qiladi. Bronzalarda hajmiy kichrayishi 0,6–0,8%, po‘lat va cho‘yanda esa bu ko‘rsatkich 1,5–2,5% ni tashkil etadi.

Bronzalarga qirqish yo‘li bilan, bosim ostida ishlov berish oson, ular yaxshi kavsharlanadi. Ulardan lenta va simlar tayyorlanadi, bu lenta va simlardan esa deformasiyalanuvchi kontaktlar, tok o‘tkazuvchi prujinalar va boshqa tok o‘tkazuvchi hamda konstruksion detallar ishlab chiqariladi.

Bronza detallarning mustahkamligini oshirish uchun ularga termik ishlov beriladi: toblanadi, so‘ngra esa optimal temperaturalarda bo‘shatiladi.

O‘ta o‘tkazgichlar va krioo‘tkazgichlar

Ma‘lumki temperatura pasayganda o‘tkazgichning solishtirma qarshiligi kamayadi. 1911 yilda Niderland olimi Kammerling- Onnes ajoyib xususiyatni ochdi. O‘tkazgichni juda past temperaturagacha (4,2 K) sovutganda uning temperaturasi o‘lchab bo‘lmalik darajagacha kamayib ketdi. Bu hodisa ya‘ni o‘tkazgichni cheksiz o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lishi (sverxprovodimost) deyiladi. Agar temperatura oshirilganda u o‘tkazgich yana normal holatga kaytadi. Hozirgi vaqtda cheksiz o‘tkazgich metallar soni 35 taga, cheksiz o‘tkazgich eritma va kimyoviy aralashmalar soni esa mingdan oshdi. Lekin mis, kumush, tillo, platina kabi o‘tkazgichlarni cheksiz o‘tkazuvchanlik holatiga erishilgani yo‘q.

Cheksiz o‘tkazuvchanlikdan konturda hosil bo‘lgan tok bu konturda yillar davomida o‘z kuchini kamaytirmay va tashqaridan energiya berilmaydigan holga aylanadi.

Energiya faqat past temperaturani saqlash uchun sarflanadi. Bunday cheksiz o‘tkazuvchan kontur o‘z atrofida magnit-maydoni hosil qiladi. Lekin temperatura yoki induksiya ma‘lum cheksiz o‘tkazuvchanlik holatiga o‘tish qiymatidan oshib ketsa cheksiz o‘tkazuvchanlik buziladi.

Cheksiz o‘tkazuvchanlik juda past temperaturani talab etib bunday temperatura suyuq geliy yordamida hosil bo‘ladi. Bu esa juda qimmatga tushadi. Bu sohada ilmiy ishlar davom etmokda. Cheksiz o‘tkazuvchanlikdan tashqari hozirgi elektrotexnikada

² Materials science and engineering. William D. Calister, Jr. David G. Rehtwisch.

o'tkazuvchanlik xodisasi qo'llanilmoqda. Bu hodisa esa metallarni kichik qiymatiga pasayishdan iboratdir.

Masalan: 26 K da (suyuq vodorodning temperaturasi) alyuminiy va 76 K da (suyuq azotning temperaturasi) beriliy krioo'tkazuvchanlik holatiga o'tadi.

Har xil metallar

Volfram - juda og'ir (zichligi 19.3 mg/m) erish temperaturasi eng yuqori (3380°C) metall.

Nixrom - 55-78% nikel, 15-23% xrom, 1,5% marganes va qolgan metallardan tuzilgan
Fxralva Xromel – 3,5-5,5% alyumin, 12-25% xrom, 0,6% nikel, 0,7% marganes va qolgani temirdan tuzilgan.

Nometall o'tkazgichlar

Ko'mirdan elektr mashinalar uchun shetkalar projektr uchun elktrodlar elektr yoyi bilan ishlovchi pechlar va elektrolitik vannalar uchun elektrodlar, galvanik elementlar uchun anodlar yasaladi.

Ko'mir kukuni mikrofonlarda ovoz bosimiga ko'ra o'zgaruvchi qarshilik vazifasini bajaradi. Ko'mirdan yuqori Om li rezistorlar, telefon davralari uchun razryadniklar ham yasaladi.

Bu sohalarda ishlatuvchi ko'mirni tayyorlash uchun qurum grafit yoki antrasit qo'llaniladi. Ulardan yasalgan zagotovkalar kuydirish (objik) prosessidan o'tkaziladi. Yuqori temperaturada uglerod grafit holatiga utib bu jarayonga grafitlash jarayoni deyiladi. Bu jarayon 2200°C da o'tkaziladi.

Quyma va flyuslar

Quymalar maxsus qotishmalar bo'lib kavsharlash maqsadida foydalaniladi. Quymalar kichik o'tish qarshilikli, mexanik mustahkamli (germetikli) elektrik kontakt hosil qilish uchun bajariladi. Kavsharlash paytida ulanish joyi qiziydi. Shuning uchun quymalarning erish harorati ulanayotgan detal va metallarning erish haroratiga qaraganda past bo'lib, ulash paytida erib so'ng qotib qoladi. Erigan quyma bilan qattiq metalning tegish joyida murakkab fizikaviy-ximiyaviy jarayon bo'ladi. Quyma metallni yumshatadi, unda oqib birlashtirilayotgan detallar orasidagi bo'shliqni to'ldiradi. Bunda quyma asosiy metallga aralashib, natijada bir jinsli detal hosil qiladi. Quymalar turiga ko'ra ikki guruhga bo'linadi. *Yumshoq quymalar* erish harorati 400°C gacha bo'lgan quymalar, *qattiq quymalar* erish harorati 500°C dan yuqori bo'lgan quymalar kiradi. Quymalarni qo'llashda uning mustahkamligi muhimdir. Yumshoq quymalarning cho'zilishdagi mustahkamligi $Q_r=50-70$ MPA gacha, qattiq quymalarda esa $Q_r=500$ MPA gacha bo'ladi. Quymalarni tanlashda birlashtiruvchi detallardagi mustahkamlik darajasi, korroziyaga chidamligi, elektr o'tkazuvchanligi kabi kattaliklariga e'tibor beriladi.

Yumshoq quymalarga asosan qalay – qo'rg'oshin (POS markali) quymalari bo'lib, qalayning miqdori asosida 18% dan (POS – 18) 90% (POS – 90) ishlatiladi. Solishtirma

o'tkazuvchanligi standart misning kattaligini 9 – 13% ni, haroratni chiziqli tarqalish ko'effisienti $\alpha_l - (26 - 70) \cdot 10^6 K^{-1}$ ga teng.

Yumshoq quymalarda yana alyuminiy kumush qo'shimchalari ham bor. Vismut va kadmiyli quymalar yana ham quyi haroratli bo'lib, bu quymalar kavsharlash harorati past bo'lishi talab qilingan joylarda qo'llaniladi. Vismutli kavshar mo'rt bo'ladi. Qattiq quymalarga mis – ruxli (PMS) va kumushli (PSr) quymalar bo'lib, elektrvakuumli texnika uchun kirishlar tayyorlashda foydalaniladi. Bunday quymalarda asosiy kattalik sifatida haroratni chiziqli tarqalish ko'effisienti bo'lib, bu qiymat vakuumli qavat shishaning erish harorati bilan moslashgan bo'lishi kerak.

Nazorat savollari:

1. O'tkazgichlarning energetik sathlar diagrammasidagi tutgan o'rni?
2. O'tkazgichlarda haroratning o'zgarishi qanday ta'sir ko'rsatadi?
3. Termo EYuK ni tushuntirib bering?
4. Yuqori o'tkazgichga ega bo'lgan materiallarni gapirib bering.
5. O'ta o'tkazgich va krio o'tkazgichlarni tushuntiring.
6. Nometall o'tkazgichlarning afzallik tomonlari sanab o'ting.
7. Mis avzalligi, olinish texnologiyasi va markalarini izoxlash?

7-MA'RUZA. YARIM O'TKAZGICHLAR

Reja:

1. Yarim o'tkazgich materiallar haqida umumiy ma'lumotlar.
2. Yarim o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi.

Tayanch so'z va iboralar:

Yarim o'tkazgichli materiallar, energetik sathlar diagrammasidagi o'rni, zaryad tashuvchi elementlar, donor, n-o'tish, r-o'tish, n-r tipli yarim o'tkazgichlar, hususiy yarimo'tkazgichlar, akseptorlar, germaniy, kremniy, selen.

Yarimo'tkazgichli materiallar elektr o'tkazuvchanligi xususiyatiga ko'ra dielektriklar va metalli o'tkazgichlar oralig'ida joylashgan.

Shuningdek solishtirma elektr qarshilik ρ

O'tkazgichlar uchun 10^{-4} - 10^4 Om·m

Dielektriklar uchun 10^8 - 10^{20} Om·m

Yarim o'tkazgichlar uchun 10^4 - 10^7 Om·m ga teng. Metalli o'tkazgichlarda elektr qarshiligi harorat oshirish bilan ortsa, dielektrik va yarim o'tkazgichlarda esa aksincha ya'ni kamayadi. O'tkazgichlarda erkin elektronlar miqdori juda ko'p bo'lib, yo'naltirilgan oqim o'tkazuvchanlik tokini ifodalaydi, yarim o'tkazgichlarda esa erkin elektronlar ko'p emas. Sababi shuki, valentli elektronlar o'zlarining atomlari bilan aloqa bo'ladi ya'ni erkin emas. Yarim o'tkazgichlarda elektr tokining hosil bo'lishi tashqi ta'sirlarning keng oralig'ida bo'lishi mumkin: isitish, nurlanish yoki aralashmalarni kiritish kabi hollar.

Bunda elektronlarning energiyasi ortib, tashqi kuchlanganlik ta'sirida atom qobig'idan ajralib, yo'naltirilgan oqim, ya'ni tok tashuvchisiga aylanadi.

O'tkazgichlarda juda ko'p miqdorda erkin elektronlar bo'lib, ularning bir tomonga yo'nalgan harakati o'tkazuvchanlik tokini tashkil etadi, yarim o'tkazgichlarda esa erkin elektronlar kam bo'ladi. Bunga sabab shuki, yarim o'tkazgichlarda valent elektronlar o'z atomlari bilan bog'langan bo'ladi, ya'ni erkin emas. Yarim o'tkazgichlarning yana boshqa xususiyati shundan iboratki ularda tok faqat tashqi ta'sirlar ostida, ya'ni qizdirish, nurlantirish ta'sirida yoki ularga ba'zi qo'shimchalar qo'shilganda vujudga kelishi va keng ko'lamda o'zgarishi mumkin. Bu ta'sirlarning hammasi valent elektronlar energiyasini ko'paytiradi, natijada ular o'z atomlaridan ajraladi va qo'yilgan kuchlanish ta'sirida bir tomonga yo'nalgan harakat qiladi, ya'ni tok tashuvchilar bo'lib qoladi.

Yarim o'tkazgichning temperaturasi qanchalik yuqori yoki uni nurlantirish qanchalik kuchli bo'lsa, unda erkin elektronlar shunchalik ko'p va yarim o'tkazgichdagi tok kuchi shunchalik katta bo'ladi. Shunday qilib, barcha yarim o'tkazgichlarda elektr o'tkazuvchanlik elektronli yoki n-tipda bo'ladi, ajralib chiqqan elektronlar esa yarim o'tkazgichning o'z atomlariga tegishli bo'ladi, shu sababli bunday elektr o'tkazuvchanlik xususiy elektr o'tkazuvchanlik deyiladi.

Teshiklarning elektronlarning siljish yo'nalishiga teskari yo'nalishda siljishiga teshik toki deyiladi. Yarim o'tkazgichning teshik toki sababli yuzaga keladigan elektr

o'tkazuvchanligi teshikli elektr o'tkazuvchanlik, boshqacha aytganda r-tipidagi elektr o'tkazuvchanlik deyiladi.

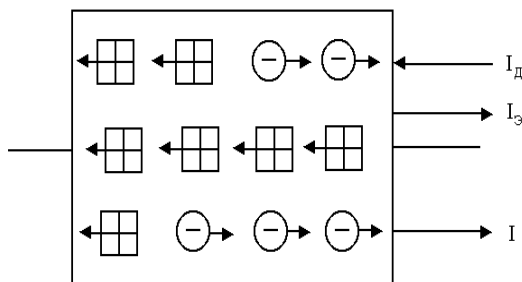
Yarim o'tkazgichlarning elektron yo'qotgan atomlari musbat zaryadli ionlarga aylanib, aralasha olmaydi. Atomning elektron yo'qotgan tashqi qobig'idagi joyi teshik deb ataladi. Bu teshikni boshqa bir qo'shni atomga elektroni egallashi mumkin. Natijada qo'shni atomda teshik hosil bo'lib, musbat zaryadlangan ionga aylanadi.

Agar yarim o'tkazgichga elektr kuchlanishi berilsa, elektronlarning aralashuvi bir atomdan ikkinchisiga bir yo'nalishda, «teshik» esa qarama-qarshi tomonda bo'lib, teshikni zaryadiga teng bo'lgan musbat zaryadlangan bo'lagi deb qabul qilish mumkin.

Teshiklarning aralashuvi ta'sirida hosil bo'lgan yo'nalishdagi elektronlarni teshikli tok deb ataladi.

Yarim o'tkazgichdagi elektron va teshiklarning harakatini xarakterlovchi elektr o'tkazuvchanligi elektronli va teshikli deb ataladi.

Toza yarim o'tkazuvchilarda elektronlarning konsentratsiyasi N_e va «teshik» N_d elektr o'tkazuvchanligi bir xil bo'lib, bunday yarim o'tkazgichlar «xususiy» deb yuritiladi. Bunda umumiy tok I elektronli I_e va teshikli I_d toklarning yig'indisidan iborat bo'ladi.



7.1-rasm. Elektronlar va «teshiklarning» xususiy elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgichdagi haraktning sxemasi

Shunday qilib, elektronlarning bir yo'nalishda, teshiklarning esa teskari yo'nalishda siljishi (7.1-rasm) yarim o'tkazgichning xususiy elektr o'tkazuvchanligini belgilaydi, chunki tok tashuvchilar (elektron va teshiklar) yarim o'tkazgichning o'z atomlariga tegishlidir. Bu holda umumiy tok I elektron toki I_e bilan teshik toki I_t ning yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni

$$I = I_e + I_t \quad (7.1)$$

Yarim o'tkazgichning xususiy elektr o'tkazuvchanligida elektronlar soni N_e bilan teshiklar soni N_t o'zaro teng bo'ladi. Lekin $I_e > I_t$ chunki elektronning harakatchanligi teshikning harakatchanligidan kattadir. Tok tashuvchining harakatchanligi elektronning siljish tezligi v_e yoki teshikning siljish tezligi v_t ning yarim o'tkazgichdagi elektr maydon kuchlanganligi E ga nisbatidan iborat. Bu holda elektronning harakatchanligi $\mu_e = \frac{v_e}{E}$ teshikning harakatchanligi $\mu_t = \frac{v_t}{E}$ bo'ladi. Shunday qilib, harakatchanlik kuchlanganlik $E = 1 \text{ V/sm}$ bo'lganda elektron yoki teshik bir sekundda qancha yo'l bosishini ko'rsatadi. Yuqorida aytilganlarni e'tiborga olib, elektron va teshik toklari uchun quyidagi ifodalarni yozish mumkin:

$$I_e = N_e e v_e = N_e e \mu_e E \quad (7.2)$$

$$I_t = N_t e v_t = N_t e \mu_t E \quad (7.3)$$

bunda e —elektron yoki teshikning zaryadi; E —elektr maydon kuchlanganligi.

Bu holda yarim o'tkazgichdagi umumiy tok teng bo'ladi:

$$I = I_e + I_t \quad \text{yoki} \quad I = N_e e v_e + N_t e v_t = N_e e \mu_e E + N_t e \mu_t E \quad (7.4)$$

Yarim o'tkazgichning xususiy elektr o'tkazuvchanligida elektronlar soni teshiklar soniga teng bo'ladi, ya'ni

$$N_e = N_t = N \quad (7.5)$$

u holda (7.5) ifoda ushbu ko‘rinishga keladi:

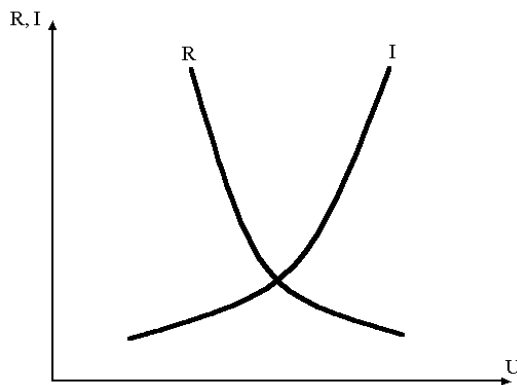
$$I = Ne(\mu_e + \mu_h)E \quad (7.6)$$

Lekin elektr o‘tkazuvchanligi faqat p yoki r -tipda bo‘lgan yarim o‘tkazgich materiallar ko‘p talab qilinadi. Bunday yarim o‘tkazgichlar, masalan yarim o‘tkazgichli to‘g‘rilagichlar yaratish uchun zarur. Buning uchun yaxshilab tozalangan yarim o‘tkazgichga tegishli legirlovchi qo‘shimchalar ko‘shiladi.

Yarim o‘tkazgichli asboblari (masalan, to‘g‘rilagichli diod) yaratishda elektronli yoki teshikli elektr o‘tkazuvchanli yarim o‘tkazgich materiallar zarur.

Bunday materiallarni olishda materialning tarkibi begona aralashmalardan o‘ta tozalanib, legirlovchi aralashmalar qo‘shiladi. Materialni o‘ta tozalashda begona aralashmalarning miqdori $10^{-11}\%$ dan oshmaydi.

Legirlovchi aralashma-lotinchasi so‘z «ligo» bo‘lib, bog‘lovchi birikma ma’nosini bildiradi. Legirlovchi aralashma valentligi yarim o‘tkazgichning valentligidan yuqori bo‘lib, uni erkin elektron bilan to‘ldirib donorli yoki donor deb yuritiladi.



7.2-rasm. Yarimo‘tkazgichning qarshiligi va undan o‘tadigan tok bilan berilgan kuchlanish orasidagi bog‘lanish

«Donor» lotinchasi so‘z bo‘lib berish, uzatish ma’nosini bildiradi. Valentli oz bo‘lgan aralashma esa ushlab olish o‘ziga biriktirib olish xususiyatiga ega bo‘lib, «teshik» hosil qiladi.

Bunday aralashmalar akseptorli yoki akseptorlar deb ataladi.

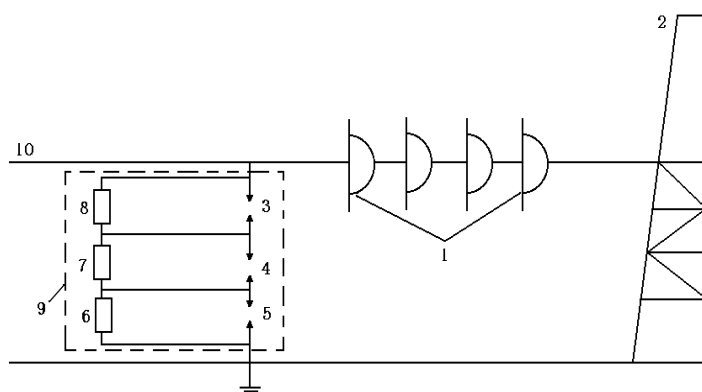
«Akseptor» - lotinchasi so‘z bo‘lib olish. Qabul qilish ma’nosini bildiradi.

Faqat elektro o‘tkazuvchanli yarim o‘tkazgich material olish uchun yarim o‘tkazgich atomiga qaraganda atomida bir valentli yuqori bo‘lgan jism

kiritiladi. Shunday material namunasini germaniy G_{ye} to‘rt valentli atomi bo‘lib, donorli aralashma surma S_v yoki fosfor R besh atomli bo‘lib, birikish natijasida har to‘rt elektronlar juftlik, kovalentlik, hosil qilib, aralashmalarning bir elektroni erkin holda bo‘lib, berilgan kuchlanishning ta’siri ostida elektronli tok o‘tishini ta’minlaydi.

Yarim o‘tkazgichlarning xarakterli xossasi bu berilgan kuchlanishga tokning nohiziqli bog‘lanishi bo‘lib, tok kuchlanishga nisbatan sezilarli darajada tez o‘sadi.

Tokning o‘sishga bog‘liq ravishda yarim o‘tkazgichning elektr qarshiligi kamayadi. Bunday hossasidan foydalanib elektr uzatish havo liniyalarida chaqmoqdan himoya qilish maqsadida yarim o‘tkazgichli ventillari zaryadniklar ishlatiladi.

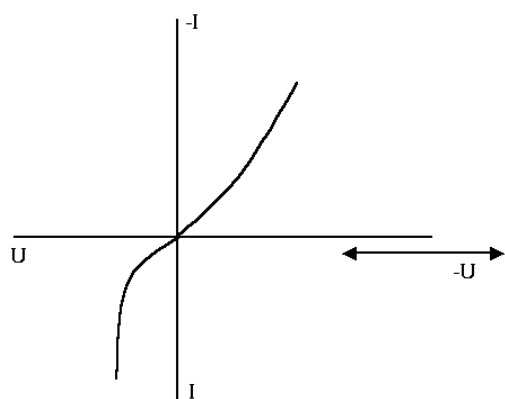


7.3-rasm. Elektr uzatish liniyasiga ventilli yarimo'tkazgich razryadnikning ulanish sxemasi.

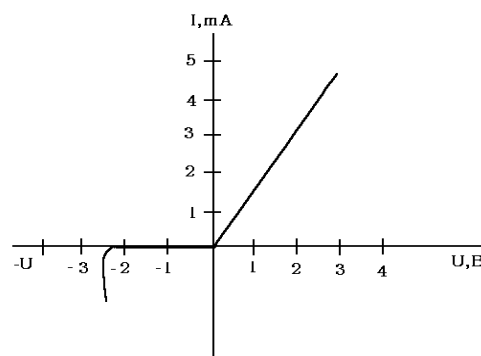
Bu yerda: 1-izolyatorlar; 2-yuqori kuchlanishli xavo tayanchi; 3,4,5-xavoli oralig'; 6,7,8-yarim o'tkazgichli nochiziqli elementlar; 9-razryadnik g'ilofi (chinni material); 10-xavoli elektr uzatish o'tkazgichi.

Normal rejimda razryadnikning qarshiligi katta bo'lib, yashin chaqnaganda yashin qaytargich o'tkazgichi katta kuchlanish ostida bo'lib, ventilli razryadnikning qarshiligi birdan kamayib, katta tok liniyadan yerga o'tishini ta'minlaydi.

Natijada liniyaning kuchlanishi normal holatdagi qiymatga kamayadi. Razryadnikning qarshiligi tiklanib liniyadan yerga tok o'tishiga yo'l qo'ymaydi. U-kuchlanishning – U ga o'zgarishda tok ham shu qonun asosida o'zgarishi, yarim o'tkazgichning simmetrik volt-ampere xarakteristikasini ifodalaydi.



7.4-rasm. Yarimo'tkazgichning simmetrik voltamper xarakteristikasi



7.5-rasm. Yarimo'tkazgichning elektron-teshikli o'tishning nosimmetrik volt-ampere xarakteristikasi

Agar yarimo'tkazgichning bir qismi elektron o'tkazuvchanligi boshqa qismi teshikli o'tkazuvchanlik bo'lsa, bu qismlar orasidagi chegara *elektron-teshikli o'tish*ni (r-n o'tish) ya'ni nosimmetrik volt-ampere xarakteristikani ifodalaydi.

7.1-jadval

No	Materiallar	Om · m	Tartiblanish ishorasi	Elektro'tkazuvchi soni ρ va turi
1	O'tkazgich	$10^{-8} - 10^{-5}$	musbat	3 Elektronli
2	Yarimo'tkazgich	$10^{-6} - 10^{-7}$	manfiy	14 Elektronli
3	Dielektrik	$10^8 - 10^{20}$	manfiy	9 Elektronli

Yarim o'tkazgich diodlarda r–p–o'tish elektr o'tkazuvchanliklari turli tipda bo'lgan ikkita yarim o'tkazgich orasidagi kavsharlangan kontakt holida yoki yarim o'tkazgich plastinkasi bilan metall uchlik orasidagi kontakt holida bo'lishi mumkin. Birinchi holda ikkita yarim o'tkazgichning tutashish yuzasi (kontakt) hosil bo'ladi.

Bunday diodlar *yassi yuzali diodlar* deyiladi. Ikkinchi holda 2×2 mm o'lchamli yarim o'tkazgich (germaniy yoki kremniy) plastinkasi ingichka metall simning uchiga tegib turadi. Bunday diodlar *nuqtaviy kontaktli diodlar* deyiladi. Ularda $r-p$ -o'tishning sig'imi juda kichik bo'ladi va yuqori chastotalarda ishlatiladi.

Endi yarim o'tkazgichlarning ba'zi o'ziga xos xususiyatlari bilan tanishib chiqamiz.

Ba'zi yarim o'tkazgichlarning (masalan, selenning) o'tkazuvchanligi yorug'lik ta'sirida keskin o'zgarishi mumkin. Bunga sabab shuki, to'lqinining uzunligi muayyan miqdordagi yorug'lik nurlari yarim o'tkazgich elektronlariga erkin holda ajralib chiqish uchun yetarli bo'lgan energiyani beradi. Bunda yarim o'tkazgichning qarshiligi keskin kamayadi. Yarim o'tkazgichning bu xossasidan fotorezistorlar–spektrning faqat ko'rinadigan qismiga emas, balki infraqizil nurlarga ham sezgir bo'lgan asboblari yaratishda foydalaniladi.

Yarim o'tkazgich qisman yoritilganda, uning sirtida yoritilgan va yoritilmagan sohalar bo'lganda ular orasida foto–e.yu.k. paydo bo'ladi. Bu xodisadan elektr energiya manbalari: fotoelementlar va quyosh batareyalari yaratishda foydalaniladi. Quyosh batareyalari quyosh energiyasini bevosita elektr energiyasiga aylantirib beradi.

Ba'zi yarim o'tkazgichlar (masalan, kremniy) ga bosim ta'sir etganda o'zining elektr qarshiligini keskin o'zgartiradi (tenzorezistiv effekt). Yarim o'tkazgichlarning bu xossasidan foydalanib, ulardan sezgir bosim ulchagichlar–tenzodatchiklar tayyorlanadi.

Yarim o'tkazgichlarda turli temperaturali ikki uchastka bo'lganligi uchun erkin zaryadlar qizigan qismidan sovuq qismga tomon harakatlanadi. Masalan, agar tok tashuvchilar elektronlar bo'lsa, ular sovuq uchastkaga o'tib, uni manfiy elektr bilan zaryadlaydi. Yarim o'tkazgichning qizigan qismi elektronlarning bir qismini yo'qotib, musbat zaryadlanadi. Buning natijasida yarim o'tkazgichning qizigan va sovuq qismlari orasida termo–e.yu.k. vujudga keladi. Bu xodisadan issiqlik energiyasini elektr energiyasiga aylantiradigan termoelementlar va termogeneratorlar yaratishda foydalaniladi.

Yarimo'tkazgich materiallarining elektr o'tkazuvchanligi tashqi faktorlarga ba'zan aralashmaga ba'zan o'zining xususiy tuzilishiga bog'liq. Elektr o'tkazgichlarni boshqarish temperaturasiga bog'liq ravishda yorug'lik elektr materiallarini mexanik kuchaytirish xarakteristikasi orqali amalga oshiriladi. Ba'zi oddiy elektronli yarimo'tkazgich materiallarining kattaliklari quyidagi 7.2-jadvalda keltirilgan.

Yarim o'tkazgichlardagi elektr o'tkazuvchanlikni ikki tipi n-elektronli, r-elektron teshikli bo'lganligi uchun keng ko'lamda $r-n$ o'tishli yarim o'tkazgichlar tayyorlanmoqda. Bu turlarga kuchli va kam kuchli kuvvatli to'g'rilagichlar, kuchaytirgich va generatorlar kiradi.

Yarim o'tkazgichning xususiyligi xech qanday aralashmasiz o'zining elektr o'tkazuvchanligidir (energetik diagrammaning ta'qiqlovchi zonasida xech qanday teshiksiz, aralashmasiz bo'ladi).

7.2-jadval

№	Elementlar	Mendeleyev jadvalidagi gruppasi	Taqiqlovchi zonaning kengligi	
			EV	10^{-19} J

1	Bor	III	1,1	1,76
2	Kremniy	IV	1,12	1,79
3	Germaniy	IV	0,72	1,15
4	Fosfor	V	1,5	2,4
5	Mishyak	VI	1,2	1,92
6	Oltingugurt	VI	2,5	4
7	Selen	VI	1,7	2,72
8	Tellur	VI	0,36	0,58
9	Yod	VII	1,25	2

Aralashmali yarim o'tkazgichlar ko'pincha yarim o'tkazgichli asboblarda ishlatiladi. Yarim o'tkazgichning zaryad tashuvchilari yuqori temperaturada harakatga kelishi bu materialning konsentratsiya va xossalarini ifodalaydi. Ishchi intervalda (elektr energiyani eslang) zaryad tashuvchilar begona aralashmalar hisobiga amalga oshiriladi. Oddiy yarim o'tkazgichlarda aralashmalar bo'lib begona tur atomlari hisoblanadi. Zaryad tashuvchilar asosiy va asosiy bo'lmagan bo'lishida, avvalo, bu materialda konsentratsiyasi ko'p bo'lsa, asosiy bo'lmagan materialda konsentratsiyasi kam bo'lsa n - tipli yarimo'tkazgichlar, yoki o'tkazuvchi zonadagi elektronli aralashmani **donorlar** deb yuritiladi.

7.3-jadval.

Xossalari	Germaniy	Kremniy	Selen
Atom og'irligi	72,6	28,06	-
Atom xajmi	13,5	11,7	-
Doimiy panjara n.m.	0,566	0,542	-
Zichligi 20°C da Mg/3 ³	5,3	2,3	4,8
Chiziqli kengayishda o'rtacha temperatura koefitsienti (0 ÷ 100°C)	6,0·10 ⁻⁶	6,0·10 ⁻⁶	50·10 ⁻⁶
Issiqlik uzatish koefitsienti Vt/(mk)	55	80	4
O'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi (0 ÷ 100°C) J/(kg·k)	333	710	330
Erish temperaturasi °C	936	1414	217-220
Solishtirma erish issiqligi J/kg	4,1·10 ⁵	1,6·10 ⁶	64,2·10 ³
Ustki tortilish koefitsienti (erish temperaturasida) N/m	0,6	0,72	0,11
Xususiy solishtirma qarshiligi 20°Cda Om·m	0,47	2000	-
Asosiy tashuvchi xususiy tarkibi ⁻³	2,5·10 ¹⁹	1·10 ¹⁵	-
Ta'qiqlovchi zonasining kengligi EV	0,72	1,12	1,7 ÷ 1,9
Elektronlarning siljishi m ² /V·s	0,39	0,14	-
Teshiklarni siljishi m ² /V·s	0,19	0,05	0,2·10 ⁴
Elektronlarni ishga chiqishi EV	4,8	4,3	-
Birinchi ionlashtiruvchi potensialV	8,1	8,14	9,75
Dielektrik singdiruvchanligi	16	12,5	-
Termo EYuK Δ T=100 K, mV	33	41,6	-

Elektronlar konsentratsiyasiga nisbatan teshiklar konsentratsiyasi ko'p bo'lib, yarim o'tkazgichning valentligi zonasidagi elektronni biriktirib oluvchi aralashmani **akseptorlar** deb yuritiladi.

Germaniy. Yer tarkibida germaniy uncha ko'p emas, bor yo'g'i 7·10⁻⁴% xolos. Ximiyaviy qayta ishlashda germaniy tetroxlorid tashkil topib, yanada keyingi bosqichda

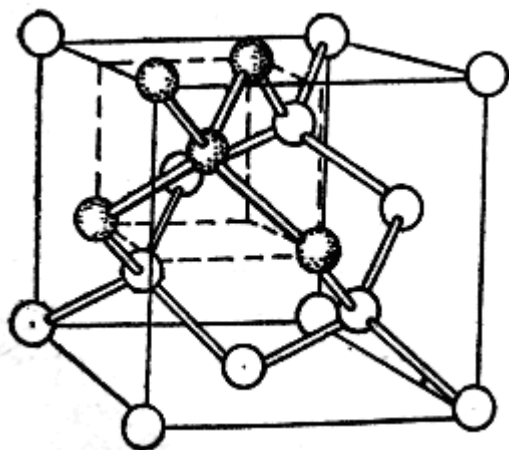
germaniy dioksidi (GeO_2) oq rangli kukun olinadi. Vodorodli pechda $650-700^\circ\text{C}$ temperatura ostida kulrang holatga keltiriladi. Ko'pincha texnologiyada atmosferadagi olingugurt bug'laridan ham (GeCl_4) olinadi.

Germaniy fizik kattaliklari 7.3-jadvalda keltirilgan.

Monokristall va polikristall strukturali ko'pgina anorganik va organik yarim o'tkazgich materiallardan elektrotexnikada, asosan, germaniy, kremniy, selen va kremniy karbidi ishlatiladi. Ulardan yarim o'tkazgich asboblari ishlab chiqarishda keng ko'lamda foydalaniladi.

Kremniy bilan germaniy olmosimon yarim o'tkazgichlar jumlasiga kiradi, chunki ular olmosnikiga o'xshash kristall strukturali bo'ladi (7.6–rasm). Bu qirralarining uchlari va markazlarida uglerod atomlari joylashgan kubdir. Bundan tashqari, sakkizta kichkina kubning (oktantlarning) to'rttasi markazida ham uglerod atomlari bo'ladi (katta kub sakkizta kichik kubga bo'linadi).

7.6 – rasmda germaniy kubsimon strukturasining tekislikdagi tasviri ko'rsatilgan edi. Bu rasmlardan ko'rinib turibdiki, olmos tipidagi strukturada ko'rib chiqilayotgan atomlarning har biri (germaniy yoki kremniy) shu atomlardan bir xil masofada joylashgan to'rtta xuddi shunday atom bilan o'ralgan va atomlarning har biri qo'shni atom bilan kovalent bog'lanish hosil qiladi.



7.7–rasm. Olmos tipidagi kristall struktura.

Germaniy (Ge)–Mendeleev davriy sistemasining to'rtinchi gruppasi elementi. Uni olishda ruxli va sulfidli rudalar boshlang'ich xom ashyo bo'lib xizmat qiladi. Murakkab ximiyaviy jarayonlar natijasida germaniy quyvasi olinadi, lekin uni hali yarim o'tkazgich asboblari tayyorlash uchun ishlatib bo'lmaydi, chunki tarkibida aralashma bo'lib, monokristall strukturaga ega emas.

Dastlab bu quyvasi zonali suyuqlantirish metodi bilan aralashmalardan tozalanadi. Tozalanagan yarim o'tkazgich materialda aralashmalar miqdori $10^{-6}=10^{-30} \%$ dan ortiq bo'lmasligi kerak.

Monokristall tuzilishli germaniy olish uchun vakuumda yoki inert gaz atmosferasida suyuqlantiriladi. *n*-yoki *p*-tipidagi elektr o'tkazuvchanli germaniy olish uchun suyultirilgan toza germaniyga tegishli donor yoki akseptor qo'shimcha qo'shiladi. So'ngra suyuqlanmadan sof monokristall germaniy kerakli diametrli yaxlit silindr

ko‘rinishida muayyan tezlik bilan tortiladi. Germaniy ochiq kumush rangli, zichligi 5320 kg/m^3 va suyuqlanish temperaturasi $937,2^\circ\text{C}$ bo‘ladi. Legirlanmagan tozalangan germaniyni elektr xarakteristikalarini quyidagicha bo‘ladi: solishtirma elektr qarshiligi $\rho=60\text{--}68 \text{ Om}\cdot\text{sm}$; $\gamma=16,3$. Germaniyni elektr o‘tkazuvchanligi n -tipda bo‘lgan legirlangan sortlarida $\rho=0,003\text{--}45 \text{ Om}\cdot\text{sm}$, elektr o‘tkazuvchanligi p -tipdagilarda esa $\rho=0,4\text{--}5,7 \text{ Om}\cdot\text{sm}$. Germaniyni barcha sortlari juda qattiq va mo‘rt bo‘ladi. Germaniy diodlar va fotoelementlar tayyorlashda keng ko‘lamda ishlatiladi.

Kremniy (Si)–Mendeleyev davriy sistemasining to‘rtinchi gruppasi elementi. U tabiatda qumtuproq (SiO_2) xolida keng tarqalgan, qumtuproq kremniyni texnikaviy sortlarini tayyorlashda boshlang‘ich moddalardan hisoblanadi.

Zonali suyuqlantirish metodi bilan kremniy quymalarini tozalash natijasida qanday legirlovchi aralashma qo‘shilganligiga qarab elektr o‘tkazuvchanligi n - yoki p -tipda bo‘lgan monokristall kremniy olinadi.

Silliqlangan kremniy namunalarining rangi po‘latnikiga o‘xshash bo‘ladi. Kremniy ham germaniy singari mo‘rt material. Tozalangan legirlanmagan kremniyni asosiy xarakteristikalarini: zichligi 2330 kg/m^3 ; suyuqlanish temperaturasi 1417°C ; $\rho=(2\text{--}3)\cdot 10^5 \text{ Om}\cdot\text{sm}$; $\gamma=11,7$. Kremniyni elektr o‘tkazuvchanligi n -tipda bo‘lgan legirlangan sortlarda $\rho=0,01\text{--}200 \text{ Om}\cdot\text{sm}$; elektr o‘tkazuvchanligi p -tipda bo‘lgan sortlarida esa $\rho=0,014\text{--}50 \text{ Om}\cdot\text{sm}$.

Kremniy germaniyga qaraganda ko‘proq sohalarda ishlatiladi, chunki kremniy asosida tayyorlangan yarim o‘tkazgich asboblarning yuqori ish temperaturasi $130\text{--}200^\circ\text{C}$, germaniy asosida tayyorlanganlarniki esa $80\text{--}100^\circ\text{C}$. Bundan tashqari, undan radioelektronikada integral yarim o‘tkazgichli sxemalarda foydalaniladi.

Selen (Se)–Mendeleyev davriy sistemasining oltinchi gruppasi elementi. Uni olish uchun boshlang‘ich materiallar sifatida misni elektrolitik rafinlashda chiqadigan qoldiqlar ishlatiladi. Qattiq selen amorf yoki kristall tuzilishli bo‘lishi mumkin. Qora amorf selen tozalangan suyuqlantirilgan selenni xona temperaturasiga qadar tez sovitish yo‘li bilan olinadi. U solishtirma qarshiligi $\rho=10^{13} \text{ Om}\cdot\text{Sm}$ bo‘lgan dielektrikdir.

Kul rang kristall selen suyuqlantirilgan amorf selenni suyuqlanish temperaturasidan (220°C) xona temperaturasiga qadar sekin sovitish yo‘li bilan olinadi. Kristall selen qo‘shimchali p -tipdagi yarim o‘tkazgich bo‘lib, $\rho=10^5 \text{ Om}\cdot\text{sm}$, polikristall strukturaga ega. Selenning asosiy xarakteristikalarini: zichligi 800 kg/m^3 ; suyuqlanish temperaturasi 217°C ; $\rho=(0,8\text{--}5)\cdot 10^5 \text{ Om}\cdot\text{sm}$; $\gamma=6,3$.

Selen fotoelement va fotorezistorlarning selenli to‘g‘rilagichlarini tayyorlash uchun ishlatiladi.

Kremniy karbidi (SiC)–polikristall tuzilishli mo‘rt material bo‘lib, unda tok bilan kuchlanish orasidagi bog‘liqlikning chiziqli emasligi yaqqol ifodalangan. U kremniy bilan uglerodning ximiyaviy birikishi natijasida hosil bo‘ladi. Kremniy karbidini olishda sof kvarts qumi bilan toshko‘mir boshlang‘ich materiallar hisoblanadi. Biror tipdagi aralashmali elektr o‘tkazuvchanlikni olish uchun boshlang‘ich moddalarga (shixtaga) fosfor, surma, vismut yoki kalsiy, magniy, alyuminiy kabi aralashmalar qo‘shiladi. Kremniy karbidini hosil qilish reaksiyasi taxminan 2000°C temperaturada tugallanadi.

Fosfor, surma yoki vismut qo‘shib legirlangan kremniy karbidi tuq yashil rangli va elektr o‘tkazuvchanligi n -tipda bo‘ladi; kalsiy, alyuminiy yoki bor qo‘shib legirlanganiki esa to‘q binafsha rangli va elektr o‘tkazuvchanligi p -tipda bo‘ladi. Kremniy karbidining asosiy xarakteristikalari: zichligi 3200 kg/m^3 , suyuqlanish temperaturasi 2600°C ; $\rho=10^4\text{--}10^7 \text{ Om}\cdot\text{sm}$; $\varepsilon=6,5\text{--}7,5$. Kristall holdagi selen singari kremniy karbidi ham aralashmali yarim o‘tkazgich hisoblanadi, lekin 1400°C va undan yuqori temperaturada uning o‘zida xususiy elektr o‘tkazuvchanlik paydo bo‘ladi.

Kremniy karbidining eng toza sortlari asosan chiziqli bo‘lmagan simmetrik volt–amper xarakteristikali va -50 dan $+80^\circ\text{C}$ gacha temperaturalar oralig‘ida ishlay oladigan varistorlar tayyorlashda ishlatiladi. Varistorlardan avtomatik rostlash qurilmalarida foydalaniladi.

Polikristall kremniy karbididan inert gaz muhitida sublimasiyalash metodi bilan ximiyaviy tozaligi bilan farq qiladigan kremniy karbidining monokristallarini olish mumkin. Ulardan 500°C ga qadar temperaturada ishlaydigan diod va tranzistorlar tayyorlashda, shuningdek, svetodiodlar ishlab chiqarishda foydalaniladi.

Namlik va radiasion nurlanishlar kabi tashqi ta’sirlar yarim o‘tkazgich asboblarning xarakteristikalarini anchagina yomonlashtiradi. Shu sababli tashqi ta’sirlardan muhofaza qilish maqsadida ular germetik yopiladigan metall, keramik yoki plastmassa korpuslarda saqlanadi.

Nazorat savollari:

1. Mendeleyev D.I. davriy jadvalidagi yarim o‘tkazgich materiallarni tutgan o‘rni qanday?
2. Germaniy va kremniyni yarim o‘tkazgichlarni qo‘llanish doirasi qanday?
3. n -r o‘tishni tushuntiring?
4. Yarim o‘tkazgichli materiallarni hossalariida defekt qanday rol o‘ynaydi?
5. Texnikada qanday yarim o‘tkazgichlar qo‘llaniladi?
6. Elektronli o‘tishni tushuntiring
7. Donor va akseptor nima?
8. Germaniyli va kremniyli diodni ishlashini tushuntiring.

8-MA’RUZA. MAGNIT MATERIALLAR

Reja:

1. Diomagnitlar, paromagnitlar, ferromagnitlar.
2. Magneto-yumshoq va qattiq materiallar.

Tayanch so‘z va iboralar:

Magnit materiallarining guruhlari, kuchli magnitlar, kuchsiz magnitlar, ferromagnitlar, diamagnitlar, paramagnitlar, ferritlar, nisbiy magnit singdiruvchanlik va isrofi. Transformatorlar, magnit o‘zagi, oqimning sochilishi, elektrotexnik po‘lat, permallar, al’sifer.

Magnit materiallar yordamida magnit oqimi keskin kuchaytiriladi. Magnit oqimidan past kuchlanishli toklarga yuqori kuchlanishli toklarga yoki elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirishda va elektr energiyasini shunga o'xshash tarzda generatsiyalashda foydalaniladi.

Tashqi magnit maydoni ta'sirida magnitlanish xossasiga ega materiallar magnit materiallari deb ataladi. Asosiy magnit materiallarga nikel, kobalt va toza temir asosidagi turli qotishmalar misol bo'ladi. Texnika ahamiyatga ega magnit materiallariga ferromagnit materiallar va ferromagnit kimyoviy birikmalar (ferritlar) kiradi.

Materiallarning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki harakatiga bo'lib, bunda zaryadlar elementar aylanma tok ko'rinishida ifodalanadi. Bunday aylanma toklar elektronlarning o'z o'qi atrofida aylanishi (electron spinlar) hamda ularning atom ichida orbita bo'ylab aylanishidan hosil bo'ladi. Ferromagnit hodisasi ba'zi materiallarning ichki mikroskopik qismida kristall strukturalar tashkil qilishi bilan bog'liq bo'lib, bunday strukturalar magnit domenlari deyiladi. Bunda elektron spinlar o'zaro parallel ravishda bir tomonga yo'nalgan bo'ladi.

Jismning ferromagnitlik holatda bo'lishini ifodalovchi xususiyati tashqi magnit maydoni ta'sirida uning o'z-o'zidan (spontan) magnitlashishidan iboratdir. Ferromagnit magnit momentlarining ba'zi domenlari ichidagi spinlar turli yo'nalishga ega bo'lishi mumkin. Tashqi muhitda bo'lgan bunday materiallarning umumiy magnit oqimi nolga teng bo'ladi.

Ba'zi materiallar (qatlam chegaralari orasidagi qalinlik bir necha o'n-yuz atom masofasiga teng bo'lganda) da domenlarning o'lchami taxminan $0,001-10 \text{ mm}^3$ oralig'ida bo'ladi. O'ta toza materiallarda esa domenlarning o'lchami yuqorida keltirilgan qiymatdan ham kattaroq bo'ladi.

Ferromagnit moddalarning monokristallari magnit anisotropiyasi bilan xarakterlanadi. Magnit anizotropiyasi turli o'qlar yo'nalishida magnitlanishning turli qiymatlari bilan ifodalanadi.

Polikristall magyetiklarda anizotropiya keskin ifodalangan hollarda ferromagnetik magnit teksturaga ega bo'ladi. Kerakli magnit tekstura olish orqali materialda ma'lum yo'nalishda yuqori magnit xarakteristikaga erishishi mumkin.

Tashqi magnit maydoni ta'sirida ferromagnit materialning magnitlanish jarayoni quyidagicha kechadi: 1) magnit momenti maydon yo'nalishi bilan kichik burchak hosil qilgan domenlar kattalashadi va boshqa domenlar o'lchami kichrayadi; 2) magnit momentlari maydon yo'nalishi uzra buriladi va bir xil yo'nalishga ega bo'ladi. Magnit to'yinishi domenning qattalashishi to'xtaganda va o'z-o'zidan magnitlangan barcha monokristall qismlarning magnit momenti maydon uzra yo'nalganida sodir bo'ladi.

Ferromagnit monokristallari magnitlanayotganda ularning chiziqli o'lchamlari o'zgaradi. Bu hodisa magnit-striksiya deyiladi. Temir monokristalining magnit-striksiyasi kristallning har xil yo'nalishlarida turlicha bo'ladi.

Ferromagnit materialining magnitlanish jarayoni gisterezis egri chizig'i $B(H)$ bilan ifodalanadi va u barcha ferromagnitlarda bir-biriga o'xshash bo'ladi.

Materiallarning nisbiy magnit singdiruvchanligi magnit induksiyasi (B) ning magnit maydoni kuchlanganligiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\mu_r = \frac{B}{\mu_0 H}$$

Magnit materiallarning magnit singdiruvchanligi birdan yuqori $\mu_0 \gg 1$ ($\mu_r = \mu_0 \cdot \mu$, $\mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6}$ Gn/m) bo'ladi.

Ferromagnit materiallarning magnit singdiruvchanligi haroratga bog'liq bo'lib, Kyuri nuqtasiga yaqin qiymatlarda μ_r o'zining yuqori qiymatiga erishadi. Kyuri nuqtasidan yuqori haroratlarda spontan magnitlanish sohasida issiqlik harakati buzilib, materialning magnit xossasi yo'qoladi. Cho'lg'amda magnit o'zak bo'lmaganda magnit induksiya qiymati undan o'tayotgan tok hisobiga sodir bo'ladi. Agar cho'lg'amga magnit o'zak kiritsak, elektr toki hisobiga sodir bo'ladigan magnit maydoni o'zakni yanada magnitlab, qo'shimcha kuch chiziqlari hosil bo'lishi natijasida magnit induksiyasining yoki magnit oqimining keskin oshishiga olib keladi. O'zak kesim yuzasidan hosil bo'ladigan qo'shimcha kuch chiziqlari qayta magnitlanish deyiladi va j bilan belgilanadi.

Bu qiymat magnit maydon kuchlanganligi (H) va magnit materiali sifati (x) ga yoki jismning magnit qabul qilish koeffitsienti $j = xH$ ga bog'liq. Cho'lg'amga magnit o'zak kiritilgandan so'ng magnit induksiyasining ko'paygan qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$B' = \mu_0(H + j) = \mu_0(H + xH) = \mu_0 H(1 + x) = \mu' H,$$

bunda $\mu' = \mu_0(1 + x)$ – magnit materialining magnit singiruvchanligi.

Magnit materiali sifatini aniqlashda nisbiy magnit singdiruvchanlik kattaligidan foydalaniladi:

$$\mu = \mu' / \mu_0 = 1 + x.$$

Magnit singdiruvchanlik cho'lg'amga magnit o'zak kiritilganda magnit oqimining ko'payishini bildiradi. Bu yuksalish bir necha o'n ming martagacha ortadi.

Uzunligi L, kesim yuzasi S bo'lgan o'zakning magnit qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_\mu = L / \mu' S = L / \mu' \mu_0 S.$$

Shunday qilib, g'altakka o'zak kiritilishi natijasida magnit qarshiligi μ ga bog'liq ravishda kamayadi.

Magnit singdiruvchanligi bo'yicha barcha qattiq jismlar sust (diamagnit $\mu < 1$, paramagnit $\mu < 1$) va kuchli magnit materiallarga (ferromagnit $\mu \gg 1$) bo'linadi. Magnit materiallari sifatida kuchli magnit materiallar qabul qilinib, ular magnit maydon kuchlanganligiga kuchli ravishda bog'liq bo'ladi. Magnit induksiyasi B va magnit maydon kuchlanganligi H o'rtasidagi bog'liqlik $[B = f(H)]$ magnit materialining magnitlanish egri chizig'i deb ataladi. Bunda magnit materiali $H = H_T$ qiymatda to'yinadi.

Diomagnetik materiallar deb, atomlari, ionlari yoki molekulalari tashqi magnit maydoni yo'qligida natijaviy magnit maydoni yo'q materiallarga aytiladi. Bular faqat tashqi magnit maydoni bilan berilgan magnit momenti bo'ladi. Diomagnetiklar uchun xarakterlisi shundaki, magnitlanganlik vektori tashqi magnitlovchi maydon vektoriga qarama-qarshi.

Paromagnetizm atomlari (ionlari) toq sonli elektronlari bo'lgan materiallarda namoyon bo'ladi. Paromagnetiklarning atomlari (ionlari yoki molekulalari) tashqi magnit maydoni bo'lmaganda ham shaxsiy magnit momentiga ega bo'ladi. Atomlarni (ionlarni yoki molekulalarni) magnit momentlari orasidan o'zaro ta'siri nolga teng yoki juda kam, shuning uchun ularni magnit momentlari tartibsiz joylashgan va materialni natijaviy magnitlangani (μ) nolga teng.

Magnit singdiruvchanlikning haroratga qarab o'zgarishi magnit singdiruvchanlikning harorat koeffitsienti bilan aniqlanadi:

$$TK\mu_r = \alpha\mu_r = (1/\mu_r t)(d\mu_r / dt).$$

Agar ferromagnit tashqi magnit maydoni ta'sirida asta-sekin magnitlansa va ma'lum qiymatdan so'ng maydon kuchlanganligi pasaytira borilsa, induksiya ham kamaya boradi. Lekin bu kamayishi asosiy chiziq bo'ylab emas, balki ma'lum kechikish bilan (gisterizis hodisasi tufayli) ro'y beradi. Maydon kuchlanganligi teskari yo'nalishda oshirilganda material magnitsizlanishi, o'ta magnitlanishi mumkin va magnit maydon yo'nalishi yana o'zgartirilsa, induksiya yana asl holatiga qaytadi, ya'ni gisterezis halqasi paydo bo'ladi.

Magnit materiali bo'lmaganda o'ramlari soni n ta bo'lgan sim cho'lg'amidan tok o'tkazish orqali magnit oqimi hosil qilish mumkin. Agar o'ramdagi simning kesim yuzasi S , cho'lg'am uzunligi L bo'lsa, magnit oqimi F quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \mu_0 n j S / L$$

yoki boshqacha ko'rinishda:

$$F = F / R_\mu Vb,$$

bunda F – magnit yurituvchi kuch, A; $R_\mu = L / \mu_0 S$ – magnit qarshilik, Gn^{-1} .

Magnit oqimining zichligi yoki magnit induksiyasi:

$$B = F / S = \mu_0 H V b / m^2.$$

Magnit materiali uchun chizilgan $B=f(H)$ xarakteristikadan foydalanib, magnit singdiruvchanlik μ_r ning magnit maydon kuchlanganligi (H) ga bo'lgan bog'liqligi aniqlanadi.

Agar magnit maydon kuchlanganligi va magnit induksiyalari nolga teng bo'lsa, ularning nisbati mavhum bo'lib qoladi. Tajribadan aniqlanishicha, kuchsiz magnit maydonida μ_r qiymati ma'lum boshlang'ichsingdiruvchanlik μ_{rb} ga intiladi. Magnit maydonining ma'lum qiymatida magnit singdiruvchanlik (μ_{rmax}) o'zining yuqori qiymatiga erishadi. Maydon kuchlanganligi yanada oshirilsa, magnit materialining qiymati pasaya boradi.

Demak, magnit materialida magnit singdiruvchanlik o'zining aniq bir qiymatiga ega bo'lmay, balki magnit maydon kuchlanganligiga juda ham bog'liq ekan. Shu sababli, magnit materialining μ_r qiymati keltirilganda magnit maydon kuchlanganligi (H) ham ko'rsatilishi shart.

Magnit maydon kuchlanganligi o'zining H_m qiymatidan kamaytirilsa (induksiya B_m gacha), gisterezis hodisasi kuzatiladi, ya'ni magnit induksiyasining kechikishi maydon kuchlanganligining o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Maydon kuchlanganligi nolga teng bo'lganida magnit induksiyasi qandaydir qoldiqqa ega bo'lib, u induksiya qoldig'i (B_r) deyiladi. Induksiya qoldig'iga magnit maydon kuchlanganligining teskari yo'nalishida, unung $H_c=0$ qiymatida erishiladi, bunda H_c koertsitiv kuch deb ataladi.

Agar xarakteristikada maydon kuchlanganligi – $H_{\max}$ qiymatidan $+ H_{\max}$ qiymatigacha qaytarilsa, magnit maydonining gisterezis halqasi kelib chiqadi. Gisterezis hodisasida atomlarining o'z o'qi atrofida aylanishi natijasida materialda ichki ishqalanish sodir bo'ladi. Bu hodisa, gisterizisda sodir bo'luvchi energiya isrofi deb ataladi. Ferromagnitliklarning o'zgaruvchan magnit maydonida qayta magnitlanishi issiqlik energiyasi isrof bo'ladi. Magnit material massasida induksiyalangan quyuq toki dielektrik isroflarni keltirib chiqaradi. Quyuq tokida sodir bo'ladigan isroflar ferromagnetikning elektr qarshiligiga bog'liq magnit materialidagi umumiy energiya isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_m = P_h + P_i.$$

Kuchsiz toklar sohasida quyidagi qiymatdan foydalaniladi:

$$Q = \omega L / r,$$

bunda ω - burchak chastota, Gts; L – cho'lg'am induktivligi, Gn; r -o'zakdagi ekvivalent qarshilik Om.

Magnit materialidagi energiya isrofining qiymati $B=f(H)$ xarakteristikasidagi gisterezis halqa yuzasi bilan aniqlanadi. Magnit materialidagi energiya isrofi chastota ortishi bilan keskin kupayadi. Bu esa yuqori chastotaga mo'ljallangan magnit materiallari ishlab chiqarishda katta qiyinchiliklar tug'diradi. P_m ni kamaytirish maqsadida qiymati yuqori bo'lgan magnit materiallar qo'llaniladi. Magnit materialining asosiy xarakteristikasini ifodalovchi μ_r qiymati maydon kuchlanganligiga bog'liq bo'lib, material qizishi natijasida bu qiymat keskin kamayadi. Kyuri nuqtasida material o'zining ferromagnitlik xossasini yo'qotadi $\mu_r \rightarrow 0$, bunday tashqari, chastota ortishi natijasida materialda sodir bo'ladigan quyun toki hosobiga magnitsizlanish ro'y beradi.

Ferromagnit turkumdagi asosiy materiallarning magnit xususiyatlari 8.1-jadvalda keltirilgan.

8.1-jadval

Metal	$\mu_{\max}$	$\mu_{0j\max}$, Bb/m ²	H_c , A/m	B_r , B ₀ /m ²	Kyuri nuqtasi, °C
Temir	10000-15000	2,163	0,0015-0,004	1,1	787
Nikel	1120	0,64	0,012	0,33	358
Kobalt	174	1,77	0,10	0,34	1115

Yumshoq magnit materiallar. Magnit materiallar yumshoq va qattiq turlarga bo'linadi. Yumshoq magnit materiallardan magnitli o'tkazgichlar tayyorlanadi. Bu materiallarning magnit singdiruvchanligining boshlang'ich qiymati katta bo'lishi kerak. Yumshoq magnit materiallarida solishtirma qarshilik nisbatan katta qiymatga, koeritsitiv kuch ($H_c < 0,1$ A/m) esa kichik qiymatga ega bo'lishi kerak. Bu materiallarga sof temir, temirning kremniy, nikel va kobalt bilan qotishmalarini misol tariqasida keltirish mumkin.

Texnik sof temir (qo'shimchalari 0,1%) oddiy pechlarda olinadi. Uning ayrim magnit xossalari 8.2-jadvalda keltirilgan. Bu temir o'zgaruvchan tok zanjirida ishlatiladigan elektr magniti yoki rele uchun o'zaklar tayyorlashda ishlatiladi. Ular varaq yoki tsilindr shaklda yupqa (0,2-4mm) qilib tayyorlanadi.

Turlicha ishlov berilgan temirning tarkibi va magnit xossalari

8.2-jadval

Material	Qo'shimchalarning miqdori, %		Magnit xossalari		
			Magnit singdiruvchanlik		Koertsitiv kuch, H_c , A/m
	uglerod	kislorod	μ_{rb}	μ_{ryu}	
Texnik sof temir	0,020	0,060	250	7000	64,0
Elektrolitik temir	0,020	0,010	600	15000	28,0
Karbonil temir	0,005	0,005	3300	21000	9,4
Vakuumba eritilgan elektrolotok temir	0,010	-	-	61000	7,2
Vodorodda ishlov berilgan temir	0,005	0,003	6000	200000	3,2
Vodorodda yaxshilab ishlov berilgan temir	-	-	20000	340000	2,4

Texnik soft emir (qo'shimchalari 0,02%) ning asosiy fizik xossalari quyidagicha:

Zichligi.....7880kg/m³

Erish harorati.....1539°C

Solishtirma issiqlik sig'imi.....0,46KJ/kg·K

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.....71,5 Wt/m·K

Chiziqli kengayish koeffitsienti11,6·10⁻⁶K⁻¹

Solishtirma qarshiligi.....0,1 mKΩ·m

Qayishqoqlik moduli.....210 MPa

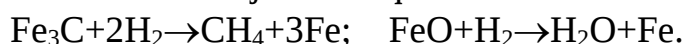
Kyuri nuqtasidagi harorat.....770°C

O'zgarmas tokda ishlaydigan elektr mashinasida qo'llaniladigan temir tarkibida C, Si, Mn kabi qo'shimchalarning miqdori 1,2-1,5% gacha, kam legirlangan po'lat tarkibida esa C, Ni, Cr larning miqdori 2,5-5% gacha bo'ladi. Bu materiallarda mexanik mustahkamlik o'sishi bilan bir qatorda, magnitlanish xususiyati birmuncha yomonlashadi.

Elektrolitik temir texnik sof temirni elektroliz qilish usuli orqali olinadi. Bunday temirning tarkibidagi qo'shimchalarning umumiy miqdori 0,05% dan oshmaydi. Elektrolitik temirga ishlov berib, zarralarining o'lchami 50-100 mkm bo'lgan kukun olinadi. Bu kukunni bosim ostida ishlash orqali undan o'zaklar tayyorlanadi. Ular chastotasi 100-1000 Gts atrofida bo'lgan asboblarda qo'llaniladi.

Karbonil temir temir pentakarbonil [Fe₂(CO)₅ suyuqligi] ni 200-250C haroratda kimyoviy parchalash orqali olinadi. Karbonil temir mayday kukun ko'rinishida bo'lib, undan yuqori chastotali magnit o'zaklar tayyorlanadi. Kichik shar shakldagi zarrachalar o'zakda sodir bo'ladigan quyun toki miqdorini keskin kamaytiradi.

Vodorodda 1480°C da 30-40 minut davomida kuydirilgan soft emir birikmasidan uglerod va kislorod ajralib chiqadi:



Mazkur temir o'ta tozaligi bilan ajralib turadi; kuchsiz magnit maydonda bu materialning μ_r qiymati yuqori bo'ladi. Temir monokristali o'ta yuqori magnitlanish xossasiga ega.

Kremniyli elektrtexnik po'lat temir va kremniy qotishmasidan iboratdir. Undan tayyorlangan listlar elektrtexnik po'lat listlar deyiladi. Bu po'lat asosiy magnit materiallaridan biri bo'lib, sanoat chastotasida ishlaydigan elektr mashina va apparatlarida keng qo'llaniladi. Temir tarkibiga kremniy kiritishdan asosiy maqsad materialning solishtirma qarshiligini oshirish va undagi quyun toki miqdorini cheklashdan iboratdir. Kremniy elementi temitning magnit xossalarini deyarli o'zgartirmagan holda P qiymatini sezilarli darajada oshiradi.

Elektr texnik po'latning fizik xossalari:

Zichligi.....7800kg/m³

Tarkibidagi kremniy miqdori.....0,4-2,8%

Solishtirma qarshiligi(0,14-0,50)·10⁶ Om·m

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.....0,46-0,25Vt/(m·K)

Kremniy temir tarkibidagi uglerod va kislorod birikmalarini emiradi:



Tarkibidagi kremniy miqdori bo'yicha (markadagi ikkinchi raqam): 0- kremniy miqdori 0,4% gacha (legirlanmagan); 1-0,4%<Si≤0,8%; 2- 0,8%<Si≤1,8%; 3- 1,8%<Si≤2,8%; 4- 2,8%<Si≤3,8%; 5- 3,8%<Si≤4,8%.

Asosiy xarakteristikasi bo'yicha (markadagi uchunchu raqam): O-magnit induksiyasi 1,7 Tl va chastotasi 50 Gts bo'lgandagi solishtirma isroflar $P_{17/50}$); 1= $P_{1,5/50}$; 2- $P_{1/400}$; 6-maydon kuchlanganligi 0,4 A/m bo'lgan kuchsiz magnit maydonidagi magnit induksiyasi ($B_{0,4}$); 7- maydon kuchlanganligi 10 A/m bo'lgan o'rtacha magnit maydonidagi magnit induksiyasi (B_{10}).

Po'lat o'ram, varaq va tasma ko'rinishida ishlab chiqariladi. Ular izolyatsiya qoplamli bo'lib ham chiqariladi. Po'latlar apparat, transformator, elektr mashinasi va asboblarning magnit zanjirlarida qo'llaniladi. Teksturlangan po'latlar transformatorlar o'zagi uchun ishlatiladi. Bunday po'latdan foydalanish quvvatli transformatorlar hajmi va tashqi o'lchamini 20-25% kamaytirish imkonini beradi, radio transformatori hajmini esa 40% gacha kichraytiradi.

Permalloy temir-nikel qotishmasi bo'lib, uning boshlang'ich magnit singdiruvchanligi nisbatan yuqoridir. Tarkibida nikel miqdori 70-83% bo'lgan permalloylar yuqori nikelli, 40-50% bo'lgan permalloylar esa past nikelli permalloylar deyiladi.

Tarkibida 2% molibden bo'lgan permalloyining qiymati katta bo'lib, u yaxshi magnitlanish xususiyatiga egadir. Permalloydan qalinligi 0,1-0,5 mm li varaqlar tayyorlanadi. Kukun ko'rinishidagi permalloyga bosim ostida ishlov berib, o'zaklar tayyorlanadi. Bunday o'zaklar 100 kGts chastota bilan ishlaydigan uskunalarda qo'llaniladi.

Alsifer – temirning kremniy va alyuminiy (9,5% Si, 5,6% Al, 84,9% Fe) bilan birgalikdagi qotishmasidir. Bu qorishma qattiq va mo'rt bo'lib, undan murakkab shaklli quymalar olinadi. Alsiferning asosiy xossalari: $\mu_{r6}=35500$, $\mu_{rt}=120000$, $H_c=1,8$ A/m,

$\rho=0,8 \text{ mk}\cdot\text{Om}$. Alsiferdan magnitli ekran, asboblarning ustki qismi va boshqa mahsulotlar quyish usuli bilan tayyorlanadi.

Qo'llanilishi magnit xossalari u yoki bu xususiyatlariga asoslangan materiallarni alohida turkumga kiritish mumkin. Bunday materiallarga quyidagilar misol bo'ladi: 1) maydon kuchlanganligi o'zgarganda magnit singdiruvchanligi juda kam o'zgaradigan qotishmalar; 2) magnit singdiruvchanligi haroratga kuchli ravishda bog'liq bo'lgan qotishmalar; 3) to'yintirish induksiyasi o'ta yuqori bo'lgan qotishmalar.

Birinchi turdagi qotishmalarining nomi perminvar bo'lib, uning tarkibida 29,4% Fe, 45% Ni; 25% CO va 0,6% Mp bor. Mazkur qotishma 1000°C da yumshatiladi, keyin 400-500°C da ushlab turiladi va asta-sekin sovitiladi. Perminvarning boshlang'ich magnit singdiruvchanligi 300 ga teng. Perminvar harorat ta'siriga va mexanik kuchlanishlarga sezgir materialdir.

Ikkinchi turga Ni-Cu, Fe-Ni yoki Fe-Ni-Cr asosidagi termomagnit qotishmalar kiradi.

Uchinchi turga temir-kobalt qotishmalari kiradi. Tarkibida 50-70% CO bo'lgan mazkur qotishmalar permendyurlar deb ataladi. Permendyurlarning narxi qimmatroq bo'lganligi tufayli ulardan faqat maxsus apparatlarda, xususan, dinamik reproduktorlar, ostsilloqraflar, telefon membranalarida foydalaniladi.

Ferritlar. Tarkibida, temirdan tashqari, ikki va undan ko'p valentli metal (Ni, CO, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Mg) oksidlari ham bo'lgan birikmalar ferritlar deyiladi. Ular qisman elektronli elektr o'tkazuvchanlik xossasiga ham egadir. Ferritning kristall panjarasi kub shaklida bo'ladi. Odatda, yaxlit ferrit tayyorlash uchun ferrit kukuniga polivinil spirit plastifikatori qo'shiladi va bu massa yuqori bosimda qoliplanadi. Uning solishtirma qarshiligi sof temirning solishtirma qarshiligiga nisbatan 10^5 - 10^6 barobar yuqoridir. Shu sababli, ferritda quyun toki hisobiga sodir bo'ladigan isroflar keskin kamayadi va materialni yuqori chastotalarda ham ishlatsa bo'ladi. Ferritning magnit singdiruvchanligi sof temirnikiga nisbatan 10^2 - 10^3 barobar yuqori bo'lganligi uchun undan tayyorlanadigan o'zaklar hajmini keskin kichraytirish mumkin. Ferritdagi (μ_{rj_m}) qiymatlar ferromagnit (yoki oddiy metal) dagiga nisbatan juda kichik bo'lgani uchun, u past chastotali asboblarda ham qo'llaniladi.

Ferrit tarkibi oddiygina qilib quyidagicha ifodalanadi:



bunda M- ikki valentli biror metal.

Ferritlar tarkibidagi qo'shimchalarga mis, ruh, nikel-ruh, marganets-ruh misol bo'ladi. Ular elektrtexnikada keng miqyosda qo'llanilmoqda. Ferritlarda Kyuri nuqtasidagi harorat ancha past, ya'ni 100-150°C atrofida bo'ladi. Uning solishtirma og'irligi 3700-4800 kg/m³ atrofida bo'lib, asosiy xossalari keltirilgan.

Ferritning gisterezis halqasi to'g'ri burchakka yaqin bo'lishi uni maxsus apparatlarda qo'llash imkonini yaratadi. Ferrit, asosan, aloqa, radiotexnika, hisoblash texnikasi, avtomatika asbob-uskunalarida keng miqyosda qo'llaniladi.

Gisterezis halqasi to'g'ri burchakli ferritlar hisoblash texnikasining xotira qurilmalari uchun asosiy material bo'lib xizmat qiladi. Bunday materiallarning

xossalarini izohlash uchun qo'shimcha maxsus parametrlar kiritiladi. Bunday parametrlardan biri gisterezis halqasining to'g'ri burchakli koeffitsientidir:

$$K_n = B_r / B_{\max}$$

bunda k_n qiymati iloji boricha birga yaqin bo'lishi kerak. O'zaklar tezda qayta magnitlanishi uchun ularning qayta ulanish koeffitsienti S_q kichik qiymatga ega bo'lishi kerak.

Konstruktsion cho'yan va po'latlar asbobsozlik, apparatsozlik va elektr mashinasozligida keng qo'llaniladigan materiallardir. Magnit xossalariga ko'ra ular magnitli (kulrang cho'yan, uglerodli va legirlangan po'lat) va magnitsiz turlarga bo'linadi.

Kulrang cho'yan tarkibida 3,2-3,5% uglerod, kremniy, marganets, fosfor va oltingugurt bo'ladi. Bu materialning egilishdagi mustahkamligi 200-450 MPa. Undan elektr mashinalarning korpusi, asosi va shu kabi detallar tayyorlanadi.

Odatda, quymalar olishda tarkibida 0,08-0,2% uglerodi bo'lgan, uglerodli po'latdan foydalaniladi. Bunda quymalar 85-900°C haroratda sekin-asta yumshatiladi. Maxsus elektr mashinalarida, shuningdek, konstruksiyasi yengillashtirilgan mashinalarda nikel, vanadiy, xrom va molibden bilan legirlangan po'latlar ishlatiladi. Bu po'latlarning egilishdagi mexanik mustahkamligi 500-950 MPa oralig'ida bo'ladi.

Qattiq magnit materiallar. Qattiq magnit materiallar tarkibi, holati va olinish ussulariga ko'ra quyidagicha tasniflanadi: 1) legirlangan martensit po'latlari; 2) quyma qattiq magnit qotishmalari; 3) kukunlardan tayyorlangan magnit; 4) qattiq magnitli ferritlar; 5) egiluvchan qotishmalar va magnit tasmalari. Qutblar orasida havo bo'shlig'i mavjud bo'lganida energiyaning bir qismi magnit materiali hajmidan tashqaridagimaydon bilan bog'liq bo'ladi. Mazkur energiyaning qiymati bo'shliqning uzunligiga bog'liq. Magnit qutblarining magnitsizlanishi hisobiga oraliqdagi induksiya B_d qoldiq induksiya B_r ga nisbatan kichikroq bo'ladi.

Havoli oralig'idagi solishtirma magnit energiyasi:

$$W_d = B_d H_d / 2,$$

bunda H_d – B_d induksiyaga mos keladigan maydon kuchlanganligi.

Tutashtirilgan magnitda $B_d = B_r$, $H_d = 0$ bo'lani sababli mazkur energiya nolga tenglashadi. Agar qutblar oralig'i juda katta bo'lsa, $B_d = 0$, $H_d = H_c$ bo'lganligi sababli bunda ham energiya nolga intiladi.

Qandaydir B'_d , H'_d qiymatlarda energiya o'zining eng yuqori qiymatiga erishadi:

$$W_{\max} = B'_d \cdot H'_d.$$

Bu ifoda bilan magnitdan eng yaxshi foydalanish imkoniyati aniqlanib, u o'zgarmas magnitlar tayyorlashda ishlatiladigan materiallarning sifatini aniqlaydigan muhim xarakteristika hisoblanadi.

Po'lat tarkibiga volfram yoki xrom kabi metallar kiritilsa, martensit tuzilishli material hosil bo'ladi. Bunda po'latning doimiy magnit eskirish jarayoni susayadi. Volframli po'lat tarkibida 0,6% C, 5-6% W, xromli po'lat tarkibida esa 1% C, 1%-3% Cr bo'lib, ularning xossalari uglerodli po'latnikiga nisbatan ancha yaxshilangan. Mazkur materiallarning magnit xossalari: $H_c = 0,45-0,5$ kA/m, $B_r = 0,9-1,1$ T, $W_g = 0,9-12$ kJ/m³.

Elektr texnikada magnit materiali sifatida ilk bor qo'llanilgan qotishma alni deb atalgan. Uning tarkibi 11-16% Al, 24-30% Ni, 54-65% Fe elementlaridan iborat. Alning H_c qiymati uglerodli po'latnikiga nisbatan 10 barobar yuqori. Juda qattiq material bo'lganligi sababli alniga mexanik ishlov berib bo'lmaydi. Alnidan magnit quyish usuli bilan olinib, kerakli tuzilish sovitish jarayonida hosil qilinadi. Uning magnit xossalari quyidagicha: $H_c=4-4,5$ kA/m, $B_r=0,55-0,65$ Vb/m², $W_g=5$ kJ/m³.

Alniko qotishmasi alniga o'xshash bo'lib, uning tarkibida 5-10% CO va Cu qo'shimchalar bor. Alnikoning magnit xossalari: $H_c=4,0-4,5$ kA/m, $B_r=0,7-0,8$ Bb/m², $W_g=6,0-7,0$ kJ/m³.

Magniko qotishmasi alnikodan tarkibidagi kobalt miqdorining nisbatan ko'pligi bilan (10%AL, 17% Ni, 24% CO, 6% Cu, 43% Fe) farqlanadi. Magnikoning magnitlik xossalari: $H_c=4,0-4,5$ kA/m, $B_r=1,2-1,3$ Bb/m², $W_g=16-20$ kJ/m³.

Qotishma magnit xossalarining yaxshilanishi, uning tarkibi bilangina emas, balki maxsus ishlov berish – quymani kuchli maydon ta'sirida sovitish jarayoni bilan ham aniqlanadi.

Alni, alnico va magniko qotishmalarining kamchiligi ulardan aniq o'lchamli kichik mahsulotlar tayyorlashning mushkulligidir.

Platinali qotishmalar temir yoki kobalt tarkibiga 77-78% platina qo'shish orqali olinadi. Bu materialda H_c qiymati keskin oshib, induksiya qiymati esa pasayadi. Uning magnit xossalari (temirli qotishmada): $H_c=12,5$ kA/m; $B_r=0,58$ Bb/m²; $W_g=12$ kJ/m³; kobaltlisida esa $H_c=21$ kA/m, $B_r=0,45$ Bb/m², $W_g=15 \cdot 10^3$ kJ/m³, platinali qotishmalarining qoldiq induksiyasi kichik qiymatga ega. Narxi balandligi sababli, bu materiallar maxsus apparatlarda juda kichik hajmli magnitlar tayyorlashda qo'llaniladi.

Nazorat savollari:

1. Magnit materiallarning klassifikatsiyalari va fan texnikada tutgan o'rnini ko'rsatib bering?
2. Ferromagnetizmga temperaturaning ta'siri qanday?
3. Ferromagnetizmga ta'rif bering?
4. Magnit materiallarini solishtirma qarshiligini kamaytirish usullari qanday?
5. Yumshoq magnit materiallarining asosiy afzallik tomonlari qanday?
6. Yumshoq magnit materiallari magnit materiallarining qaysi klassifikatsiyalariga mansub?
7. Qattiq magnit materiallarni qo'llanilish doirasini ayting?
8. Permalarining qo'llanilishi magnit materiallarining qanday afzalligini oshiradi?
9. Elektrotexnik po'latni to'yinish bog'lanishini tushuntirib bering?

Foydalaniladigan adabiyotlar royhati

Asosiy adabiyotlar:

1. Dielektric Materials for Electrical Engineering. Juan Martinez-Vega 1-3 БОБ, 1-бўлим, 3-13, 79-81 бет.
2. Basak T.K., Elektrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009.
3. Ahmedov A.Sh. Elektr texnika materiallar. O'quv qo'llanma, -Toshkent: TDTU, 2006.
4. Основы кабельной техники.: учебник для студ. Высш.учеб. заведений/ под ред. И.Б. Пешкова. -М.: Издательский центр «Академия», 2006.
5. Sulliev A.X. Elektr texnika materiallari.– Toshkent. 2017 y.

Qo'shimcha adabiyotlar:

1. Mirziyoyev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob halqimiz bilan birga quramiz.–Toshkent: “O‘zbekiston ”, 2017–488 b.
2. Бородулин В.Н. и др. Электротехническое материаловедение. Лаб. раб. Методическое пособие -М.: Изд. МЭИ, 2001.
3. Справочник по электротехническим материалам. -М.: «Энергоатомиздат», перер. в 3 т., 2002.

Axborot manbalari:

1. [www. stat.uz](http://www.stat.uz) – O‘zbekiston respublikasi Statistika Qo‘mitasining rasmiy veb sahifasi
2. [www. lex.uz](http://www.lex.uz) – Me’yoriy–huquqiy baza veb sahifasi
3. www.nber.com – AQSh iqtisodiy tadqiqotlar milliy byurosi sayti.
4. www.wybofscience.com– Xalqaro ilmiy maqolalar platformasi.
5. www.scopus.com – Xalqaro ilmiy maqolalar platformasi.
6. www.elibrary.ru – Rossiya ilmiy maqolalar indeksi.
7. <http://ziyonet.uz>

MUNDARIJA

1	1-ma'ruza. Kursning maqsadi. ETMlar haqida asosiy tushunchalar va sinflar. Zamonaviy texnikadagi ETMning o'rni va roli	3
2	2-ma'ruza. Dielektrlarda energiya isrofi	10
3	3-ma'ruza. Dielektrlarda teshilish turlari	16
4	4-ma'ruza. Dielektrlarning namlanishi	23
5	5-ma'ruza. Dielektrik materiallar haqida asosiy tushunchalar	27
6	6-ma'ruza. O'tkazgichlar	37
7	7-ma'ruza. Yarim o'tkazgichlar	46
8	8-ma'ruza. Magnit materiallar	55
9	Foydalaniladigan adabiyotlar ro'yhati	65

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI QO‘QON FILIALI**

“MUHANDISLIK TEHNOLOGIYALARI” kafedrası

"Elektr texnika, elektr mexanika va elektrotexnologiya"
yo‘nalishi talabalari uchun

**«ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR»
FANIDAN**

**AMALIY MASHG‘ULOTLARINI
BAJARISH UCHUN**

USLUBIY KO‘RSATMA



1-Amaliy mashg'ulot

MAVZU: DIELEKTRIKLARNING QUTBLANISHI VA ELEKTR O'TKAZUVCHANLIGI.

Amaliy ishning maqsadi: Laboratoriya sharoitida olingan natijalarni texnik adabiyot bildirgichlarida keltirilgan kattalik bilan qiyoslash.

Asosiy qism

Qattiq elektr izolyatsiya materiallari uchun ularning xajmiy va sirtiy o'tkazuvchanligini farqlash zarur. Turli materiallar uchun xajmiy va sirtiy o'tkazuvchanligini tegishli baholash uchun *solishtirma xajmiy qarshiligi* ρ_v va *solishtirma sirtiy qarshiligi* ρ_s qiymatlaridan foydalaniladi.

Solishtirma xajmiy qarshilik kattaligidan solishtirma xajmiy o'tkazuvchanlik, solishtirma sirtiy qarshilik kattaligidan esa solishtirma sirtiy o'tkazuvchanlik kattaligi aniqlanadi.

SI birliklari tizimida solishtirma xajmiy qarshiligi deganda, qirralari 1 m bo'lgan kub bo'lgan tekshirilayotgan materialdan fikran qirqib olinganini (agar tok kubning bir qirrasidan qarama-qarshi qirrasiga ko'ndagang oqqanida) 1 m ga ko'paytirilganiga aytiladi.

Yassi namunaviy materiallar uchun bir jinsli maydonda solishtirma xajmiy qarshiligi ($\Omega \cdot m$) quyidagi formula yordamida hisoblanadi.

$$\rho = R_v S / h \quad (3.2)$$

R_v - namunaning xajm qarshiligi [Ω]

s - elektrodlar yuzasi [m^2]

h - namunaning qalinligi [m]

Dielektrikning solishtirma xajm o'tkazuvchanligi γ simens metrlarda o'lchanadi.

Solishtirma sirtiy qarshilik deganda, fikran yuzasi qirqib olingan kvadrat (istalgan o'lchamli) materialning bir tomonidan qarama-qarshi tomoniga tok oqishiga ko'rsatadigan qarshiligi tushiniladi.

Namunaviy dielektrik materialning solishtirma sirtiy qarshiligi (Ω) quyidagicha ifodalanadi. Solishtirma xajmiy qarshiligi ($\Omega \cdot m$) quyidagi formula yordamida hisoblanadi.

$$\rho = R_s d / l \quad (3.3)$$

R_s - namunaviy materialning sirtiy aktiv qarshiligi [Ω]

d - parallel turgan elektrodning kengligi [m]

l - parallel turgan elektrodlar orasidagi masofa [m]

Dielektrik materiallarning solishtirma sirtiy o'tkazuvchanligi γ_s simenslarda o'lchanadi.

Qattiq dielektriklarning elektr izolyatsiyasining qarshiligiga tegishli to'la o'tkazuvchanligi xajmiy va sirtiy o'tkazuvchanliklarini yig'indisini ifodalaydi.

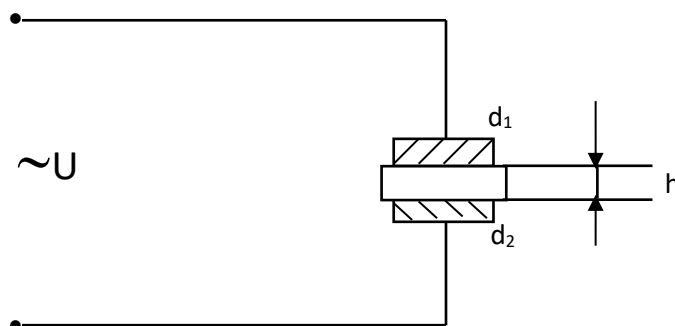
1.1-Topshiriq. Nam holatda rezina quyidagi kattaliklarga ega:

$U=800\text{ V}$ – kuchlanishi

$h=2\text{ mm}$ – namunaning qalinligi

$d_1=4\text{ sm}$ – elektrod diametri

$d_2=6\text{ sm}$ – elektrod diametri



Nam holatdagi rezina materialining solishtirma sirtiy va xajmiy qarshiligini hisoblang va texnik adabiyot bildirgichlarida keltirilgan kattalik bilan qiyoslang.

VARIANT

№	U (B)	h (mm)	d_1 (sm)	d_2 (sm)
1	800	2	4	6
2	800	2,5	5	7
3	800	2,4	6	8
4	800	2,2	8	10
5	600	3	10	12
6	500	2,6	5,5	11
7	500	2,5	4,5	9
8	500	3,1	6,5	8,5
9	500	3,4	9,7	8,9
10	500	3,5	9	7

1.2-Topshiriq. Dielektrik materiallarni ayting va ular qaerlarda qo‘llaniladi.

Yog‘och –

Rezina –

Qog‘oz –

Plastmassa –

.....

2-Amaliy mashg'ulot

MAVZU: DIELEKTRIKLARDA ENERGIYA ISROFI.

Amaliy ishning maqsadi: Izolyatsion materiallarining dielektrik singdiruvchanligini va dielektrik energiya isrofini ketma – ket almashtirish sxemasi bo'yicha hisoblash hamda dielektrlarda nam singdiruvchanligini kuzatish.

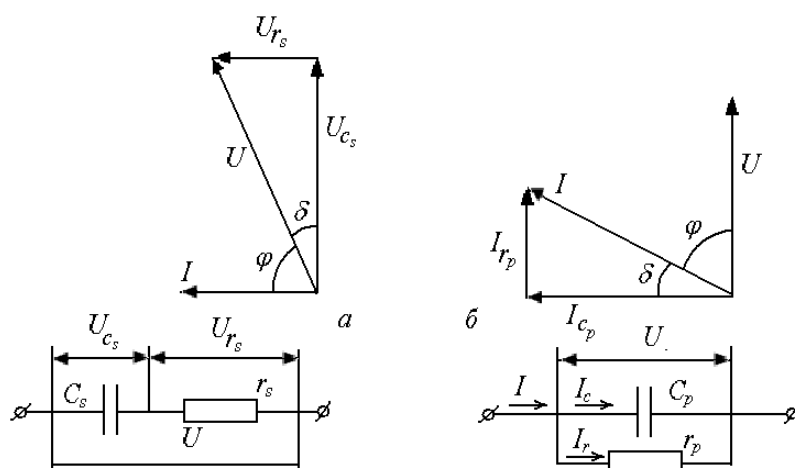
Asosiy qism

Dielektrik isrof deb elektr maydoni taosirida o'zgaruvchan va o'zgarmas bo'lishidan qat'iy nazar dielektrikda tarqalayotgan va qizishga olib kelgan quvvatga aytiladi. Dielektrik isrof o'zgaruvchan yoki o'zgarmas kuchlanish bo'lganda uning o'tkazuvchanligini xarakterlovchi uyurma toklari oqadi. O'zgarmas kuchlanishda qutblanish davriy tashkil etuvchilari bo'lmaganda (bu dielektrikning sifatini ifodalaydi) solishtirma xajmi va sirtiy qarshilik yo'q bo'ladi. O'zgaruvchan kuchlanishda esa uyurma toklaridan tashqari, qo'shimcha sabablar bo'lib, bu esa dielektrik isrofga olib keladi. Elektr izolyatsion materiallarda isrofnı kattalik sifatida xajm birligida yoki solishtirma isrof deb aniqroq burchak sifati ya'ni tok bilan kuchlanish orasidagi dielektrik isrof burchagining $\operatorname{tg} \delta$ deb kiritiladi. Dielektrik isrof burchagi deb sig'imli zanjirning tok va kuchlanish orasidagi siljish burchagi 90 gacha bo'lgan qo'shimcha burchakka aytiladi. Bunday zanjirda ideal holatda burchak 90° bo'lib $\operatorname{tg} \delta = 0$ bo'ladi. Qanchalik tarqalayotgan quvvat katta bo'lsa kichik yoki aksincha katta bo'ladi. Dielektrik isrofnı katta bo'lishiga yo'l qo'ymaslik kerak chunki issiqlik yani qizish materialni kichik kuchlanishda ham ishdan chiqishiga olib keladi. Dielektrik isrofnı o'rganish paytida dielektrikni qutblanish xarakteristikasini yaxshi o'rganish kerak, agar egri chiziq bo'lsa ya'ni noxiziqli dielektrik (segnetoelektrlarda) bu isroflar uni elektrik xossalariga ta'sir ko'rsatadi. Bu isroflar yonma-yon turgan izolyatsiyalangan o'tkazgich yoki yarim o'tkagichlarda uglerodlarnı birikishi temir oksidlanishiga olib keladi. Isrof burchagi qutblanishdagi zaryad kuchlanishga chiziqli bog'liq.

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 (kondensator) ning aktiv quvvati nolga teng bo'ladi:

$$P_a = UI \cos \varphi = UI \cos 90^\circ = 0 \quad (2.1)$$

Ammo haqiqiy dielektrikli sig'imda bu burchak 90° ga teng bo'lmaydi ($\varphi \neq 90$), shu sababli $\sin \varphi \neq 0$ 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'ldiradi. 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 (2.1– rasm) ulangan hollari keltirilgan.



2.1– rasm. Dielektrik isrofni ifodalaydigan vektor diagramma va uning ekvivalent chizmasi (a – ketma-ket ulanganda, b - parallel ulanganda).

Ular o‘zgaruvchan kuchlanish zanjiriga ulangan va ma’lum elektr energiyasi isrofiga ega, deb faraz qilinadi. Chizmadagi aktiv qarshilikdan ajralayotgan quvvat miqdori kondensator izolyasiyasidan ajralayotgan quvvatga teng deb olinadi, 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 zanjiridagi aktiv quvvat:

$$P_a = UI \cos \varphi \quad \text{Vt} \quad (2.2)$$

2.1-rasmda keltirilgan qarshilik va sig‘imi o‘zaro ketma–ket va parallel ulangan zanjir chizmalarida quvvat isrofi sig‘imlar (C_s va C_r) va burchak δ yordamida ifodalanadi. Qarshilik va sig‘imi ketma–ket ulangan zanjir qarshiligida quvvat isrof bo‘ladi (2.1-rasm, a). Bu zanjir uchun kuchlanishning vektor diagrammasini quramiz. Tokning umumiy vektori sig‘imdagi kuchlanish vektori (U_c) dan 90° ilgarilab ketadi, aktiv qarshilikdagi kuchlanish vektori (U_g) esa tok vektori bilan ustma–ust (bir fazali bo‘lgani uchun) tushadi. (U_c , U_g) larning geometrik yig‘indisi umumiy kuchlanish vektori (U) ni beradi. 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 (U) sig‘imdagi tok vektori I_s dan 90° ilgarilab ketadi. Qarshilikdagi tok vektori I_g esa U bilan bir fazada bo‘lib, ustma–ust tushadi. So‘ngra umumiy tok vektori I_s , I_g 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 (2.1– rasm, a)

$$P_a = \frac{U U_r}{z U_c} = \frac{U^2 r_s}{x^2 + r_s^2} \frac{U^2 \omega C_s \tan \delta}{1 + \tan^2 \delta}$$

$$tg\delta = \frac{U_a}{U_c} = \frac{I_r}{I \cdot \frac{1}{\omega C_s}} = \omega C_s r_s, \quad (2.3)$$

bu yerda, z — to'liq qarshilik.

Xuddi shuningdek, sig'im va qarshilik o'zaro parallel ulangan zanjir uchun (2.3–rasm, b):

$$P_a = U \cdot I_a = U^2 \omega C_r tg\delta, \quad (2.4)$$

$$tg\delta = \frac{1}{\omega C_s r_s} \quad (2.5)$$

bunda R_a - aktiv quvvat, Vt; U - zanjirdagi kuchlanish, V; C — sig'im, F.

(2.3) hamda (2.4) va (2.5) ifodalarni tenglashtirish orqali sig'im va qarshilik orasidagi munosabat aniqlanadi.

$$C_r = \frac{C_s}{1 + tg^2\delta}; r_r = r_s \left(1 + \frac{1}{tg^2\delta} \right) \quad (2.6)$$

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

$$P_a = U^2 \omega C tg\delta \quad (2.7)$$

Demak, dielektrikdagi quvvat isrofni aniqlash uchun $tg\delta$ qiymatidan tashqari izolyasiya sig'imi, ta'sir etuvchi kuchlanish qiymati va uning chastotasi (ω) ni bilish kerak. Yuqori kuchlanish va katta chastotalarda izolyasiyada energiya isrofi ko'p bo'ladi. Izolyasiyasi o'ta qizib ketishining oldini olish maqsadida $tg\delta$ qiymati kichik bo'lgan dielektrik tanlab olinadi. $tg\delta$ ni aktiv (I_a) va reaktiv (I_s) tok qiymatining nisbati orqali ham topish mumkin:

$$tg\delta = \frac{I_a}{I_c} \quad (2.8)$$

Ushbu kattalik elektr izolyasiya materiali va uning asosida ishlab chiqarilgan asboblarning muhim parametrlaridan biri hisoblanadi.

Dielektrikning sifatlilik (Q) isrof burchagi tangensiga teskari proporsional kattalikdir:

$$Q = \frac{1}{tg\delta} = tg\varphi = ctg\delta = I_c / I_a \quad (2.9)$$

Dielektrikning sifati qancha yaxshi bo'lsa, $tg\delta$ qiymati shuncha kichik bo'ladi: ($tg\delta = 2 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-4}$).

2.1–Topshiriq. Ketma – ket almashtirish sxemasi bo'yicha dielektrikning aktiv qarshiligi R va sig'imi C hamda berilgan kuchlanish chastotasi f bo'lganda, undagi dielektrik isrof burchagining $tg\delta$ ni toping.

VARIANT

№	R (MOM)	S (pf)	f (Gts)
1	100	0,1	50
2	10	0,1	500
3	100	0,01	5000
4	50	0,002	500
5	50	0,02	100
6	50	0,2	1000
7	50	0,01	500
8	100	0,001	1000
9	100	0,002	100
10	50	0,3	50

Nazorat savollar

1. Dielektrlarda energiya isrofi deb namaga aytiladi?
2. Qaysi hollarda dielektrik isrof kuzatiladi?
3. Dielektrik isrofning tashqi faktorlarga bog'liqlik tomonlari qaysi?
4. Isrof burchagi kattaligini izoxlab bering?
5. Dielektrik isrofning kamaytirish choralari qanday?

3-Amaliy mashg'ulot

MAVZU: DIELEKTRIKLARNING TESHILISHI.

Amaliy ishning maqsadi: Laboratoriya sharoitida olingan natijalarga qiyoslab, havoning elektr mustaxkamligini bir jinsli va turli jinsli elektr maydonlarida hisoblash.

Asosiy qism

Elektr maydoni ta'sirida har qanday dielektrik o'zining elektrizolyasion hossalarni yo'qotadi, qaysiki maydon kuchlanganligi qandaydir belgilangan kritik qiymatidan ko'tarilganda bu holat **dielektriklarning teshilishi** yoki elektr mustaxkamligini buzilishi deb yuritiladi. Kuchlanish qiymati esa teshilish kuchlanishi U_{tesh} mos keluvchi material kuchlanganligi **dielektrikni elektr mustaxkamligi** deyiladi.

$$E_{mus} = U_{tesh}/h \quad MV/m = kV/mm = 10^6 \text{ v/m}$$

Gazlarda teshilish zarbli va fotonli ionlanishda, suyuqliklarda esa ionlanish va issiqlik ta'siri natijasida yana asosiy faktor ulardagi begona oqimlarning tarkibi borligidir. Qattiq dielektrlarda elektr maydoni ta'sirida issiqlik natijasida sodir bo'ladi. Elektr teshilish dielektrlarda elektronli jarayon bo'lib, kuchli elektr maydoni ta'sirida bir joyda birdaniga tokning zichligi ortishi teshilish momentiga olib keladi. Issiqlikdan teshilishda (teplovoy probay) dielektriklarning aktiv qarshiligi qizish natijasida kamayib, aktiv tokning o'sib ketishiga va dielektrikning termik buzilishiga olib boradi. Gazlardagi teshilish elektronning aniq ko'rinishi gazlardagi teshilishdagi qiymati maksimal (amplitudali) qiymatliligi bo'lib qoladi.

Elektr texnologik konstruksiyali qurilmalar transformator, sinxron generator, havo liniyalarida izolyasiya sifatida havo o‘rin tutadi. Normal sharoitda havoning E_{mus} suyuq va qattiq dielektriklarning E_{mus} nisbatan katta emas. Gaz tarkibidagi issiqlik ta‘siridagi betartib molekulalar elektr maydoni ta‘sirida qo‘shimcha energiya oladi va qutblar tomon harakat qiladi. Qo‘shimcha energiya quyidagicha ifodalanadi.

$$W = g \cdot U \lambda$$

Q – zaryad, U_g – erkin yugurush uzunligida L dagi kuchlanish tushuvi (elektr magnit to‘lqin uzunligi)

Agar maydon bir jinsli bo‘lsa

$$U \lambda = E \lambda \quad \text{u holda} \quad W = g \cdot E \lambda$$

Qo‘shimcha energiya zaryadlangan zarrachalar to‘qnashuvida agar energiya yetarlicha katta bo‘lsa atom va molekulalarning ionlanishiga olib keladi. Ionlanish shartiga ko‘ra.

$$W \geq W_u$$

W – issiqlik holatidagi energiya normal holatda edi.

Yuqoridagilarni e‘tiborga olsak.

$$E g \lambda \geq W_u$$

Ionlanishdagi energiya W_u asosan ionlanish potentsiali U_u ga bog‘liq.

$$U_u = W_u / g$$

U_u turli gazlar uchun 4-25 V tegishli W_u 4-25 eV

Turli gazlar uchun q kattalik o‘zgarmas bo‘lganligi uchun ularning bosimi va temperaturada ionlanish zarbi qandaydir kuchlanishning qiymatiga to‘g‘ri keladi. Bu E_{bosh} **boshlang‘ich kuchlanganlik** deb yuritiladi.

Yuqorida aytilganidek, gazlardagi teshilish - sof elektrli xususiyatga ega bo‘ladi. Shuning uchun, yuqori sanab o‘tilgan eksperimental natijalardan xulosa qilib aytganda, gazlardagi teshilish kuchlanishning maksimal (amplitudali) qiymatida kuzatiladi. qattiq va suyuq dielektriklarning teshilishiga issiqlik ning ajralishi asosiy turtkilardan xisoblansada, o‘zgaruvchan kuchlanishda esa asosiy omil teshilish kuchlanishi ekanligi namoyon bo‘ladi.

Gazsimon dielektriklar to‘g‘risida fikr yuritganda, avvalo, bizning atrofimizni o‘rab turgan va nafas olishimiz uchun zarur ozuqa xisoblangan havo to‘g‘risida ma‘lumot keltirish o‘rinli bo‘ladi. Havo gazsimon dielektriklarning tipik vakili bo‘lib, nafaqat gazli izolyatsiya, balki qattiq va suyuq izolyatsiyalarga ham qo‘shimcha sifatida qo‘llaniladi. Elektr tizilmalarining aloxida qismlari uchun, masalan elektr uzatish liniyalarini tayanchli oraliqlarida izolyatsiyalanmagan o‘tkazgichlarida faqatgina yagona havo izolyatsiya xosil qiladi. Kamchilik tomoni shundaki, elektr mashinalarining moy shimdirilgan izolyatsiyasiga havoning birikishi natijasida yuqori ishchi kuchlanishda ionizatsiya xosil bo‘lish o‘chog‘iga aylanishi uchun sabab bo‘ladi.

3.1-Topshiriq. Bir jinsli maydonda quyidagi kattaliklar asosida havoning mustahkamligini aniqlang va tajriba asosida topilgan qiymat bilan solishtiring.

Teshilish kuchlanishi $U_{\text{tesh}} = 500 \text{ kV}$

Izolyatsion materialning qalinligi $h = 3,5 \text{ mm}$.

Echish. Bir jinsli maydonda havoning elektr mustahkamligini quyidagicha aniqlanadi

$$E_{\text{mus}} = U_{\text{tesh}}/h = 500/3,5 = 142,86 \text{ kV/mm}$$

Nazorat testi

1. Elektr texnik materiallarning klassifikatsiyasi.

- A) o'tkazgich, yarimo'tkazgich, dielektrik, magnit.
- V) o'tkazgich, dielektrik, magnitodielektrik, ferromagnit.
- S) o'tkazgich, magnit, temir, havo.
- D) o'tkazgich, dielektrik, suv, po'lat.

2. Materiallarni eskirishi nima?

- A) Material kerakli parametrlariga javob bera olmaydi,
- V) Materiallarni sifatini yomonlashishi, ularni hususiyatini o'zgarishi, har xil ta'sirlar natijasida,
- S) Bu materialni elektr texnikada ishlatib bo'lmaydi,
- D) Materialni elektr qiymatlari o'zgaradi.

3. Jismlarning shakli.

- A) gazsimon.
- V) gazsimon, qattiq, yumshoq.
- S) gazsimon, qattiq, suyuq.
- D) qattiq, suyuq.

4. Dielektrik isrof deb.

- A) dielektrikdagi kuchlanish isrofiga.
- V) dielektrikdagi elektr maydoni ta'sirida qizishiga sarflangan quvvat.
- S) dielektrikning kuchlanish og'ishiga.
- D) dielektrikdan oqib o'tgan zaryadlarning og'ishiga.

5. ETMda dielektrik isrofning turlari necha xil.

- A) 2 xil. V) 3 xil S) 4 xil. D) 5 xil.

4-Amaliy mashg'ulot

Mavzu: DIELEKTRIK MATERIALLAR. POLIMER MATERIALLA.

Amaliy ishning maqsadi: Namunada keltirilgan qattiq holatdagi izolyasion materialining teshilish kuchlanishi va elektr mustaxkamligini xisoblash.

Asosiy qism.

Yuqori molekulyarli birikmalarni kimyoviy tabiatiga ko'ra *polimerlar* deb yuritilib, bunday jismlarni tarkibidagi bir xil tuzilishga ega bo'lgan atomlar guruxlarining majmuini namayon qiluvchi *monomer* deb ataluvchi oddiy molekulalarning o'zaro bog'lanishi natijasida xosil bo'ladigan materiallar tashkil etadi.

Monomerlarda polimer olinish reaksiyasi *polimerizasiya* deyiladi. Polimerizasiyada tabiiyki molekulyar massa ortadi, erish va qaynash harorati va qovushqoqlik ortadi, polimerizasiya jarayonida gazsimon yoki suyuq shaklda bo'lib qattiq xolatga o'tganda uning aralashmasining xajmi kamayadi.

Slyuda tabiiy meneralli elektroizolyasion material bo'lib, yuqori elektr mustaxkamligi issiqlikka chidamliligi, mexanik mustaxkamligi yuqori bo'lganligi uchun asosiy vaziyatlarda turbogeneratorlar va gidrogeneratorlar, ko'tarma kran dvigatellarida qo'llaniladi. Tabiatda kristall ko'rinishiga ega bo'lib, yassi plastinka shaklida eritilib qavat-qavat qilib mustahkamlanadi. Tabiatda asosan makoni bizning mamlakat, Xindiston va Rossiya o'lkalarida uchraydi. Ximiyaviy tarkibi uchun muxim bo'lgan birikma - muskovitdir.

Bundan tashqari slyudalar temir, natriy, kalsiy va boshqa birikmalarda ham bo'ladi. Slyuda va mikanitli izolyasiya tayyorlashda asosiy turi slyudanit va slyudaplastlardan foydalaniladi. Slyudanit (SAMICA) slyuda va muskovit chiqindisi 900 C temperaturada termo qayta ishlab olinadi.

Shisha - noorganik kvazoamorf buyum bo'lib, turli oksidlarning murakkab sistemasini tashkil etadi. Shishaning xossasi uning tarkibiga va tayyorlanish texnologiyasiga qarab o'zgarishi mumkin. Tarkibida qo'rg'oshin bo'lgan shishaning zichligi juda yuqori bo'ladi. Shishaning qisilgandagi mustaxkamligi yuqori bo'lib, shisha birdaniga erimaydi. Qizishda asta sekin yopishqoqligi kamayib boradi. Asosan 400-1600 C gacha oxiri kvars shishaga tegishli. Oddiy shishaning yaltirashi spektrli nurlarining ko'rinuvchi bo'lishidir. Ba'zi qo'shimchalar shishaga rang beradi.

Shisha turlari quyidagicha bo'ladi: kondensator shishalar, nurli shishalar, chiroq shishalari, aralashmali shishalar.

Keramik materiallar noorganik materiallar bo'lib tayyor yoki tayyorlangan mahsulotni yuqori temperaturada kuydirilish natijasida tayyorlanadi. Kuyish natijasida mahsulotning murakkab ximiyaviy, fizik jarayonida xoxlagan xossali holatga keltiriladi. Keramik materiallar sof tuproq *glin* yordamida suv bilan aralashtirilib tayyorlanar edi. Kuygandan so'ng mexanik mustaxkamligi ortadi. Keyingi paytlarda keramik materiallar qisman glin ishtirokida umuman ishtiroksiz tayyorlanmoqda.

Keramik materiallar turlicha: yarim o'tkazgichlar, magnit materiallar sifatida asosan elektroizolyasion materiallar sifatida qo'llanilmoqda. Uning mexanik mustahkamligi

yuqori bo'lib, dielektrik isrof burchagi kichik issiqlikka chidamliligi va boshqa yuqori ko'rsatkichlari bor.

Chinni [farfor] - elektr izolyasion materialning asosiysidir. Texnologik jarayon yuqori sifatli glin (koalin) aralashmalardan tozalanib suv bilan yaxshi aralashtiriladi. Figura olish uchun aylantirilib presslanib quyma, gipslanib olish mumkin. Farfor yoki izolyator tayyorlashda suvdan tayyorlash uchun quritiladi. Keyingi bosqich glazurovka va kuydirish ishlaridan iborat.

Glazur - bu farfor materialning ya'ni tashqi mexanik zarbaga chidamliligi, namlikdan saqlanish tashqi atmosferadan ifloslanishidan saqlaydi. Yana oqib o'tadigan (I utechka) toklaridan himoyalaydi.

4.1-Topshiriq. O'lchamlari $20 \times 10 \text{ mm}^2$ bo'lgan ikkita qoplamadan tuzilgan kondensatorning sig'imi aniqlang. Dielektrik vazifasini qalinligi $0,3 \text{ mm}$ bo'lgan slyuda o'taydi. Agar extiyot koefitsiyent 2 ga teng bo'lsa, kondensatorning ish kuchlanishi aniqlang. Slyuda uchun $\varepsilon = 7$.

Yechish.
$$C = \frac{S}{d} \varepsilon \varepsilon_0 = \frac{0,02 \cdot 0,01}{0,0003} \cdot 7 \frac{1}{36 \cdot \pi 10^6} = \frac{41,2}{10^{12}} \phi = 41,2 \pi \phi$$

Slyudaning elektrik mustahkamligi 100 MB/M bo'lgan uchun kondensatorning teshib o'tuvchi kuchlanishi

$$U_{meu} = 100 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} = 0,03 \text{ MB} = 30 \text{ KB}$$

Kondensatorning ish kuchlanishi:

$$U_{uu} = \frac{U_{meu}}{K_{ox}} = \frac{30}{2} = 15 \text{ KB}$$

4.2-Topshiriq.

“Chaynvord” metodi

“Chaynvord” metodi yangi interfaol metodlardan biri bo'lib, xozirgi kunda metodik ishlanmalar ustida ishlar olib borilayotgan hamda takomillashtirilayotgan metodlardan. Shuning uchun bugungi kunda shubu metod pedagogik maxoratdan kelib chiqqan holda qo'llanilib kelinmoqda. “Chaynvord” metodi eng uzun metodlardan bo'lib, bunda o'tilgan mavzular asosida so'z o'yinini tashkil qiladi.

Talabalar jadvalning birinchi ustunidagi savollarga ikkinchi tomoniga nuqtachalar o'rniga savolning javobini topib, izox berib o'tishlari kerak.

Har bir talaba to'g'ri javob bilan belgilangan javoblarning farqlarini aniqlaydilar, kerakli tushunchaga ega bo'lalilar, o'z-o'zlarini tekshiradilar, baholaydilar, shuningdek bilimlarini yana bir bor mustahkamlaydilar.

“Chaynvord” metodi

№	Savollar	Javoblar
1	Qanday materiallar o‘zidan tokni yaxshi o‘tkazmaydi (.....)	
2	Juda yaxshi mexanik mustahkamlikka ega noorganik izolyasion material (.....)	
3	Tolalar tuzilishga ega bo‘lgan mineral guruxlarining nomi (.....)	
4	Qanday moy elektrotexnikada keng qo‘llaniladigani (.....)	
5	Elektrotexnikada qo‘llaniladigan qo‘lqoplar qanday dielektrik materiallardan foydalaniladi (.....)	
...		

5-Amaliy mashg‘ulot

MAVZU: O‘TKAZGICHLAR.

Amaliy ishning maqsadi: O‘tkazgich materiallarini solishtirma qarshiligini xisoblash.

Asosiy qism.

O‘tkazgich sifatida qattiq, suyuq, gazsimon jismlar ishlatilishi mumkin. Elektrotexnikada asosiy o‘rin tutadigan o‘tkazgich materiallar qattiq jism metallar va qotishmalar muxim rol o‘ynaydi.

Metall o‘tkazgichlar asosida yuqori o‘tkazuvchanlik metallar normal xaroratga 0,05 mk Om·m, yuqori qarshilikli qotishmalar normal xaroratda 0,3 mk Om·m bo‘lib, materiallardan sim, kabel tolalari, elektr mashinalari va transformator cho‘lg‘amlari, yuqori qarshilikli qotishmalardan esa rezistor, isituvchi qurilmalar, chiroq tolalari tayyorlanadi. Yana bir guruh o‘tkazgichlar juda kichik qarshilikli past haroratda esa bo‘ladigan materiallar **o‘ta o‘tkazgichlar**, **krioo‘tkazgichlar** ham muhim o‘rin tutadi.

Temir o‘tkazuvchi material sifatida narxi arzonligi va yuqori mexanik mustahkamligi bilan ajralib turadi. Hatto sof temirning ham solishtirma qarshiligi mis va alyuminiyga nisbatan ancha yuqori ($\rho = 0,1$ mkOm·m) bo‘lib, mazkur qarshilik o‘zgaruvchan tok ta’sirida yanada ortadi. Temir (po‘lat) simlarning asosiy kamchiligi korroziyaga bo‘lgan chidamsizligidir. SHu sababli, bunday simlar sirti himoya qoplamasi (rux pardasi) bilan qoplanadi. Sof temirning mexanik mustahkamligi nisbatan past bo‘lganligi uchun, aloqa va elektr o‘zatkichlarda (qishloq sharoitida) tarkibida 0,1–0,15% uglerod, cho‘zilishdagi mustahkamligi 700–750 MPa bo‘lgan yumshoq po‘lat ishlatiladi. Bunday po‘lat, asosan, kichik quvvatli havo elektr o‘zatkichlarning simlari sifatida ishlatiladi. Po‘latdan o‘tkazuvchi material sifatida tramvay va elektrlashtirilgan temir yo‘l (metro) da rels ko‘rinishida foydalaniladi.

O‘tkazuvchan bimetall (qo‘shmetall)–sirtiga bir tekis qilib mis qoplangan po‘lat simdir. Bunday sim tarkibidagi mis miqdori 44–45% bo‘lib, simning solishtirma qarshiligi $0,03 \div 0,04$ mk Om ga teng. Bimetall simlarning tashqi diametri 1÷4 mm, σ_r

ning o'rtacha qiymati (simning butun kesimi bo'yicha) $550 \div 700$ MPa, $i = \Delta \ell / \ell \approx 21\%$ bo'ladi. Bir kilometr uzunlikdagi bunday simning diametriga nisbatan qarshiligi (normal sharoitda va o'zgaras tokda) 60 Om/km ni ($d=1$ mm bo'lganda) va 4 Om/km ($d=4$ mm bo'lganda) ni tashkil etadi. Bunday simlar elektr va aloqa liniyalarida ishlatiladi.

Mis. Solishtirma qarshiligi kichik bo'lib, ($\rho=0,017$ Om·m) mexanik mustaxkamligi katta, zanglashga chidamli, detallar yasashga va payvandlashga qulay xisoblanib, lekin defetsit metall. Misni olinish texnologiyasi asosan, sulfid rudalarini qayta ishlov jarayonida olinadi. Bir necha marta mis rudasini bug'lash, kuydirish eritish yo'li bilan elektrotexnikada keng qo'llaniladigan material olinadi. Misni qalay kremniy fosfor, beriliy, magniy va kadmiy bilan aralashmalari bronza deyiladi. Misni qo'rg'oshin bilan aralashmasi latun deyiladi. Bronza va latun misni xar xil mexanik xususiyatini yaxshilaydi masalan cho'zilishga chidamliroq bo'ladi.

Alyuminiy. Engil rangli metall zichligi (2,7 mg/m) misga ko'ra 3,5 marta engil. Solishtirma qarshiligi misga ko'ra 1,63 marta katta. Alyuminiy tezda oksid parda bilan qoplanadi. Bu uning yana zanglashidan saqlaydi. Alyuminiy qattiq eritmaları yuqori mustaxkamlikka ega. Alyuminiy o'zini mexanik mustaxkamligi juda kam bo'lganligi uchun eritmalaridan foydalaniladi masalan:

Aldrey 0,3-0,5% Mg, 0,4-0,7% Si va 0,2-0,3% Fe ga ega. Aldrey uchun $Q_r=350$ MPa $\Delta l/l = 6.5\%$. $\alpha_l=23 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ $\alpha_p=0,0036 K^{-1}$ $\rho = 0,317$ mkOm·m

Aldreyning mexanik mustaxkamligi misga yaqin bo'lsa ham alyuminiydek engil.

Po'lat - eng arzon mexanik mustaxkamligi katta material. Lekin misga ko'ra 6-7 marta o'tkazuvchanligi kam. O'tkazgich sifatida temir yo'lda, tramvay, metroda rels orqali tok o'tkazuvchi hollarda qo'llaniladi.

Volfram - Volframning asosiy harakteristikalari quyidagicha: juda og'ir, zichligi 19300 kg/m³; suyuqlanish temperaturasi $3380^\circ C$; yumshatilgan volframdan tayyorlangan buyumlarda: $\sigma_{ch}=(5-8) \cdot 10^4$ N/m²; $\rho=0,0503$ Om·mm²/m; qattiq volframdan tayyorlangan buyumlarda: $\sigma_{ch}=18 \cdot 10^5$ N/m²; $\rho=0,0612$ Om·mm²/m. Qarshilikning temperatura koeffitsiyenti $TK \rho=0,0048$ 1/ $^\circ C$.

Nixrom - 55-78% nikel, 15-23% xrom, 1,5% marganets va qolgan metallardan tuzilgan Fxral va Xromel – 3,5-5,5% alyumin, 12-25% xrom, 0,6% nikel, 0,7% marganets va qolgani temirdan tuzilgan.

Metallarning elektr o'tkazuvchanligi. Xaotik xarakatdagi elektronlarning tartibli oqimi, (Om qonuni), elektr maydondagi gaz holatidagi elektrionlarni to'qnashi natijasida energiya ajralishi ya'ni, qizishi Joulp–Lents qonuni bu kabi qonuniyatlar analitik usulda, eksperimental usulda elektr o'tkazuvchanlik, energiya isroflari aniqlandi. Bundan tashqari yana gaz va metallarda elektr o'tkazuvchanligida quyidagi gipotezalar yoritildi.

5. Zanjirda uzoq muddatli tok o'tganda bir xil metalli o'tkazgichlarda metall atomlarini bir biriga o'tishi kuzatilmaydi.
6. Metallarning yuqori temperaturada qiziganda erkin elektronlarni issiqlik xarakati ortadi, ba'zi yuqori tezlikdagi elektronlar metall sirtidan uchib potentsialning kuchi ostida bo'ladi.
7. O'tkazgichda to'satdan maydon ta'siri to'xtaganda harakat yo'nalishi, inertsia qonuni asosida elektronli gazlarning aralashuvi kuzatiladi. Bu esa o'tkazgichning

to'xtatilgan so'ngi qismlarida potentsiallar farqini yuzaga keltiradi va unga ulangan o'lchovchi asboblarning ko'rsatkichi shkala asosida og'adi.

8. Metall o'tkazgichlar magnit maydonida ko'ndalang magnit maydonida ko'ndalang EYuK xosil bo'lib, o'tkazgichning elektr qarshiligini o'zgartiradi.

O'tkazgichlarning solishtirma o'tkazuvchanlik va solishtirma qarshiligi.

Tok zichligi (A/M) va elektr maydon kuchlanganligi E (V/M) orasidagi munosabat quyidagi formula bilan ko'rsatiladi. (Om konuning differentsial formasi).

$$J=\gamma E$$

Bu formulada γ (simens/m) o'tkazgichning o'z xususiyatiga tegishli bo'lgan parametr bo'lib, uning **solishtirma o'tkazuvchanligi** deyiladi. Unga teskari bo'lgan qiymat **solishtirma qarshiligi** deyiladi. Qarshiligi R, uzunligi l va ko'ndalang kesimi yuzasi S bo'lgan o'tkazgich uchun o'lchov birliklari asosidagi munosabat quyidagicha bo'ladi.

$$\rho=RS/l$$

ρ solishtirma qarshilik o'tkazgichlarda 0,016 mOm'm dan (kumush uchun) 10 mOm'm gacha bo'lishi mumkin.

Solishtirma qarshilikning xarorat koeffitsienti. Temperatura oshsa metall o'tkazgichdagi bo'sh elektronlar soni bari bir o'zgarmaydi. Lekin kristal panjaralarining temperatura ta'sirida kengayishi natijasida elektr maydoni taosirida elektronlarning erkin yugirish masofasi kamayadi va natijada solishtirma elektr o'tkazuvchanligi kamayadi, solishtirma qarshiligi ortadi.

Toza metallarning qattiq holatidagi ideal gazlarning tarkalishini temperatura koeffitsientiga yaqin.

$$TK\rho = \alpha_\rho = 1/\rho * d\rho/dT$$

α_ρ ning qiymatlari ba'zi ferromagnit materiallar, metallar (temir, nikel, kobalt) uchun yuqori.

$$1/273=0,0037\text{ K}^{-1}$$

Metallarda issiqlik uzatilishi erkin elektronlarga bog'liq bo'lganligi uchun elektr o'tkazuvchanligi dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligidan yuqoriroq bo'ladi. SHuning uchun issiqlik o'tkazish hossasi ham dielektriklarnikiga nisbatan yuqori bo'ladi.

Metallarning solishtirma o'tkazuvchanligi yuqori bo'lsa ham γ yuqori bo'ladi. Yuqori temperaturalarda solishtirma o'tkazuvchanligi kamayganda γ_t/γ ko'tariladi.

$$\gamma_t/\gamma = L_0 T$$

Matematik ifodasi **Videman-Frants-Lorents qonuni** deyiladi.

T- termodinamik temperatura (K)

$$L_0\text{- Lorents kattaligi, } L_0=\pi^2 k^2/3e^2$$

$$K=1.38*10^{-23}\text{ J/K Boltzman doimiysi}$$

$$e=1.6*10^{-19}\text{ Kl elektron zaryadi.}$$

$$L_0=2.45*10^{-8}\text{ V}^2/\text{K}^2\text{ ga teng bo'ladi.}$$

Bu qonun ko'pchilik metallar uchun (marganets, berilliy mustasno) tegishli.

Ikki xil o'tkazgichlar tegib ketganda ularning kontaktlardagi potentsiallar farqi hosil bo'ladi. Sababi elektronlarning turli mineral tarkibi orqali yuzaga keladi. Elektronlarning kontsentratsiyasi A va V turli metallar orasidagi potentsiallar farqi.

$$U_A - V = U_V - U_A + K/e \ln n_{0A} / n_{0V}$$

U_A , U_V - potentsiallardagi elektronlarning kontsentratsiyasi. Agar kontaktlar joyidagi temperatura bir xil bo'lsa potentsiallar farki yig'indisi nolga teng. Agar temperatura har xil bo'lsa

$$U = U_{AV} + U_{VA}$$

Agar qotishmalarning temperaturasi turlicha, ya'ni biri T_1 bo'lib, ikkinchisi T_2 bo'lsa;

$$U = \psi [T_1 - T_2]$$

ψ - bir par o'tkazgich uchun termo EYUK koefitsienti.

Ikki xil metall yoki qotishma materialli izolyatsiyalangan o'tkazgichlardan temperaturalarini [termoparalar] o'lchashda keng qo'llaniladi.

O'tkazgichlarning mexanik xususiyatlarini cho'zishda mustaxkamlik chegarasi (kg/mm) va uzilish oldidan nisbiy cho'zilishi mo'rtligi va qattiqligi kabi xususiyatlari bilan ifodalanadi.

5.1-Topshiriq. Uzunligi $l=1$ m, kesim yuzasi $S=2$ mm² bo'lgan o'tkazgichning qarshiligi $T_1=20^\circ\text{C}$ haroratda $R_1=0,17$ Om va $T_2=40^\circ\text{C}$ haroratda $R_2=0,20$ Om bo'lsa, uning solishtirma qarshilik harorat koefitsientini toping.

5.2-Topshiriq. Qarshiligi 40 Om bo'lgan pech yasash uchun, radiusi 2,5 Om li chinni silindrga diametri 1 mm li nixrom simdan necha qavat o'rash kerak?

5.3-Topshiriq. Mis sim o'ralgan g'latakning qarshiligi $R=10,8$ Om mis simning og'irligi $R=3,41$ kg. G'altakka o'ralgan simning uzunligi va diametri d topilsin.

5.4-Topshiriq. Diametri 1 sm, og'irligi 1 kG bo'lgan temir sterjenning qarshiligi topilsin.

5.6-Topshiriq. Mis va alyuminiydan qilingan ikki tsilindirlik o'tkazgichning uzuligi va qarshiligi bir xil bo'lsa, mis sim alyuminiy simdan necha marta og'ir bo'ladi?

5.7-Topshiriq. Elektr chirog'i volfram ipining qarshiligi 20°C da 35,8 Om ga teng. 120 V kuchlanishli elektr tarmog'iga ulangan chiroq tolasidan 0,33 A tok o'tsa, uning temperaturasi qancha bo'ladi? Volfram qarshiligining temperatura koefitsient $4,6 \cdot 10^{-3}$ grad⁻¹ ga teng.

5.8-Topshiriq. Temir simli reostat, milliampetrmetr va tok generatori ketma-ket ulangan. Reostatning qarshiligi 0°C da 120 Om ga, milliampetrmetrning qarshiligi esa 20 Om ga teng. Milliampetrmetr 22 Ma ni ko'rsatib turibdi. Reostat 50°C gacha qiziganda milliampetrmetr qanchani ko'rsatadi? Temir qarshiligining temperatura koefitsienti $6 \cdot 10^{-3}$ grad⁻¹ ga teng. Generatorning qarshiligi hisobga olinmasin.

5.9-Topshiriq. Mis simli g'altak chulg'amining qarshiligi 14°C da 10 Om ga teng. Tokka ulangandan keyin chulg'amning qarshiligi 12,2 Om ga teng bo'lib qoladi. CHulg'am qancha temperaturagacha qiziydi? Mis qarshiligining temperatura koefitsienti $4,15 \cdot 10^{-3}$ grad⁻¹ ga teng.

Har bir talaba uchun topshiriq o'qituvchi tomonidan tavsiya etiladi.

5.10-Topshiriq. Ushbu TTT metodida talabalar ikki guruha bo‘linib, o‘tkazgich materiallarning avzallik va kamchiliklarini yozib, jadvalni kim ko‘p hamda tez to‘ldirishlarini sinab ko‘riladi.

O‘tkazgichlar

Mis

Alyuminiy

Avzalligi

Kamchiligi

Avzalligi

Kamchiligi

6-Amaliy mashg‘ulot

MAVZU: YARIM O‘TKAZGICHLAR.

Amaliy ishning maqsadi: Yarim o‘tkazgich materiallari - kremniy va germaniyni elektr o‘tkazuvchanligini xisoblash.

Asosiy qism.

Yarim o‘tkazgichli materiallar elektr o‘tkazuvchanligi xususiyatiga ko‘ra dielektriklar va metalli o‘tkazgichlar oralig‘ida joylashgan.

SHuningdek solishtirma elektr qarshilik ρ

O‘tkazgichlar uchun 10^{-4} - 10^4 Om* m

Dielektriklar uchun 10^8 - 10^{20} Om* m

Yarim o‘tkazgichlar uchun 10^4 - 10^7 Om* m ga teng. Metall o‘tkazgichlarda elektr qarshiligi xarorat oshirish bilan ortsa, dielektrik va yarim o‘tkazgichlarda esa aksincha ya’ni kamayadi. O‘tkazgichlarda erkin elektronlar miqdori juda ko‘p bo‘lib, yo‘naltirilgan oqim o‘tkazuvchanlik tokini ifodalaydi, yarim o‘tkazgichlarda esa erkin elektronlar ko‘p emas. Sababi shuki, valentli elektronlar o‘zlarining atomlari bilan aloqa bo‘ladi ya’ni erkin emas. Yarim o‘tkazgichlarda elektr tokining xosil bo‘lishi tashqi taosirlarning keng oralig‘ida bo‘lishi mumkin: isitish, nurlanish yoki aralashmalarni kiritish kabi hollar.

Bunda elektronlarning energiyasi ortib, tashqi kuchlanganlik ta’sirida atom qobig‘idan ajralib, yo‘naltirilgan oqim, ya’ni tok tashuvchisiga aylanadi.

Germaniy. Er tarkibida germaniy uncha ko‘p emas, bor yo‘g‘i $7 \cdot 10^{-4}\%$ xolos. Ximiyaviy qayta ishlashda germaniy tetroxlorid tashkil topib, yanada keyngi bosqichda germaniy dioksidi (GeO_2) oq rangli kukun olinadi. Vodorodli pechda 650 - 700°C

temperatura ostida kulrang holatga keltiriladi. Ko‘pincha texnologiyada atmosferadagi oltingugurt bug‘laridan ham (GeCl_4) olinadi.

Monokristall va polikristall strukturali ko‘pgina anorganik va organik yarim o‘tkazgich materiallardan elektrotexnikada, asosan, germaniy, kremniy, selen va kremniy karbidi ishlatiladi. Ulardan yarim o‘tkazgich asboblari ishlab chiqarishda keng ko‘lamda foydalaniladi.

Kremniy bilan germaniy olmossimon yarim o‘tkazgichlar jumlasiga kiradi, chunki ular olmosnikiga o‘xshash kristall strukturali bo‘ladi. Bu qirralarining uchlari va markazlarida uglerod atomlari joylashgan kubdir. Bundan tashqari, sakkizta kichkina kubning (oktantlarning) to‘rttasi markazida ham uglerod atomlari bo‘ladi (katta kub sakkizta kichik kubga bo‘linadi). Olmos tipidagi strukturada ko‘rib chiqilayotgan atomlarning har biri (germaniy yoki kremniy) shu atomlardan bir xil masofada joylashgan to‘rtta xuddi shunday atom bilan o‘ralgan va atomlarning har biri qo‘shni atom bilan kovalent bog‘lanish xosil qiladi.

Germaniy (Ge)–Mendeleev davriy sistemasining to‘rtinchi gruppasi elementi. Uni olishda ruxli va sulfidli rudalar boshlang‘ich xom ashyo bo‘lib xizmat qiladi. Murakkab ximiyaviy protsesslar natijasida germaniy quymasi olinadi, lekin uni hali yarim o‘tkazgich asboblari tayyorlash uchun ishlatib bo‘lmaydi, chunki tarkibida aralashma bo‘lib, monokristall strukturaga ega emas. Germaniy diodlar va fotoelementlar tayyorlashda keng ko‘lamda ishlatiladi.

Kremniy (Si)–Mendeleev davriy sistemasining to‘rtinchi gruppasi elementi. U tabiatda qumtuproq (SiO_2) xolida keng tarqalgan, qumtuproq kremniyning texnikaviy sortlarini tayyorlashda boshlang‘ich moddalardan hisoblanadi.

Zonali suyuqlantirish metodi bilan kremniy quymalarini tozalash natijasida qanday legirlovchi aralashma qo‘shilganligiga qarab elektr o‘tkazuvchanligi p – yoki r –tipda bo‘lgan monokristall kremniy olinadi.

Kremniy germaniyga qaraganda ko‘proq sohalarda ishlatiladi, chunki kremniy asosida tayyorlangan yarim o‘tkazgich asboblarning yuqori ish temperaturasi $130\text{--}200^\circ\text{C}$, germaniy asosida tayyorlanganlarniki esa $80\text{--}100^\circ\text{C}$. Bundan tashqari, undan radioelektronikada integral yarim o‘tkazgichli sxemalarda foydalaniladi.

Ayrim yarim o‘tkazgichlarni fizik kattaliklari 6.1-jadvalda keltirilgan.

6.1-jadval.

Xossalari	Germaniy	Kremniy	Selen
Atom og‘irligi	72,6	28,06	-
Atom xajmi	13,5	11,7	-
Doimiy panjara n.m.	0,566	0,542	-
Zichligi 20°C da $\text{Mg}/3^3$	5,3	2,3	4,8
CHiziqli kengayishda o‘rtacha temperatura koeffitsienti ($0 \div 100^\circ\text{C}$)	$6,0 \cdot 10^{-6}$	$6,0 \cdot 10^{-6}$	$50 \cdot 10^{-6}$
Issiqli uzatish koeffitsienti $V_t/(\text{mk})$	55	80	4
O‘rtacha solishtirma issiqlik sig‘imi ($0 \div 100^\circ\text{C}$) $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{k})$	333	710	330

Erish temperaturasi $^{\circ}\text{C}$	936	1414	217-220
Solishtirma erish issiqligi J/kg	$4,1 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^6$	$64,2 \cdot 10^3$
Ustki tortilish koeffitsienti (erish temperaturasida) N/m	0,6	0,72	0,11
Xususiy solishtirma qarshiligi 20°C da Om·m	0,47	2000	-
Asosiy tashuvchi xususiy tarkibi $^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{19}$	$1 \cdot 10^{15}$	-
Ta'qiqlovchi zonasining kengligi EV	0,72	1,12	$1,7 \div 1,9$
Elektronlarning siljishi $\text{m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$	0,39	0,14	-
Teshiklarni siljishi $\text{m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$	0,19	0,05	$0,2 \cdot 10^4$
Elektronlarni ishga chiqishi EV	4,8	4,3	-
Birinchi ionlashtiruvchi potensialV	8,1	8,14	9,75
Dielektrik singdiruvchanligi	16	12,5	-
Termo EYUK $\Delta T=100 \text{ K}$, mV	33	41,6	-

6.1-Topshiriq. Kremniy va germaniy uchun donorning ionlanish energiyasi ΔW_d va uning elektron orbitasining borov radiusi r_d vodorodsimon atom modeliga yaqinlashishida xisoblansin. Elektronning effektiv massasini m_n topishda kremniy va germaniy uchun mos ravishda $0,5m_0$ va $0,2m_0$ olinsin. Yarim o'tkazgichlar uchun dielektrik singdiruvchanlik: $\epsilon_{Si}=12,5$; $\epsilon_{Ge}=16$ olinsin.

Yechish: Aralashmaning Vodorod atomi modelini qabul qilib, donorlarning ionlanish energiyasini $\Delta W_d = W_0 m_n / (\epsilon^2 m_0)$ ifoda orqali aniqlash mumkin, bu yerda vodorod atomining ionlanish energiyasi $W_0 = 13,6 \text{ eV}$. Shu qatorda donor orbitasining radiusi $r_d = \epsilon r_0 m_0 / m_n$ ifodadan topiladi, bu yerda vodorod atomining birinchi borov orbitasi radiusi- $r_0 = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$.

Kremniy uchun $\Delta W_d = 13,6 \cdot 0,5 / (12,5)^2 = 0,043 \text{ eV}$, $r_d = 12,5 \cdot 5,3 \cdot 10^{-11} / 0,5 = 1,32 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1,32 \text{ nm}$.

Germaniy uchun $\Delta W_d = 0,01 \text{ eV}$, $r_d = 4,24 \text{ nm}$.

6.2-Topshiriq. $a = 0,2 \text{ mm}$ qalinlikdagi yarim o'tkazgich plastinka a bo'ylab yo'nalgan magnit maydoniga joylashgan. Yarim o'tkazgichning solishtirma qarshiligi $\rho = 10^{-5} \text{ Om}\cdot\text{m}$ va magnit maydoni induktsiyasi $V = 1 \text{ Tl}$. Maydonga tik ravishda plastinka bo'ylab $I = 0,1 \text{ A}$ tok berilgan. Natijada $U = 3,25 \cdot 10^{-3} \text{ V}$ ko'ndanlang potentsiallar ayirmasi hosil bo'ladi. Yarim o'tkazgichdagi zarrachalarning harakatchanligi aniqlansin.

VARIANT

N _o	a , (mm)	ρ (Om·m)	V (Tl)	I (A)	U (V)
1	0,3	10^{-5}	2	0,3	$3 \cdot 10^{-3}$
2	0,4	11^{-5}	3	0,4	$4 \cdot 10^{-3}$
3	0,5	12^{-5}	4	0,3	$5 \cdot 10^{-3}$
4	0,6	15^{-5}	5	0,6	$2 \cdot 10^{-3}$
5	0,7	13^{-5}	6	0,7	$6 \cdot 10^{-3}$
6	0,8	10^{-5}	7	0,2	$3 \cdot 10^{-3}$
7	0,4	11^{-5}	8	0,4	$4 \cdot 10^{-3}$

8	0,6	12^{-5}	9	0,6	$5 \cdot 10^{-3}$
9	0,5	15^{-5}	10	0,5	$2 \cdot 10^{-3}$
10	0,4	13^{-5}	7	0,4	$6 \cdot 10^{-3}$

Nazorat savollari

1. Yarim o'tkazgichlarni tushuntirib bering?
2. Texnikada qanday yarim o'tkazgichlar qo'llaniladi?
3. Yarim o'tkazgichli diod deb nimaga aytiladi?
4. Donor va akseptorni aralashmali atomlarning o'zaro farqlari nimada?

7-Amaliy mashg'ulot

Mavzu: Magnit materiallarining xarakteristikasini aniqlash.

Amaliy ishning maqsadi: Magnit materiallarini parametrlari va magnit singdiruvchanligi hisoblash.

Asosiy qism.

Ferromagnit materialining magnitlanish jarayoni gisterezis egri chizig'i $B(H)$ bilan ifodalanadi va u barcha ferromagnitlarda bir-biriga o'xshash bo'ladi.

Materiallarning nisbiy magnit singdiruvchanligi magnit induktsiyasi (B) ning magnit maydoni kuchlanganligiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\mu_r = \frac{B}{\mu_0 H}$$

Magnit materiallarning magnit singdiruvchanligi birdan yuqori $\mu_0 \gg 1$ ($\mu_r = \mu_0 \cdot \mu$, $\mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6} \text{ Gn/m}$) bo'ladi.

Ferromagnit materiallarning magnit singdiruvchanligi haroratga bog'liq bo'lib, Kyuri nuqtasiga yaqin qiymatlarda μ_r o'zining yuqori qiymatiga erishadi. Kyuri nuqtasidan yuqori haroratlarda spontan magnitlanish sohasida issiqlik harakati buzilib, materialning magnit xossasi yo'qoladi. Chulg'amda magnit o'zak bo'lmaganda magnit induksiya qiymati undan o'tayotgan tok hisobiga sodir bo'ladi. Agar chulg'amga magnit o'zak kiritilgan, elektr toki hisobiga sodir bo'ladigan magnit maydoni o'zakni yanada magnitlab, qo'shimcha kuch chiziqlari hosil bo'lishi natijasida magnit induktsiyasining yoki magnit oqimining keskin oshishiga olib keladi. O'zak kesim yuzasidan hosil bo'ladigan qo'shimcha kuch chiziqlari qayta magnitlanish deyiladi va i bilan belgilanadi.

Bu qiymat magnit maydon kuchlanganligi (H) va magnit materiali sifati (x) ga yoki jismning magnit qabul qilish koeffitsienti $j = xH$ ga bog'liq. Chulg'amga magnit o'zak kiritilgandan so'ng magnit induktsiyasining ko'paygan qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$B' = \mu_0 (H + j) = \mu_0 (H + xH) = \mu_0 H (1 + x) = \mu' H,$$

bunda: $\mu' = \mu_0 (1 + x)$ – magnit materialining magnit singdiruvchanligi.

Magnit materiali sifatini aniqlashda nisbiy magnit singdiruvchanlik kattaligidan foydalaniladi:

$$\mu = \mu' / \mu_0 = 1 + x$$

Magnit singdiruvchanlik chulg'amga magnit o'zak kiritilganda magnit oqimining ko'payishini bildiradi. Bu yuksalish bir necha o'n ming martagacha ortadi.

Uzunligi L , kesim yuzasi S bo'lgan o'zakning magnit qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_\mu = L / \mu' S = L / \mu \cdot \mu_0 S.$$

Shunday qilib, g'altakka o'zak kiritilishi natijasida magnit qarshiligi μ ga bog'liq ravishda kamayadi.

Magnit singdiruvchanligi bo'yicha barcha qattiq jismlar sust (diamagnit $\mu < 1$, paramagnit $\mu < 1$) va kuchli magnit materiallarga (ferromagnit $\mu \gg 1$) bo'linadi. Magnit materiallari sifatida kuchli magnit materiallar qabul qilinib, ular magnit maydon

kuchlanganligiga kuchli ravishda bog'liq bo'ladi. Magnit induksiyasi B va magnit maydon kuchlanganligi H o'rtasidagi bog'liqlik $[B=f(H)]$ magnit materialining magnitlanish egri chizig'i deb ataladi. Bunda magnit material $H=H_T$ qiymatda to'yinadi.

Magnit singdiruvchanlikning haroratga qarab o'zgarishi magnit singdiruvchanlikning harorat koeffitsienti bilan aniqlanadi:

$$TK\mu_r = \alpha\mu_r = (1/\mu_r t)(d\mu_r / dt).$$

Agar ferromagnit tashqi magnit maydoni ta'sirida asta-sekin magnitlansa va ma'lum qiymatdan so'ng maydon kuchlanganligi pasaytira borilsa, induksiya ham kamaya boradi. Lekin bu kamayishi asosiy chiziq bo'ylab emas, balki ma'lum kechikish bilan (gisterizis hodisasi tufayli) ro'y beradi. Maydon kuchlanganligi teskari yo'nalishda oshirilganda material magnitsizlanishi, o'ta magnitlanishi mumkin va magnit maydon yo'nalishi yana o'zgartirilsa, induksiya yana asl holatiga qaytadi, ya'ni gisterizis halqasi paydo bo'ladi.

Magnit material bo'lmaganda o'ramlari soni n ta bo'lgan sim chulg'amidan tok o'tkazish orqali magnit oqimi hosil qilish mumkin. Agar o'ramdagi simning kesim yuzasi S , chulg'am uzunligi L bo'lsa, magnit oqimi F quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \mu_0 n j S / L$$

yoki boshqacha ko'rinishda:

$$F = F / R_\mu Vb,$$

bunda: F – magnit yurituvchi kuch, A; $R_\mu = L / \mu_0 S$ – magnit qarshilik, Gn^{-1} .

Magnit oqimining zichligi yoki magnit induksiyasi:

$$B = F / S = \mu_0 H V b / m^2.$$

Magnit material uchun chizilgan $B=f(H)$ xarakteristikadan foydalanib, magnit singdiruvchanlik μ_r ning magnit maydon kuchlanganligi (H) ga bo'lgan bog'liqligi aniqlanadi.

7.1-Topshiriq. O'rtacha diametrli halqali ferrit o'zak $d_{o'r} = 25$ mm uzunligi 1 mm bo'lgan havo bo'shlig'iga ega. Agar 500 o'ramli o'zakdan 0,17 A tok oqib o'tsa, magnit induksiya $B_0 = 0.1$ Tl hosil bo'ladi. Ferritning magnit singdiruvchanligini aniqlang.

Echish: To'la tok qonuniga asosan $H_M l_M + H_0 l_0 = nI$, bu erda H_M , H_0 – havo oralig'idagi magnit maydonning kuchlanishi; l_M – konturning o'rtacha uzunligi – magnit induksiyaning o'zakdagi yo'li, l_0 – bo'shliqning uzunligi.

Magnit induksiya yo'llari uzluksiz bo'lgani uchun magnit induksiyasi o'zakda $B_0 = B_0$ teng bo'ladi.

$B_M = \mu_0 \mu H$, $B_0 = \mu_0 H_0$ hisobga olgan holda, $B_0 l_M (\mu_0 \mu) + B_0 l_0 / \mu_0 = nI$ olamiz. bundan magnit singdiruvchanligi

$$\mu = \frac{B_0 l_M}{\mu_0 n l - B_0} = \frac{B_0 (\pi d_{o'r} - l_0)}{\mu_0 n l - B l_0} = \frac{0,1 \cdot (\pi \cdot 25 \cdot 10^{-3} - 10^{-3})}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 500 \cdot 0,17 - 0,1 \cdot 10^{-3}} = 1140$$

VARIANT

№	I (A)	$d_{o'r}$ (mm)	l (mm)	B_0 (Tl)
1	0,12	19	1	0,1

2	0,10	20	2	0,2
3	0,15	22	3	0,09
4	0,20	24	2,5	0,1
5	0,13	26	4	0,2
6	0,18	28	3,5	0,15
7	0,14	30	5	0,25
8	0,15	32	3,8	0,18
9	0,17	34	3,6	0,2
10	0,19	36	4	0,3

7.2-Topshiriq. Temir halqa markazidan uning tekisligiga tik ravishda uzun to'g'ri sim o'tkazilgan bo'lib, simdan 25A tok o'tadi. Halqa kesimi to'rtburchak shaklda bo'lib, o'lchamlari $l_1=18$ mm, $l_2=22$ mm va $h=5$ mm. Halqa kesimining istalgan nuqtasidagi induktsiyani taxminan bir hil va o'rta chiziqdagi induktsiyaga teng deb hisoblab. Halqa yuzidan o'tuvchi F magnit oqimi topilsin.

Nazorat testlari

1. Qanday materiallar magnit materiallar deb ataladi

- A) Magnit oqimini keskin kuchaytirish uchun qo'llaniladigan materiall
- V) Materiallarni magnit hossalari elektr zaryadlarning ichki harakatiga asoslangan materiallardir
- S) Tashqi magnit maydoni ta'sirida magnitlanish hossasiga ega materiallar magnit materiallar deb ataladi
- D) Elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirishda qo'llaniladigan materiallar

2. Magnit materiallar asosan 2 turga

- A) kuchsiz, kuchli.
- V) kuchli, ferrit.
- S) kuchsiz, diamagniyet.
- D) diamagnit, paramagnit.

3. Diamagnitlarning magnit sindiruvchanligi

- A) $\mu < 1$
- V) $\mu > 1$
- S) $\mu \gg 1$
- D) $\mu = 1$

4. Paramagnitlarning magnit sindiruvchanligi

- A) $\mu < 1$
- V) $\mu > 1$
- S) $\mu \gg 1$
- D) $\mu = 1$

5. Ferritlarning magnit sindiruvchanligi

- A) $\mu < 1$
- V) $\mu > 1$
- S) $\mu \gg 1$
- D) $\mu = 1$

ADABIYOTLAR:

1. Kamolov SH.M., Axmedov A.SH., Elektrotexnika materiallari.– Toshkent “O‘qituvchi” nashriyoti. 1994.
2. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы.–Л., «Энергоатомиздат», издание 2/перераб., 1998.
3. A.SH.Axmedov, “Elektr texnika materiallari” fanidan o‘quv qo‘llanma, Tosh DTU. Toshkent, 2004.
4. Никулин В.Н. и др. Электротехническое материаловедение. Лаб. Раб.: Методическое пособие,–М.: Изд. МЭИ. 2001.

QO‘SHIMCHA ADABIYOTLAR

1. Маёфис И.М. Химия диэлектриков. – М., “Химия”, 1981.
2. Ренне В.Т. Электротехнические материалы – Л., 1984.
3. A.X.Eraliev, “Dielektriklar”, o‘quv qo‘llanma. FarPI. Farg‘ona, 2012 y.
4. Sulliev A.X. Elektr texnika materiallari.– Toshkent. 2017 y.
5. Арзамасова Б.Н. «Материаловедение». – М., “Машиностроение”, 1986 г.
6. Materials science and engineering. William D. Calister, Jr. David G. Rehtwisch. States of America. 2014.
7. Корицкий «Электротехнический материалы». – М., «Энергия», 1976 г.
8. Тареев Б.М. “Физика диэлектрических материалов”. М – “Энергия”, 1973 г.
9. Справочник по электротехническим материалам. – М., “Энергоатомиздат”, в 3 т., 1986–1988 .
10. Majidov S. Elektrotexnikadan uscha–o‘zbekcha lug‘at. – Toshkent, “O‘qituvchi”, 1983.
11. Internetdan olingan ma’lumotlar: <http://www.set-svl.narod.ru/>,
<http://www.techno.edu.ru/>

OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI QO'QON FILIALI**

“MUHANDISLIK TEHNOLOGIYALARI” kafedrası

"Elektr texnika, elektr mexanika va elektrotexnologiya"
yo'nalishi talabalari uchun

**«ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR»
FANIDAN**

**LOBORATORIYA MASHG'ULOTLARINI
BAJARISH UCHUN**

USLUBIY KO'RSATMA



Qo'qon–2021

LABORATORIYA ISHLARINI BAJARISH USLUBI

Laboratoriya ishlarini bajarishdan avval talabalarni xavfsizlik texnikasi qoidalari bilan tanishtirish zarur. Talabalar ayniqsa, yuqori kuchlanishli qurilmalardan ishlaganda bu qoidalarga qat'iy rioya qilishlari shart.

Laboratoriya ishlarini bajarishdan bir necha kun avval talabalar ishlarni bajarish grafigi va ularning bajarilishi tartibi bilan tanishtiriladi. Talabalar laboratoriya ishini bajarishga tayyorlanayotganlarida ushbu qo'llanma bo'yicha uning mazmuni bilan tanishib chiqishlari shart. Bundan tashqari, o'qituvchi tavsiya etgan o'quv qo'llanmadan nazariy materialni takrorlab chiqishlari kerak.

Talabalar laboratoriya ishlarini bajarishning quyidagi qoidalariga amal qilishlari lozim.

1. Ish o'rnini laboratoriya ishlarini bajarish jadvaliga qarab egallash kerak.
2. O'qituvchining ruxsatisiz ish o'rnidan ketmasligi lozim.
3. Topshiriqni olgandan so'ng yana bir bor ish bilan tanishishi, topshiriqqa oid nazariy materiallarni ishlab chiqish va sinash ustanovkasi sxemasini chizish hamda sxema bo'yicha og'zaki tushuntirishga tayyorlanishi lozim.
4. Ish bajarishdan avval yerga ulash o'tkazgichni yaroqliligini va yuqori kuchlanishli qismlarining to'silganligini tekshirish kerak.
5. Elektr qurilmalarini o'qituvchining ruxsatisiz ulamaslik lozim.
6. Yuqori kuchlanish ulangandan so'ng simlar xatto izolyatsiyalangan bo'lsa ham, ularga tegish mumkin emas.
7. Talaba sxemani ulashga o'qituvchidan ruxsat olgandan so'ng kuchlanishni ulayotganda yonida birga ishlayotganlarini "ulayapman" degan so'z bilan ogohlantirish kerak.
8. Ishni tugatgach xisobotni o'qituvchiga ko'rsatib, ish o'rnini tartibga solib, faqat o'qituvchi ruxsat bergandan keyin laboratoriya xonasidan chiqish kerak.

1- LABORATORIYA MASHG'ULOTI

IZOLYATSION MATERIALLARINING ELEKTR O'TKAZUVCHANLIGI

Ishning maqsadi: Tarkibi va namligi turlicha bo'lgan dielektriklarning solishtirma qarshiliklari kattaligini tajriba yo'li bilan tekshirish

Jihoz va o'lchov asboblari

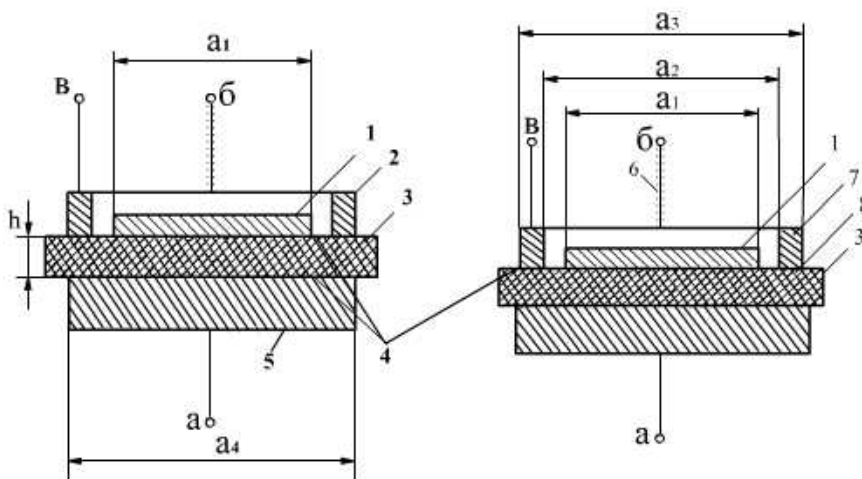
Dielektrikning solishtirma hajm va solishtirma sirtiy elektr qarshiliklarini aniqlashda diametri yoki eng kichik o'lchami shu dielektrikka mos bo'lgan dielektrik namunalari ishlatiladi. GOST elektrodslarni uch xil (1.1-jadvalda) variantini tavsiya etadi. Namunalarning kattaliklariga qarab kerakli variant tanlab olinadi.

Yassi namunalarning solishtirma hajm va solishtirma sirtiy qarshiliklarini aniqlashda elektrodslarning standart o'lchamlari.

1.1-jadval

	Elektrodlar o'lchamlari, sm			
	1	2,5	5	7,5
Ichki diametr	1,4	2,9	5,4	7,9
Tashqi diametr, kamida	1,8	3,9	7,4	10,0
Diametr, kamida	2,0	4,0	7,4	10,0

Namunalarda darzlar, sinib uchgan, ezilgan joylar, iflosliklar, shuningdek tob tashlagan joylar bo'lmasligi kerak; ular namunalarning elektrodslarga zich yopishishiga to'sqinlik qiladi.

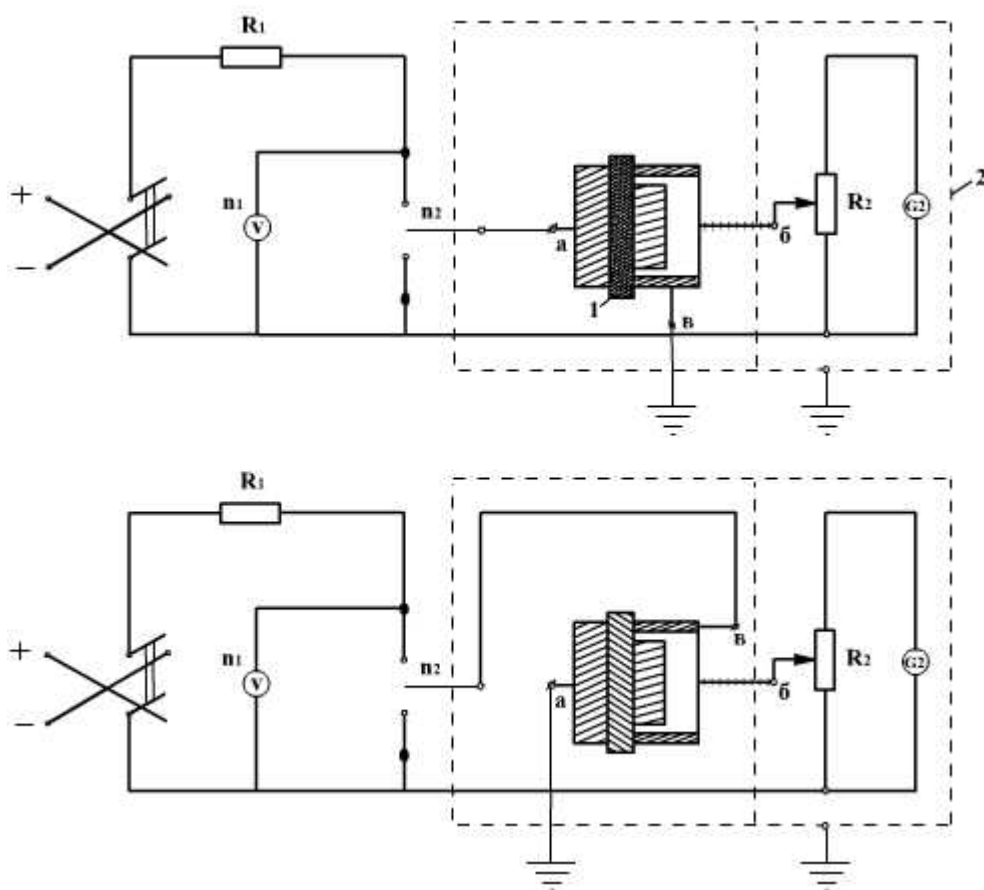


1.1–rasm. Dielektriklarning solishtirma sirtiy va hajmiy qarshiliklarini aniqlash sxemasi.

Kattalik dielektriklarning dumaloq yoki kvadrat shaklidagi eni 4 sm va undan ortiq bo'lgan plastinkalardan iborat. Elektrodlar qalinligi 0,01...0,03 mm bo'lgan qulay (1.1-rasm) yoki yumshatilgan alyuminiy folgadan qirqib olinadi. Folzgadan qirqib

olingan elektrodlar yupqa qatlam qilib vazelin yoki transformator moyi surtilgan dielektriklarga yelimlab yopishtiriladi.

Sinayotgan har bir stolga buralgan tayanch izolyatorga mahkamlangan pastki metall elektrod 5 ga (1.1-rasm) o'rnatiladi. Yuqoridagi ikkita folpga elektrodga latun yoki po'latdan ishlangan metall elektrodlar 1 va 2 qo'yiladi. 1 va 2 elektrodning diametrlari shunga mos alyuminiy folgadan ishlangan elektrodlar diametriga teng, balandligi esa 40...50 mm bo'lishi kerak.



1.2 – rasm. Dielektriklarning solishtirma sirtiy va hajmiy qarshiliklarini aniqlashning prinsipial sxemasi.

Sinash qurilmasida (1.2-rasm) dinamik doimiylik S_d ga ega bo'lgan (bu doimiylik 10^{-9} A/mm dan oshmasligi kerak) magnitoelektrik sistemadagi ko'zgu galvonometri 3 dan hamda o'lchash chegarasi 100 dan 1000 V gacha elektrostatik sistema bo'lgan voltmetr V dan o'lchov asbobi sifatida foydalaniladi. Dielektrik namuna teshilganda vujudga keladigan katta toklardan ximoya qilish uchun sxemaga kattaligi ... dan kichik bo'lmagan ximoya qarshiligi R_1 ulanadi. Galvonometrغا parallel qilib shunt soni 1/10000 dan 1/1 gacha bo'lgan rastlash bosqichi bor bo'lgan R_2 shunt ulanadi. Sxema kuchlanishi 100 dan 1000 V gacha chegarada ravon o'zgartirish mumkin bo'lgan doimiy tok manbaidan ta'minlanadi. Pereklyuchatel PI dielektrik namunadagi elektrodlar qutblarini o'zgartirishga imkon beradi.

Ishni bajarilish tartibi

1. Solishtirma sig'im elektr qarshiliklarini ρ_v o'lchash uchun (1.1-rasm) sxema yig'ish va dielektr namunani ulang.
2. Tok kuchi haddan tashqari ko'payib ketganda galvanometr ishdan chiqmasligi uchun shunt R_2 dastasini eng kichik shunt soni 1/1000 ga mos holatga qarang.
3. Sinalayotgan namunaga berilayotgan kuchlanishli qurilmaning to'sig'ini berkiting.
4. Pereklyuchatel II-I ni ulang va voltmeter V ko'rsatishini, ya'ni elektrodlar 1 hamda 5 orasidagi kuchlanish U-ni 2 chi jadvalga yozing.
5. Pereklyuchatel P2 ni ulang va shu bilan birga dielektrik namuna 3 ga kuchlanishini uzating.
6. Shuntni galvanometr strelkasining qulay hisoblanadigan og'ishigacha shkalaning 5 dan 30 mm gacha asta-sekin suring. Galvanometrning ko'rsatishini yozib olgandan so'ng shunt dastasini shunt soni 1/1000 ga mos bo'lgan dastlabki holatiga keltiring.
7. Dielektrik namunaga kuchlanish berilgandan so'ng galvanometrning 1 minutdan keyin og'ish α ni bering.
8. Galvanometr orqali o'tadigan tok kuchi I_v ni quyidagi ifoda orqali hisoblang:

$$I_v = \frac{dC_D}{w}$$

bu yerda d - galvanometrning og'ishi, mm;

C_D - galvanometrni dinamik doimiysi, A/mm;

w - shunt soni (galvanometr tokning shunt tokiga nisbati)

9. Dielektrik namunaning hajm elektr qarshiligini Om qonuni bo'yicha hisoblang:

$$R_v = \frac{U}{I_v} = \frac{U_m}{\alpha C_D}$$

10. Solishtirma hajm elektr qarshiligini quyidagi ifodalar orqali hisoblang:

$$\rho_v = R_v \cdot \frac{S}{h} = R_v \cdot \frac{\frac{\pi}{4} d_1^2}{h} = \frac{U_n}{\alpha C_D} \cdot \frac{\frac{\pi}{4} d_1^2}{h} = \frac{U \pi d_1^2 n}{4 \alpha C_D h} \quad Om \cdot sm$$

bu yerda d_1 - o'lchash elektrodi diametri, sm.

11. O'lchashlar va hisoblashlar nitijalarini 2-jadvalga yozing.

12. Solishtirima sirtiy elektr qarshilik ρ_s ni o'lchash uchun sxema yig'iladi (1.2-rasm). Yuqoridagi ish tartibi qaytariladi.

13. 2-6 bandlarda ko'rsatilgan amallar takrorlanadi.

14. Sirtiy sig'im tok kuchi I_s ni galvanometr 3 yordamida hamda elektrodlar 1 va 7 orasidagi kuchlanish U ni voltmeter V yordamida aniqlang.

15. Sirtiy qarshilik R_s (Om) ni quyidagi ifodadan hisoblang:

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

16. Solishtirma sirtiy elektr qarshiligi (Om) quyidagi ifodadan hisoblang:

$$\rho_s = R_s \frac{S}{L}$$

1 va 7 elektrodlar uchun dielektrik sirti bo'yicha tok sirqishining o'tgan yo'li uzunligi elektrodlar orasining kengligiga teng, ya'ni

$$L = \frac{d_2 - d_1}{2}$$

Ayni holda elektrodini shartli kesmi S' diametrlar yig'indisining yarmiga teng, $\frac{d_2 + d_1}{2}$. Shartli kesim kattaligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$S' = \pi \frac{d_2 + d_1}{2}$$

u holda,

$$\rho_s = R_s \frac{\pi(d_2 + d_1)}{d_2 - d_1}$$

Solishtirma sirtiy qarshilik ρ_s ni aniqlashni ko'rib chiqilgan bu usuli xarakteristikaning taxminan hisoblash usuli yetarli.

17. O'lchashlar va hisoblashlar nitjasini 1.2-jadvalga yozing

1.2-jadval

№	Sinalayotgan materialning nomi	d ₁ , sm	d ₂ , sm	d ₃ , sm	d ₄ , sm	Hisoblanadi							
						h, cm	U ₁ , B	I _v , A	R _v , Om	$\rho_{v, CM \cdot M}$	I _s , A	R _s , Om	ρ_s, CM

Sinash uchun savollar:

1. Nima uchun kattalik dielektriklarda hajm va sirtiy qarshiliklar bo'ladi?
2. Solishtirma sig'im ρ_v va solishtirma sirtiy ρ_s elektr qarshiliklari qanday birliklarda o'lchanadi va ular qanday hisoblash mumkin?
3. Dielektrik namunaning q namligi va temperaturasi o'zgarganda va ρ_s kattaliklar qanday, nima uchun o'zgaradi?

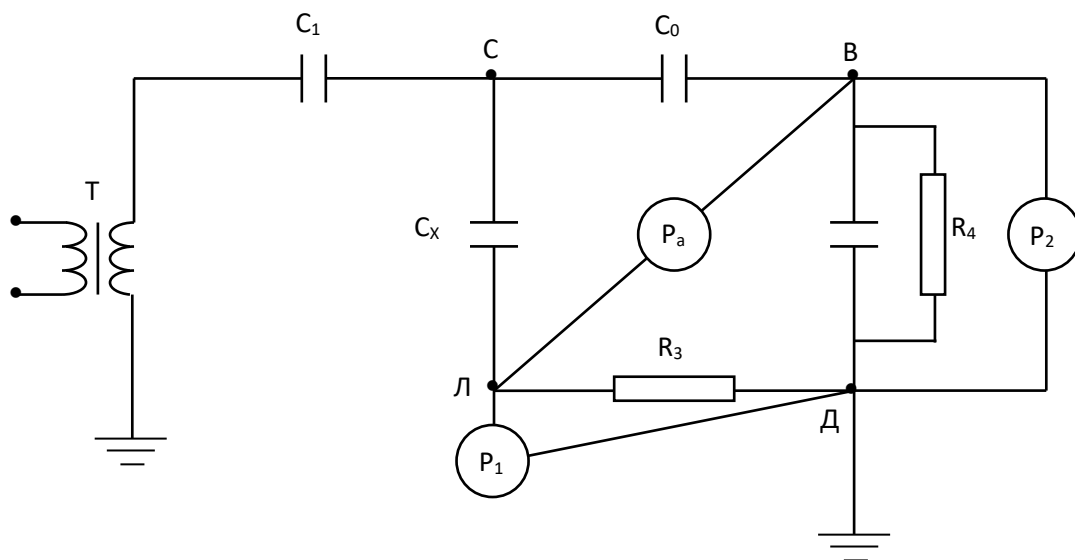
2-LABORATORIYA MASHG'ULOTI

QATTIQ DIELEKTRIKLARDA DIELEKTRIK SINGDIRUVCHANLIGINI VA DIELEKTRIK ENERGIYA ISROFINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Dielektrik singdiruvchanlik va dielektrik isroflarning burchak tangensi haqidagi tushunchani mustahkamlash.

O'lchov asboblari va jihozlar

Dielektrik sindiruvchanlik va dielektrik isroflarining burchak tangensini o'lchash uchun R5026 o'zgaruvchan tokdagi ko'prikan foydalaniladi.



2.1–rasm. R–5026 ko'prigining ulanish sxemasi.

Ish bajarish tartibi

Past kuchlanish bilan ishlash.

Ko'prikan quyidagi holatlarni o'rnatish:

"chuvstvitelnost" dastasini – "vikl" holatiga:

- Qarshiliklar magazini $R_3 - 50 \text{ Om}$ ga;
- Ko'prikan kondensatori $S_4 - 0,001 \text{ mkf}$ ga;
- "A" dastasini – taxminiy o'lchanuvchi sig'im qiymatiga;
- "V" dastasini – " $\text{tg } \delta$ " holatiga qo'yish.

1. Ko'prikan panelidagi "set" tumblari yordamida mikroampermetr yoki galvanometr yoritgichni ulan va shkalaning nol bo'linmasi yonida ingichka yorug' chiziq paydo bo'lishiga ishonch hosil qiling.
2. "Chuvstvitelnost" dastasini shunday holatga qo'yinki, bunda mikroampermetr ko'rsatkichi 30-35 mkA ga og'sin.
3. Sozlash dastasi "A" ni aylantirib mikroampermetr ko'rsatkichini minimal qiymatga erishish. Bunda "K" tugmasini bosish man etiladi.

4. Qarshiliklar magazini R_3 va sig'im S_4 ning dastalarini sekin surib borib shunday kattalikni tanglanki, bunda yorug' chiziqli minimal kenglikda bo'lsin.
5. Ko'priknı muvozanatlash quyidagi sezgirlikda, ya'ni R_3 va C_4 ni ruxsat etilgan asosiy xatolikni $1/2$ qiymatga teng bo'lib, mikroampermetr ko'rsatkichining og'ish $0,5$ mm dan kam bo'lmagan holda tugallanadi.
6. S_4 va R_3 ni qiymatlarini va qutbiylik pereklyuchateli "B" ni ko'prikdagi holatini yozib oling.
7. Qutbiylik pereklyuchateli "B" ni boshqa holatga qo'yib S_4 va R_3 ni qiymatini yozib oling. Kerak bo'lsa, ko'priknı qo'shimcha muvozanatlang va S_4 , R_3 ni qiymatini yozib oling.

O'lchashlarnı tugallagandan so'ng "chuvstvitelnost" pereklyuchatelnı "vikl" holatiga qo'yib, "set" tumblerini tarmoqdan uzib qo'ying.

Sig'im sxema va dielektrik isrofning burchak tangensi $\text{tg } \delta$ quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi.

$$C_x = C_o N \frac{3183}{R_3}$$

bu yerda C_o – namunaviy kondensator sig'imining haqiqiy qiymati;

N – pereklyuchatel ko'paytmasi (1 yoki 0,1);

R_3 – ko'prikdagi yig'ilgan qarshiliklar qiymati.

$$\text{tg } \delta = NC_4$$

"A" pereklyuchateli "2" yoki "3" holatga qo'yilgan. Bunda, "N", "I" holatga qo'yilgan.

S_x va $\text{tg } \delta_x$ ni "A" pereklyuchateli holatiga mos keluvchi ifodalari:

$$C_x = 200 \cdot C_o \cdot \frac{150 - S + R_3}{R_3}$$

bu yerda C - o'zgaruvchan potensiometrdaqi qiymat

$$\text{tg } \delta_x = C_4$$

$$C_x = 2000 \cdot C_o \cdot \frac{150 - S + R_3}{R_3} \quad \text{tg } \delta_x = C_4$$

C_4 - ko'prikdagi qiymat

«A» pereklyuchateli «4» holatga «N» esa «0,1» holatga qo'yilgan. U holda, S_x va $\text{tg } \delta_x$ ning qiymatlari quyidagi aniqlanadi:

$$C_x = \frac{4 \cdot 318,3 \cdot 10^3}{R_3}$$

$$\text{tg } \delta_x = 0,1 \cdot C_4$$

Elektroizolyatsiya materiallaridagi dielektrik ifodalari:

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

bu yerda, R_a -dielektrikda yo‘qotilgan quvvat, V_t
U-kuchlanish, V.

$\omega = 2\pi f$ - burchakli chastota, Gs.

S - sig‘im, F.

$\tan \delta$ - dielektrik isrofning burchak tangensi.

Tekshirilayotgan dielektrikning dielektrik singdiruvchanligi

$$E = \frac{3,6\pi C_x h}{d^2}$$

bu yerda S_x - namuna sig‘imi, pF,

r-namuna qalinligi, sm,

d - o‘lchovli elektrod diametri, sm

Nazorat uchun savollar:

1. Dielektrik isrofning burchak tangensi deganda nimani tushunasiz va elektrotexnik qurilma izolyatsiyasi $\tan \delta$ ning ortish nimani ko‘rsatadi?
2. Kondensator sig‘im va elektr qurilmalari izolyatsiyasi qanday birliklarda o‘lchanadi?
3. Izolyatsiyadagi energiya (quvvat) isroflari nimaga bog‘liq va izolyatsiyaning qanday holatida bu isroflar ortadi?

3- LABORATORIYA MASHG‘ULOTI

TRANSFORMATOR MOYINING SHARTLI QOVUSHQOQLIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Shartli qovushqoqlikni aniqlaydigan qurilma va uni aniqlash usullari bilan tanishish.

Ishni bajarish tartibi:

1. Idish 10 dagi teshik 3 ni (3.1-rasm) sterjen 4–bilan berkiting va qopqoqni yoping.
2. Viskozimetr VU ning toza idish 10 ga sinaladigan suyuqlikni ko‘rsatkich II ning o‘tkir uchta uchiga tekuncha qo‘ying.
3. Hammomga zarur miqdorda vodoprovod suvi qo‘ying va termometr o‘rnating.
4. Hammomni elektr isitish asobobi 2 yordamida sinalayotgan suyuqlik uchun qabul qilingan zarur temperaturaga asta-sekin isiting. Sinalayotgan suyuqlikning temperaturasi berilgan kattalikka yetgach hammomdagi suyuqlikning temperaturasi sinalayotgan suyuqlik temperaturadan ko‘pi bilan $0,2^{\circ}\text{C}$ dan ortiq bo‘lmasligi kerak.
5. Shundan so‘ng dielektrikning shartli qovushqoqligi aniqlanadi. Buning uchun suyuqlikni berilgan temperaturada 5 min. mobaynida tutib turing. Keyin sterjen 4 ni chiqaring va shu zahoti sekundomerni ishga tushiring. Sekundomerni suyuqlik sathi o‘lchash kolbasi 1 da berilgan sath 200 ml ga yetgan vaqtda to‘xtating.

6. Sinalayotgan suyuqlikning shartli qovushqoqligini engler gradusida 20 dan 50°C temperaturada aniqlang.

7. O'lchash va hisoblashlar natijasini jadvalga yozing.

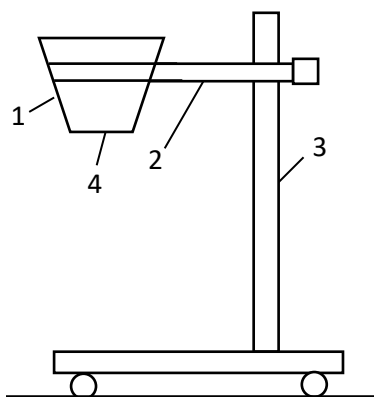
3.1-jadval

№	Dielektrikning nomi	Asbob doimiysi, sek	O'lchanadi		Hisoblanadi
			Dielektrik temperaturasi °C, t	Dielektrik oqib tushish vaqti τ , s	Shartli qovushqoqlik ε

Transformator moyining shartli qovushqoqligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

Bu yerda – 200 sm³ sinalayotgan dielektrikning oqib tushish vaqti, sek

- 200 sm³ suvning oqib tushish vaqti



3.1–rasm. VU universal viskometrning ko'rinishi.

1–kolba, 2–idish tutgich, 3–tayoq, 4–moy oqib tushadigan teshik.

SINASH UCHUN SAVOLLAR

1. Nima uchun qovushqoqligi 20°C temperaturada 1,5°C dan katta va 50°C temperaturada 1,6-1,8°C dan kichik bo'lgan moylarni ishlatish mumkin emas?
2. Transformator moyining qovushqoqligi transformatorning ishga qanday ta'sir etadi?
3. Suyuq dielektriklarning qovushqoqlik darajasi g'ovak dielektriklarning shimish xususiyatiga qanday ta'sir etadi?

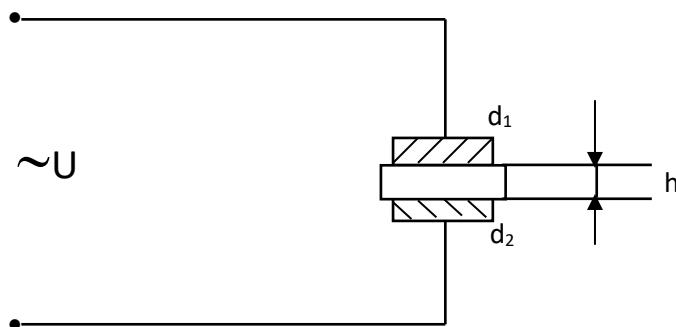
4-LABORATORIYA MASHG'ULOTI

QATTIQ DIELEKTRIKLARNING ELEKTR MUSTAHKAMLIGINI ANIQLASH. HAR XIL DIELEKTRIKLARNI KUHLANISH OSTIDA TESHILISHINI TAJRIBADA SINASH

Ishning maqsadi: Qattiq dielektrlarni elektr mustahkamligini sinash tartibi bilan tanishish va turli materiallarning elektr mustahkamligini aniqlashda ko'nikma hosil qilish.

Ishni bajarish tartibi

Qattiq dielektrlarni elektr mustahkamligi AKI-50 asbobida sinaladi. AKI-50 asbobi 4.2-rasmda ko'rsatilgan. Sinalayotgan namuna ulangandan so'ng himoya eshigi yopilib, kuchlanish regulyatori nol holatda ekanligi ishonch hosil qilingandan so'ng tugmacha yordamida tarmoq kuchlanishi ulanadi, bunda ko'k chiroq yonadi avtomat ulangandan so'ng esa qizil chiroq yonadi. Kuchlanishni regulyator yordamida sekin-asta oshirib, teshilish ro'y berguncha qadar olib boriladi. Sinov tugagandan so'ng, kuchlanishni yana nol holatiga keltiriladi.



4.1 – rasm. Qattiq dielektrikning elektr mustahkamligini aniqlash sxemasi.

Qurilma yordamida:

1. Shimdirilgan kondensator qog'ozni elektr mustahkamligini aniqlanadi (qisqa tekshirish).
2. Shimdirilgan kondensator qog'ozni o'rtacha elektr mustahkamligini aniqlanadi (pog'ona tekshirish).
3. Teshilish kuchlanishni dielektrikning qalinligi bog'liqlik grafigini chiqariladi.

Namunalar yupqa materiallardan qirqladi. Qirqlangan namuna metall trubinaga yoki diametri 15 mm bo'lgan sterjenga chekkasidan boshlab o'ralib boriladi. O'rta qismdagi o'ramlar qatlami 0,5-1,5 mm kam bo'lmasligi kerak. Bunday sinovlarda chekkalari yumaloqlangan silindrik elektrodlar olinadi. Elektrodlar bir-biriga qarama-qarshi qilib qo'yiladi. Sinovlar 5-6 martagacha olib boriladi.

Dielektrikning elektr mustahkamligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$E_{\text{muc}} = \frac{U_{\text{meu}}}{h}, \text{ kB / mm}$$

Natijalar 4.1-jadvalga yoziladi:

4.1-jadval

№	Material nomi	O'lchanadi		Hisoblanadi	
		h, mm	U, V	U _{o'rt} , kV	E _{mus} , kV/mm

Bu yerda h - dielektrik qalinligi, mm.

U - tarmoq kuchlanishi, kV.

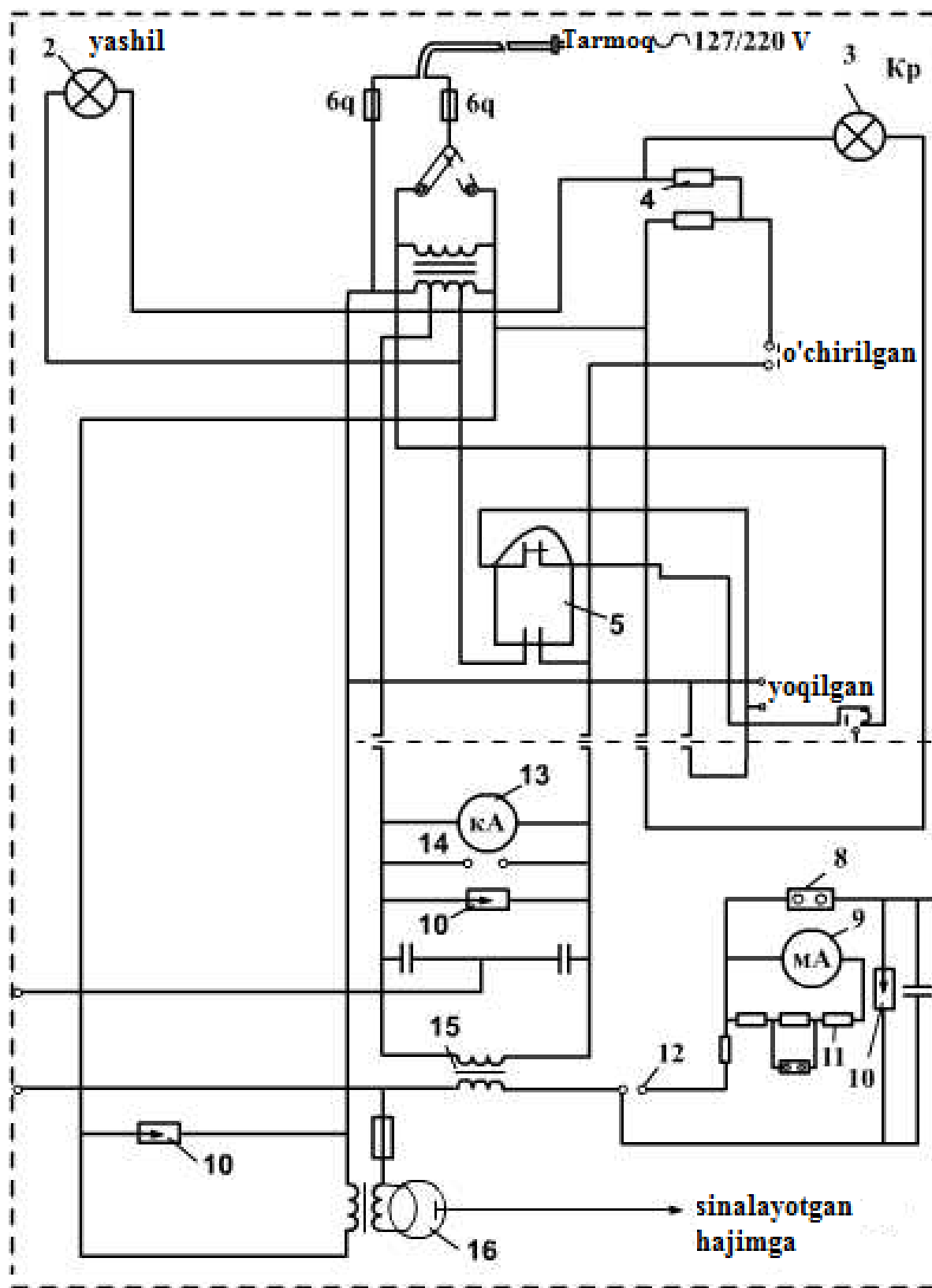
U_{tesh} - teshish kuchlanishi, kV.

U_{o'rt, tesh} - o'rtacha teshish kuchlanishi.

E_{mus} - elektr mustahkamlik, kV.

Sinash uchun savollar:

1. Nima uchun elektr izolsion suyuqliklar shimdirilgan qattiq dielektrlarning elektr mustahkamligi yuqori bo'ladi?
2. Teshish kuchlanishi va elektr mustahkamlik qanday birliklarda o'lchanadi va ular orasida qanday bog'liqlik bor?
3. Qattiq dielektrlarning elektr mustahkamligi kuchlanishning ortish tezligiga bog'liqmi?



4.2 – rasm. AKI – 50 qurilmasining prinsipial sxemasi.

1–avtotransformator, 2–yashil chiroq, 3–qizil chiroq, 4–rezistor, 5–tok relisi, 6–tugmacha, 7–releli ulagich, 8–kontakt, 9–mikroampermetr, 10–razryadnik, 11–bufer qarshilik, 12–kontaktlar, 13–kilovoltmetr, 14–konanlar, 15–bir fazali transformator, 16–kenotron, 17–kenotronning qo‘zg‘otish transformatori, 18–o‘lchovchi impulps kontakt.

5- LABORATORIYA MASHG'ULOTI

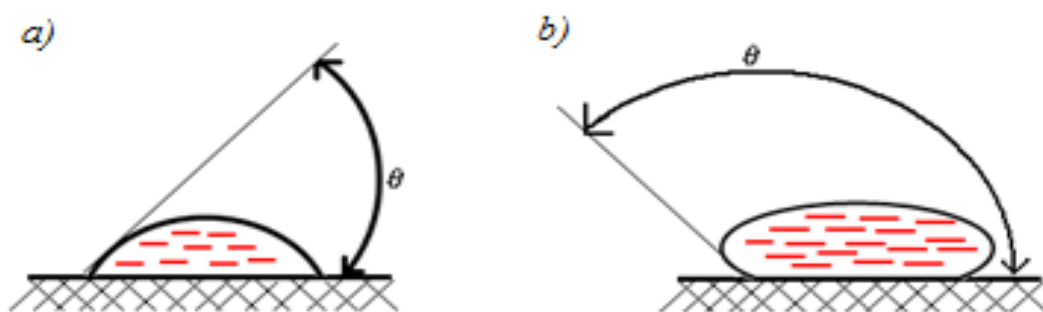
DIELEKTRIKLARNING NAMLANISHINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Turli xil qattiq dielektrlarning namlanishini sinash usullari bilan tanishish.

Nazariy tushunchalar

Elektr izolyasiya materiallari oz yoki ko'p darajada gigroskopik xususiyatiga, ya'ni atrof-muhitdan o'ziga namlik tortib olish xususiyatiga yoki nam singdirish, ya'ni o'zidan suv bug'larini o'tkazish xususiyatiga ega. Atmosfera havosida ma'lum miqdordagi suv bug'lari doimo bo'ladi. Havoning absolyut namligi uning hajm birligidagi suv bug'i massasi bilan ifodalanadi. Haroratning har bir qiymatiga to'yinishdagi absolyut namlikning aniq qiymati m_T to'g'ri keladi. Absolyut namlikning havoni to'yintirish uchun zarur qiymati harorat o'sishi bilan keskin ortadi, ya'ni suv bug'ining bosimi ham ortadi.

Dielektrikning suv (yoki boshqa biror suyuqlik) bilan xo'llanish xususiyati *ho'llanish burchagi* θ bilan ifodalanadi. Bu burchak suv tomchisi chekkasiga o'tkazilgan urinma va tekshirilayotgan tekis yuza orasida joylashgan (5.1-rasm). Dielektrikning xo'llanish burchagi $\theta < 90^\circ$, $\theta > 90^\circ$ oraliqda bo'ladi. θ qiymati qancha kichik bo'lsa, jismning xo'llanishi shuncha yuqori bo'ladi. Ho'llanadigan yuzalar uchun $\theta < 90^\circ$ xo'llanmaydigan yuzalar uchun $\theta > 90^\circ$.



5.1-rasm. Namlanadigan (a) va namlanmaydigan (b) dielektrik sirtidagi suv tomchisi

Ishni bajarish tartibi

1. Namuna sifatida dielektrik ya'ni, ikki xil turdagi toza qog'ozni olinadi.
2. Har ikkala qog'ozga pipetkalar yordamida alohida-alohida joyiga bir tomchidan oddiy suv va transformator moyi tomiziladi.
3. Ushbu tomchilatilgan suyuqliklarning har ikkalasi ham ikkala qog'ozga qanday singishini kuzatiladi va ho'llanilish burchagi θ ni o'lchanadi.

4. O'lchangan natijalar 5.1-jadvalga kiritiladi.
5. Tajribaning ikkinchi qismini bajariladi, unda avvalgi tomizilgan moyning ustiga bir tomchi suv tomiziladi va aksinch suv tomizilgan joyining ustiga moy tomiziladi.
6. Tajriba kuzatiladi va xulosa chiqariladi.

5.1-jadval.

№	Dielektrik nomi	Suvning ho'llanilish burchagi, θ	Moyning ho'llanilish burchagi, θ
1			
2			

Nazorat savollari:

1. Namlik deganda nimani tushunasiz?
2. Dielektrik namlik nima?
3. Dielektrikning nam singdiruvchanligini qanday aniqlanadi.
4. Izolyatsiyani namlikdan himoya qilish.

6-LABORATORIYA MASHG'ULOTI

YARIM O'TKAZGICHLI MATERIALLARNING DINAMIK XARAKTERISTIKASINI ANIQLASH

Ishni bajarishdan maqsad: Talabalarning «Elektr texnik materiallar» fani «Yarim o'tkazgichli materiallar» qismi bo'yicha olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash va tajriba yo'li bilan yarim o'tkazgichlarning volt-amper xarakteristikalarini olish.

Nazariy tushunchalar

Yarim o'tkazgichli materiallar elektr o'tkazuvchanligi xususiyatiga ko'ra dielektriklar va metalli o'tkazgichlar oralig'ida joylashgan.

Shuningdek solishtirma elektr qarshilik ρ

O'tkazgichlar uchun 10^{-4} - 10^4 Om*m

Dielektriklar uchun 10^8 - 10^{20} Om*m

Yarim o'tkazgichlar uchun 10^4 - 10^7 Om*m ga teng. Metall o'tkazgichlarda elektr qarshiligi harorat oshirish bilan ortsa, dielektrik va yarim o'tkazgichlarda esa aksincha ya'ni kamayadi. O'tkazgichlarda erkin elektronlar miqdori juda ko'p bo'lib, yo'naltirilgan oqim o'tkazuvchanlik tokini ifodalaydi, yarim o'tkazgichlarda esa erkin elektronlar ko'p emas. Sababi shuki, valentli elektronlar o'zlarining atomlari bilan aloqa bo'ladi ya'ni erkin emas. Yarim o'tkazgichlarda elektr tokining xosil bo'lishi tashqi

ta'sirlarning keng oralig'ida bo'lishi mumkin: isitish, nurlanish yoki aralashmalarni kiritish kabi hollar.

Bunda elektronlarning energiyasi ortib, tashqi kuchlanganlik ta'sirida atom qobig'idan ajralib, yo'naltirilgan oqim, ya'ni tok tashuvchisiga aylanadi.

Yarim o'tkazgichlarning elektron yo'qotgan atomlari musbat zaryadli ionlarga aylanib, aralasha olmaydi. Atomning elektron yo'qotgan tashqi qobig'idagi joyi teshik deb ataladi. Bu teshikni boshqa bir qo'shni atomga elektroni egallashi mumkin. Natijada qo'shni atomda teshik hosil bo'lib, musbat zaryadlangan ionga aylanadi.

Agar yarim o'tkazgichga elektr kuchlanishi berilsa, elektronlarning aralashuvi bir atomdan ikkinchisiga bir yo'nalishda, «teshik» esa qarama-qarshi tomonda bo'lib, teshikni zaryadiga teng bo'lgan musbat zaryadlangan bo'lagi deb qabul qilish mumkin.

Teshiklarning aralashuvi ta'sirida hosil bo'lgan yo'nalishdagi elektronlarni teshikli tok deb ataladi.

Yarim o'tkazgichdagi elektron va teshiklarning harakatini xarakterlovchi elektr o'tkazuvchanligi elektronli va teshikli deb ataladi.

Laboratoriya mashg'ulotida qo'llaniladigan asbob va uskunalar.

Germaniyli diod D9B

Kremniy diod KD103A

Voltmetr _____

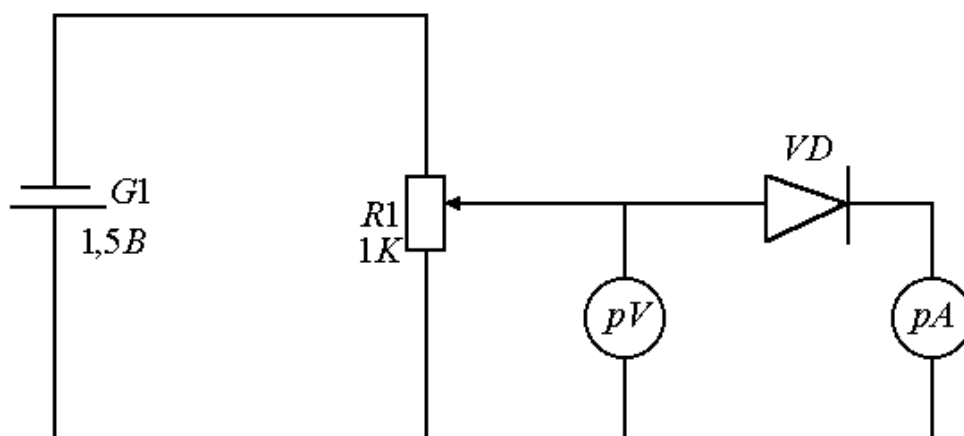
Milliampermetr _____

O'zgarmas tok manbai _____

O'zgaruvchan rezistor _____

Mikroampermetr _____

Ishchi sxema

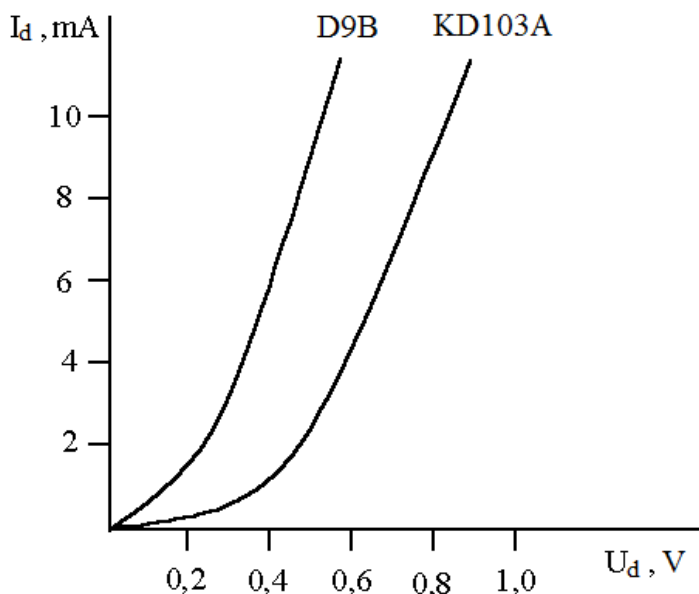


6.1-rasm. Yarimo'tkazgichli diodning sinash sxemasi

Ishni bajarilish tartibi

1. Diodning asosiy volt-amper 6.1-rasm. Yarim o'tkazgichli diodni sinash sxemasining xarakteristikasi bo'lib diod orqali o'tayotgan to'g'ri tokning undagi o'tayotgan kuchlanishga bog'lanishi ko'rib o'tiladi.

2. Rezistor R_1 ni o'zgartirish bosqichlarida dioddagi kuchlanishning qiymati RV voltmetr o'lchanib, har bir voltmetr ko'rsatkichiga mos ravishda RA milliampermetrdagi tokning ko'rsatkichi yozib boriladi.



6.2-rasm. Germaniyli va kremniyli diodlarning volt-ampér xarakteristikalari

3. Olingan bir necha kordinatadagi nuqtalar asosida xarakteristika chiziladi, shuni aytib o'tish kerakki, aniq chiziqli olish uchun milliampermetrdagi kuchlanish og'ishini e'tiborga olib voltmetr ko'rsatkichida ushbu og'ishini hisobga kiritish kerak.

4. Xarakteristikaning teskari shoxini ko'rish uchun diodning chiqqichlarini almashtirish kifoya, milliampermetr RA o'rniga mikroampermetr ulanadi.

Mashg'ulot paytida teskari tokning qiymati kremniyli diod KD103A ning toki germaniyli diod D9B ga qaraganda ancha kichik (o'lchash imkoniyati yo'q darajada) ekanligiga guvoh bo'lasiz.

Qiyoslovchi xarakteristikalar germaniyli D9B va kremniyli KD103A diodlar uchun quyidagicha keltirilgan.

Kremniyli diod KD103A kuchlanishning katta qiymatlarida germaniyli diod bilan bir xil miqdorda ochiladi.

Shu xususiyatdan kelib chiqib, o'lchov asboblari, germaniyli diodlar qo'llaniladi. Bunda ko'rsatkichli indikatorlar shkalasini bir maromda ishlashni ta'minlaydi. Kremniyli diodlar kuchsiz sinallardan «kesish»da qo'llash foydalidir.

Materiallarning harorati sifatleri ham turlicha, kremniyli diod stabillashgan bo'lib, xatto atrof muhitning harorati sezilarli o'zgarish ham bu muhligiga ta'sir ko'rsatmaydi. Bundan tashqari kremniyli diodning teskari qarshiligi juda yuqori (ya'ni katoddan anodga) bo'ladi.

Diodlarni bir-biri bilan tayyorlashda quyidagi parametrlariga e'tibor beriladi.

-maksimal ruxsat etilgan tok $I_{np.makc}$ yoki to'g'rilovchi toki $I_{bp.makc}$

-maksimal ruxsat etilgan teskari kuchlanish $U_{o6p.makc}$ bu parametrlar bildirgich jadvallarda ko'rsatilgan bo'ladi. D9, D106, D220 seriyadagi diodlar radiochastotali, impulsli maqsadlarda to'g'rilagichlarda keng qo'llaniladi.

Hisob natijalari jadvalga kiritiladi.

6.1-jadval

Diod tipi	O'lchov kattaligi		Hisob ko'rsatkichlari
	I_{Δ}	U_{Δ}	
KD103A			VAX qurish
D9B			

Nazorat uchun savollar:

1. Yarim o'tkazgich materiallar deb qanday materiallarga aytiladi?
2. Yarim o'tkazgich materiallarining elektr o'tkazuvchanligiga ta'sir ko'rsatuvchi faktorlarni tushuntirib bering?
3. Hususiy yarim o'tkazgichni tushuntirib bering?
4. Donor, akseptor tushunchalarini tushuntiring?
5. Germaniyli yarim o'tkazgichlarning ijobiy va zaif tomonlarini ayting?
6. Nima uchun kremniyli diodlar germaniy diodlarga nisbatan harorati chidamli?
7. Kremniyli diodning qaysi kattaligi uning ishonchli ishlashini taominlaydi?
8. Yarim o'tkazgich materiallarni texnologiyada ishlab chiqarishda qanday muammolar mavjud?

7- LABORATORIYA MASHG'ULOTI

MAGNIT MATERIALLARINI TEKSHIRISH

Ishning maqsadi. Magnit materiallarining dinamik xarakteristikalarini aniqlash uchun eng ko'p qo'llaniladigan usul va vositalar bilan tanishish hamda magnit materiallarining asosiy magnitlanishi egri chizig'ini shuningdek gistrezis sirtmoqlarining elektron assilograf yordamidan olish yo'llarini o'rganishdan iboratdir.

Ishni bajarilish tartibi

Magnit materiallarining dinamik xarakteristikalari o'zgaruvchan magnit maydonidan aniqlangan xarakteristikalaridan iborat bo'lib, u materiallarining sifatiga va qisman namunaning shakliga qarab, geometrik o'lchamlariga, magnitlanish maydonining davr tezligi hamda uning egri chizig'ining shakli va shu kabi boshqa omillariga ham bog'liqdir.

Magnit materiallarining dinamik xarakteristikalarining asosiy mohiyati shundan iboratki, bu xarakteristikalariga qarab, namuna magnit materiali berilgan magnitlanish shart va sharoitlari uchun yaroqli yoki yaroqsiz ekanligini aniqlash mumkin.

1. Magnit materiallarining dinamik xarakteristikalarini ampermetr va voltmeter usulida aniqlash uchun 9-rasmida berilgan elektr sxemasidan foydalaniladi.

Magnit maydoni kuchlanganligi ifoda yordamida aniqlanadi.

$$H_m = \frac{W_1 I v^2}{\ell_{yn}}, \quad \frac{A}{m} \quad (7.1)$$

bunda I – magnitlanish tokini ta'sir qiymati, A;

W_1 – magnitlanish cho'lg'aming o'ramlar soni;

ℓ_{ur} – magnit zanjiridagi asosiy ishchi magnit oqimi bosib o'tadigan yo'lning o'rtacha uzunligi, m. Bu o'rtacha uzunlik 9.1-rasmda berilgan namunaning geometrik o'lchamlaridan foydalanib aniqlanadi.

$$\ell_{yp} = \frac{1}{2} \pi (d_T + d_n) M Q$$

bunda d_T va d_n – namunaning tashqi va ichki diametrlari namunadagi magnit induksiya

$$B_m = \frac{E_{yp}}{4 f W_2 S_n}, Tl$$

bunda E_{ur} – o'lcham cho'lg'aming chiqishidan EYuKning o'rtacha qiymati, V;

W_2 – o'lcham cho'lg'aming o'ramlar soni.

f_n – magnitlovchi ko'ndalang kesimining yuzi, m^2 .

S_n – namunaning ko'ndalang geometrik o'lchamlaridan foydalanib, quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi.

$$S_n = \frac{1}{2} h (d_T - d_u) u^2$$

bunda, h – namunaning qalinligi, m.

N_m va $3m$ ni hisoblash natijalaridan foydalanib $V = f(n)$ ko'rinishdagi magnitlanish egri chizig'ini ko'rish mumkin. Misol tariqasida bunday egri chiziqlardan biri 4-rasmda keltirilgan. Magnit singdiruvchanlik:

$$M = \frac{Bm}{M_0 Hm} \quad (7.2)$$

bunda $M_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ [N] m – magnit doimiysi. Magnit doimiysi:

$$\Phi_m = B_m S_n = \frac{E_{ypm}}{4 f W_2}, B\sigma \quad (7.3)$$

Magnit yurituvchi kuch (MYuK)

$$F_m = IW, A_{o'ram} \quad (7.4)$$

Magnit yurituvchan namunaning to'la magnit qarshiligi

$$Z_m = \frac{F_m}{\Phi_m} = \frac{4W_1W_2 fI}{E_{yp}}, Gn^{-1} \quad (7.5)$$

magnit materiallarining dinamik xarakteristikalarining aniqlashda foydalaniladigan ampermetr va voltmeter usulining asosiy kamchiliklari quyidagilardan iborat:

1) Bu usul yordamida magnit isroflarini aniqlab bo'lmaydi:

2) Magnit maydonning induksiyasini o'lchaganda yo'l qo'yiladigan xato 10-16% gacha bo'lishi mumkin.

Bu usul yuqorida ko'rsatilgan kamchiliklarga qaramasdan manitlanish egri chizig'ini aniqlashda eng ko'p qo'llaniladigan usullardan biri hisoblanadi.

2. Magnit materiallarining dinamik xarakteristikalarini ossilograf yordamida aniqlash
Elektron nurli ossilograf (ENO) ekranida $V = f(N)$ ning sirtmog'ini hosil qilish uchun ossilografning X ko'rinishiga namuna magnit materialini magnitlovchi magnit maydoni kuchlanganligi N ga mutanosib bo'lgan kuchlanish beriladi.

$$U_x = U_{RH} = \ell R_n = \frac{R_n \ell_{yp}}{W_1 H t} \quad (7.6)$$

bunda, W_1 – magnitlovchi cho'lg'amning o'ramlar soni,
 Nt – magnitlovchi maydon kuchlanganligini oniy qiymati,
 $\ell_{o'r}$ – (2) ifoda yordamida aniqlanadi,

$R_H = 50 \mp 60 \text{ Om}$.

ENO ning U kirishiga, ya'ni tik plastinkasiga magnit induksiyasining oniy qiymati V_t ga mutanosib bo'lgan kuslanish beriladi.

$$U_y = U_e = \frac{WS_n B_t}{Ru Cu} \quad (7.7)$$

bu yerda, Ru Cu integrallar V zanjirchasi, $Ru = 90 \text{ kOm}$, $Su = 2 \text{ mkF}$.

Magnit induksiyasi V va kuchlanganligi N ni topish uchun ossilograf darajalanadi. Buning uchun ossilografning X va U kirishiga navbatma-navbat qiymati ma'lum bo'lgan sinusoid kuchlanish berilib, m_y va m_x masshtablar V/mm larda hisoblanadi

$$m_y = \frac{2.9_2 V_y}{n_y} \quad (7.8)$$

$$m_x = \frac{2.9_2 V_x}{n_x} \quad (7.9)$$

bu yerda V_u va V_x mos holda ossilografning X va U kirish qismlariga berilgan kuchlanishlarning ta'sir etuvchi qiymatlari;

m_u va m_x – berilgan kuchaytirishning o'zgarma ko'paytmasi bo'yicha ossilografga berilgan kuchlanishning ikkilangan tebranish kengligiga mos keladigan X va U o'qlari bo'yicha yorug'lik chiziqlarining uzunligi (mm).

Ossilograf ekranidagi X va U o'qlari bo'yicha $A_n = A_\lambda$ va S_Δ va S_u o'lchangandan keyin N va V quyidagi ifodalar yordamida aniqlanadi.

$$H_m = m_x W_1 A_x \quad (7.10)$$

$$B_m = \frac{m_y R_u C_u C_y}{W_2 S_H} \quad (7.11)$$

Ossilograf yordamida oingan ossilografmadan foydalanib, magnit materialining gisterezis va uyurma toklar ta'sirida bo'ladigan solishtirma isrofni (m/kg) quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi.

$$Pr y = \frac{F_{ne} m_B m_n f}{\gamma} \quad (7.12)$$

bu yerda F_{ry} – gesterezis sirtmog'ining yuzi, m^2 ;
 $m_v \cdot m_y$ va $m_u = m_x$ – mos holda V va N larning U va X o'qlari bo'yicha masshtablari Tl/mm va A/mm^2 ;
 γ - namuna materialining simmetrik yorug'ligi, kg/mm^3 ;
 f – tokning davr tezligi, Gi .

Integrallanuvchi Ru Cu zanjir ta'sirida xosil bo'ladigan xatolikni kamaytirish uchun Ru qarshilikdagi kuchlanish tushishining eng katta qiymati U_{TH} aniqlanib, ulash cho'lg'ami W_2 dagi kuchlanish VW_2 o'rtacha qiymati o'lchaydigan voltmetr yordamida o'lchanadi va quyidagi ifodalar yordamida masshtablar hisoblanadi.

$$m_n = \frac{m_x V_{nu} W}{R_n \ell_{yp}} \quad \frac{1}{\Delta H} \quad (7.13)$$

$$m_b = \frac{m_y V_M^2}{4 f S n W_2} \quad \frac{1}{C \Delta} \quad (7.14)$$

Ossilograf ekanida yo‘l qo‘yiladigan eng katta gisterezis sirtmog‘i hosil qilinish chizib olinadi va u yordamida magnit materialining xarakteristikalarini hisoblanadi.

Magnit materiallarning xarakteristikalarini ossilograf usuli bilan aniqlash o‘zining oddiyligi va ko‘rgazmaliligi bilan boshqa usullardan farq qiladi. Bu usul qo‘llanilganda juda katta doiradagi davr tezislikni dinamik egri chiziqlarni rasmga olish va oddiy ko‘z bilan kuzatish imkonini tug‘iladi. Bundan tashqari, bu usul yordamida hir xil omillarning ta‘siri natijasida magnit material dinamik sirtmog‘ining shakli hamda o‘lchamlarining o‘zgarishini ham kuzatishi mumkin.

Ish bajarish tartibi

1. Ishni bajarish uchun 7.1–rasmda berilgan sharxlar bo‘yicha zarur o‘lchash asboblari va yordamida jihozlarni tekshirib ko‘ring va shu ishning bajarishga ularning yaroqli ekaniga ishonch hosil qilganiningizdan so‘ng qaysi asbob va jihozlarni texnik ta‘sirini amaliy ish daftaringizga yozib oling.

2. Magnit materialining magnitlanish egri chizig‘i $V_m=f(n)$ ni ampermetr va voltmeter usuli bilan kirish uchun 7.1-rasmda berilgan tarxni yig‘ing, so‘ngra o‘qituvchi tekshirib borgandan keyin uni taominlash manbaiga ulang. Magnitlovchi W_1 cho‘lg‘amdagi tokni LATR yordamida 0 dan tashqi tokning qiymati I_{ekat} gacha o‘zgartirib berib, tokning shu $I=0-I_{ekat}$ oralig‘idagi qiymatlaridan 12 tasi uchun ampermetr va voltmeter ko‘rsatgan qiymatlarini 7.1-jadvalga yozib qo‘ying.

Magnit xarakteristikalarining ampermetr va voltmeter usuli bilan aniqlash.

7.1 – jadval

№	O‘lcham natijasi		Xisoblash natijalari				
	G‘, L	V, V	V _m , Tl	N _m , f/n	F _m , Vb	Z _m /n	M
1							
2							
·							
·							
·							
12							

3. 8.1-rasmda berilgan sxemani yig‘ing (xavsizlikni ta‘minlash uchun kuchlanishni pasaytiruvchi transformator – KPT ni ulashni unutmang) yig‘ilgan tarixni o‘qituvchi tekshirgandan so‘ng taominlash manbaiga ulang. Ossilografni yuqoridagi ifodalarga asosan darajalang. Elektron ossilograf ekranida berilgan namuna magnit materialining asosiy magnitlanish egri chizig‘i va gisterezis sirtmog‘ini hosil qiling. O‘lcham natijalarini 7.2-jadvalga yozing. Ossilograf ekranidan magnitlanish egri chizig‘i va gisterezis sirtmog‘ini amaliy ish daftaringizga chizib oling.

Magnit xarakteristikalarini elektron ossilograf yordamida aniqlash. Ax va Su mos holda ossilograf elektronidagi shaklining X va U o'qlari bo'yicha o'lchamali.

7.2 – jadval.

№	O'lcham natijasi		Xisoblash natijalari				
	Ax, mm	Su, mm	Vt, Tm	N ₁ , Nm	N ₂ , Nm	Rr ⁴ , Vm	M
1							
2							
3							

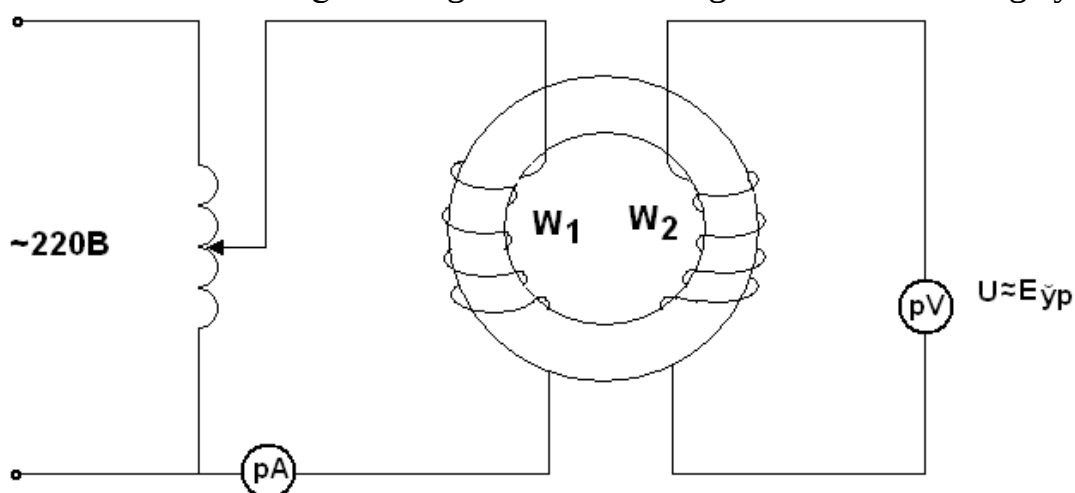
4. Ishning 2-bandida olingan tajriba ma'lumotlari bo'yicha (7.1) – (7.5) ifodalardan foydalanib Vm, Hm, Fm, Fm, Zm, bm larni hisoblash yo'li bilan aniqlang.

5. Ishning 4-bandida hisoblangan natijalardan foydalanib magnitlanish egri chizig'i $B_m=f(H_m)$ ni va $M = f(H_m)$ bog'lanishlarni ko'ring.

6. Ishning 3-bandida olingan tajriba natijalaridan foydalanib tekshirayotgan magnit materiali uchun (13) va (14) ifodalarga asosan va Vm ning son qiymatlarini aniqlang va uning magnitlanish egri chizig'ini ko'ring.

7. Ossilograf yordamida olingan ossilogrammalardan foydalanib (15) va (5) ifodalarga asosan Rru va M ning qiymatlarini hisoblang. Giotrezis sirtmog'idan foydalanib Ax ning Su=0 dagi koordinata boshlanishigacha bo'lgan qiymatini o'lchang va (13) ifodadan foydalanib koeristiv kuch (qoldiq magnit kuchlanganligi) Ne ni hisoblang.

8. Ampermetr va voltmetr usuli bilan xosil qilingan magnitlanish egri chizig'i bilan elektron ossilograf yordamida olingan magnitlanish egri chizig'ini solishtiring, ularning afzallik va kamchiliklari to'g'richidagi o'z xulosalaringizni hisobot daftariga yozing.



7.1-rasm. Matnit materialining volt–amper xarakteristikasini olish sxemasi.

Nazorat uchun savollar:

1. Magnit materiali deganda nimani tushunasiz va ularning qanday turlari mavjud?
2. Yumshoq magnit materiallari boshqa turdagi magnit materiallardan nima bilan farq qiladi?
3. Magnit singdiruvchanlik deb nimaga aytiladi va ular qanday turlarga bo'linadi?
4. Magnit materiallarining dinamik va statik xarakteristikalari orasida qanday farq bor?

5. Magnitlanish egri chizig'i qanday usullarda foydalaniladi?
6. Qanday kattaliklarga magnit kattaliklar deyiladi va ular qanday birlikda o'lchanadi?
7. Magnit materiallarining dinamik xarakteristikalarini ossilograf usulida olishning afzalliklari bor?

Adabiyotlar:

1. Богородский Н.Р., Пасынков А.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы. Энергоатомиздат 1991 г.
2. Elektrotexnik materiallar fanidan ma'ruzalar matni. FarPI 2021 y.
3. Тареев Б.М. «Физика электрических материалов». М., Энергия. 1992 г.
4. A.Sh.Axmedov, "Elektr texnika materiallari" fanidan o'quv qo'llanma, Tosh DTU. Toshkent, 2004.

Qo'shimcha adabiyotlar:

1. Справочник по электротехническим материалам под редакцией В.В.Кариского., В.А.Пасынкова и Б.М. Бареев – М., Энергия
2. Казарновский Д.М., Тареев Б.М. «Испытание электроизоляционных материалов». М., Энергия. 1990 г
3. А.Х.Ералиев, "Dielektriklar", o'quv qo'llanma. FarPI. Farg'ona, 2012 y.
4. Справочник по электрическим устройствам высокого напряжения. М. Высш. шк. 1998 г.

Mustaqil ish topshiriqlari

№	Referat mavzular	Taqdimot	Maket
1	Elektr texnik materiallar haqida asosiy tushunchalar va sinflar	1-mavzu. Kursning maqsadi. Elektr texnik materiallar haqida asosiy tushunchalar va sinflar. Zamonaviy texnikadagi elektr texnik materiallarning oʻrni va roli.	4-MODUL. Magnit materiallar
2	Zamonaviy texnikadagi elektr texnik materiallarning oʻrni va roli.		
3	Qutbli va qutibsiz dielektriklar		
4	Dielektriklarda solishtirma haimiy va solishtirma yuza qarshiliklari.		
5	Gazlarning, suyuq va qattiq dielektriklarning elektr oʻtkazuvchanligi.		
6	Dielektriklardagi isrof burchagi δ yoki shu burchak tangensi $\operatorname{tg}\delta$	2-mavzu. Dielektriklarda energiya isrofi.	3-MODUL. Yarim oʻtkazgichlar
7	Parallel va ketma-ket ulangan zanjir uchun enrgiya isrofini aniqlash		
8	Gazlarda dielektrik isrofi va suyuq dielektriklarda energiya isrof qovushqoqligiga bogʻliqligi.		
9	Qutbsiz suyuqliklar (kondensator moylari)da dielektrik isrof. Qutbli suyuqliklarda isrof		
10	Dielektrikning teshilish kuchlanishi va elektr mustahkamligi	3-mavzu. Dielektriklarda teshilish turlari.	2-MODUL. Oʻtkazgichlar.
11	Havoning elektr mustahkamligi.		
12	Suyuq dielektriklarning elektr mustahkamligi		
13	Qattiq dielektriklarning teshilishi		
14	Makroskopik jihatdan bir jinsli dielektriklar elektr teshilishi; bir jinsli boʻlmagan dielektriklarning elektr teshilishi; issiqlikdan teshilishi; elektr-kimyoviy teshilish.		
15	Materialarni namligi. Dielektrikning nam singdiruvchanligi.	4-mavzu. Dielektrikning namlanish	
16	Dielektrikning mexanik, fizik, issiqlik xossalari		
17	Yuqori energiyali nurlanishning dielektrik xossalari taʼsiri		
18	Gazsimon dielektriklar.	5-mavzu. Dielektrik materiallar haqida asosiy tushunchalar	
19	Suyuq holatdagi dielektriklar.		
20	Organik qattiq dielektriklar.		
21	Sunʼiy qatronlar. Sellyuloza. Toʻqimachilik materiallar.		
22	Anorganik dielektriklar.		

23	Oʻtkazuvchanlik hususiyati yuqori boʻlgan materiallari.	6-mavzu. Oʻtkazgich materiallarning asosiy xossalari	1-MODUL. ielektriklar.
24	Oʻta oʻtkazgichlar va krio oʻtkazgichlar.		
25	Turli metallar va qotishmalar.		
26	Yarim oʻtkazgichning elektr oʻtkazuvchanligi.	7-mavzu. Yarim oʻtkazgich materiallar	
27	Yarim oʻtkazgich materiallar tarkibidagi qoʻshimchalar.		
28	Magnit maydoni taʼsirida magnit materiallar.	8-mavzu. Magnit materiallari hakida umumiy maʼlumotlar	
29	Nikel, kobalt va toza temir		
30	Yumshoq va qattiq magnit materiallar.		

Izox: Mustaqil ish topshiriqlari 3 tadan 5 tagacha bo'lgan oraliqda beriladi,

- 1) Talabalar jurnal tartib raqami asosida muslaqil ish mavzularini olinadi.
- 2) Referat qo'lyozma shaklida tayyorlanadi va 5 listdan iborat bo'ladi.
- 3) Taqdimotlarni kichik guruxlar asosida tayyorlab ma'ruza dars mashg'ulotlarida topshiriladi.
- 4) Maketlar 4 ta asosiy katta guruxlarga bolingan xolda 4 ta modul asosida bajariladi.
- 5) Har bir mustaqil ishlar 5 balli tizimda baholanadi.

1. Taqdimot/loyihalar pedagogik, texnik va texnologik, qurilish, xizmatlar sohasi, qishloq xo'jaligi, ijtimoiy-iqtisodiy, demografik, gumanitar va siyosiy yo'nalishlardagi muammolar, startaplar va boshqa shu kabi shakllarda beriladi. Taqdimot/loyihalar amaliy va laboratoriya mashg'ulotlari vaqtida auditoriyada qabul qilinadi. Bu topshiriqda har bir talaba bitta mavzu asosida taqdimot yaratadi. Mavzu bo'yicha talabalar materialning qo'llanilish doirasi, ularning fizik–kimyoviy, elektrik va issiqlik tasniflari, ishlab chiqarish texnologiyasining o'ziga xos tomonlari, eksplutasiya jarayonlari xaqida yoritadi. Taqdimoti ishi 1 tadan 3 tagacha bolishi mumkun. Bu fanda 1 ta taqdimot ishi beriladi va 15 ball bilan baholanadi. Ushbu taqdimot ishini asosan amaliy mashg'ulot darsida talaba o'z imkoniyatidan kelib chiqqan holda tayyorlab topshirishi mumkin bo'ladi.

Taqdimot/loyiha tayyorlash bo'yich namuna



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAHSUS
TA'LIM VAZIRLIGI

FARG'ONA POLITEKNIKA INSTITUTI

ENERGETIKA FAKULTETI

“ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR” FANIDAN
“SHISHA MATERIALI” MAVZUSIDAGI

TAQDIMOT

BAJARUVCHI: F.A. XALILOVA

“SHISHA” XAQIDA MA’LUMOT

SHisha – noorganik, shaffof jism bo‘lib, turli oksidlarning murakkab tizimini ifodalaydi. Bundan tashqari, shisha ko‘rinishli oksidlar, jumladan: o‘zi aloxida toza shisha xosil qiluvchilari (SiO_2 , B_2O_3), ipakli Na_2O , K_2O , ipak tuproqli SaO , VaO , shuningdek, PbO , Al_2O_3 va boshqalar ham bo‘ladi. Asosi SiO_2 dan tashkil topgan shishalar **silikatlar** deyiladi.

Shishaning xossasi uning tarkibiga va tayyorlanish texnologiyasiga qarab o‘zgarishi mumkin. Tarkibida qo‘rg‘oshin bo‘lgan shishaning zichligi juda yuqori bo‘ladi. Shishaning qisilgandagi mustahkamligi yuqori bo‘lib, shisha birdaniga erimaydi. Qizishda asta-sekin

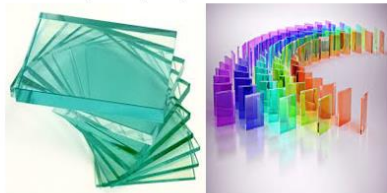
yopishqoqligi kamayib boradi. Asosan

400–1600°C gacha oxiri kvarts shishaga

tegishli. Oddiy shishaning yaltirashi

spektrli nurlarining ko‘rinuvchi bo‘lishidir.

Ba’zi qo‘shimchalar shishaga rang beradi.



SHishaning xossalari



SHishaning xossalari uning issiqlikda ishlov berilish rejimi va tarkibiga qarab keng ko‘lamda o‘zgaradi.

- Zichligi. SHishaning zichligi 2 dan 8,1 Mg/m^3 gacha o‘zgarish mumkin. Og‘ir shishaga ko‘p miqdordagi qo‘rg‘oshin tarkibli shishalar (flint, xrustal) kiradi. Oddiy silikatli (deraza oynasi) shishaning zichligi 2,5 Mg/m^3 ga teng.
- Issiqlik xossalari. SHisha shaffof jism bo‘lganligi uchun aniq bir erish xaroratiga ega emas. Qizdirish jarayonida shishaning qovushqoqligi doimiy o‘zgarib turadi; uning yumshash haroratida qovushqoqligi 10^7 – 10^8 Pa·s ni tashkil etadi.



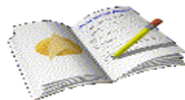
Mexanik xossalari SHishaning siqilishdagi mustahkamligi cho‘zilishdagi mustahkamligiga qaraganda bir necha marta katta bo‘ladi. Uning siqilishdagi mustahkamlik oralig‘i 6000 – 21000 MPa, cho‘zilishdagi oralig‘i bor yo‘g‘i 100 – 300 MPa ga teng.

- **Optik xossalari.** Odatda nur spektrlarining ko‘rinuvchi qismini shishada bemaol ko‘rish mumkin. SHishaga qo‘shimchalar kiritish yordamida (SoO -ko‘k, Cr_2O_3 -yashil, UO_2 -sariq) uning tusini o‘zgartiradi. Ko‘pgina texnik shishalar temir oksidining aralashmasiga ega bo‘lganligi uchun, ultra binafsha nurlarni yutadi.
- Gidrolitik barqarorligi. SHishaga namlikni ta’siri deganda, uning yuza birligidagi aralashmasiga uzoq muddatda suvning birikishi tushiniladi. Uning elektr xossalari tarkibiga uzviy bog‘langan. Turlicha texnik shishalarning normal haroratda $\rho \approx 10^{-6}$ – 10^{15} $\Omega \cdot \text{m}$; $\epsilon_r = 3,8$ – $16,2$; $\text{tg}\delta = 0,0002$ – $0,01$.

SHisha turlari.

SHishaning belgilangan vazifasiga ko‘ra, quyidagi asosiy turlari mavjud:

- **Kondensator shishalari** – kondensatorlarda dielektrik sifatida yuqori chastotali filtrlarda, impulsli generatorlarda, yuqori chastotali tizimlarning tebranuvchi konturlarida qo‘llaniladi. Ular kuchaytirilgan ϵ_r va $\text{tg}\delta$ kichik bo‘lishi kerak.
- **O‘rnatiluvchi shishalar** – o‘rnatiluvchi detallar sifatida izolyatorlar (telegraf, antenna, tayanch, o‘tuvchi) tayyorlashda qo‘llaniladi.
- **CHiroq shishalari** – yorituvchi chiroqlarning ballonlari, iplari sifatida qo‘llanilib, ularning metallar (volfram, molibden) bilan birikishi va α_t qiymati etarli bo‘lishi kerak.
- **To‘ldirgichli shishalar** – shisha va slyudali kukun-mikaleksni issiq qoliplashda olinadigan plastik massalar.



“SHISHADAN TAYYORLANGAN ELEKTR TEXNIK JIXOZLAR”



Taqdimot mavzulari

1. Havo,
2. Vodorod,
3. Elegaz,
4. Qatronlar,
5. To'qimachilik materiallari,
6. O'simlik moylari,
7. Transformator moy,
8. Kabel moyi,
9. Kondensator moyi,
10. Bitumlar,
11. Yogoch,
12. Qog'oz,
13. Rezina,
14. Polietilin,
15. Shisha,
16. Sopol materiallar,
17. Sitollar,
18. Slyuda,
19. Asbest,
20. Alyuminiy,
21. Mis,
22. Po'lat,
23. Temir,
24. Kumush,
25. Oltin,
26. Volfram,
27. Kremniy,
28. Germaniy,
29. Selen,
30. Tellur,
31. Ferritlar

2. Amaliy/laboratoriya mashg'ulotlarini nostandart workshop ko'rinishida o'tkazish tavsiya etiladi. Bunda, fan o'qituvchisi tomonidan auditoriyada kichik guruhlar uchun tashkil qilinadi. Nazoratning bu shaklida fan o'qituvchisi talabanning mavzuni o'zlashtirish darajasini auditoriyada baholaydi. Har bir darsda 1 balldan baholanadi.

Amaliy mashg'ulotlar

Amaliy mashg'ulotlarga tayyorgarlik ko'rishda amaliy mashg'ulotlarni bajarish uchun mo'ljallangan uslubiy qo'llanmada keltirilgan savollar va topshiriqlardan foydalaniladi.

Amaliy mashqlarga tayyorgarlik ko'rish uchun:

- a) dars mavzusi bo'yicha nazariy materiallarni o'rganish;
- b) berilgan topshiriqlar, savollar va masalalarga javoblar tayyorlash kerak.

Uy vazifasini bajarish amaliy mashqlarga tayyorgarlikning bir qismidir.

Amaliy mashg'ulotlar bo'yicha savol va topshiriqlar.

1-Amaliy mashg'ulot. Dielektriklarning qutblanishi va elektr o'tkazuvchanligi.

1. Namunaviy tekstolit tashqi muhitda quyidagi kattaliklarga ega: kuchlanishi $U=1000$ V, namunaning qalinligi $h=2$ mm, elektrodning diametrlari $d_1=4$ sm, $d_2=6$ sm. Namunaviy tekstolit materialining solishtirma sirtiy va xajmiy qarshiligini xisoblang va texnik adabiyot bildirgichlarida keltirilgan kattalik bilan qiyoslang.
2. Dielektrik materiallarni ayting va ular qayerlarda qo'llaniladi.
3. Dielektrik materiallarning solishtirma sirtiy qarshiligini aniqlash formulasini yozing.
4. Dielektrik materiallarning solishtirma yuza qarshiligini aniqlash formulasini yozing.

2-Amaliy mashg'ulot. Dielektrlarda energiya isrofi.

1. Ketma – ket almashtirish sxemasi bo'yicha dielektrikning aktiv qarshiligi R va sig'imi S hamda berilgan kuchlanish chastotasi f bo'lganda, undagi dielektrik isrof burchagining $\tan \delta$ ni toping.
2. Namuna sifatida dielektrik ya'ni, ikki xil turdagi toza qog'ozni oling va turli xil suyuqli tomiziladi. Ushbu tomchilatilgan suyuqliklarning har ikkalasi ham ikkala qog'ozga qanday singishini, dametrini tuzating va xulosa chiqaring.
3. Dielektrlarda energiya isrofi qanday kuzatiladi?

3-Amaliy mashg'ulot. Dielektriklarning teshilishi.

1. Bir jinsli maydonda quyidagi kattaliklar asosida havoning mustaxkamligini aniqlang va tajriba asosida topilgan qiymat bilan solishtiring. Teshilish kuchlanishi $U_{\text{tesh}}=500$ V, izolyasion materialning qalinligi $h=3,5$ mm.
2. Bir jinsli va turli jinsli elektr maydonni tushuntiring.
3. Qanday maydonda elektr mustaxkamlik buzilishi tezroq kuzatiladi.

4-Amaliy mashg'ulot. Dielektrik materiallar. Polimer materiallar.

1. O'lchamlari $20 \times 10 \text{ mm}^2$ bo'lgan ikkita qoplamadan tuzilgan kondensatorning sig'imi aniqlang. Dielektrik vazifasini qalinligi $0,3 \text{ mm}$ bo'lgan slyuda o'taydi. Agar extiyot koeffitsiyent 2 ga teng bo'lsa, kondensatorning ish kuchlanishi aniqlang. Slyuda uchun $E=7$.
2. Shishaning xossasi uning tarkibiga va tayyorlanish texnologiyasini tushuntirib bering?
3. Elektrotexnikada qo'llaniladigan qo'lqoplar qanday dielektrik materiallardan foydalaniladi va ular haqida ma'lumot bering.

5-Amaliy mashg'ulot. O'tkazgichlar.

1. Mis va alyuminiydan qilingan ikki silindrik o'tkazgichning uzunligi va qalinligi bir xil bo'lsa, mis sim alyuminiy simdan necha marta og'ir bo'ladi?

2. Elektr chirog'i volfram ipining qarshiligi 20°C da $35,8\ \Omega$ ga teng. $120\ \text{V}$ kuchlanishli elektr tarmog'iga ulangan chiroq tolasidan $0,33\ \text{A}$ tok o'tsa, uning temperaturasi qancha bo'ladi? Volfram qarshiligining temperatura koeffitsiyenti $4,6 \cdot 10^{-3}\ \text{grad}^{-1}$ ga teng.
3. Mim sim o'ralgan g'altakning qarshiligi $R=10,8\ \Omega$ mis simning og'irligi $R=3,41\ \text{kg}$. G'altakka o'ralgan simning uzunligi va diametri d topilsin.
4. Diametri $1\ \text{sm}$, og'irligi $1\ \text{kg}$ bo'lgan temir sterjenning qarshiligi topilsin.

6-Amaliy mashg'ulot. Yarim o'tkazgichlar.

1. $a=0,2\ \text{mm}$ qalinlikdagi yangi o'tkazgich plastinka a bo'ylab yo'nalgan magnit maydon joylangan. Yarim o'tkazgichning solishtirma qarshiligi $\rho=10^{-5}\ \Omega\cdot\text{m}$ va magnit maydon induksiyasi $V=1\ \text{Tl}$. Maydondagi tik ravishda plastinka bo'ylab $I=0,1\ \text{A}$ tok berilgan. Natijada $U=3,25 \cdot 10^{-3}\ \text{V}$ ko'ndalang potentsiallar ayirmasi xosil bo'ladi. Yarim o'tkazgichdagi zarrachalarning xarakatchanligini aniqlansin.
2. Kremniy va germaniy uchun donorning ionlanish energiyasi ΔW_d va uning elektron orbitasining borov radiusi r_d vodorodsimon atom modeliga yaqinlashishida xisoblansin. Elektronning effektiv massasini m_n topishda kremniy va germaniy uchun mos ravishda $0,5m_0$ va $0,2m_0$ olinsin. Yarim o'tkazgichlar uchun dielektrik singdiruvchanlik: $\epsilon_{Si}=12,5$; $\epsilon_{Ge}=16$ olinsin.

7-Amaliy mashg'ulot. Magnit materiallar.

1. O'rtacha diametrli xalqali ferrit o'zak $d_{o,r} = 25\ \text{mm}$ uzunligi $1\ \text{mm}$ bo'lgan havo bo'shlig'iga ega. Agar 500 o'ramli o'zakdan $0,17\ \text{A}$ tok oqib o'tsa, magnit induksiya $B_0 = 0.1\ \text{Tl}$ xosil bo'ladi. Ferritning magnit singdiruvchanligini aniqlang.
2. Temir halqa markazidan uning tekisligiga tik ravishda uzun to'g'ri sim o'tkazilgan bo'lib, simdan $25\ \text{A}$ tok o'tadi. Halqa kesimi to'rtburchak shaklda bo'lib, o'lchamlari $\ell_1=18\ \text{mm}$, $\ell_2=22\ \text{mm}$ va $h=5\ \text{mm}$. Halqa kesimining istalgan nuqtasidagi induksiya taxminan bir xil va o'rta chiziqdagi induksiyaga teng deb xisoblab, xalqa yuzidan o'tuvchi F magnit oqimi topilsin.
3. Qanday materiallar magnit materiallar deb ataladi?
4. Qanday magnit materiallar mavjud.

Laboratoriya mashg'ulotlari

Laboratoriya mashg'ulotlari bo'yicha topshiriqlar va savollar har bir laboratoriya ishi uchun laboratoriya ishlarini bajarish uchun uslubiy qo'llanmada keltirilgan.

Laboratoriya ishlarini himoya qilish uchun:

a) laboratoriya mashg'uloti uchun tutilgan daftarga (laboratoriya jurnali) ishning bajarilish tartibini yozish, ishning eksperimental qismini bajarib, har bir kuzatilgan hodisani laboratoriya jurnaliga qayd etish, ish uchun talab qilinadigan ma'lumotlar, kuzatish natijalari, reaksiya tenglamalari va laboratoriyada berilgan talablarga muvofiq tegishli natijalar asosida laboratoriya hisobotini yozish. Laboratoriya uskuna va jihozlaridan foydalana olish.

b) laboratoriya hisobotini himoya qilish va uslubiy qo'llanmada keltirilgan savollarga javob berish.

Laboratoriya ishlarini himoyasi uchun beriladigan savollar

“Izolyasion materiallarining elektr o‘tkazuvchanligi”

1. Nima uchun kattalik dielektrlarda xajm va sirti qarshiliklar bo‘ladi?
2. Solishtirma sig‘im ρ_v va solishtirma sirti ρ_s elektr qarshiliklari qanday birliklarda o‘lchanadi va ular qanday hisoblash mumkin?
3. Dielektrik namunaning qalinligi, namligi va temperaturasi o‘zgarganda va ρ_s kattaliklar qanday, nima uchun o‘zgaradi?

“Qattiq dielektrlarda dielektrik singdiruvchanligini va dielektrik energiya isrofini aniqlash”.

1. Dielektrik isrofning burchak tangensi deganda nimani tushunasiz va elektrotexnik qurilma izolyasiyasi $\tan\delta$ ning ortish nimani ko‘rsatadi?
2. Kondensator sig‘im va elektr qurilmalari izolyasiyasi qanday birliklarda o‘lchanadi?
3. Izolyasiyadagi energiya (quvvat) isroflari nimaga bog‘liq va izolyasiyaning qanday xolatida bu isroflar ortadi?

“Transformator moyining elektr mustahkamligini aniqlash”.

1. Ko‘p sonli ketma-ket teshilishlar moyning elektr mustahkamligiga qanday ta‘sir etadi?
2. Nima uchun standart, bir-ikkita qiymatlar bilan cheklanib qolmay, oltita qiymatdan o‘rtachasi olinadi?
3. Transformator moyi qanday elektr apparatlarda ishlatiladi?
4. Nima uchun moyda suv va boshqa aralashmalar bo‘lganda uning elektr mustahkamligi o‘zgaradi?

“Qattiq dielektrlarning elektr mustahkamligini aniqlash. Har xil dielektrlarni kuchlanish ostida teshilishini tajribada sinash”

1. Nima uchun elektr izolsion suyuqliklar shimdirilgan qattiq dielektrlarning elektr mustahkamligi yuqori bo‘ladi?
2. Teshish kuchlanishi va elektr mustahkamlik qanday birliklarda o‘lchanadi va ular orasida qanday bog‘liqlik bor?
3. Qattiq dielektrlarning elektr mustahkamligi kuchlanishning ortish tezligiga bog‘liqmi?

“Dielektrlarning namlanishini aniqlash”.

1. Namlik deganda nimani tushunasiz?
2. Dielektrikning nam singdiruvchanligini qanday aniqlanadi.
3. Turli xil qattiq dielektrlarning namlanishini sinash usullarini tushuntirib bering?

“Metall va qotishmalarining xossalarini o‘rganish”.

1. Metall va qotishmalarining asosiy turlari va xossalarini tushuntirib bering?
2. Metallarning fizikaviy, kimyoviy va mexanik xossalarini ayting?
3. Singan joyga qarab namuna materialini aniqlang.
4. Metallarning texnologik va ekspluatatsion (ishlatilish) xossalari qanday?

“Yarim o‘tkazgichlarning elektr o‘tkazuvchanligini o‘rganish”.

1. Yarim o‘tkazgich materiallar deb qanday materiallarga aytiladi?
2. Yarim o‘tkazgich materiallarining elektr o‘tkazuvchanligiga ta’sir ko‘rsatuvchi faktorlarni tushuntirib bering?
3. Hususiy yarim o‘tkazgichni tushuntirib bering?
4. Donor, akseptor tushunchalarini tushuntiring?
5. Germaniyli yarim o‘tkazgichlarning ijobiy va zaif tomonlarini ayting?
6. Nima uchun kremniyli diodlar germaniy diodlarga nisbatan harorati chidamli?
7. Kremniyli diodning qaysi kattaligi uning ishonchli ishlashini ta’minlaydi?
8. Yarim o‘tkazgich materiallarni texnologiyada ishlab chiqarishda qanday muammolar mavjud?

“Magnit materiallarini tekshirish”.

1. Magnit material deganda nimani tushunasiz va ularning qanday turlari mavjud?
2. Yumshoq magnit materiallari boshqa turdagi magnit materiallardan nima bilan farq qiladi?
3. Magnit singdiruvchanlik deb nimaga aytiladi va ular qanday turlarga bo‘linadi?
4. Magnit materiallarining dinamik va statik xarakteristikalarini orasida qanday farq bor?
5. Magnitlanish egri chizig‘i qanday usullarda foydalaniladi?
6. Qanday kattaliklarga magnit kattaliklar deyiladi va ular qanday birlikda o‘lchanadi?
7. Magnit materiallarining dinamik xarakteristikalarini ossilograf usulida olishning afzalliklari bor?

3. Davomat fakultet dekanati tomonidan talabaning darslardagi ishtirokiga ko‘ra baholanadi. Bunda, O‘zRVMning 31.12.2020 dagi 824-son Qarori 1-ilovasining 41-bandiga asosan, fanga ajratilgan auditoriya soatini 25 foizini va undan ortiq soatni sababsiz qoldirgan talaba ushbu fandan chelashtiriladi. Darsga qatnashganlik darajasi bu mezondan kam bo‘lganida 10 ballga ega bo‘ladi.

4. Talaba mustaqil ta’lim topshiriqlarini HEMIS dasturi orqali fan o‘qituvchisiga jo‘natganidan so‘ng elektron tarzda baholanadi.

5. Fan o‘qituvchilariga seminar/amaliy/laboratoriya hamda taqdimot/loyihalarga darsdan tashqari vaqtlarda talaba bilan uchrashib baho qo‘yishga yo‘l qo‘yilmaydi.

6. Vazirlikning 2018 yil 26 sentyabrdagi “Oliy ta’lim muassasalarida talabalar bilimni nazorat qilish va baholash tizimi to‘g‘risidagi nizomni tasdiqlash haqida”gi 3069-son buyrug‘i ilovasining 22-bandiga asosan 2-oraliq nazoratdan davomatni hisobga olmaganda (45*59%) 26 ball yoki undan kam o‘zlashtirishga ega bo‘lgan talaba yakuniy nazoratga kiritilmaydi.

Foydalaniladigan adabiyotlar royxati

Asosiy adabiyotlar:

1. Dielectric Materials for Electrical Engineering. Juan Martinez-Vega 1-3 БОБ, 1-бўлим, 3-13, 79-81 бет.

2. Basak T.K., Elektrical engineering materials. New Age International, Nil edition. USA, 2009.
3. Ahmedov A.Sh. Elektr texnika materiallar. O'q'uv q'o'llanma, -Toshkent: TDTU, 2006.
4. Sulliev A.X. Elektr texnika materiallari.– Toshkent. 2017 y.
5. Основы кабельной техники.: учебник для студ. Высш.учеб. заведений/ под ред. И.Б. Пешкова. -М.: Издательский центр «Академия», 2006.
6. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. «Электротехнические материалы» Санк-Петербург, Энергоатомиздат, 1985.

Qo'shimcha adabiyotlar:

1. Mirziyoyev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob halqimiz bilan birga quramiz.–Toshkent: “O'zbekiston ”, 2017–488 b.
2. Бородулин В.Н. и др. Электротехническое материаловедение. Лаб. раб. Методическое пособие -М.: Изд. МЭИ, 2001.
3. Справочник по электротехническим материалам. -М.: «Энергоатомиздат», перер. в 3 т., 2002.
4. Eraliev A.X. “Dielektriklar” O'quv qo'llanma. Farg'ona, 2016 y.
5. ma'ruzalar matni, Farg'ona 2021 y.
6. Nasretdinova F.N., Xalilova F.A. “Elektr texnik materiallar” fanidan laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish uchun uslubiy ko'rsatma. Farg'ona 2021 y.
7. Xalilova F.A. “Elektr texnik materiallar” fanidan amaliy mashg'ulotlarini bajarish uchun uslubiy ko'rsatma. Farg'ona 2020 y.

Axborot manbalari:

6. www. stat.uz – O'zbekiston respublikasi Statistika Qo'mitasining rasmiy veb sahifasi
7. www. lex.uz – Me'yoriy–huquqiy baza veb sahifasi
8. www.nber.com – AQSh iqtisodiy tadqiqotlar milliy byurosi sayti.
9. www.wyeboscience.com– Xalqaro ilmiy maqolalar platformasi.
10. www.scopus.com – Xalqaro ilmiy maqolalar platformasi.
6. www.elibrary.ru – Rossiya ilmiy maqolalar indeksi.
7. <http://ziyonet.uz>

GLOSSARIY

Elektrotexnik materiallar - deb alohida elektr mashinalari apparatlari uchun ishlatiladigan materiallar tushuniladi.

Dielektrik - Energetik satx zonalaridan kelib chiqqan holda ta'qiqlovchi zonasi shunchalik katta bo'ladi.

O'tkazgichlar - materiallarda elektronlarning xarakatini butun energetik zonada bo'lib balki materiallarni to'la qoplaydi.

Yarim o'tkazgichlar - Energetik satx zonalaridan kelib chiqqan holda ta'qiqlovchi zonasi dielektrik materiallardan kichik o'tkazgichlardan katta bo'ladi.

Magnit materiallar - Tashqi magnit maydoni ta'sirida magnitlanadigan, ya'ni o'ziga xos magnitaviy xossalarga ega bo'ladigan materiallar.

Ionli bog'lanish - Ionli bog'lanish bunda (+) va (-) ionlarining tortilish kuchi bilan aniqlanadi. Qattiq jismlarning mexanik mustaxkamligi ionni strukturasiga bog'liq.

Metalli bog'lanish - Qattiq kristalli jismlar uchun metallarni sistemik ko'rinishida olib (+) zaryadlangan ionlarni panjara ko'rinishida erkin elektronlar orasida joylashishi.

Dielektrik singdiruvchanlik ϵ_r - dielektrikni kuchlanish ostida bo'lgandagi qobiliyatini ifodalaydi.

Erish temperaturasi - kristall strukturali materiallar uchun tegishli (metall, dielektrik, yarim o'tkazgich) ya'ni qattiq holatdan suyuq holatga o'tishdagi temperatura xisoblanadi.

Yumshash temperaturasi - amorf strukturali materiallar uchun (smola, bitum, lak, kley) qattiq holatdan suyuq holatga o'tishdagi bosqichlar.

Issiqlikga chidamliligi - qisqa yuqori temperaturada tekshiriladi.

Qizishga chidamliligi - uzoq vaqt bir temperaturada tekshiriladi.

Sovuqqa chidamliligi - quyi temperaturada tekshirilib elektroizolyasion material bunda (rezina, plasmassa, lak, plenka) singari mustaxkamligi yo'qoladi.

Suyuq dielektrikning yonish temperaturasi - bu suyuq dielektrik qiziganda ajrab chiqqan parlari olov bilan ko'shilganda yonadi.

Elektrik mustaxkamligi (E_{mus}) - dielektriklarning teshilish kuchlanishidagi qiymat.

Segnet dielektriklar - maxsus guruxlar borki kuchlanganlik o'zgarmaganda yo'nalish nochiziqli, ya'ni ba'zi maydon kuchlanganligi to'yingan bo'ladi.

Relaksasion qutblanish - qutblanish lahzada emas, issiqlik energiyasi ajralishi kuzatilib yoki qizish natijasida amalga oshuvchi hisoblanadi.

Qutblanish elektr maydoni ostida - lahzada energiya tarqalmay, issiqlik kuzatilmay turib sodir bo'ladi.

Elektronli qutblanishda - atom va ionlarning qobiliyati elektronlarining deformasiyasi va aralashuvi tushuniladi. Elektron qutblanish vaqti 10^{-15} sekund.

Ionli qutblanish - qattiq dielektriklar uchun xarakterli bog'langan ionlarning aralashuvida kuzatiladi. Temperatura ko'tarilganda ta'sirlanuvchi ionlar orasidagi masofa uzoqlashishi va issiqlik tarqalishi natijasida aralash kuchlari kuchsizlanadi. Qutblanish vaqti 10^{-13} sekund.

Nomustaqil o'tkazuvchanlik - Tashqi faktorlar hisobiga gazlarning yarim o'tkazuvchanligiga aytiladi. (Tashqi faktorlarga rentgen nurlari, ultrabinafsha nurlar, kosmik radiaktiv nurlanish, hamda termik ta'sirlanish (qizdirish) kiradi).

Mustaqil o'tkazuvchanlik - molekulalarning zaryadlangan ionlar bilan to'qnashuvidan ham bunda zaryadlangan bo'lakning kinetik energiyasi elektr maydon ta'sirida katta qiymatga ega bo'lishiga aytiladi.

Dielektriklarning teshilishi - maydon kuchlanganligi qandaydir belgilangan kritik qiymatidan ko'tarilganda bu holat yoki elektr mustaxkamligini buzilishi deb yuritiladi.

Dielektrikni elektr mustaxkamligi - Kuchlanish qiymatini teshilish kuchlanishi U_{tesh} mos keluvchi material kuchlanganligi deyiladi.

Elektr teshilish - dielektrlarda elektronli jarayon bo'lib, kuchli elektr maydoni ta'sirida bir joyda birdaniga tokning zichligi ortishi teshilish momentiga olib keladi.

Issiqlikdan teshilish - (teplovoy probay) dielektriklarning aktiv qarshiligi qizish natijasida kamayib, aktiv tokning o'sib ketishiga va dielektrikning termik buzilishiga olib boradi.

Gazlardagi teshilish - elektronning aniq ko'rinishi gazlardagi teshilishdagi qiymati maksimal (amplitudali) qiymatliligi bo'lib koladi.

Mikroskopik bir jinsli dielektrlarda elektr teshilishi - juda tez vakt 10^{-10} s bo'lib issiqlik energiyasi ajralishi xarakterli emas ya'ni bog'liq emas.

Bir jinsli bo'lmagan dielektrlarda elektr teshilishi - asosan turli tarkibdagi materiallarda kuzatilib, teshilish zaif bog'langan qismi uchun tegishlidir.

Elektroximik teshilish - eksploatasiya davomida materialning elektr toki yoki ximiyaviy jarayonlar tasirida yuzaga keladi.

Dielektrik isrof - elektr maydoni ta'sirida o'zgaruvchan va o'zgarmas bo'lishidan qat'iy nazar dielektrikda tarqalayotgan va qizishga olib kelgan quvvatga aytiladi.

Sopol [farfor] - elektr izolyasion materialning asosiysidir. Texnologik jarayon yuqori sifatli glin (koalin) aralashmalardan tozalanib suv bilan yaxshi aralashtiriladi.

Glazur - bu farfor materialning ya'ni tashqi mexanik zarbaga chidamliligi, namlikdan saqlanish tashqi atmosferadan ifloslanishidan saqlaydi. Yana oqib o'tadigan (I utechka) toklaridan himoyalaydi.

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

FARG'ONA POLITEKNIKA INSTITUTI

Ro'yxatga olindi:

№ 266-21

«30» 08 2021 y

“TASDIQLAYMAN”

Farg'ona politexnika instituti rektori

O'.R. Salomov

2021 yil «30» 08

**ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR
FANING O'QUV DASTURI**

Bilim sohasi:	700 000 – Muhandislik, ishlov berish va qurilish sohalari
Ta'lim sohasi:	710 000 – Muhandislik ishi
Ta'lim yo'nalishi:	60710700 – Elektr texnika, elektr mexanika va elektrotexnologiya 60710900 – Energiya tejamkorligi va energoaudit

Farg'ona–2021

O'quv dasturi "Elektr energetikasi" kafedrası yig'ilishida muhokama qilinib, 2021 yil avgust oyidagi № 1 -sonli majlis bayonnomasi bilan ma'qullangan.

"EE" kafedrası mudiri: (imzo) Jabborov T.K. 2021 yil "26" 08
(imzo) (F.I.SH.)

Fanning o'quv dasturi "Energetika" fakulteti Kengashining 2021 yil avgust oyidagi № 1 -son qarori bilan tasdiqlandi.

Kengash raisi: (imzo) M.O.O'zbekov 2021 yil "28" 08
(imzo) (F.I.SH.)



Kelishildi:

"EEE" kafedrası mudiri: (imzo) M.A.Shaxodjaev 2021 yil "26" 08
(imzo) (F.I.SH.)

O'quv uslubiy boshqarma boshlig'i: (imzo) Sh.Sh.Xamdamova «30» 08 2021 yil
(imzo) (F.I.SH.)

Institutning 2021 yil "30" avgust oyidagi Kengashida muhokamadan etilgan va tasdiqlangan.

Fan/modul kodi MBIAF		O'quv yili 2021–2022	Semestr 2	Kreditlar 4
Fan/modul turi Majburiy		Ta'lim tili O'zbek	Haftadagi dars soatlari 4	
1	Fanning nomi	Auditoriya mashg'ulotlari (soat)	Mustaqil ta'lim (soat)	Jami yuklama (soat)
	Elektr texnik materiallar	45	75	120
2	1. Fanning mazmuni Fanning o'qitishdan maqsad – fan o'qitilishidan maqsad elektr texnik materiallarning fizik, kimyoviy va mexanik xossalarni chuqur talqin eta bilish. Zamonaviy elektr texnikada qo'llaniladigan materiallarni tadqiq etish darajasini ta'minlashdan iborat Fanning vazifasi – Fanni o'qitishning vazifalari: gazsimon, suyuq va qattiq dielektrlarni fizik, kimyoviy va mexanik xossalarini o'rganish; o'tkazgichlar, yarim o'tkazgichlar va magnit materiallarni asosiy xossalari va turlari masalalarini talabalar o'zlashtirishidir. Elektr texnika sohasida ishlatiladigan elektr texnik materiallarni etarlicha o'zlashtirish tajribasiga ega bo'lishi kerak. II. Asosiy nazariy qism (ma'ruza mashg'ulotlari) II.I. Fanning tarkibiga quyidagi mavzular kiradi: 1-mavzu. Kursning maqsadi. Elektr texnik materiallar haqida asosiy tushunchalar va sinflar. Zamonaviy texnikadagi elektr texnik materiallarning o'rni va roli. Elektr maydondagi dielektrlar. Qutbli va qutibsiz dielektrlar. Dielektrlarning dielektrik singdiruvchanligi. Dielektrlarning elektr o'tkazuvchanligini asosiy tushunchalari. Dielektrlarda solishtirma haimiy va solishtirma yuza qarshiliklari. Gazlarning, suyuq va qattiq dielektrlarning elektr o'tkazuvchanligi. Qattiq dielektrlarda sirt (yuza) orqali elektr o'tkazuvchanlik. 2-mavzu. Dielektrlarda energiya isrofi. Dielektrlardagi isrof burchagi δ yoki shu burchak tangensi $\operatorname{tg}\delta$. Parallel va ketma-ket ulangan zanjir uchun energiya isrofini aniqlash. Gazlarda dielektrik isrof. Qutbsiz suyuqliklar (kondensator moylari)da dielektrik isrof. Qutbli suyuqliklarda isrof. Suyuq dielektrlarda energiya isrof qovushqoqligiga bog'liqligi. 3-mavzu. Dielektrlarda teshilish turlari. Dielektrikning teshilish kuchlanishi. Dielektrikni elektr mustahkamligi. Havoning elektr mustahkamligi. Suyuq dielektrlarning elektr mustahkamligi. Qattiq dielektrlarning teshilishi. Makroskopik jihatdan bir jinsli dielektrlar elektr teshilishi; bir jinsli bo'lmagan dielektrlarning elektr teshilishi; issiqlikdan teshilishi; elektr-kimyoviy teshilish.			

4-mavzu. Dielektrikning namlanish

Materialarni namligi. Dielektrikning nam singdiruvchanligi. Dielektrikning mexanik xossalari. Dielektrik fizik xossalari. Izolyasiyani namlikdan himoya qilish. Dielektriklarning issiqlik xossalari. Yuqori energiyali nurlanishning dielektrik xossalari ta'siri.

5-mavzu. Dielektrik materiallar haqida asosiy tushunchalar

Gazsimon dielektriklar. Suyuq holatdagi dielektriklar. Organik qattiq dielektriklar. Sun'iy qatronlar. Sellyuloza. To'qimachilik materiallar. Anorganik dielektriklar. Shisha. Sopol materiallar. Slyuda va slyudali materiallar. Asbest. Segnetoelektriklar.

6-mavzu. O'tkazgich materiallarning asosiy xossalari

O'tkazuvchanlik hususiyati yuqori bo'lgan materiallari. O'ta o'tkazgichlar va krio o'tkazgichlar. Turli metallar. Turli qotishmalar.

7-mavzu. Yarim o'tkazgich materiallar

Yarim o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi. Yarim o'tkazgich materiallar tarkibidagi qo'shimchalar.

8-mavzu. Magnit materiallari haqida umumiy ma'lumotlar

Magnit maydoni ta'sirida magnit materiallar. Nikel, kobalt va toza temir. Yumshoq va qattiq magnit materiallar.

a. Amaliy mashg'ulotlar bo'yicha ko'rsatma va tavsiyalar

Amaliy mashg'ulotlar uchun quyidagi mavzular tavsiya etiladi:

1. Dielektriklarning qutblanishi va elektr o'tkazuvchanligi
2. Dielektriklarda energiya isrofi
3. Dielektriklarning teshilishi
4. Dielektrik materiallar.
5. Polimer materiallar
6. O'tkazgichlar.
7. Yarim o'tkazgichlar.
8. Magnit materiallar.

Amaliy mashg'ulotlar multimediya qurilmalari bilan jihozlangan auditoriyada bir akademik guruhga bir professor-o'qituvchi tomonidan o'tkazilishi zarur. Mashg'ulotlar faol va interaktiv usullar yordamida o'tilishi, mos ravishda munosib pedagogik va axborot texnologiyalar qo'llanilishi maqsadga muvofiq.

b. Laboratoriya ishlari bo'yicha ko'rsatma va tavsiyalar

Laboratoriya ishlarida talabalar elektr texnikasida qo'llaniladigan elektr texnika materiallarni sifat ko'rsatkichlarini aniqlash bo'yicha tajriba hosil qiladi.

Laboratoriya ishlarining taxminiy ro'yxati

1. Izolyasion materiallarining elektr o'tkazuvchanligi.
2. Qattiq dielektriklarda dielektrik singdiruvchanligini va dielektrik energiya isrofini aniqlash.
3. Transformator moyining elektr mustahkamligini aniqlash.

4. Qattiq dielektriklarning elektr mustahkamligini aniqlash. Har xil dielektriklarni kuchlanish ostida teshilishini tajribada sinash.
5. Dielektriklarning namlanishini aniqlash.
6. Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligini o'rganish.
7. Magnit materiallarini tekshirish.

v. Mustaqil ta'lim va mustaqil ishlar

Mustaqil ta'lim uchun tavsiya etiladigan mavzular:

1. Elektr texnik materiallar haqida asosiy tushunchalar va sinflar
 2. Zamonaviy texnikadagi elektr texnik materiallarning o'rnini va roli.
 3. Qutbli va qutubsiz dielektriklar.
 4. Dielektriklarda solishtirma haimiy va solishtirma yuza qarshiliklari.
 5. Gazlarning, suyuq va qattiq dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligi.
 6. Dielektriklardagi isrof burchagi δ yoki shu burchak tangensi $\operatorname{tg}\delta$.
 7. Parallel va ketma-ket ulangan zanjir uchun energiya isrofini aniqlash.
 8. Gazlarda dielektrik isrofi va suyuq dielektriklarda energiya isrof qovushqoqligiga bog'liqligi.
 9. Qutbsiz suyuqliklar (kondensator moylari)da dielektrik isrof. Qutbli suyuqliklarda isrof.
 10. Dielektrikning teshilish kuchlanishi va elektr mustahkamligi.
 11. Havoning elektr mustahkamligi.
 12. Suyuq dielektriklarning elektr mustahkamligi.
 13. Qattiq dielektriklarning teshilishi.
 14. Makroskopik jihatdan bir jinsli dielektriklar elektr teshilishi; bir jinsli bo'lmagan dielektriklarning elektr teshilishi; issiqlikdan teshilishi; elektr-kimyoviy teshilish.
 15. Materialarni namligi. Dielektrikning nam singdiruvchanligi.
 16. Dielektrikning mexanik, fizik, issiqlik xossalari.
 17. Yuqori energiyali nurlanishning dielektrik xossalari ta'siri.
 18. Gazsimon dielektriklar.
 19. Suyuq holatdagi dielektriklar.
 20. Organik qattiq dielektriklar.
 21. Sun'iy qatronlar. Sellyuloza. To'qimachilik materiallar.
 22. Anorganik dielektriklar.
 23. O'tkazuvchanlik hususiyati yuqori bo'lgan materiallari.
 24. O'ta o'tkazgichlar va krio o'tkazgichlar.
 25. Turli metallar va qotishmalar.
 26. Yarim o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi.
 27. Yarim o'tkazgich materiallar tarkibidagi qo'shimchalar.
 28. Magnit maydoni ta'sirida magnit materiallar.
 29. Nikel, kobalt va toza temir.
 30. Yumshoq va qattiq magnit materiallar.
- Mustaqil o'zlashtiriladigan mavzular bo'yicha talabalar tomonidan referatlar, taqdimot, maketlar tayyorlash va uni taqdimot qilish tavsiya etiladi.

3.	V. Ta’lim natijalari / Kasbiy kompetensiyalari Talaba bilishi kerak: • Elektr texnikada qo’llaniladigan materiallarning klasifikatsiyalari, qo’llanilish doirasi, ularning fizik–kimyoviy, elektrik va issiqlik tasniflari, ishlab chiqarish texnologiyasining o’ziga xos tomonlari, dielektriklarning tabiati, o’tkazgichli materiallarning elektrik xossalari, yarim o’tkazgichlarning texnikadagi o’rni, magnit materiallarning serqirra jihatlari, hamda shu materiallar asosidagi texnologiyaning zamonaviy taraqqiyotini o’zlashtirishi, ishlash prinsiplarini, qo’llanish sohalarini bilishi kerak. • Elektr texnik materiallarining elektrik va mexanik, issiqlik parametrlarini hisoblash, ishlab chiqarish texnologiyasini bilishi va udalashi, texnik–iqtisodiy ko’rsatkichlarini taqqoslash; fizikkimyoviy va mexanik xususiyatlarini bilish, texnologik loyihalarini tayyorlashda o’rinli foydalanish, afzallik va kamchiliklarini e’tirof etish, uddalash, ishlatish to’g’risida tushuncha hamda malakaviy ko’nikmalariga ega bo’lishi kerak. • Talaba elektr texnik materiallarini elektrik va fizik–kimyoviy va mexanik tasniflarini bilishi hamda ular ustida ishlay bilishi yoki ishlov berishi materiallardagi bog’lanishni hosil qilish texnologiyasi, texnik–iqtisodiy jihatdan tahlil qilishi, ularni ekspluatatsiya, sharoitlarida samarali ishlatish; normal ish sharoitlarini, zamonaviy materiallardan foydalanish ko’nikmalariga ega bo’lishi kerak.
4.	VI. Ta’lim texnologiyalari va metodlari: • ma’ruzalar; • interfaol keys–stadilar; • <i>amaliy mashg’ulotlarda (mantiqiy fikrlash, tezkor savol–javoblar);</i> • guruhlarda ishlash; • taqdimotlarni qilish; • individual loyihalar; • jamoa bo’lib ishlash va himoya qilish uchun loyihalar.
5.	VII. Kreditlarni olish uchun talablar: Joriy, oraliq nazorat shakllarida berilgan vazifa va topshiriqlarni bajarish, yakuniy nazorat bo’yicha yozma ishni yoki test muvaffaqiyatli topshirish.
6.	Asosiy adabiyotlar 1. Dielektric Materials for Electrical Engineering. Juan Martinez-Vega 1-3 БОБ, 1- бўлим, 3-13, 79-81 бет. 2. Basak T.K., Elektrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009. 3. Ahmedov A.Sh. Elektr texnika materiallar. O’q’uv q’o’llanma, -Toshkent: TDTU, 2006. 4. Основы кабельной техники.: учебник для студ. Высш.учеб. заведений/ под ред. И.Б. Пешкова. -М.: Издательский центр «Академия», 2006. 5. Sulliev A.X. Elektr texnika materiallari.– Toshkent. 2017 y.

	Qo‘shimcha adabiyotlar 1. Mirziyoyev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob halqimiz bilan birga quramiz.–Toshkent: “O‘zbekiston ”, 2017–488 b. 2. Borodulin V.N. i dr. Elektrotexnicheskoye materialovedeniye. Lab. rab. Metodicheskoye posobiye -M.: Izd. MEI, 2001. 3. Spravochnik po elektrotexnicheskim materialam. -M.: «Energoatomizdat», perer. v 3 t., 2002. Axborot manbalari 1. www. stat.uz – O‘zbekiston respublikasi Statistika Qo‘mitasining rasmiy veb sahifasi 2. www. lex.uz – Me‘yoriy–huquqiy baza veb sahifasi 3. www.nber.com – AQSh iqtisodiy tadqiqotlar milliy byurosi sayti. 4. www.wyebofscience.com– Xalqaro ilmiy maqolalar platformasi. 5. www.scopus.com – Xalqaro ilmiy maqolalar platformasi. 6. www.elibrary.ru – Rossiya ilmiy maqolalar indeksi.
7.	Farg‘ona politexnika instituti tomonidan ishlab chiqilgan va tasdiqlangan.
8.	Fan/modul uchun mas’ullar: F.A. Xalilova – FarPI, “Elektr energetikasi” kafedrasi assistenti
9.	Taqrizchilar: M.Ortiqov–Farg‘ona Regional dispecherlik xizmati, dispecheri N.Kamolov–FarPI, “EEE” kafedrasi, texnika fanlar nomzodi, dotsent



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TALIM VAZIRLIGI
FARGONA POLITEKNIKA INSTITUTI
QURILISH FAKULTETI

RO'YHATGA OLINDI:

№ 266 - 28
«30» 08 2021 yil

“TASDIQLAYMAN”

Farg'ona politeknika instituti
O'quv ishlari boyicha prorektori

J.X.Kambarov

«30» 08 2021 yil

“ELEKTR TEXNIK
MATERIALLAR”

fanidan

SILLABUS

Bilim sohasi	700 000	-	Muhandislik, ishlov berish va qurilish sohalari
Talim sohasi:	710 000	-	Muhandislik ishi
Talim yonalishi:	60710700	-	Elektr texnika, elektr mexanika va elektrotexnologiya
	60710900	-	Energiya tejamkorligi va energoaudit

O'qish davri	2-semestr
Fan kodi	EM1208
Fan hajmi	8 kredit
Fanning umumiy soatlari	120
Auditoriya soatlari	46
Jumladan:	
Maruza	16 soat
Amaliy mashg'ulot	16 soat
Laboratoriya mashg'ulot	14 soat
Mustaqil talim	74 soat
Nazorat shakli	ON, YaN
O'qitish shakli	Kuzduzgi

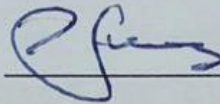
Farg'ona - 2021

Sillabus Farg'ona politexnika institutining o'quv dasturi asosida ishlab chiqilgan va Institut Kengashining 2021-yil "30" avgust kungi yig'ilishi bayoni bilan tasdiqlangan.

Kelishildi:

"EEE" kafedrası mudiri:

2021 yil "28" 08



M.A. Shoxodjaev

Fanning sillabusi Energetika fakulteti Kengashi tomonidan foydalanish uchun tavsiya etilgan.

"28" 08 2021 y. Bayonnoma № 1



Kengash raisi:



M.O. O'zbekov

Fan o'qituvchilari haqida ma'lumot:

Xalilova Feruza Abdulvosievna – Elektr energetikasi kafedra assistenti
FarPI "Elektr energetikasi" kafedrası. Manzil: Farg'ona sh. Farg'ona ko'chasi 86-uy
Telefon: +998906339481

Kirish

O'qitishdan maqsad – fan o'qitilishidan maqsad elektr texnik materiallarning fizik, kimyoviy va mexanik xossalarni chuqur talqin eta bilish. Zamonaviy elektr texnikada qo'llaniladigan materiallarni tadqiq etish darajasini ta'minlashdan iborat.

“Elektr texnik materiallar” amaliy darslar fanini o'qitishning ilg'or va zamonaviy usullaridan: slaydlar ko'rsatish, fanning elektron versiyasidan foydalanish, internet orqali ma'lumotlar kabi foydalanish, darslarda interfaol usullarni qo'llash orqali yangi pedagogik texnologiyalarni tatbiq qilish muhim ahamiyatga egadir. Fanni o'qitishda darslik, o'quv qo'llanma, o'quv uslubiy majmua va ko'rsatmalardan foydalanildi.

Fan boyicha talabalarning bilimi, Oquvi va konikmalariga qo'yiladigan talablar

- Elektr texnikada qo'llaniladigan materiallarning klasifikatsiyalari, qo'llanilish doirasi, ularning fizik–kimyoviy, elektrik va issiqlik tasniflari, ishlab chiqarish texnologiyasining o'ziga xos tomonlari, dielektriklarning tabiati, o'tkazgichli materiallarning elektrik xossalari, yarim o'tkazgichlarning texnikadagi o'rni, magnit materiallarning serqirra jihatlarini, hamda shu materiallar asosidagi texnologiyaning zamonaviy taraqqiyotini o'zlashtirishi, ishlash prinsiplarini, qo'llanish sohalarini bilishi kerak.
- Elektr texnik materiallarining elektrik va mexanik, issiqlik parametrlarini hisoblash, ishlab chiqarish texnologiyasini bilishi va udalashi, texnik–iqtisodiy ko'rsatkichlarini taqqoslash; fizikkimyoviy va mexanik xususiyatlarini bilish, texnologik loyihalarini tayyorlashda o'rinli foydalanish, afzallik va kamchiliklarini e'tirof etish, uddalash, ishlatish to'g'risida tushuncha hamda malakaviy ko'nikmalariga ega bo'lishi kerak.
- Talaba elektr texnik materiallarini elektrik va fizik–kimyoviy va mexanik tasniflarini bilishi hamda ular ustida ishlay bilishi yoki ishlov berishi materiallardagi bog'lanishni hosil qilish texnologiyasi, texnik–iqtisodiy jihatdan tahlil qilishi, ularni ekspluatatsiya, sharoitlarida samarali ishlatish; normal ish sharoitlarini, zamonaviy materiallardan foydalanish ko'nikmalariga ega bo'lishi kerak.

Fanni o'qitishning maqsad va vazifalari

Fanning o'qitishdan maqsad – fan o'qitilishidan maqsad elektr texnik materiallarning fizik, kimyoviy va mexanik xossalarni chuqur talqin eta bilish. Zamonaviy elektr texnikada qo'llaniladigan materiallarni tadqiq etish darajasini ta'minlashdan iborat. Fanning vazifasi – gazsimon, suyuq va qattiq dielektriklarni fizik, kimyoviy va mexanik xossalarni o'rganish; o'tkazgichlar, yarim o'tkazgichlar va magnit materiallarni asosiy xossalari va turlari masalalarini talabalar o'zlashtirishidir. Elektr texnika sohasida ishlatiladigan elektr texnik materiallarni yetarlicha o'zlashtirish tajribasiga ega bo'lishi kerak.

Ushbu maqsadga erishish uchun bakalavrlarga nazariy bilimlar, amaliy konikmalalar, amaliy ishlar va jarayonlarga uslubiy yondashuv hamda ilmiy dunyoqarashini shakllantirishdan iborat.

Talim natijalari (Learning Outcomes)

№	Talim natijalari	O‘qitish usullari	Baholash usullari
1.	- Organishdan maqsad elektr texnik materiallarning fizik, kimyoviy va mexanik xossalarni chuqur talqin eta bilish. Zamonaviy elektr texnikada qo‘llaniladigan materiallarni tadqiq etish darajasini ta’minlashdan iborat. Fanning vazifasi – gazsimon, suyuq va qattiq dielektrlarni fizik, kimyoviy va mexanik xossalarni o‘rganish; o‘tkazgichlar, yarim o‘tkazgichlar va magnit materiallarni asosiy xossalari va turlari masalalarini talabalar o‘zlashtirishidir. Elektr texnika sohasida ishlatiladigan elektr texnik materiallarni etarlicha o‘zlashtirish tajribasiga ega bo‘lishi kerak.	Amaliy, TMI	Amaliy
2.	Jamoadi ishlash, kasbga oid mustaqil va tanqidiy fikrlash, muloqot madaniyati va xulosa chiqarish konikmalariga ega bo‘ladi	Amaliy mashg‘ulot, Activity	Darslardagi faolligi
3.	Fan topshiriqlarini vaqtida bajarish, jamlash va taqdim etish konikmalariga ega bo‘ladi	Q/A, Chart, Link, Review, SWOT, Google Apps, Interview	Amaliy
4.	Berilgan mavzu bo‘yicha ma’lumotlarni izlab topish, taqdimot yoki referat tayyorlash va uni o‘tkazish konikmalariga ega bo‘ladi.	Amaliy, TMI	Taqdimot, Referat

Fan moduli mavzulari

60710700 – Elektr texnika, elektr mexanika va elektrotexnologiya, 60710900 – Energiya tejamkorligi va energoaudit mutaxassisliklar uchun “Elektr texnik materiallar” fanidan o‘tiladigan mavzular va ular bo‘yicha mashg‘ulot turlariga ajratilgan soatlar hajmining taqsimoti

T/r	Fan mavzularining nomi	Jami	SHu jumladan			
			N	A	U	Mustaqil ta’lim

						O'RTMI	TMI
1	Dielektriklar	66	10	10	10	14	22
2	O'tkazgichlar	18	2	2	-	6	8
3	Yarim o'tkazgichlar	16	2	2	2	4	6
4	Magnit materiallar	20	2	2	2	6	8
	Jami	120	16	16	14	30	44

Fanni o'quv rejadagi boshqa fanlar bilan o'zaro bog'liqligi va uslubiy jihatdan uzviyligi. Fanni o'qitish semestrlari va uslubiy ko'rsatmalar

Fanning umumiy hajmi 120 soatni tashkil etadi. Fan II semestrda o'qitiladi. Fan 46 soat ma'ruza, amaliy va laboratoriya mashg'ulotlar tarzda olib boriladi, mustaqil ta'lim uchun 74 soat berilgan.

Umumiy va O'quv ishlari bo'yicha hajmi

t.r	O'quv fani nomi	O'quv yuklama, soat	Maruza	Amaliy mashg'ulot	Laboratoriya mashg'ulot	Mustaqil Talim	Semestr va soatlar
1	Elektr texnik materiallar	120	16	16	14	74	II-4

«Elektr texnik materiallar» fanidan o'tiladigan mavzular va mashg'ulot turlariga ajratilgan soatlarning taqsimoti

Ma'ruza mashg'ulotlari:

T/r	II- semestr	Soat
1.	Kursning maqsadi. Elektr texnik materiallar haqida asosiy tushunchalar va sinflar. Zamonaviy texnikadagi elektr texnik materiallarning o'rni va roli.	2
2.	Dielektriklarda energiya isrofi.	2
3.	Dielektriklarda teshilish turlari.	2
4.	Dielektrikning namlanish	2
5.	Dielektrik materiallar haqida asosiy tushunchalar	2
6.	O'tkazgich materiallarning asosiy xossalari.	2
7.	Yarim o'tkazgich materiallar.	2
8.	Magnit materiallari haqida umumiy ma'lumotlar.	2
Jami:		16

Amaliy mashg'ulot turiga ajratilgan soatlarning taqsimoti

T/r	II- semestr	Soat
-----	-------------	------

1.	Dielektriklarning qutblanishi va elektr o'tkazuvchanligi.	2
2.	Dielektrlarda energiya isrofi	2
3.	Dielektriklarning teshilishi.	2
4.	Dielektrik materiallar.	2
5.	Polimer materiallar.	2
6.	O'tkazgichlar.	2
7.	Yarim o'tkazgichlar.	2
8.	Magnit materiallar.	2
Jami		16

Laboratoriya mashg'ulot turiga ajratilgan soatlarning taqsimoti

T/r	II- semestr	Soat
1.	Izolyasion materiallarining elektr o'tkazuvchanligi.	2
2.	Qattiq dielektrlarda dielektrik singdiruvchanligini va dielektrik energiya isrofini aniqlash.	2
3.	Transformator moyining elektr mustahkamligini aniqlash	2
4.	Qattiq dielektriklarning elektr mustahkamligini aniqlash. Har xil dielektrlarni kuchlanish ostida teshilishini tajribada sinash.	2
5.	Dielektriklarning namlanishini aniqlash.	2
6.	Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligini o'rganish.	2
7.	Magnit materiallarini tekshirish.	2
Jami		14

Amaliy mashg'ulotlar multimediya qurilmalari bilan jihozlangan auditoriyada bir akademik guruhga bir professor–o'qituvchi tomonidan o'tkazilishi zarur. Mashg'ulotlar faol va interaktiv usullar yordamida o'tilishi, mos ravishda munosib pedagogik va axborot texnologiyalar qo'llanilishi maqsadga muvofiq.

Mustaqil ta'lim va mustaqil ishlar

Mustaqil ta'lim uchun tavsiya etiladigan mavzular:

1. Elektr texnik materiallar haqida asosiy tushunchalar va sinflar
2. Zamonaviy texnikadagi elektr texnik materiallarning o'rni va roli.
3. Qutbli va qutubsiz dielektriklar.
4. Dielektrlarda solishtirma haimiy va solishtirma yuza qarshiliklari.
5. Gazlarning, suyuq va qattiq dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligi.
6. Dielektrlardagi isrof burchagi δ yoki shu burchak tangensi $\text{tg}\delta$.
7. Parallel va ketma-ket ulangan zanjir uchun enrgiya isrofini aniqlash.
8. Gazlarda dielektrik isrofi va suyuq dielektrlarda energiya isrof qovushqoqligiga bog'liqligi.
9. Qutbsiz suyuqliklar (kondensator moylari)da dielektrik isrof. Qutbli suyuqliklarda isrof.
10. Dielektrikning teshilish kuchlanishi va elektr mustahkamligi.
11. Havoning elektr mustahkamligi.

12. Suyuq dielektriklarning elektr mustahkamligi.
13. Qattiq dielektriklarning teshilishi.
14. Makroskopik jihatdan bir jinsli dielektriklar elektr teshilishi; bir jinsli bo'lmagan dielektriklarning elektr teshilishi; issiqlikdan teshilishi; elektr-kimyoviy teshilish.
15. Materialarni namligi. Dielektrikning nam singdiruvchanligi.
16. Dielektrikning mexanik, fizik, issiqlik xossalari.
17. Yuqori energiyali nurlanishning dielektrik xossalariga ta'siri.
18. Gazsimon dielektriklar.
19. Suyuq holatdagi dielektriklar.
20. Organik qattiq dielektriklar.
21. Sun'iy qatronlar. Sellyuloza. To'qimachilik materiallar.
22. Anorganik dielektriklar.
23. O'tkazuvchanlik hususiyati yuqori bo'lgan materiallari.
24. O'ta o'tkazgichlar va krio o'tkazgichlar.
25. Turli metallar va qotishmalar.
26. Yarim o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi.
27. Yarim o'tkazgich materiallar tarkibidagi qo'shimchalar.
28. Magnit maydoni ta'sirida magnit materiallar.
29. Nikel, kobalt va toza temir.
30. Yumshoq va qattiq magnit materiallar.

Mustaqil o'zlashtiriladigan mavzular bo'yicha talabalar tomonidan referatlar, taqdimot, maketlar tayyorlash va uni taqdimot qilish tavsiya etiladi.

Interfaol o'qitish usullari (Activity)

Amaliy mashg'ulotlarda interfaol o'qitish usullari qo'llaniladi. Bu usullar talabalarda jamoada ishlash, kasbga oid mustaqil va tanqidiy fikrlash, muloqot madaniyati va xulosa chiqarish ko'nikmalarini shakllantiradi. Quyida fan xususiyatlariga xos ba'zi usullar bayon etilgan.

- 1) **«Tushunchalar tahlili» usuli.** Talabalar tushunchalarni dastlab yakka tarzda va keyin jamoada muhokama qilishadi. O'qituvchi jamoaning fikrini yo'naltirib turadi va oxirida ekranga atamalarning izohini chiqaradi. Talabalar o'z fikrlarini taqqoslashadi, baholashadi va bilimlarini mustahkamlashadi.
- 2) **«Zinama-zina» usuli.** Talabalar mavzu bo'yicha yakka tarzda fikrini grafik ifoda etishadi, keyin guruhda muhokama etishadi. Guruhlar taqdimoti o'tkaziladi va grafik materiallar doskaga mantiqiy pog'onalar tarzida ilib boriladi.
- 3) **«CHarxpalak» usuli.** Kichik guruhlar o'z tarqatma materiallaridagi vazifani bajarib, charxpalak aylanishi bo'ylab birbiriga uzatishadi, har bir guruh boshqalarning ishiga tuzatish kiritadi va oxirida o'zlariga qaytib keladi. Guruhlar o'z ishini tuzatishlar bilan takomillashtirgan holda taqdimot qilishadi.
- 4) **«Bumerang» usuli.** Talaba bajargan ishini avval o'z kichik guruhida, keyin boshqa kichik guruhda muhokama qiladi, so'ngra yana o'z guruhiga qaytib kelib umumlashtiradi. Oxirida guruhlar taqdimoti o'tkaziladi.

5) **«Rezyume» usuli.** Kichik guruhlarda muammolar o'rganilib, tahlil qilinadi va xulosa yozma ifoda etiladi. Taqdimotda xulosa ko'rsatilmaydi, boshqa talabalarning taqdimotga nisbatan fikrlari hisobga olinib yangi xulosa shakllantiriladi va avvalgi yozma xulosa bilan taqqoslanadi.

6) **«Muammo» usuli.** Dastlab muammoli videolavha ko'rsatiladi. Kichik guruhlar namoyish vaqtida muammolarni qayd qilib borishadi. Keyin ularning yechimlarni o'zaro almashishadi va tuzatish kiritishadi. Oxirida muammo bo'yicha jamoaning xulosasi shakllantiriladi.

7) **«Labirint» usuli.** O'qituvchi murakkab vaziyatni bayon qiladi va jamoa bo'lib undan chiqish yo'li topiladi. Keyin kichik guruhlarda boshqa muammoli vaziyatlar o'rganiladi va taqdimot o'tkaziladi.

8) **FSMU usuli.** Talabadan o'z fikrini quyidagi tartibda ifodalash talab qilinadi: F - fikrini bayon qilish; S – fikriga sabab ko'rsatish; M – sababni asoslovchi misol keltirish; U - fikrini umumlashtirish.

9) **«Muloqot» usuli.** Kichik guruhlarda alohida mavzular o'rganiladi va turli materiallar (video, foto, sxema, ilmiy dalillar) tayyorlanadi. Keyin kichik guruhlar o'rtasida muloqot bo'lib o'tadi. O'qituvchi kichik guruhlarining fikrlarini maqsadli yo'naltirib boradi va oxirida o'z munosabatini bildiradi.

10) **«CHaynword» usuli.** O'qituvchi usul tartibini tushuntiradi. Talabalar mavzu bo'yicha yakka yoki umumiy tarzda o'qituvchi taqdim etgan savollarga o'z javobini jadvalga yozadi. O'qituvchi javoblarni tekshiradi, talabalar bilimlarini mustaxkamlab boradi.

Mustaqil talim shakllari

Talabalarning mustaqil talimi har bir modul bo'yicha o'qituvchi rahbarligida (O'RTMI) va mustaqil tarzda (TMI) quyidagi shakllar orqali amalga oshiriladi.

Talabani mustaqil ishlari (TMI)

Ushbu mustaqil ish shakllariga o'qituvchi tomonidan hech qanday ko'rsatma berilmaydi va baholanmaydi, balki talabani o'zi qiziqishlaridan kelib chiqib ularni amalga oshiradi. Fanni o'qitishda quyidagi TMI shakllari qo'llaniladi.

Talabani mustaqil ish mashg'ulotlari hajmi

T.r.	TMI shakllari va mazmuni	soat
1.	Research. Talabalar internetdan va boshqa manbalardan mustaqil ravishda ma'lumot izlashadi va tarqatma materiallarni o'rganishadi. Har bir maruza bo'yicha kamida 2 soat shug'ullanish maqsadga muvofiq.	20
2.	Forum. Talabalar fan mashg'ulotlari bo'yicha topshiriqlarni bajarish mobaynida masofaviy ta'lim platformasida o'zaro muloqot qilishadi. Bu jarayon uchun vaqt sarfi masofaviy talim platformasida qayd qilib boriladi.	15
3.	FAQ (kop' beriladigan savollar forumi). Talaba o'z muammosi bo'yicha maslahat olish uchun masofaviy talim platformasida maslahat tizimiga (glossariyga) yoki o'qituvchiga murojaat qiladi. Bu jarayon uchun vaqt sarfi masofaviy talim platformasida qayd qilib boriladi.	15

4.	Test. Talaba har bir modul yakunida o'z bilimlarini mustahkamlash uchun masofaviy ta'lim platformasiga amaliy ishini joylaydi. Bu jarayon uchun vaqt sarfi masofaviy ta'lim platformasida qayd qilib boriladi.	24
	Jami semester uchun 74 soat	74

Talabalar bilimini baholash

Oraliq nazoratlar. Oraliq nazoratlar semestrda 1 marta o'quv mashg'ulotlari davomida o'tkaziladi va talabalarning bajargan ishlari amaliy ish shaklida jamlanib tahlil qilib baholanadi. Talabaning darslardagi faolligi va ishtirokiga umumiy 10 ball qo'yiladi. Umumiy hisobda oraliq nazorat topshiriqlari 100 ballik tizimda baholanadi.

Talabaning oraliq nazorat bo'yicha o'zlashtirgan ballari quyidagi jadval asosida kredit ballariga va harfli tizimga ogiriladi.

Harfli tizimdagi baho	Ballarning raqamli ekvivalenti	Foiz ko'rsatkichi	An'anaviy usuldagi baho
A	4,0	95-100	A'lo
A–	3,67	90-94	
V+	3,33	85-89	Yaxshi
V	3,0	80-84	
V–	2,67	75-79	
S+	2,33	70-74	
S	2,0	65-69	Qoniqarli
S–	1,67	60-64	
D+	1,33	55-59	Qoniqarsiz
D	1,0	50-54	
F	0	0-49	

O'zbekiston Respublikasi Oliy va orta maxsus talim vazirining 2018 yil 9-avgustdagi 19-2018-sonli buyrug'iga ilova qilingan "Oliy talim muassasalarida talabalar bilimini nazorat qilish baholash tizimi to'g'risidagi nizom"ga muvofiq oraliq nazoratda fan bo'yicha A-S darajasiga erishgan talabalar yakuniy nazoratga qoyiladi.

Yakuniy nazorat (chiqish nazorati).

Yakuniy nazorat amaliy ish shaklida o'tkaziladi. Yakuniy nazorat amaliy ish bajarish korinishida baholanadi. Talabaning yakuniy nazoratdagi ozlashtirishi 100 ballik tizimda baholanadi va yuqoridagi jadval asosida uning baholash kursoratkichi aniqlanadi.

Yakuniy nazorat bahosi fan bo'yicha o'zlashtirish ko'rsatkichini belgilaydi.

FOYDALANILADIGAN ADABIYOTLAR ROYHATI

Asosiy adabiyotlar

1. Dielektric Materials for Electrical Engineering. Juan Martinez-Vega 1-3 БОБ, 1-бўлим, 3-13, 79-81 бет.
2. Basak T.K., Elektrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009.
3. Ahmedov A.Sh. Elektr texnika materiallar. O'q'uv q'o'llanma, -Toshkent: TDTU, 2006.
4. Основы кабельной техники.: учебник для студ. Высш.учеб. заведений/ под ред. И.Б. Пешкова. -М.: Издательский центр «Академия», 2006.
5. Sulliev A.X. Elektr texnika materiallari.– Toshkent. 2017 y.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. 1.Mirziyoyev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob halqimiz bilan birga quramiz.–Toshkent: “O'zbekiston ”, 2017–488 b.
2. Borodulin V.N. i dr. Elektrotexnicheskoye materialovedeniye. Lab. rab. Metodicheskoye posobiye -M.: Izd. MEI, 2001.
3. Spravochnik po elektrotexnicheskim materialam. -M.: «Energoatomizdat», perer. v 3 t., 2002.

Axborot manbalari

1. www.stat.uz – O'zbekiston respublikasi Statistika Qo'mitasining rasmiy veb sahifasi
2. www.lex.uz – Me'yoriy–huquqiy baza veb sahifasi
3. www.nber.com – AQSh iqtisodiy tadqiqotlar milliy byurosi sayti.
4. www.wyebofscience.com– Xalqaro ilmiy maqolalar platformasi.
5. www.scopus.com – Xalqaro ilmiy maqolalar platformasi.
6. www.elibrary.ru – Rossiya ilmiy maqolalar indeksi.
7. <http://ziyonet.uz>

“ELEKTR TEXNIK MATERIALLARI” FANDAN TARQATMA MATERIALLAR

1. “CHaynvord” metodi

“CHaynvord” metodi yangi interfaol metodlardan biri bo‘lib, xozirgi kunda metodik ishlanmalar ustida ishlar olib borilayotgan hamda takomillashtirilayotgan metodlardan. SHuning uchun bugungi kunda shubu metod pedagogik maxoratdan kelib chiqqan holda qo‘llanilib kelinmoqda. “CHaynvord” metodi eng uzun metodlardan bo‘lib, bunda o‘tilgan mavzular asosida so‘z o‘yinini tashkil qiladi.

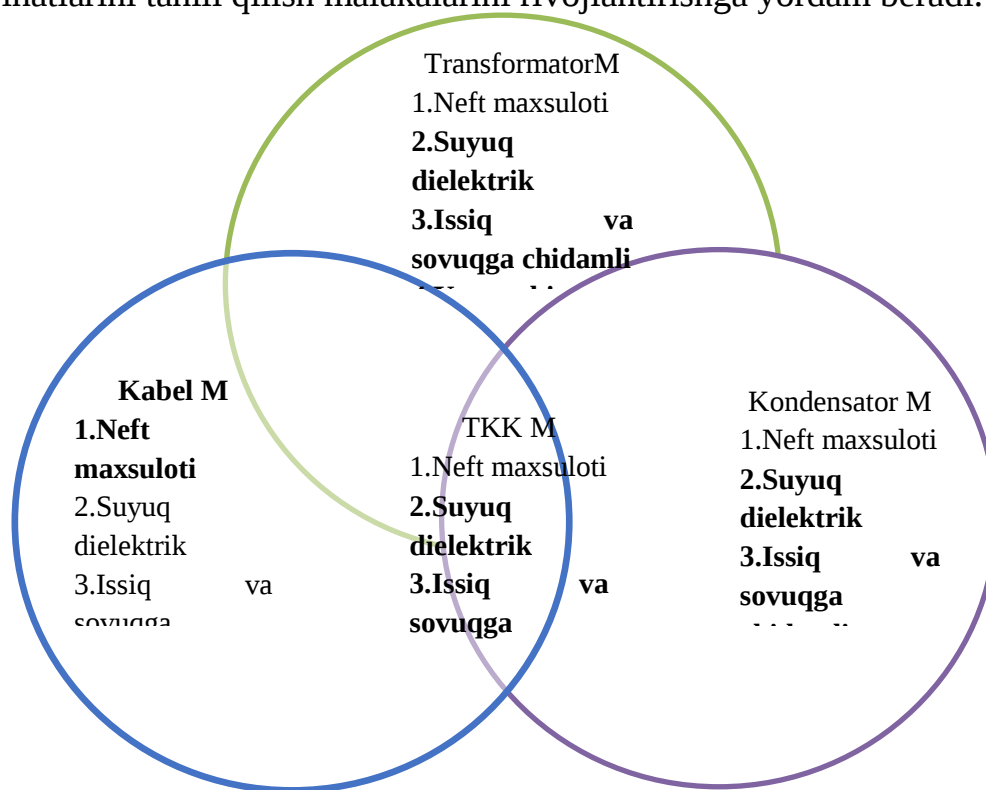
Talabalar jadvalning birinchi ustunidagi savollarga ikkinchi tomoniga nuqtachalar o‘rniga savolning javobini topib, izox berib o‘tishlari kerak.

Har bir talaba to‘g‘ri javob bilan belgilangan javoblarning farqlarini aniqlaydilar, kerakli tushunchaga ega bo‘ladilar, o‘z-o‘zlarini tekshiradilar, baholaydilar, shuningdek bilimlarini yana bir bor mustahkamlaydilar.

“CHaynvord” metodi

№	Savollar	Javoblar
1	Qanday materiallar o‘zidan tokni yaxshi o‘tkazmaydi (.....)	Dielektrik
2	Juda yaxshi mexanik mustaxkamlikka ega noorganik izolyatsion material (.....)	Keramika
3	Tolalar tuzilishga ega bo‘lgan mineral guruxlarining nomi (.....)	Azbest
4	Qanday moy elektrotexnikada keng qo‘llaniladigani (.....)	Transformator
5	Elektrotexnikada qo‘llaniladigan qo‘lqoplar qanday dielektrik materiallardan foydalaniladi (.....)	Rezina
...		

2. «Venn diagramma» metodi- o‘rganilayotgan ob’ektlarning 2 yoki 3 jihatlarni hamda umumiy tomonlarini solishtirish, taqqoslash yoki qarama-qarshi qo‘yish uchun qo‘llaniladi. Tizimli fikrlash, solishtirish, taqqoslash, tahlil qilish ko‘nikmalarini rivojlantiradi. Venn diagrammani tuzish qoidasi bilan tanishadilar. Alohida kichik guruhlarda Venn diagrammani tuzadilar va kesishmaydigan joylarni to‘ldiradilar. “Venn diagramma” metodi tinglovchilarda o‘rganilayotgan ob’ektlarning o‘ziga xos va o‘xshash jihatlarni tahlil qilish malakalarini rivojlantirishga yordam beradi.



3.B-B-B TEXNOLOGIYASI

Ushbu texnologiya yakuniy bosqichda qo‘llaniladi. Olingan ma’lumotlar asosida quyidagi BBB jadvalini to‘ldirib chiqishadi.

“BBB” METODI

№	Mavzu savollari	Bilaman “+”	Bilishni istayman “?”	Bilib oldim “√”
1	Dielektrik deb,			
2	Elektr izolyatsion materiallar			
3	Gazsimon dielektiriklar			
4	Havodan izolyatsiyalanadigan qurilmalar			
5	Elegaz			
6	Havoning elektr mustaxkamligi			

Metallarning asosiy xossalari
1-jadval.

№	Metallarning nomi	$\cdot 10^3$ Zichligi, kg/m ³	Eriş temperaturasi, °C	Solishtir-ma issiqlik sig'imi, J/kg·K	CHiziqli kengayish TK1·10 ⁶ ·K ⁻¹	Solishtir-ma qarshilik, mkOm·m	Elektronlarning chiqish ishi, eV	Qayishqoqlik moduli, GPa
1	Simob	13,60	-38,9	138	61,0	0,958	4,5	–
2	Seziy	1,87	26,5	234	95,5	0,210	1,9	1,8
3	Galliy	5,91	29,7	381	18,0	0,560	–	–
4	Kaliy	0,87	63,7	753	80,0	0,09	2,2	–
5	Natriy	0,97	97,8	1260	70,0	0,046	2,3	10
6	Indiy	7,28	156,0	243	25,0	0,090	–	–
7	Litiy	0,53	186,0	3620	–	–	–	4,9
8	Qalay	7,31	232,0	226	23,0	0,120	4,4	54,0
9	Kadmiy	8,65	321,0	230	30,0	0,076	4,0	62,3
10	Qo'rg'oshin	11,4	321,0	130	29,0	0,210	–	15,7
11	Rux	7,14	420,0	390	31,0	0,059	–	92,2
12	Magniy	1,74	651,0	1040	26,0	0,045	3,6	44,3
13	Alyuminiy	2,7	657,0	922	24,0	0,028	4,3	70,8
14	Bariy	3,5	710,0	268	17,0	0,500	–	12,6
15	Kumush	10,5	961,0	234	19,0	0,016	4,4	80
16	Oltin	19,3	1063	126	14,0	0,024	4,8	77,5
17	Mis	8,94	1083,0	385	16,0	0,017	4,3	129
18	Berilliy	1,85	1284,0	200	13,0	0,04	3,9	287
19	Nikel	8,9	1455,0	444	13,0	0,073	5,0	196
20	Kobalt	8,71	492,0	435	12,0	0,062	–	200
21	Temir	7,87	1535,0	452	11,0	0,098	4,5	211
22	Palladiy	12,1	1554,0	243	12,0	0,110	–	121
23	Titan	4,5	1724,0	577	8,1	9,480	–	104
24	Xrom	7,1	1850,0	–	6,5	0,210	–	245
25	Platina	21,4	1770,0	134	9,0	0,105	–	170
26	Toriy	11,5	1850,0	113	11,2	0,186	3,3	79,2
27	Sirkoniy	6,5	1860,0	276	5,4	0,410	3,7	68,4
28	Iridiy	22,5	2350,0	–	–	–	–	528
29	Niobiy	8,57	2410,0	272	7,2	0,140	4,1	100
30	Molibden	10,2	2620,0	264	5,1	0,057	4,2	294
31	Tantal	16,7	2850,0	142	6,5	0,135	4,1	177
32	Reniy	20,5	3180,0	138	4,7	0,210	4,8	465
33	Volfram	19,3	3380,0	218	4,4	0,055	4,5	407

ELEKTR TEXNIK MATERIALLARI ” FANDAN TEST SAVOLLARI

1. Elektr materiallarning klassifikatsiyasi.

*A) o'tkazgich, yarimo'tkazgich, dielektrik, magnit.

V) o'tkazgich, dielektrik, magnitodielektrik, ferromagnit.

S) o'tkazgich, magnit, temir, havo.

D) o'tkazgich, dielektrik, suv, po'lat.

2. ETM da yangi materiallarning yaratilishi asosan qaysi izlanishda olinadi?

A) tabiatdan izlab,

*V) yangi texnologiyalar asosida fizik, mexanik va ximiyaviy xarakteristikalarini o'rganish bilan,

S) ximiyaviy reaksiya natijasida,

D) mexanik usulda,

3. Jismlarning shakli.

A) gazsimon.

V) gazsimon, qattiq yumshoq.

*S) gazsimon, qattiq, suyuq.

D) qattiq, suyuq.

4. Magnit materiallar asosan 2 turga

A) kuchsiz, kuchli.

V) kuchli, ferrit.

S) kuchsiz, diamagnit.

*D) diamagnit, paramagnit.

5. Dielektriklarning noxiziqiy qutblanishi qaysi jismda kuzatilib va shu jism nomi bilan ataladi.

*A) segneto tuzida.

V) kisloroda.

S) neft moyi.

D) barcha suyuq dielektrlarda.

6. Ionli qutblanish ishning o'rtacha vaqti.

A) 10^{-15} C. V) 10^{-10} C S) 10^{-20} C. *D) 10^{-13} C.

7. Suyuq dielektrlarning temperatura koeffitsienti TK nechaga teng (benzol uchun $TKE_r \cdot 10^3 K^{-1}$).

A) -0,51

*V) -0,93

S) -0,8

D) 1

8. Bir jinsli maydonda solishtirma xajm-qarshiligining ifodalanishi (Om·m) da.

A) $\rho = RS \cdot h$

V) $\rho = \frac{R}{S \cdot h}$

*S) $\rho = \frac{R \cdot S}{h}$

D) $\rho = \frac{R}{S + h}$

9. Suyuq dielektrlarning elektr o'tkazuvchanligida γ avvalo qaysi faktor asosida kuzatiladi.

A) molekullarni tuzilishiga.

*V) suyuqlik qovushqoqligiga.

S) elektr maydon kuchlanganligiga.

D) temperaturaga.

10. Qattiq jismlarning elektr o'tkazuvchanligida solishtirma o'tkazuvchanlik Pul formulasi.

*A) $\gamma_E = \gamma \cdot \exp \beta \cdot E$

V) $\gamma_E = \gamma / \exp \beta \cdot E$

S) $\gamma_E = \gamma^2 \cdot \exp \beta \cdot E$

D) $\gamma_E = \gamma \cdot \exp \beta^2 \cdot E$

11. Dielektrik isrof deb.

A) dielektrikdagi kuchlanish isrofiga.

*V) dielektrikdagi elektr maydoni ta'sirida qizishiga sarflangan quvvat.

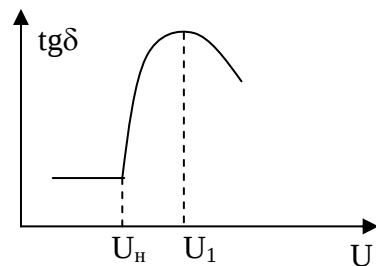
S) dielektrikning kuchlanish og'ishiga.

D) dielektrikdan oqib o'tgan zaryadlarning og'ishiga.

12. ETMda dielektrik isrofning turlari necha xil.

A) 2 xil. V) 3 xil *S) 4 xil. D) 5 xil.

13.



Bu bog'lanish qaysi turdagi jismlardagi dielektrik isrofnı xarakterlaydi.

A) qattiq va suyuq xolatdagi jismlarning

V) faqat suyuq jismlarning

*S) gazsimon jismlarning

D) gazsimon va qattiq jismlarning

14. Dielektrik teshilish deb:

A) elektr mustaxkamligini buzilishi

*V) kuchlanganlik maydonining dielektrik materialga ko'rsatgan boshlang'ich ta'siri

S) solishtirma qarshilikning ortib ketishi

D) dielektrikda temperaturaning keskin ortib ketishi

15. Havoning zichligi δ normal sharoit uchun nechaga teng.

A) 0,9

V) 0,8

S) 0,5

*D) 1

16. Bir jinsli maydonda qattiq dielektrlarning qalinligi o'zining elektr mustaxkamligiga qanday ta'sir ko'rsatadi?

*A) oshiradi

V) kamaytiradi

S) ta'sir qilmaydi

D) teshilish vaqtini uzaytiradi

17. organik dielektrlar deb...

- A) barcha tabiiy holda uchraydigan dielektriklar
- V) tarkibida kremniy bo'lgan dielektriklar
- S) tarkibida alyuminiy bo'lgan dielektriklar
- *D) tarkibida uglerod bilan birikkan dielektriklar.

18. Transformator moyining sovitish darajasi havoga nisbatan necha barobar yuqori.

- A) 5-10 barobar
- *V) 25-30 barobar
- S) 15-20 barobar
- D) 10-15 barobar

19. Gazlardagi teshilishda qaysi zarracha ishtirok etadi.

- *A) faqat elektron
- V) faqat ion
- S) faqat proton
- D) neytron

20. Gazlardagi ionlanishdagi potentsialli U_n ning qiymati qaysi oraliqda.

- A) 1-20 V
- *V) 4-25 V
- S) 10-30 V
- D) 20-50 V

21. Havoning zichligi normal $t=20^{\circ}\text{S}$ da nechaga teng.

- A) 0,1
- V) 0,5
- S) 0,8
- *D) 1

22. Aktiv dielektrlarga:

- *A) xossaari boshqaruvchili dielektriklar
- V) noorganik dielektriklar
- S) organik dielektriklar
- D) sintetik dielektriklar

23. Dielektrikning mexanik, issiqlikka, namlikka bo'lgan xossalarini qanday o'zgartirish mumkin.

- A) sintezlash natijasida
- *V) materialni tayyorlash texnologik jarayonida
- S) mumkin emas
- D) temperaturani ortirish yo'li bilan

24. Transformator moyining chaqnash temperaturasi

- A) $95^{\circ} - 100^{\circ}\text{C}$
- *V) $135^{\circ} - 140^{\circ}\text{C}$
- S) $150^{\circ} - 155^{\circ}\text{C}$
- D) $-160^{\circ} - 165^{\circ}\text{C}$

25. Muskovitning rangi.

- A) oq
- V) qora
- S) yashil
- *D) rangsiz

26. Farforni tayyorlashda asosiy maxsulot

- *A) kaolin
- V) glin
- S) kvars
- D) sement

27. Radiokeramik materiallardagi B belgilanish:

- A) ximiyaviy tarkibi.
- V) radiotexnik detalar uchun yuqori chastotali.

S) radiotexnik detalar uchun quyi chastotali.

*D) kondensatorlar uchun quyi chastotali.

28. SHishaning zichligi.

A) $2 \div 8,1 \text{ Mt/m}^3$ *V) $1 \div 5,1 \text{ Mt/m}^3$ S) $2 \div 24,2 \text{ Mt/m}^3$

D) $1 \div 6,1 \text{ Mt/m}^3$

29. Xrustal, srlint torkibida SiO_2 kvarsning tarkibi (%da)

A) -40% V) -60% S) -80% *D) -100%

30. SHishaning dielektrik singdiruvchanligi.

A) $3,8 \div 5,3$ V) $3,8 \div 8,2$ S) $3,8 \div 12,4$ *D) $3,8 \div 16,4$

31. Sitalning dielektrik singdiruvchanligi E_2 .

A) 5-9 V) 5-15 *S) 5-7 D) 5-10

32. Stirolni erish temperaturasi.

A) -50°C V) -10°C S) -20°C *D) -30°C

33. Murakkab organik jismlarning aralashmasi, yuqori molekulyarli material bu –

*A) smola V) lak S) kompond D) kley

34. Poliefir smolaning tarkibida

A) kremniy, slyuza, keramik materiallar.

*V) spirt, kislota.

S) tabiiy moylar, organik kislotalar.

D) tabiiy va sintetik tolali materiallar.

35. Plasstmassadagi plastifikatorlarning vazifasi.

A) rangini o'zgartiradi.

V) qizish temperaturasini kamaytiradi.

S) elektr mustaxkamligini oshiradi.

*D) plastikligini oshiradi, mo'rtligini kamaytiradi.

36. Viniplastning elektr mustaxkamligi ($E_{pr} - \text{MV/M}$)

A) 15-25 V) 15-20 *S) 15-35 D) 15-40

37. Dielektrik materiallar elektr tokini:

A) tokni yaxshi o'tkazadi.

V) tokni yaxshi o'tkazmaydi.

S) tokni umuman o'tkazmaydi.

*D) tokni qisman o'tkazadi.

38. ETM larni olishda asosiy muammo.

A) ximiyaviy reaksiyaning sekinlik bilan borishi.

V) texnologiyaning kamchiliklari.

S) xom-ashyoni qimmatligi.

*D) yuqori darajadagi zamonaviy texnologiyaning murakkabligi

39. Molekulalarning bog'lanish turlari.

A) kovalent, ionli, metalli.

V) kovalent, ionli elektronli.

*S) kovalent, ionli, protonli.

D) kovalent, ionli molekulyar.

40. Dielektrlklarda qutblanishning kuzatilishi.

*A) dielektrlkda qutblanish kuchlanish ta'sirida.

V) ikki dielektrlk material bir-biri bilan ta'sirida.

S) dielektrlk material bilan o'tkazgich orasida.

D) kuchlanishning har qanday qiymatida.

41. Dielektrlklardagi qutblanish turlari.

*A) elektronli, ionli, reaksiyali

V) elektronli, ionli.

S) ionli, reaksiyali.

D) reaksiyali, elektronli.

42. Dielektrlklarning qutblanish turlariga qarab necha guruhga klassifikatsiyalanadi.

A) asosan 3 guruhga.

*V) asosan 4 guruhga.

S) asosan 2 guruhga.

D) asosan 5 guruhga.

43. Qattiq dielektrlklarda dielektrlk singdiruvchanligidagi Kyuri temperaturasining qiymati (titanat bariy uchun)

A) 100°C V) 150°C S) 175°C *D) 125°C

44. Solishtirma sirtiy qarshilikning ifodalanishi.

*A) $\rho_s = \frac{R_s \cdot d}{\ell}$ V) $\rho_s = \frac{R_s \cdot d^2}{\ell}$ S) $\rho_s = \frac{R_s \cdot d}{\ell^2}$ D) $\rho_s = \frac{R_v \cdot d}{\ell}$

45. Normal temperaturada havoning elektr maydon kuchlanganligi E_n

A) $10^5 \div 10^6$ V/M. V) $10^{10} \div 10^{12}$ V/M. *S) $10^2 \div 10^4$ V/M.

D) $10^3 \div 10^6$ V/M.

46. Transformator moyining dielektrlk singdiruvchanligi t 20°C da olingan qiymati.

A) 2,2

*V) 2,3

S) 2

D) 4,5

47. Ipakli shishaning namlikka nisbatan 70% bo'lganda solishtirma sirtiy qarshiligi (tozalangan xolatda).

A) $1 \cdot 10^{15}$ V) $1 \cdot 10^{16}$ S) $1 \cdot 10^{10}$ *D) $1 \cdot 10^{11}$

48. Dielektrik isrof burchagi $t_d \delta$ ning kattaligining oqibati.

A) tokni yaxshi o'tkazishiga.

*V) issiqlikni ko'proq tarqalishiga.

S) solishtirma qarshiligini kamayishiga.

D) solishtirma o'tkazuvchanligini oshishiga.

49. YUqori chastotalarda hosil bo'ladigan isrof qanday nom bilan yuritiladi.

A) ionlanishdagi isrof

V) Idpolli-relakson isrof

S) issiqlikdagi isrof

*D) rezonansli isrof

50. Qattiq dielektrlarda dielektrik isrof jismning qaysi kattaligiga bog'liq.

A) temperaturaga

V) yuzaning kattaligiga

S) solishtirma sirtiy qarshiligiga.

*D) strukturaviy joylashishiga

51. Normal sharoitda oralii 1 sm bo'lgan elektrodlar orasidagi xavoning elektr mustaxkamligi.

A) 5 MV/M

V) 10 MV/M

*S) 3 MV/M

D) 1 MV/M

52. Tarkibi tozalangan transformator moyining elektr mustaxkamligi taxminan qanchaga teng.

*A) 20-25 MV/M

V) 30-40 MV/M

S) 40-50 MV/M

D) 10-15 MV/M

53. Noorganik dielektrlarning asosiy zaif tomoni.

*A) yuqori temperaturaga chidamsiz

V) mo'rt va elastik emasligi

S) olinish texnologiyasi soda

D) qimmatbaho material

54. ATM-65 tipidagi transformator moyining qotish tumperaturasi.

A) -50°C

V) -45°C

*S) -70°C

D) -60°C

55. Smolaning xosil bo'lishidan quyidagilarga bo'inadi.

*A) tabiiy, sintetik va sun'iy

V) faqat tabiiy

S) faqat sintetik

D) faqat sun'iy

56. Gazlardagi ionlanishdagi energiya W_n ning qiymati.

A) 20-50 V

V) 15-20 V

*S) 4-25 V

D) 1-20 V

57. Ko'rsatigan bog'lanish qaysi ko'rinishdagi jismning va qnday maydonda aks ettirilgan.

A) vodorodning bir jinsli bo'lmagandagi elektr mustaxkamligi.

*V) xavoning bir jinsli bo'lgan maydondagi.

S) azotning bir jinsli bo'lgan maydonidagi.

D) havoning bir jinsli bo'lmagan maydondagi elektr mustaxkamligi.

58. Organik dielektrlarning afzalliklari:

A) texnologik tayyorlash oson
S) elektr mustaxkamligi

V) tabiiy ravishda ko'p uchrashi
*D) egiluvchan, elastik

59. Vodorod boshqa gazsimon dielektrlardan qaysi hossasi bilan ko'proq ajralib turadi.

*A) yuqori issiqlik o'tkazishi bilan
S) dielektrik singdiruvchanligi bilan

V) elektr mustaxkamligi bilan
D) zichligi bilan

60. Noorganik qattiq dielektrlar.

A) amorf ko'rinishida
S) kukin ko'rinishida

*V) kristall ko'rinishida
D) turli rangli bo'lak-bo'lak qattiq.

61. Mekanitning tayyorlanish texnologiyasizligi shartli belgilashda birinchi xarf qaysi kattaligini bildiradi.

A) kategoriyasini
S) qaysi slyuzadan tayyorlangani

V) texnologiyaning shartli belgisini
*D) tiini

62. CHini buyumlar sirtidagi glazurning asosiy vazifasi qaysi javobda noto'g'ri ko'rsatilgan.

A) elektr mustaxkamligini oshiradi.
*V) mexanik mustaxkamligini oshiradi.
S) namlikka chidamliligini oshiradi.
D) tashqi ko'rinishining sifatini oshiradi.

63. Varikand (Variatsiya-kondensator) qaysi keramik turga mansub.

A) chinni.
V) kichik dielektrik singdiruvchanli keramik.
S) yuqori dielektrik singdiruvchanli keramik.
*D) segneto keramik.

64. SHishaning mexanik mustaxkamligi (tortilishda).

A) $100 \div 200$ mPA *V) $100 \div 300$ mPA S) $100 \div 150$ mPA
D) $110 \div 250$ mPA

65. Kvars SiO_2 ning erish temperaturasi

A) -1000°C V) -2000°C *S) -1600°C D) 1400°C

66. SHishaning dielektrik isrof burchagining tangensi $\text{tg}\delta =$

H H A) 0,0002-0,02 V) 0,0002-0,03 S) 0,0002-0,04
| |
C C *D) 0,0002-0,01

| | 67. Organik qattiq dielektrlar ko'rinishdagi molekula qaysi jism uchun tegishli.

H C₆H₅ A) poliprotelen *V) polietilen uchun
S) poli izobutilen D) stirol uchun

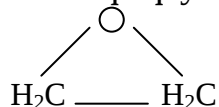
68. Polistirolni yumshash temperaturasi.

A) 70-150°C V) 79-105°C *S) 70-85°C D) 70-95°C

69. Polietilen qanday smola xisoblanadi.

A) tabiiy V) sun'iy S) sun'iy, sintetik *D) tabiiy, sintetik.

70. Halqa qaysi material uchun tegishli.



A) polietilen V) poliefir *S) epoksiz smola
D) polivinilxlorid

71. Termoplastik materiallarni tayyorlashda

A) sovugan xolatda presslash kerak.

*V) issiq xolatda presslash kerak.

S) oddiy normal temperaturada presslash kerak.

D) kukun xolatda presslash kerak.

72. Getinaksning elektr mustaxkamligi ($E_{pr} - MV/M$)

A) 20-30 *V) 20-40 S) 20-50 D) 20-60

73. Toza kauchukning solishtirma qarshiligi ($\rho = \text{Om}\cdot\text{m da}$)

A) 10^{10} V) 10^{11} S) 10^{12} *D) 10^{14}

74. Elektr materiallarning klasifikatsiyasi.

*A) o'tkazgich, yarimo'tkazgich, dielektrik, magnit.

V) o'tkazgich, dielektrik, magnitodielektrik, ferromagnit.

S) o'tkazgich, magnit, temir, havo.

D) o'tkazgich, dielektrik, suv, po'lat.

75. Dielektrik materiallar elektr tokini:

A) tokni yaxshi o'tkazadi. V) tokni yaxshi o'tkazmaydi.

S) tokni umuman o'tkazmaydi. *D) tokni qisman o'tkazadi.

76. ETM larni asoslashda boshlang'ich ixtiro qaysi yilda kashf qilingan.

A) 1800 y. V) 1850 y. S) 1832 y. *D) 1802 y.

77. ETM da yangi materiallarning yaratilishi asosan qaysi izlanishda olinadi?

A) tabiatdan izlab,

*V) YAngi texnologiyalar asosida fizik, mexanik va ximiyaviy xarakteristikolari o'rganish bilan,

S) ximiyaviy reaksiya natijasida,

D) mexanik usulda,

78. ETM larni olishda asosiy muammo.

- A) Ximiyaviy reaksiyaning sekinlik bilan borishi.
V) Texnologiyaning kamchiliklari.
S) Xom-ashyoni qimmatligi.
*D) YUqori darajadagi zamonaviy texnologiyaning murakkabligi

78. Jism qaysi elementlardan tashkil topgan.

- *A) proton, neytron elektron. V) Proton neytron, neyron
S) Proton, neytron, ion. D) proton, atom, ion.

79. Jismlarning shakli.

- A) gazsimon. V) gazsimon, qattiq yumshoq.
*S) gazsimon, qattiq, suyuq. D) qattiq, suyuq.

80. Molekulalarning bog‘lanish turlari.

- A) kovalent, ionli, metalli. V) kovalent, ionli elektronli.
*S) kovalent, ionli, protonli. D) kovalent, ionli molekulyar.

81. Defekt nima?

- A) kristal panjaraning tuzilishi.
*V) kristal panjaraning tuzilishi natijasida boshqa ko‘rinishda tuzilishi.
S) kristal panjaraning teshilishi.
D) kristal panjaraning tarchalanishi.

82. Magnit materiallar asosan 2 turga

- A) kuchsiz, kuchli. V) kuchli, ferrit.
S) kuchsiz, diamagnit. *D) diamagnit, paramagnit.

83. Dielektrlarda qutblanishning kuzatilishi.

- *A) dielektrikda qutblanish kuchlanish ta’sirida.
V) ikki dielektrik material bir-biri bilan ta’sirida.
S) dielektrik material bilan o‘tkazgich orasida.
D) kuchlanishning har qanday qiymatida.

84. Dielektrlarning qutblanishi qaysi kattalikka bog‘liq.

- A) elektrik mustaxkamligiga.
V) solishtirma hajm qarshiligiga.
*S) dielektrik singdiruvchanligiga.
D) sirtiy solishtirma qarshiligiga.

85. Dielektrlarning nochiziqiy qutblanishi qaysi jismda kuzatilib va shu jism nomi bilan ataladi.

- *A) segneto tuzida. V) kisloroda.
S) neft moyi. D) barcha suyuq dielektrlarda.

86. Dielektrlardagi qutblanish turlari.

- *A) elektronli, ionli, reaksiyali V) elektronli, ionli.
S) ionli, reaksiyoli. D) reaksiyoli, elektronli.

87. Dielektriklarning elektronli qutblanishi boshqa turdagi qutblanishlardan farqlanishi qaysi faktorga bog'liq.

- A) qutblanish tezligi bilan.
V) faqat qattiq jismlarda kuzatilishi bilan.
S) temperaturani o'zgarishiga bog'liq bo'lganligi bilan.
*D) energiya yo'qotilishi kuzatilmashligi bilan.

88. Ionli qutblanish ishning o'rtacha vaqti.

- A) 10^{-15} C. V) 10^{-10} C. S) 10^{-20} C. *D) 10^{-13} C.

89. Dielektriklarning qutblanish turlariga qarab necha guruhga klassifikatsiyalanadi.

- A) asosan 3 guruxga. *V) asosan 4 guruxga.
S) asosan 2 guruxga. D) asosan 5 guruxga.

90. Gazsimon dielektriklarning dielektrik singdiruvchanligining o'rtacha qiymati nechaga teng.

- A) taxminan 0,5 V) taxminan $0,5 \div 0,6$
S) taxminan $0,7 \div 0,8$ *D) taxminan 1 atrofida.

91. Suyuq dielektriklarning temperatura koeffitsienti TK nechaga teng (benzol uchun $TKE_r \cdot 10^3 \text{ K}^{-1}$).

- A) -0,51 *V) -0,93 S) -0,8 D) 1

92. Qattiq dielektrlarda dielektrik singdiruvchanligidagi Kyuri temperaturasining qiymati (titanat bariy uchun)

- A) 100°C V) 150°C S) 175°C *D) 125°C

93. Dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligidagi I_{um} ning qiymati.

- *A) $I_{um} = I_{sk} + I_{ab}$ V) $I_{um} = I_{sk} - I_{ab}$
S) $I_{um} = I_{sk} \cdot I_{ab}$ D) $I_{um} = I_{sk} / I_{ab}$

94. Bir jinsli maydonda solishtirma xajm-qarshiligining ifodalanishi ($\text{Om} \cdot \text{m}$) da.

- A) $\rho = RS \cdot h$ V) $\rho = \frac{R}{S \cdot h}$ *S) $\rho = \frac{R \cdot S}{h}$ D) $\rho = \frac{R}{S + h}$

95. Solishtirma sirtiy qarshilikning ifodalanishi.

- *A) $\rho_s = \frac{R_s \cdot d}{\ell}$ V) $\rho_s = \frac{R_s \cdot d^2}{\ell}$ S) $\rho_s = \frac{R_s \cdot d}{\ell^2}$ D) $\rho_s = \frac{R_v \cdot d}{\ell}$

96. Normal temperaturada havoning elektr maydon kuchlanganligi E_n

- A) $10^5 \div 10^6 \text{ V/M}$. V) $10^{10} \div 10^{12} \text{ V/M}$. *S) $10^2 \div 10^4 \text{ V/M}$.
D) $10^3 \div 10^6 \text{ V/M}$.

97. Suyuq dielektrlarning elektr o'tkazuvchanligida γ avvalo qaysi faktor asosida kuzatiladi.

A) molekulalarni tuzilishiga.

*V) suyuqlik qovushqoqligiga.

S) elektr maydon kuchlanganligiga.

D) temperaturaga.

98. Transformator moyining t 20°C da solishtirma xajm qarshiligi (ρ Om · m da)

A) $10^{11} - 10^{12}$

*V) $10^{10} - 10^{13}$

S) $10^8 - 10^{10}$

D) $10^4 - 10^5$

99. Transformator moyining dielektrik singdiruvchanligi t 20°C da olingan qiymati.

A) 2,2

*V) 2,3

S) 2

D) 4,5

100. Qattiq jismlarning elektr o'tkazuvchanligida solishtirma o'tkazuvchanlik Pul formulasi.

*A) $\gamma_E = \gamma \cdot \exp \beta \cdot E$

V) $\gamma_E = \gamma / \exp \beta \cdot E$

S) $\gamma_E = \gamma^2 \cdot \exp \beta \cdot E$

D) $\gamma_E = \gamma \cdot \exp \beta^2 \cdot E$

ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR FANIDAN TALABALAR BILIMINI BAXOLASH MEZONINI

O'zlashtirish ko'rsatkichi (foiz)ni yig'ish tartibi

1. Talabalar bilimni baholash ikki bosqichdan iborat. Birinchi bosqichda oraliq nazoratlar orqali baholanib, 60 balldan yuqori to'plagan talabalar ikkinchi bosqich ya'ni, yakuniy nazoratga kiritiladi. Yakuniy nazorat "5,00" baholi tizimda baholanadi. "3,00" baho(60 ball)dan kam olgan talabalar fandan akademik qarzidor hisoblanadi. Mazkur mezondan ortiq olgan talabaga fan bo'yicha belgilangan kredit beriladi.
2. Fandan birinchi bosqichda baholash quyidagi mezon bo'yicha amalga oshiriladi.

1-jadval

Fan bo'yicha 1-bosqichda semestr davomida o'zlashtirish ko'rsatkichlari tavsifi

1-oraliq nazorat, 1-ON				2-raliq nazorat, 2-ON	O'zlashtirish ko'rsatkichi, O'zk
Davomat, D	Taqdimot / loyiha, TL	Mustaqil ta'lim, MT	Seminar/ amaliy/ laboratoriya		
10 ball	15 ball	15 ball	15 ball	45 ball	100 ball

O'zlashtirish ko'rsatkichlarini hisoblash tartibi

3. Agar talaba fanning auditoriya mashg'ulotlarini 76 foiz va undan ortiq ishtirok etsa, 10 ball to'playdi.

4. Har o'quv semestrda muayyan fandan talabaga va (yoki) talabalardan iborat kichik guruhlarga ko'pi bilan 3 tagacha (fanning xususiyatini e'tiborga olgan holda) o'quv loyiha, taqdimot va(yoki) ijodiy ishlar beriladi va maksimal 15 ballik tizimda baholanadi. Topshiriqlar taqsimotini fan o'qituvchisi mustaqil belgilaydi.

5. Har o'quv semestrda muayyan fandan talabaga va (yoki) talabalardan iborat kichik guruhlarga ko'pi bilan 5 tagacha (fanning xususiyatini e'tiborga olgan holda) mustaqil ta'lim topshiriqlari beriladi. Ushbu topshiriqlar individual va (yoki) guruhli ish ko'rinishida qabul qilinadi. Topshiriqlar maksimal 15 ballik tizimda baholanadi. Topshiriqlar taqsimotini fan o'qituvchisi mustaqil belgilaydi.

6. Yakuniy nazoratga ikki kun qolganida o'zlashtirish ko'rsatkichi keltirilgan shakllar asosida Jurnalning tegishli qismiga bahoga konvertasiya qilingan holda ko'chiriladi.

7. Jurnalning o'z vaqtida, to'g'ri va xatosiz yuritilishi, shuningdek, undagi baho va boshqa ma'lumotlarga o'zgartirishlar kiritilmasligi uchun fakultet dekani va tegishli fan bo'yicha professor-o'qituvchi mas'ul hisoblanadi.

8. Yakuniy nazoratdan oldin tegishli fan o'qituvchisi joriy va oraliq nazorat

bo'yicha foizlarini o'zlashtirish qaydnomasiga kiritishi shart.

9. Baholash natijalari kafedra majlislari, fakultet va Institut Kengashlarida muntazam ravishda muhokama etib boriladi va tegishli qarorlar qabul qilinadi.

Talabalarni o'qishdan chetlashtirish, qayta tiklash, kursdan kursga o'tkazish mexanizmlari

10. Bir fanga ajratilgan auditoriya soatining 25 foizini va undan ortiq soatni sababsiz qoldirgan talaba ushbu fandan chetlashtirilib, yakuniy nazoratga kiritilmaydi hamda mazkur fan bo'yicha tegishli kreditlarni o'zlashtirmagan hisoblanadi. Yakuniy nazorat turiga kiritilmagan yoki kirmagan, shuningdek, ushbu nazorat turi bo'yicha qoniqarsiz (0-59 ball) baho olgan talaba akademik qarzdor hisoblanadi.

11. Yakuniy nazoratdan birinchi urinishda o'zlashtira olmagan talabalar uchun oraliq va yakuniy nazoratlarni qayta topshirish imkoni beriladi.

12. Akademik qarzdor talabalar ta'til vaqtida yoki keyingi semestrlar mobaynida tegishli fanlardan o'zlashtirilmagan kreditlar miqdoriga mos ravishda bazaviy to'lov-kontrakt miqdoridan kelib chiqqan holda to'lovni amalga oshirgandan so'ng o'zlashtirilmagan fanlarni o'z hisobidan qayta o'qish huquqiga ega bo'ladi.

13. Ta'lim oluvchini kursdan kursga o'tkazish uning GPA qiymatini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Farg'ona politexnika institutida talalarni kursdan kursga o'tkazishda 2,6 GPA qiymati mezon sifatida belgilangan.

14. GPA o'tish ballini to'play olmagan talaba qayta o'qish uchun tegishli kursda qoldiriladi. Semestr va o'quv yili yakuni natijalari bo'yicha akademik qarzdorligi bor ta'lim oluvchilar o'qishdan chetlashtirilmaydi. Kursdan kursga qolgan talabalar faqat qarzdor bo'lgan fanlarni o'zlashtirib ularga mos ravishda shartnoma mablag'larini to'laydi. Shartnoma asosida bir kursda qayta o'qish soni chegaralanmaydi.

15. Ta'lim oluvchi O'zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari asosida o'qishni qayta tiklash va ko'chirish huquqiga ega. Ta'lim oluvchi tomonidan chetlashtirilgunga qadar o'zlashtirgan kreditlar miqdori oliy ta'lim muassasasi tomonidan to'liq hajmda hisobga olinadi.

16. O'zlashtirilmagan fanlarni qayta topshirish tartibi akademik faoliyatga oid boshqa hujjatlarda batafsil bayon etiladi.

Yakuniy qoidalar

17. Ushbu tartib Farg'ona Politexnika institutida ta'limni kredit tizimida baholash jarayonlarini tartibga soladi.

18. Belgilangan me'yorlar asosida baholash tartibiga o'zgartirish va qo'shimchalar kiritish Farg'ona politexnika Institutining Ilmiy Kengashi tomonidan amalga oshiriladi.

Ilovalar

1-ilova

Baholarni konvertasiya qilish jadvali (5 ballik tizimdan foizga)

5 balli	100% shkala	5 balli	100% shkala	5 balli	100% shkala
---------	-------------	---------	-------------	---------	-------------

5,00-4,96	100	4,30-4,26	86	3,60-3,56	72
4,95-4,91	99	4,25-4,21	85	3,55-3,51	71
4,90-4,86	98	4,20-4,16	84	3,50-3,46	70
4,81-4,85	97	4,15-4,11	83	3,45-3,41	69
4,80-4,76	96	4,10-4,06	82	3,40-3,36	68
4,75-4,71	95	4,05-4,01	81	3,35-3,31	67
4,70-4,66	94	4,00-3,96	80	3,30-3,26	66
4,65-4,61	93	3,95-3,91	79	3,25-3,21	65
4,60-4,56	92	3,90-3,86	78	3,20-3,16	64
4,55-4,51	91	3,85-3,81	77	3,15-3,11	63
4,50-4,46	90	3,80-3,76	76	3,10-3,06	62
4,45-4,41	89	3,75-3,71	75	3,05-3,01	61
4,40-4,36	88	3,70-3,66	74	3,00	60
4,35-4,31	87	3,65-3,61	73	3,00 dan kam	60 dan kam

2-ilova

Oliy ta'lim muassasalarining baholash tizimini boshqa baholash tizimlariga konvertatsiya qilish jadvali

2019 yildan boshlab O'zbekiston OTMlari baholash tizimi	Rossiya Federatsiyasi baholash tizimi	Yevropa mamlakatlari sinov birliklarini ko'chirib o'tish va to'plash tizimi	AQSh baholash tizimi (A — F)	Buyuk Britaniya baholash tizimi (%)	Yaponiya baholash tizimi(%)	Koreya Respublikasi baholash tizimi (%)	2019 yilga qadar O'zbekiston OTMlari baholash tizimi	2019 yilga qadar baholash tizimi OTM
«5»	«5»	«A»	«A+»	70 - 100	80 - 100	90 - 100	86 - 100	86-100
			«A»					
			«A-»					
«4»	«4»	«B»	«B+»	60 - 64	70 - 79	80 - 89	71 - 85	71-85
		«C»	«B»	50 - 59				
			«B-»					
«3»	«3»	«D»	«C+»	45 - 49	60 - 69	70 - 79	55 - 70	51-70
		«E»	«C»	40 - 44		60 – 69		
			«C-»					
			«D+»					
			«D»					
«D-»								
«2»	«2»	«FX»	«F»	0 - 39	0 - 59	0 - 59	0 - 54	0-54
		«F»						

TAVSIYA ETILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

Asosiy adabiyotlar

1. Kamalov SH.M., Ahmedov A.SH. Elektrotexnika materiallari.– Toshkent “O‘qituvchi” nashriyoti. 1994.
2. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы.–Л., «Энергоатомиздат», издание 2/перераб., 1998.
3. Axmedov A.SH. Elektr texnika materiallari fanidan o‘quv qo‘llanma, Tosh DTU. Toshkent, 2004.
4. Никулин В.Н. и др. Электротехническое материаловедение. Лаб. Раб.: Методическое пособие,–М.: Изд. МЭИ. 2001.

Qo‘shimcha adabiyotlar:

1. Маёфис И.М. Химия диэлектриков. – М., “Химия”, 1981.
2. Ренне В.Т. Электротехнические материалы – Л., 1984.
3. A.X.Eraliev, “Dielektriklar”, o‘quv qo‘llanma. FarPI. Farg‘ona, 2012 y.
4. Sulliev A.X. Elektrotexnika materiallari.– Toshkent. 2017 y.
5. Арзамасова Б.Н. «Материаловедение». – М., “Машиностроение”, 1986 г.
6. Materials science and engineering. William D. Calister, Jr. David G. Rehtwisch. States of America. 2014.
7. Корицкий «Электротехнический материалы». – М., «Энергия», 1976 г.
8. Тареев Б.М. “Физика диэлектрические материалов”. М – “Энергия”, 1973 г.
9. Справочник по электротехническим материалам. – М., “Энергоатомиздат”, в 3 т., 1986–1988 .
10. Majidov S. Elektrotexnikadan ruscha–o‘zbekcha lug‘at. – Toshkent, “O‘qituvchi”, 1983.
11. Internetdan olingan ma’lumotlar: <http://www.set-svl.narod.ru/>,
<http://www.techno.edu.ru/>

Internet saytlari

1. <http://www.uzsci.net>
2. <http://www.ziyonet.uz>
3. <http://www.qmii.uz>
4. <http://ru.Welikopedia.org/wiki>
5. <http://techno.Edu.ru/db/sect/111>