

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI KƏND  
TƏSƏRRÜFATI NAZİRLİYİ**

**AZƏRBAYCAN DÖVLƏT AQRAR  
UNİVERSİTETİ**

**O.H.MƏMMƏDOV**

**E L E K T R O T E X N İ K İ  
M A T E R İ A L L A R**

**GƏNCƏ 2011**

*Dərs vəsaitinin Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin Elmi Şurasının (22 fevral 2011-ci il tarixli EŞ-5/4.9 sayılı protokolu) qərarı ilə nəşr olunması tövsiyyə edilmişdir.*

**Rəy verənlər:** - **İ.M.Əliyev** Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin Elektrik mühəndisliyi kafedrasının müdiri, professor, t.e.n.;

- **Y.B.Örucov** Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin Energetika kafedrasının dosenti, t.e.n

**UOT 621.315.5/6(75.8)**

**O.H.Məmmədov** Elektrotexniki materiallar. Dərs vəsaiti, Gəncə, ADAU-nun nəşriyyatı, 2011. 140 səh.

*Dərs vəsaitində elektroenergetikanın inkişafının müasir vəziyyəti, elektrotexniki materialların istehsalının inkişafı, onların elektrik avadanlığının etibarlı işində rolu, elektrotexniki materialların təsnifatı, cisimlərin quruluşu, onların arasındakı əlaqə növləri haqqında qısa məlumatlar öz əksini tapmışdır. Dielektrlərdə baş verən fiziki proseslər, o cümlədən polyarizasiya və onların növləri də izah olunur.*

*Dərs vəsaitində həmçinin izolyasiya materiallarının dielektrik, istilik, fiziki-kimyəvi və mexaniki xarakteristikaları və dielektrlərin aqreqat vəziyyətlərinə görə öyrənilməsi ətraflı şərh olunub.*

*Kitabda keçirici, yarımkeçirici və maqnit materiallarının təsnifatı, onların əsas xarakteristikaları və tətbiq sahələri haqqında məlumatlar da öz əksini tapmışdır.*

*Dərs vəsaitinin sonunda konservasiyaedici və konstruktiv materiallar haqqında da qısa məlumatlar verilib.*

*Azərbaycan dilində ilk dəfə tərtib olunmuş bu dərs vəsaiti aqrar mühəndislik ixtisası üzrə bakalavr hazırlığı üçün nəzərdə tutulur. Dərs vəsaitindən bu sahədə hazırlanan magistrələr və istehsalatda çalışan elektrik mütəxəssisləri də istifadə edə bilərlər.*

**© ADAU nəşriyyatı, 2011**

## GİRİŞ

Hazırda respublikanın kənd təsərrüfatı tələbəcilərinin elektrik təchizatı tamamilə Dövlət enerji sistemindən təmin olunur. Bununla yanaşı qeyd olunmalıdır ki, kənd təsərrüfatında elektrik təchizatının etibarlılığı hələ əsasən tamamilə təmin olunmayıb və bir problem kimi qarşıda durmaqdadır. Müəyyən edilmişdir ki, kənd elektrik şəbəkələrində müxtəlif səbəblərdən baş verən çoxsaylı zədələnmələrdən tələbəcilərin elektrik təchizatında ciddi fasilələr baş verərək etibarlılığın aşağı düşməsinə səbəb olur.

İstismar təcrübələri ilə müəyyən olunub ki, elektrik tələbəcilərində baş verən qəza və planlı açılmaların 80%-ə qədəri hava xətləri ilə əlaqədar olur.

Uzun illərdir ki, kənd elektrik şəbəkələrində etibarlılığı yüksəltmək üçün elmi işçilər və istismarçılar tərəfindən daimi texniki-təşkilatı tədbirlər işlənilib həyata keçirilir.

Bu tədbirlərin həyata keçirilməsində əsas məsələlərdən biri elektrik təchizatı qurğularının və elektrik avadanlığının əsas elementlərinin təşkil olunduqları elektrotexniki materialların düzgün seçilib səmərəli istifadə olunmasıdır.

Elektrotexniki materiallar olaraq əsasən elektrik izolyasiya, keçirici, yarımkeçirici və maqnit materiallarından istifadə olunur.

Yeni texnika üçün müasir avadanlıqların işlənilməsi və buraxılması əhəmiyyətli dərəcədə mütərəqqi elektrotexniki materialların tətbiqindən asılıdır. Müvafiq elektrotexniki materialların ancaq səmərəli seçilməsi halında artırılmış xüsusi xarakteristikalı və yüksək istismar etibarlılıqlı yeni elektrik avadanlıqları yaratmaq olar.

Müasir şəraitdə inkişaf etmiş energetikanın və elektrikləşmənin bütün qurğuları və onların elementləri müxtəlif xassəli elektrotexniki materiallardan hazırlanmışdır. Bu qurğu və elementlərin istismar prosesindəki etibarlı və fasiləsiz işi

elektrotexniki materialların xassələrindən asılıdır. Belə ki, elektrik avadanlıqlarının sıradan çıxmaları və hər hansı zədələnmənin baş verməsi əsas etibarilə onlarda istifadə olunan materialların keyfiyyətindən asılıdır.

Buna görə də istismar prosesində yaradılan və həyata keçirilən bütün texniki və təşkilatı tədbirlər, başqa sözlə mühəndis fəaliyyəti məhz elektrotexniki materialların saz vəziyyətdə saxlanmasına və işləməsinə istiqamətlənir. Bütün yuxarıda göstərilənlərin uğurla həyata keçirilməsi işində əsas etibarilə elektrik qurğularında ən zərif və məsuliyyətli element olan izolyasiya materiallarının xarakteristikalarına müntəzəm olaraq nəzarət edilməsi ən vacib və əsas istismar əməliyyatlarından hesab olunur.

Hazırlanmış “Elektrotexniki materiallar” dərsləri vəsaiti ADAU-nun aqrar mühəndislik ixtisası üzrə bakalavr hazırlığı üçün nəzərdə tutulur. Dərs vəsaitindən universitetdə hazırlanan Elektrik mühəndisliyi və Elektroenergetika ixtisasları üzrə bakalavrlar da istifadə edilə bilər.

Dərs vəsaitində elektrotexniki materialların təsnifatı, cisimlərin quruluşu və onların əlaqə növləri haqqında ümumi məlumatlar, dielektrlərdə baş verən elektrofiziki proseslər, elektrik izolyasiya materiallarının dielektrik, istilik, fiziki-kimyəvi və mexaniki xarakteristikaları, maye, qaz və bərkşəkilli dielektrlərin istehsalı və tətbiqi haqqında məlumatlar, elektrik keçirici və yarı keçirici materialların xarakteristikaları və tətbiqi, maqnit materialları, onların əsas xassələri və tətbiqi haqqında ətraflı məlumatlar verilir. Dərs vəsaitində konservasiyaedici və konstruktiv materiallar haqqında da qısa məlumatlar verilir.

Müəllif ADAU-nun Elektrik mühəndisliyi kafedrasının müdiri, professor İ.M. Əliyevə və Energetika kafedrasının dosenti Y.B.Orucova dərsləri vəsaitinin əlyazmasına rəy verərək etdikləri qiymətli iradlara və tövsiyələrə görə dərin minnətdarlığını bildirir.

# **BÖLMƏ 1. ELEKTROTEHNİKİ MATERIALLAR**

## **Fəsil 1. Materialların quruluşu haqqında əsas məlumatlar**

### **1.1. Elektrotexnikanın inkişafında materialların rolu**

Elektrotexnikanın bu və ya digər məsələlərinin həlli üçün lazım olan yeni elektrotexniki materialların işlənilməsi və artıq məlum olan materialların fasiləsiz təkmilləşdirilməsi elektroenergetikanın inkişafı ilə eyni zamanda baş vermişdir.

Nisbətən güclü elektrik enerji mənbəyinin yaradılması üçün elektrotexniki materialların ilk praktiki istifadəsini böyük batareyanın hazırlanmasını hesab etmək olar. Həmin batareyada elektrik hərəkət qüvvəsi (e.h.q.) müxtəlif metallardan hazırlanmış lövhələr (disklər) arasındakı kontakt potensialları fərqi hesabına yaradılmışdır. Bu batareyaya 1802-ci ildə akademik V.V. Petrov tərəfindən yığılmışdır. Batareyada elektrolitdə hopdurulmuş kağız araqatı qoyulan 8400 mis və sink lövhələrdən istifadə olunmuşdur. Akademik V.V.Petrov bu batareyanın köməyi ilə dünyada ilk dəfə olaraq elektrik qövsü almışdır.

Bundan sonra alimlərdən P.A. Şilling elektromaqnit teleqrafın, ixtiraçı Lodiqin A.N. közərmə lampasının və Yabloçkov P.N. elektrik şamının kəşfində müxtəlif elektrotexniki materiallardan istifadə etmişlər.

Sonrakı dövrlərdə elektrotexnikanın və elektrotexnika sənayesinin yüksəlişi keyfiyyətli elektrotexniki materiallar sənayesinin kəskin inkişafı problemini vacib məsələlərdən biri kimi daimi irəli sürmüşdür.

Elektrik avadanlığının istehsalında, xüsusilə yeni yaradılan materiallar, bir çox mühəndis məsələlərinin həllində əsas qovşaqlardan biri hesab edilir. Burada əsas rol elektro-

texniki materiallara məxsusdur.

Konstruksiya materialları başlıca olaraq elektrik avadanlığının konstruktiv detal və qovşaqlarının hazırlanmasında istifadə edilir. Müasir elektrik avadanlığı çoxlu sayda müxtəlif detallardan ibarət olan mürəkkəb qurğudur. Bu detalların hazırlanmasında müxtəlif materialların geniş assortimenti istifadə olunur. Belə materiallar müəyyən elektrotexniki, mexaniki və kimyəvi xüsusiyyətlərə malik olurlar. Bu xüsusiyyətlər onların kimyəvi tərkibindən və quruluşundan, həm də xarici energetik təsirlərin (elektrik sahəsinin gərginliyi və tezliyi, temperatur və s.) intensivliyindən asılıdır.

Elektrotexniki və konstruktiv materialların əsas xassələri haqqında biliklər olmadan, elektrotexniki material elektrik və maqnit sahələrində yerləşdirilərkən orada baş verən fiziki prosesləri dərk etmədən, materialın kimyəvi tərkibinin və quruluşunun bu proseslərlə əlaqəsini bilmədən elektrik avadanlığını layihələndirmək və istehsal etmək və habelə onu savadlı istismar etmək olmaz.

Buna görə də elektromateriəşünaslıq elminin əsas məsələlərinə aşağıdakılar daxildir:

1) materiallara elektrik, maqnit və ya istilik sahəsi və mexaniki gərginlik təsir etdikdə onlarda baş verən əsas fiziki prosesləri öyrənmək;

2) materialların elektrik, mexaniki və digər xassələrinin onların kimyəvi tərkibi və quruluşundan asılılığını mənimsəmək;

3) elektrik avadanlığının istehsalı, təmiri və istismarında ən geniş tətbiq olunan materiallarla tanış olmaq və onların xassələrini öyrənmək.

Elektrik avadanlığı üçün material seçəndə təkcə onların elektrofiziki xarakteristikaları deyil, həm də fiziki-mexaniki və kimyəvi xüsusiyyətləri (mexaniki möhkəmlilik, bərklik, qızmaya davamlılıq, hidroskopiklik və s.) də nəzərə alınmalıdır.

Materialların seçilməsində göstərilən xarakteristikalarla

yanaşı iqtisadi məsələlər də böyük əhəmiyyətə malikdir. Xəssələri bütün istismar-texniki tələbləri ödəyən yüksək keyfiyyətli elektrotexniki və konstruktiv material seçilməsi kifayət deyil. Burada həm də vacibdir ki, material ölkədə istehsal olunsun, ucuz, az tapılan olmayan, hazırlanması baha başa gəlməyən olmaqla texnoloji prosesi mürəkkəb olmasın.

## 1.2. Elektrotexniki materialların təsnifatı

Hər bir elektrik avadanlığının istehsalı, təmiri və istismarında istifadə olunan materiallar iki qrupa bölünür: elektrotexniki və konstruktiv materiallar.

Elektrotexniki materiallar elektrik və maqnit sahələrinə münasibətdə müəyyən xüsusiyyətlərlə xarakterizə olunan və bu xüsusiyyətlər nəzərə alınmaqla elektrotexnikada tətbiq edilən materiallardır. Bunlar xüsusi materiallar olmaqla bütün elektrotexniki avadanlıq, qurğu və məmulatların hazırlanmasında, təmir və istismarında istifadə olunur. Qeyd olunduğu kimi elektrik avadanlığı, qurğu və məmulatların istismar prosesində etibarlı işi onlarda tətbiq edilən elektrotexniki materialların keyfiyyətindən asılıdır.

Bütün elektrotexniki materiallar aqreqat vəziyyəti, keçiricilik və təyinatlarına görə təsnif olunurlar.

Aqreqat vəziyyətlərinə görə elektrotexniki materiallar bərk, maye və qazşəkilli olmaqla 3 qrupa bölünürlər.

Keçiriciliklərinə və ya elektrik xüsusiyyətlərinə görə elektrotexniki materiallar dielektriklərə, keçiricilərə və yarımkeçiricilərə bölünürlər.

Dielektriklər kifayət qədər yüksək xüsusi müqavimətə ( $\rho = 10^{18} \div 10^{20} \text{Om} \cdot \text{sm}$ ) malikdirlər. Dielektriklər elektrik avadanlığı, qurğuları və məmulatlarında cərəyan keçirən hissələri təcrid etmək üçün müxtəlif izolyasiya konstruksiyaları kimi istifadə olunur.

Keçiricilər kifayət qədər yüksək xüsusi keçiriciliyə ma-

lik olurlar. Bunlar avadanlıq, qurğular və məmulatların cərəyan keçirən hissələrinin hazırlanmasında istifadə olunur. Elektrotexnikada ən geniş tətbiqini tapmış misin xüsusi keçiriciliyi  $58 \frac{m}{Om \cdot mm^2}$ , alüminiumun xüsusi keçiriciliyi isə  $36 \frac{m}{Om \cdot mm^2}$  -dir.

Yarımkəçiricilər adlanan və elektron elektrik keçiricilikli maddələrin böyük qrupunun xüsusi müqaviməti normal temperaturda naqillərlə dielektriklərin xüsusi müqavimətləri arasında yerləşir və  $10^{-6} \div 10^{+8} \frac{m}{Om \cdot mm^2}$  qiymətinə malik olur. Yarımkəçiricilər fotorezistor, varistor, termistor və sair kimi avtomatika, elektronika və kompüter texnikasında geniş istifadə olunur.

Ümumiyyətlə, bütün maddələr onların elektrik xüsusiyyətlərindən asılı olaraq naqillərə, dielektriklərə və yarımkəçiricilərə bölünürlər. Naqillər, yarımkəçiricilər və dielektriklərin arasındakı fərqi bərk cisimlərin zona nəzəriyyəsinin energetik diaqramının köməyi ilə daha əyani göstərmək olar.

Şəkil 1.1 - də dielektrik, yarımkəçirici və naqillər arasındakı fərqi energetik diaqramlarda verilməsi göstərilib.

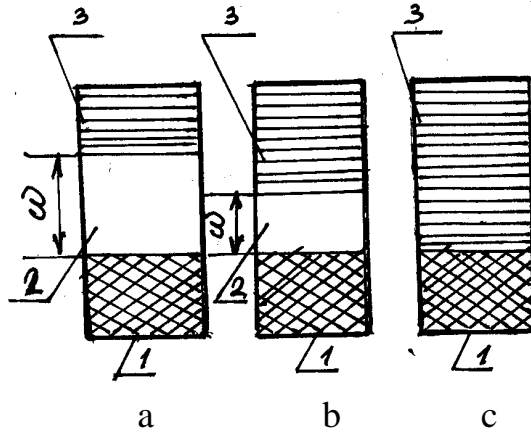
Şəkildən görüldüyü kimi dielektriklərdə qadağan zonası (2) o qədər böyük olmalıdır ki, adi şəraitdə elektron elektrik keçiriciliyi müşahidə olunmasın. Yarımkəçiricilərdə qadağan zonası olduqca qısa olduğundan elektronlar bu zonanı xarici energetik təsirlərin hesabına keçə bilirlər. Keçiricilərdə isə elektronla dolu zona (1) sərbəst energetik zonaya (3) söykənir və bəzən də oranı örtür.

Beləliklə, energetik diaqram elektrotexniki materialların keçiriciliklərinə görə təsnifatları haqda daha əyani təsəvvür yaradır.

Təyinatlarına görə bütün elektrotexniki materiallar 4 qrupa bölünürlər. Bunlara əvvəldən izahatı verilən naqillər,



izolyasiya materialları və yarımkəçiricilər, əlavə olaraq isə maqnit materialları aiddir.



**Şəkil 1.1. Dielektrik (a), yarımkəçirici (b) və naqillər (c) üçün energetik diaqramlar:**

1-elektronla dolu olan zona; 2-qadağan zonası;  
3-sərbəst energetik zona.

Xarici maqnit sahəsinin təsiri ilə maqnitlənən, yəni xüsusi maqnit xassəsinə malik olan materiallara maqnit materialları deyilir.

Materiallar maqnit xüsusiyyətinə görə zəif və güclü maqnitlərə ayrılır. Zəif maqnitlərə diamaqnitlər və paramaqnitlər aiddir. Güclü maqnitlərə isə maqnit xüsusiyyətlərindən asılı olaraq texnikada geniş tətbiq olunan maqnit materialları aiddir.

Diamaqnitlər maqnit nüfuzluluğu vahiddən kiçik ( $\mu < 1$ ) olan cisimlərdir. Bunların maqnit nüfuzluluğunun qiyməti xarici maqnit sahəsinin gərginliyindən asılı deyil. Diamaqnitlərə hidrogen, inert qazlar, bir çox üzvü birləşmələr və bir sıra metallar (mis, sink, qızıl, gümüş, civə və s. aiddir).

Paramaqnitlər maqnit nüfuzluluğu vahiddən böyük ( $\mu > 1$ ) olan cisimlərdir. Bunların da maqnit nüfuzluluğunun

qiyməti xarici maqnit sahəsinin gərginliyindən asılı deyil. Paramaqnitlərə oksigen, azot oksidi, dəmir duzları, kobalt, nikel, qələvi metalları, alüminium və platin aiddir.

Diamaqnitlər və paramaqnitlərin maqnit nüfuzluğu vahidə yaxın olmaqla özlərinin maqnit xüsusiyyətlərinə görə texnikada məhdud tətbiq olunurlar.

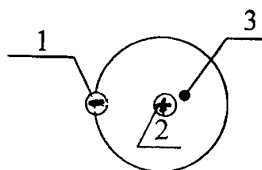
Güclü maqnit materiallarında maqnit nüfuzluğu vahiddən çox böyükdür və onun qiyməti xarici maqnit sahəsinin gərginliyindən asılıdır. Bunlara dəmir, nikel, kobalt və onların ərintiləri, müxtəlif tərkibli ferritlər aiddir.

Bu maqnit materialları elektrik maşını, transformator və aparatların nüvələrinin istehsalında istifadə olunur.

Konstruksiya materialları ən çox saylı qruplardan biridir. Buraya metal və qeyri metal, qara və əlvan metal, təbii və sintetik polimerlər və bunların əsasında hazırlanan çoxlu sayda materiallar aiddir.

### 1.3. Cismlərin quruluşu və əlaqə növləri haqqında ümumi məlumatlar

Bizə məlum olan bütün cismlərin, o cümlədən elektrotexniki materialların təşkil olunduqları əsas elementar hissəciklər proton, neytron və elektrondur.



*Şəkil 1.2. Cismnin sadə quruluşu:  
1-elektron; 2-proton; 3-neytron*

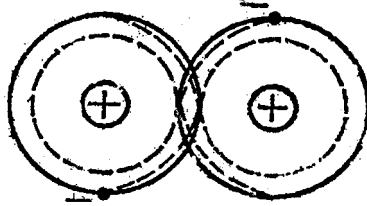
Şəkil 1.2-dən görüldüyü kimi proton və neytron atomun nüvəsini təşkil edir, elektronlar isə nüvənin müsbət yükünü kompensasiya etməklə onun qabığını doldurur.

Atom nüvəsinin quruluşunu, onun qabığının elektronla doldurma periodunu D.İ. Mendeleyev cədvəlindən təyin etmək olur. Atomların xarici elektron qabığının quruluşundan asılı olaraq müxtəlif əlaqə növləri yaranabilir. Bunlara kovalent, ion, metallik və molekulyar əlaqələr aiddir.

Kovalent əlaqə metalloid atomlarla yaranan, misal üçün xlor molekulunda müşahidə oluna bilər. İkiatomlu molekula üçün sxematik olaraq şəkil 1.3-də göstəriləyi kimi elektronlar hesabına ümumi olduğu əldə edilən atomların bir-biri ilə əlaqəsi kovalent əlaqə adlanır.

Müsbət və mənfi ionların arasındakı cazibə qüvvəsi ilə təyin olunan ikinci növ əlaqə ion əlaqəsi adlanır.

İon quruluşlu bərk cisim yüksək mexaniki möhkəmlik və nisbətən yüksək ərimə temperaturası ilə xarakterizə olunur.

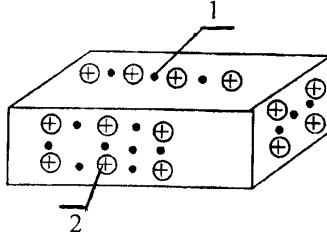


*Şəkil 1.3. Kovalent əlaqəli iki atomlu molekulun sxematik göstərilməsi*

Bərk kristallik cismin yaranmasına səbəb olan üçüncü növ əlaqə metallik əlaqə adlanır.

Metallara qəfəs qovşaqlarında yerləşən sərbəst elektronlar arasında olan müsbət yüklənmiş atom əsaslarının düzülüş sistemi kimi baxmaq olar. Müsbət atom əsasları elektronlar arasındakı cəzbətmə metalın monolitliyinə səbəb olur. Sərbəst elektronların olması metalın yüksək elektrik keçiriciliyini, həm də onun parıltılı olmasını təmin edir. Şəkil 1.4-də metal naqilin quruluş sxemi göstərilir.

Dördüncü növ əlaqə metallik əlaqədir ( Bänder-Vals əlaqəsi). Belə əlaqə bir sıra cisimlərin molekulları arasında mövcuddur.

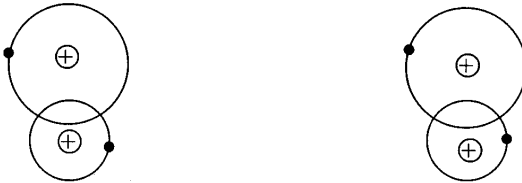


**Şəkil 1.4. Metal naqilin quruluş sxemi:**  
1- elektron; 2- atom nüvəsi

Bu halda molekulyar cəzibmə qonşu molekulaların valentlik elektronlarının uyğunlaşdırılmış hərəkəti ilə uzlaşdırılır.

Qarşılıqlı təsir edən iki molekulun sxematik göstərilməsi şəkil 1.5-də verilir.

Zamanın hər bir anında elektronlar bir-birindən maksimum uzaqlaşır və müsbət yüklərə maksimal yaxınlaşır.



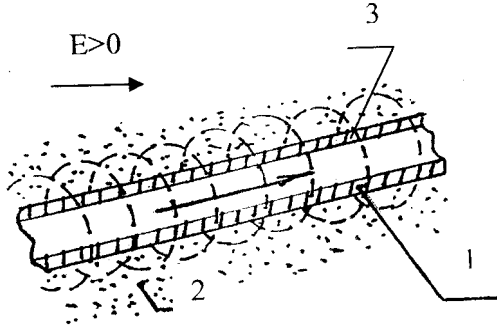
**Şəkil 1.5. Qarşılıqlı təsir edən iki molekulun sxematik göstərilməsi**

Bander-Vals əlaqəsi bir sıra cisimlərin molekulaları arasında müşahidə olunur. Buna misal olaraq kristal molekulyar qəfəslərinin möhkəm olmaması səbəbindən parafinin aşağı ərimə temperaturuna malik olmasını göstərmək olar.

## Fəsil 2. Elektrik izolyasiya materialları

### 2.1. Dielektrlərdə baş verən elektrofiziki proseslər

**Dielektrlər elektrik sahəsinin mühiti kimi.** Bütün dielektrlər işçi vəziyyətdə elektrik sahəsinin mühiti olurlar. Bu prosesi izah etmək üçün istənilən qurğunun (elektrik maşını, transformator, elektrik aparatı, məftil, kabel və s.) cərəyan keçən, yəni işçi rejimdə olan hissəsinə nəzər yetirək (şəkil 2.1).



**Şəkil 2.1. Dielektrlərdə elektrik sahəsinin paylanması:**  
1-keçiricinin izolyasiyası; 2-ətraf hava; 3- keçirici hissə

Göstərilən hissədən cərəyan keçdikdə onun ətrafında  $E > 0$  olan elektrik sahəsi yaranır. Şəkil 2.1-dən görüldüyü kimi bu elektrik sahəsi həm göstərilən qurğunun izolyasiyasında (1) və onun ətrafındakı yaxşı izolyasiya hesab olunan havada (2) paylanır. Hava adi şəraitdə bir sıra elektrik qurğularını əhatə edərək onlar üçün etibarlı izolyasiya rolunu oynayır.

Beləliklə, dielektrlər işçi rejimdə qurğunun özünün izolyasiyası kimi və onu əhatə edən hava olmaqla elektrik sahəsinin mühiti olurlar, yəni dielektrlər işçi rejimdə həmişə elektrik sahəsinin mühiti olurlar.

**Dielektriklərdə cərəyanların vektor diaqramı.** Dielektriklər (1 və 2) şəkil 2.1-də göstəriləyi kimi cərəyan keçirən metal elementlə (3) birgə müxtəlif potensiallar altında olaraq kondensator təşkil edirlər, yəni



İzolyasiya materiallarının xarakteristikasından asılı olaraq yaranan mühit (dielektrik) ideal və real ola bilərlər.

İdeal elektrik sahə mühitində (dielektrikdə) elektrik keçiriciliyi sıfıra bərabər olduğundan 1 və 2 elektrodlarına işçi rejimdə dəyişən potensiallar fərqi verdikdə dielektrikdən ancaq istilik ayrılmasına səbəb olmayan tutum cərəyanı ( $I_c$ ) keçir. Bu tutum cərəyanının qiyməti aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$I_c = \frac{U}{X_c}, \quad (2.1)$$

burada  $U$  – qoyulan gərginlik;

$X_c$ - tutum müqaviməti olub qiyməti aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$X_c = \frac{1}{\omega C}, \quad (2.2)$$

burada  $\omega = 2\pi f$  - olub bucaq tezliyi adlanır.

Beləliklə, tutum cərəyanı  $I_c = U\omega C$  ilə təyin edilir.

Elektrik keçiriciliyi sıfıra bərabər olmayan real dielektriklərdən (elektrik sahə mühitindən) tutum cərəyanı ilə yanaşı həm də qiyməti aşağıdakı ifadə ilə təyin olunan aktiv cərəyan da keçir.

$$I_a = \frac{U}{R} \text{ və ya } I_a = UG, \quad (2.3)$$

burada  $G$  – dielektrikin tam keçiriciliyidir.

Elektrik keçiriciliyi ilə əlaqədar dielektrikdə yaranan cərəyan sızma cərəyanı da adlanır.

Bərk dielektrlərdə 2 növ sızma cərəyanı yaranır: həcmi ( $I_v$ ) və səthi ( $I_s$ ). Tam sızma cərəyanı

$$I_{sız} = I_v + I_s \quad (2.4)$$

İki növ sızma cərəyanına uyğun iki növ də tam ( $R_v$  və  $R_s$ ) və iki növ xüsusi müqavimətlər ( $\rho_v$  və  $\rho_s$ )-də yaranır.

Bir çox dielektrlərdə tutum və sızma cərəyanından başqa, tutum cərəyan vektorundan  $\alpha$  bucağı qədər geri qalan bir vektorla ifadə olunan  $I_{əl}$  cərəyanı da müşahidə olunur. Bu əlavə cərəyan da aktiv ( $I_{ə,a}$ ) və tutum ( $I_{ə,c}$ ) cərəyanlarından ibarət olur:

$$I_{əl} = I_{ə,a} + I_{ə,c} \quad (2.5)$$

Əlavə cərəyanın yaranması baxılan dielektrikdə enerji itkilərinin artmasına səbəb olur.

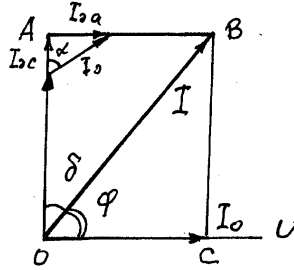
Dielektrlərdə yaranan yuxarıda göstərilən cərəyanların vektor diaqramı mövcud olan qaydalara uyğun olaraq aşağıdakı ardıcılıqla qurulur.

Əvvəlcə horizontal xətt üzrə gərginlik xətti, onun üzərində isə aktiv cərəyan və ya sızma cərəyanının vektoru  $I_a$  göstərilir. Sonra aktiv cərəyan vektorundan  $90^\circ$  irəli gedən tutum cərəyanının  $I_c$  vektoru göstərilir. Daha sonra  $I_c$  cərəyan vektoru istiqamətindən  $\alpha$  bucağı qədər geri qalan əlavə cərəyanın  $I_{əl}$  vektoru və onun aktiv və induktiv mürəkkəbləri göstərilir. Bundan sonra OABC cərəyanlar düzbucaqlısı qurulur və onun diaqonalı tam cərəyan vektoru  $I_{OB}$  göstərilir.

Tam cərəyanla gərginlik xətti və ya  $I_a$  cərəyan vektoru arasındakı  $\varphi$  bucağı qeyd edilir. Bu  $\varphi$  bucağını  $90^\circ$  -yə tamamlayan  $\delta$  bucağı göstərilir. Bu bucaq dielektrik itgi bucağı adlanır və izolyasiya texnikasında mühüm əhəmiyyətə malikdir. Dielektrlərdə cərəyanların vektor diaqramı şəkil 2.2-də verilir.

**Dielektrlərin polyarizasiyası.** Məlumdur ki, bütün cisimlərin, o cümlədən dielektrlərin atom və molekulları

müsbət və mənfi yüklənilmiş elementar hissəciklərdən ibarətdir.



**Şəkil 2.2. Dielektrlərdə cərəyanların vektor diaqramı**

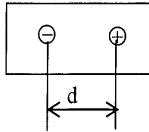
Əgər dielektrik elektrik sahəsində yerləşdirilsə, bu halda müsbət hissəciklər sahə istiqamətində, mənfi hissəciklər isə sahənin əksinə yerlərini dəyişirlər.

Elektrik sahəsinin dielektrikə belə təsiri onda xüsusi gərgin vəziyyət yaradır ki, bu da onların polyarizasiyası adlanır.

Bu prosesləri sxematik olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar (Şəkil 2.3 və Şəkil 2.4).

Dielektrik xarici elektrik sahəsinin təsirinə məruz qalmadıqda müsbət və mənfi hissəciklər biri-birindən müəyyən məsafədə ( $d$ ) yerləşirlər, yəni:

$$E = 0 \quad F = 0 \quad d = \text{const.}$$

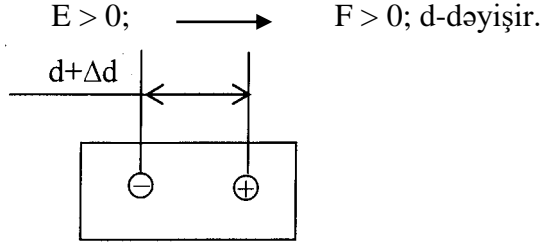


**Şəkil 2.3. Xarici elektrik sahəsi olmayanda dielektrikin elementar hissəciklərinin vəziyyəti**

Xarici elektrik sahəsi dielektrikə təsir etdikdə dielektrik polyarizasiya olunur və müsbət hissəciklərin sahə istiqamətində, mənfilərin isə sahənin əksinə yerlərinin dəyişilməsi baş



verir, yəni:



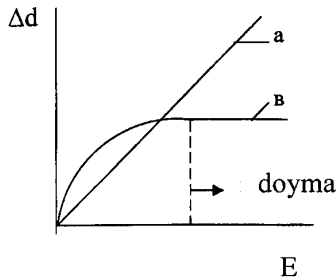
**Şəkil 2.4. Xarici elektrik sahəsi təsiri etdikdə dielektrikin elementar hissəciklərinin vəziyyəti**

Elektrik sahəsinin dielektrikə təsiri nəticəsində onun müsbət və mənfi yükləri yerlərini dəyişir. Bu zaman sahənin gərginliyi nə qədər çox olarsa, yerdəyişmə də bir o qədər çox olur.

Xarici elektrik sahəsinin təsiri götrüldükdə yüklər öz əvvəlki vəziyyətinə qaydır.

Bir çox dielektriklərin elektrik yüklərinin yerdəyişməsi xarici elektrik sahəsinin təsirlə düz mütənasib asılı olurlar. Bu asılılıq şəkil 2.5-də verilir.

Dielektriklərin xüsusi qruplarında bu asılılıq qeyri-xətti olur. Bu dielektriklər seqnetoelektriklər adlanır. Belə adlanmanın səbəbi qeyri-xətti asılılığın ilk dəfə seqnet duzunda müşahidə olunmasıdır.



**Şəkil 2.5. Elektrik sahə gərginliyindən asılı olaraq hissəciklər arasındakı məsafənin dəyişmə asılılığı:  
a- xətti asılılıq; b-qeyri-xətti asılılıq.**

Elektrik sahəsinin təsiri nəticəsində hər bir molekul polarizasiya olunur və neytral molekul müəyyən qədər elektrik momentinə malik olur.

Bu momentin qiyməti

$$m = \alpha_{üm} \cdot F, \quad (2.6)$$

burada  $\alpha_{üm}$ - mütənasiblik əmsalı olub dielektrikin polarizasiya olunmasını xarakterizə edir;

$F$  – molekullara təsir edən qüvvədir.

Mütənasiblik əmsalı

$$\alpha_{üm} = \frac{m}{F}, \quad (2.7)$$

Digər tərəfdən

$$m = q \cdot r, \quad (2.8)$$

olub elementar dipol momenti adlanır.

Biri-birindən  $r$  məsafəsində yerləşən iki  $q$  yükü ilə yüklənmiş hissəciklər dipol adlanır.

Molekulanın ümumi polarizasiya olunma əmsalı  $\alpha_{üm}$  müxtəlif növ polarizasiyalardan təşkil oluna bilər.

Əsas 3 növ polarizasiyanı nəzərdən keçirək:

$$\alpha_{üm} = \alpha_{el} + \alpha_i + \alpha_d, \quad (2.9)$$

burada  $\alpha_{el}$  - elektron polarizasiyasının polarizasiya olunma əmsalı;

$\alpha_i$  - ion polarizasiyasının polarizasiya olunma əmsalı;

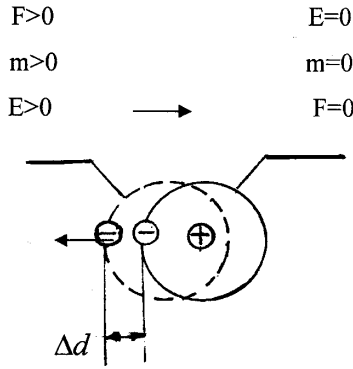
$\alpha_d$  - dipol polarizasiyasının polarizasiya olunma əmsalı.

Ayrı-ayrı polarizasiya növlərini nəzərdən keçirək.

**Elektron polarizasiyası.** Bu növ polarizasiya onunla xarakterikdir ki, atomun xarici elektronları elektrik sahəsinin təsiri ilə sahənin əks istiqamətinə doğru müəyyən qədər yerlərini dəyişirlər. Elektron polarizasiyasının sxematik təsviri şəkil 2.6-da verilir.

Fiziki vəziyyətlərindən və strukturlarından asılı olmayaraq elektron polarizasiyası bütün növ dielektrlərdə mü-

şahidə olunur. Elektron polyarizasiyası ani olaraq  $t = 10^{-13} \dots 10^{-15}$  saniyədə başa çatır.



**Şəkil 2.6. Dielektrlərdə elektron polyarizasiyası**

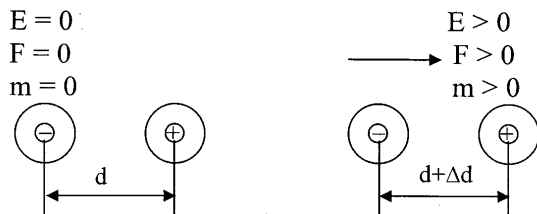
Bu polyarizasiya tam elastik olub enerji itkisi ilə əlaqəli olmur.

Elektron polyarizasiyasının baş verməsi zamanı elektron və ion orbitlərinin yerdəyişməsi və deformasiyası temperaturdan asılı deyil.

**İon polyarizasiyası.** İon quruluşlu molekularda elektron polyarizasiyası ilə yanaşı həm də ionların bütövlükdə sürüşməsi də baş verir. Bu zaman müsbət ionlar elektrik sahəsinin istiqamətində, mənfi isə onun əksinə yerlərini dəyişirlər. İon polyarizasiyasının sxematik təsviri şəkil 2.7-də verilir.

İon polyarizasiyası ion quruluşlu bərk cisimlər üçün xarakterik olmaqla elastiki rabitəli ionların yerdəyişmələri ilə əlaqədardır.

Temperatur artdıqca ion polyarizasiyası güclənir. Bunun səbəbi ionlara təsir edən elastiki güclərin zəifləməsi və istilik genişlənməsi zamanı onların arasındakı məsafənin artmasıdır.



*Şəkil 2.7. İon polyarizasiyasının sxematik təsviri*

Belə polyarizasiya ion və ya atom polyarizasiyası adlanır. İon polyarizasiyası dielektrikin tutumunun, yəni tutum cərəyanının ( $I_c$ ) artmasına səbəb olur.

İon polyarizasiyasının davam etmə müddəti  $10^{-13}$  saniyədən az olmur və enerji itgisi ilə müşayiət olunduğu hesab edilir.

**Dipol polyarizasiyası.** Bu növ polyarizasiyanın mahiyyəti ondan ibarətdir ki, dipol molekulları özlərinin istilik hərəkətlərinə görə həmişə öz istiqamətini dəyişə bilər. Dipol polyarizasiyası elektron və ion polyarizasiyasından onun hissəciklərinin istilik hərəkəti ilə əlaqədar olması ilə fərqlənir.

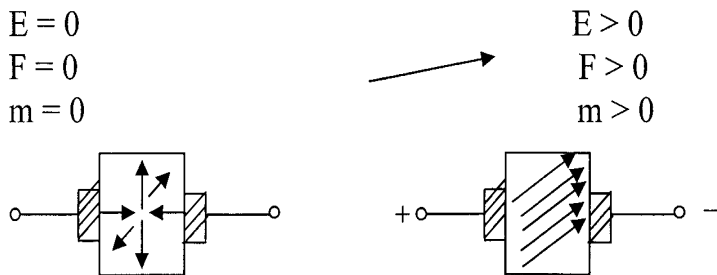
Xarici elektrik sahəsi olmadıqda dipol molekulları zamanın hər bir anında müxtəlif istiqamətlərə elə yönəlirlər ki, vahid həcmdəki dipol momentlərinin cəmi sıfra bərabər olur.

Elektrik sahəsi dipol molekullarına təsir etdikdə sahə istiqamətində dönən dipolların sayı daha çox ehtimal olunur və vahid həcmdəki dipol momentlərinin cəmi sıfra bərabər olmayıb müəyyən qiymətə malik olur.

Dielektriklərin dipol polyarizasiyasının təsviri şəkil 2.8- də verilir.

Xaotik istilik hərəkətində olan dipol molekulları elektrik sahəsi təsirindən qismən onun istiqamətinə yönəlirlər. Bu proses dipol polyarizasiyasının baş vermə səbəbi hesab olunur.

Dipol polyarizasiyası qaz və mayeşəkilli dielektriklər üçün xarakterikdir.



**Şəkil 2.8. Dipol polyarizasiyasının sxematik təsviri**

Dipol polyarizasiyası enerji itkisi ilə müşahidə olunur.

Yuxarıda göstərilən polyarizasiya növləri ilə yanaşı seqnetoelektrlərdə spontan (və ya öz-özünə) adlanan polyarizasiya da baş verir.

Müəyyən şəraitdə üzvü və ya qeyri-üzvü dielektrlərə, misal üçün keramik dielektrlərə güclü sabit elektrik sahəsi təsir etdikdə onlarda elektron polyarizasiyası baş verir.

Bu halda dielektrik elektret vəziyyətinə malik olur. Elektret uzun müddət, bəzən də bir neçə il özü ətraf mühitdə elektrik sahəsi yaradır. Bu proses sabit maqnitin vəziyyətinə bənzəyir.

## 2.2. Elektrik izolyasiya materiallarının dielektrik xarakteristikaları

Elektrik izolyasiya materiallarının dielektrik kimi keyfiyyətlərinə qiymət vermək üçün onların aşağıdakı əsas xarakteristikaları təyin edilir:

1. İzolyasiya müqaviməti.
2. Elektrik möhkəmliyi.
3. Dielektrik itkisi.
4. Dielektrik nüfuzluluğu.

**İzolyasiya müqaviməti və onun təyini.** Məlumdur ki, dielektrlərdə baş verən fiziki proseslərə görə real dielek-

triklərdə ( $\gamma > 0$ ) istiliyə çevrilə bilən aktiv və ya sızma cərəyanını əmələ gəlir.

$$I_a = I_{s\text{iz}} = I_v + I_s \quad (2.10)$$

Bu cərəyanlara müvafiq olaraq dielektrikin  $R_v$  və  $R_s$  tam,  $\rho_v$  və  $\rho_s$  xüsusi müqavimətləri təsir edir. İzolyasiyanın keyfiyyətinə qiymət vermək üçün  $\rho_v$  və  $\rho_s$  təyin edilir. Bu məqsədlə 3 elektrod üsulundan istifadə olunur (Şəkil 2.9).

Tam və xüsusi müqavimətlər aşağıdakı ifadələrlə təyin olunur

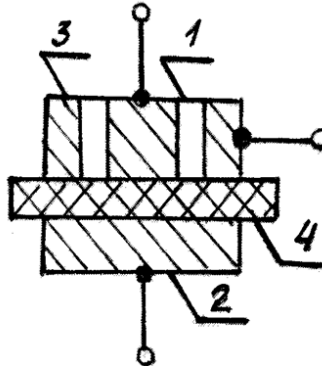
$$R_v = \frac{U}{I_v}; \rho_v = \frac{R_v \cdot S}{l}; \text{Om} \cdot \text{Sm}; R_s = \frac{\rho_v l}{S} \quad (2.11)$$

S-1 elektrodunun sahəsi;

$$R_s = \frac{U}{I_s}; \rho_s = \frac{R_s S}{l} \text{Om}; d_1 \rightarrow d_2 \text{ yaxınlaşdıqda,} \\ S^1 \rightarrow \pi d^1 - yə \text{ yaxınlaşır} \quad (2.12)$$

$d_1$ - yuxarı elektrodun diametri;

$d_2$ - qoruyucu elektrodun diametri olduğundan xüsusi səthi müqavimətin vahidi Om-la ifadə olunur.



**Şəkil 2.9. İzolyasiya materiallarında  $\rho_v$  və  $\rho_s$ -in ölçülməsi üçün istifadə olunan 3 elektrod:**

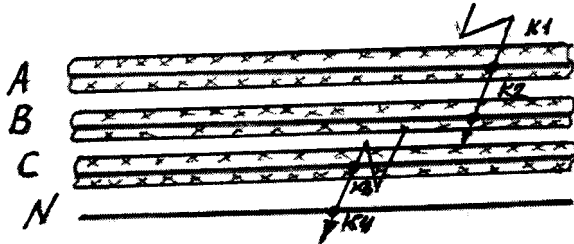
1, 2, 3-yuxarı, aşağı və qoruyucu elektrodlar; 4- izolyasiya materialı

İzolyasiya müqaviməti elektrik qurğularının etibarlı işində əsas rol oynayır. Buna görə də istismar zamanı müəyyən vaxtdan bir yoxlanılmalıdır. Bu məqsədlə meqometr adlanan böyük müqavimətləri ölçə bilən cihazdan istifadə olunur. İzolyasiyanın buraxıla bilən qiyməti  $U_n \leq 1000$  V qurğular üçün

$$R_{iz} \geq \frac{U_n}{1000 + 0.01P_n}, \quad (2.13)$$

burada  $U_n$  və  $P_n$  – uyğun olaraq qurğunun nominal gərginliyi və gücü. Bu halda  $R_{iz.b.b.} \geq 0.5$  Mom olmalıdır.

**Elektrik möhkəmliyi və onun təyini.** Dielektriklər elektrik qurğularında izolyasiya materialı kimi istifadə olunarkən yüksək gərginliyin elektrik sahəsinin təsirinə məruz qalaraq bu təsirdən dağıla bilər. Bu hadisə dielektrikin deşilməsi adlanır.



*Şəkil 2.10. Elektrik dövrələrində izolyasiyanın deşilməsi nəticəsində müxtəlif qısa qapanmalar*

Deşilmə və ya dağılma nəticəsində dielektrik ona verilən gərginliyi saxlaya bilmir və cərəyan keçirən məftil ya digər faza ilə ( $K_1$  və  $K_2$  nöqtələrində) ya da gövdə ilə ( $K_3$  və  $K_4$  nöqtələrində) qısa qapanır (şəkil 2.10).

Qısa qapanmalar nəticəsində qapanan yerin müqavimətindən, qapanma nöqtələrinin potensialından, qapanma yerinin enerji mənbəyindən (transformator və ya generator) uzaq-

lığından asılı olaraq nominal cərəyana nisbətən böyük miqdarda q.q. cərəyanı keçir, yəni

$$\dot{I}_{q,q}=f(R_{us,q,q}; U_{q,q}; L)$$

Mühafizə vasitələri düzgün seçilmədikdə q.q. cərəyanının qiymətindən asılı olaraq qapanma yeri ilə enerji mənbəyi arasında olan şəbəkə elementləri, mənbə özü də daxil olmaqla həmin cərəyanın dinamik və əsasən termiki təsirinə məruz qalaraq zədələnir, obyektlərə ciddi maddi ziyan verə bilər.

Dielektrikin elektrik sahə gərginliyini saxlamaq qabiliyyəti miqdarı olaraq elektrik sahəsinin gərginliyi ilə ifadə edilir.

Dielektrikin deşilmə anındakı sahə gərginliyinin qiymətinin onun qalınlığına nisbətində elektrik möhkəmliyi deyilir:

$$E = \frac{U_d}{h} , \quad (2.14)$$

burada  $U_d$ -deşilmə gərginliyi;

$h$ - dielektrikin qalınlığı.

Elektrik möhkəmliyinin ölçü vahidləri kV/m, kV/sm, kV/mm-dir. Elektrik möhkəmliyinin qiyməti elektrodun formasından və elektrik sahəsinin eyni cinsli olmasından asılıdır.

-müstəvi formalı elektrodlar olan halda:

$$E = \frac{U_d}{h} \cdot \eta , \quad (2.15)$$

burada  $\eta$  - mühitin eyni cinsli olmasını xarakterizə edən əmsaldır.

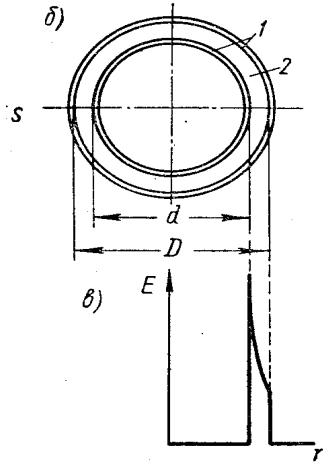
-boru şəkilli elektrod olan halda (şəkil 2.11):

$$E = \frac{2U_d}{d \ln \frac{D}{d}} \quad (2.16)$$

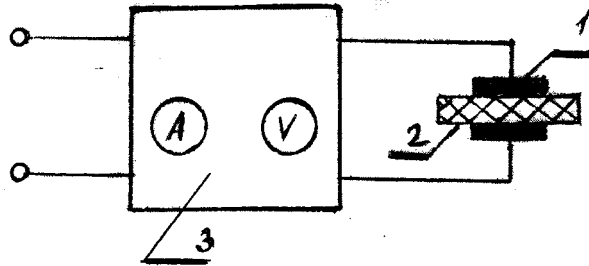
ifadəsi ilə təyin edilir.

Hər hansı dielektrik nümunəsinin elektrik möhkəmliyi prinsiplial elektrik sxemi şəkil 2.12-də verilən qurğu ilə təyin olunur.





**Şəkil 2.11. Boru şəkilli elektrodlar və elektrik möhkəmliyinin radiusdan asılılıq qrafiki:**  
 1-elektrodlar; 2-izolyasiya; E-elektrik möhkəmliyi; d,D-borunun daxili və xarici diametri.



**Şəkil 2.12. Elektrik möhkəmliyini yoxlamaq üçün istifadə olunan qurğunun prinsipial elektrik sxemi:**  
 1-elektrodlar; 2-izolyasiya nümunəsi; 3-yüksək gərginlik qurğusu.

Yüksək gərginlik qurğuları kimi АИИ-70, АМИ-60 və s.-dən istifadə olunur.

Yüksək gərginlik qurğularında işləyərkən təhlükəsizlik

texnikası tədbirlərinə əməl edilməlidir. İnsan həyatı üçün təhlükəsiz cərəyanın qiyməti cəmi 50mA-dir. Buna görə də yüksək gərginlik qurğularında işləyərəkən həmin şəxslərin qurğunun elementlərinə və nümunəyə təsadüfi toxunmamaları üçün tədbirlər görülməlidir. Belə tədbirlərə aiddir:

1. Bu qurğularda işləməyə ancaq xüsusi təlimat keçən şəxslərə icazə verilməlidir.

2. Sınağı biri rəhbər olmaqla ən azı iki nəfər aparmalıdır.

3. İşə qoşulmağa qədər bütün qapılar və çəpərlər etibarlı bağlanmalıdır.

4. Sxemdə açib-bağlama və nümunəni dəyişmə əməliyyatları gərginlik veriləndən sonra qəti qadağandır. Bu məqsədlə gərginlik açıldıqdan sonra yüksək gərginlik transformatorunun çıxışı torpaqlanmalıdır.

5. Qurğu xəbərdaredici plakatlarla, bloklaşdırma qurğuları və komplekt izolyasiyaedici vasitələrlə təchiz olunmalıdır.

**Dielektrik itkisi və onun təyini.** Dielektrlərə elektrik sahəsilə təsir etdikdə qızma yaradan və vahid zamanda onlarda səpələnən enerji dielektrik itkisi adlanır.

Sabit cərəyanda enerji itkisi ancaq izolyasiyadan bir-başına keçib gedən cərəyan şiddəti, həcmi və səthi keçiriciliklə xarakterizə olunmaqla yaranan enerji ilə təyin olunur. Dəyişən cərəyanda isə bunlara müxtəlif polyarizasiya ilə əlaqədar itkilər əlavə olunur.

Sadə dielektrlərə nəzər salmaqla dəyişən gərginliyin təsirindən dielektrikdə yaranan güc itkisi

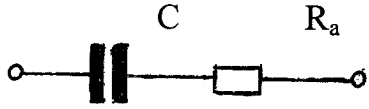
$$P_a = UI_a, \quad (2.17)$$

burada  $U$ - dielektrikə qoyulan gərginlik;

$I_a$ - dielektrikdən axan cərəyanın aktiv mürəkkəbəsi.

Dielektriğin əvəz sxemi bu halda ardıcıl birləşmiş kondensator və aktiv müqavimətdən ibarət sadə elektrik dövrəsi

rəsi kimi göstərilir:



Dielektriklərin əvvəlcədən məlum olan vektor diaqramına əsasən aktiv cərəyan təyin olunur (Şəkil 1.13).

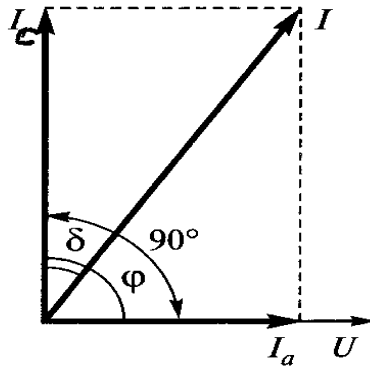
$$I_a = I_c \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (2.18)$$

$\delta$ -tam  $I$  cərəyanı ilə  $I_c$  induktiv cərəyan vektorları arasındakı bucaq.

Beləliklə;

$$P_a = U \cdot I_c \operatorname{tg} \delta, \quad (2.19)$$

$I_c$  - tutum cərəyanı



Şəkil 2.13. Dielektriklərdə cərəyanların vektor diaqramı

$$I_c = U \omega C, \quad (2.20)$$

burada  $C$ -  $\omega$  bucaq tezliyində verilən dielektrikdə yaranan kondensatorun tutumudur.

Nəticədə güc itkisi:

$$P_a = U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta \quad (2.21)$$

Son ifadə göstərir ki,  $U, \omega$  və  $C$ -nin verilən qiymətlərində dielektrikdə səpələnən enerji itkisi dielektrik itki bucağı adlanan  $\delta$  bucağının tangensindən asılıdır. Bu bucaq məhz dielektrikin keyfiyyətini xarakterizə edir. İtki bucağı nə qədər az olsa izolyasiyanın keyfiyyəti bir o qədər yüksək olar. Müasir dielektriklər üçün  $\operatorname{tg} \delta = (0.01 \div 6) \%$  olur.

Dielektrik itkiləri müxtəlif dielektriklər üçün müxtəlif olub onların aqreqat vəziyyətindən asılıdır.

Praktikada elektrik qurğularında istifadə olunan dielektrikin keyfiyyətinə müəyyən müddətdən bir güc itkisini  $P_a$  və ya  $\operatorname{tg} \delta$ -ni ölçməklə nəzarət olunur. Dielektrik itkisi MD-16 və ya P525 tipli dəyişən cərəyan körpüsü ilə ölçülür.

**Dielektrik nüfuzluğu və onun təyini.** Dielektrik nüfuzluğu dielektrikdə baş verən polyarizasiya prosesi ilə əlaqədardır. Nisbi dielektrik nüfuzluğu bərabər ölçülü iki kondensatorun tutumları nisbəti ilə xarakterizə olunur:

$$\varepsilon = \frac{C_x}{C_0}, \quad (2.22)$$

burada  $C_x$ -dielektrik nüfuzluğu axtarılan izolyasiyaya materialından hazırlanan kondensatorun tutumu;

$C_0$ -dielektrik kimi vakuum qəbul olunmaqla hazırlanan kondensatorun tutumu.

Dielektrik nüfuzluluğunun qiyməti kondensator lövhələrinin formasından, onlar arasındakı məsafədən asılıdır.

Müstəvi lövhəli kondensatorlarda:

$$\varepsilon_x = \frac{C_x \cdot h}{\varepsilon_0 \cdot S}, \quad (2.23)$$

burada,  $S$ -kondensator lövhələrinin səthinin sahəsi;

$h$ -lövhələr arası məsafə;

$\varepsilon_0$  -vakuum izolyasiya olan halda dielektrik nüfuzluluğu.

$C_x$ -dielektrik nüfuzluluğu axtarılan material izolyasiya olmaqla hazırlanmış kondensatorun tutumu olub P525 və ya MD-16 dəyişən cərəyan körpüsü ilə ölçülür və aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$C_x = C_o \frac{R_4}{R_3}, \quad (2.24)$$

burada,  $C_0$ ,  $R_3$  və  $R_4$  - körpünün qollarının tutum və müqavimətləridir.

### 2.3. Elektrik izolyasiya materiallarının istilik xarakteristikaları

Elektrik izolyasiya materialları bu və ya digər şəraitdə etibarlı işləmələri üçün dielektrik xarakteristikaları ilə yanaşı bir sıra istilik xüsusiyyətlərinə də malik olmalıdırlar. Bunlara qızmaya və istiliyə davamlılıq, şaxtaya davamlıq, istilikkeçirmə, ərimə temperaturu, yumşalma temperaturu, maye dielektriklərin buxarının alışıma temperaturu və s. aiddir.

**Qızmaya davamlılıq və onun təyini.** Elektrik izolyasiya materiallarının qısa və həm də uzun müddətdə zərər çəkmədən yüksək temperaturaya davam gətirmək qabiliyyətini qızmaya davamlılıq adlanır.

Elektrik izolyasiya materiallarının qızmaya davamlılığını qiymət vermək üçün standartlaşma, metrologiya və sertifikatlaşma üzrə Dövlətlərarası Şura yeni standart (ГОСТ 8863-93) qəbul etmişdir. Bu standartta əsasən bütün izolyasiya materialları qızmaya davamlılığa görə aşağıdakı cədvəldə göstərilən 9 sinfə bölünür (cədvəl 2.1).

**Cədvəl 2.1.**

**İzolyasiya materiallarının qızmaya davamlılığa görə siniflərə bölünməsi**

Qızmaya davamlılıq sinfi	Y	A	E	B	F	H	200	220	250
Buraxıla bilən temperatur, °C	90	105	120	130	155	180	200	220	250

Cədvəldə göstərilən hər bir qızma sinfinə uyğun hazırlanan izolyasiya materialları göstərilən müvafiq temperatura qədər müəyyən olunmuş xidmət müddətində işləyə bilirlər.

Hər bir qızma sinfinə müəyyən qrup dielektrik materialları daxildir.

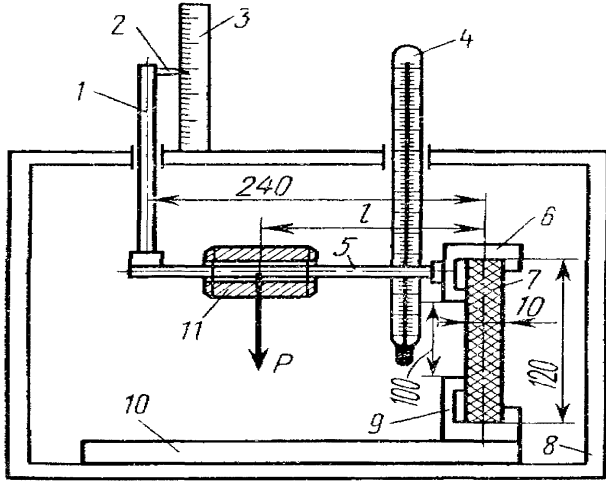
Misal üçün, Y sinfinə ağac (sellüloz) və ipək əsasında olan hopdurulmayan materiallar, saplar, lentlər, parçalar, kağızlar, kartonlar və s. aiddir ki, bunlar 90<sup>0</sup> C-yə qədər temperaturda müəyyən müddət işləyirlər.

**İstiliyə davamlılıq və onun təyini.** İstiliyə davamlılıq dedikdə, izolyasiya materiallarının eyni zamanda həm yüksək temperaturun, həm də mexaniki qüvvənin təsirinə davam gətirmək qabiliyyəti başa düşülür. Bu xarakteristika Martens aparatı ilə təyin edilir. Bu aparatla istiliyə davamlılıq şəkil 2.14-də göstərilən sxem üzrə təyin edilir.

Verilən qurğu ilə nümunənin istiliyə davamlılığı olaraq nümunə istilik və mexaniki yük təsirindən deformasiyaya uğrayıb göstəricinin xətkəş üzrə 5-6 mm aşağı düşməsinə uyğun gələn termometrin göstərişi qəbul olunur. İstismar prosesində bərk dielektriklər üçün bu xarakteristika ən vacib xüsusiyyətlərdəndir.

Belə ki, bərk dielektriklər istismar prosesində eyni zamanda həm istilik və həm də mexaniki təsirlərə məruz qalırsa,

bu halda bərk dielektrik istiliyə davamlılıq temperaturunda tətbiq olunmalıdır. Martens üzrə polistrol üçün istiliyə davamlılıq 75-80 °C, qetinaks üçün 150-170 °C –dir.



**Şəkil 2.14. Martens aparatının sxemi:**

1,2- polad çubuqlu göstərici; 3- xətkəş; 4-termetr; 5- ştok (polad çubuq); 6,9-sıxac; 7-izolyasiya nümunəsi; 8- aparatın gövdəsi; 10-qızdırıcı; 11-yük.

**İzolyasiya materiallarının istilikdən köhnəlməsi. Arrenius qanunu və Montzinqer qaydası.** Uzun müddət yüksək temperatur təsirindən tədricən davam edən kimyəvi proseslər nəticəsində izolyasiyanın keyfiyyəti pisləşərsə, belə hadisə izolyasiyanın köhnəlməsi adlanır.

Köhnəlmə nəticəsində izolyasiya elastikliyi itirir, kövrəkləşir və bərkidir. Hər hansı səbəbdən tez çatlayır və sıradan çıxır.

İzolyasiyanın istilikdən köhnəlməsi kimyəvi reaksiyanın sürətinin temperaturdan asılı dəyişməsinin ümumi qanunauyğunluğuna tabe olur və riyazi olaraq Arrenius qanunu ilə aşağıdakı kimi ifadə edilir:

$$\ln K = A + \frac{B}{T}, \quad (2.25)$$

burada K-reaksiyanın sürəti;

T- köhnəlmə temperaturu;

A və B-verilən izolyasiya materialı və köhnəlmə şərti üçün sabit kəmiyyətlər.

İzolyasiyanın xidmət müddətinin temperaturdan asılılığına miqdarı cəhətdən qiymət vermək üçün Montzinqer qaydasından istifadə olunur. Bu qaydaya əsasən izolyasiyanın temperaturunun normadan 8-10<sup>0</sup>C artması onun xidmət müddətinin 2 dəfəyə qədər azalmasına səbəb olur. Bu proses qrafiki olaraq 2.15 sayılı şəkildəki kimi göstərilir.

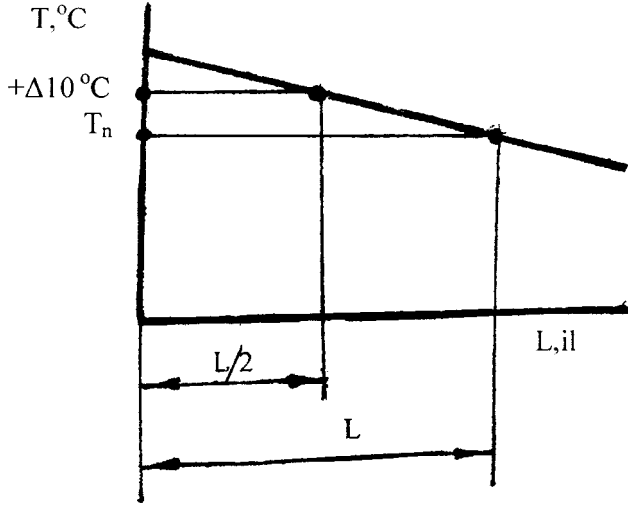
Bu vəziyyətin yaranmasına istehsalat prosesində yol verilməyərək izolyasiyanın qızmasına ciddi nəzarət olunur. Buna görə elektrik qurğuları etibarlı olaraq artıq yüklənmələrdən və qəza rejimlərindən mühafizə olunurlar. Praktikada bu məqsədlə qoruyucu, istilik releləri, temperatur mühafizəsi, rele mühafizəsi və s. istifadə edilir.

**Şaxtadayamlılıq, istilikkeçirmə, yumşalma temperaturu, ərimə temperaturu və alışma temperaturu.**

Şaxtadayamlılıq izolyasiya materialının aşağı temperatur təsirinə davam gətirmək qabiliyyətilə qiymətləndirilir.

İzolyasiyanın istismarı zamanı çox hallarda şaxtaya davamlılıq onun vacib xarakteristikalarından biri kimi qiymətləndirilir. Aşağı temperaturda bir sıra izolyasiyalar olduqca kövrəkləşir və sərtləşir ki, bu da onların işini çətinləşdirir və vaxtından qabaq sıradan çıxmasına səbəb olur. Belə ki, bu vəziyyətə məruz qalan izolyasiya hər hansı vibrasiyadan və mexaniki təsirdən çatlayır, tezliklə öz funksiyasını yerinə yetirə bilmir. Buna görə də izolyasiya materiallarının şaxtadayamlılığa sınağında onlar eyni zamanda həm də vibrasiyaya da yoxlanılır.





*Şəkil 2.15. Montziqer qaydasının qrafiki təsviri*

İzolyasiyanın istilikkeçirməsinin praktiki əhəmiyyəti onunla izah olunur ki, keçiricilərdən ayrılan istilik ətraf mühitə izolyasiya və digər müxtəlif materiallar vasitəsilə ötürülür. İstilikkeçirmə izolyasiyanın istilikdən dağılması zamanı onun elektrik möhkəmliyinə və materialın istilik impulsuna təsir edir.

İstilikkeçirmə xüsusi istilikkeçirməsi ilə ( $\gamma_i$ ) xarakterizə olunur. Əsas dielektrik materialları üçün xüsusi istilikkeçirmə  $\gamma_i = 0,05 \dots 2,2 \frac{VT}{m \cdot K}$ . Elektrik izolyasiya materiallarında xüsusi istilikkeçirmə bir çox metallarda olduğundan aşağıdır.

Ərimə temperaturu kristal strukturlu materiallar (metal, yarımkeçirici və dielektriklər) üçün təyin olunur. Bu materiallar bərk vəziyyətdən maye vəziyyətinə müəyyən temperaturda keçirlər.

Yumşalma temperaturu amorf quruluşlu materiallara

(qətranlar, laklar, kompaundlar) aiddir. Bu materialların bərk vəziyyətdən maye halına keçməsi müəyyən temperaturda deyil, temperatur intervalında baş verir.

Yumşalma temperaturu “kürə və üzük” metodu ilə təyin olunur. Tədqiq olunan amorf material üzərinə polad kürə qoyulmaqla iki ədəd metal üzük içərisinə doldurularaq qızdırılan su olan qaba yerləşdirilir. Yumşalma zamanı amorf maddədən kürələr öz ağırlığı ilə keçib aşağı düşür. Bu anda qaba salınan termometrin göstərişi yumşalma temperaturu kimi qəbul olunur.

Yumşalma temperaturuna yaxın temperaturda materialı işlətmək olmaz, belə ki, bu halda material əriyib axar.

Alışma temperaturu dedikdə, maye dielektrikin (misal üçün, transformator yağının) qızdırılması zamanı ondan ayrılan buxara açıq alov yaxınlaşdırarkən buxarın alışmasına uyğun gələn temperaturu başa düzülür.

## **2.4. Elektrik izolyasiya materiallarının fiziki-kimyəvi xarakteristikaları**

Elektrik izolyasiya materialları dielektrik, istilik və mexaniki xarakteristikalarla yanaşı onların keyfiyyətinə qiymət vermək, bu və ya digər şəraitdə işləmələri mümkünlüyünü müəyyən etmək üçün bir sıra fiziki və kimyəvi xarakteristikalara da malik olmalıdırlar.

Elektrik izolyasiya materiallarının fiziki-kimyəvi xarakteristikalarına turşuluq, kimyəvi davamlılıq, özlülük. Radiasiya dayanıqlığı, işığa davamlılıq, tropiki davamlılıq, nəmliyə davamlılıq və s. aiddir.

İstismar vaxtı elektrik izolyasiya materialları zərərli kimyəvi qazla dolu olan maddələr mühitində işləyərkən kifayət qədər kimyəvi dayanıqlığa malik olmalıdırlar. Bundan başqa həm də vacibdir ki, izolyasiya materialları toxunduğu

səthlərdə korroziya yaratmasın. Məsəl üçün, transformator yağında turşuluq ədədinin qiyməti normadan çox olduqda transformatorun metal hissələrində korroziya əmələ gətirir.

Turşuluq-turşuluq ədədi ilə xarakterizə olunur. Turşuluq ədədi yağda sərbəst turşu konsentrasiyasını göstərir.

Turşuluq ədədi dedikdə, bir qram maye dielektrik tərkibindəki sərbəst turşu birləşməsini neytrallaşdırmaq üçün lazım olan yeyici kaliumun (KOH) miqdarı başa düşülür (mq KOH/1 q).

Turşuluq ədədi aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$K_m = \frac{V \cdot T}{G}, \quad (2.26)$$

burada V-ml-lə sərf olunan yeyici kaliumun həcmi;

T-titrənmiş kaliumun mq-la miqdarı;

G-sınaqdan keçirilən transformator yağının həcmi.

Turşuluq ədədinin buraxıla bilən qiyməti mayelər üçün qəbul olunur. Turşuluq ədədinin normadan artıq olması transformator yağında nəmliyin, suyun və turşuluğun artmasına və onun keyfiyyətinin kəskin aşağı düşməsinə səbəb olur.

Transformator yağı üçün turşuluq ədədinin norması

$$K_m \leq 0,05 \frac{mqKOH}{q} \text{-dir. Bir çox izolyasiya lakları üçün}$$

$$K_m = 0,1 \dots 3 \frac{mqKOH}{q} \text{-dir}$$

Kimyəvi dayanıqlıq kimyəvi zərərli maddələr olan atmosferdə işləyən elektrik izolyasiya materialları üçün xüsusən vacibdir.

Elektrik izolyasiya materiallarının kimyəvi dayanıqlığı onun çəkisinin, xətti ölçülərinin və mexaniki xarakteristikalarının dəyişməsinə əsasən təyin edilə bilər. Bu məqsədlə elektrik izolyasiya materialları 42 gün tələb olunan kimyəvi mühitdə saxlanılır: T = 40, 60, 80, 100 və 125 °C-də hər həftədən bir temperatur dəyişdirilir, çəki yoxlanılır. Nümunənin çəkilərinin dəyişməsi:

$$X_1 = \frac{G_1 - G}{G} \cdot 100, \quad (2.27)$$

burada  $G$  və  $G_1$ -sınaqdan əvvəl və sonra nümunənin çəkisi.

Nümunənin xətti ölçülərinin dəyişməsi

$$X_2 = \frac{\ell_1 - \ell}{\ell} \cdot 100, \quad (2.28)$$

burada  $\ell$  və  $\ell_1$  - sınaqdan əvvəl və sonra nümunənin xətti ölçüləri.

Bu sınaqlardan əvvəl və sonra izolyasiya materialları nümunəsinin dielektrik və mexaniki xarakteristikaları yoxlanılaraq onların kimyəvi dayanıqlığına qiymət verilir.

İzolyasiya materiallarının radiasiya dayanıqlığı dedikdə, materialın intensiv ionlaşma təsirindən (neytron və qamma şüalanma) əsas xüsusiyyətlərini dəyişmədən (pisləşmədən) işləmə qabiliyyəti başa düşülür. Dielektriklər içərisində qeyri-üzvü matereallar kvars, slyuda və b. ən çox radiasiya dayanıqlığına malikdir, ən az isə üzvü materiallardan polimerlər seçilir.

Özlülük maye dielektrik qatlarının bir-birinə nisbətən hərəkəti zamanı ortaya çıxan sürtünmə qüvvəsinin qiymətilə xarakterizə olunur. Bu xarakteristika bir çox maye dielektriklərin istismar və texnoloji xüsusiyyətlərinə qiymət vermək üçün əsas vasitələrdəndir.

Özlülüynün təyində əsasən 3 üsuldən istifadə olunur: dinamik, kinematik və şərti özlülük.

Dinamik özlülüynün təyini Stoks qanununa əsaslanır. Bu qanuna əsasən qeyri-üzvü mayədə yuxarıdan aşağı hərəkət edən metal kürənin sürəti aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur.

$$V = \frac{f}{6\pi \cdot r \cdot \eta}, \quad (2.29)$$

burada  $f$ - kürəyə təsir edən reaksiya qüvvəsi;

r- kürənin radiusu, sm;

$\eta$  -özlülüüyü xarakterizə edən əmsal və dinamik özlülük adlanmaqla yuxarıdakı ifadədən təyin olunur:

$$\eta = \frac{f}{6\pi \cdot r \cdot V} \quad (2.30)$$

Dinamik özlülüünün ölçü vahidi  $\Pi uaz$ -dır:

$$1\Pi uaz = 0,1 \frac{H \cdot san}{m^2}$$

Kinematik özlülük mayenin dinamik özlülüününün onun sıxlığına  $\rho$  olan nisbətidir:

$$\gamma = \frac{\eta}{\rho} \quad (2.31)$$

Kinematik özlülüünün ölçü vahidi stoksdir

$$1st = 10^{-4} \frac{m^2}{san}$$

Şerti özlülük dedikdə, 200 ml tədqiq olunan maye dielektrikin müəyyən qabdan axıb qurtarmasına sərf olunan vaxtin həmin həcmdəki suyun axıb qurtarma müddətinə olan nisbəti başa düşülür və aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\eta_s = \frac{t_{maye}}{t_{su}} \quad (2.32)$$

Mayelərin özlülüününü ölçən cihaz viskozimertr adlanır. Mayelərin sərti özlülüüyü Enqler viskozimetri ilə ölçülür. Ölçü vahidi isə Enqler dərəcədir -<sup>o</sup>  $\Theta$ .

Özlülüünün normadan çox fərqlənməsi maye dielektriklərin və lakların xassələrinə və keyfiyyətinə ciddi təsir edir. Buna görə də istismar prosesində maye dielektriklərin və lakların özlülüünə ciddi nəzarət edilir.

Maye dielektriklərdə, misal üçün transformator yağında özlülüünün normadan çox olması onun konveksiyasını, yəni

soyutma xüsusiyyətini pisləşdirir, azalması isə alışma temperaturunu aşağı salır. Buna görə də istismar prosesində transformator yağının  $T=20^{\circ}\text{C}$ -də şərti özlülüyü  $\eta_s = 4..5^{\circ}\text{C}$ ,  $T=60^{\circ}\text{C}$ -də isə  $\eta_s = 1,6..1,8^{\circ}\text{C}$  sərhədində normalaşdırılır.

Dielektrik materialları müəyyən dərəcədə ətraf mühitdəki nəmliyi udmaq və özündən buraxmaq qabiliyyətinə malikdir, yəni onlar müəyyən dərəcədə hiqroskopik və ya nəmlik udmaq qabiliyyətinə malik olurlar. Atmosfer havasında nəmliyin udulması təkcə dielektrikin özünün təbiətindən deyil, həm də havada olan su buxarlarının konsentrasiyasından asılıdır.

Atmosfer havasında həmişə müəyyən qədər su buxarı olur ki, onun tərkibini mütləq nəmliyə görə qiymətləndirmək lazımdır.

Nisbi nəmlik faizlə ölçülməklə aşağıdakı ifadə təyin olunur.

$$\psi = \frac{m}{m_d} \cdot 100\% , \quad (2.33)$$

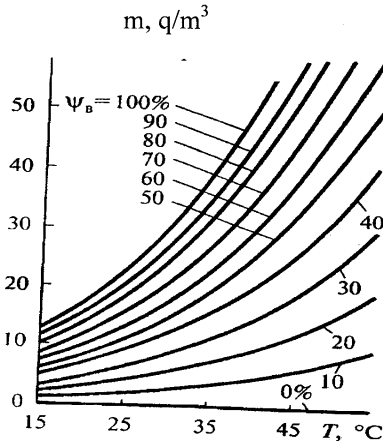
burada  $m$ -havanın mütləq nəmliyi  $\text{q}/\text{m}^3$ ;  $m_d$  –doymuş halda havanın mütləq nəmliyi.  $\text{q}/\text{m}^3$ .

Havanın nisbi nəmliyi qiqrometr və psixrometr kimi xüsusi cihazlarla ölçülür.

Mütləq və nisbi nəmlik düz mütənasib olmaqla temperaturdan asılıdır və bu asılılıq aşağıdakı şəkildə verilir (şəkil 2.16).

İşığa dayanıqlıq dedikdə, elektrik izolyasiya materiallarının ultrabənövşəyi şüaların təsirinə davam gətirmək qabiliyyəti başa düşülür. Işın şüasının təsirindən bəzi materiallar, misal üçün rezin, elastikliyi və mexaniki möhkəmliyini itirir, onlarda çat əmələ gəlir. İzolyasiya lakının təbəqəsi çəkildiği səthdən aralanır.

Ümumiyyətlə, tropiki iqlim nəm və quru olmaqla iki yerə bölünür.



**Şəkil 2.16. Normal atmosfer təzyiqində və müxtəlif nisbi nəmliklərdə mütləq nəmliyin temperaturdan asılılıq qrafikləri**

Nəm tropiki dayanıqlıq dielektrik materiallarının nəm tropiki iqlimli rayonlarda ( $\psi = 100\%, T = 30 \div 40^\circ C$ ) işləmək qabiliyyəti ilə xarakterizə olunur. Uzun müddət elektrik qurğularının nəm mühitdə [ $\psi_{hava} = (98...100)\%$ ] işləməsi bir çox üzvi materialların elektrik xarakteristikalarını kəskin aşağı salır. Bir neçə gün suda və ya 100% nisbi nəmlikdə işlədikdən sonra üzvi materiallarda xüsusi həcmi müqavimət xeyli azalır,  $tg\delta$  bir neçə dəfə artır, elektrik möhkəmliyi 1,5...2 dəfə aşağı düşür.

Nəm tropiki iqlimdə üzvi dielektriklərdə həşəratlar yayrana bilir. Bu halda həmin dielektriklərin, dielektrik xarakteristikaları ( $\rho_V, tg\delta, E$ ) kəskin dəyişir. Bu təsirdən sellüloz, qetinaks və tekstolit zərər çəkir.

Qeyri-üzvi dielektriklərdə şüşə, keramika və slyuda bu sahədə daha dayanıqlı olurlar.

Quru tropiki iqlim havanın yüksək temperatura (+55 $^\circ C$  –dən çox), günəş şüası, aşağı nəmlik, havada toz və qumun və bioloji faktorların olması ilə xarakterizə olunur.

Elektrik izolyasiya materialları göstərilən təsirləri zərərsiz olaraq keçirə bilirsə onlar tropiki dayanıqlı hesab olunurlar.

Elektrik izolyasiya materialları tropiki dayanıqlığa sınaqdan keçirilməsi standartlaşma, metrologiya və sertifikatasiya üzrə Dövlətlərarası Şuranın qəbul etdiyi yeni standartlara uyğun aparılır.

## **2.5. Elektrotexniki materialların mexaniki xarakteristikaları**

İzolyasiya materialları bu və ya digər konkret şəraitdə işləmək üçün dielektriklər, fiziki-kimyəvi və istilik xarakteristikaları ilə yanaşı bir sıra mexaniki xarakteristikalara da malik olmalıdırlar.

Yükün yerləşdirilməsindən asılı olaraq elektrotexniki materialların, o cümlədən izolyasiya materiallarının mexaniki xassələrinin sınaq metodları statik, dinamik və işarələri dəyişən qruplarına bölünür.

Bərk dielektrik və metallar üçün statik yüklərə möhkəmlik (dartılmada möhkəmlik həddi, nisbi uzanma və sıxılmada möhkəmlik həddi), plastiklik, bərklik, elastiklik və xüsusi zərbə özlülüyü aiddir.

Möhkəmlik dedikdə materialın dağılmadan xarici qüvvəyə müqavimət göstərmək qabiliyyəti başa düşülür. Materialın bu xassəsi dartılmada möhkəmlik həddi  $\sigma_d$ , sıxılmada möhkəmlik həddi  $\sigma_s$  və statik əyilmədə möhkəmlik həddi  $\sigma_{st.əy.}$  ilə xarakterizə olunur:

- dartılmada möhkəmlik həddi;

$$\sigma_d = \frac{P_d}{S_o}, \quad (2.34)$$

- sıxılmada möhkəmlik həddi;



$$\sigma_s = \frac{P_s}{S_o}, \quad (2.35)$$

- statik əyilmədə möhkəmlik həddi;

$$\sigma_{st.əy.} = \frac{1,5P_{st} \cdot \ell}{(bh)^2}, \quad (2.36)$$

burada  $P_d, P_s$  və  $P_{st.əy.}$  – uyğun olaraq dartılmada, sıxılmada və statiki əyilmədə nümunəni dağıda bilən ən böyük yüküdür;

$S_o$  – sınaqdan əvvəl nümunənin en kəsik sahəsi;

$\ell$  - dayaqlar arası məsafə;

$b$  və  $h$  - nümunənin en kəsiyinin ölçüləri.

Qeyd olunan güclərin (yüklərin) ölçü vahidi  $\text{kq/sm}^2$  və ya Beynəlxalq Vahidlər Sistemində  $\text{Pa}$ -dır.  $1 \text{ kq/sm}^2 = 0,1 \text{ mPa}$ -dır.

Dartılmada möhkəmlik həddini ölçəndə eyni zamanda həm də nisbi uzanma da təyin olunur:

$$\delta = \frac{\Delta \ell}{\ell}, \quad (2.37)$$

burada  $\Delta \ell$  - mütləq uzanma.

Plastiklik dedikdə, xarici qüvvələrin təsirilə bərpa oluna bilməməklə dağılmadan deformasiya olunma başa düşülür. Temperatur atdıqça plastiklik yüksəlir.

Elektrotexniki materialların bərkliyi dedikdə, onun üst qatının digər kiçik ölçülü materialla təsir olunan sıxıcı qüvvəyə davam gətirmək qabiliyyəti başa düşülür.

Xüsusi zərbə özlülüyünün təyini şəkil 2.17-də verilən qurğu ilə aparılır.

Bərkliyi Brinnel, metodu ilə təyin edirlər.

Elastiklik materialın kiçik qüvvənin təsirilə dağılmadan bərpa oluna bilən xassədir.

Xüsusi zərbə özlülüyü aşağıdakı ifadə hesablanır:

$$\alpha_n = \frac{A_h}{F}, \quad (2.38)$$

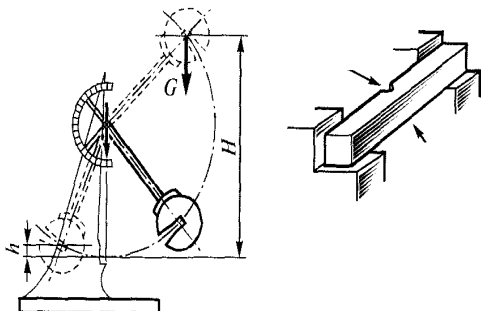
burada  $A_n = G(H - h)$  olub zərbənin işidir, kq.m və ya coul;

$G$  – yükün çəkisi, kq s;

$H$  – zərbədən əvvəl yükün qalxma hündürlüyü, m;

$h$  – zərbədən sonra yükün qalxma hündürlüyü;

$F$  – nümunənin en kəsik sahəsi, sm<sup>2</sup>.



*Şəkil 2.17. Xüsusi zərbə özlülüyünün təyini üçün qurğu*

## 2.6. Maye dielektriklər

**Maye dielektriklərin ümumi xassələri.** Maye dielektriklər qazşəkilli dielektriklərə nisbətən bir sıra üstünlüklərə malikdirlər: belə ki, mayelərdə elektrik möhkəmliyi 3 dəfə, istilik tutumu 3 dəfə, istilik keçirməsi isə 30-dəfə çoxdur. Mayelərin elektrik xüsusiyyəti onların təmizlənmə dərəcəsinə asılıdır. Maye dielektrikin elektrik möhkəmliyinə onun tərkibində həll olunmuş polyar qarışığın, misal üçün, suyun olması ciddi təsir edir.

Maye dielektrikin əsas təyinatı-məsaməli bərk izolyasiyanın elektrik möhkəmliyini yüksəldir, transformator do-laqlarından istiliyin ayrılmasını sürətləndirir. Kondensatorlarda maye dielektriklər bərk izolyasiyaya hoparaq elektrik möhkəmliyini və elektrik nüfuzluluğunu artırır və bununla da kondensatorun nominal gərginliyi  $U_n$  və tutumu  $C_n$  yüksəlir.

Ən geniş geniş yayılmış maye dielektriklərə neft yağları-transformator, kondensator və kabel yağları, sintetik yağ-

lar sovol və sovtol, kremniyüzvi və ftorüzvü yağlar aiddir.

Texniki bitgi yağlarına-gərcək, kətan və tunqo yağı aiddir. Bunlar hazırda elektrik izolyasiya texnikasında məhdud tətbiq olunur.

**Maye dielektriklərin təsnifatı və onlara irəli sürülən tələblər.** Maye dielektriklər aşağıdakı əlamətlərinə görə təsnif olunurlar.

1. Kimyəvi tərkibinə görə: elektrik izolyasiya neft yağları və sintetik yağlar.

2. Tətbiq olunma xüsusiyyətinə görə:

- transformator və yağ açarında işlədilən yağlar;

- kondensatorlarda tətbiq olunan yağlar;

- kabel kağızlarının istehsalında tətbiq olunan yağlar;

- düzləndiricilərdə soyutma və izolyasiya kimi işlədilən yağlar.

3. Buraxıla bilən temperaturun yuxarı sərhəd qiymətinə görə:

-  $95^{\circ}\text{C}$  -yə qədər (bütün neft yağlarında);

-  $135^{\circ}\text{C}$  -yə qədər ( sintetik yağlarda);

4. Yanma xüsusiyyətinə görə:

- yanan yağlar;

- yanmayan yağlar.

Maye dielektriklərə aşağıdakı tələblər irəli sürülür:

1. Yüksək dielektrik xüsusiyyətlərinə - yüksək xüsusi müqavimətə, elektrik möhkəmliyinə və aşağı dielektrik itgi bucağına ( $\text{tg } \delta$ ) malik olma.

2. İstismar prosesi və saxlanma müddətində yüksək stabillik.

3. Optimal özlülüyə malik olmaq.

4. Tətbiq olunmanın qənaətçiliyi.

5. Sintetik yağların yanmaması.

**Bitki və neft yağları.** Maye dielektriklər təbii və süni olmaqla iki qrupa ayrılır.

Təbii maye dielektriklərə bitki və neft yağları aiddir.

Bitgi yağları quruyan və qurumayan olmaqla iki yerə

bölünür.

Quruyan yağlara kətan və tunqo yağı aiddir. Bu yağlar müəyyən materialın üzərinə çəkildikdən sonra quruyur və möhkəm, elastiki, nazik təbəqə əmələ gətirir.

Kətan yağı açıq rəngli (№802) lakların və laklı parçaların istehsalında tətbiq olunur. Kətan yağının təbəqəsi qızdırıldıqda belə nəmliyə davamlı olur. Tunqo yağı da bərk və elastiki təbəqə əmələ gətirir. Kətan yağından fərqli olaraq bu yağın qalın təbəqəsi belə səth üzrə bərabər quruyur.

Quruyan yağların çatışmazlığına onların istiliyə və köhnəlməyə çox həssas olmasıdır. Bu təsirdən onlar kövrəkləşir və çatlayır.

Qurumayan yağlara gərçək yağı aiddir. Bu yağdan sabit və dəyişən cərəyanda işləyən kondensator kağızlarının hopdurulmasında istifadə olunur. Gərçək yağının çatışmazlığına qatılşanda termiki stabilliyini itirməsi aiddir.

Neft yağları zəif özlülüklü, praktiki olaraq qeyri-polyar mayedir.

Maye dielektriklər qeyri-polyar və polyar malekullardan ibarət olur. Qeyri – polyar və ya neytral molekullu mayelər ancaq elektron polyarizasiyasına malik olurlar. Polyar və ya dipol molekullu mayelər eyni zamanda elektron və dipol polyarizasiyaları ilə müəyyən olunurlar.

Kimyəvi tərkibinə görə neft yağları müxtəlif tərkibli karbohidrogen qarışıqlarından (parafin, naften, aromatik) ibarətdir. Neft yağı açıq sarı rəngli olur. Yağın kimyəvi tərkibi, xassələri və stabilliyi onun çıxarıldığı yerdən asılıdır.

Transformator yağı transformator, yağ açarı və yüksək gərginlikli çıxışlar kimi yüksək gərginlik qurğularında tətbiq olunur. Transformatorlarda neft yağı iki funksiyanı yerinə yetirir: əvvələn yağ transformatordakı lifli izolyasiyanın məsələrinə və dolaqların məftilləri arasına və həm də cərəyan keçirən hissələrlə transformatorun çəninin arasına dolaraq izolyasiyanın elektrik möhkəmliyini yüksəldir; sonra dolaqlarda və nüvədə yaranan ayrılan istiliyin ötürülməsini yaxşı-

laşdırır. Yağ açarlarında transformator yağı elektrik qövsünün tez sönməsini təmin edir.

Neft transformator yağları aşağıdakı kimi təsnif olunur:

- zavod hazırlayıcı tərəfindən daxil olan. Bu yağ nəm və qaz tərkibinə görə normativ göstəricilərdən fərqlənə bilər;

- təmiz, quru yağ - bu "təmiz" yağ, əlavə emaldan keçmiş (qurudulmuş) vəziyyətdə olur. Belə yağ normallaşdırılan bütün göstəricilərə uyğun gəlir və avadanlığa tökmək üçün hazır hesab olunur;

- regenerasiya olunmuş yağ - işlənmiş fiziki və kimyəvi metodlarla təmizləmədən keçmiş olub, normativ-texniki sənədlərin tələbatına uyğun hesab olunmaqla sonrakı tətbiq üçün yararlıdır;

- istismarda olan yağ - avadanlığa tökülmüş və istismarda olan yağın normalarına cavab verir;

- işlənmiş yağ - müəyyən olunmuş xidmət müddəti başa çatdıqdan sonra avadanlıqdan boşaldılmış yağ.

Transformator yağının istismar-texniki xarakteristikaları standartla normalaşdırılır. Cədvəldə avadanlığa tökülmək üçün hazırlanmış və istismarda olan yağların sərhəd buraxıla bilən qiymətləri verilir (Cədvəl 2.2 ).

Təmiz yağ nisbətən yüksək elektrik möhkəmliyinə ( $E_d$ ) malikdir.

Yağın təmizlənmə dərəcəsiindən və gərginliyin tezliyindən asılı olaraq  $20^{\circ}\text{C}$ -də yağda  $\varepsilon=2,2-2,3$ ;  $\text{tg}\delta=10^{-4}$ ;  $\rho_v = 10^{10} - 10^{13} \text{ Om} \cdot \text{m}$ ;  $E=10-28 \text{ kV/mm}$  olur.

Neft transformator yağının fiziki-kimyəvi xassələri onun kimyəvi tərkibindən və onu əmələ gətirən karbohidrogenin quruluşundan asılıdır. Yağın fiziki-kimyəvi xassələrinə sıxlıq ( $850-900 \text{ kq/m}^3$ ), xüsusi istilik keçirmə ( $\lambda = 1\text{Vt} / \text{m} \cdot \text{k}$ ), xüsusi istilik tutumu ( $C=1,5 \text{ C} / \text{kq} \cdot \text{K}$ ), kinematik özlülük ( $t=20^{\circ}\text{C}$   $1 \text{ santustokc}=10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}=1\text{mm}^2/\text{s}$ , turşuluq ədədi  $0.02 \text{ mq KOH/1q}$ ).

Neft yağları yanan mayedir. Onların yanma təhlükəli-

liyi yağdakı asan yanan maddələrin tərkibindən asılı olub alışma temperaturu adlanır və 135-150 °C olmalıdır.

Yağın donma temperaturu onun olduqca vacib xarakteristikası olub, sərt qış iqlimli rayonlar üçün xüsusi əhəmiyyətə malikdir

**Cədvəl 2.2**

**Avadanlığa tökülmək üçün hazırlanmış və istismarda olan yağların keyfiyyət göstəriciləri**

s/s	Göstəricilər	Transformator yağının keyfiyyət göstəricilərinin qiyməti		Texniki normativ sənəd
		Elektrik avadanlığın tökülənə qədər	Elektrik avadanlığın töküləndən sonra	
1.	Yağ tökülən elektrik avadanlığının nominal gərginliyi 15 kV-ya qədər 15-35 kV 60-500 kV	30 35 60	20 30 55	ГОСТ 6581-75
2.	Dielektrik itgisinin tangens bucağı, % nominal gərginliyi 500 kV-a qədər	2,2	2,6	ГОСТ 6581-75
3.	Turşuluq ədədi, mq KON/q 500 kV-qədər	0,02	0,02	ГОСТ 5985-79
4.	Yağın alışma temperaturu, ən azı, °C	135	135	ГОСТ 6356-7
5.	Qaz tərkibi, %	0,1	0,2	Zavod hazırlayıcının təlimatı

Beynəlxalq Elektrotexnika Komissiyasının (BEK) tələblərinə görə bütün transformatorlar üçün donma tempera-

turası  $-45^{\circ}\text{C}$  –dir. ТАП, Т-750, А ГК və MB markalı yağlarda donma temperaturu daha aşağı olub müvafiq olaraq  $-50$ ;  $-55$ ;  $-60$  və  $-70^{\circ}\text{C}$  təşkil edir.

Aşağı temperaturlu və yaxşı keyfiyyətli yağ az parafinli neftdən alınır.

Bütün neft yağları və transformator yağı pilləvari emalla təkrar təmizləmə yolu ilə neftdən alınır. Bu zaman emal olunma, yəni neftin kimyəvi birləşmələrdən diqqətlə təmizlənməsi aparılır. Təmizlənmə neftin ardıcıl olaraq sulfat turşusunda və qələvidə emal olunmaqla su ilə yuyulub-qurudulmaqla yerinə yetirilir. Bəzi hallarda emal olunan yağ əlavə olaraq su qalıqından, polyar birləşmələrdən və adsorbentdən keçirməklə emal olunur.

Neft yağının alınma texnologiyası aşağıdakı sxem üzrə aparılır. (Şəkil 2.18).

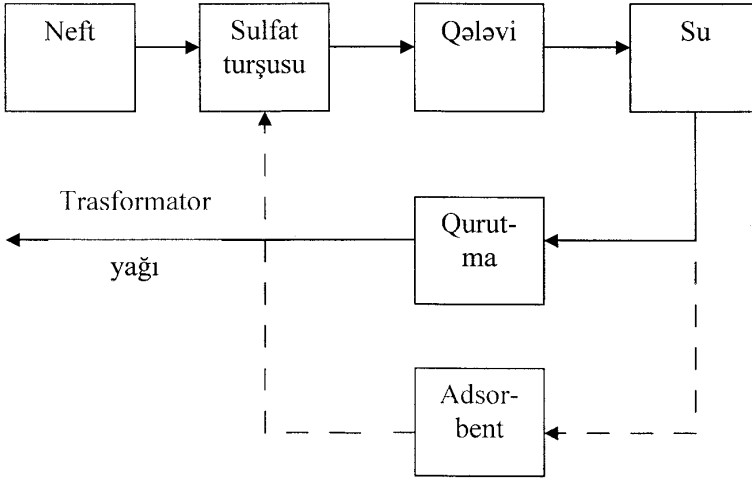
**Transformator yağının köhnəlməsi.** Yağ doldurulan elektrik avadanlığında havanın oksigeni və digər oksidləşdiricilərin təsirindən yağda dərin dəyişikliklər baş verir ki, bu da onun bütün istismar-texniki xarakteristikalar kompleksinin pisləşməsinə səbəb olur və yağ köhnəlir.

Oksigen təsir edərkən yağdakı karbohidrogenlər və digər komponentlərdə oksidləşmə prosesi gedir. Bu proses yüksək temperatur, elektrik sahəsi, günəş şüası və digər katalizatorlar təsirindən daha da sürətlənir. Oksidləşmə prosesini azaltmaq üçün yağa unqibitor adlanan xüsusi aşqarlar əlavə olunur. Yağda qəvs yaranarkən karbohidrogenin güclü ayrılması ilə yanaşı qazın əmələ gəlməsi də baş verir. Yağın bərk dielektriklərə təsiri nominal temperaturda ( $95^{\circ}\text{C}$ ) onların xüsusiyyətini çox az dəyişir. Bu zaman mis və onun ərintiləri korroziyaya uğrayır və yağın dielektrik itgisi ( $\text{tg } \delta$ ) artır.

Yağın köhnəlməsi aşağıdakı hallarda sürətlənir.

1. Yağa hava daxil olması.
2. Yağın temperaturu  $95^{\circ}\text{C}$ -dən çox olduqda.
3. Yağın, mis, qurğuşun, dəmir və sairə ilə əlaqəli olması.
4. İşıq təsir etdikdə.

## 5. Yüksək elektrik sahəsi təsir etdikdə.



**Şəkil 2.18. Transformator yağının istehsal texnologiyası**

Elektrik sahəsi təsirindən yağ köhnələrkən ionizasiya mənbəyi kimi təhlükə yaradan qaz ayrılmamaq xüsusiyyəti yağın qaza dayanıqlığı adlanır.

Köhnəlməyə başlayan yağ regenerasiya etmək, yəni ondan köhnəlməyə səbəb olan elementləri kənar etmək və yağ ilk təzə vəziyyətinə qaytarmaq prosesi xüsusi adsorbentlərdən istifadə etməklə əldə olunur.

İşləyən transformatorlarda fasiləsiz regenerasiya etməklə yağın köhnəlməsinin qarşısını almaq üçün onun gövdəsinə quraşdırılan termosifon süzgəcdən istifadə edilir.

Transformatorun işi zamanı yağ qızarkən onun sıxlığı azaldıqda, o çənin yuxarı hissəsinə qalxaraq termosifon süzgəcin borusuna daxil olur və adsorbent tökülən süzgəcdən keçərək transformator çəninə aşağı hissəsinə daxil olur.

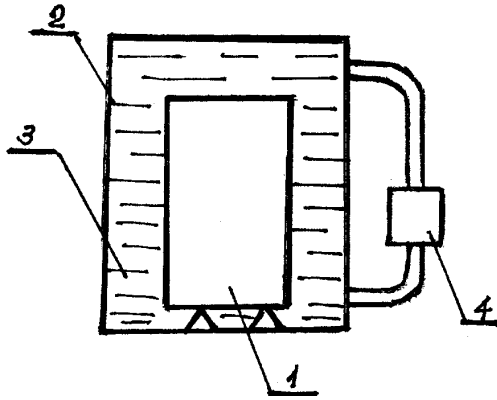
Yağ termosifon süzgəcdən keçərkən oradakı adsorbent maddəsi onun nəmliyini udaraq yağın keyfiyyətini yaxşılaşdıraraq ilk təzə vəziyyətinə çatdırır.



Adsorbent olaraq silikagel, kalsiumxlorid və sairədən istifadə olunur.

İşləyən transformatorada yağın fasiləsiz olaraq termosifon süzgəc vasitəsilə regerasiyasının sxemi aşağıdakı 2.19 sayılı şəkildə verilir.

**Sintetik maye dielektriklər.** Neft elektrik izolyasiya yağları ən əlverişli və ucuz maye dielektrikdir. Bu yağlar yaxşı təmizləndikdə yüksək elektrik izolyasiya xarakteristikalarına dielektrik itgisinin ( $\text{tg } \delta$ ) kiçik və elektrik möhkəmliyinin yüksək qiymətinə malik olurlar.



**Şəkil 2.19. İşləyən transformatorada yağın fasiləsiz olaraq termosifon süzgəclə regerasiyasının sxemi:**

1- transformatorun daxili hissəsi; 2- transformator yağı;  
3- yağla dolu çən; 4- adsorbentlə doldurulan süzgəc.

Bununla yanaşı neft yağlarının aşağıdakı çatışmazlıqları vardır: yanğın və partlayış təhlükəliliyi, istilik və elektrik köhnəlməsinə aşağı dayanıqlılığı, oksidlənmiş yağda hiqroskopiklik və s.

Aşağıda nəzərdən keçirilən sintetik maye dielektriklərin bir sıra xarakteristikaları neft yağlarına nisbətən yüksəkdir. Ən geniş yayılmış sintetik dielektriklərə polixlordefinil, kremniyüzvü və ftorüzvü yağlar aiddir.

Polixlordefinil və ya sovol definilin ( $C_{12} H_{10}$ ) xlorlu məhsulu olub tərkib etibarı ilə pentaxlor- difenilə  $C_{12} H_5 Cl_5$  yaxındır. Bu, zəhərli, rəngsiz yağ olub  $40^{\circ}C$  –də özlülüyü neft yağlarından dörd dəfə çoxdur,  $T_{donma} = +5^{\circ}C$ . Sovol pol-yar dielektrikdir. Sovolun dielektrik xarakteristikaları:  $T = +20^{\circ}C$ -də  $tg \delta = (5-10) \cdot 10^{-3}$ ;  $\rho = 10^{11} Om \cdot m$ ;  $E = 15$  kV/mm;  $\epsilon = 5$ ;  $m = 0,020$  mq KOH/q.

Kağız kondensatorların hopdurulmasında maye dielektrikin yüksək dielektrik nüfuzluluğu olması vacibdir. Buna görə sovol kağız kondensatorlarının hopdurulmasında tətbiq oluna bilər.

Sovolun özlülüyü transformator yağına nisbətən xeyli çoxdur. Buna görə də ondan qızdırmaqla kağız izolyasiyasını hopdururlar.

Sovol yanmayan, yanğın təhlükəli olmayan və oksidlənməyə qarşı dayanıqlı mayedir.

Digər sintetik maye dielektrik sovtol olub sovolun polixlordefinilin trıxlorbenzolda  $C_6 H_3 Cl_3$  məhluludur. Sovtolun özlülüyü aşağı (normal) və donma temperaturu  $-30^{\circ}C$  –dir, zəhərlidir. Sovol və sovtol rezini, boyaları və digər bir sıra materialları dağdır.

Zəhərli olduqlarına görə bir çox ölkələr (misal üçün, Yaponiya ) qanunla onların istifadəsini qadağan etmişdir.

Kremniyorqanik (üzvü) yağlar silisium və oksigen atomlarının molekullarından ibarət olur. Bu rəngsiz, üzvü məhlullarda həll olan, metalları koroziyaya uğratmayan, aşağı hiqroskopiklikli və şaxtayadavamlı ( $-70^{\circ}C$ ) və zəhərli olmayan yağdır. Dielektrik xarakteristikaları  $\epsilon = 2,4-2,8$ ;  $tg \delta = (1-3) \cdot 10^{-4}$ ;  $\rho = 10^{12} - 10^{14} Om \cdot m$ ;  $E_d = 14-18$  kV/mm. Kremniyüzvü yağlar yüksək temperaturda işləyən kondensatorların kağızlarını hopdurmaq üçün istifadə olunur.

Bu mayenin çatışmazlığına nisbətən tez yanması və neft yağlarına nisbətən baha olması aiddir.

Ftorüzvü mayələrin molekulları karbon və ftor atomla-

rından ibarətdir. Dielektrik xarakteristikaları:  $\varepsilon = 2,2-2,5$ ;  $\operatorname{tg} \delta = (1-2) \cdot 10^{-4}$ ;  $\rho = 10^{12} - 10^{14} \text{ Om} \cdot \text{m}$ ;  $E = 12-19 \text{ kV/mm}$ . Bu yağ transformatorun soyudulan dolaqlarından və nüvəsindən istiliyin transformator yağına nisbətən daha intersiv ötrülməsini təmin edir. Dəyərinin yüksək olması geniş tətbiqinə mane olur.

**Neft kondensator yağları.** Kondensator yağı transformator yağını adsorbentlərlə daha dərindən təmizləməklə ondan alınır. Kondensator yağının elektrik xüsusiyyətləri transformator yağına nisbətən yaxşı olmaqla aşağıdakı kimidir:  $\varepsilon = 2,1-2,3$ ,  $\operatorname{tg} \delta \leq 2 \cdot 10^{-3}$ ;  $\rho = 10^{12} \text{ Om} \cdot \text{m}$ ;  $E_d = 20 \text{ kV/mm}$ ;  $t_{\text{donma}} = -45^\circ\text{C}$ .

Kondensator yağı kağız kondensatorların hopdurulmasında istifadə olunur. Hopdurma zamanı yağ kağızın məsələlərini doldurduğundan onun dielektrik nüfuzluluğu və elektrik möhkəmliyi artır ki, bu da kondensatorun tutumunun yüksəlməsinə və qabaritinin azalmasına səbəb olur.

**Neft kabel yağları.** Kabel yağları qurğuşun örtüklü güc kabellərinin kağız izolyasiyalarının hopdurulmasında və həm də gərginliyi 110 kV və daha yüksək olan və metal örtüklü yağla doldurulan kabellərdə istifadə edilir. Birinci halda, kinematik özlülüyü  $37 \text{ mm}^2/\text{san}$  ( $20^\circ\text{C}$ -də) və  $9,6 \text{ mm}^2/\text{san}$  –dən ( $50^\circ\text{C}$ -də) çox olmamaqla kağız izolyasiyaya hopdurulur.

Yüksək təzyiqli ( $\leq 1,5 \text{ MPa}$ ), gərginliyi 110 kV-dan 500 kV-a kimi olan kabellər üçün xüsusi diqqətlə təmizlənmiş kabel yağı istifadə olunur. Bu halda həmin yağın  $100^\circ\text{C}$ -də  $\operatorname{tg} \delta \leq 0,003$ -dir.  $E_d \geq 20 \text{ kV/mm}$ , kinematik özlülük  $\gamma_k \leq 800 \text{ mm}^2/\text{san}$ ,  $t_{\text{don}} \leq -30^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{alışma}} \geq 200^\circ\text{C}$  olmalıdır.

## 2.7. Qazşəkilli dielektriklər

Qazşəkilli dielektriklər təbii və suni olmaqla iki qrupa ayrılır.

Təbii qazlara bütün qazlar, o c. bir neçə qaz və qazlar qarışığı olan adi hava daxildir.

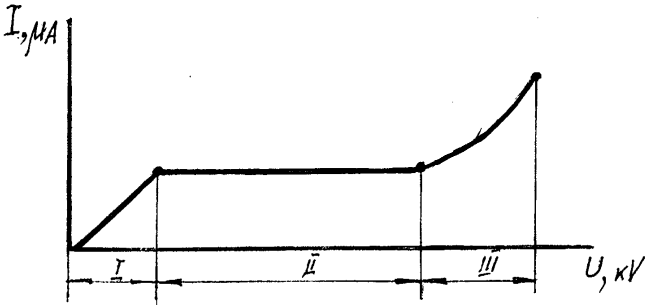
Bir çox qazlar (misal üçün hava və azot) kondensatorlarda, hava açarlarında, hava xətlərində və bir sıra digər elektrik qurğularında dielektrik kimi istifadə olunaraq onların etibarlı işini təmin edir. Elektrik hava xətlərinin məftilləri bütün uzunluq boyu ançaq hava vasitəsilə etibarlı izolyasiya olunurlar.

Bəzən məftilin səthi boyunca açıq yaşımtıl bənövşəyi işıqlanma əmələ gəlir. Bu proses elektrik taçı adlanır. Elektrik taçı hadisəsi qazşəkilli dielektrikin qismən dağılması (deşilməsi) deməkdir. Bu proses enerji itgisinə səbəb olur və onun elektrik qurğularında yaranmasına yol verilməməlidir.

Qazşəkilli dielektrlərə qiymət vertmək üçün onların voltamper xarakteristikaları aşağıdakı qayda ilə çıxarılır.

Tutaq ki, elektrodlar arasında hər hansı həcmdə qaz kütləsi vardır. Bu qaz kütləsi həcminə (elektrodlara) gərginlik verildikdə yüklənmiş qaz hissəciklərinə elektrik sahəsinin gərginliyi ( $E$ ) təsir edəcək.

Bunun təsirindən qaz həcmnin elektron və ionları bir elektroddan o birisinə hərəkət etməyə başlayacaqlar. Bu zaman əmələ gələn cərəyanın gərginlikdən asılılığı voltamper xarakteristikası ilə ifadə olunur və qrafiki olaraq aşağıdakı voltamper xarakteristikası ilə göstərilir (şəkil 2.20).



Şəkil 2.20. Qaz dielektrlərin voltamper xarakteristikası

Bu xarakteristika göstərir ki, zəif elektrik sahəsi zonasında qaz dielektrikdə cərəyan verilən gərginliklə mütənasib olaraq artır (I zona). Bu zonada cərəyanın gərginlikdən asılı dəyişməsi Om qanununa uyğun olur.

Gərginliyin sonrakı artırılmasında cərəyanla gərginlik arasındakı mütənasiblik pozulur (II zona). Bu zonada keçiricilik cərəyanı gərginlikdən asılı olmur. Burada qazın yüklənmiş hissəciklərində enerji toplanması baş verir.

Gərginliyin sonrakı yüksəldilməsi yüklənmiş hissəciklərin sürətinin artmasına səbəb olur. Elektron və ionlar özlərinin topladıqları enerjilərin bir hissəsini qazın neytral hissəciklərinə verir, elektronlar öz atomlarından ayrılırlar (III zona). Bu proses zərbə ionizasiyası adlanır. Zərbə ionizasiyası zonasının davam etməsi verilən qazın deşilməsi ilə nəticələnir. Zərbə ionizasiyası zonasında qazın xüsusi müqaviməti ( $\rho_V$ ) azalır və dielektrik itgi bucağı ( $tg\delta$ ) yüksəlir.

Voltamper xarakteristikası göstərir ki, qazşəkilli dielektriklər zərbə ionizasiyası baş verən zonaya (gərginliyə) qədər hissədə istifadə oluna bilər. Bu halda qaz ən yaxşı dielektrik hesab olunur, belə ki, bu zaman qaz (hava) üçün  $\rho_V = 10^{20} Om \cdot sm$ ;  $tg\delta = 10^{-6}$ ;  $E_d = 30..32kV / sm$  olur.

Eyni cinsli zonada qazşəkilli dielektrikin deşilməsi Paşen formulası ilə ifadə olunur:

$$U_d = A \cdot P \cdot h, \quad (2.39)$$

burada A - mütənasiblik əmsalı;

P və h - qazın təzyiqi və deşilmə baş verən qaz dielektrik qatının qalınlığıdır.

Süni qazşəkilli dielektriklərə freon və eleqaz aiddir. Onların kimyəvi işarələri uyğun olaraq

$$SF_6 \text{ və } CCl_2F_2 \text{ - dir.}$$

Bu qazlar havaya nisbətən daha yüksək elektrik möhkəmliyinə malikdir. Belə ki, freon üçün  $E_d = 72kV / sm$  və eleqaz üçün  $E_d = 76kV / sm$  -dir(hava üçün isə  $E_d=32$

kV/sm-dir ).

Bu qazşəkilli dielektriklərin dəyəri baha olduğundan məhdud tətbiq olunur.

## 2.8.Bərkiyən dielektriklər

Bərkiyən dielektriklərə qətranlar, laklar, emallar və compoundlar aiddir.

**Qətranlar, onların xassələri və tətbiqi.** Qətranlar kimyəvi oxşarlığı və ümumi fiziki xüsusiyyətlərinə görə müəyyən materiallar qrupuna daxil olan dielektriklərdir.

Qətranlar lakların,compoundların,plastik kütlələrin,süni lifli materialların tərkib hissəsini təşkil etməklə geniş tətbiq olunur.

Qətranlar əmələ gəlmələrinə görə təbii və süni (və ya sintetik) olmaqla qruplara ayrılır.

Təbii qətranlara konifol, şellak, kopal və bitum aiddir.

Kanifol iynəyarpaqlı şam ağaclarının şirələrini emal etməklə alınır və üzvü turşulardan ibarətdir. Kanifol neft yağlarında, maye karobohidrogenlərdə, bitgi yağlarında və spirtə həll edilə bilər.

Kanifolun elektrik izolyasiya xüsusiyyətləri aşağıdakı kimidir:

$$\rho_v = 10^{13} \div 10^{14} \text{ Om} \cdot \text{sm};$$

$$E_d = 10 \div 15 \text{ kV} / \text{mm};$$

$$\text{tg} \delta = 0,05 \div 0,15;$$

$$\varepsilon = 1 \div 3,5.$$

Konifolun yumşalma temperaturası  $t_y = 50 - 70^\circ \text{C}$ -dir

Konifol neft yağlarında əridilməklə hopdurucu və tökmə kompauntların istehsalında istifadə edilir.

Konifol  $150^\circ \text{C}$  ( $423 \text{ K}$ ) temperaturada mis oksidini yaxşı əridə bildiyindən ondan lehımləmə işlərində də geniş istifadə edilir.

Şellak qətranı tropik ölkələrin (Cənub və Cənub Şərqi Asiya) ağaclarının budaqlarından ayrılan bir sıra həşəratlardan alınır. Şellak spirtdə yaxşı həll edilir. Şellakın elektrik izolyasiya xüsusiyyətləri:

$$\rho_v = 10^{13} \div 10^{14} \text{ Om} \cdot \text{sm};$$

$$E_{pr} = 20 \div 30 \text{ kV} / \text{mm};$$

$$\varepsilon = 3,5;$$

$$\text{tg}\delta = 0,01.$$

Şellak  $50 \div 60^{\circ}\text{C}$ - də elastiki olur, temperatur artanda yumşalır və əriyir, daha sonra əriməyən və həll olunmayan vəziyyətə keçərək zəif hiss olunan termoreaktiv xüsusiyyətə malik olur.

Elektrik izolyasiya texnikasında şellak yapışqan lakların istehsalında və mikanit hazırlanmasında istifadə edilir.

Bitum karbohidrogenlərin mürəkkəb qarışığından ibarət olmaqla xarakter kompleks xüsusiyyətlərə malikdir. Bitum qara rəngli, aşağı temperaturda kövrək olan maddədir. Bitum karbohidrogenlərdə asan, benzində isə çətin həll edilir.

Bitum süni şəkildə neftin emalı nəticəsində ağır məhsullar kimi və təbii qazıntı halında asfalt kimi alınır. Elektrik izolyasiya texnikasında neft bitumunun BH-III, BH-IV və BH-V markalarından istifadə edilir. (B-bitum, H-neft)

Bitumun dielektrik xüsusiyyətləri:

$$\rho_v = 10^{13} \div 10^{14} \text{ Om} \cdot \text{sm};$$

$$E_{pr} = 10 \div 25 \text{ kV} / \text{mm};$$

$$\varepsilon = 2,5 \div 3,0;$$

$$\text{tg}\delta = 0,01.$$

Bitum lak və konpaundların hazırlanmasında tətbiq olunur.

Kopal (şəfaf qətran) xarakter parıltılı, yüksək bərkliyə malik olan və nisbətən çətin əriyən qətrandır. Bu qətran həm qədim qətranlı ağac qalıqlarının yeraltı qazıntıları və indiki

mövcud ağacların şirələrindən alınır. Kopal yağlı laklara onların bərkliyini artırmaq üçün əlavə edilir.

Qazıntı şəklində olan kopala yantar (kəhrəba) aiddir ki, bu Baltik dənizi sahillərindən çıxarılır. Onun elektrik xüsusiyyətləri:

$$\rho_v = 10^{15} \div 10^{17} \text{ Om} \cdot \text{sm};$$

$$\varepsilon = 2,8;$$

$$\text{tg} \delta = 0,01;$$

Yantardan (kəhrəba) yüksək izolyasiya müqaviməti tələb olunan cihazlarda bəzən istifadə olunur.

Süni qətranlar iki qrupa bölünürlər: termoplastik və termoreaktiv. Termoplastik qətranlar qızdırılarkən əriyir, kimyəvi tərkibi dəyişilir, qızdırılma davam etdirilərsə onlar buxarlanır və dağılır. Bir çox termoplastik qətranlar etilen və onun istehsalı ilə əlaqədar alınır. Buraya polietilen, polipropilen, poliizobutilen, polistrol, polivinilxlorid və s. aiddir.

Termoreaktiv qətranlar qızdırılarkən əvvəlcə əriyir, sonrakı qızdırma prosesində quruyur, mexaniki möhkəm və bərk olur, bundan sonra özünün ərimə və məhlullarda həll olunma qabiliyyətini itirir. Termoreaktiv qətranlara epoksid, poliefir və fenolformaldehid aiddir.

Sintetik qətranlardan olan sadə olefin və ya etilen normal temperaturda qazşəkilli maddədir.

Etilen geniş miqyasda neftdən alınır. Etilen polimerinin molekulu polietilen adlanır ki, bu artıq bərk maddədir. Polietilen yüksək, alcaq və orta təzyiqdə hazırlanmaqla 3 qrupa bölünür (ПЭВД, ПЭВД, ПЭВД). Bu halda polietilen bir sıra katalizatorların köməyi ilə 200 °C, 80 °C, 275 °C –də 0,6 МПа, 300 МПа, 3-7МПа parametrlərdə emal edilir.

Polietilen radiotezlikli, telefon və güc kabellərində istifadə edilir. Bundan başqa olefinin polipropilen, poliizobutilen kimi formalarından da istifadə olunur.

Sintetik qətranlara polistrol, polivinilxlorid, poliefir, epoksid və s. misal göstərmək olar.



Polistrolun xarakteristikaları:

$$\rho_v = 10^{13} \div 10^{14} \text{ Om} \cdot \text{sm};$$

$$E_{pr} = 25 \div 30 \text{ kV} / \text{mm};$$

$$\varepsilon = 2,4;$$

$$\text{tg} \delta = (2 - 4) \cdot 10^{-4}.$$

Polistrol termoplastik dielektrik olub 110-120 °C –də yumşalır. Polistrol dan katuskaların karkasları, izolyasiya panneləri və elektrik ölçü cihazlarının gövdəsi və əsası kimi istifadə edilir.

Polivinilxloridin xarakteristikaları:

$$\rho_v = 10^9 \div 10^{12} \text{ Om} \cdot \text{sm};$$

$$E_{pr} = 20 \div 30 \text{ kV} / \text{mm};$$

$$\varepsilon = 4 \div 5;$$

$$\text{tg} \delta = 0,03 \div 0,08.$$

Polivinilxlorid quraşdırma məftil və kabellərinin izolyasiyasının əsasını təşkil edir, artezian elektrik mühərriklərində dolaq və cərəyan daşıyan kabellərin izolyasiyasında geniş tətbiq edilir.

**Laklar və kompaundlar.** Laklar və kompaundlar elektrik maşın və aparatlarının istismarı və təmirində tətbiq edilir. Laklar nazik təbəqə əmələ gətirən lak əsəsindən, quruma prosesini sürətləndirən məhlullardan və nazik təbəqəyə plastiklik verən plastifikatordan ibarətdir.

Təbəqə əmələ gətirən lak əsası kimi quruyan bitgi yağlarından və habelə təbii və süni qətranlardan istifadə edilir.

Quruma prosesini sürətləndirən məhlul kimi asan buxarlanan mayelərdən, o cümlədən benzol, toluol spirt, skipidar və s.-dən istifadə olunur.

Plastifikator kimi gərcək yağı, kətan yağı və s. istifadə edilir. Elektrik izolyasiya laklarına bəzən bir-birinə zidd olan aşağıdakı tələblər irəli sürülür:

1. İstismar rejimlərində və quruma vaxtı yüksək

dielektrik xarakteristikalarına malik olmalı.

2. Yaxşı hopma qabiliyyəti və az quruma müddəti.

3. İstismar vaxtı yumşalmamaq.

4. Elastiki olmalı.

5. Yaxşı istilik keçirməyə və sementləşdirmə qabiliyyətinə malik olmalı.

6. Az yanma qabiliyyətinə malik olmalı, metal bə izolyasiyaya zərərli təsir etməməli.

7. Ucuz və zəhərsiz olmalı.

Laklar aşağıdakı əlamətlərinə görə təsnif olunur:

1. Tərkibinə görə: yağ, yağ-bitum, yağ-qətran, yağ-qliftal.

2. Tədbiqinə görə: hopdurma, yapışqan, örtük.

3. İstismar şəraitinə görə: normal, yağa-davamlı, benzinə-davamlı, nəmliyə-davamlı, turşuyadavamlı.

4. Qızmaya davamlılığa görə: normal ( $105^{\circ}\text{C}$ ), artırılmış ( $135^{\circ}\text{C}$  və yüksək ( $180^{\circ}\text{C}$ )).

5. Temperaturanın təsirinə görə: termoplastik və termo-reaktiv.

6. Quruma rejiminə görə soyuq (hava ilə), isti (soba ilə).

Hazırda elektrik maşınlarının və aparatlarının dolaqlarını hopdurmaq üçün isti qurutma rejimli qara rəngli БТ-980 markalı yağ-bitum hopdurma lakından istifadə olunur. Örtük lakı kimi БТ-99, yapışqan lakı kimi БТ-95 markadan istifadə olunur.

Hopdurma lakları elektrik maşın və aparatlarının dolaqlarının sarğılarını sementləşdirmək və izolyasiyanın məsələliliyini aradan qaldırmaq üçün istifadə edilir. Hopdurma lakı izolyasiya məsələlərinə daxil olaraq oradan havanı sıxışdırıb çıxarır, bundan sonra izolyasiya quruyarkən onun elektrik və mexaniki möhkəmliyi artır, istilikötürmə əmsalı yüksəlir. Bu lakın hopdurma qabiliyyəti onun özülülüyündən düz mütənənasib asılıdır. Hopdurma laklarına 152 markalı yağ, БТ-988 və БТ-987 markalı yağ-bitum və s. aiddir.

Örtük lakları artıq hopdurulmuş dolaq səthində nəmliyə

və yağa davamlı lak örtüyü yaratmaq üçün tətbiq olunur. Örtük laklarına emallı dolaq məftillərində tətbiq olunan emal laklar və polad vərəqələri izolyasiya etmək üçün olan laklar da daxildir.

Örtük laklarına ГФ-95,МЛ -92 qliftal, КО-964 və КО-990 kremniyüsvü laklar aiddir.

Yapışqan lakları müxtəlif izolyasiya materiallarının, sülyüdə vərəqələrinin, keramika, plastmas və s. yapıdırmaq üçün istifadə edilir. Yapışqan lakı kimi БТ-95 qara rəngli yağ-bitum lakından istifadə edilir.

Bir sıra lakların xarakteristikaları cədvəl 2.3-də göstərilir.

Elektrik avadanlıqlarının dolaqlarının təmirində onların lakla hopdurma və qurutma prosesi ən məsuliyyətli əməliyyatlardan biridir. Hopdurma zamanı dolaq əvvəlcə ilkin qurudulur ( $100 \div 110^{\circ}C$ ), sonra elə isti halda ( $60 \div 70^{\circ}C$ ) hopdurma vannasına salınır və hava qabarcıqları çıxıb qurtarana kimi orada saxlanılır. Hopdurma dolağın işləmə şəraitindən asılı olaraq bir və ya çox dəfəli aparılır. Sonra lakın qurudulması aparılır. Qurutma şüalanma, konveksiya, q.q. cərəyanı və induksiya cərəyanları üsullarından biri ilə aparılır. Quru- ma parametrləri cədvəl 2.3-də göstərilir.

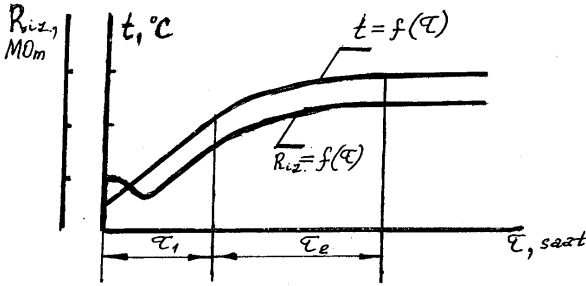
Dolaq izolyasiyası qurudularkən əsasən quruma temperaturuna, müddətinə və izolyasiya müqavimətinə nəzarət olunur. Həmin parametrlər arasındakı asılılıq aşağıdakı qrafikdə verilir (Şəkil 2.21).

Kompaundlar müxtəlif qətran, yağ və s. qarışıqdan ibarətdir. Kompaund ilk vəziyyətdə bərk halda olursa istifadə etməzdən qabaq qızdırılır ki, lazımı özlülükdə kütlə əldə edilsin. Bu kütlə tədricən bərkiyərk bərk dielektrik yaranır.

Kompaundlar hopdurma, tökmə və sürtmə olmaqla təyinat qruplarına bölünür.

Hopdurma kompaundu elektrik maşın və aparatının dolaqlarının sarğı izolyasiyasını sementləşdirmək və onları

nəmlikdən qorumaq üçün, tökmə kompaundu kabellərdə mufta və ucluqların və drosellərin izolyasiyası kimi tətbiq edilir.



**Şəkil 2.21. Hopdurmadan sonra quruma parametrlərinin zamandan asılılıq grafiki.**

$t, °C$  – qurma temperaturu;  $\tau$  – quruma müddəti;

$\tau_1$  – quruma zamanı uçucu maddələrin çıxma müddəti;

$\tau_2$  – möhkəm izolyasiya qatı əmələ gəlmə müddəti;

$R_{iz}$  – dolağın izolyasiya müqaviməti.

Epoksid kompaundu transformator və elektrik maşınlarının dolaqlarını, elektrik elementlərinin izolyasiya və germetikləşməsi üçün, izolyasiya boruları və s.-də istifadə olunur. Buna misal olaraq D, ЭЗК, ЭПК, ЭКА, ЭКС, ЭКД, ПК və s. markaları göstərmək olar.

Poliefir kompauntları nəmliyə və tropiki iqlimə davamlı  $150^{\circ}C$  işçi temperaturu olan maşın və transformatorlarda tətbiq edilir.

Tökmə bitüm kompaundlarından МБ-70, МБ-90, МБМ-1, МБМ-2 transformator yağına onun soyuğa davamlılığını artırmaq üçün və 10 kV kabellərin mufta və üç birləşmələrinin tökülməsində tətbiq edilir.

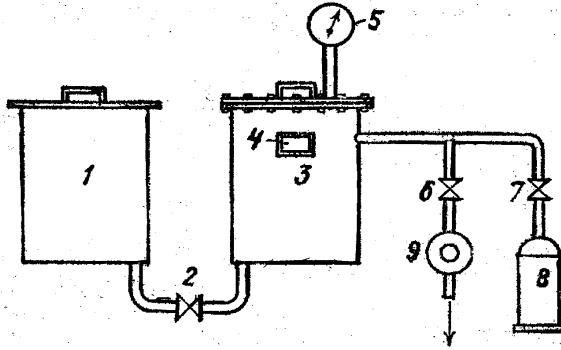
Daha müasir kompauntlaşdırma izolyasiya məsələlərindən nəmliyi çıxarmaq və sonra oraya hava daxil olmamaq üçün ilkin qurutma və kompauntlaşdırma vakuum qurğusunda aparılır.

**Cədvəl 2.3.****Elektrik izolyasiya laklarının xarakteristikaları**

Xarakteristikalar	Lakin markası			
	БТ-980	БТ-99	БТ-95	ГФ-95
Ümumi xarakteristika	Qara yağ-bitum isti qurutma ilə, hopdurucu lak	Qara yağ-bitum, örtük lakı	Qara yağ-bitum, yapışqan lakı	Açıq rəngli yağ-qliftal, hopdurucu lak
Tədbiq sahəsi	Maşın və aparatların dolaqlarının hopdurulması	Hopdurulan dolağın örtülməsi	Qara mikalent. Yapışqan lakı	Yağ, transformatorlarının dolaqlarının hopdurulması
Quruma müddəti və temperaturu	10 saat, 150°C	3 saat, 20°C	- -	2 saat, 105°C

Vakuum və təzyiqlə altında hopdurma və qurutma qurğusunun sxemi şəkil 2.22-də göstərilir. Qurutma 3 avtoklavında aparılır, həmin avtoklavdan hava və su buxarı 9 vakuum nasosu ilə çıxarılır. Qurutmanın sonunda 1 əridilmiş kompaund cəni və 3 avtoklavı arasındakı boruda olan 2 ventili açılır, kompaund təzyiqlə 3 avtoklav çəninə verilir. Bundan sonra 9 vakuum nasosu dayandırılır, 2 və 6 kranları bağlanır və 7 kranı açılır və 3 avtoklavında olan kompaunda bir neçə yüz kilopaskal miqdarında təzyiqlə verilir ki, daha tez və dərin hopdurma getsin. Bu halda 3 avtoklavının qızdırılması davam etdirilir ki, kompaundun özlülüyünün az olması saxlansın.

**Elektrik izolyasiya emalları.** Elektrik izolyasiya emalları tərkibində xırdalanmış maddələr-piçmentlər olan laklardır. Piçment kimi qeyri-üzvü maddələrdən, əsasən metal oksidlərindən istifadə olunur. (sink oksidi, dəmir oksidi və s.) Emal quruyarkən piçment lak əsası ilə kimyəvi reaksiyaya girərək izolyasiyada yüksək bərklikli, möhkəm təbəqə əmələ gətirir.



**Şəkil 2.22. Vakuüm və təzyiqlik tətbiqi edilmiş hopdurma və qurutma qurğusunun sxemi:**

1;3-çənlər; 2, 6, 7- kranlar;4-baxış aynası; 5- manometr;  
9-nasos; 8-kompressor.

Elektrik izolyasiya emalları örtük materiallarıdır. Onun vasitəsilə maşın və aparatların alın hissələrini sürtgü yağlarından, nəmlik və digər təsirlərdən qorumaq üçün istifadə edilir.

Bir sıra emalların əsasını yapışqan və yüksək istiliyə davamlılıq xüsusiyyətinə malik olan yağ-qliftal lakları təşkil edir. Bu lakdan СПД, СВД və СКД tipli emallar hazırlanır. Bundan başqa epoksid və kremniyüsvü lak əsaslı emallardan da istifadə olunur. Bu emallar üçün  $t_{quruma}=2\div 24$  saat;  $T^o_{quruma}=20\div 200$  °C;  $E_d=30\div 70$  MV/m;  $\rho_v=10^9\div 10^{13}$  Om.m.

## 2.9.Bərk dielektriklər

Elektrotexnikada geniş tətbiq olunan bərkşəkilli dielektriklər iki qrupa bölünürlər:

1. Bərkiyən dielektriklər.
2. Bərk dielektriklər.

Bərkiyən dielektriklər haqqında 2.8 mövzusunda ətraflı məlumat verilib.

Bərk dielektriklər istehsalına, quruluşlarına, sturuktur-

larına və tərkiblərinə görə olduqca müxtəlifdirlər. Bu materialların öyrənilməsi üçün onları aşağıdakı qruplara ayırmaq olar.

1. Lifli izolyasiya materialları.
2. Qatlı plastiklər.
3. Şüşə və asbest.
4. Polimerlər, plastik kütlələr və kauçuk.
5. Keramik materiallar.
6. Slüda və onun əsasında olan materiallar.

**Lifli izolyasiya materialları.** Lifli materiallar hissəciklərin uzadılmış formasından-liflərdən təşkil olunurlar. Bu materiallar uzunluğu diametrinə nisbətən böyük olmaları ilə fərqlənir.

Lifli materiallar təbii və sintetik olmaqla iki yerə bölünür.

Təbii liflər bitgi ( pambıq, kətan, kağız, ağac), heyvan, (ipək, yun) və mineral (asbest) mənşəli olurlar.

Sintetik liflər poliamid, poliefir və polistrol materiallarından alınır.

Bir çox lifli materialların üstünlüklərinə onların kifayət qədər yüksək mexaniki möhkəmliyə və elastikliyə malik olmaları, emal edilmələrinin asan və ucuz olması aiddir. Bu materialların çatışmazlığına hiqroskopik olmaları, elektrik möhkəmliyinin və istilik keçiriciliyinin aşağı olmaları aiddir.

Ağac ucuz, asan emal olunan və geniş yayılan elektrik izolyasiya və konstruktiv materiallardan biridir. Ağacın çatışmazlıqlarına aiddir: yüksək hiqroskopiklik; keyfiyyətinin hətta eyni növ üçün standart olmaması; aşağı istiliyə və yanmaya davamlılıq. Ağacın parafində, kətan yağında və müxtəlif qətranlarla hopdurulandan sonra xüsusiyyəti yüksəlir. Ağac materialı kimi ağcaqayın, vələs, palıd, çökə və s-dən istifadə olunur.

Elektrotexnikada ağac yağ açarları və ayrıcılarda intiqalın ştanqası kimi, kəsən açarın dəstəyi, transformatorlarda konstruktiv detal kimi, elektrik maşınlarında yuva izolyasiya-

sı kimi tətbiq edilir.

Kağız və kardon sellülozdan hazırlanan qısalif quruluşlu vərəqə və ya rulon şəklində materialdır.

Kağız istehsalında ağac sellülozundan istifadə edilir. Kağızın keyfiyyətini artırmaq üçün sellülozsulfit turşusu və natrium hidooksidində emal edilir ki, bu da ağac sellülozunun həmin məhsullarda qaynadılması yolu ilə əldə edilir.

Elektrotexniki kağızlara kabel, telefon, hopdurma, sarğı və kondensator kağızları aiddir.

Standarta görə kabel kağızları КП, КПМ, КПВ, КВУ, КВМ və КВМУ markalarında buraxılır ( K-kabel; M- çox-qatlı; B-yüksək gərginlikli; Y-gücləndirilən ), sonrakı rəqəmlər (0,15÷240) mikrometrlə kağızın qalınlığını göstərir.

Gərginliyi 35 kV-a kimi olan kabellərdə K və KM, U=35 kV və daha çox olan halda KB, КВУ, U≥110 kV olan halda KBM və KBМУ markalar tətbiq olunur.

Telefon kağızları standarta görə KT və КТУ markalarında buraxılır. Onlar 50 mkm qalınlıqda buraxılmaqla telefon kabellərinin əsas izolyasiyasını təşkil edir.

Hopdurma kağızları ЭИП-50, ЭИП-63 və ЭИП-75,  $\delta = 0,09, 0,11, 0,13$ mm qalınlığında olmaqla buraxılır və qətinaks hazırlanmasında tətbiq edilir. Markada hərflərdən sonra rəqəmlər 1m<sup>2</sup>- n qramlarla çəkisidir.

Sarğı kağızları ЭН-50 və ЭН-70 markalarında hazırlanılır, ən nazik kağızlardan hesab olunur.

Kondensator kağızları kondensatorların əsas izolyasiyasını təşkil edir, КОН-1 və КОН-2 markalarında hazırlanılır. Kondensator kağızlarının qalınlığı 4÷30 МКМ olur, rulonun eni 12÷750 mm olur.

Kondensator kağızlarının kiçik qalınlığı onlardan hazırlanan kondensatorun xüsusi tutumunun yüksək olmasını təmin edir.

Kartonlar kağızlardan qalınlıqlarının çox olmaları ilə fərqlənirlər. Kartonlar havada işləmək üçün ЭВ markalı-nisbətən bərk və elastiki, yağda işləmək üçün isə ЭМ markalı



yumşaq olmaqla hazırlanılır. ƏB markalı kartonlar elektrik maşınlarında yuva izolyasiyası kimi, ƏM isə yağ transformatorlarında tətbiq olunur.

Elektrik izolyasiya kartonları  $\delta = 0,3...3mm$  qalınlıqda olmaqla ağac və pambıq sellülozundan istehsal edilir.

Nazik qatlı olan kağızlardan fibra adlanan izolyasiya materialı hazırlanılır. Fibranı hazırlamaq üçün nazik kağız qatı xlorlu sink buxarından  $ZnCl_2$  –dən buraxılır, sonra polad barabana lazımi qalınlıqda sarınır, daha sonra alınmış fibra kəsilib barabandan çıxarılır, xlorun zərərli təsirini aradan qaldırmaq üçün suda yuyulur. ФЭ-markalı elektrotexniki fibra  $0,6\div 3$  mm qalınlıqda buraxılır, konstruktiv fibra isə 35 mm qalınlığa kimi buraxılır. Fibra yüksək izolyasiya xüsusiyyətlərinə malik deyil, ancaq mexaniki möhkəmliyi yüksəkdir, yaxşı emal olunur: kəsilir, yiyələnir, yiv açıla bilir, isti suda yumşalır və lazımi forma ala bilir.

Fibra elektrik qövsü təsirindən parçalanaraq tərkibindən qaz buraxır ki, bu qaz da qövsü söndürmə qabiliyyətinə malikdir. Buna görə də fibradan aparatlarda qövssöndürücü kamera kimi istifadə olunur.

Toxunma izolyasiya materiallarına saplar, lentlər və parçalar aiddir. Bu materiallar uzun lifli xammalın xüsusi emalı (əyirmə və toxuma) nəticəsində alınır.

Elektrik izolyasiya texnikasında saplar kabellərdə örtük izolyasiyası kimi istifadə edilir. Lent və parçalar elektrik maşın və aparatlarının dolaq izolyasiyasını qorumaq üçün istifadə olunur. Parçalar həm də laklı parçalar hazırlığında tətbiq olunur.

Təbii liflərə pambıq və təbii ipək aiddir. İpəkdən daha nazik izolyasiya hazırlamaq olur. Lakin ipək çox bahadır və o sintetik liflərlə əvəz edilir.

Laklı parçalar elektrik izolyasiya lakında hopdurulmuş elastiki materiallardır. Parça özü mexaniki, lak isə elektrik möhkəmliyini artırır. Laklı parçalar elektrik maşınlarında və

aparatlarda tətbiq olunur. Belə parçalara laklı pambıq, ipək, kapron və şüşə parçalar daxildir ki, onları qızmaya davamlılıq sinfi A olan yağlı laklarda hopdururlar. Şüşə laklı parçalar kremniyüzvü laklarda hopdururlar ki, bunların qızma sinfi 180 °C olur.

#### *Cədvəl 2.4.*

### *Elektrik izolyasiya laklı parçaların əsas arakteristikaları*

Laklı parça	Markası	Qalınlığı, mm	Xüsusi həcmi müqavimət, Om·sm	Deşilmə gərginli- yi,kV
Yağlı lakda pambıq Parça	ДХМ -105, ЛХМС-105	0,15-0,3 0,17-0,2	10 <sup>11</sup> -10 <sup>12</sup> 10 <sup>11</sup> -10 <sup>12</sup>	4-9,5 4,5-7,5
Yağ-bitum lakında pambıq parça	ЛХБ-105	0,17-0,24	10 <sup>11</sup> -10 <sup>12</sup>	4,5-9,2
Yağlı lakda ipək parça	ЛШИМ-105, ЛШИМС-105	0,08-0,15 0,04-0,15	10 <sup>12</sup> -10 <sup>13</sup> 10 <sup>12</sup> -10 <sup>13</sup>	2,3-9,3 0,4-9,8
Kremniyüz-vü lakda şüşə Parça	ЛСК-155/180, ЛСКР-180	0,05-0,2 0,12-0,2	10 <sup>12</sup> -10 <sup>13</sup> 10 <sup>12</sup> -10 <sup>13</sup>	1,5-2,5 1,9-3,5

Bir sıra laklı parçaların əsas xarakteristikaları cədvəl 2.4 də verilir.

**Qatlı plastiklər.** Qatlı plastiklər konstruksiya və elektrik izolyasiya materiallarının istehsalında geniş istifadə olunur. Bunlara qetinaks və tekstolit aiddir.

Qetinaks bakelit lakında kağız qatlarının isti halda preslənməsi ilə alınır. Qetinaks hazırlanmasında möhkəm və istiliyə davamlı hopduruçu kağızdan istifadə olunur. Qetinaksın hazırlanmasında hopdurma kağızı spirtli bakelit lakında hopdurulmaqla preslənir.

Preslənmədə təzyiq 1мПа, temperatur 160-165°C, preslənmə 2÷5 dəq müddətində aparılır. Sonra məhsul +60 °C kimi soyudulur. Qetinaks müxtəlif qalınlıqlarda və ölçüdə istehsal olunur.

Qetinaks yüksək və alçaq gərginlikli aparatlar istehsalında və rabitə texnikasında tətbiq olunur.

Tekstolit də qetinaks kimi hazırlanır, ancaq burada hopdurulmuş parçadan istifadə olunur. İstifadə olunan parçadan asılı olaraq pambıq parça istifadə etdikdə tekstolit, şüşə parça olduqda steklotekstolit adlanır.

Tekstolit qetinaksa nisbətən 5-6 dəfə baha olur. Tekstoliddən elektrik maşınlarının yuva izolyasiyasında, o cümlədən stator yuva civlərinin (klinlərin) hazırlanmasında istifadə olunur. Ondan şit, konstruktiv materiallar və s. hazırlanılır.

Kombinə olunan qatlı plastiklər tekstoqetinaks adlanır.

**Şüşə və asbest.** Şüşə qeyri-üzvi amorf maddə olub müxtəlif oksidlərin mürəkkəb sistemindən ibarətdir. Buraya Si O<sub>2</sub>, B<sub>2</sub> O<sub>3</sub> oksidləri ilə yanaşı Na<sub>2</sub> O, K<sub>2</sub> O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> –də daxildir. Bir çox şüşələrin tərkibini Si O<sub>2</sub> təşkil edir və bunlar silikatlar adlanır.

Şüşənin xassələri onun tərkibindən və emal rejimindən asılı olaraq geniş sərhəddə dəyişir.

Təyinatlarından asılı olaraq elektrotexniki şüşənin aşağıdakı növləri vardır:

1. Kondensator şüşəsi (kondensator izolyasiyası kimi istifadə olunur).

2. Quraşdırma şüşəsi (teleqraf, antena, keçid və dayaq izolyasiyası kimi istifadə olunur).

3. Lampa şüşəsi (ışığılanma və elektron lampalarının balonlarının hazırlanması).

Şüşə lifi və şüşə parça elektrotexnikada geniş istifadə olunur. Qalın şüşə kövrək, nazik şüşə isə elastiki olur.

Şüşə sapı, lenti və parçası yüksək qızmaya davamlı elektrik qurğularının dolaqlarının istehsalında tətbiq olunur.

Asbest-lifli quruluşa malik olan minerallar qrupundan ibarətdir. Asbest istehsalında 3MgO·2SiO<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O ( xrizotil) tərkibli minerallardan istifadə olunur.

Elektrotexnikada asbest sap, lent, parça və karton şək-

lində istilik və elektrik izolyasiya materialları kimi istifadə olunur (mənfi cəhəti hiqroskopikliyidir, müsbət cəhəti parafin, bitum və digər qətranlarla hopdurulduqdan sonra hidroskopikliyi və nəm udması azalır. Asbestdən 450-700<sup>0</sup>C-də su ayrılır).

Asbestin elektrik izolyasiya xüsusiyyəti yüksək deyil:

$$\rho_v = 10^8 - 10^{10} \text{ Om} \cdot \text{m}, E_d = 2 - 9 \frac{\text{kV}}{\text{mm}}$$

gərginlik və yüksək tezlik qurğularında tətbiq olunmur.

Asbest əsasında olan materiallara elektronit və asbosement aiddir.

Elektronit plastik kütlə olub, əlaqələndirici kimi kauçukdan, aşqar kimi asbest lifindən ibarətdir. Elektronit qalınlığı 0,1 – 6 mm olan vərəqələr şəklində buraxılır. Bu materialın qızmaya davamlılıq sinfi B olub 130 <sup>0</sup>C-dir. Elektronit alçaq gərginlik aparatlarında kiçik silindir, araqaçı və s. kimi tətbiq olunur.

Asbosement qeyri-üzvü kütlə olub, aşqar kimi asbest lifi, birləşdirici kimi portlandsement istifadə olunur. Bundan müxtəlif ölçülərdə lövhələr, borular, muftalar və digər detallar hazırlanılır. Asbosmentin mexaniki xüsusiyyəti, qızmaya davamlılığı və qövsədavamlılığı yaxşıdır.

## 2.10. Polimerlər, plastik kütlələr və kauçuk materialları

**Polimerlər.** Polimetrlər dielektriklər içərisində yüksək molekulyar üzvü materiallar olub, xüsusi əhəmiyyətə malikdirlər. Karbonun digər elementlərlə birləşməsi üzvü maddələr adlanır. Karbon müxtəlif molekul quruluşlu çoxlu sayda kimyəvi birləşmələr yaradılmasında yüksək xüsusiyyətlərə malikdir.

Bir çox üzvü elektrik izolyasiya materialları yüksək molekulyar birləşmələrə aiddir.

Yüksək molekulyarlı maddələr təbiətdə rast gəlinən sellüloz, ipək, kauçuk və s. materiallardır.

Süni sürətdə alınan yüksək molekulyar materiallar iki sinfə bölünür:

1. Yüksək molekulyar təbii maddələrin kimyəvi emalı yolu ilə hazırlanan süni materiallar.

2. Elektrik izolyasiya texnikasında və texnikanın digər sahələrində tətbiq olunan aşağı molekulyar cisimlərdən hazırlanan yüksək molekulyar sintetik materiallar.

Bu materialların çoxu ucuz və asan əldə oluna bilən maddələrdən (neft, qaz, kömür və s.) alınır. Buna görə də belə materialların olduqca müxtəlif məqsədlər üçün, o cümlədən elektrik izolyasiya məqsədi ilə işlənilməsi, öyrənilməsi və tətbiqi durmadan genişlənir.

Praktiki vacib olan yüksək molekulyar birləşmələr öz kimyəvi təbiəti etibarlı ilə polimerlərdir, yəni onların molekulları çoxlu sayda olmaqla eyni quruluşlu atomlar qrupundan təşkil edilir ki, bu maddələr monomerlər adlanır.

Monomerdən polimer alınması reaksiyası polimerizasiya adlanır. Polimerizasiya zamanı molekulyar kütlə artır, ərimə və qaynama temperaturu yüksəlir, özlülük artır. Polimerizasiya nəticəsində maddə qaz və ya maye vəziyyətindən qatı, daha sonra isə bərk cismə çevrilir.

Müəyyən şəraitdə (nisbətən yüksək temperatur, mexaniki emal və s.) polimer daha az dərəcəli polimerizasiyaya ayrılır. Bu proses depolimerizasiya adlanır.

Polimerlər xətti və fəza polimerlərinə ayrılır. Xətti polimerlər zəncir və ya xətt şəkilində olurlar. Fəza polimerlərinin molekulları bərabər istiqamətdə olmaqla üç ölçülü olurlar.

Praktikada polimerlərin qızmasına görə onlar iki qrupa ayrılır: termoplastik və termoreaktiv materiallar.

Termoplastik materiallar kifayət qədər aşağı temperaturda bərk, qızdırdıqda isə yumşalır, asanlıqla deformasiyalara məruz qalır; onlar müəyyən məhlullarda əriyə bilirlər, dönmə prosesə malikdirlər.

Termoplastik materiallar qrupuna əks olan termoreaktiv materiallar qızma zamanı dönməyən xüsusiyyətə malik olurlar: belə ki, onlar qızdırılarkən əriyir, sonra isə bərkilərək yüksək mexaniki möhkəmliyə malik olaraq ərimə xüsusiyyətini itirirlər.

Əgər elektrik izolyasiyası istismar zamanı yüksək temperatur təsirinə yumşalmadan və deformasiyaya uğramadan mexaniki möhkəmliyini saxlamaqla, maye toxunarkən dayanıqlığını saxlamaqla (misal üçün, yağ transformatorunun do-laq izolyasiyası) davam gətirməlidirsə belə izolyasiya üçün termoplastik materiallar uyğun gəlir.

Qeyd olunmalıdır ki, son zamanlar yüksək qızmaya davamlılığa malik olan termoplastik materialların tətbiqi genişlənilir. Buraya polietilen, polipropilen, polivinilxlorid, polikarbonat və s. termoplastik materiallar aiddir. Bu material məftil və kabel istehsalında geniş tətbiq olunur.

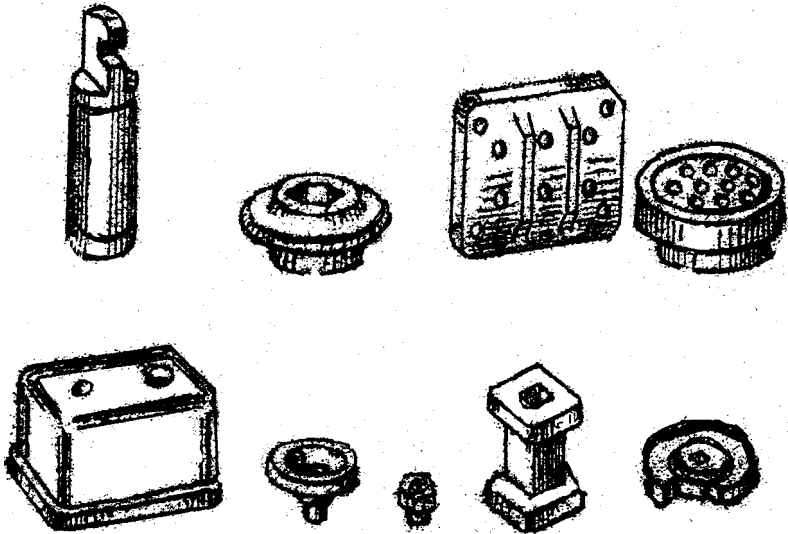
Hazırda termoplastik materiallar dünya elektrotexnika sənayesinin tələb etdiyi polimer materiallarının 75%-dən çoxunu təşkil edir.

**Plastik kütlələr.** Çox hallarda plastik kütlələr iki əsas komponentdən təşkil olunurlar: əlaqələndirici və aşqar. Əlaqələndirici material təzyiq nəticəsində deformasiya qabiliyyətinə malik olan üzvü maddələrdən hazırlanılır( misal üçün mikaleksdə şüşə, asboşementdə sement). Aşqar kimi ovuntu şəkilli, lifli (ağac unu, pambıq-parça, asbest, slüda, kağız və s. ) aşqarlar plastik kütlənin qiymətini ucuzlaşdırır və onun mexaniki xarakteristikalarını yaxşılaşdırır. Digər tərəfdən aşqarlar plastik kütlənin hiqroskopikliyi və izolyasiya xüsusiyyətini aşağı saldığından bəzən onlardan istifadə olunmur.

Plastik kütlələrin tərkibinə onun plastikliyini artıran və kövrəkliyini azaldan plastifikatorlar əlavə olunur. Onların rəngini dəyişmək üçün tərkiblərinə xüsusi rənglər də əlavə edilir.

Plastik kütlələr xarici təzyiqin təsiri ilə müəyyən forma (pres-forma ) ala bilən maddələrdir.

Plastik kütlələr elektrotexnikada həm də konstruktiv materiallar kimi geniş tətbiq olunur. Şəkil 2.23-də plastik kütlədən preslənmiş bir neçə mürəkkəb konfigurasiyalı məmulatlar göstərilib.



*Şəkil 2.23. Plastik kütlədən preslənmə yolu ilə hazırlanmış elektrik izolyasiya detallarının nümunələri*

Detalların preslənməsi üsulu ilə plastik kütlədən hazırlanması mexaniki emal üsulundan olduqca asandır və ucuz başa gəlir. Plastik kütlədən hazırlanmış bir sıra detallar həm yüksək mexaniki möhkəmliyə, həm də yaxşı elektrik izolyasiya xüsusiyyətinə malikdir. Bu detallar həm də başqa materiallardan hazırlanan detallara nisbətən yüngül olur.

Termoreaktiv plastik kütlələrdən hazırlanan detalların xassəsi plastik kütlənin tərkibindən və preslənmə rejimindən asılıdır. Misal üçün, K-21-22 markalı geniş tətbiq olunan press-ovuntunun kompres preslənmə zamanı pres-formaya olan xüsusi təzyiq 25-30 M Па, temperatura 155-160 °C,

təzyiq altında qalma müddəti, 1...5 dəq olur. Nəticədə aşağıdakı xüsusiyyətlərə məxsus olan məmulat alınır: sıxlığı 1,33-1,40 mq/m<sup>3</sup>, dartılmada möhkəmlik həddi 30 M Па; sıxılma da isə 150 mПа-dan az olmamaqla; xüsusi zərbə özlülüyü 4,2 KC /m<sup>2</sup>; Martens üzrə istiliyə davamlılıq 120-128 °C, xüsusi həcmi müqavimət  $5 \cdot 10^{10} Om \cdot m, tg \delta \leq 0.09$ .

Termoplastik materialların əsas növlərindən biri olan viniplastın xarakteristikaları aşağıdakı kimidir:

$$\rho = 10^{13} Om \cdot m;$$

$\varepsilon = 3,2 \div 4,0; tg \delta = 0,01 \div 0,05; E_{np} = 15 \div 35 kV / m$  Martens üzrə istiliyə davamlılıq 65 °C-dən çox.

**Polivinilxlorid polimeri.** Polimerlər içərisində xətti termoplastik polimer olan polivinilxlorid (PVX) məftil və kabellərin istehsalında geniş istifadə olunur. Bu polimer amorf strukturaya malik olmaqla adi temperaturda bərk olurlar. Onların işçi temperaturu 75-80 °C -dir. Polivinilxlorid nəmliyə ( hətta suya), turşuya, qələviyə, duz məhlullarına və neftə görə öz dayanıqlığını saxlayır. PVX –nin tərkibində xlorun miqdarı 57 % qədərdir. Ətraf mühitin temperaturu 140 °C –dən artıq olduqda PVX-dən Hcl ayrılır. Bu zaman PVX-nin fiziki və mexaniki xassələri kəskin pisləşir: mexaniki möhkəmlik aşağı düşür, dartılmada nisbi uzanmanın qiyməti azalır, kövrəklik yüksəlir. Temperatur artanda PVX-dən ayrılan Hcl yaxındakı metalların korroziyaya uğramasına səbəb olur, xidmətçi heyyətin sağlamlığına mənfi təsir göstərir.

PVX polimeri subartezian quyularında istifadə olunan dərinlik elektrik mühərriklərində su mühiti şəraitində işləyərkən temperatur artanda ayrılan Hcl stator və rotorun maqnit nüvəsinin korroziyaya uğramasına səbəb olur. PVX –nin tərkibinə stabilizatorlar əlavə etməklə bu prosesi azaltmaq və onun qızmaya davamlılığını yüksəltmək olur.

PVX şaxtaya davamlı deyil. Cədvəldə PVX-nin xassələri göstərilib (Cədvəl 2.5)

PVX polimerinin elektrik izolyasiya xassəsi nisbətən



yüksək deyil, lakin bir sıra müsbət xarakteristikalarına görə o elektrotexnikada, xüsusi ilə kabel istehsalında kabellərin mühafizə örtüklərinin hazırlanmasında geniş tətbiq olunur. Bundan başqa məfillərin izolyasiyası boru, lent və vərəqə şəkilində də hazırlanılır, kabel və dolaq məftili kimi subartezian elektrik mühərriklərində geniş tətbiq olunur.

*Cədvəl 2.5.*

*Polivinilxloridin əsas xassələri*

s/s	Parametrlər	Göstəricilərin qiyməti
1.	Sıxlıq, kq/m <sup>3</sup>	1240-1260
2.	Möhkəmlik həddi, mpa: dartılmada Dartılmada nisbi uzanma mpa	10-25 7-8
3.	Xüsusi səthi müqavimət, Om	10 <sup>5</sup> -10 <sup>12</sup>
4.	Dielektrik nüfuzluluğu	4,2-4,5
5.	$tg\delta$ , %	0,1
6.	Elektrik möhkəmliyi, kV/mm	26-28
7.	Uzun müddətli işçi temperatur, °C	80-90

**Kauçuk və onun əsasında olan materiallar.** Elaostomer adlanan və elektrotexnikada geniş tətbiq olunan kauçuk və onun əsasında olan materiallar xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

Kauçuk təbii və süni olmaqla iki yerə bölünür. Kimyəvi tərkibinə görə kauçuk izopren molekulundan (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>)-n ibarətdir. Kauçuk yüksək elastikliyə malikdir. Dartılmada kauçukun uzanması 400÷500% olur.

Təmiz (saf) halda kauçukun yumşalma temperaturunu 50 °C olmaqla bundan aşağı və yuxarı temperaturda dayanıqsız olur. Buna görə də saf halda kauçuk elektrotexnikada tətbiq oluna bilmir.

Bu çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün kauçukun tərkibinə kükürd qatmaqla onu vulkanizasiya edirlər. Vulkanizasiyadan sonra əldə olunan materialın istiliyə və şaxtaya davamlılığı artır, mexaniki möhkəmliyi, kimyəvi dayanıqlığı və dielektrik xüsusiyyətləri yüksəlir.

Tərkibində kükürdün miqdarı 1...3% olan kauçuk yumşaq rezin adlanır.

Rezin kabel və məftillərin əsas izolyasiyasını təşkil edir.

Lakin rezinin özünün də qızmaya davamlılığının aşağı olması, nəmliyə, işıq və günəş şüalarına qarşı həssaslığı onun məhdud tətbiqinə səbəb olub. Tərkibində kükürd olduğundan mis məftilin üzərinə çəkildikdə onun korroziyaya uğradır.

Tərkibində kükürdün miqdarı 35% olan kauçuk bərk rezin adlanır. Bərk rezinin texniki adı ebonitdir. Ebonit məmulatlar vərəqə və boru şəklində hazırlanmaqla, həm də elektrik aparatlarında qutu, qapaq, əsas v s. kimi istifadə olunur. Ebonit ovuntu texnologiyası əsasında istehsal olunur.

Onun tərkibinə müəyyən aşqarlar əlavə etməklə qara, qəhvəyi və digər rənglərdə ola bilər.

Təbii kauçuk əsasən tropiki ölkələrdə istehsal olunduğundan elektrotexnikada əsas etibarlı ilə süni kauçukdan istifadə olunur.

Süni kauçuk spirtdən, neftdən və təbii qazdan polimerləşmə yolu ilə alınır. Bu kauçuk sintetik kauçuk adlanır. Azərbaycanda bu üsulla Sumqayıtda CK-1 və CK-2 kombinatlarında kauçuk istehsal olunur.

Çox hallarda rezin təbii və sintetik kauçukların qarışığından istehsal olunur. Qeyd olunduğu kimi təbii kauçuk kauçuk ağaclarının şirələrindən alınır. Təmiz halda kauçuk izopren molekullarından ibarət polimerdən təşkil olunur. Bu qeyri-polyar maddənin aşağıdakı dielektrik xarakteristikaları vardır:

$$\varepsilon = 2,4; \rho = 10^{14} \text{ Om} \cdot \text{m}; \text{tg} \delta = 0,002, E_{np} = 40 \text{ kV} / \text{mm}.$$

Kremniykauçuk və rezinlər xətti polimer olub polikondensasiya üsulu ilə alınır. Bu kauçuk əsasında olan rezinlər yüksək nəmliyə və istiliyə (250 °C) dayanıqlıdır, oksigen, ozon, ultrabənövşəyi şüalar və yağlama (sürkü) materiallarına, elektrik boşalmalarına dayanıqlı olub, -100 °C –yə qədər elastikliyi saxlayır. Bu növ kauçukun dielektrik xarakteris-

tikaları:

$$\varepsilon = 3,5 - 5; \operatorname{tg} \delta = 0,01 \div 0,008 \text{ və } E_{np} = 20 \text{ kV/mm} - \text{dir.}$$

Çatışmazlığına dartılmaya qarşı aşağı möhkəmliyə malik olması aiddir. Kabel xəttləri üçün kremniyüzvü rezinin K-69; K-1520 və K-697 markaları tətbiq olunur.

Kabel texnikasında tərkibində qurum olan rezin də istifadə olunur. Bu rezin qara rəngdə və günəş şüasına çox dayanıqlı olur, lakin elektrik izolyasiya keyfiyyəti çox aşağı olduğundan rezin boru istehsalında tətbiq edilir.

## 2.11. Elektrokeramik və slüda materialları

**Elektrokeramik materiallar.** Bir sıra keramika növlərinin istehsalı üçün lazım olan komponentlər gil maddələridir. Keramika adı da yunanca “keramikos” sözündən olub gil deməkdir.

Keramikanın tərkibindəki ilkin komponentləri dəyişməklə müxtəlif elektrik və mexaniki xassəli və təyinatlı materiallar hazırlamaq olur. Belə ki, bu zaman kondensator və izolyator, yüksək və aşağı tezlikli, yüksək gərginlikli, yüksək qızmaya davamlı və s. keramikalar hazırlamaq olur. Keramik materialların istehsal prosesi 3 əsas mərhələdən ibarətdir:

1. Əsas komponentlərin tərkibindən qarışıqların təmizlənməsi, onların diqqətlə xırdalanıb su ilə qarışdırılması yolu ilə keramik kütlənin hazırlanması.

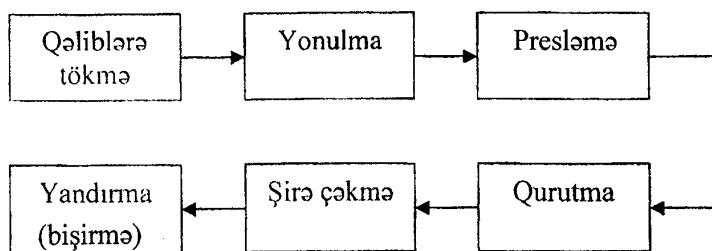
2. Verilmiş komfiquasiyaya və ölçülərə uyğun formalaşdırma, preslənmə və plastik ştamplama yolu ilə məmulatın formasının hazırlanması.

3. Qurutma, şirəçəkmə və bişirmə.

Keramik materialların hazırlanma texnologiyasını sxematik olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar (şəkil 2.24).

Keramika hazırlanmasında əsas əməliyyatlardan biri şirə çəkilməsidir. Bu məqsədlə istifadə olunan şirə şüşə kütlə olub onunun tərkibinə 70% SiO<sub>2</sub>, 17% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, qalanları qələvi

oksidləri və metal oksidləri daxildir. Bişirmə zamanı şirə əriyir və nazik qat (0,1-0,3 mm) şəklində məmulatın üzərində möhkəm parıldayan şüşə şəkilli təbəqə əmələ gətirir. Şirə təkcə məmulatın xarici görünüşünü yaxşılaşdırmır, həm də məmulatı nəmlikdən və tozdan qoruyur. Məmulatın üzərindəki çatları və digər səthi defektləri aradan qaldırmaqla onun üzərinə çəkilən şirə məmulatın mexaniki möhkəmliyini də yüksəldir. Radiotexnika və elektron sənayesində məmulatları şirələmək üçün temperaturu 560-710<sup>0</sup>C olan müxtəlif emalardan da istifadə olunur.



*Şəkil 2.24. Keramik materialların hazırlanma texnologiyasının sxemi*

Keramika hazırlanmasındakı texnologiyaların ən məsuliyyətli bəhə qiymətli başa gələn əməliyyatlarından biri də məmulatın bişirilməsidir. Yüksək (1300-1400 °C) temperaturda keramik kütlənin tərkib hissələri arasında baş verən mürəkkəb kimyəvi və fiziki-kimyəvi proseslər nəticəsində keramika yaranır. Bişirmə zamanı hazırlanan məmulatın ölçüləri 20%-ə qədər azalır.

**Aşağı tezlikli quraşdırma keramikası (elektrotexniki farfor).** Aşağı tezlikli quraşdırma keramikası müxtəlif aşağı və yüksək gərginlikli izolyatorların hazırlanmasında tətbiq olunur: şırlı (oxlu, milli) və asma, dayaq və keçid izolyatorları və habelə müxtəlif quraşdırma detallarının (əriyən qoruyucular, lampa patronları, razetkalar və çəngəllərin) hazırlanmasında da istifadə olunur. Başqa növ materiallara nisbətən

keramikanın elektrik və mexaniki xüsusiyyətləri aşağı olmasına baxmayaraq onun mürəkkəb konfigurasiyaya malik olması xüsusiyyəti sadə texnoloji proses və asan əldə olunan xammala nail olunması kimi üstünlüklərə malikdir.

Aşağı tezlikli quraşdırma keramikasının əsas nümunəsinə elektrotexniki farfor aiddir. Adı elektrofərforun tərkibinə 50% gil, 25% kvars, (  $\text{SiO}_2$  ) və 25% çöl şpatı daxildir. Çöl şbatının tətbiqi bişirmə temperaturunu və özlülüyü aşağı salır, lakin elektrik xassələrini azaldır. Elektrofərforun xarakteristikaları: sıxlıq  $2500 \text{ kq/m}^3$ ; sıxılmada möhkəmlik həddi  $500 \text{ Mpa}$ ; dielektrik nüfuzluğu 5-7 ; xüsusi müqavimət  $10^7\text{-}10^{12} \text{ Om}\cdot\text{m}$ ;  $tg\delta = 0,025\text{-}0,12\%$ ; elektrik möhkəmliyi

$$E_d = 25 - 30 \frac{kV}{mm}.$$

Farforun tərkibini dəyişməklə onun əsas parametrlərini yaxşılaşdırmaq olar. Hazırda kvars ( $\text{SiO}_2$ ) və gil (  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ) tərkibinin yüksəldilməsi təmin olunan elektrotexniki farfor geniş tətbiq olunur.

Aşağı tezlikli quraşdırma keramikasına həmçinin yüksək gərginlikli-tərkibində 85% talka, 10% gil maddələri və 15 %-ə qədər barium oksidi olan steatit keramikasından istifadə olunur.

Yüksək gərginlikli steatit keramikası elektrotexniki farfora nisbətən yüksək mexaniki və elektrik xassələrinə malikdir:

$$\sigma_s = 500 - 700 \text{ Mpa}; \sigma_d = 45 - 60 \text{ MPa}; \varepsilon_d = 5 - 7,5;$$

$$\rho = 10^{10} - 10^{12} \text{ Om}\cdot\text{m}; tg\delta = 0,002; E_d = 25 - 30 \frac{kV}{mm}.$$

Belə xarakteristikalara görə steatit keramikası yüksək mexaniki xarakteristikalar tələb olunan hallarda istifadə edilir.

**Kondensator keramikası.** Kondensator keramikası adi izolyator keramikasından dielektrik nüfuzluğunun olduqca yüksək ( $\varepsilon = 14\text{-}250$ ) olması ilə fərqlənir. Buna görə də bu keramikadan yüksək tutumlu kondensatorlar hazırlanır.

Yüksək dielektrik nüfuzluğuna malik olması üçün belə keramikada polyarizasiya prosesi sürətlə baş verməlidir. Bu məqsədlə kondensator keramikası tərkibinə titan, qalay, kalسيوم, maqnezium oksidləri və s. daxil edilir.

Kondensator keramikasının titanat maqniya, titanat kalسيوم və s. növləri vardır.

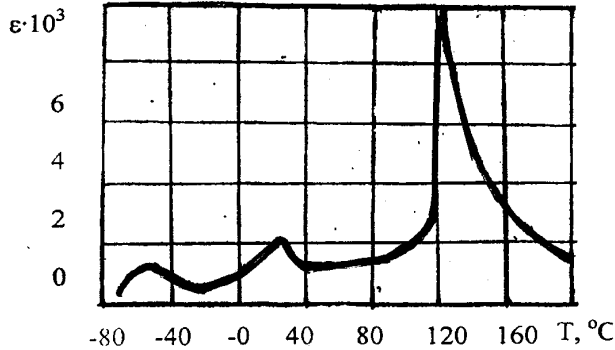
Kondensator keramikasının xarakteristikaları:  $\epsilon = 14-250$ ;  $\rho = 10^{12} - 10^{13} \text{ Om} \cdot \text{m}$ ;  $\text{tg}\delta = (3-5) \cdot 10^{-5}$  və  $E_d = 6-35 \text{ kV/m}$ .

### **Seqnetoelektrik keramikası (Seqnetokeramika).**

Seqnetokeramika –xüsusi materiallar qrupu olub, aşağıdakılarla xarakterizə olunan xassələrə malik olurlar: dielektrik nüfuzluğunun temperaturdan və elektrik sahəsinin gərginliyindən kəskin asılılığı, dielektrik histerezisinə malik olması və s.

Digər dielektriklərdən fərqli olaraq seqnetokeramikada yüksək temperaturda böyük qiymətli qeyri-adi ( anomal ) dielektrik nüfuzluluğu müşahidə edilir. Bu proses imkan verir ki, seqnetokeramikadan temperaturun ölçülməsində istifadə olunsun. Şəkil 2.25-də barium-titan seqnetokeramikasının zəif elektrik sahəsində elektrik nüfuzluluğunun temperaturdan asılılıq qrafiki verilir.

Seqnetoelektrikdən həm də böyük dielektrik nüfuzluluğuna malik olmaqla böyük tutumlu minyatur ölçülü kondensatorlar hazırlanmasında istifadə olunur. Seqnetoelektriklərə verilən gərginlik artdıqca dielektrik nüfuzluğu da kəskin artır ki, bu xüsusiyyətdən istifadə edərək onlardan dielektrik gücləndiriciləri kimi istifadə edilir. Əgər seqnetoelektrik lövhəsinin ucları sıxılırsa və ya dartılırsa onun uçlarında e.h.q. əmələ gəlir. Bu hadisə pyozoeffekt adlanır. Əgər onun lövhəsinə dəyişən gərginlik verilərsə həmin lövhə verilən gərginliyin tezliyi ilə titrəməyə başlayır. Bu hadisə əks-piozoeffekt adlanır. Bu effektlərdən avtomatika və informasiya texnologiyalarında istifadə olunur.



*Şəkil 2.25. Barium-titan seqnetoelektrikin dielektrik nüfuzluğunun temperaturdan asılılıq qrafiki.*

**Slüda və onun əsasında olan materiallar.** Slüda yaxşı elektrik xüsusiyyətli və yüksək qızmaya davamlılıqlı təbii kristal mineraldır. Onun xarakter xüsusiyyəti qatlı strukturaya və anizotrop xassəyə malik olmasıdır.

Anizotrop maddələr müxtəlif istiqamətlərdə xassələri (mexaniki, elektrik, maqnit və s.) eyni olmaması ilə fərqlənən materiallardır. Bu yunan sözü anizos-qeyri-bərabər, tropos-istiqamət deməkdir.

Slüdanın onlarla müxtəlif şəkildəyişmələri vardır. Kimyəvi tərkibcə onların hamısı sulu alimium sliqadlardan ibarətdir.

Elektrik izolyasiya texnikasında slüdanın iki növü tətbiq olunur: tərkibi təxminən aşağıdakı formula ilə ifadə olunan muskovit:  $K_2O; 3Al_2O_3; 6SiO_2; 2H_2O$  və flaqopit  $K_2O; 6Mg; Al_2O_3; 6SiO_2; 2H_2O$ .

Slüdanın faktiki tərkibi əsaslı sürətdə dəyişə bilər: ora-ya başqa oksidlər də daxil ola bilər ( $Fe_2O_2, TiO_2, Cl_2O_3, MnO, CaO, Na_2O$ ).

Müskavit slüdası rəngsiz və ya açıq qırmızı rəngli olur. Flaqapit daha tünd rəngli olur. Elektrik xüsusiyyətlərinə görə

müskavit flaqopitdən üstündür. Lakin flaqapitin qızmaya davamlılığı daha yüksəkdir. Bu xüsusiyyəti onun elektrik məşinlərinin kollektorunda tətbiqinə imkan verir. Slüdanın energetik xüsusiyyətləri cədvəldə göstərilir (Cədvəl 2.6).

*Cədvəl 2.6.*

***Slüdanın energetik xassələri***

Slüdanın növü	20 °C-də	20 °C-də	$tg\delta \cdot 10^{-4}$ , tezlikdə		
	$\rho, Om \cdot m$	$\epsilon$	50 Hs	1 KHz	1 MГЦ
Miskovit	$10^{12}-10^{14}$	6,1-8,4	4-80	2-10	1-6
Flaqopit	$10^{11}-10^{12}$	5-7	6-150	3-60	2-40
Ftorflaqopit	$10^{12}-10^{14}$	6,1-75	-	-	3

Müskaviti 500-600 °C –də və flaqapiti 900 °C qızdırıldıqda onların tərkibindən kristallaşmış su ayrılmağa başlayır. Bu zaman slüda laylara ayrılması nəticəsində qabarır (şişir), şəffaflığını itirir, elektrik və mexaniki xassələri pisləşir. Slüda 1260-1330 °C-də əriməyə başlayır.

Slüda flizi kənar qarışıqlardan təmizlənilir, əl vasitəsilə ayrı-ayrı lövhələrə ayrılır, kənardakı defekt hissələr kəsilir və doğranmış adlanan slüda alınır. Bu slüda mikanit istehsalında, daha yaxşısından kondensator slüdası hazırlanır. Kondensator slüdası sabit tutumlu KCO, KГC və СГМ (кодекастор слюданей, опрессованный, герметизированный малога-боритный) tipli kondensatorlar hazırlanmasında istifadə edilir. Hazırda slüdanın əvəzinə kondensatorların istehsalında sintetik polimerlərdən də (polistrol ) istifadə olunur.

Elektrik izolyasiya texnikasında təbii slüdadan başqa ftorflaqopit adlanan sintetik slüdadan da istifadə olunur. Bu slüda daha yüksək qızmaya davamlılığa (1000 °C), elektrik xüsusiyyətlərinə və kimyəvi dayanıqlığa malikdir.

Slüdadan mikaleks, slüdanit, slüdaplast, mikanit və s. materiallar hazırlanılır.



Mikaleks əlaqələndirici hesab olunan tez əriyən şüşədən, aşqar kimi isə toz şəkilli (ovuntu) muskavitdən ibarətdir (aşqar- hər hansı bir maddənin texniki keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün ona qatılan başqa maddədir). Presləmə onun tərkibindəki şüşənin yumşalma temperaturunda (600 °C) və 60-70 MPa təzyiqdə aparılır. Mikoleksin elektrik xüsusiyyətləri:

$$\rho = 10^{10} - 10^{11} \text{ Om} \cdot \text{mm}, \quad \varepsilon = 6-8,5; \quad \text{tg} \delta = (3 - 10) \cdot 10^{-4};$$

$$E_d = 30 \text{ kV/mm}.$$

Mikaleks vərəqə və müxtəlif en kəsikli çubuq şəklində hazırlanılır. Mikaleks induktivlik kəmərinin karkası, çevrəci plataları, hava kondensatorunun panelinin və s.-nin tətbiqində istifadə olunur.

Son zamanlar sintetik slüdanın aşqarı kimi istifadə olunarkən alınan materiallar novomikaleks adlanır. Onun

$$\text{elektrik xassələri: } \rho = 10^{10} - 10^{12} \text{ Om} \cdot \text{mm}$$

$$\text{tg} \delta = (8 - 15) \cdot 10^{-3};$$

$$\varepsilon = 7,5-8; \quad E_d = 30 \text{ kV/mm}.$$

Mikanitlər vərəqə və ya rulon şəklində ayrı-ayrı slüda hissəciklərini yapışqan, lak və ya quru qətrandan istifadə etməklə yapışdırmaqla alınır.

Seçilmiş materiallar hər iki tərəfdən slüdanın üzərinə yapışdırılır. Nəticədə slüdanın mexaniki xassələri yüksəlir. Mikanitlər iki və ya üç hərfli və rəqəmlər ilə işarə olunur. Birinci hərf mikanitlərin tipini göstərir: K-kollektor, П - araqaçı, F-formalı, Г – elastiki, Л- mikalenta. İkinci hərf slüdanın növünü göstərir: M-muskovit, Ф- flaqopit, С- muskovit və flaqopitin qarışığıdır. Üçüncü hərf və rəqəmlər yapışqanın növünü və materialının xarakteristikasını göstərir.

Mikanitlər adi yapışqan maddələri işlədəndə və üzvü materiallardan istifadə etdikdə qızmaya davamlılığa görə B (130°C) sinfinə daxildir. Xüsusi yapışqanlardan və qeyri-üzvü maddələrdən istifadə etdikdə isə F (155°C) və hətta H (180°C) sinfinə də daxil ola bilirlər.

Bunlardan başqa mikanitin mikofoliy, elastiki mikanit,

mikalenta və qızmaya davamlı mikanit kimi növləri də izolasiya texnikasında geniş tətbiq olunur.

Slüdanitlər və slüdaplastlar kağız hazırlayan maşınlarda istehsal olunur, buna görə də onlar slüda kağızları adlanır.

Slüdanit və slüdaplastlar hər iki tərəfdən kağız yapışdırılmış olmaqla onlardan kollektor araqaatı kimi yüksək mexaniki, elektriki və tac hadisəsinə davamlı materiallar hazırlanır.

## Fəsil 3. Elektrik keçirici və yarımkeçirici materiallar

### 3.1. Elektrik keçirici materiallar

#### **Keçirici materialların təsnifatı və əsas xassələri.**

Elektrik cərəyanı keçiricisi kimi bərk, maye və müəyyən şəraitdə qazdan da istifadə edilə bilər.

Elektrotexnikada vacib praktiki tətbiq olunan bərk materiallara metal və onların ərintiləri aiddir. Metal keçiricilərdən normal temperaturda xüsusi müqaviməti  $\rho \leq 0,05$  mK $\cdot$ Om olan yüksək müqavimətli keçiricilər və  $\rho = 0,3$ mkOm olan ərintiləri göstərmək olar. Yüksək keçiricikli metallar məftillərdə, kabellərdə, maşın və transformatorların dolağında, yüksək müqavimətli ərintilər rezistor, elektrik qızdırıcı cihazlar və közərmə lampalarının telində tətbiq olunur. Olduqca aşağı temperaturda həddən çox kiçik xüsusi müqaviməti olan yüksək keçiricilikli materiallar xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

Maye keçiricilərə maye metallar və elektroidlər aiddir. Bərk və maye metallardan cərəyan keçməsinin mexanizmi elektrik sahəsinin təsirindən sərbəst elektronların hərəkətinə əsaslanır. Buna görə də metallar elektron keçiricikli naqillər və ya birinci dərəcəli naqillər adlanır. Elektrolit, turşu, qələvi və duzlar isə ikinci dərəcəli naqillər adlanır.

Bütün qazlar və buxarlar o cümlədən metal buxarı aşağı gərginlikli elektrik sahəsində keçirici olurlar. Lakin əgər sahə gərginliyi müəyyən kritik qiymətini keçərək zərbə və fotoionizasiyanı təmin edərsə qaz elektron və ion keçiricikli naqil olur. Keçirici materialların xüsusiyyətlərini xarakterizə edən parametrlərə aşağıdakılar daxildir:

1. Xüsusi keçiricilik və xüsusi müqavimət (  $\gamma$  ;  $\rho$  ).
2. Xüsusi müqavimətin temperatur əmsalı (TK  $\rho$  ).
3. İstilik keçiriciliyi  $\gamma$  .

4. Kontakt potensionalar fərqi və termoelektrik hərəkət qüvvəsi.
5. Metallardan çıxan elektronların çıxış işi.
6. Dartılmada möhkəmlik həddi  $\sigma_p$  və nisbi uzanma  $\Delta l / l$ .

Cərəyan sıxlığının elektrik sahə gərginliyindən asılılığı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\Delta = \gamma E, \quad (3.1)$$

burada  $\Delta$  və  $E$  - cərəyan sıxlığı  $A/m^2$ , elektrik sahəsinin gərginliyi  $V/m$  ;

$$\gamma - \text{xüsusi keçiricilik, } \frac{m}{Om \cdot mm^2}.$$

Xüsusi müqavimət

$$\rho = \frac{1}{\gamma} \text{ və ya}$$

$$\rho = R \frac{S}{\ell}, Om \frac{mm^2}{m} \quad (3.2)$$

Beynəlxalq vahidlər sistemində (BVS-də) xüsusi müqavimətin vahidi  $Om \cdot m$ -dir. Xüsusi müqavimətin ölçü vahidləri arasındakı asılılıq

$$1Om \cdot m = 10^6 mkOm \cdot m = 10^6 mkOm \cdot \frac{mm^2}{m}$$

Misin xüsusi müqavimətinin temperaturdan asılılığı şəkil 3.1-də verilir.

Qrafikdə sıçrayış misin ərimə temperaturuna (1083 °C) uyğundur.

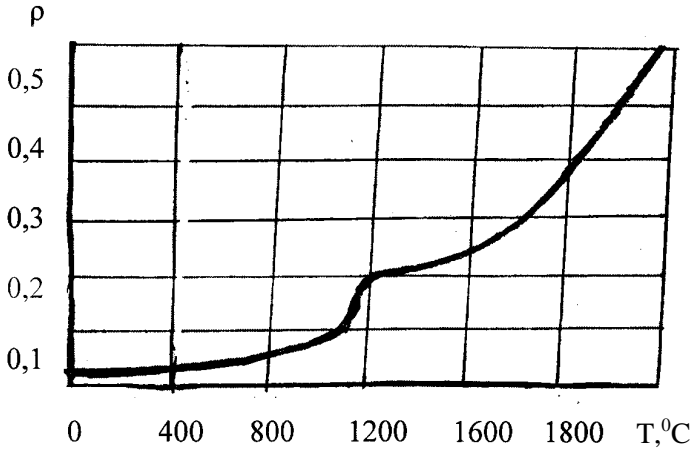
Metal məftillərdə sərbəst elektronların sayı temperatur artdıqca praktiki olaraq dəyişmir. Lakin kristallik qəfəsin qovşaqlarında rəqslərin güclənməsi nəticəsində temperatur artdıqca elektrik sahəsi təsirindən sərbəst elektronların hərəkəti yolunda olduqca böyük müqavimət yaranır və nəticədə metallarda keçiricilik azalır və xüsusi müqavimət artır.

Məftilin (naqilin) temperaturu 1K artmasında onun xü-

susi müqavimətinin dəyişməsinin qiyməti xüsusi müqavimətin temperatur əmsalı adlanır.

Xüsusi müqavimətin temperatur əmsalının differensial ifadəsi

$$TK\rho = \alpha_p = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dT} \quad (3.3)$$



**Şəkil 3.1 Misin xüsusi müqavimətinin temperaturdan asılılıq qrafiki**

Temperatur qısa diapazonda dəyişərsə xüsusi müqavimət:

$$\rho_2 = \rho_1 [1 + \alpha_p (T_2 - T_1)], \quad (3.4)$$

burada  $\rho_1$  və  $\rho_2$  -  $T_1$  və  $T_2$  temperaturlarında materialın xüsusi müqavimətləri;

$\alpha_p$  - xüsusi müqavimətin orta temperatur əmsalıdır.

Metallardan istilik ötürülməsində də onların elektrik keçiriciliyini müəyyən edən həmin sərbəst elektronlar əsas rol oynayır. Buna görə də metalın elektrik keçiriciliyi nə qədər çox olarsa bir o qədər istilik keçiriciliyi də artıq olur. Bununla əlaqədar olaraq temperatur artıqca xüsusi istilik ke-

çiriciliyi də azalır, uyğun olaraq xüsusi elektrik keçiriciliyi də azalır. Nəticədə  $\frac{\gamma_u}{\gamma_\rho}$  nisbəti də artmalıdır.

Riyazi olaraq bu proses Videman-Frans-Lorens qanunu ilə ifadə edilir:

$$\frac{\gamma_u}{\gamma_\rho} = L_o T, \quad (3.5)$$

burada T- mütləq temperatur;  
L<sub>o</sub>- lorens ədədi olub:

$$L_o = \frac{\pi^2 \cdot k^2}{3e^2}, \quad (3.6)$$

K- Bolsman sabiti olub:

$$K = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Cl} / K,$$

e- elektronun yükü

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl},$$

Bu halda

$$L_o = 2,45 \cdot 10^{-8} \text{ V}^2 / K^2, \quad (3.7)$$

İki müxtəlif metal keçiricini və ya yarımkəçiricini bir-birinə toxundurduqda onlarda kontakt potensiallar fərqi yaranır. Bu potensiallar fərqi yaranmasının səbəbi həmin müxtəlif metalların elektronlarının çıxış işlərinin fərqli olmasıdır.

Metalların elektron nəzəriyyəsinə görə A və B metalları arasındakı kontakt potensiollar fərqi:

$$U_{AB} = U_B - U_A + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_A}{n_B}, \quad (3.8)$$

burada  $U_A$  və  $U_B$  - toxundurulmuş metalların potensiolları.

$n_A$  və  $n_B$  - A və B metallarının elektron

konsentrasiyası;

k və e - Bolsman sabiti və elektronun yükü;

T - mütləq temperatur.

Əgər birləşmə (lehim) yerlərinin temperaturları bərabər olarsa bu halda qapalı dövrdə potensiallar fərqi sifıra bərabər olur. Əgər bu lehim yerlərinin temperaturları  $T_1$  və  $T_2$  olarsa birləşmə yerlərinin arasında termoelektrik hərəkət qüvvəsi yaranır .

Beləliklə, termo e.h.q.:

$$U = C(T_1 - T_2), \quad (3.9)$$

burada  $C$ - verilən metal çütləri üçün sabit əmsal.

Müxtəlif metal ərintilərindən hazırlanan termocütlərdən istifadə edilir. Belə termocütlərə xromel-alyumel, xromel-kopel, mis-konstantan, dəmir-konstantan, mis-kopel və s. aiddir. Keçiricilərin mexaniki xarakteristikalarına diqqətlə diqqət ediləndə möhkəmlik həddi və nisbi uzanma, kövrəklik, bərklik və s. aid olub metalların mexaniki və termiki emalından asılıdır (Mövzu 5.1-ə bax).

**Yüksək keçiricikli materiallar.** Ən geniş yayılan yüksək keçiricikli materiallara mis, alüminum, onların ərintiləri və polad aiddir.

Mis aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

1. Xüsusi müqavimətinin az, keçiriciliyinin yüksək olması:

$$\rho = 0,0176 \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}};$$

$$\gamma = 54 \frac{\text{m}}{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}$$

2. Yüksək mexaniki möhkəmliyə malik olması:

$$\sigma_{dar} = 260 \div 390 \text{MPa}$$

3. Korroziyaya qarşı davamlı olması.

4. Mexaniki cəhətdən yaxşı emal edilməsi.

5. Lehimləmə və qaynaq edilməsinin asan aparılması.

Mis əsasən sulfid filizinin emalı nəticəsində alınır. Keçirici material kimi M1 və M0 markalı misdən istifadə edilir. M1 markalı mis 99,9% mis və 0,1% -ə qədər qarışıqdan (oksigen) ibarətdir. Misdə oksigenin olması onun mexaniki xüsusiyyətini pisləşdirir.

M0 markalı misin tərkibində 0,05% qarışıq olur.

Mexaniki möhkəmliyinə görə mis yumşaq MM və bərk MT markalı buraxılır.

Mis əsasında olan ərintilərdən tunc (bronza) və bürünc (latun) elektrotexnikada geniş istifadə edilir.

Bronza tərkibində az miqdarda qalay, fosfor, xrom, maqniy və s. olan qarışıqdan ibarət misdir.

Bronza (tunc) adi misə nisbətən yüksək mexaniki möhkəmliyə malikdir- $\sigma_d = 800-1200$  MPa.

Bronza cərəyan keçirən yayların hazırlanmasında, kontakt məftilləri və kollektor lövhələrinin istehsalında tətbiq edilir.

Misin sinklə ərintisi bürünc (latun) adlanır. Bürünc yüksək nisbi uzanmaya malikdir, buna görə də ondan ştampalamaqla bir sıra detallar hazırlanılır.

Alüminium keçiricilər içərisində misdən sonra II yer tutur. O yüngül metallar qrupuna daxil olub misdən 3,5 dəfə yüngüldür, genişlənmənin temperatur əmsalı, xüsusi istilik tutumu misdən böyükdür. Alüminium misə nisbətən aşağı mexaniki və elektrik xüsusiyyətinə malikdir.

Alüminium e.v.x.-də artıq misi əvəz edib, məftil və kablərdə geniş tətbiq olunur.

Elektrotexnikada alüminium tərkibində qarışıqların miqdarı 0,5% -ə qədər olan A1 markada və 0,03%-ə qədər olan AB00 markada istifadə edilir. AB00 markalı təmiz alüminium folqalar elektrod və elektrolitik kondensatorların gövdəsinin hazırlanmasında tətbiq olunur.

Alüminium oksidləşməyə qarşı çox aktiv olduğundan onun səthi yüksək elektrik müqaviməti olan nazik oksid pərdəsi ilə örtülür.



Tərkibində (0,2÷ 0,7)% Mg, Si və Fe olan alüminium qarışığı aldrey adlanır. Onun mexaniki xüsusiyyəti təmiz alüminiuma nisbətən yüksəkdir.

Alüminiumun xarakteristikaları:

- dartılmada möhkəmlik həddi

$$\sigma_{\text{dar.}} = 80 \div 160 \text{ M Pa}$$

- nisbi uzanma

$$\frac{\Delta \ell}{\ell} = (1,2 \div 1,8)\%$$

- xüsusi müqavimət

$$\rho = 0,0295 \div 0,0290 \text{ mkOm} \cdot \text{m}$$

Polad (dəmir) özünün bir sıra üstün xüsusiyyətlərinə (yüksək mexaniki möhkəmlik) baxmayaraq xüsusi müqaviməti həddən çox ( $\rho = 0,1 \text{ mkOm} \cdot \text{m}$ ) və korrozoyaya qarşı davamsız olduğundan geniş tətbiq oluna bilmir.

Keçirici material kimi tərkibində (0,1÷ 0,15)% kömür olan yumşaq poladdan istifadə edilir. Belə polad az gücləri ötürmək üçün e.v.x.-də tətbiq olunur.

Bundan başqa polad əsas keçirici kimi elektricləşmiş nəqliyyatlarda (dəmir yol, metro və tranvaylarda) rels olaraq istifadə edilir.

Polad alüminium e.v.x.-də mexaniki möhkəmliyi artırmaq üçün istifadə olunur.

**İfrat keçiricilikli materiallar.** Əvvəllər qeyd olunduğu kimi temperatur aşağı düşəndə metalların xüsusi müqaviməti  $\rho$  azalır. 1911-də Hollandiya alimi X.Kamerlinq- Onnes aşkar etmişdir ki, dondurulmuş civə halqasını 4,2 K – yə qədər soyudulduqda onun müqaviməti kəskin sıçrayışla azalır və ölçülə bilməyən həddə çatır. Elektrik müqavimətinin belə azalması və praktiki olaraq materialın sonsuz xüsusi keçiriciliyə malik olması ifrat keçiricilik adlanır. Soyma zamanı materialın ifrat keçiriciliyə keçməsinə müvafiq gələn temperatur ifrat keçiricilik temperaturu  $T_i$  adlanır. İfrat keçiricilik vəziyyətinə keçmə döənən prosesdir: belə ki, temperatur  $T_c$ -yə

çatanda ifrat keçdiricilik aradan qalxır və material normal vəziyyətə keçərək xüsusi keçiriciliyin  $\gamma$  son qiymətini alır.

Sonralar civə ilə yanaşı bir sıra digər metal, ərinti və kimyəvi birləşmələrdə də ifrat keçiricilik müşahidə edilmişdir. Hazırda 27 təmiz metal, mindən artıq isə müxtəlif birləşmələr ifrat keçiriciliyə malikdir. Bunlardan alüminiumun ( $1,2\text{ }^0\text{K}$ ), civə ( $4,2\text{ }^0\text{K}$ ), titan ədintisi ( $8,7^0\text{K}$ ) və s. göstərilə bilər.

Bununla yanaşı bəzi yaxşı keçiriciliyə malik olan mis və gümüş kifayət qədər soyudulmasına baxmayaraq ifrat keçiriciliyə malik olmurlar.

Mütləq sıfıra yaxınlaşan çox aşağı (krioqen) temperaturda metalların elektrik keçiriciliyi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Belə metallar krikaqıl (kriokeçirici) və qiperkeçirici adlanır.

**Keçirici məlumatlar: quraşdırma və dolaq məftilləri, kabellər.** Elektrik qurğularının təmiri və istismarında quraşdırma və dolaq məftillərindən və kabellərdən geniş istifadə edilir.

Dolaq məftilləri maşın, transformator, cihaz və aparatların dolaqlarının hazırlanmasında, quraşdırma məftilləri və kabellər elektrik qurğularının birləşdirilməsində tətbiq edilir, xüsusi məftillər isə qızdırıcı elementlərdə istifadə edilir.

Dolaq məftilləri izolyasiyasına görə lifli, emal və kombinə edilmiş, (emal–lifli), en kəsik formasına görə dairəvi və ya düzbucaqlı olmaqla mis və ya alüminiumdan hazırlanılır.

Hazırda aşağıdakı markalı dolaq məftilləri geniş istifadə edilir.

Lifli izolyasiyalı məftillərdən aşağıdakıları göstərmək olar:

ПБО, ПБД, ПШД, ПКД, ПЛД – birqat (О) və ya ikiqat (Д) pambıq parça (Б), ipək(Ш), kanpon(К) və lavsan (Л) izolyasiyalı mis məftil;

ПБ, ПБУ - bir neçə qat telefon və ya kabel kağızından ibarət izolyasiyalı mis məftil;

ПББО, ППЛБО - lavsan, pambıq parça və bir neçə qat telefon və ya kabel kağızından olan izolyasiyalı mis məftil;

ППТБО - iki qat triasetat, bir qat telefon kağızı və bir qat da pambıq parça izolyasiyalı mis məftil.

Yuxarıda göstərilən məftillər ПЛД -dən başqa A qızma sinfinə malikdir. ПЛД–E qızma sinfinə məxsusdur.

Emal izolyasiyalı dolaq məftillərinə aşağıdakılar aiddir:

ПЭЛ-A qızmaya davamlılıq sinfli, yağa və laka davamlı emal izolyasiyalı mis dolaq məftili; ПЭВ-1, ПЭВ-2, ПЭМ-1, ПЭМ-2 -yüksək davamlı vinifleks və metalvin emal izolyasiyalı adi (1) və qalın (2) qatlı izolyasiyası olan mis dolaq naqıl;

ПЭЛР-1, ПЭЛР-2, ПЭВТЛ-1, ПЭВТЛ-2-E qızmaya dayanıqlıq sinfli poliamid – rezol və ya poliuretan əsaslı emalı mis dolaq məftili;

ПЭТВ, ПЭТВ-939 və ПЭТВТР - poliefir emal əsaslı termoreaktiv epoksid qətran qatlı B sinfli dolaq məftili;

ПЭТ-155A - poliefir əsaslı F qızmaya davamlılıq sinfli mis dolaq məftili

Kombinə edilmiş emal lifli izolyasiyalı məftillərdən aşağıdakıları göstərmək olar:

ПЭЛБО, ПЭЛШО, ПЭЛШКО, ПЭЛЛО - yağ qətran əsaslı emal qatı və müvafiq olaraq bir qat pambıq-parça, ipək, kapron və lavsan izolyasiyalı dolaq məftili.

Lifli izolyasiyalı məftillərin elektrik möhkəmliyinin aşağı olması, qalınlıqlarının çox olması, nəmliyə və kimyəvi mühitə az dayanıqlı olmaları kimi çatışmazlıqları vardır. Lakin onların mexaniki möhkəmlikləri yüksəkdir.

Emal izolyasiyalı dolaq məftillərinin mexaniki möhkəmliyi aşağı olsa da (ПЭЛ-üçün) digər göstəriciləri yüksəkdir. Mexaniki möhkəmliyi də yüksək olan ПЭТВ və ПЭТ-155 markalı dolaq məftilləri yeni seriyalı 4A tipli asinxron mühərriklərində tətbiq olunur.

Kombinə olunmuş izolyasiyalı dolaq məftillərinin keyfiyyəti lifli və emal izolyasiyalı dolaq məftilləri içərisində

aralıq mövqe tutur.

Materialların istifadə dərəcəsini yüksəltmək və elektrik avadanlıqlarının etibarlılığını artırmaq üçün yüksək möhkəmlikli emal izolyasiyalı dolaq məfilləri ilə yanaşı qeyri-üzvü asbest və şüşə izolyasiyalı dolaq məfilləri də istifadə olunur. Belə dolaq məfillərindən aşağıdakıları göstərmək olar:

ПДА – delta-asbest izolyasiyalı mis dolaq məftili .

ПСД, ПСДТ, ПСДК, ПСДКТ - hər bir qatı istiliyə davamlı lakla hoddurulmaqla ikiqat şüşə sapdan olan F sinifli izolyasiyalı mis dolaq məftili.

Kənd təsərrüfatında artezian quyularında suları yer səthinə qaldırmaq üçün dərinlik elektronasos qurğularından geniş istifadə edilir. Bu mühərriklərin dolaqları statora tökülən və dolağın soyumasını və habelə yastıqların yağlanmasını təmin edən su ilə təməsdə olurlar.

Belə mühərriklərin dolaqlarının hazırlanmasında suya davamlı ПЭВВП emal-lak və polivinilxlorid-qətran izolyasiyalı dolaq məftili istifadə edilir.

Quraşdırma məfilləri və kabellər elektrik enerjisini ötürmək üçün istifadə edilir. Bu məqsədlə aşağıdakı şnur və kabellər geniş istifadə edilir:

ПР, АПР -hopdurulmuş hörmə pambıq parça izolyasiyalı mis və alüminium şnur. Roliklərdə və borularda çəkilməklə quru, isti və tozlu binalarda tətbiq olunur;

ПРГ - həmçinin, elastiki izolyasiyalı şnur;

ПРД -hopdurulmayan pambıq-parça hörmə izolyasiyalı iki damarlı şnur;

ППВ, АППВ -polixlorvinil izolyasiyalı birgə iki və üç damarlı mis və ya alüminium şnur;

ПВ, АПВ, ПГВ- həmçinin bir damarlı, elastiki (Г) polixlorvinil izolyasiyalı mis və ya alüminium şnur;

ШРПЛ (ШРПС) - iki damarlı rezin izolyasiyalı gəzdirmə mis məftil (kabel);

КРПТ, АКРПТ- rezin izolyasiyalı bir, iki, üç və dörd damarlı mis və alüminium kabel.

БПГ, АБПГ – polixlorvinil və ya nairit örtüklü (H) 1,2 və 3 damarlı mis kabel (və alüminium).

АВВ (АВП) – polixlorvinil (polietilen) izolyasiyalı, 2-7 damarlı alüminium kabel;

АВВВ – polixlorvinil izolyasiyalı və örtüklü ikiqat polad lentlə örtülən 2,3,4 damarlı alüminium kabel.

### **3.2. Yüksək müqavimətli materiallar**

**Yüksək müqavimətli materialların təsnifatı və əsas xassələri.** Yüksək müqavimətli materiallara bərk vəziyyətdə olan metal ərintiləri, bir sıra oksidlər, karbidlər və olduqca nazik təbəqə şəklində olan təmiz metallar aiddir. Yüksək müqavimətli materiallar yüksək stabil olmaqla, xüsusi müqavimətləri 0,3 mKΩ·m-dən az olmamalı, aşağı TK<sub>p</sub>-na və kiçik termo ЭHQ-nə malik olmalıdırlar.

Yüksək müqavimətli materiallar müxtəlif termocütlərin, nümunəvi rezistorların (müqavimətlərin), şuntların, reostatların, elektrik qızdırıcı elementlərin və s.-nin hazırlanmasında geniş tətbiq olunur.

Elektrik qızdırıcı elementlərin hazırlanmasında istifadə olunan materiallara əlavə tələblər irəli sürülür. Belə ki, onlar yüksək qızmaya davamlılığa malik olmalı, 1000 °C-yə kimi temperaturda uzun müddət xassələri dəyişilmədən işləyə bilməlidirlər.

Məlumdur ki, metalların xüsusi müqaviməti onlardan hazırlanan nazik təbəqələrdə həddən çox yüksəlidir. Bu zaman təbəqənin qalınlığı nə qədər az olarsa, xüsusi müqavimət də bir o qədər çox və TK<sub>p</sub> az olur. Bu təsir lentşəkilli rezistorlarda istifadə olunur.

Yüksək müqavimətli ərintilərə ölçü cihazları, reostat və qızdırıcı cihazlar üçün olan ərintilər aiddir.

Reostat ərintiləri rezistor, şunt, reostat, termocüt və s.-lərin istehsalında geniş istifadə olunur. Ən geniş yayılmış

belə ərintilərə mis-nikel ərintiləri olan manqanın, konstantan və s. auddir.

Manqanın 85-89 % Cu, 2,5-3,5 % Ni, və 11,5-13,5% marqansqan ibarət ərintidir. Əlavə qarışıq 0,9%-dən çox olmamalıdır. Bu ərinti öz adını tərkibində olan və buna sarı rəng verən marqansdan alır. Manqanınin xüsusi müqaviməti buraxılabilən temperatur 200 °C olmaqla 0,42-0,48 mkOm·m-dir. Manqanından d=0,02-6 mm-də izolyasiyasız məftil hazırlanılır. Manqanından həm də qalınlığı 0,01- 1 mm, eni 10- 300 mm olan lentlər də istehsal olunur.

Manqanın məftilinin müqavimətini stabilləşdirmək və ТКρ-nu azaltmaq üçün onu 1-2 saat müddətində 400 °C-də vakuumda (və ya neytral qazlarda-arqan və ya azotda) yandırır, (отжик) sonra yavaş-yavaş soyudurlar. Alınan məftil 140 °C-də 10 saat və otaq temperaturunda bir il saxlanılır. Manqanın nümunəvi rezistor, şunt və bir sıra ölçü cihazlarının, termocüt və vericilərin hazırlanmasında tətbiq olunur.

Konstantan-56-59% mis, 39-41% nikel və 1-2% marqansdan ibarət ərintidir, qarışıqlar 0,9%-dən çox olmur.

Konstantanın tərkibindəki Ni-n miqdarı xüsusi müqavimətin maksimum və ТКρ-nun minimum qiymətini təmin edir. Bu ərinti öz adını (konstantan-sabit) işçi intervalda xüsusi müqavimətin sabit  $\rho = 0,48 - 0,52 \text{mkOm} \cdot \text{m}$  qalmasına uyğun alır.

Qızmaya davamlılığa görə konstantan manqanından üstündür. Ondan 450-500 °C-yə kimi işləyən reostat və qızdırıcı elementlərin hazırlanmasında istifadə etmək olar. Konstantan məftilinin tez (3 san) müddətində açıq havada 900 °C-də qızdırılması nəticəsində onun üzərində elektroizolyasiya xassəli nazik təbəqə əmələ gəlir. Belə məftildən sarğılararası gərginlik 1 V-dan çox olmamaqla sıx sürətdə dolaq hzlırlamaq olur. Mis və konstantan məftil cütündə yüksək (40-50 mkV/K) termo e.h.q. əmsalı almaq olur. Bu səbəbdən digər tərəfdən konstantan məftilindən dəqiq cihazların hazırlanma-

sında çətinlik yaranır. Lakin bu xüsusiyyət mis-konstantan və dəmir-konstantan termocütlərinin bir neçə yüz dərəcə temperatur ölçülməsi tətbiqində uğurla istifadə olunur.

Manqanın və konstantanın əsas xassələri cədvəl 3.1-də verilir.

Cədvəl 3.1

Yüksək müqavimətli ərintilərin əsas xassələri

s/s	Ərinti	Sıxlıq, mq/m <sup>3</sup>	Xüsusi müqavimət <i>mkOm · m</i>	TKp·10 <sup>6</sup> k <sup>-1</sup>	Sərhəd buraxıla bilən işıq tempera- tura ,°C
1	Manqanın	8,4	0,42-0,48	3-30	200
2	Konstantan	8,9	0,48-52	-(5-25)	450-500
3	Fe-Ni-Cr ərinti sistemi nixrom	7,3-8,3	1,1-1,2	100-200	1000
4	Fe-Cr-Al sistemli ərinti fexral xromel	6,9-7,3	1,2-1,4	65-120	900 -1200

Qızmaya davamlı ərintilər qızdırıcı elementlərin hazırlanmasında istifadə olunur. Bunlara dəmir, nikel, xrom və aliminium əsasında hazırlanılan nixrom, ferronixrom, fexral adlanan ərintilər aiddir. Bu ərintilərin yüksək qızmaya davamlılığı onların səthində bütöv oksid pərdəsinin əmələ gəlməsidir. Buna görə də oksid pərdəsində çat ancaq temperaturun kəskin dəyişməsi halında baş verir. Bu səbəbdən qızdırıcı elementlərin xidmət müddəti onların fasiləsiz işləmə vaxtı ilə yox, açılıb-bağlanmalarının sayı ilə təyin olunur. Bu ərintilərdə xromun olması onlara yüksək qızmaya davamlılıq xüsusiyyəti verir.

Verilən cədvəldən görüldüyü kimi nixrom Fe-Ni-Cr sistemli ərinti olub, 55-78 % Ni , 15-25% Cr, 1,5% Mn və qalanı dəmirdən ibarətdir, onun xüsusi müqaviməti

$\rho = 1,0 - 1,2 \text{mkOm} \cdot \text{m}$  -dir. Tərkibində olan dəmirin artırılması ilə bu ərinti ferronixrom adlanır. Nixromlar yüksək texnolojilik (технологичность-ən sadə üsulla hazırlanma ) xüsusiyyətinə malikdir, nazik məftillər və lentlər hazırlana bilər. Bu istiliyə davamlı ərintidən elektrik qızdırıcı elementlər hazırlanılır.

Fexral və xromel yüksək hərarətə davamlı Fe-Cr-Al sistemli 12-15 % Cr, 3,5-5,5% Al, 0,7% Mn, 0,6% Ni, və qalan hissəsi dəmirdən ibarət olan ərintidir,  $\rho = 1,2 - 1,4 \text{mkOm} \cdot \text{m}$  -dir. Bu ərintilər nixroma nisbətən az texnolojili olub, onlardan nazik məftil və lent hazırlamaq çətin olur. Bu ərintilər yüksək kimyəvi davamlı olmaları ilə fərqlənir.

### **3.3. Lehimlər, fülüslər və yapışqanlar, elektrotexniki kömür materialları və elektrolitlər. Yarımqeçirici materiallar**

**Lehimlər, fülüslər və yapışqanlar.** Lehimlər metalların lehimlənməsində tətbiq olunan xüsusi ərintilərdir. Lehimləmədə məqsəd ya birləşmə yerində mexaniki möhkəmlik yaratmaq, ya da kiçik keçid müqavimətli elektrik kontaktı əmələ gətirməkdir. Lehimləmə zamanı birləşmə yeri və lehim qızdırılır. Lehimin ərimə temperaturu birləşdirilən metallara nisbətən çox aşağı olduğundan lehim tez əriyir, birləşdirilən metallar isə bərk vəziyyətdə qalır. Ərimiş lehim və bərk halda olan metal səthində mürəkkəb fiziki-kimyəvi proseslər gedir. Lehim metalı isladaraq onun səthi ilə axır və birləşdirilən detalların hava aralığını doldurur. Bu halda lehim əsas metallara nüfuz edərək onları lehimdə əridir, nəticədə aralıq qat əmələ gəlir ki, soyumadan sonra metallar bir tam halında birləşirlər.

Lehimlər iki qrupa bölünür: yumşaq və bərk.

Yumşaq lehimin ərimə temperaturu 400 °C-ə qədər, bərk lehiminki isə 500 °C-ə qədərdir. Ərimə temperaturundan



başqa lehimlər mexaniki möhkəmliklərinə görə də fərqlənirlər.

Yumşaq lehimə tərkibində qalayın miqdarı 90 %-ə qədər olan qalay-qurğuşun aiddir. Bunun markası ПOC- 18 və ПOC- 90 olur. Bərk lehimlərdən ПМЦ və ПС markalı mis-sink və gümüş lehimini göstərmək olar.

Flüslər etibarlı lehimləmə almaq üçün köməkçi materiallardır. Onlar aşağıdakı xüsusiyyətlərə malik olmalıdırlar:

1. Lehimlənən metalların səthindən tozu və oksid pərdəsini əritmək və təmizləmək.
2. Lehimləmə prosesində metalın səthinin və əridilmiş halda olan lehimini oksidləşmədən qorunmalıdır.
3. Ərimiş lehimin səthi gərilməsini azaltmalı.
4. Lehimin axmasını və metal səthini islatmasını yaxşılaşdırmalı.

Lehimlənən metala təsirinə görə flüslər bir neçə qrupa bölünürlər. Aktiv və ya turşusu olan flüslər aktiv maddələr əsasında hazırlanılır. Bu flüslər metallarda mexaniki möhkəmlik təmin olunmaqla aparılan lehimləmədə tətbiq olunur və elektrik quraşdırma işlərində tətbiqi məsləhət görülmür. Turşusuz flüzlərə kanifol və qeyri-aktiv maddələr əlavə edilməklə onun əsasında hazırlanan qarışıqlar aiddir.

Yapışqan və büzücü maddələr elektrik avadanlıqlarının istehsalında geniş istifadə olunur. Elektrotexnika sənayesində yüksək yapışqanlıq xüsusiyyətinə malik olan qətranlar əsasında hazırlanan yapışqanlar geniş tətbiq olunur. Bu yapışqanların bir çoxu yaxşı elektrik izolyasiya qabiliyyətinə malikdirlər. Belə yapışqanlara qatlı plastiklərin istehsalında tətbiq olunan qlifital yapışqan lakını göstərmək olar. Bu lak getinaks və tekstolit hazırlanmasında istifadə olunur.

Butvar-fenol qətranından spirt məhlulunda hazırlanan БФ markalı yapışqanlar geniş istifadə olunur. Epoksid qətranı əsasında ЭД markalı epoksid yapışqanları da metal, şüşə, plastmas və keramika yapışdırılmasında tətbiq olunur.

**Elektrotexniki kömür materialları.** Elektrotexniki

kömür materiallarına elektrik maşınları üçün fırçalar, kontakt detalları, elektrik işıqlanması üçün kömürlər və s. aiddir.

Bu materiallar ovuntu texnologiyası əsasında karbonlu materiallar qarışığında hazırlınır. İlkən tərkib kimi bu halda mis, qurğuşun, qalay, tozlar və birləşdirici maddə kimi daş kömür, bakelit və s. qətranlar götürülür. Alınmış elektrokömür kütləsi bir sıra istilik və quraşdırma əməliyyatlarından sonra polad formalarda preslənir. Daha sonra qrafitləşdirilmə və mexaniki emal olunur.

Elektrotexnikada elektrokömür kimi fırçalar ən çox elektrik maşınlarında tətbiq olunur. Bunlara qrafit, kömür-qrafit, metal-qrafit və elektroqrafit fırçalar aiddir.

Qrafit fırçalar təbii qrafitdən hazırlınır, yumşaqlığı və iş vaxtı səssizliyi ilə seçilir,  $V=20-30\text{m/san}$  sürətində tətbiq olunur,  $\rho = 70 - 170\text{mkOm} \cdot \text{m}$ -dir. Kömür-qrafit fırçalar qrafitdən, qurumdan, koksdan və birləşdirici qətrandan hazırlınır, yüksək bərkliyə, mexaniki möhkəmliyə və cilalayıcı xüsusiyyətə malikdir ki, bununla da kollektor lövhələrində yaranan oksid pərdəsini təmizləyir.  $V=10-30 \text{ m/san}$  və  $\rho = 100 - 300\text{mkOm} \cdot \text{m}$ -dir. Metal qrafit şotkalar qrafit və misdən hazırlınır,  $V=30-40\text{m/san}$  və

$\rho = 0,03 - 0,04\text{mkOm} \cdot \text{m}$ -dir.

Elektroqrafit şotkalar ağır iş şəraitində olan maşınlarda tətbiq olunur. Elektrokömür elektrodlar elektrik gövsünə qarşı dayanıqlıdır, zəif oksidləşir, yənmir,  $3000 \text{ }^\circ\text{C}$ -ə kimi ərimer, böyük güclü aparatlarda tətbiq olunur.

**Elektrolitlər.** Elektrolit sulfat turşusunun sulu məhluludur. Onun hazırlanmasında destillə edilmiş su və sulfat turşusundan istifadə edilir. Akumlyator üçün sulfat turşusu müsbət  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -də  $1,83 \text{ q/sm}^3$  sıxlığına malikdir, buna görə də o suya düşəndə güclü istilik yaradır. Bunun qarşısını almaq üçün elektrolit əvvəlcə  $1,40 \text{ q/sm}^3$  sıxlığında hazırlınır, sonra isə iqlim şəraitindən asılı olaraq sıxlıq lazımı səviyyəyə endirilir.

**Yarımkeçirici materiallar.** Elektron keçiricilikli cisimlərin böyük qrupu xüsusi müqavimətlərinin qiyməti keçiricilər və dielektriklər arasında olmaqla yarımkeçiricilərə aid edirlər. Yarımkeçiricilərin elektrik keçiriciliyi xarici energetik təsirlərdən və müxtəlif qarışıqlardan çox həssaslıqla asılıdır.

Yarımkeçiricilərin elektrik keçiriciliyinin temperatur, işıq, elektrik sahəsi, mexaniki təsir vasitəsilə idarə olunması müvafiq olaraq termorezistor (termistor), fotorezistor, qeyri-xətti rezistor (varistor), tenzorezistorların və sairələrin iş prinsipinin əsasını təşkil edir.

Yarımkeçiricilərdə iki tip-elektron (n) və elektron-deşik (p) keçiriciliyinə malik olması p-n keçidli yarımkeçirici məmulatlar hazırlamağa imkan verir. Buraya müxtəlif tipli həm güclü və həm də az güclü düzləndiricilər, gücləndiricilər və generatorlar aiddir.

Yarımkeçirici sistemlər müxtəlif növ enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsində də tətbiq olunur. Buna misal olaraq günəş batareyalarını və termoelektrik generatorlarını göstərmək olar. Son vaxtlar yarımkeçiricilərdən işıq signalı mənbələrinin yaradılmasında və hesablama maşınlarından inforsiyaları vermək üçün istifadə edilir.

Yarımkeçiricilər qızdırıcı element kimi maqnit sahələrinin gərginliyinin ölçülməsində (Xool çevricisi) radioaktiv indikator kimi istifadə edilir.

Praktikada istifadə olunan yarımkeçiricilər sadə yarımkeçirici (element), yarımkeçirici kimyəvi birləşmələr və yarımkeçirici komplekslər (keramik yarımkeçiricilər) qrupuna aiddir.

Son vaxtlar şüşə şəkilli və maye yarımkeçiricilər tətbiq olunmaqdadır. Sadə yarımkeçiricilərin sayı 10 ədəddən artıqdır. Müasir texnikada silisium, germanium və selen yarımkeçiriciləri xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

Yarımkeçirici materiallardan hazırlanan cihazların aşağıdakı üstünlükləri vardır:

- 1.Xidmət müddətinin böyük olması.
  - 2.Kiçik qabarit və az kütləyə malik olması.
  - 3.Konstruksiyasının sadə və etibarlı olması.
  - 4.Elektron lampalarını əvəz edərkən qızdırma dövrəsinin olmaması, az güc tələb etməsi, az inersiyaya malik olması.
- Kütləvi istehsal zamanı qənaətli olması.

Bərk cismin elektronikasının inkişafı diskret yarımkeçirici cihazlar hazırlanmasından elektron aparatlarının qurğu və sxemlərin yaradılmasına keçirmişdir. Texnikanın bu mütərəqqi istiqaməti mikroelektronika adını almışdır. Mikroelektronikanın köməyi ilə həll edilən elmi məsələlər təsərrüfatda, kosmosun tədqiqində, biologiya və təbabətdəki tədqiqatlarda, kompyüter və informasiya texnologiyalarının yaradılmasında istifadə olunur.

## **Fəsil 4. Maqnit materialları**

### **4.1. Maqnit materiallarının təsnifatı və əsas xassələri**

Bütün materiallar istisnasız olaraq xarici maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsirdə olurlar, yəni bunların hamısı müəyyən maqnit xüsusiyyəti göstərilər. Lakin bu qarşılıqlı təsir müxtəlif materiallarda müxtəlifdir. Buna görə də maqnit xassələrinə görə bütün materiallar üç əsas qrupa bölünürlər: diamagnetlər, paramagnetlər və ferromagnetlər.

Sonralar ferromagnetlərdən daha iki sərbəst maqnit materialları qrupu yarandı. Buraya ferrimagnetlər və antiferromagnetlər daxil oldu.

Beləliklə dia-, para- və antiferromagnetlər zəif, ferro- və ferrimagnetlər isə güclü maqnitlərə aid edildilər. Praktikiada maqnit materialları dedikdə ferromagnet və ferriomagnet xüsusiyyətlərinə malik olan materiallar başa düşülür. Bunlar isə öz növbəsində yumşaq və bərk maqnitlərə bölünürlər.

Yumşaq maqnitlər dəyişən və sabit elektrik sahələrində tətbiq olunur və aşağı və yüksək tezlikli olmaqla qruplara bölünürlər. Bərk maqnit materialları bunlar sabit maqnit materiallardır.

Elektrotexnika və radiotexnikada maqnit materialları kimi ferro və ferrimagnetlərdən istifadə olunur.

Diamagnet və paramagnetlər kvant paramagnet gücləndiricilərinin və generatorlarının işçi gövdələri kimi istifadə olunur.

İstənilən material xarici maqnit sahəsinin təsiri ilə maqnit momentinə malik olurlar, yəni maqnitlənirlər.

Maqnit materialının vacib xarakteristikası maqnit nüfuzluluğudur.

Maqnit nüfuzluluğu ( $\mu$ ) materialın maqnitlənmə xüsusiyyətini xarakterizə edir.

Maqnit nüfuzluluğu verilən materialda yaranan sahənin maqnit induksiyaasının vakuuma nisbətən neçə dəfə çox olmasını göstərir.

Maqnit nüfuzluluğu nisbi və mütləq olmaqla iki qrupa bölünür

Nisbi maqnit nüfuzluluğu aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\mu = \frac{B}{\mu_0 \cdot H}, \quad (4.1)$$

burada  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}, \frac{Hn}{m}$  olub, vakuumda maqnit nüfuzlulu-

ğudur və maqnit sabiti adlanır;

B- maqnit induksiyaası, Tl;

H- maqnit sahəsinin gərginliyi, A/m.

Mütləq maqnit nüfuzluluğu:

$$\mu_a = \mu_0 \cdot \mu = \frac{B}{H} \quad (4.2)$$

Hər hansı material xarici maqnit sahəsi təsirindən maqnit momentinə malik olur, yəni maqnitlənir . Maqnit sahəsi elektrik yüklərinin hərəkəti zamanı yarandığından qəbul etmək olar ki, materialların maqnit momenti də onların atomlarının tərkibinə daxil olan elektronların hərəkəti nəticəsində özünü göstərir.

Hər bir atomun elektronu iki növ hərəkət edir: orbital və arxa ( çiyin ) hərəkətlər. Bunlar da öz növbəsində orbital  $M_{orb}$  və  $M_k$  arxa maqnit momentləri yaradır. Atomun tam maqnit momenti:

$$M_{at} = \sum_1^k M_{orb} + \sum_1^k M_k \quad (4.3)$$

Materialların maqnit xassələrinin xarakteristikaları üçün aşağıdakı kəmiyyətlər vardır: maqnit induksiyaası, maqnit sahəsinin gərginliyi, maqnit sahəsinin təsirindən maqnit-

lənmə.

Diamaqnitlər elə materiallardır ki, onların atom və molekulları xarici maqnit sahəsi olmadıqda tam maqnit momenti olmur. ( $M_{at} = 0$ ). Onlarda ancaq xarici maqnit sahəsindən yaranan maqnit momenti olur. Diamaqnitlərə bütün təsirsiz qazlar, hidrogen, amiak, bir sıra metallar (Cu, Au, Ag, Zn, Pb və s.), qeyri-üzvi və üzvi (şüşə, mərmər, su və s.), (mum, neft və s.) materiallar aiddir. Bunlarda  $\mu \leq 1$  –dir.

Xarici maqnit sahəsi olmayanda paramaqnitlərin atomları artıq özlərinin elektronlarının arxa maqnit momenti ilə kompensasiya oluna bilməyən xüsusi maqnit momentinə malik olur.

Paramaqnitlərin maqnit nüfuzluluğu əmsalı vahiddən azacıq çox olur. Onlarda maqnit momentləri nizamsız yerləşir.

Paramaqnitizm (şəkil 4.1.a) qələvi metallarda (Na, K və s.) və keçid metallarında (Ti, Cr, Mn və s.) müşahidə olunur.

Ferromaqnitizm, paramaqnitizmin xüsusi halıdır. Lakin ferromaqnitlərdə atomların maqnit momentləri nizamsız yerləşirlər, (şəkil 4.1.b) nəticədə qarşılıqlı əvəz etmədə maqnit domenləri əmələ gətirməklə bir-birinə paralel istiqamətlənirlər.

(Domen- “domoine” fransız sözü olub “malik olmaq” deməkdir. Bu isə eyni cinsli mühit olub maqnit xüsusiyyətləri ilə fərqlənən hissəcikləri göstərir misal üçün, ferromaqnit).

Maqnit domenləri doyma halında olan ferromaqnitlərin elementar vahid həcmi təşkil edir. Domenlərdə bütün atomların maqnit momentləri bir-birinə paralel olur.

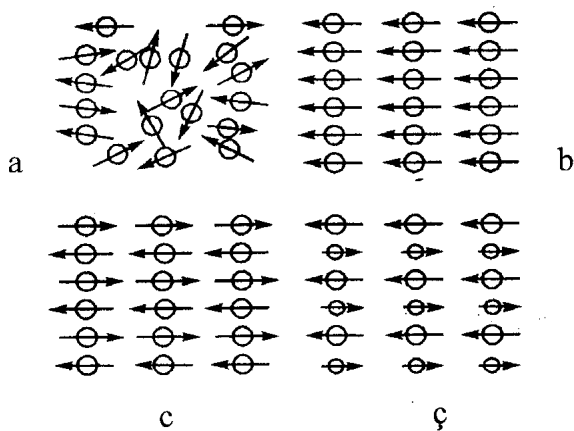
Antiferromaqnitlər – paramaqnit və ferromaqnitlər kimi maqnit domenlərinə malikdirlər, lakin bunlarda maqnit momentləri bir-birinə paralel olurlar ( 4.1.c ). Bu materiallara CuO, FeO, Cr, Mn və s. aiddir.

Ferromaqnitlər kompensasiya olunmayan antiferromaqnitlərdir. Bunlarda ionların maqnit momentləri antiparalel

yönənlilər (şəkil 3.1.ç).

Ferritlər metal oksidlərinin mürəkkəb sistemindən ibarətdir. Bunlar maqnit keramikasıdır. Ferritlər yüksək xüsusi müqavimətə və aşağı qiymətli doyma induksiyasına malikdirlər. Ferritlərdə xüsusi müqavimətin yüksək ( $\rho=10^{-3}-10^{11}$  Om·m) olması onlarda dəyişən maqnit sahəsinin təsiri ilə burulğan cərəyanlar yaranmasını istisna edir. Bu isə ferromaqnitləri maqnit materialı kimi yüksək tezliklər (CBЧ) də daxil olmaqla radiotezliklər diapozonunda tətbiq etməyə imkan verir.

Güclü maqnitli materiallarda  $\mu$  çox yüksəkdir və onun qiyməti xarici maqnit sahəsinin qiymətindən asılı olur. Bunlara dəmir, nikel, kobalt və onun ərintiləri, xrom və marqansın ərintiləri, ferrit və s. aiddir.



**Şəkil 4.1. Xarici maqnit sahəsi olmadıqda paramaqnitlərdə (a), ferromaqnitlərdə (b), antiferromaqnitlərdə (c) və ferromaqnitlərdə (ç) atomların maqnit momentlərinin sxematik təsviri**

Materialların maqnit xüsusiyyəti elektrik yüklərinin hərəkətlərinin daxili gizli formaları ilə əlaqədardır ki, bu da dairəvi elementar cərəyanlardan ibarətdir. Ferromaqnetizm



hadisəsi maqnit domenləri adlanan mikroskopik oblastlar sərhəddində bəzi kristallik strukturlarda müəyyən temperaturdan (Kürri nöqtəsindən) aşağı olan halda materialların yaranması ilə əlaqədardır. Beləliklə, cisimlərin ferromaqnit vəziyyətlərinə xarakterik olan onlarda xarici maqnit sahəsi olmadan öz-özünə (spontan ) maqnitlənmə yaranmasıdır.

Ferromaqnit monokristalların maqnitlənməsində onların xətti ölçülərinin dəyişilməsi müşahidə edilir ki, bu hadisə də maqnitostriksiya hadisəsi adlanır. Ən çox maqnitostriksiya ferromaqnitlərdən nikeldə müşahidə olunur.

Maqnitostriksiya maqnit və latın sözü olan və sıxılma dartılma mənasını verən “Stiktiv” sözlərindən ibarət olub kristallik cismin maqnitlənmə zamanı ölçü və formasının dəyişməsinə uyğun gəlir.

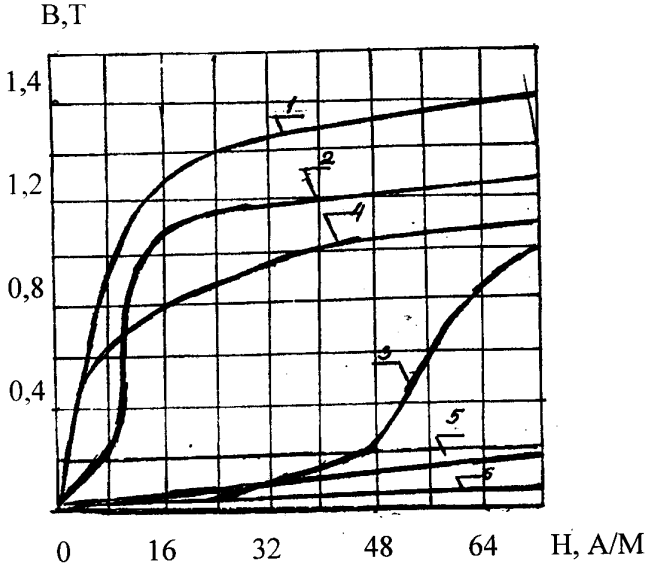
Maqnitostriksiya- ferromaqnit materiallarının maqnitlənməsi zamanı onların xətti ölçülərinin dəyişməsi ilə müşahidə olunur.

Ferromaqnit materiallarının maqnitlənmə prosesi praktiki olaraq maqnit induksiyasının (B) sahə gərginliyindən asılılığını xarakterizə edən maqnitlənmə əyrisi ilə ifadə edilir.

Şəkil 4.2-də bəzi maqnit materiallarının maqnitlənməsinin əsas əyriləri verilir. Maqnit nüfuzluluğu əsas maqnitlənmə əyriləri üzrə onların verilmiş nöqtəsində maqnit induksiyasının (B) maqnit sahəsinin gərginliyinə (H) nisbəti kimi qəbul edilir.

Əgər ferromaqniti xarici maqnit sahəsi ilə maqnitləşdirib sonra isə maqnitlənmə əyrisinin hər hansı nöqtəsindən sahə gərginliyini azaltsaq, induksiya da azalacaq, ancaq əsas əyri üzrə yox, müəyyən gecikmə ilə geri qalmaqla histerezis hadisəsi nəticəsində azalacaqdır. Nəticədə histerezis ilgəyi alınır. (Şəkil 4.2 ).

Maqnit induksiyasının  $H=0$  qiymətinə uyğun gələn  $B_q$  qiymətinə qalıcı induksiya deyilir. Maqnit induksiyasının sıfır qiymətinə uyğun gələn sahə gərginliyinin qiyməti  $H_s$  gecikdirici və ya koersitiv qüvvə adlanır.



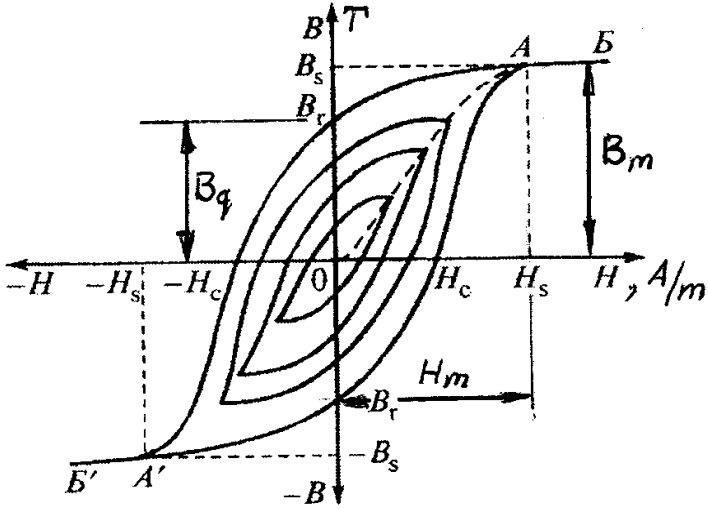
**Şəkil 4.2. Maqnit induksiyasının xarici maqnit sahə gərginliyindən asılılıq əyriləri:**

1-xüsusi təmiz dəmir; 2- təmiz dəmir (99,98% Fe); 3- texniki dəmir (99,92% Fe); 4-permaloy (78% Ni); 5-nikel; 6- dəmir-nikel ərintisi (26% Ni).

Kiçik gecikdirici qüvvəyə və böyük maqnit nüfuzluğu əmsalına malik olan maqnit materialları yumşaq maqnit materialları adlanır.

Böyük koersitiv qüvvəyə və nisbətən aşağı nüfuzluluğa malik olan materiallar bərk maqnit materialları adlanır.

Ferromaqnitlər dəyişən maqnit sahəsində yenidən maqnitlənərkən həmişə istilik formasında itgilər müşahidə olunur. Bunlar histerezis və dinamiki itgilərə ayrılır. Dinamiki itgilər maqnit materiallarında yaranan burulğan cərəyanlar ilə əmələ gəlir. Bu cərəyanların qiyməti ferromaqnitin elektrik müqavimətindən asılıdır. Histerezis itgisi aşağıdakı kimi təyin olunur:



Şəkil 4.3. Histerezis ilgəyi

$$P_H = \eta \cdot f \cdot B_{maks}^n \cdot V, \quad (4.4)$$

burada  $\eta$  - materialın növündən asılı olan əmsal;

$B_{maks}$  – induksiyanın maksimum qiyməti;

$n=1,6 \div 2$  olub dərəcə göstəricisidir;

$f$ - cərəyanın tezliyi;

$V$ - ferromaqnitin həcmi.

Burulğan cərəyanlara sərf olunan itgilər:

$$P_f = E \cdot f^2 \cdot B_{maks}^2 \cdot V, \quad (4.5)$$

burada  $E$ - ferromaqnitin tipindən, onun xüsusi müqavimətindən və formasından asılıdır.

## 4.2. Yumşaq maqnit materialları

Yumşaq maqnit materialları yüksək maqnit nüfuzluluğuna, kiçik koersitiv qüvvəyə və az histerezis itgisinə malik olduğundan transformatorlarda, elektrik maşınlarında, aparatlarda, ölçü cihazlarında və digər hallarda az enerji sərf etməklə ən böyük maqnit induksiyası əldə olunmaqla tətbiq edilir.

Burulğan cərəyanlara olan itgiləri azaltmaq üçün transformatorlarda yüksək elektrik müqavimətli bir-birindən izolyasiya olunan polad vərəqələrdən ibarət yumşaq maqnit materialları tətbiq edilir. Yumşaq maqnit materiallarına dəmir, onun bəzi ərintiləri(permallay, alsifer və c.) və elektrotexniki polad aiddir.

Texniki dəmirin tərkibində onun maqnit xüsusiyyətlərini azaldan kömür, kükürd, marqans və s. olur. Nisbətən aşağı xüsusi elektrik müqavimətinə malik olduğu üçün texniki təmiz dəmir çox az halda əsasən sabit maqnit nüvələrində tətbiq olunur.

**Elektrotexniki polad, onun markaları və tətbiqi.** Vərəqəşəkili elektrotexniki polad ən çox tətbiq olunan yumşaq maqnit materialıdır. Bunun tərkibinə silisium kimyəvi elementi əlavə etməklə xüsusi müqaviməti yüksəlir, burulğan cərəyanlara olan itgilər azalır. Bundan başqa poladda silisiumun olması qrafit şəkilində karbon ayrılmasına səbəb olur. Bununla yanaşı silisiumun polada daxil edilməsi onun mexaniki xüsusiyyətinə kövrəkliyi artırmaqla təsir edir, ştamplama və mexaniki emal xüsusiyyəti pisləşir. Ancaq bu halda maqnit nüfuzluluğu artır, sahə gərginliyi azalır, histerezis itgiləri aşağı düşür.

Poladın tərkibində 4%-ə qədər silisium olanda onun mexaniki xüsusiyyəti kifayət qədər yaxşılaşır və 5%-dən çox olduqda isə polad çox kövrək olur.

Vərəqə şəkili elektrotexniki polad aşağıdakı markalar-

da buraxılır:

Ə11, Ə12, Ə13, Ə21, Ə22, Ə31, Ə32, Ə41, Ə42, Ə43A  
... Ə48, Ə310, Ə320, Ə333, Ə330A, Ə340, Ə370, Ə380,  
Ə1100, Ə1200, Ə1300, Ə3100, Ə3200.

Birinci rəqəm %-lə silisiumun miqdarını göstərir. Silisiumun miqdarının artması poladın sıxlığının artmasına və onun xüsusi müqavimətinin yüksəlməsinə səbəb olur.

İkinci rəqəm poladın elektrik və maqnit xüsusiyyətlərini xarakterizə edir. Belə ki, 1,2,3 rəqəmləri  $f=50$  Hs-də xüsusi itkiləri və güclü sahələrdə maqnit induksiyasını göstərir, A hərfi xüsusi aşağı itgiləri göstərir.

4 - rəqəmi  $f=400$  Hs-də itgiləri, orta gərginlikli sahədə maqnit induksiyasını göstərir. 5,6 rəqəmi poladın  $H=0,2 \div 0,8$  A/m sahə gərginliyi qiymətlərində müəyyən maqnit nüfuzluluğuna malik olduğunu göstərir.

7,8 - rəqəmləri poladın nəzərdə tutulan maqnit nüfuzluluğunun  $H=3 \div 1000$  A/m sahə gərginliyinə malik olduğunu göstərir.

Üçüncü rəqəm 0 olarsa poladın soyuq emal olunması deməkdir.

Ən çox istifadə olunan vərəqəşəkilli polad aşağıdakı ölçülərdə buraxılır: qalınlığı  $\delta = 0,1; 0,2; 0,35; 0,5; 1$  (mm) ; eni  $a=0,24; 0,6; 0,7; 1$  m; uzunluğu  $b=0,72; 1,2; 1,34; 1,72; 2$  m.

Permallyay zəif sahələrdə olduqca böyük ilkin maqnit nüfuzluluğuna malik olan dəmir və nikeldən ibarət ərintidir. Onun xüsusiyyətləri tərkibindəki nikelin qiymətindən asılıdır. Permallyayın maqnit nüfuzluluğunun ən yüksək qiyməti nikelin 78,5 % miqdarında alınır. Permallyay kiçik qabaritli güc transformatorları, drossellər və relelərin hazırlanmasında (yüksək maqnit induksiyasında) işlədilir. Burada 45 H və 50 H markalı permallyaydan istifadə olunur.

Alsifer dəmirin silisium və aliminiumla qarışığından (9,5% Si, 5,6% Al və 84,9% Fe) ibarət ərintidir. Alsiferdən maqnit ekranları, cihazların gövdələri və s. hazırlanılır. Bun-

lardan başqa xüsusi ferromaqnitlər də tətbiq olunur. Həmin materiallar quruluş və ya maqnit xüsusiyyətlərinə görə fərqlənirlər. Belə maqnitlərə perminvar, izopern, termomaqnit, dəmirkobalt ərintiləri aiddir.

### 4.3.Bərk maqnit materialları

**Sabit maqnit üçün tətbiq olunan bərk maqnit materiallarının əsas xüsusiyyətləri.** Bərk maqnit materiallarının əsas xüsusiyyətlərinə koersitiv qüvvə (  $H_c$  ), qalıcı maqnit induksiyası (  $B_r$  ) və ətrafa verilən maksimum xüsusi enerji (  $W_m$  ) daxildir.

Sabit maqnitlərdə maqnit nüfuzluluğu yumşaq maqnitlərə nisbətən aşağıdır, koersitiv qüvvə çox, maqnit nüfuzluluğu olduqca az olur.

Qapalı halda olan maqnitlərdə ətraf fəzaya enerji verilmir. Maqnit enerjisinin ötürülməsi üçün hava aralığı olmalıdır, yəni açıq maqnit dövrəsi olmalıdır.

Şəkildə ( histerezis ilgəyinin II kvadrantının qalıcı induksiyasının (  $B_r$  ) koersitiv gücdən asılılığı (  $B_r$  ,  $H_c$  hissəsi ) maqnitləşmə əyrisi və həm də maqnit sahəsinin xüsusi enerjisinin  $W_\ell$  maqnit induksiyasından asılılığı (  $B_r-0$  ) əyrisi verilir.

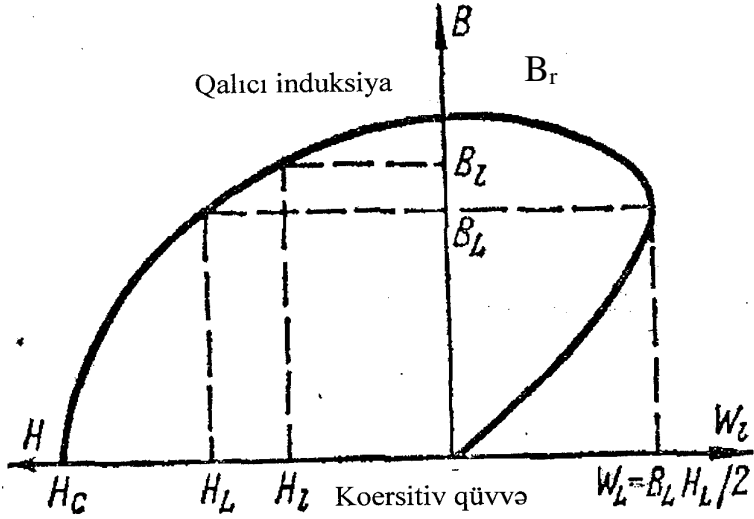
Hava aralığındakı enerji onun uzunluğundan (  $\ell$  ) asılıdır. Hava aralığındakı maqnit induksiyası  $B_\ell$  qiyməti qütblərin maqnitləşmə təsirindən yaranan qalıcı induksiya kiçik olur.

Hava aralığının vahid həcminə düşən maqnit enerjisi aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur.

$$W_e = \frac{B_\ell \cdot H_\ell}{2}, \quad (4.6)$$

burada  $H_\ell$  – hava aralığındakı (  $\ell$  ) maqnit induksiyasına (  $B_\ell$  )

uyğun sahə gərginliyidir.



**Şəkil 4.4 Bərk maqnitin maqnitləşmə və maqnit enerjisinin dəyişmə qrafiki**

Maqnitin uzunluğu nə qədər az və hava aralığı çox olarsa qütblərdə maqnitləşmə sahəsi böyük və  $B_\ell$  ( hava aralığının induksiyası ) az olur. Qapalı maqnitdə  $B_r = B_\ell$  olduqda  $H_\ell = 0$  olduğundan  $W_e = \frac{B_\ell \cdot H_\ell}{2}$  ifadəsinə görə  $W_e = 0$  olur.

Əgər qütblər arasındakı hava aralığı olduqca çox olarsa, bu halda  $B_\ell = 0$ ,  $H_\ell = H_c$  olduqda da,  $W_e = 0$  olur.  $B_L$  və  $H_L$  -n hər hansı qiymətində enerji  $W_L$  maksimuma ( şəklə uyğun olaraq) çatır.

$$W_L = \frac{B_L \cdot H_L}{2} = \frac{(B \cdot H)_{maks}}{2} = W_{maks} \quad (4.7)$$

Son ifadə sabit maqnitin ən yaxşı istifadə olunmasını təyin edir və sabit maqnitin keyfiyyətinin ən vacib xarakteris-

tikalarındandır. Sabit maqnitlər olduqca geniş tətbiq olunur. Onlar konstruksiya və qabaritlərinə görə müxtəlif olur.

Sabit maqnitlərə irəli sürülən əsas tələb ondan ibarətdir ki, onlar hava aralığında qütblər arasında sabit qiymətli sahə gərginliyi  $H_\ell$  və maqnit induksiyası  $B_\ell$  yarada bilməlidir. Sabit maqnit mümkün qədər böyük maqnit enerjisinə malik olmalıdır, yəni bərk maqnitlər böyük qiymətli koersitiv qüvvəyə ( $H_L$ ) və qalıcı maqnit induksiyasına ( $B_L$ ) malik olmalıdır.

Sabit maqnitlərin maqnit seli vaxt keçdikcə azalır və beləliklə, xüsusi maqnit enerjisi də azalır. Bu proses maqnitin köhnəlməsi adlanır. Əgər maqnitin köhnəlməsi vibrasiya, zərbə, temperaturun kəskin dəyişməsi nəticəsində baş veribsə, onu təkrar maqnitləndirməklə əvvəlki vəziyyətinə qaytarmaq olar. Əgər köhnəlmə bərk maqnitin struktur dəyişikliyi nəticəsində baş veribsə bu dönməyən prosesdir. Buna görə də bərk maqnit materialı köhnəlməyə dayanıqlı olmalıdır.

**Bərk maqnit materiallarının əsas növləri.** Tərkibinə və alınma üsuluna görə bərk maqnit materiallarının aşağıdakı növləri vardır:

1. Martensid üsulu ilə möhkəmləndirilməklə (bərkidilmiş) aşqarlanmış polad.
2. Tökmə bərk maqnit ərintiləri ( yüksək koersitiv tökmə ərintilər ).
3. Metal keramik və metalplastik maqnitlər.
4. Bərk maqnit ferritləri .
5. İnformasiyaların maqnit daşıyıcıları üçün ərintilər.

**Aşqarlanmış və bərkidilmiş polad əsasında olan bərk maqnit materialları.** Bu material sabit maqnitlər hazırlanması üçün ən sadə və əlverişli materialdır. Bunlar volfram, xrom, kobalt və molibden əlavə olunmaqla aşqarlanır. İstifadə olunan poladın markalarına EX, EX3, E7B6, EX5K5 və s. aiddir. Cədvəl 4.1-də sabit maqnitlərin tərkibi və xassəsi verilir. Bu polad üçün maksimum maqnit enerjisi 1-4 kC/m<sup>3</sup>-dir.



Bu tip polad sabit maqnit istehsalında ən əvvəl istifadə olunub. Hazırda onların maqnit xüsusiyyətləri yüksək olmadığından məhdud tətbiq olunur.

#### *Cədvəl 4.1*

#### *Sabit maqnitin əsas xassələri*

Poladın markası	Kimyəvi tərkib					Maqnit xassəsi
	C	C <sub>r</sub>	W	M <sub>o</sub>	B <sub>r</sub> , T	H <sub>c</sub> , kA/m
EX	0,95-1,10	1,30-1,60	-	-	0,9	4,5
EX3	0,90-1,10	2,80-3,60	-	-	0,95	4,8
E7B6	0,68-0,78	0,30-0,50	5,20-6,20	-	1	5
EX5K5	0,90-1,05	5,50-6,50	-	-	0,85	8
EX9K15M	0,90-1,05	8,0-10,0	-	1,20-1,70	0,8	13,6

Lakin ucuz olduğu üçün ondan hələ tamamilə imtina olunmayıb və az məsuliyyətli qurğularda tətbiqi davam edir.

**Tökmə bərk maqnit ərintiləri.** Bu ərinti böyük maqnit enerjisinə malik olmaqla üç qat ( Al-Ni-Fe ) ərintilərdən ibarət olub, əvəllər alni adlanırdı.

Bu ərintiyə kobalt və ya silisium əlavə etməklə onun maqnit xassələri yüksəlir. Alni ərintisinə silisium əlavə etdikdə o alnisi, kobalt əlavə olunduqda alniko adlanır. Cədvəl 4.2-də bərk maqnit ferritlərinin xassələri verilir.

Bütün bərk maqnit materiallarının ən yaxşı xüsusiyyətləri onların təkcə tərkibinin yaxşılaşdırılması üçün xüsusi üsulla emal olunmasıdır. Bu tip bərk maqnit ərintilərinin çatışmazlığı onlardan dəqiq ölçülü məmulatlar hazırlamaq mümkün olmamasıdır. Bu onların kövrəkliyi və bərkliyi ilə əlaqədardır. Al-Ni-Fe sistemli ərintilər 11 tərkibdə buraxılır. Bu ərintilərdə markalanma aşağıdakı kimi aparılır. Al-alüminium, H-nikel, D-mis, K-kobalt, T-titan və sairə.

## Cədvəl 4.2

### Maqnit ferritlərinin əsas xassələri.

Ferritin markası	$B_r$ T	$H_c$ kA/m	$W_{maks}$ , kC/m <sup>3</sup>	$\rho$ , Om·m
0,7БИ	0,18-0,21	114-128	2,8-3,2	10 <sup>6</sup>
1БИ	0,19-0,22	128-144	3,2-44	10 <sup>3</sup>
2БА	0,3-0,35	1184-232	8,0-12,6	10 <sup>3</sup>
2БА1	0,28-0,33	192-240	7,2-10	10 <sup>3</sup>
3БА	0,35-0,4	128-184	12-14	10 <sup>3</sup>

**Metal keramik və metal plastik maqnitlər.** Hər iki halda ilkin xammal olaraq maqnit tozu- (ovuntusu) istifadə olunur. Bu materiallardan mexaniki emal aparmadan dəqiq ölçülü xırda detallar hazırlamaq olur.

Metal keramik maqnitlər ovuntu texnologiyası metodu ilə hazırlanır. Bu halda xırda hissəcikli ovuntu Al-Ni-Fe sistemli ərinti Co, Si, Cu və s. aşqarlarla yüksək temperaturda preslənir. Bu zaman alınmış məmulat həcm üzrə 3-5% məsamələrə malik olur ki, bunun nəticəsində qalıcı maqnit induksiyası  $B_r$  və maqnit enerjisi  $W_m$  10-20% tökmə maqnit ərintilərinə nisbətən azalır, ancaq koersitiv qüvvəyə  $H_c$  təsir etmir. Bunların mexaniki xassələri tökmə maqnit materiallarına nisbətən yüksəkdir. Sənayenin istehsal etdiyi metal keramik maqnitlərdə  $H_c=24-128$  kA/m,  $B_r=0,48-1,1$  Tl,  $W_m=3-16$  kC/m<sup>3</sup> olur.

Metalplastik maqnitlər də metal keramik məmulatlar kimi hazırlanılır və əlavə olaraq burada dielektrik tozundan istifadə olunur. Metal plastik məmulatlar yüksək təzyiqlə 500 Мпа preslənməklə 180<sup>0</sup>C temperaturda alınır.

Metalplastik maqnitin mexaniki xassələri tökmə maqnitlərə nisbətən yüksək, maqnit xüsusiyyətləri isə aşağıdır. Bunların hazırlanmasında aşqar kimi ferritdən, əlaqələndirici kimi isə rezindən istifadə olunur. Bu məmulat asan emal olduğundan ondan müxtəlif formalı detallar hazırlanılır. Bu material elastik maqnitlər və ya “maqnit rezini” adlanır.

Xarakteristikaları:  $B_r=0,13 \text{ Tl}$ ,  $H_c=84 \text{ A/m}$ ,  $W_m=1,5 \text{ KCl/m}^3$ ,  $\rho=10^4 \text{ Om}\cdot\text{m}$ .

**Bərk maqnit ərintiləri ( ferritlər )**. Bərk maqnit ferritlərin ( oksid maqnitləri ) hazırlanma texnologiyası keramik maqnitlərdə olduğu kimidir. Ferritlər unşəkili dəmir və digər metalların oksidləri qarışıqlarından hazırlanırlar. Preslənən ferritlər yüksək temperaturda qızdırmaq ilə alınır. Ferritə metal oksidi əlavə olunmasından asılı olaraq o, misal üçün ferritsink və ya ferrit nikel adlanır.

Ferritlərin əsas xarakteristikaları misal üçün nikel-sink ferriti üçün:  $\mu =800-3000$ ;  $H_c=20-54 \text{ A/m}$ ,  $B_r=0,11-0,25 \text{ Tl}$ ,  $\rho = 10 - 10^8 \text{ Om}\cdot\text{m}$ .

Ferritin üstünlüklərinə maqnit xarakteristikalarının sabitliyi, burulğan cərəyanlar itgisinin az, ferrit detallarının hazırlanmasının sadəliyi aiddir.

Sabit maqnitlərin hazırlanmasında bərk maqnit ferritlərdən istifadə olunur.

Ferritlərin çatışmazlığına kövrək olduğundan ancaq pardaxlamaqla emal olunmasıdır.

Ferritlər maqnit yarımkəçiriciləri hesab olunur, buna görə də temperatur artdıqca xüsusi müqavimət azalır, burulğan cərəyanlar itgiləri artır.

**İnformasiyaların maqnit daşıyıcıları üçün materiallar**. Səsin yazılması və onun təkrar istifadəsi üçün bərk maqnit poladından və ərintilərdən istifadə olunur. Bu polad və ərintilərdən lent, məftil, bimetallik lentlər hazırlamaq olur. Bu məmulatlardan maqnit informasiya daşıyıcıları kimi istifadə etmək üçün onların üzərinə möhkəm maqnit tozu çəkilir. Maqnit tozu kimi dəmir oksidlərindən ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  və  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) istifadə olunur (qara və açıq qəhvəyi rənglərdə). Maqnit lentləri istifadə olunarkən onun səthinin keyfiyyəti pisləşir və kələkötür vəziyyətinə düşür. Buna görə də maqnit lentlərinin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün onların səthi pardaxlanır.

## **BÖLMƏ 2. KONSERVASIYAEDİCİ VƏ KONSTRUKTİV MATERIALLAR**

### **Fəsil 5. Konservasiyaedici və mühafizə materialları**

#### **5.1. Ümumi məlumatlar**

Ölkənin aqrar istehsalatı daim yüksək məhsuldarlıqlı güclü texnika ilə təchiz olunur. Bu qiymətli texnika dəqiq, sıradan çıxmadan və etibarlı işləməlidir. Lakin kənd şəraitində bu texnika ağır və mürəkkəb hava şəraitində, soyuqda və yağışda işləməli olur. Bu texnika çox hallarda atmosfer yağmurlarının təsirlərinə məruz qalmaqla açıq havada saxlanılır. Əgər mühafizəedici tədbirlər görülməzsə texnikanın metal hissələri paslanır, maşınların vaxtından qabaq sıradan çıxmasına və onların təmiri üçün əsassız böyük xərclərə səbəb olur.

Aqrar istehsalatında texnikanın saxlanılmasının üç üsulu vardır: bağlı ( qaraj, ambar), açıq (üstü açıq meydança) və kombinə olunmuş (çardaq altında). Avadanlığın ən yaxşı saxlanması bağlı üsuldə təmin olunur.

Texnikanın açıq saxlanması onları metal səthləri ən çox xarab olmaya məruz qalır.

Tədqiqatlar göstərir ki, texnikanın korroziyadan səthi zədələnmiş detallarının iş zamanı xarab olması 1,5...2 dəfə tez baş verir və möhkəmlik həddi 30...40% aşağı düşür.

Metalların korroziyadan mühafizəsinin müxtəlif metodları içərisində aqrar istehsalatında ən geniş yayılanı detalın səthinin müvafiq materialla ( sürtgü yağı, boya və digər mühafizə örtüyü ) nazik qatla örtülməsidir. Lakin hətta metal səthinin rənglənməsi halında belə, orada korroziya baş verir. Bu zaman metal səthində ayrı-ayrı nöqtələrdə əmələ gələn pas boya qatının ayrılmasına və onun dağılmasına səbəb olur, qonşu sahələrə də yayılaraq korroziyanı sürətləndirir. Rənglənməmiş detallarda bu proses daha sürətlə baş verir. Bu hal-

da metal səthində əmələ gələn pas müəyyən hiqroskopikliyə malik olduğundan atmosferdəki nəmliyi özünə hopdurur, metala zərərli təsir göstərir. Bəzi hallarda belə korroziya nəticəsində yüksək mexaniki yükə məruz qalan detallar hətta çatlayaraq qəza yarada bilər.

Elektrik avadanlığı da xüsusilə heyvandarlıq fermalarında və üzümün emalı sexlərində quraşdırılarkən korroziyadan mühafizə tələb edir. Qeyd olunan ferma və sexlərdəki yüksək nəmlik və ətraf mühitdəki zərərli kimyəvi komponentlər (ammiaq buxarı və kükürd) elektrik qurğuları və işəburaxıcı aparatların metaldan olan mühafizə örtükləri, kontakt və konstruktiv elementləri korroziyaya uğradaraq onların iş zamanı etibarlılığını kəskin azaldır.

Respublikanın aqrar istehsalatında suvarma və su təchizatında geniş tətbiq olunan dərinlik elektronasoları subartezian quyusunda su içərisində işləyərkən sürətli korroziyaya uğrayır, nəticədə, xüsusilə elektrik mühərriki vaxtından əvvəl sıradan çıxmaqla təsərrüfata ciddi maddi ziyan vurur.

İstilikxana təsərrüfatlarının avadanlıq və konstruksiyaları yüksək temperatur və nəmliyin zərərli təsiri şəraitində olurlar. Adi lak boyaları ilə örtülməsinə baxmayaraq onlar tezliklə sıradan çıxırlar. Bu onunla əlaqədardır ki, lak boya materiallarının hazırlanıqları polimerlər nəmliyi udur və metala hopdurur və hətta 0,2 mm qalınlıqda lak qatının olmasına baxmayaraq korroziya yaradır.

Lak boya materialları paslanmış səthin üzərinə çəkiləndə metal tez xarab olaraq dağılır.

Metalların korroziyası təsərrüfatın bütün sahələrində böyük itgilərə səbəb olur. Hesablanmışdır ki, yüksək texniki inkişaf səviyyəsinə malik olan ABŞ kimi ölkədə metalların korroziyası səbəbindən ildə 40 mlrd. dollardan artıq itgi yaranır.

Rusiya Federasiyasında da metalların korroziyadan yaxşı saxlanılmadığı səbəbindən yaranan itgilərin həcmi böyük miqdarda milyard rubillərlə hesablanır.

Son vaxtlar elmi və istehsalat işçiləri maşın və mexanizmlərin korroziyadan etibarlı mühafizəsi üçün daha əlverişli və səmərəli materiallar axtarıb tapmaqdadırlar. Bu məqsədlə texnoloji istiqamətlərdən biri aqrar istehsalatındakı texnikanın istismar etibarlılığını yaxşılaşdıran və yüksək iqtisadi səmərə verən inqibitorların tətbiq olunmasıdır.

## **5.2. Metalların korroziyası və antikorroziya materialları**

Metal atmosfer nəmliyinin və yağmurlarının təsiri altında görkəmini dəyişir, əvvəlki möhkəmliyini itirir və zaman keçdikcə istifadə edilməyə yarasız olur. Bu hallarda metal qurğu paslanmış və korroziya olunmuş hesab edilir.

Korroziya-metalın ətraf mühitin ona kimyəvi və ya elektrokimyəvi təsiri nəticəsində dağılmasıdır.

Korroziyanın kimyəvi xarakteri yüksək temperaturda mühitin təsiri və onun səthində maye elektrolitin olmaması ilə izah olunur. Bu zaman metal havanın oksigeni ilə oksidləşir və onun səthində qabıqlar yaranır.

Yüksək olmayan adi temperaturda və metal səthində azacıq da olsa nəmlik varsa bu halda elektrokimyəvi korroziya baş verir. Bu halda metalın maye ilə kontaktda olan dayanıqlı hissəsində maye ilə kontaktda olaraq katod təşkil edir. Bu hissədə oksigen udulur və oradan hidrogen ayrılır. Metalın daha aktiv olan digər anod hissəsində isə dağılma baş verərək pas əmələ gəlir. Yaranmış bu sistem qalvanik element kimi işləyir, anodla katod arasında elektrik cərəyanı axır və korroziyanı olduqca sürətləndirir.

Korroziya baş verən mühitdən asılı olaraq elektrokimyəvi korroziya üç növdə olur:

1. Atmosfer korrozoyası.
2. Su və su olmayan məhlulda yaranan korroziya.
3. Metalların torpaqdakı korroziyası.

Atmosfer korroziyası ən geniş yayılmışdır.

Aqrar istehsalatında texnikanın çoxu açıq havada və daim atmosfer nəmliyinin və yağmurlarının təsirlərinə məruz qalır. Müəyyən edilmişdir ki, bütün korroziya itgilərinin 80%-i atmosfer korroziyası nəticəsində baş verir. Buna görə də atmosfer korroziyasından texnikanın mühafizəsi böyük əhəmiyyətə malikdir.

Atmosfer korroziyası 3 növə bölünür:

1. Atmosfer havasının 70...80% nisbi nəmliyində texnika anbar və sarayda yerləşdirilərkən yavaş-yavaş baş verən quru korroziya;

2. Atmosfer havasının 80...100% nəmliyində texnikada olduqca sürətlə baş verən rütubətli korroziya;

3. Atmosfer yağmurları metal səthinə düşərkən havanın temperaturunun dəyişməsi halında olduqca sürətlə baş verən və texnika üçün çox təhlükəli olan nəm korroziya.

Nəm atmosfer korroziyasından ən vacib mühafizə tədbiri texnikanın örtülü binalarda saxlanmasıdır. Təkcə bu tədbirin həyata keçirilməsi korroziyadan zədələnmələri 2-3 dəfə aşağı saır. Bununla yanaşı metal səthlərdə pas əmələ gəlməsinin tamamilə qarşısını alan xüsusi vasitələrin də təsir etibətliliyini yüksəldir.

Lakin belə saxlanma böyük material və əmək sərfi tələb etdiyindən texnikanın xeyli hissəsi açıq havada saxlanılır və daha səmərəli mühafizə vasitələrinə ciddi ehtiyac vardır.

Metalın üzərinə mühafizə örtüyünün çəkilməsi metal konstruksiyanın korroziyasının sürətinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb olur. Bu metod ən qədim olmaqla atmosferdə, suda və torpaq altında yerləşən qurğuları mühafizə etməklə universal üsul hesab olunur.

Mühafizə örtüklərinin təyinatı metal konstruksiyasının səthinə zərərli maddələri yaxın buraxmamaqdır.

Mühafizə örtükləri 2 sinfə ayrılır: qeyri-metal və metal.

Qeyri-metal örtüklər özləri də 2 qrupa bölünür: üzvü və qeyri üzvü.

Korroziyaya qarşı əsas mühafizə hesab olunan üzvü örtüklərə laklar, bitumlar, plastiklər, epoksidlər, kauçuk və s. aiddir.

Qeyri-üzvü örtüklərə sement, asbosement, oksid, silikat, fosfat, sulfidlər və digər örtük tipləri aiddir.

Bəzən mühafizə təsirini artırmaq üçün üzvü və qeyri-üzvü örtüklərin kombinasiyasından istifadə olunur.

Mühafizə örtükləri ilə örtülən metal səthlərin hazırlanması iki əməliyyatdan ibarətdir:

1. Metal səthində olan yağlı çirkəlin təmizlənməsi.
2. Metal səthindəki pas və yanmadan sonra yaranan metal qatlarından təmizləmə .

Metal səthini kimyəvi üsulla təmizlədikdə I üsuldan istifadə olunur.

Metalın səthi pasdan və yanmış metal qatlarından mexaniki üsulla təmizlənməyə kimyəvi və termiki emaldan da keçirilir.

Metal səthini mexaniki üsulla təmizlədikdə polad fırçalar, pardaxlayıcı və s.-dən istifadə olunur.

Metal səthinin kimyəvi və elektrokimyəvi metodla təmizlənməsindən əvvəl əridici və qələvidən istifadə olunur. Bu məqsədlə benzindən, ağ neftdən, dixloretandan istifadə edilir. Təmizləmə vaxtı temperatur  $80-90^{\circ}\text{C}$ , davam etmə müddəti isə 5-10 dəqiqədir.

Metal səthindən pası təmizlədikdən sonra o, kimyəvi (zəhərli) məhlulda yuyulur və neytrallaşdırılır (qələvidə yuyulur).

Metal səthinin termiki metodla təmizlənməsi əsas metal və onun səthindəki təmizlənmənin temperatur genişlənmə əmsallarının fərqi istifadəsinə əsaslanır. Bu məqsədlə yüksək temperaturlu qaz qaynağı alovu, ya da yüksək tezlikli induksion qızdırıcılardan istifadə edilir.

Termiki üsulla təmizləmənin zavod üsulunda digər variantı olan induksion qızdırma üsulu tətbiq olunur. Bu üsulda tez qızma nəticəsində hələ əsas metal qızmadan onun



üzərindəki yanmış metal qabıqları kənarlaşdırılır. Bu metod yüksək məhsuldarlıq, prosesin fasiləsizliyi, istehsalatın axım xətti sxemində istifadə olunma mümkünlüyü, avadanlığın kompaktlığı və az sahə tutmaq kimi üstünlüklərə malikdir. Qurğunun çatışmazlığına onun dəyərinin yüksək olması aiddir. Bu qurğu ilə qızdırmada 10000 Hs yüksək tezlikli cərəyan alınır, qızma 177 °C-də aparılır.

### **5.3. İnqibitorlar və onların avadanlıqların korroziyadan mühafizəsində tətbiqi**

Kontakt və uçucu (buxarlanan) inqibitorların tətbiqi korroziyadan mühafizənin ən mütərəqqi və qənaətli üsuludur.

Az miqdarda kontakt inqibitoru yuyucu, soyuducu, mühafizə-emylsiya, yağ, sürtgü və lak boya materiallarına əlavə olunur.

Uçucu inqibitorlar maşının daxili hissələrinə çəkilir, məhlul kimi püsgürülür.

Uçucu inqibitorlar olan xüsusi kağızlar lent vasitəsilə maşının xarici səthinə çəkilir. Bu zaman hər m<sup>2</sup> sahəyə cəmi 5-20 qram inqibitor sərf edilir. Məsələn üçün, kağız 10 % urotropin və 10% nitrit-natriy məhluluna salınır, havada qurudulur və konservasiya üçün istifadə olunur.

Inqibitorun səmərəliliyinə sübut üçün 1 q uçucu inqibitorun 1000 m<sup>3</sup> havada buxarlandırarkən hətta nəm havada yerləşən metal hissələri qoruya bilməsi faktını misal göstərmək olar.

Bu sahədə Çelyabinsk Aqrar Mühəndislik Universitetindəki ( ÇAMU ) Kimya kafedrasında görkəmli nəaliyyətlər əldə olunmuşdur.

Bu tədbirlərin ÇTZ-də (Çelyabinsk traktor zavodu) tətbiqi ( УИИ-50% urotropin + 50% nitrit-natriy) milyon rubillərlə iqtisadi səmərə verir.

Bütün kontakt və uçucu inqibitorlar iki qrupa bölünür:

1. Oksidləşdirici xassələri olmayanlar (ammiak, qələvi, soda).
2. Oksidləşdirici xassələri olan (nitrit-natriy, xromat-kalium).

Oksidləşdirici xassələri olan inqibitorlar oksidləşdirici xassələri olmayanlara nisbətən təxminən yüz dəfədən çox səmərəlidir. Lakin oksidləşdiricilər turşulara həssasdır və onların bəziləri zəhərlidir. Buna görə də onların hər ikisinin qarışığından istifadə etmək məqsədəuyğundur.

İnqibitorların sulu məhlulları buxar qazanlarının mərkəzi istilik şəbəkəsi borularının, su borularının, avtomobil, traktor və kombaynların iş vaxtı və saxlama dövründə soyutma sistemlərinin korroziyadan mühafizəsində tətbiq oluna bilər.

İnqibitorların artezian elektrik mühərriklərində tətbiqi sahəsində ÇAMU-nun Kimya kafedrası və ADAU-nun kənd təsərrüfatının elektrifikasişdırılması kafedrası (müəlliflər: professor, t.e.n. O.H.Məmmədov və prof.O.İ.Qolyanitski) səmərəli işlər yerinə yetirmişlər. Bunun nəticəsində dərinlik elektrik mühərriklərinin daxili hissələrinin korroziyadan mühafizə etmək üçün destillə olunmuş inqibitorlu suyu onların içərisinə tökmək tövsiyyə olunur. Bu tövsiyyənin tətbiqi nəticəsində dərinlik elektronasoslarının xidmət müddəti ən azı 2,0 dəfəyə qədər artır.

Texniki qurğuların rənglənməyən metal səthlərini korroziyadan qorumaq üçün ÇAMU-da işlənmiş quruyan mühafizəedici emulsiya ilə örtmək lazımdır. Hazırlanan emulsiya təmizlənən mühafizə olunan səthə boya püskürücüsü və ya fırça ilə çəkilir.

Texniki qurğuların ehtiyat hissələrini uçucu inqibitorlarla konservasiya etdikdə onların qapalı boşluqlarına həmin inqibitor çəkilir və ya qeyd olunan qapalı boşluqlar inqibitor hopdurulmuş kağıza bükülür. Ehtiyat hissələri çardaq altında saxlandırıqda mühafizə olunan səthlər inqibitorlu kağızlara iki qat bükülür. Ehtiyat hissələri açıq havada qalarsa bu halda da onlar ikiqat inqibitorlu kağıza büküldükdən sonra əlavə ola-

raq yağmurlardan qorunmaq üçün polietilen materialı ilə örtülür.

Xüsusi qiymətli detallar konservasiya olduqdan sonra bağlı, qızdırılan və ya quru binalarda saxlanılır.

## Fəsil 6. Konstruksiya materialları

### 6.1. Metalların təsnifatı

Konstruksiya materialları qrupuna metallar, ərintilər və polimerlər də daxil olmaqla qeyri-metal materiallar daxildir. Onlar sənayedə, tikintidə, nəqliyyat və kənd təsərrüfatında ən geniş tətbiq olunmaqla, mexaniki, elektriki və digər fiziki-kimyəvi xassələr üzrə geniş spektrə malikdirlər. Metal və ərintilərin əsas tələbediciləri maşınqayırma sənayesidir. Onları həmçinin elektrotexnikada, radiotexnikada, qurğu və aparatların istehsalında istifadə edirlər. Sənayenin bu sahələrindən metal və ərintilər konstruksiya materialları kimi, həm də elektrotexniki material kimi tətbiq olunur.

Elektrotexnikada metallar keçirici və maqnit materialları kimi, məftil və kabel və habelə elektrik maşını və transformatorlarda maqnit nüvəsi kimi istifadə edilir.

Metalların təsnifatı müxtəlif əlamətlərə görə əsaslandırılıla bilər, istifadə olunma həcminə və tezliyinə görə, fiziki-kimyəvi xassələrinə görə və s.

Metalların texnikada istifadə həcminə və tezliyinə görə onları texniki və nadir metallar bölmək olar.

Texniki metallar ən çox tətbiq olunan metallardır. Bunlara dəmir, mis, aliminyum, maqnezium, nikel, titan, qurğuşun, sink və qalay aiddir. Bütün qalan metallar nadir metallardır. Bu metallardan cıvə, natrium, gümüş, qızıl, platin, kobalt, xrom və başqalarını göstərmək olar.

Təmiz halda dəmir çox az istifadə olunur. Dəmir adətən dəmir karbon (Fe-C) ərintisi şəkilində polad və çuğun kimi istifadə olunur və qara metallar qrupunu təşkil edir. Bütün qalanlar isə əlvan metallar qrupuna aiddir. İstehsal olunan metalların 85%-i qara metallara, 15%-i isə əlvan metallara aiddir.

Fiziki kimyəvi xüsusiyyətlərinə görə metallar altı əsas

qrupa bölünür.

1. Maqnit metalları – Fe, Co və Ni olub ferromaqnit xassələrinə malikdirlər.

2. Çətin əriyən metallar-bunların ərimə temperaturu dəmirin kindən ( 1539 °C ) çoxdur. Bunlara volfram (  $t_{\text{ər}} = 3380$  °C ), tantal (2970 °C ), molibden ( 2620 °C ), xrom (1900 °C) və b. aiddir

3. Asan əriyən metallara ərimə temperaturu 500 °C –dən aşağı olan sink ( 419 °C ), qurğuşun ( 327 °C ), natrium ( 98 °C ) və b., antikorroziya materialı və keçirici material kimi tətbiq olunur.

4. Yüngül metallar- xüsusi çəkisi  $2,75 \text{ mq/m}^3$  –dan az olan alüminium ( 2,7 ), maqnezium ( 1,74 ), natrium ( 0,97 ) və b. metallar daxildir. Bu metallar çəkisi az olması tələb olunan konstruktiv materialların istehsalında tətbiq olunur.

5. Nəcib metallar, bunlara qızıl, gümüş və platin aid olub elektrotexnikada xüsusi məsuliyyətli qurğularda tətbiq olunur.

6. Nadir metallar-lantanoidlərdir, müxtəlif ərintilərdə əlavə olunan aşığırlar.

## **6.2. Konstruktiv materiallar haqqında məlumat**

Adi poladlar başlıca olaraq dəmirin karbon, silisium, manqan, kükürd və fosforla ərintisindən ibarətdir. Çuqunların da tərkibi həmin elementlərdən təşkil edilmişdir. Lakin çuqunlarda bu elementlərin miqdarı poladlardakına nisbətən daha çoxdur. Bu fərq cədvəl 4.1 göstərilmişdir.

Təkrar emal çuqundan polad alınması üçün tələb edilən əsas şixtə materiallarından biridir. M1 markalı təkrar emal çuqunundan MCt-3 markalı polad alınması tələb edildikdə çuqundakı elementlərin miqdarını 4.1 cədvəlində göstərilən polad tərkibinə çatıncayadək azaltmaq lazımdır.

Rusiya Federasiyasında istehsal olunan poladların ümu-

mi miqdarının təxminən 80-90 %-i marten sobalarında alınır. Bu sobalarda adi karbonlu poladlardan başlamış legirlənmiş poladlara qədər ən mürəkkəb tərkibli ərinti növləri almaq mümkündür. Marten sobalarında maye və qaz şəklində yanacaq tətbiq edilir. Yanacaq yandırıldıqda alınan alovun temperaturu 1800-1900 °C –yə çatır.

**Cədvəl 4.1**

***Çuğunun və poladın markası və kimyəvi tərkibi***

Ərintinin markası	Kimyəvi tərkib,% -lə				
	C	Si	Mn	P	S
				ən çoxu	
M1 marten çuğunu	4,0-4,4	0,76-1,26	1,75-dək	0,15-0,30	0,06-0,07
MCt-3 marten poladı	0,14-0,22	0,12-0,30	0,40-0,65	0,050	0,055

Marten sobaları regenerativ tipli əridici qurğu olduğundan yanma məhsullarının istiliyindən yaxşı istifadə edilməsinə imkan yaradır. Yanacaq yandırıldıqda alınan qazlar metalı əritdikdən sonra əvvəlcə pegenerator adlanan xüsusi qurğulardan keçərək tüstü bacasına yönəlir. Bu qurğular qazların istiliyi hesabına qızır. Regeneratordan soyuq hava buraxdıqda o həmin qurğunun hörgülərinin istiliyi hesabına (1100-1300 °C-dək) qızır.

Alüminium, planetimizdə ən çox yayılmış elementlərdən biridir. Yer qabığında təxminən 7,5%-ə qədər alüminium vardır. Alüminiumun ərimə temperaturu 657 °C, xüsusi çəkisi isə 2,7 q/sm<sup>3</sup>-dir. O,yaxşı plastikliyə, elektrik və istilkeçirmə xassələrinə malikdir.

Mis kimi oksigenə qarşı çox həssas olduğundan alüminium təbiətdə sərbəst halda tapılmaz. O, boksit, nefelin, kaolin və alunit filizlərindən istehsal edilir.

Alüminium filizlərindən ən çox yayılanı boksitlərdir.

Uralda, Sibirdə və Petroqrad vilayətinin Tixvin rayonunda zəngin boksit yataqları yerləşir.

Boksitlərdən sonra alunit çox yayılmışdır. Dünyada ən böyük alunit yataqları Çində və Azərbaycanda Daşkəsən şəhəri yaxınlığındakı Zəylikdə yerləşir.

Aliminium üç mərhələdə istehsal edilir:

Birinci mərhələdə aliminium filizindən aliminium oksid alınır.

İkinci mərhələdə aliminium oksiddən elektroliz yolu ilə ilkin aliminium istehsal edilir

Üçüncü mərhələdə ilkin aliminium saflaşdırma prosesinə uğradılaraq bir sıra zərərli qarışıqlardan təmizlənir. Bu prosesə prafinasiya və ya saflaşdırma deyilir.

Aliminium filizindən aliminium oksid alınması üçün qələvi, turşu, elektro-metallurji və yaxud kombinə edilmiş üsullardan istifadə edilir. Qələvi üsulu daha geniş yayılmışdır.

Qələvi üsulu ilk dəfə A.A.Yakovkin-Muller tərəfindən işlənmişdir. Bu üsul öz növbəsində avtoklav və bişirmə üsullarına ayrılır. Avtoklav üsulu ilə aliminium oksid almaq üçün boksit əvvəlcə qurudulur, üyüdülmür, alınmış narın tozu içərisində natrium-hidrooksid məhlulu olan örtülü qaba – avtoklava daxil edərək yüksək temperatur ( $150^{\circ}\text{C}$ ) və təzyiqdə (5-7 atm) saxlayırlar. Nəticədə natrium-aluminat alınır.

## ƏLAVƏLƏR

### Əlavə 1

Bir sıra fiziki kəmiyyətlərin ölçü vahidləri arasında əlaqələr

1. Sıxlıq:  $1kq/m^3 = 0,001q/sm^3$
2. Çəki, güc:  $1N = 0,102kqs \approx 0,1kqs$
3. Təzyiq və həmin ölçüdə olan digər kəmiyyətlər:  
 $1Pa = 1N/m^2 = 10,2 \cdot 10^{-6}kqs/sm^2 \approx 10^{-5}kqs/mm^2 \approx 7$   
 $\approx 5 \cdot 10^{-3}mm.c.s.$
4. Zərbə özlülüyü:  
 $1C\ell/m^2 = 1,02 \cdot 10^{-3}kqs \cdot sm/sm^2 \approx 10^{-3}kqs \cdot sm/sm^2$
5. Səthi gərilmə:  $1N/m = 10^3din/sm$
6. Dinamiki özlülük:  $1Pa \cdot s = 1N \cdot s/m^2 = 10P = 10^3sP$
7. Kinematik özlülük:  $1m^2/s = 10^4St$
8. İstilikkeçirmə  $1W/(m \cdot K) \approx 2,4 \cdot 10^{-3}kal/(sm \cdot s \cdot K)$
9. Xüsusi istilik tutumu  
 $1C\ell/(kq \cdot K) \approx 2,4 \cdot 10^{-4}kal/(q \cdot K)$
10. Xüsusi müqavimət  
 $1Om \cdot m = 100Om \cdot sm = 10^6Om \cdot mm^2/m = 10^6mkOm \cdot m$
11. Xüsusi keçiricilik  
 $1Sm/m = 0,01Om^{-1} \cdot sm^{-1} = 10^{-6}m/(Om \cdot mm^2)$
12. Elektrik möhkəmliyi, elektrik sahəsinin gərginliyi  
 $1V/m = 10^{-6}kV/mm = 10^{-5}kV/sm$
13. Maqnit sahəsinin gərginliyi  
 $1A/m = 0,01A/sm = 12,6 \cdot 10^{-3}\mathcal{E}$
14. Maqnit induksiyası  $1T = 10^4Qs$



## Kitabda qəbul olunmuş əsas kəmiyyətlərin işarələri

$\gamma$  - xüsusi keçiricilik,  $\gamma_T$  - istilikkeçirmə,  
 $\delta$  - dielektrik itki bucağı,  $\varepsilon$  - dielektrik nüfuzluluğu,  
 $\eta$  - dinamiki özlülük,  $\nu$  - kinematik özlülük,  
 $\sigma$  - mexaniki möhkəmlik,  $\tau$  - vaxt,  
 $\rho$  - sıxlıq, xüsusi müqavimət, F- güc,  
 I- cərəyan şiddəti,  $i$  - ani cərəyan,  
 J- cərəyan sıxlığı, k- Bolsman sabiti,  
 $\ell$  – uzunluq, t- temperatur  $^{\circ}\text{C}$ ,  
 U- potensiallar fərqi,  $v$  - sürət,  
 V – həcm, W- enerji,  
 f- tezlik, m- kütlə,  
 P- güc, q – yük,  
 S- səth, sahə, r – radius, müqavimət,  
 $\varphi$  - materialın nisbi nəmliyi, bucaq,  
 $\mu$  - molekulun dipol momenti, maqnit nüfuzluluğu,  
 $\alpha_1$  - xətti genişlənmənin temperatur əmsalı,  
 C- kondensatorun tutumu, istilik tutumu,  
 E- elektrik sahəsinin gərginliyi,  
 $E_{np}$ - elektrik möhkəmliyi,  
 e- elektronun yükü, natural loqarifmanın əsası,  
 H- maqnit sahəsinin gərginliyi,  
 p-təzyiq, xüsusi güc itkisi,  
 Q – kondensatorun yükü,  
 R – qaz sabiti, radius, müqavimət,  
 $\omega$  - qadağan zonasının eni, bucaq tezliyi,  
 z- dəyişən cərəyanın müqaviməti,  
 T- mütləq temperatur, bərklik,  
 B –maqnit induksiyası,  
 $\text{TK } \varepsilon$  və ya  $\alpha_{\varepsilon}$  - dielektrik nüfuzluluğunun temperatur əmsalı,  
 $\text{TK } \rho$  или  $\alpha_{\rho}$  - xüsusi müqavimətin temperatur əmsalı,

## Sintetik polimerlərin xassələri

Polimerlər	Dartılmada möhkəmlilik həddi, MPa	Dartılmada nisbi uzanma, %	Nəm udma, 30 sutkada, 20°C, %	“ $\epsilon$ ” 1MHs və 20°C-də	“ $\rho$ ” 20°C-də Om·m	“ $fg\delta$ ” 1MHs və 20°C	“E <sub>d</sub> ” 50Hs 1mm qalınlıqda, KV/mm
Qeyri-polyar termoplastlar							
1. Polietilin	10-33	200-800	0,005-0,01	2,2-2,4 2,2-2,4	10 <sup>15</sup> -10 <sup>16</sup>	2-4 2-4	45-60 150-250
2. Polipropilen	30-35	200-800	0,03	2,0-2,2	110 <sup>14</sup> -10 <sup>16</sup>	2-5	30-35 180-190
3. Poliizobutilen	2-4,4	550-1000	0,05	2,2-2,3	10 <sup>14</sup> -10 <sup>16</sup>	3-5	16-23
4. Polistrol	35-41	1,5	0-0,07	2,5-2,6	10 <sup>14</sup> -10 <sup>16</sup>	1-3	25-35
Polyar termoplastlar							
1. Poliniilxlorid	40-60	5-100	0,4-0,6	3,5-4,5	10 <sup>12</sup> -10 <sup>13</sup>	150-180	35-45
2. Poliamid	54-108	100-150	1,4-3,3	4-6	10 <sup>11</sup> -10 <sup>12</sup>	220-300	20-25
3. Polikarbonat	65-80	50-110	0,2	3,0	10 <sup>14</sup> -10 <sup>15</sup>	6-20	30

Bəzi maqnit materialların maqnit xassələri

s/s	Material	$\mu_n$	$\mu_m$	B, Tl	$H_e A/m$	$\rho, \text{mk Om}\cdot\text{m}$
1	Texniki təmiz dəmir	250-400	3500-4500	2,18	40-100	0,1
2	Aşqarılanmayan elektrotexniki - polad	-	3500-4500	2,18	64-96	0,1
3	Elektrolitik dəmir	600	15000	2,18	30	0,1
4	Permalloy					
	aşağı nikelli	2000-4000	15000-60000	1,3	5-32	0,45-0,9
	yüksək nikelli	15000-100000	70000-300000	0,7	0,65-4	0,16-0,85
5	Alsifer	35400	117000	1,0	1,76	0,8
6	Ferrit					
	nikel-sinkli	10-2000	40-7000	0,2	1700-8	$10\cdot 10^{11}$ Om·m
	marqans-sinkli	700-20000	1800-35000	0,15	28-0,25	$10^{-3}$ -20 Om·m

## Əlavə 5

## Termistorların xarakteristikaları

s/s	Xarakteristikalar	Termistorun tipi		
		MMT	KMT-1	CT3-26
1.	20 °C-də nominal müqavimətin sərhəddi, kOm	1-200	22-1000	0,1-0,68
2.	20 °C-də müqavimətin temperatur əmsalı (TKC),%/ °C	2,4-5,0	4,2-8,4	2,4-5,0
3.	İşçi temperatur intervalı, °C	-60-+125	-60-+180	-60-+125
4.	Maksimum zaman sabiti, san	115	85	-
5.	Maksimal səpələnmə gücü T <sub>nom,mvt</sub> -dan kiçik T <sub>nom,mvt</sub> -dan kiçik	700 0,5	1000 0,4	- -

## Əlavə 6

## Pozistorların xarakteristikaları

s/s	Xarakteristikalar	Pozistorların tipi		
		CT5-1	CT6-1A	CT6-3B
1.	20 °C-də nominal müqavimətin sərhəddi	20-150	40-400	100-10000
2.	20 °C-də müqavimətin temperatur əmsalı $\frac{\%}{\text{°C}}$ (TKC), °C	15	10	15
3.	İşçi temperatur intervalı, °C	-60-+200	-60-+125	10-125
4.	Maksimum zaman sabiti, san	10-15	10-15	5
5.	Müsbət TKC oblastında müqavimətin dəyişmə dərəcəsi	103	103	103
6.	20 °C-də maksimal səpələnmə gücü, Vt	0,8	1,1	0,2

Sabit gərginlikdə və 20<sup>0</sup>C-də müxtəlif elektrotexniki materiallar sinfinin xüsusi elektrik müqaviməti

Materialın sinfi	Xüsusi elektrik müqaviməti	Qadağan zonasının eni, ev	Temperaturun geniş sərhəddində TKρ-n işarəsi	Elektrik keçiriciliyinin növü
Keçiricilər	10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-5</sup>	0	Müsbət	Elektron
Yarım keçiricilər	10 <sup>-6</sup> -10 <sup>+8</sup>	0,05-3	Mənfi	Elektron və dəşik
Dielektriklər	10 <sup>-7</sup> -10 <sup>18</sup>	3-dən çox	Mənfi	İon, elektron

Yarımqeçirici fotorezistorlar

s/s	Xarakteristika	Fotorezistor							
		ФСК-1А	ФСК-1	ФД-1	ФСК-Г1	ФСК-2	ФСА-6	ФСК-1	
1	Buraxıla bilən səpələnmə gücü, Vt	0,125	0,125	0,5	0,12	0,125	0,01	0,01	
2	İşçi gərginlik, V	50	50	20	50	100	5-30	2-100	
3	Qaranlıq müqaviməti, MOm- dan kiçik	3,3	3,3	2	3,3	3,3	0,05-0,3	0,022-1	
4	Qaranlıq cərəyanı, mкA	15/5	15/5	10/1	15/5	30/10	-	-	
5	İşıq cərəyanı, mкA	1500 / 20000	1500/ 2000	1500/ 3000	1500/ 2000	600/ 1000	-	-	
6	Fotocərəyan, mкA	2000	2000	3000	2000	1000	-	-	

## ƏDƏBİYYAT

1. Бернштейн Л.М. Изоляция электрических машин общего назначения. М.: Энергоиздат, 1987. 376 с.
2. Богородицкий Н.П. и др. Электротехнические материалы. Л.: Энергоатомиздат, 1985. 304 с.
3. Джуварлы Ч.М. Электроизоляционные масла. М.: Гос-техиздат, 1983. 92 с.
4. Казарновский Д.М., Тареев Б.М. Испытание электроизоляционных материалов и изделий. Л.: Энергия, 1980. 226с.
5. Карягин А.Г. Материалы для электромонтажных работ. М.: Энергоиздат, 1991. 61 с.
6. Колесов С.Н. Материаловедение и технология конструктивных материалов. М.: Высшая школа, 2007. 535с.
7. Колесов С.Н., Колесов И.С. Электротехнические и конструкционные материалы.-Киев: Транспорт, 2003. 384с.
8. Корицкий Ю.В. Основы физики диэлектриков. М.: Энергия, 1987. 248 с.
9. Кулиев Р.Ш. Производства масел на Бакинских заводах и пути улучшения их качества. Баку, Изд-во АН. Азерб. ССР, 1984. 78 с.
10. Мамедов О.Г., Нуриев Р.М. Методика ускоренного испытания конструкция изоляции проводов типа ПЭВВП применяемых в погружных электродвигателях. Научные труды АзСХИ. Вопросы электрификации с/х-го производства в Азерб. ССР, 1982. с. 17-23
11. Никулин Н.В. Электроматериаловедение. М.: Высшая школа, 1989. 92 с.
12. Павлович С.Н., Фигаро Б.И. Ремонт и обслуживания электрооборудования /Спецтехнология /Ростов на Д.: «Феникс », 2002. 248с.

13. Пястолов А.А. и др. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. М.: Колос, 1981. 335 с.

14. Пястолов А.А. и др. Практикум по монтажу, эксплуатацию и ремонту электрооборудования. М.: Колос, 1986. 223 с.

15. Справочник по электротехническим материалам. Под ред. Ю.В. Корицкого, В.В. Посыноква, Б.М. Тареева. М.: Энергоатомиздат (в 3-х томах), 1988. 716 с.

16. Электрические свойства полимеров. Под ред. Б.И. Сажина. Л.: Химия, 1996. 224 с.



# MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ .....	3
-------------	---

## BÖLMƏ 1. ELEKTROTEKXNİKİ MATERİALLAR

Fəsil 1. Materialların quruluşu haqqında əsas məlumatlar.....	5
1.1. Elektrotexnikanın inkişafında materialların rolu .....	5
1.2. Elektrotexniki materialların təsnifatı .....	7
1.3. Cislərin quruluşu və əlaqə növləri haqqında ümumi məlumatlar .....	10
Fəsil 2. Elektrik izolyasiya materialları .....	13
2.1. Dielektrlərdə baş verən elektrofiziki proseslər .....	13
2.2. Elektrik izolyasiya materiallarının dielektrik xarakteristikaları .....	21
2.3. Elektrik izolyasiya materiallarının istilik xarakteristikaları .....	29
2.4. Elektrik izolyasiya materiallarının fiziki-kimyəvi xarakteristikaları .....	34
2.5. Elektrotexniki materialların mexaniki xarakteristikaları .....	40
2.6. Maye dielektrlər.....	42
2.7. Qazşəkilli dielektrlər .....	51
2.8. Bərk yən dielektrlər .....	54
2.9. Bərk dielektrlər .....	62
2.10. Polimerlər, plastik kütlələr və kauçuk materialları .....	68
2.11. Elektrokeramik və slüda materialları.....	75
Fəsil 3. Elektrik keçirici və yarımkeçirici materiallar.....	83
3.1. Elektrik keçirici materiallar .....	83
3.2. Yüksək müqavimətli materiallar.....	93
3.3. Lehimlər, fülüslər və yapışqanlar, elektrotexniki kömür materialları və elektrolitlər. Yarımkeçirici materiallar .....	96

Fəsil 4. Maqnit materialları .....	101
4.1. Maqnit materiallarının təsnifatı və əsas xassələri .....	101
4.2. Yumşaq maqnit materialları.....	108
4.3. Bərk maqnit materialları .....	110

## BÖLMƏ 2. KONSERVASIYAEDİCİ VƏ KONSTRUKTİV MATERİALLAR

Fəsil 5. Konservasiyaedici və mühafizə materialları.....	116
5.1. Ümumi məlumatlar .....	116
5.2. Metalların korroziyası və antikorroziya materialları ..	118
5.3. İnqibitorlar və onların avadanlıqların korroziyadan mühafizində tətbiqi.....	121

Fəsil 6. Konstruksiya materialları .....	124
6.1. Metalların təsnifatı .....	124
6.2. Konstruktiv materiallar haqqında məlumat.....	125

ƏLAVƏLƏR .....	128
----------------	-----

ƏDƏBİYYAT.....	135
----------------	-----

ADAU-nun Elektrik mühəndisliyi kafedrasının professoru, t.e.n.  
Məmmədov Oktay Hüseyn oğlu. **Elektrotexniki materiallar.**  
Dərs vəsaiti.

Redaksiya-nəşriyyat şöbəsinin baş redaktoru – **F.Ə.NAMAZOV**

Redaktor: R.S.Kərimova  
Korrektorlar: Q.H.Şahverdiyeva  
A.A.Əliyeva

Kompüter operatoru: A.A.Məmmədova  
Kompüter tərtibatçısı: M.İ.Məmmədov

---

---

Yığılmağa verilmişdir 02.03.2011-ci il,  
Çapa imzalanmışdır 28.03.2011-ci il,  
Kağız formatı (210x297)  $\frac{1}{4}$ ,  
Kağız №1, uçot çap vərəqt 8,75 ç.v.  
Sifariş № 072, tiraj 200

---

---

**Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin  
mətbəəsi**

---

---

Rezoqraf üsulu ilə çap olunmuşdur.  
Gəncə şəhəri, Ozan küçəsi, 102.

