

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

**ABU RAYXON BERUNI nomidagi  
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

*5310700-Elektromexnika, elektromexanika va elektrotexnologiyalar  
yo'nalishi bakalavrlariga*

**« KABEL TEXNIKASI NAZARIY ASOSLARI »**  
fanidan amaliy mashg'ulotlarini uchun

**USLUBIY KO'LLANMA**

**Toshkent-2015**

**UDK 621. 300**

**Mualliflar: A.Sh. Ahmedov, D.I. Raksitullaeva**

Uslubiy ko'rsatma «Kabel texnikasining nazariy asoslari» fanidan amaliy mashg'ulotlarini utish uchun Energetika fakultetining Elektr texnika, elektr mexanika va elektr texnologiyalari yo'nalishi talabalariga mo'ljalangan.

**«Elektr mashinalari va kabel texnikasi» kafedrası**

ToshDTU EF o'quv–uslubiy kengashida ko'rib chiqildi (201\_ yil «\_\_» \_\_\_\_\_ -son bayonnoma) tasdiqlandi.

Kengash raisi

Abdullaev B.A.

Takrizchilar: TDTU, «Elektr ta'minoti» kafedrası  
t.f.n., dotsent Rasulov A.N.

«O'rtaosiyotarmoqloyiha» OJ korxonasi  
bo'limii boshligi t.f.n. k.i.x. Yuldashev A.K.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashining qaroriga asosan chop etildi (201 yil «\_\_» \_\_\_\_\_, «\_\_» \_\_\_\_\_ -son majlis bayonnomasi).

Ilmiy-uslubiy kengash kotibi

N.Mambetov

## MUNDARIJA

	Kirish	4
<b>1 - Amaliy mashguloti.</b>	Kabel tok o'tkazish simlarini tayyorlash jarayoni va bu jarayonda ishlatiladigan jixoz turi xamda kabel tok o'tkazish simlarini kesim yuzalarini kabel kuchlanish turiga moslab tanlash.	<b>8</b>
<b>2 - Amaliy mashguloti.</b>	Kabel tok o'tkazish simlarida ishlatiladigan izolyatsion materiallarini dielektrik energiya isrofini o'lchaydigan jixozlarini taxlili.	<b>17</b>
<b>3 - Amaliy mashguloti.</b>	Tok o'tkazish simlarida ishlatiladigan izolyatsion materiallarini elektr mustahkamligini aniqlash jixozlari va tayyor kabel mahsulotlarini sinovdan o'tkazish turlari.	<b>37</b>
	Адабиетлар	<b>53</b>

## KIRISH

Kuchli kabellar sanoat chastotali, o'zgaruvchan va o'zgarmas kuchlanishli elektr energiyasini uzatish, hamda taqsimlashga mo'ljallangan. Xalq xo'jaligining barcha yo'nalishlarida sanoat va texnik taraqqiyot rivojlanishi shahar va qishloqlarni elektr energiya bilan ta'minlashda 1 – 35, 110 kVli elektr tarmoqlarida kuchli kabellarning roli beqiyosdir. Ushbu kabellarning asosiy qismi kuchlanishi 0,4 – 1kV va 6 – 10 kV elektr tarmoqlarida qo'llaniladi. Yuqori kuchlanishli kabel narhining qimmatligi, montaji va ekspluatatsiyasi murakkabligi sababli kabel liniyasi hamda havo liniyasiga raqobatlasha olmaydi. Elektr texnika sanoatida kabel mahsuloti, umumiy ishlab chiqariladigan mahsulotni 20% ni tashkil etadi va sanoat, transport, aloqa, qishloq va kommunal xo'jaliklarini elektr energiya bilan ta'minlaydi. Ishonchli va uzoq muddatli ishlaydigan kabel hamda tarmoqlariga alohida e'tibor berilmoqda. Dastavval ishlab chiqarilgan kabel izolyatsiyasi asosan moy shimdirilgan qog'oz izolyatsiyali bo'lsa, so'ngi paytlarda mahsus rezina va plastmassa izolyatsiyali kabelga katta e'tibor berilmoqda. Qog'oz-moy shimdirilgan izolyatsiyali kabllarni tayyorlash texnologik jarayoni plastmassa izolyatsiyali kabellarni texnologik jarayonidan kuproq. Qog'oz-moy shimdirilgan izolyatsiyali kabellarda quritish, shimdirish hamda moy-kanifol birikmasini tayyorlash jarayoni ancha ko'p vaqtni egalaydi. Shu sababli ko'pgina rivojlangan kapitalistik davlatlar elektr tarmoqlarida asosan plastmassa izolyatsiyali kabellar va ularning armaturalari qo'llanilmoqda. Bu ko'p miqdorda rangli va qora metalni tejash imkonini yaratadi. Plastmassa izolyatsiyali kabellarni tayyorlash texnologiyasi, qog'oz-moy shimdirilgan izolyatsiyali kabellarni texnologik jarayoni ancha sodda va bu turdagi kabellarni ishlatish ancha qulay.

Kabel mahsuloti va uning armaturasiga bo'lgan talab kun sayin ortib bormoqda.

Respublikada ko'plab ishlab chiqarilayotgan polietilen izolyatsiyali kabel mahsuloti va kabel armaturasini polietilen asosida ishlab chiqarishni taqoza etadi.

Shu sababli O'zbekiston Respublikasi xududidagi kabel ishlab chiqaradigan korxonalarda yuqori kuchlanishli kabellarni izolyatsiyasi tikilgan polietilen asosidagi mahsulotlardan iborat.

**Kuchli kabellar konstruksiyasi va klassifikatsiyasi.** Kuchli kabellar elektr energiyasini atrof-muhit turli sharoitlarida – yer, suv, ochiq havodagi konstruksiyalar bo‘ylab, hamda zovur, yerto‘la va bino ichi uzra uzatish va taqsimlashga mo‘ljallangan. Qog‘oz-moy shimdirilgan va plastmassa izolyatsiyali kabellarning qo‘llanilish sohasi “elektr kabellarni tanlash va qo‘llashning yagona texnik ko‘rsatmasi” bo‘yicha aniqlanadi. Ushbu ko‘rsatma barcha loyiha, montaj va ekspluatatsiya tashkilotlariga majburiy bo‘lib, unga asosan kabel turlari, ularga ta’sir etuvchi agressiv va yong‘inga havfli atrof-muhit, mexanik kuchlanish kabi turlicha yotkazish holatida, ekspluatatsiya mobaynida vujudga keladigan ta’sirlarni aniqlaydi.

Elektr kabellarining qo‘llanilish sohasini aniqlashda qo‘rg‘oshin qobiqli kabellar o‘rniga aluminiy va plastmassa qobiqli kabellarni keng miqyosda qo‘llash nazarda tutilgan. Kabellar qo‘llanilishida quyidagilarga amal qilinadi. Jadvallarda keltirilgan kabel turlari barcha kategoriyali iste’molchilarda elektr ta’minotiga bo‘lgan talab bo‘yicha qo‘llanishi mumkin.

Kuchli kabel turlari asosan aluminiy simli kabellar qabul qilingan. Ushbu turli kabellardan tashqari mis simli kuchli kabellar, tik va qiya yerlarda yotkaziladigan moysizlangan izolyatsiyali yoki shimdirilgan moyi oqmaydigan tarkibli, uch fazali, har bir fazasi alohida metall qobig‘iga ega hamda, bir yoki ko‘p simli kabellar qo‘llanishi mumkin.

Kabel qizishi bo‘yicha, iqtisodiy tok zichligi, qisqa tutashuv sharti (termik va elektrodinamik bardoshlilik) va kuchlanish isrofi bo‘yicha tanlash GOST, EUKT talablariga mos ravishda bajarilishi shart.

Qo‘rg‘oshin qobiqli kuchli kabellar, loyiha smeta xujjatida qo‘llanilishi bo‘yicha maxsus texnik asoslanishni talab etadi. Qo‘rg‘oshin qobiqli kabel suv ostida, shaxtada, gaz va changga havfli, kuchli karrozion muhitlarda yotkazilishi mumkin. Kabelning asosiy qismlari tok o‘tkazuvchi sim, izolyatsiya, ekran, qobiq va tashqi himoya qoplamasidan tashkil topgan. Konstruksiyaga bog‘liq holda kabel ekрани va himoya qoplamasi bo‘lmasligi mumkin.

### **Kabel mahsulotlarining asosiy qismlari va atamalari**

**Kabel mahsuloti** – o‘zidan elektr energiya, axborot va elektr signali uzatishga mo‘ljallangan yoki juda egiluvchan elektr uskunasi cho‘lg‘amini tayyorlash uchun xizmat qiladigan elektr mahsuloti.

**Kabel** – bir yoki birnecha tekis yoki buralib yotqizilib, simlari alohida izolyatsiyalangan va umumiy qobiqqa joylashtirilgan qurilma.

**Elektr simi** – bir yoki birnecha o‘ralgan ochiq yoki izolyatsiyalangan sim yoki ishlatish sharti bo‘yicha yengil nometall qobiq qoplama va tolali material yoki simdan iborat bo‘lgan to‘qimali kabel mahsuloti.

**Elektr chilvir (shnuri)** – siljuvchan qurilmalarga ulash uchun xizmat qiladigan, juda egiluvchan tolali, simlari izolyatsiyalangan mahsulot.

Barcha turdagi kabel, sim, chilvirlarning asosiy qismlari tok o‘tkazuvchi sim, izolyatsiya, ekran, qobiq va tashqi qoplamalardan iborat. Ochiq sim izolyatsiyaga ega emas.

**Quvvatli kabel** – sanoat chastotali elektr energiyasini uzatishga mo‘ljallangan kabel.

**Shimdiruvchi tarkibli kabel** – moy kanifolli yoki unga o‘xshash izolyatsiya tarkibida shimdirilgan qog‘oz izolyatsiyali kabel.

**Belbog izolyatsiyali kabel** – ko‘p simli kabel izolyatsiyalangan faza simlari ustki qismiga yotqiziladigan umumiy izolyatsiya.

**Simlari alohida ekranlangan kabel** – har bir izolyatsiyalangan faza simlarini alohida ekranga ega bo‘lgan kabel.

**Umumiy ekranli kabel** – izolyatsiyalangan simlari ustidan yotqizilgan umumiy ekranga ega ko‘p simli kabel.

**Qo‘rg‘oshin qobiqli kabel** – himoya qobig‘i qo‘rg‘oshin yoki uning qotishmasidan tashkil topgan kabel.

**Plastmassa izolyatsiyali kabel** – simga yumshatilib yotkaziladigan yaxlit izolyatsiyali kabel.

**Nazorat kabeli** – elektr va fizik ko‘rsatkichlarni masofadan o‘lchaydigan va zanjirni nazorat qiladigan kabel.

**Po‘lat - aluminiyli sim** – qo‘sh metal: po‘lat-aluminiy simlari yoki po‘lat o‘zakli, yuzasiga aluminiy yoki uning tarkibi yotqiziladigan ochiq sim.

**Kabel mahsulotining turi** – kabel mahsuloti, simlarining tuzilishi asosiy xususiyat va vazifalarini qisman yoki to‘liq kabel mahsuloti belgisida ifodalaydigan tushuncha.

**Kabel mahsuloti belgisi** – kabel mahsuloti vazifasi va asosiy tuzilish belgilari: uning turi, qobiq materiali, himoya qoplam turi va hokazolar. Ifodalaydigan kabel mahsulotining shartli harf – raqam belgilari.

Qo‘llanilishi sohalariga qarab kabel mahsulotlarini 3 guruhga: quvvatli elektr zanjirlari uchun kabel, sim, chilvir; aloqa kabeli, simi va chilviri; elektr mashina va asboblari cho‘lg‘amlari tayyorlash uchun o‘ram simlariga ajratiladi.

Kabel texnikasida kabel mahsulotlarini belgilanishida sim, izolyatsiya, qobiq, turli himoya qoplamlari materiallarini, ularning belgilanishi, mahsulot asosiy ko'rsatkichlarini hisobga oladi. Belgilanishi harf va raqamlarda ifodalanadi.

Kabel va sim asosiy qismlari tok uzatuvchi sim, izolyatsiya, qobiq va himoya qoplamasidir.

**Kabel tok o'tkazish simlari:** qo'llaniladigan materiallar, shakllari va kesim yuzalari. Barcha kabel mahsulotlarida tok o'tkazuvchi qism asosiy qism hisoblanadi, va u yuqori elektr o'tkazuvchan material (aluminiy, mis, kumush, ularning qotishmalari) dan tayyorlanadi.

**Kabel izolyatsiyasi:** turlari, materiallari va qalinliklari. Izolyatsiya yaxshi dielektrik – plastmassa (polietilen, polivinilxlorid plastik, etilenpropilen, ftoroplast va h.) rezina tolasimon materiallar (paxta, qog'oz va shoyi to'qimasi, sintetik tola, shisha tola va h.) shimdirilmagan va shimdirilgan qog'oz asosida tayyorlanadi.

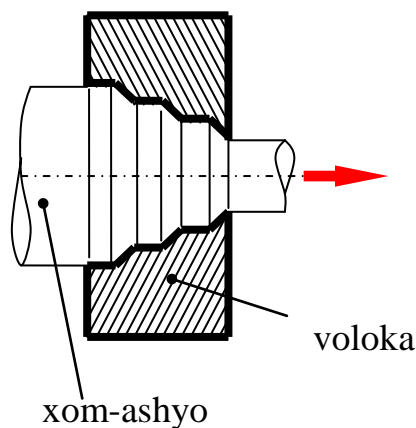
**Kabel qobiqlari:** turlari, materiallari va qalinliklari. Qobiq izolyatsiyani tashqi muhit (nam, chang va h.) va mexanik shikastlanishdan saqlaydi. Agar izolyatsiya oson namlanadigan material (qog'oz)dan tayyorlansa, qobiq metall (aluminiy, qo'rg'oshin, po'lat)dan yasaladi. Kabel izolyatsiyasi plastmassa yoki rezina asosida bo'lsa qobiq polivinilxlorid plastikati, rezina yoki polietilen asosida tayyorlanadi. Ba'zi kabellarda qobiq tashqi elektromagnit ta'siridan kabelni muhofazalaydi.

**Kabel himoya qoplami:** turlari, materiallari va qalinliklari. Himoya qoplama kabelni tashqi mexanik ta'sirdan ba'zida korroziyadan saqlaydi. Kabel yostiqchasi qobiqni po'lat sim yoki tasma bilan shikastlanishidan va korroziya (yemirilish)dan saqlash uchun qo'llaniladi. Zirx kabellarni mexanik shikastlanishdan saqlaydi.

**1-amaliy mashguloti. Kabel tok o'tkazish simlarini  
tayyorlash jaraeni va bu jaraenda ishlatiladigan jixoz turi xamda  
kabel tok utkazish simlarini kesim yuzalarini kabel kuchlanish turiga  
moslab tanlash**

Qog'oz va plastmassa izolyatsiyali, kuchlanishi 1 - 35 kVli bo'lgan kuchli kabellarning tok o'tkazuvchan simi mis va aluminiydan iborat bo'lib, ularning ko'pchiligida aluminiyli sim qo'llaniladi. 1-rasmda kabel tok o'tkazish simini cho'zish kinematik chizmasi keltirilgan.

**Cho'zish moslamasi turlari:** 1 - olmozli; 2 - su'ni olmozli; 3 - qattiq eritilgan; 4 - yarim kristall, su'ni olmozli.



1- rasm. Simni cho'zish kinematik chizmasi

Kabel bir va ko'p simli bo'lib, ular kesim yuzasi bo'yicha meyorlangan. Tok o'tkazuvchan simning shakli yumaloq yoki boshqa shakllarda (sektor, segment va hakoza) tayyorlaniladi. Ushbu simlar yaxlit bir simli yoki ko'p tolali simlardan tashkil topgan bo'ladi. Uch va to'rt simli kabellar xil kesim yuzali yoki simlardan biri kichik kesim yuzali bo'lishi mumkin (jadval 1, 2, 3).

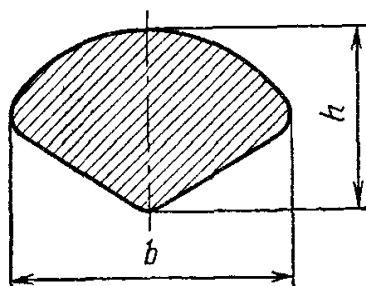
Mis va aluminiy simlari tolalarining minimal soni qo'yidagicha 1 jadvalda keltirilgan.



**Mis va aluminiy simlari tolalarining minimal soni**

Sim nominal kesim yuzasi, $mm^2$	Yumaloq yoki fasonli sim		Yumaloq sim				Fasonli sim	
	misli	alyumi-niyli	Zichlanmagan		Zichlangan		misli	alyumi-niyli
			misli	alyumi-niyli	misli	alyumi-niyli		
10	1	1	7	7	6	-	-	-
16	1	1	7	7	6	6	-	-
25	1	1	7	7	6	6	6	6
35	1	1	7	7	6	6	6	6
50	1	1	19	19	6	6	6	6
70	1	1	19	19	12	12	12	12
95	1	1	19	19	15	15	15	15
120	1	1	37	37	18	15	18	15
150	1	1	37	37	18	15	18	15
185	35	1	37	37	30	30	30	30
240	35	1	61	61	34	30	34	30

Ko'pgina holatlarda kuchlanishi 1 – 10 kV qog'oz va plastmassa izolyatsiyali kabellar bir yoki ko'p tolali sektor shaklli aluminiy simli qilib tayyorlanadi. Tok o'tkazuvchi sim nominal kesim yuzasi GOST 24183–80 ga asosan 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625; 800; 1000  $mm^2$  olinib, ko'p fazali simning kesim yuzasi 300  $mm^2$  gacha olinadi. 2- rasmda sektor shaklli aluminiy simining kesim yuzasi keltirilgan.



2- rasm. Sektor shaklli aluminiy simining kesim yuzasi.  
h – sektor balandligi (bo'yi); b – sektor eni.

**Kuchlanishi 1-10 kV bo'lgan kabel simining kesim yuzasi**

Kabel va sim konstruksiyasi	Quyidagi kesim yuzali simlarda h/v nisbati, mm.							
	35	50	70	95	120	150	185	240
Bir tolali uch simli 1 – 10 kV	<u>5,5</u>	<u>6,4</u>	<u>7,6</u>	<u>9</u>	<u>10,1</u>	<u>11,3</u>	<u>12,5</u>	<u>14,4</u>
	9,2	10,5	12,5	15	16,6	18,4	20,7	23,8
Ko'p tolali uch simli 1 – 10 kV	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13,2</u>	<u>15,2</u>
	10	12	14	16	18	20	22	25
Bir tolali to'rt simli 1 kV	–	<u>7</u>	<u>8,2</u>	<u>9,6</u>	<u>10,8</u>	<u>12</u>	<u>13,2</u>	–
	–	10	12	14,1	16	18	18	–

**Quvvatli kabel tok o'tkazgich simi va uni o'rash texnologiya**

O'rnatilish va ishlatilish sharoiti bo'yicha quvvatli kabel hamda simlar turli egiluvchanlikda tayyorlaniladi. Tok o'tkazgich yaxlit simli yoki bir-qancha sim tolalaridan iborat, shakli-yumaloq, segmentli, sektorli qilib bajariladi. Egiluvchanligi bo'yicha sim va kabellar I – VI klassga bo'linadi.

Statsionar yotqiziladigan mis va aluminiy kabel hamda simlari 1, 2 klasslarga bo'linib yuqori darajali egiluvchan zirillashga chidamli kabel, sim va chilvir 3 – 6 klasslarga bo'linadi. 1 – 2 klassli simlar 0,03 – 500 mm<sup>2</sup> kesim yuzasi tayyorlanib, 3 – 6 klassli simlar 0,03 – 500 mm<sup>2</sup> kesim yuzada tayyorlanadi.

Qog'oz izolyatsiyali kabel sektorli yaxlit simi 50 mm<sup>2</sup>, aluminiyli yaxlit sim 240 mm<sup>2</sup> gacha tayyorlaniladi. Qolgan barcha holatda sim ko'ptolali qilib tayyorlanadi.

To'g'ri o'ramda bir yoki birnecha o'ralgan markaziy sim ustidan birnecha bir hil diametrli sim o'ramlari yotqaziladi. Odatda markaziy sim bitta, kam holatda 3 – 5 tolali qilinadi. Bunday o'ramda sim tolalarining soni quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$S_3 = 3n^2 \quad (1)$$

$$S_5 = (3n + 2)$$

Bunda  $n$  – o'ramlar soni, markaziy sim(lar) birinchi o'ram hisoblaniladi. O'ralgan sim tolalar to'plamining tashqi diametri:

$$D_1 = (2n - 1)d; \quad D_3 = (2n + 0,15)d \quad (2)$$

$$D_4 = (2n + 0,41)d; \quad D_5 = (2n + 0,7)d$$

Bunda  $d$  – o'raladigan sim tolasining diametri o'ralish qadami  $m$  o'ram qadami uzunligini kabel o'ram tashqi diametri  $D_n$ ga nisbati bilan aniqlanadi (3).

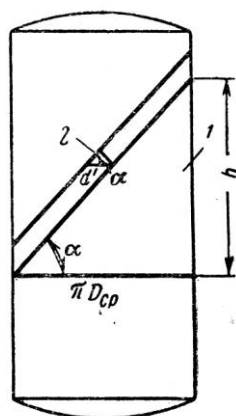
$$m = h / D_n \quad (3)$$

agarda  $n$  o‘ram aylana diametri  $D_n$  bo‘lsa  $L_n = \pi D_n n + l$  aylana uzunligi  $2_{n+1} = \pi(D+2d)$ , ya‘ni ilgariyidan  $6,28 d$  ga ko‘p; shu sababli har o‘ramda sim soni 6 taga ortib boradi. Sim uzunligining ortishi (4):

$$\Delta l = \frac{1}{2} \frac{\pi^2}{m^2}$$

yoki aniqroq:

$$\Delta l = \frac{l \pi^2}{2 m^2} \left(1 - \frac{d}{D_n}\right)^2 \quad (4)$$



3- rasm. Qatlamdagi alohida sim holati.

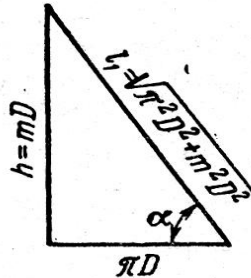
Agar buralgan simning yoyiq holatini ko‘rsak, u holda  $u$  gipotenuza shaklida ifodalanishi mumkin, to‘g‘ri uchburchak katta kateti qadam uzunligiga kichigi aylana uzunligiga teng (5):

$$l = \sqrt{\pi^2 D_{o'r}^2 + m^2 D_{o'r}^2} \approx h \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\pi^2}{m^2}\right) \quad (5)$$

Yumaloq simni to‘g‘ri o‘q atrofida to‘g‘ri buraganda,  $v$  tsilindr o‘zra vintli chiziqda siljiydi.

Vintli chiziq umumiy tenglamasi(6):

$$\begin{aligned}\alpha &= a \cos \varphi \\ y &= a \sin \varphi \\ z &= \frac{h}{2\pi} = b\varphi\end{aligned}\tag{6}$$



4- rasm. Sim bitta qadamini ochilgan holati

bunda  $a = (D + d)/2 = D/2$

$D$  – o‘zak diametri, mm;

$d$  – o‘raladigan sim diametri, mm;

Simni vint chizigida to‘liq aylanish uzunligi (7):

$$S = 2\pi\sqrt{a^2 + b^2}\tag{7}$$

Ushbu uzunlikda buralish (8):

$$T = \frac{2\pi b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{2\pi h}{\sqrt{(2\pi a)^2 + h^2}}; 2\pi b = h.\tag{8}$$

Sim o‘ralganida uning ustki qismi cho‘zilib, ichki qismi siqiladi, ya’ni har bir sim uzunligi bo‘yicha deformatsiyalanadi. Sim o‘ralganida bir qadamdan uning qisqarishi  $\sqrt{(\pi/m)^2 + 1}$  ga teng va 0,4-3,4% ni tashkil etadi.

**Yumaloq va sektor shaklli simlar tayyorlash usullari.** Yumaloq zichlangan simning to‘ldirish koeffitsienti 71–76% oralig‘ida. Sim zichlansa izolyatsiya materiali isrofi 5 – 9% ga, qo‘rgoshin yoki aluminiy 7 – 9% ga

$$a = (b - 2r) / 2 = (R - r) \sin y$$

kamayadi. Zichlanganda sim qisman uzayadi. Sektorli yaxlit aluminiy yoki mis simdan keng qo‘llaniladi. Quyidagi 5- rasmda sektorli sim tayyorlash o‘lchamlari keltirilgan:



tortuv va qabul qurilmasi; aylanma yig'ma va qo'zg'almas uzatuv hamda qabul qurilmasidan iborat.

Birinchi turdagi (katak qutili, diskli, sigarali) mashinalar quvvatli kabel simlari tayyorlash va izolyatsiyalangan sim to'g'ri o'rash, ikkinchi turdagi (aylanma ramkali va universal) esa – asosan egiluvchan simlarni ulashda hamda izolyatsiyalangan sim o'ralishda qo'llaniladi.

Sim to'g'ri eshishida ikki usul: burab olinadigan (buraladigan), va burab olinmaydigan (buralmaydigan) bo'linadi. Birinchi usul bo'yicha eshish mashinasida simli g'altak mahkam qotirilgan va u o'z o'qi atrofida aylanadi. Bunda mashina to'liq aylanganda sim o'z o'qi atrofida  $360^\circ$  ga aylanadi. Sim kuydirilgan yumshoq bo'lsa plastik deformatsiya sodir bo'ladi, agar sim qattiq kuydirilmagan bo'lsa elastik deformatsiya o'ramada sim bo'rtib chiqishiga olib keladi.

Ikkiknchi usulda deformatsiya bartaraf etiladi, bunda simli g'altak teskari yo'nalishda  $360^\circ$  ga aylanadi. Katak qutili eshish mashinasi ikki, uch va to'rt qutili tayyorlanadi. Qo'shni kataklar turli tomonga aylanadi, ichki o'ramdagilar tashqarisidan tezroq aylanadi, qadam uzunligi ham kaltaroq bo'ladi. Uzatuv g'altaklari xalqalar orasida podshipnikga qotiriladi. Bu g'altaqdan chiquvchi sim oldi xalqa teshigidan o'tadi va taqsimlov rozetkasiga boradi hamda kolibr oldi yo'naltiriladi. G'altaklar o'z to'htatuv nog'orasiga ega. Sigara turli tezkor aylantiruv mashinasi asosiy qismi rotor bo'lib, uning ichidagi podshipniqda osma katavada simli g'altak joylanadi. Rotor g'altak o'rnatiladigan po'lat quvur ko'rinishida qilinadi. Rotor diametri katak diametridan kichik bo'ladi. Diametri 0,4 mm gacha sim o'rash rotor aylanish chastotasi 4000 ayl/daq. ga etadi.

Diametri 0,2 – 0,8 mm misli yoki 0,2 – 1,25 mm aluminiy 7 simini o'raydigan SKS6 – 200 – ETM va E mashinasi rotori 200 – 2000 ayl/daq. tezlikda aylanadi. G'altak gardishi diametri 200 mm ga teng bo'ladi.

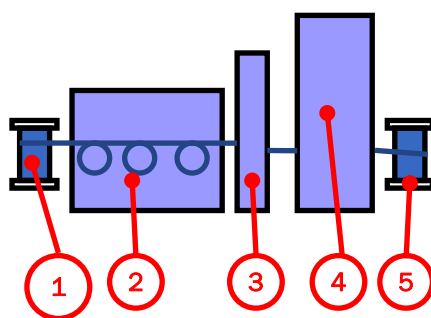
SKS 6 – 400 ETM va E mashinasi 7 ta diametri 1,28 – 2,97 mm misli yoki diametri 1,65 – 3,0 mmli aluminiy simni o'raydi, uning rotorini aylanish chastotasi 550/1150 ayl/daq. Yumshoq mis va aluminiyli simlarini o'rashda mustahkam romli o'rash mashinasi qo'llaniladi. Ushbu diskli mashinada g'altaklar mashina o'qiga yaqin joylashgan. Uzatuv g'altaklari disk bilan qattiq biriktirilgan bo'lib, bu mashina tuzilishi katakli mashinadan sodda bajarilgan.

Kam kesimli izolyatsiyalanmagan va izolyatsiyalangan bir yoki ikki qatlamda o'rash uchun aylanadigan tortqichli va qabul qiluvchi mashina qo'llaniladi (dastakli o'rash sistemasi). Bunday mashinalarga

misol qilib DShE – 20, DShE – 40, DShE – 62 va 1200 larini olish mumkin.

Mis va aluminiyli kuchli kabellarning tok o'tkazuvchi simlari GOST 22483–77ga asosan 1 va 2 klassli qilib tayyorlanadi. Kabel konstruksiyasi va uning qo'llanilishiga qarab simlar bir va ko'p tolali yumaloq va sektor shaklli bo'ladi. Barcha kesimdagi tok o'tkazuvchi yumaloq shaklli sim – diametri bilan, sektorlilisi – sektor burchagi bilan, segmentliligi segment balandligi bilan xarakterlanadi. Uch simli kabellarda sektor burchagi 120°, to'rt simliligi sim kesimida burchak 90°ni tashkil etadi.

Ko'p tolali yumaloq va sektor shaklli aluminiyli tok o'tkazuvchan sim yumshoq AM (yumshok aluminiy) navli simdan tayyorlanadi. Bir tolali yaxlit aluminiy simining kesim yuzasi 70 mm<sup>2</sup> gacha A5E, A7E navli yug'on aluminiy simidan cho'zib tayyorlanadi. Kesim yuzasi 120-240 mm gacha bo'lgan yaxlit simlar A6 – A7 navli aluminiydan gidravlik pressda bosim usuli orqali tayyorlaniladi. Bunday simning nisbiy cho'zilishi 30% dan kam bo'lmasligi kerak. Quyidagi 6- rasmda cho'zish jixozining kinematik chizmasi keltirilgan.



6- rasm. Cho'zish jixozining kinematik chizmasi

1 – uzatgich; 2 – cho'zish mashinasi; 3 – kompensator; 4 – toblash kamerasi kontakti; 5 – qabul moslamasi.

Aluminiyning oquvchanlik chegarasi yaxlit simlar uchun 36 – 42 MPa bo'lishi kerak. Yumaloq kesim yuzaga ega bo'lgan mis sim 50 mm<sup>2</sup> gacha yaxlit bir simli va undan yuqori kesim yuzalarda ko'p tolali qilib MM (yumshoq mis) navli misdan tayyorlanadi. Ko'p tolali sim asosan ikkinchi klassli qilib tayyorlanadi.

Vulkanlangan polietilen izolyatsiyali kabellar uchun tok o'tkazuvchi sim yumaloq shaklda bir tolali yoki ko'p tolali zichlangan qilib tayyorlaniladi. Tok o'tkazuvchi simni zichlash faqat to'ldirish koeffitsientini oshirishgagina emas, balki vulkanlanish mobaynida

simning ichki qismiga erigan polietilenni kirishiga yo‘l qo‘ymaslikka karatilgan. Polietilen izolyatsiyasining vulkanlanish jarayoni 180 – 200°C harorat va 1,0 – 1,6 MPa bosimda bajarilsa, polietilen tashqi sim ichiga kirishi mumkin, bu esa izolyatsiyani deformatsiyasiga olib keladi. Shuning uchun asosiy texnik yechimlardan biri sim ichiga polietilen kirib borishiga yo‘l qo‘ymaslik maqsadida simning tashqi o‘ramini yaxshilab zichlanadi. Yuqori kuchlanishli moy to‘latilgan kabellar tok o‘tkazuvchi simlari quyidagi kesim yuzada: 120, 150, 185, 240, 300, 400, 500, 625, 800, 1000, 1250, 1800 mm<sup>2</sup> tayyorlanadi. Tok o‘tkazuvchi sim kesim yuzasi 800 mm<sup>2</sup> gacha bir yoki bir-necha o‘ramli shakllangan simlar to‘plamidan tashkil topadi. Sim tashqi o‘rami **Z** – simon simlardan tashki topib, markazida moy o‘tkazuvchi kanal ( $d=12 - 14\text{mm}$ ) hosil qilinadi. Sim kesimi 150 – 185 mm<sup>2</sup> gacha bir o‘ramli, 240 – 400 mm<sup>2</sup> da ikki o‘ramli, 500 – 625 mm<sup>2</sup> da uch o‘ramli qilib tayyorlanadi. Moy eskirishini oldini olish maqsadida mis simlarining yuzasi qalaylanadi.

Tok o‘tkazuvchi simning muhim meyorlangan parametriga, simning o‘zgarmas tokdagi elektr qarshiligi kiradi. Simning elektr qarshiligi, uning geometrik o‘lchami va solishtirma elektr qarshiligi orqali aniqlanadi (9).

bunda 
$$R_t = \frac{\rho_t \cdot l}{S} [ 1 + \alpha ( t - 20 ) ] , \text{Om} \quad (9)$$

$\rho_t$  – metall solishtirma elektr qarshiligi, Om·m.

$R_t$  – tok o‘tkazuvchi simning ma’lum haroratdagi qarshiligi.

$l$  – simning uzunligi, m,  $S$  – simning ko‘ndalang kesim yuzasi mm<sup>2</sup>.

$\alpha$  – sim materiali qarshiligi harorat koeffitsienti.

### Sinov savollari

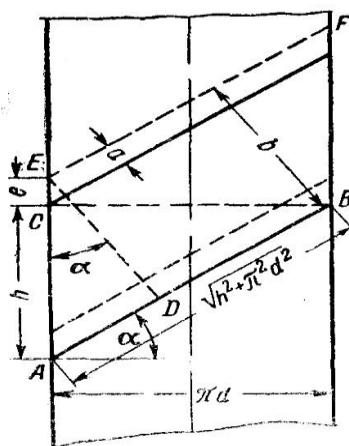
1. Kabel tok o‘tkazish simlari qanday kesim yuzalarida tayyorlanadi?
2. Kabel tok o‘tkazish simlarining shakllari qanday bo‘ladi?
3. Kabel tok o‘tkazish simlari qanday materialdan tayyorlanadi?
4. Kabel tok o‘tkazish simlari qanday jixozlarida tayyorlanadi?
5. Kabel tok o‘tkazish simlarini cho‘zish qanday usullar yordamida amalga oshiriladi?



## 2 – amaliy mashguloti. Kabel tok o'tkazish simlarida ishlatiladigan izolyatsion materiallarini dielektrik energiya isrofini ulchaydigan jixozlarini taxlili.

Tok o'tkazuvchi simga qog'oz izolyatsiya uch xil turda o'raladi. Uchma-uch, qoplab va orasida masofa qoldirib o'raladi. Izolyatsiya qilingan kabel tok o'tkazish simlari jamlab o'ralib, belbog' izolyatsiya o'raladi. Asosiy usul orasidagi masofa (1 – 2 mm)ni tashkil qiladi.

Oraliqli qilib qog'oz tasmasi o'rash tenglamasi quyidagicha:



7- rasm. Bitta qog'oz tasmagini ochib, zichlab qoplab o'rash chizmasi.  $D$  – qog'oz katlami diametri;  $h$  – o'rash qadami;  $e$  – izolyatsiya kilinayotgan sim oki bo'yicha qoplash;  $b$  – qog'oz tasma eni;  $\alpha$  – o'rash burchagi.

Bundan AVS uch burchakdan va ADE dan quyidagi ifodalariga ega bo'lamiz:

$$\frac{b}{h+e} = \frac{\pi d}{\sqrt{h^2 + \pi^2 d^2}}. \quad (10)$$

Keyingi ifodada orasida masofa koldirib o'ralgan holat uchun:

$$\frac{b}{h-e} = \frac{\pi d}{\sqrt{h^2 + \pi^2 d^2}}. \quad (11)$$

Yuqorida keltirilgan ifodalardan (10) va (11) agarda qog'oz tasma qalinligi  $\Delta$  hisobga olinmasa quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$\frac{b}{h \pm e} = \frac{\pi(d + \Delta)}{\sqrt{h^2 + \pi^2(d + \Delta)^2}}. \quad (12)$$

Shunday kilib  $\Delta$  tasma qalinligi  $d$  qiymatdan ancha kichik deb (10) va (11) ifodalardan quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$b = \frac{\pi d(h \pm e)}{\sqrt{h^2 + \pi^2 d^2}}. \quad (13)$$

Qoplash qiymati  $e$  o‘rash qismi  $h$ :  $e = kh$  bundan:

$$b = \frac{\pi d h (1 \pm k)}{\sqrt{h^2 + \pi^2 d^2}}. \quad (14)$$

ADE uch burchagidan quyidagiga ega bo‘lamiz:  $\cos \alpha = \frac{b}{h \pm e}$ , bundan

$$b = (h \pm e) \cos \alpha = h(1 \pm k) \cos \alpha \quad (15)$$

7-rasmdan quyidagiga ega bo‘lamiz

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{\pi d}, \text{ yoki } h = \pi d \operatorname{tg} \alpha. \quad (16)$$

(15) va (16) ifodalardan quyidagiga ega bo‘lamiz.

$$b = \pi d (1 \pm k) \sin \alpha. \quad (17)$$

Shunday qilib, qog‘oz tasma kengligi o‘rash diametr  $d$ , izolyatsiya o‘rash burchagini  $\alpha$  ortishi bilan ortadi.

Bundan (14) ifodani quyidagicha keltirish mumkin:

$$\frac{b}{1 \pm k} = \frac{\pi d h}{\sqrt{h^2 + \pi^2 d^2}}, \text{ yoki } \frac{1 \pm k}{b} = \sqrt{\frac{1}{\pi^2 d^2} + \frac{1}{h^2}}. \quad (18)$$

Agar  $1/\pi d = x$  deb qabul qilib hamda  $1/h = y$  bo‘lsa (18) ifoda quyidagicha bo‘ladi:

$$\left(\frac{1 \pm k}{b}\right)^2 = x^2 + y^2 \quad (19)$$

Ishora (-) tasma qoplanadigan holati uchun. Yumaloq yoki sektorli sim izolyatsiyalanishida 1 – 10 kVli kabellarda tasma 6 – 28 mm kenglikda, tasma yotqizish burchagi  $\alpha \leq 35^\circ$  gacha olinadi.  $U=20 - 35$  kV kabel uchun  $\alpha \approx 15-20^\circ$  tasma eni 12 – 22 mm kenglikda olinadi. Belbog' izolyatsiyasida enliroq qog'oz tasmalari olinadi. Izolyatsiya yotqizilishida qatlamlardagi oraliqlar mos tushmasligi kerak.

Izolyatsiyalangan sim buralish qadami ancha katta olinadi. Kabel o'ralishi faqat chap yo'nalishda amalga oshiriladi, aks holda mufta o'ralishida kabel buralib ketishi mumkin.

Tasmani o'rab yotqizish kabel va sim tayyorlashda keng qo'llaniladi. Izolyatsiya turiga qarab tasma va ip o'rash mashinalari qog'ozli yoki pardali izolyatsiya yotqiziladigan, ip yotqiziladigan, shisha tolali yoki boshqa issiqqa chidamli material lakda yopishtiradigan turlariga bo'linadi. O'rash mashinasi asosiy qismi o'ratgich hisoblanib, u ekstsentrik va markazli turlariga bo'linadi.

Ekstsentrik o'ragichda g'altak o'qi izolyatsiyalanadigan sim o'qiga mos emas. Bu o'ragichlar keng tarqalgan va oddiy, yassi, tangentsial va yarim tangentsial turlariga bo'linadi. Oddiy o'ragichda g'altak tekisligi izolyatsiyalanadigan simga ma'lum burchak ostida joylashgan. Yassi o'ragichda g'altak o'qi parallel bo'lib, tasmaning kerakli yo'nalishi juft barmoqlarda o'rnatiladi. Tangentsial o'ragichlarda g'altak o'qiga perpendikulyar, yo'naltiruvchi barmoqlar tasmani ma'lum burchakga o'rnatadi.

Markaziy o'ragichlarda izolyatsiyalanadigan sim o'qi o'ragich o'qiga mos, bu aylanish davriy tezligini oshiradi.

Tok o'tkazgichga qog'oz izolyatsiyali tasma spiral bo'yicha yotqizilib, tasma orasidagi oraliq keyingi qator tasmalari bilan qoplanadi. Ko'p qatlamli qog'oz izolyatsiya tasmalar oraliqli qilib joylashtiriladi. Kabel kuchlanishi ortgani sari yotqiziladigan tasma soni ham ortiq boradi.

Kuchlanishi 110 kV va yuqori kabellarda tangentsial o'ragichlar qo'llanilib, aylanish chastotasi 300 – 450 ayl/daq, chiziqli tezligi 8 – 12 m/daq, izolyatsiyalash burchagi 7 – 15°.

Yupqaroq qatlam izolyatsiyali kabel simini izolyatsiyalashda yarim tangentsial va boshqa o'ragichlar qo'llanilib, ular etarli zichlik va o'ram sifatini ta'minlaydi, aylanish chastotasini 500 – 600 ayl/daq, chizikli tezlikni 10 – 20 m/daq gacha oshiriladi.

Kuchlanishi 1 – 10 kV yumaloq va sektorli sim izolyatsiyasida eni 6 – 28 mmli qog'oz tasmasi qo'llanilib, yotqizish burchagi  $\alpha \leq 35^\circ$  gacha

yotqiziladi. Kuchlanishi 20 – 35 kVli kabelda yotqizish burchagi 15 – 20°, qog‘oz tasma eni 12 – 22 mm qilib olinadi.

Qog‘oz tasma yotqizish katakli va kallakli izolyatsiyalash mashinalarida bajariladi. Kam kesim yuzali simlar izolyatsiyalashda vertikal mashina qo‘llaniladi.

Simmetrik telefon kabellariga naysimon-qog‘oz, kordel-qog‘oz va kordel-plastmassa izolyatsiyani yotqizish markaziy o‘ragichli vertikal mashinada spiralli o‘rab amalga oshiriladi. Markazi o‘ragich tasma yo‘naltiruvchi barmoqqa ega, aylanish tezligi 3500 – 4000 ayl/daq ga etadi.

Kordel qog‘oz va kordel-polistirol izolyatsiya olish uchun mashinada markaziy kordellagich mavjud. Avvaliga simga ochiq spiral holda kordel, so‘ng qog‘ozli yoki polistirolli tasma yotqiziladi, bunda polistirolli kordel 65 – 70°C gacha kamerada qizdiriladi.

Izolyatsiyalangan simni umumiy o‘rab kabel holatiga keltiriladi, kabelda katta egiluvchanlik ta‘minlanib bo‘sh joylar to‘ldirgich bilan to‘ldirilib, buning hisobiga, kabel qobiq va zirxida elektr energiya isrofi kamayadi. Birsimli kabeldan o‘zgaruvchan tok o‘tkazilsa, sim transformator birlamchi cho‘lg‘amini hosil etgandek, qo‘rg‘oshin yoki qobiq ikkilamchi cho‘lg‘amini hosil etadi. Qobiq kabel uchida birlashtirilgan erlansa unda katta qiymatli EYuK (50 – 200 V/km) sodir bo‘ladi. Qobiq ikki uchidan ulanib erlansa undan 20 – 80% gacha o‘tadigan tok o‘tib, qo‘shimcha isrof keltirib chiqaradi.

Po‘lat zirx qoplash magnit oqim ortishiga, qobiq va zirxda uyurma tok isrofini keltirib chiqaradi. Tasmali zirxdagi isrof simdagiga qaraganda ancha yuqori bo‘ladi.

Quvvatli kabel izolyatsiyalangan simini o‘rashda va belbog‘ izolyatsiya yotqizishda diskli mashinalar qo‘llaniladi. Mashina aylanish qismi o‘qdan iborat, unda katta ( $D_1 \approx 2,5 - 4,0$  m) va kichik ( $D_2 \approx 0,5 - 2,0$  m) disklar o‘rnatilgan, disklarda g‘altaklar joylashgan. Disklar orasida lyulka joylanib, unga izolyatsiyalangan simli g‘altaklar o‘rnatiladi. Simlarni o‘rashda shesternya planetar sistemasi qo‘llaniladi. Kabelni yumaloqlash uchun izolyatsiyalangan simlar orasida qog‘oz buramali chilvir to‘ldirgich sifatida qo‘llaniladi. O‘rash kalibrda bajarilib, so‘ng o‘ram siqiladi, keyin qog‘oz o‘ragichda o‘ramga belbog‘ izolyatsiya yotqiziladi. Bunda K – 120, KM – 120, K – 170 va KM – 170 qog‘ozlari qo‘llaniladi.

Izolyatsiyalangan sim buralishi o‘ng yo‘nalishda amalga oshiriladi. O‘ralish qadami kabellarda quyidagicha olinadi:

yumaloq simli 1 – 10 kV kabellarda	– (25 – 60)
sektor simli kuchlanishi 1 va 3 kV	– (50 – 80)
6 va 10 kV	– (65 – 90)
sektorli 6 – 10 kVli (dastlab burab quritilgan)	– (50 – 80).

Simlari izolyatsiyalangan bir xil diametrli ko‘p simli kabel buralishi to‘g‘ri burash qoidasi bo‘yicha bajariladi. Turli kesim yuzali shaxta va h.k. kabellarida aralash o‘rash qo‘llaniladi. Yumaloq simli kabel olish uchun o‘ralish rezinali o‘zak atrofida bajarilib, sim oraliklari tolasimon materiallarda to‘latiladi.

Rezina va plastmassa izolyatsiyali ko‘p simli kabel o‘ralishi ko‘p katakli mashinalarda, kichikroq kesimlilari – tezkor sigara romli gorizontal va vertikal mashinalarida bajariladi. Sigara va romli mashinalar izolyatsiyalangan sim burashda qo‘llanilishi ish unumdorligini oshiradi. Aloqa kabeli izolyatsiyalangan simlari daslab juftlik, to‘rtlik so‘ng kabel ko‘rinishiga o‘raladi. Juft to‘rtli o‘rash to‘g‘ri o‘rash va dastakli burash qonuni bo‘yicha bajariladi.

Erli va uzoq aloqa kabeli elektr ko‘rsatkichlariga qarab texnologik qurilmalar (uskunalar) tanlanadi. Qiziqarlisi, zamonaviy turli yo‘nalishda izolyatsiyalangan simlarni o‘raydigan to‘rtlik, bir yo‘nalishli to‘rtlikni kabel yoki dastakka o‘raydigan mashinadir. To‘rtlik turli qadamda ham bajariladi. Bu turli chastotada aylanadigan yiggichlarda amalga oshiriladi.

To‘rtliklarni kabelga bo‘rash katakli mashinalarda to‘g‘ri o‘ralish qoidasida amalga oshiriladi.

Shimdiriladigan tarkibning qovishoqligiga qarab qog‘oz izolyatsiyali kabel qovishoq shimiluvchi, shimdirilib moysizlantiriladigan va shimdirilganda oqmaydigan shimdiriluvchi tarkibli turlariga bo‘linadi. Qovishoq shimiluvchi tarkib MP – 3 navli moy-kanifolli shimiluvchi tarkibdan iborat bo‘lib, u miqdori  $7,5 \pm 2,5\%$  kanifol  $3 \pm 2\%$  parafin, qolgani neft moyi (KM – 25) dan tashkil topadi. Shimdirib moysizlantiriladigan tarkib ham MP – 3 tarkibining aynan o‘zi bo‘lib, qog‘oz izolyatsiyasi bunda ortiqcha shimdiriluvchi tarkibdan xolos qilinadi. Ushbu izolyatsiyali kabel vertikal va qiya erlarda, sathlari cheklangan holda yotkaziladi.

Oqmaydigan shimiluvchi tarkib MP – 2 bilan qog‘oz tuyintirib shimdirilganidan so‘ng kabelning ishchi haroratsida bu tarkib oquvchanlik xususiyatiga ega bo‘lmasligi kerak. MP – 2 tarkibi  $2 - 3\%$  kanifol,  $18 \pm 1\%$  polietilen, qolgani esa neft moyi va sterezindan tashkil topadi.

Tarkibi oqmaydigan kabellar er sathi cheklanmagan vertikal va qiya erlarda yotkaziladi. Kabel belgisining birinchi harfi TS (tserezin) bilan belgilanadi.

Qog‘oz izolyatsiyasini o‘zgaras tok kuchi bilan quritish va moy-kanifol birikmasiga shimdirish quvvatli kabellarni dielektrik xususiyatini yaxshilaydi. Shimdirilmagan kabel qog‘ozi elektr mustahkamligi 3 – 5 kV/mm bulsa, shimdirilgani 40 – 80 kV/mmga teng bo‘ladi. Shimdirilgan qog‘ozda namlik ortsa, unda  $\text{tg}\delta$  va  $\epsilon$  qiymatlari yomonlashadi.

Normal holatdagi havoda kabel qog‘oz izolyatsiyasi tarkibida 6 – 9% namga ega bo‘lib, quritilganida 0,1 – 0,3% gacha pasayadi.

Kuchlanishi 1 – 10 kVli quvvatli va nazorat kabellarini shimdirishda MP-1 tur moy-kanifol tarkibi qo‘llanilib, 20 – 35 kV kabel va axborot-blokirovka kabellarida qovushqoq MP – 2 tarkibli moy-kanifol birikmasi ishlatiladi. Kinematik qovushqoqlik MP-1 moy-kanifol birikmasida  $(1,3 - 1,5) \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ; MP-2 da  $(1,6 - 1,8) \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ . tarkibida solishtirma qarshiliklari  $t = 100^\circ\text{C}$  da  $5 \cdot 10^9 \text{ Om}\cdot\text{m}$  dan yuqori, elektr mustahkamlik  $t = 100^\circ\text{C}$  da 150 kV/mm. Tarkibdagi kanifol uning adsorbtsiya xususiyatini yaxshilaydi va vodorod yutish xususiyatini beradi.

Kuchlanishi 1 – 35 kV kabel shimdirilishi bir necha bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqichda kabel tok o‘tkazish simlari uch burchak yoki yulduzcha usuli bilan o‘zgaras tok kuchiga ulanib quritiladi. Tok o‘tkazish simidan o‘zgaras 1,5 – 2 A/mm<sup>2</sup> zichlikda tok berilib qizitiladi. Ikkinchi bosqichda kabel quritish qozoni ichida joylashtirilib, qozon qopqog‘i yopiladi va qozon devorlari oraliqdagi bo‘shlikka quriq bo‘g‘ bosim ostida uzatiladi va kabel vakuum ostida, xarorat 120 – 135°C ga etganida vakuumli quritishga o‘tiladi. Vakuumli quritishda tok uziladi, ma’lum vaqtdan so‘ng 130°C da qozonga shimdiruvchi tarkib beriladi. Turli kuchlanishdagi kabel vakuumda quritilishi quyidagicha bajariladi:

1 – 3 kV	t=1 soat	qoldiq bosim	$4,5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
6 kV	t=3 soat	qoldiq bosim	$3,0 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
10 kV	t=4 soat	qoldiq bosim	$1,5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
20 kV	t=21soat	qoldiq bosim	$3,0 \cdot 10^2 \text{ Pa}$
35 kV	t=30 soat	qoldiq bosim	$3,0 \cdot 10^2 \text{ Pa}$

Shimdiruvchi tarkib kabelli korzina satxidan 100 – 150 mm baland bo‘lishi kerak, shimdirish jarayoni tugallanganligini moy-kanifol

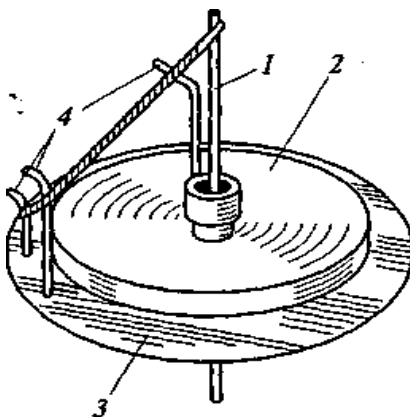
birikmasi ustida ko'pik yo'qolishi bilan aniqlanadi. Massa sovushini tezlatish uchun tarkib sovutgichdan o'tkaziladi.

Kabel 50 – 70°C gacha sovutilganida, u qo'rg'oshinli yoki aluminiyli pressga qoplama berish uchun yuboriladi. Kabel quritish va shimdirish jarayonida bosim harorat va rejim davomati tekshiriladi. Yuqori kuchlanishli kabel shimdirishda S – 220 turli gazsizlangan moy qo'llaniladi. Ish mobaynida S – 220 moyi gaz ajratadi.

**Kabel izolyatsiyasi.** Kabel turiga bog'liq holda kuchli kabel izolyatsiyasi kabel qog'ozi o'rash, rezina izolyatsiyasini vulkonlash usuli, polietilen va polivinilxlorid plastikatini bosimli mashina (ekstruder) erdami asosida tayyorlanadi.

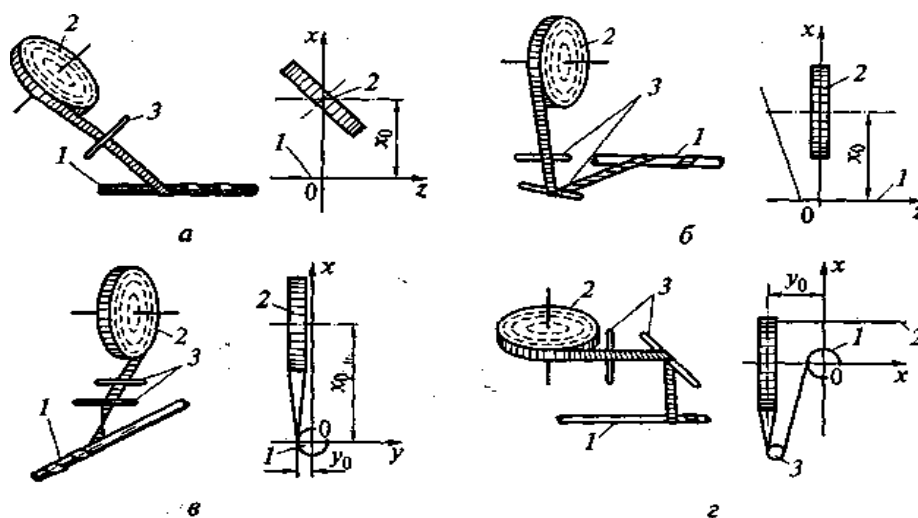
Kabel izolyatsiyasida qo'llanadigan kabel qog'ozi oqlanmagan sulfatli tsellyulozadan tashkil topib, u mineral moy va kanifolli tarkib yoki sintetik moy bilan shimdirilib to'yintiriladi. Quyidagi 8- rasmda kabel tok o'tkazish simlariga qog'oz izolyatsiya uraydigan texnologik jaraeni kinematikasi keltirilgan. 9-rasmda tasma qog'oz izolyatsiyasini yo'naltiruvchi moslamalari keltirilgan. Bir va uch simli kabel qog'oz izolyatsiyasining nominal qalinligi kuchlanish miqdori, sim kesim yuzasi, belbog' yoki faza izolyatsiyasi hamda shimdiruvchan tarkibga bog'liq holda o'zgaradi. Quyidagi 3 jadvalda kuchli kabel qog'oz izolyatsiyasining qalinligi keltirilgan.

### O'rash turlari



8- rasm. Markaziy o'ragich:

1- o'ralayotgan maxsulot; 2- tasma o'rami yoki ipli baraban (simli); 3- o'ragich diski; 4- yo'naltiruvchi barmoqlar.



9- rasm. Qog‘oz izolyatsiyasini yo‘naltiruvchi moslamalari:  
 a – oddiy; b – yassi; v – tangentsiali; g – yarim tangentsiali; 1 – o‘ralayotgan maxsulot; 2 – tasma o‘rami yoki ipli babina (simli); 3 – yo‘naltiruvchi barmoqlar.

3-jadval

**Kuchli kabel qog‘oz izolyatsiyasining qalinligi**

Nominal kuchlanish, kV	Sim kesim yuzasi, $mm^2$	Nominal qalinlik, mm	
		Faza izolyatsiyasi	Belbog‘ izolyatsiyasi
1	6–95	0,75	0,5
	120–150	0,85	0,6
	185–240	0,95	0,6
3	6–240	1,35	0,7
6	10–240	2,0	0,95
6*	16–120	2,75	1,25
6**	25–185	2,35	1,15
10	16–240	2,75	1,25

\* - shimdirib moysizlantirilgan izolyatsiyali kabel.

\*\* - moyi oqmaydigan izolyatsiyali kabel.

Moyi oqmaydigan kabel qog‘oz izolyatsiyasining qalinligi 4 jadvalda keltirilgan.

4-jadval

**Moyi oqmaydigan kabel qog‘oz izolyatsiyasining qalinligi**

Nominal kuchlanish, kV	Sim kesim yuzasi, $mm^2$	Nominal qalinlik, mm	
		Faza izolyatsiyasi	Belbog‘ izolyatsiyasi
6	25–185	2,35	1,15
10	25–185	3,0	1,40
35	120–300	12,00	–



Plastmassa izolyatsiyali kabel uzluksiz qatlama ega bo'lgan holda polivinilxlorid plastikati (GOST 5960–72) yoki polietilen kompozitsiyasi (GOST 16336–77) asosida tayyorlaniladi.

Quyida 5 jadvalda plastmassa izolyatsiyali kabel faza izolyatsiyasining qalinligi keltirilgan.

5-jadval

**Plastmassa izolyatsiyali kabel faza izolyatsiyasining qalinligi**

Kuchlanish kV	Sim kesim yuzasi, $mm^2$	Izolyatsiya nominal qalinligi, $mm$	
		Polietilen, so'navchan polietilen, polivinilxlorid plastik	Vulkanlangan polietilen
0,66	16–50	0,9–1,30	0,7–1,0
1	16–95	1,0–1,5	0,7–1,1
	120–150	1,5–1,6	1,2–1,4
	185–240	1,7–1,9	1,6–1,7
3	16–240	2,2	2
6	16–240	3,4	3
10	16–240	-	4,0

Quyidagi 6 jadvalda kuchli kabel rezina izolyatsiyasining qalinligi keltirilgan.

6-jadval

**Rezina izolyatsiyasining qalinligi**

Sim nominal kesim yuzasi, $mm^2$	Nominal kuchlanishi $kV$ da, nominal qalinligi $mm$ da			
	0,6 o'zgaruvchan, o'zgarmas	O'zgarmas tok		
		3	6	10
1–70	1,0–1,6	1,8–2,4	2,0–2,4	–
95–150	1,8–2,0	2,6–2,8	3,6	–
185–240	2,2–2,4	2,8–3,0	3,6–3,8	–
300–500	–	2,4–3,8	3,8–4,0	5,0

Kuchlanishi 10 kV gacha bo'lgan kuchli kabel izolyatsiyasida.

K – 80, K – 120 (K – 170) navli kabel qog'ozi ishlatiladi (GOST 23886–83). Kabel simi yuzasiga yotkaziladigan izolyatsiyaga faza izolyatsiyasi deyiladi. Izolyatsiyalangan sim oralari to'ldirgichda

to‘latilib, buralgan holda ustiga yotkaziladigan izolyatsiyaga belbog‘ izolyatsiyasi deyiladi.

Past bosimli yuqori kuchlanishli kabel izolyatsiyasi turli qalinlik va zichlikka ega, qalinligi 0,08 va 0,12 mm ga teng kabel qog‘ozi tasmaidan iborat bo‘lib, ushbu qog‘oz tasmalar sim ustiga o‘ralgandan so‘ng MN –3 yoki MN – 4 navli mineral moyi bilan shimdiriladi. Sim ustidan katta elektr mustahkamlikka ega, yupqa zich qog‘oz izolyatsiyasi yotkaziladi. Bundan tashqari, yupqa qog‘ozni qo‘llash eng kam moy qatlami sodir etadi va shu bilan birga yuqori elektr mustahkamligiga ega izolyatsiya vujudga keltiriladi.

Izolyatsiya tasmalari 0,5 – 2,0 mm oraliqli qilib yotkazilishi, yondosh fazalarni kabel bukilishi chog‘ida siljish mobaynida qirralari ezilishini oldini oladi.

Izolyatsiyada yotkaziladigan qog‘oz elektr mustahkamligi quyidagi qiymatlarga ega.

Qog‘oz navi	Elektr mustahkamlik, kV	
	o‘zgaruvchan	50 Hz
impulsi		
KV, KVMU, KVU	327	1230
KVS, KVMS	305	910

Izolyatsiya qalinligining hisobi chastotasi 50 Hz o‘zgaruvchan tok va impuls kuchlanishlari bo‘yicha olinadi. Bunda izolyatsiya qalinligining yuqori qiymati qabul qilinadi. Kuchlanishi 110 – 220 kVli kabel izolyatsiya qalinligi 11,0 – 22,5 mm, elektr maydonining maksimal kuchlanganlik qiymati 80 kV/sm olinadi. Bunda zichlangan qog‘oz qatlami qalinligi 3,5 – 2,5 mm ni, zichlanmagan qismining qalinligi esa 6,1 – 8,5 mm ni tashkil etadi. Rezina izolyatsiya egiluvchan, kislorod va yorug‘lik ta‘sirida tez eskiradigan, ishchi haroratsining pastligi bunday izolyatsiyani keng miqyosda qo‘llanilishini cheklaydi. Izolyatsiyada qo‘llaniladigan rezina sintetik yoki tabiiy kauchuk asosida tayyorlanadi. Sim yuzasiga qoplangan xom rezina qizitilganda va vulkanlanishi orqali kerakli sifatga ega bo‘lgan rezina olinadi. Kabel izolyatsiyasida RTI – 1, RGPK va boshqa turdagi rezinalar qo‘llaniladi.

Plastmassa izolyatsiyali kabellar ko‘proq qo‘llanishga ega bo‘lmoqda. Bunga misol tariqasida polivinilxlorid plastikati, polietilen, polietilenning maxsus kompozitsiyalari va boshqa sintetik materiallarni keltirish mumkin. Kabel plastmassa izolyatsiyasi va qobig‘i (0,66 – 6

kV) ishlab chiqarilish va sinovidan bo‘lgan umumiy talab GOST 23296–78da keltirilgan.

Kuchlanishi 0,66 – 6 kV kabellarning izolyatsiya materiallari sifatida eng ko‘p qo‘llanilayotganlarga polivinilxlorid plastikati, termoplastik va vulkanlangan polietilen, kuchlanishi – 10, 35 kV kabellarda vulkanlangan polietilen kiradi.

Kuchli kabel izolyatsiyasi va qobig‘ida ishlatiladigan polivinilxlorid plastikati – polivinilxlorid, plastifikator, stabilizator, to‘ldirgich va boshqa tarkiblardan tashkil topadi. Izolyatsion plastik at yuqori elektr xarakteristikaga ega. Ushbu xususiyat kabel qobig‘ida qo‘llaniladigan plastikatlarda ancha past bo‘lsa ham, lekin ular yuqori mexanik xarakteristikaga va yuqori yorig‘likka bardoshlilik bilan ajralib turadi. Bunday hossa plastifikator retsepturasiga oshirilgan miqdorda kiritilgan plastifikator, stabilizator va yorug‘likka bardoshlilikni ta‘minlaydigan maxsus elementlar bilan asoslanadi.

Polivinilxlorid plastikati (PVX) kimyoviy aktiv muhit ta‘siriga yuqori darajada bardoshlilik bilan ajralib turadi. U yuqori haroratga, ko‘pgina kislota, ishqor va organik erituvchilar ta‘siriga chidamlidir.

Kabel izolyatsiyasi va qobig‘ida qo‘llaniladigan polivinilxlorid plastikatining ko‘pgina turlari azot kislotasi, benzin, kerosin, neft moylari ta‘siriga bardoshlidir. PVX plastikatni tarkibida ftor, vodorod, kislorod, azot, xlor, hamda ishqor va tuzlar ta‘sir etmaydi. Bu esa izolyatsiyasi va qobig‘i polivinilxlorid plastikati asosida bo‘lgan kuchli kabellarni agressiv muhitli havo, er va boshqa sharoitlarda yaxshi ekspluatatsiyasini ta‘min etadi. Shu bilan bir qatorda polivinilxlorid plastikati dixloretn, benzol, ba‘zi organik erituvchi va spirtlarga chidamliligini ta‘minlaydi.

Sanoatda keng miqyosda qo‘llaniladigan polivinilxlorid plastikatli izolyatsiya va qobig‘iga ega kuchli kabelning eng asosiy xususiyati olovga bardoshlilik bo‘lib, sinov paytida alanga olib tashlaganidan so‘ng, kabelning o‘z-o‘zidan so‘nishi hisoblanadi. Bunday xususiyatga ega polivinilxlorid plastik at izolyatsiyali va shlangli kabellarda alanga tarqalmaydi.

Demak, asosiy ko‘rsatkich – alanga olib tashlanganda so‘nish vaqtining davomatidir. So‘ngi ma‘lumotlarga asosan materiallar yonuvchanligi kislorod indeksi va solishtirma yonish issiqligi ko‘rsatkichlari bilan ifodalanadi.

Quyidagi 7 jadvalda sintetik materiallar yonuvchanlik ko‘rsatkichlarining asosiy xarakteristikalari keltirilgan.

**Sintetik materiallar yonuvchanlik ko'rsatkichi**

Material	Yonuvchanlik ko'rsatkichi	
	Kislorodli indeks %	Solishtirma yonish issiqligi, mm/kg
Polietilen	16–18	46,5
So'nuvchan polietilen	25–27	46,6
Polivinilxlorid (qatroni)	45	20
Polivinilxlorid plastikat	23–27	22,6
Xloropren kauchukli rezina	22–25	29
Ftoroplast	95	4,5

Kabel izolyatsiyasi va qobig'i uchun GOST 16336–77 bo'yicha yuqori bosimli polietilen kompozitsiyasi qo'llaniladi.

O'zining yuqori elektr izolyatsion va mexanik xarakteristikasi bo'yicha polietilen barcha klass kuchlanishli kabel izolyatsiyasida qo'llanilishi mumkin. Lekin qisqa tutashuv paytida polietilenning nisbatan past issiqlikka bardoshligi, uning asosidagi kabellarni keng miqyosda qo'llanilishini cheklaydi. Shu bilan bir qatorda polietilen yuqori darajali radiatsion bardoshlikka egaligi, uni radiatsion nurlanish sharoitida ishlaydigan kabel izolyatsiya va qobig'ida qo'llash imkonini beradi. Vulkanlangan polietilen tarkibidagi ko'ndalang molekuloaro bog'lanish tufayli yuqori darajali issiqa bardoshlikka ega. Uni izolyatsiyada qo'llash kabel simning ish haroratsini 90°gacha ko'tarish, yuqori ruxsat etilgan haroratni 250°Cga oshirish imkonini yaratadi.

Kabel tayyorlanish jarayonida, uning qobig'i asosida, izolyatsiya sirtida yoki belbog' izolyatsiya ostida maxsus bildiruv tasmasi yoki plastmassa (rezina) qobig'ining har 300 mm da ishlab chiqaruvchi korxonasining farqlanuv indeksi va kabel ishlab chikarilgan yili bosiladi.

Ko'p fazali kabel izolyatsiyalangan simlarini farqlanishda ranglar yoki noldan boshlanuvchi raqamlardan foydalaniladi. Raqamli belgilashda izolyatsiya yuzasi yoki yuqori tasmaga har 35 mm da 1 raqami, ikkinchisiga –2, uchinchisiga –3, to'rtinchisiga –4 raqamlari bosiladi.

Birinchi raqam oq yoki sariq rang, 2 – ko'k yoki moviy, 3 – qizil yoki malinasimon, 4 – qora ranglar bilan belgilanadi.

Sim kesimi bir xil plastmassa izolyatsiyali kabelning nolli simi havo rang, rezina izolyatsiyasi istalgan rangda bo'lishi mumkin.

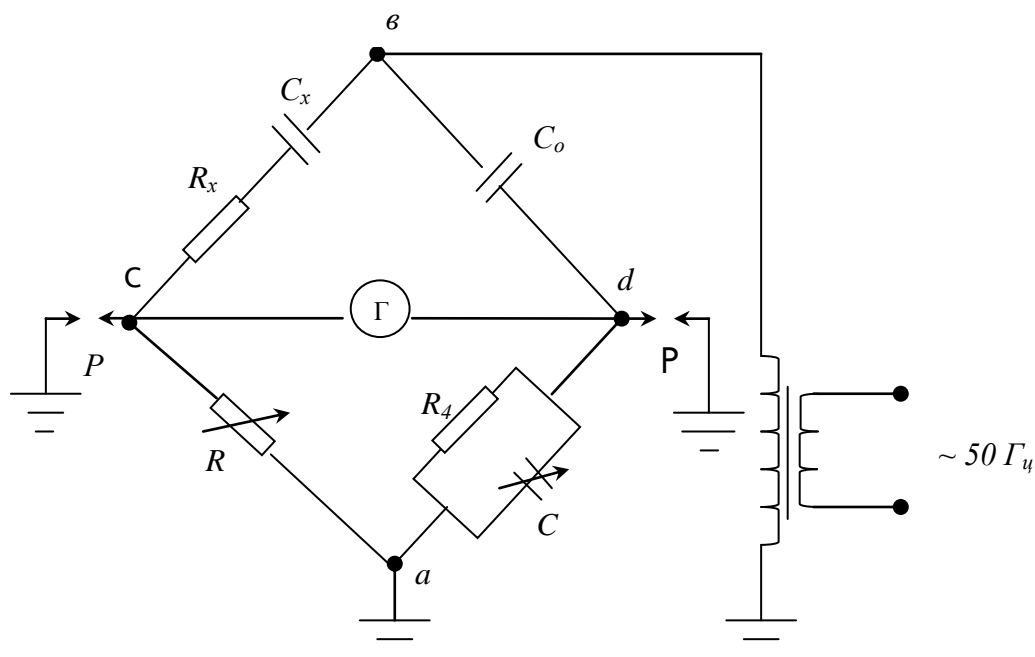
Erlanadigan sim izolyatsiya o'z rangi bilan boshqalaridan farqlanadi. U ikki xil rangli yoki "o" raqam bilan belgilanadi.

**Kabel izolyatsiyasida energiya isrofini aniqlash.** Elektr maydonida joylashgan dielektrikning sifati uning qutblanishmobaynida aniqlanadigan dielektrik singdiruvchanligi qiymati bilan ifodalanadi. Har qanday dielektrikni ikki metall qoplama orasiga joylashtirib kondensator hosil qilish mumkin.

Kondensatorning sig'imini va dielektrik qiymatini aniqlaydigan ifoda dielektrik singdiruvchanlik. Agar kondensator qoplamalariga kuchlanish bersak, u zaryadlanadi. Bu zaryad qiymati kuchlanish birligiga, kondensator o'lchamiga, qoplama yuzi va ular orasidagi masofaga bog'liq bo'ladi. Agar dielektrikka elektr maydon ta'sir ettirilsa, dielektrik asta-sekin qiziy boshlaydi, chunki ta'sir etayotgan energiyaning bir qismi uning qizishiga sarf bo'ladi. Qizishga sarf bo'ladigan elektr quvvati dielektrikdagi isrof yoki dielektrikdagi energiya sochilishi deyiladi. Dielektrikdan ichki tok o'tishi natijasida undagi elektr energiyasining isrofi o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanish ta'sirida ro'y beradi. O'zgarmas kuchlanish ta'sirida dielektrikda davriy qutblanish kuzatilmaganligi sababli, dielektrikdagi energiya isrofi uning solishtirma hajmiy va solishtirma yuzaviy qarshiligiga bog'liq bo'ladi. O'zgaruvchan kuchlanishda dielektrikda ichki toklardan tashqari qo'shimcha sabablar (qutblanish) vujudga kelib, undagi elektr energiyasi isrofi ortadi. Elektr maydonida joylashgan dielektrikda sarflanadigan quvvat miqdorini aniqlash uchun dielektrikdagi isrof burchagi  $\delta$  yoki shu burchak tangensi  $\tan \delta$  dan foydalaniladi. Agar ikki metall qoplama orasiga dielektrik joylashtirib o'zgaruvchan kuchlanish ta'sir ettirilsa, bunda dielektrikdan sig'im toki, absorbttsiya toki sekinasta sodir bo'ladigan qutblanish hisobiga va dielektrik tarkibidagi erkin zaryadlar hisobiga ichki toklar kuzatiladi. Yuqoridagi uchta tokni hisobga olib, ekvivalent sxemani tasavvur qilish mumkin.

O'zgaruvchan kuchlanish ta'sirida ikki qoplama orasida dielektrik zanjirga ulansa, zanjirdan tok oqadi. Bu tok uchta tok yigindisidan iborat bo'lib:

1. Sig'im toki  $I_c$  bo'lib, energiya isrofi kuzatilmaydi.
2. Asta sekin sodir bo'ladigan qutblanish hisobiga absorbttsiya toki  $I_{abs}$  kuzatilib, energiya isrofi sodir bo'ladi.
3. Dielektrik tarkibidagi erkin zaryadlar hisobiga ichki tok  $I_{ich}$  kuzatiladi.



10- rasm. O'zgaruvchan tok ko'prik zanjir R-525 tipdagi izolyatsiya energiya isrofini aniqlash uchun qo'llaniladi.

$R_x$  и  $C_x$  – tekshirilayotgan izolyatsiya;

$C_0$  – isrofsiz etalon kondensatori;

$C_4$  – sig'imlar magazini;

$R_4$  – aktiv qarshilik;

$R_3$  – qarshilik magazini;

$\Gamma$  – tebranma galvanometr;

$P$  – razryadniklar.

**Kabel metalli qobiqlarida isrofgarchilik.** O'zgaruvchan tokni birsimli kabel simidan uzayganda, unda havo transformatori birlamchi cho'lg'am hosil qiladi, ikkinchi cho'lg'am metalli qobiq bo'ladi. Agar qobiqlar tutashtirilib uzatgich bir uchida yyerlansa, tarmoq ikkinchi uchida qobiqlar orasida bir necha o'n-yuz volt kuchlanish sodir bo'ladi. Bunda qobiqdan 20 – 80% gacha tok o'tadi. Bu tok energiya isrofiga olib keladi. Uni yo'qotish uchun uzatgich uchlarida qobiqlar tutashtirilib yerlanish kerak.

Birsimli kabellar  $S$  oraliqqa joylansa, 1 kabel simidagi tok magnet maydon sodir etib, uning kuchlanganligi kabel qobig'i uzra yo'nalgan (20):

$$H = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}, \quad (20)$$

bunda  $N$  – magnit maydon kuchlanganligi, A/m

$I$  – simdagi tok, A

Kabel qobiqlari uchlari tutashtirilsa, undan muvozanatlashtiruvchi tok o‘tib EYUK hosil bo‘ladi. Sim va qobiq oralig‘idagi o‘z induksiya koeffitsienti (kabel uzunlik birligida) (21):

$$M = \frac{\psi}{I} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \ln \frac{S}{r_{qob}} + \mu \frac{\Delta_z}{r_z} \right) \quad (21)$$

Qobiq konturidagi EYUK:

$$E = j\omega M I \quad (22)$$

Kabel qobiqlari uchlarida tutashtirilsa, qobiqda EYUK:

$$E = 2j\omega M (I + I_{qob}) \quad (23)$$

Qobiqdagi tok moduli:

$$I_{qob} = \frac{\omega M I}{\sqrt{R_{qob}^2 + (\omega M)^2}} \quad (24)$$

Qobiqdagi isrofni simdagi isrofga bo‘lgan nisbati :

$$Y_{qob} = \frac{I_{qob}^2 R_{qob}}{I^2 R_{s\sim}} = m^2 \frac{R_{qob}}{R_{s\sim}} \quad \text{bunda, } m = (\omega M)^2 / \sqrt{R_{qob}^2 + (\omega M)^2} \quad (25)$$

Kabel uzatgichi induktivligi:

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \ln \frac{S}{r_0} + \mu \frac{\Delta_z}{r_z} + \frac{1}{2} \right) \quad (26)$$

Qobiq uzilganda uzatgichda kuchlanish taqsimlanishi:

$$\Delta U = 2I(R_s + j\omega L) \quad (27)$$

Qobiqlar tutashtirilganda eyuk xisobga olinadi:

$$\Delta U = 2I(R_s + j\omega L) + 2I_{qob}j\omega M = Iz \quad (28)$$

Yuqoridagi  $U_{qob}$  ifodasini boshqacha ifodalasak:

$$Y_{qob} = \frac{R_{qob}}{R_s} \frac{1}{1 + (R_{qob} / \omega M)^2} \quad (29)$$

Kabellar orasidagi masofa ortsa  $M$  qiymati ham ortadi.

**Kabel issiqlik hisobi.** Kabel qiziganida chegarali ruxsat haroratsi katta ahamiyatga ega bo'lib, undan yuklatilish xizmat muddati va kabel ishonchli ishi aniqlanadi. Kabel qiziganda qog'oz tez eskirib, uning mexanik mustahkamligi va elastikligi kamayadi.

Issiqlik hisobidan asosiy maqsad, ruxsat yuklama toki aniqlanadi. Yuqori harorat kabel simi va unga yondoshgan izolyatsiyada kuzatiladi. Sim haroratsi quyidagicha aniqlandi (30):

$$T_s = (P_s + P_{iz} / 2)S_{iz} + \sum R_k (S_{xq} + S_o) + T_o \quad (30)$$

bunda  $T_o$  – atrof muhit haroratsi;

$\Sigma_k$  – kabeldagi umumiy isrof;

$S_{xq}$  – himoya qoplami issiqlik qarshiligi;

$S_o$  – atrof muhit issiqlik qarshiligi;

O'zgaruvchan tokdagi sim elektr qarshiligi (31):

$$R_s = \frac{(1+k)\rho_o}{q} \left[ 1 + \alpha(T_s - 20) \right] \quad (31)$$

bunda  $\rho_o$  – sim solishtirma elektr qarshiligi (20°Cda);

$q$  – sim kesim yuzasi,  $\text{mm}^2$ ;

$k$  – qisqarish koeffitsienti ( $k=0,015-0,03$ );

O'zgaruvchan tokda simdagi isrof :

$$P_s = P_s I^2 \quad (32)$$

Birsimli kabel himoya metal qobig'idan isrof:



$$P_{qob} = P_s y_{qob} \quad (33)$$

Izolyatsiya dielektrik isrofi

$$P_{iz} = U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta \quad (34)$$

Birsimli kabel uzunlik birligidagi izolyatsiyasi issiqlik qarshiligi:

$$S_{iz} = \frac{\sigma_{iz}}{2\pi} \ln \frac{R}{r_0} \quad (35)$$

Qog‘oz-moyli izolyatsiya ( $U=1\div 35$  kV)da  $\sigma_{iz} \approx 5\div 6,5^\circ\text{C}\cdot\text{m/Vt}$ , moysizlanganida  $\sigma_{iz} \approx 7\div 7,5^\circ\text{C}\cdot\text{m/Vt}$ , moy to‘latilganda  $\sigma_{iz} \approx 4,5\div 5^\circ\text{C}\cdot\text{m/Vt}$ , PEda  $\sigma_{iz} = 3^\circ\text{C}\cdot\text{m/Vt}$ , PVX plastikat  $\sigma_{iz} \approx 4\div 7^\circ\text{C}\cdot\text{m/Vt}$ , rezina izolyatsiyada  $\sigma_{iz} \approx 3\div 3,5^\circ\text{C}\cdot\text{m/Vt}$  Sim va qobiq orasidagi harorat farqi:

$$\tau_s \frac{P_{iz}}{2} \frac{\sigma_{iz}}{2\pi} \ln \frac{R}{r_0} = \frac{P_{iz}}{2} S_{iz} \quad (36)$$

Sim va izolyatsiya isrofida sim va qobiq orasidagi temperatura farqi:

$$\tau_s = (P_s + \frac{P_{iz}}{2}) S_{iz} \quad (37)$$

Izolyatsiyadagi dielektrik isrofi kuchlanishi 110 kV dan yuqori kabellar uchun olib beriladi, undan pastida isrof juda kam bo‘ladi. Ko‘p simli kabel izolyatsiyasi issiqlik qarshiligi (90):

$$S_{iz} = \frac{\sigma_{iz}}{2\pi n} G \quad (38)$$

bunda  $n$  – sim soni;

$G$  – geometrik koeffitsient;

Uchsimli belbog‘ izolyatsiyali kabel uchun:

$$G = (0,85 + 0,2n) \ln \left[ \frac{8,3 - 2,2n}{m + 1} \right]$$

bunda,  $m = (\Delta + \Delta_1)/(2r_0)$ ,  $n = \Delta_1 / \Delta$ ;

$\Delta, \Delta_1$  – faza va belbog‘ izolyatsiya qalinliklari;  
OSB turli simlari ekranlangan kabel issiqlik qarshiligi (39):

$$\frac{\tau_s}{3P_s} = S_k = \frac{S_{iz}}{3} S_{k.u} \quad (39)$$

bunda,  $\tau_s$  – sim va zirx orasidagi harorat farqi;

$R_s$  – simdagi isrof;

$S_{iz}$  – sim va metal qobiq orasidagi issiqlik qarshiligi.

**Ruxsat yuklama tok hisobi.** Simdagi ruxsat toki hisobida issiqlik qarshiligi va issiqlik oqimi o‘rindoshlik sxemasi tuziladi. 11 rasmda birsimli kabel havoda va uchsimli kabel quvurda moy bosimdaligi keltirilgan. Birsimlik kabel uchun Om issiqlik qonuni quyidagicha:

$$V_s = T_s - T_0 = (P_s + \frac{P_{iz}}{2})S_{iz} + (P_s + P_{iz} + P_{qob})(S_{hq} + S_0) \quad (40)$$

va ruxsat toki

$$I = \sqrt{\frac{T_{\max} + T_0 - P_{iz}(\frac{S_{iz}}{2} + S_{hq} + S_0)}{R_s + \frac{P_{iz}}{2} + (1 + y_{qob})(S_{hq} + S_0)}}, A \quad (41)$$

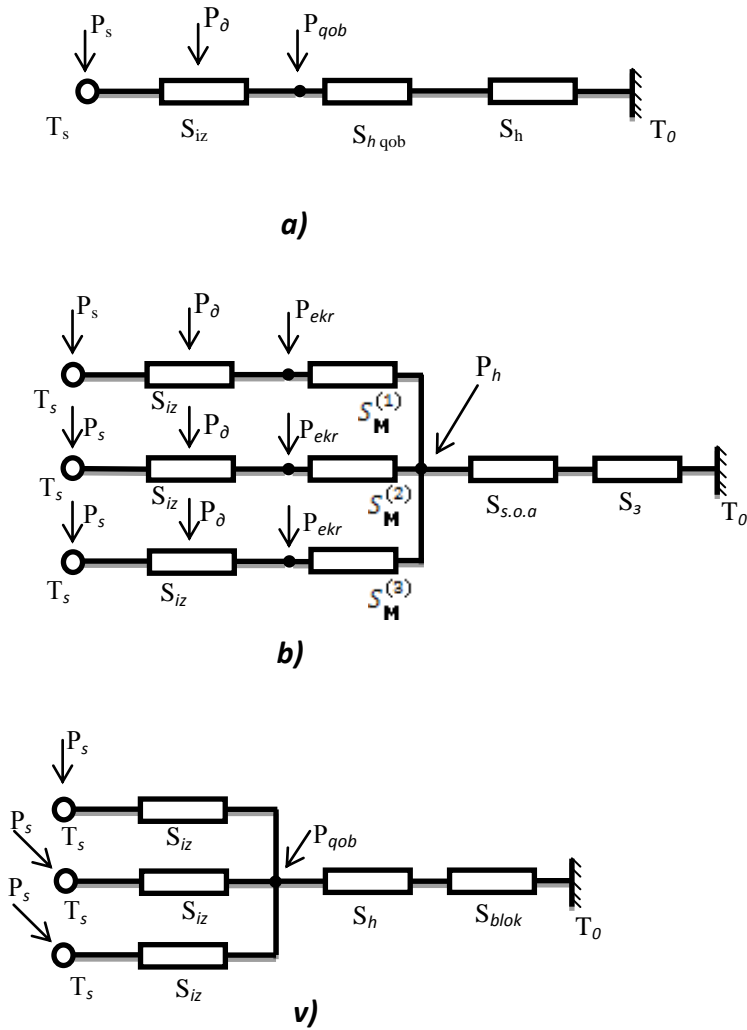
Blokda yotqizilgan uchsimli kabelda harorat farqi:

$$\vartheta_s = 3P_s \frac{\sigma_{iz}}{2\pi 3} G + P_s (3 + y_{qob})(S_h + S_{blok}) \quad (42)$$

Yuklama ruxsat toki:  $I = \sqrt{\frac{T_{\max} - T_0}{R_s \left[ \frac{\sigma_{iz}}{2\pi} G + (3 + y_{qob})(S_h + S_{blok}) \right]}}, A \quad (43)$

bunda  $G$  – kabel geometrik koeffitsienti.

Quvurda yotqizilgan kabela yuqori harorat 2 kabledadir.



11 - rasm. Birsimli kabel havoda va uchsimli kabel quvurda moy bosimdaligi

Sim va atrof-muhit oralig‘i harorat farqi:

$$\mathcal{G}_{s2} = (P_s + \frac{P_{iz}}{2})S_{iz} + (P_s + P_{iz} + P_{ekran})S_m + \mathbf{p}_{quvur} + 3(P_s + P_{iz} + P_{ekran})(\bar{S}_{hq} + S_h) \quad (104)$$

Sim harorati: 
$$T_{s2} = \mathcal{G}_{s2} + T_0 + \sum_1^m \Delta \mathcal{G}_k \quad (44)$$

Simda ruxsat etilgan yuklama tok quyidagicha

$$I = \sqrt{\frac{g_{\max} - P_{iz} \left[ \frac{I_{iz}}{2} + S_m + 3(S_{hq} + S_h) \right]}{R_s S_z + (1 + y_{ekran}) S_m + \left[ \gamma_g + 3(1 + y_{ekran}) (S_{hq} + S_h) \right]}} \quad (45)$$

Kabelda uzatiladigan elektr quvvatini oshirish maqsadida quyidagi yo‘llar qo‘llanilishi kerak:

1. Izolyatsiya dielektrik singdiruvchanligi va dielektrik isrofini kamaytirish kerak ( $\varepsilon \operatorname{tg} \delta$ ). Bu aralash-sintetik va qog‘oz izolyatsiyalarini, suyuq yoki gazli izolyatsiya bosimda ishlanishi kabi usullar orqali erishiladi.

2. Sun‘iy sovutish usulidan foydalanish. Bunga bilvosita sovutish, ya‘ni quvur kabelga parallel yotqizilib suv orqali sovutish; tashqi sovutish, ya‘ni kabel sirti moy, suv yoki havo orqali sovutish; ichki sovutish-sovituvchi muhit sim ichida aylanib sovutgichga o‘tib yana kabelga qaytish.

Kabel simida o‘ta o‘tkazuvchan material qo‘llab, uni chuqur (kriogen) sovutish orqali sim qarshiligi nolga yaqinlashtiriladi, izolyatsiya elektr xususiyati bunda yaxshilanadi, uzatiladigan quvvat keskin ortadi.

### Sinov savollari

1. Energiya isrofi nima?
2. Energiya isrofini kabel izolyatsiyasida roli qanday?
3. Ko‘prik zanjir qanday muovzanatga keltiriladi?
4. Ko‘prik zanjir elementlarining rollari qanday?
5. Energiya isrofiga ta'sir etuvchi xolatlar qanday?
6. Kabelda ruxsat yuklama tok hisobi handay aniqlanadi?
7. Kabel issiqlik hisobi qanday aniqlanadi?
8. Kabel metalli qobiqlarida isrofgarchilik qanday aniqlanadi?

### **3 – amaliy mashgʻuloti. Tok oʻtkazish simlarida ishlatiladigan izolyatsion materiallarini elektr mustahkamligini aniqlash jixozlari va tayyor kabel mahsulotlarini sinovdan oʻtkazish turlari.**

**Toʻldirgich.** Qogʻoz va plastmassa izolyatsiyali kabellarda havo boʻshliqlarini bartaraf etish va kabelga yumaloq shakl berish maqsadida izolyatsiyalangan fazalar va belbogʻ izolyatsiyasi oraliqlarida toʻldirgich qoʻllaniladi.

Qogʻozli belbogʻ izolyatsiyali koʻp fazali kabellarning izolyatsiyalangan simlari oraligʻida sulfat qogʻozli kanop toʻldirgichi qoʻllaniladi.

Plastmassa izolyatsiyali kabel toʻldirgichlari quyidagilarni tashkil etadi: izolyatsiya polietilendan, soʻnunchan yoki vulkanlangan polietilendan iborat boʻlganida toʻldiruvchi polietilendan izolyatsiya materiali polivinilxlorid plastikatidan iborat boʻlsa, toʻlatgich xam polivinilxlorid plastikatidan tayyorlanadi; kuchlanishi 3 kV gacha kabellarda toʻldirgich shimdirilmagan kabel tolalari yoki qat-qat shisha tolalaridan tayyorlanadi. Kuchlanishi 1 kV gacha boʻlgan plastmassa izolyatsiyali kabellar toʻldirgichsiz tayyorlashga ruxsat etiladi.

**Kabel izolyatsiyalari ustiga ekran qoplash.** Ekranlashtirish kabel texnik sharti bilan aniqlanadi va konstruktsiya sinash xususiyati, xamda nominal kuchlanishga bogʻliq boʻladi. Kabelda ekran sim izolyatsiyasi elektr mustahkamligini qobigʻiga nisbatan oshiradi, xavo boʻshliqlari taʻsirini kamaytiradi, muftada esa ekran qobiq qirralarida razryad paydo boʻlish ehtimoliligini kamaytiradi. Umuman olganda elektr oʻtkazuvchan ekran kuchli kabellarda elektr maydon kuch chiziklarini tekislaydi.

Kuchlanishi 6 – 10 kV li qogʻoz izolyatsiyali kabelda ekran belbogʻ izolyatsiya ustida joylashtiriladi. Ekran materiali sifatida navi KBU – 20, KPU – 20 elektr oʻtkazuvchan kabel qogʻozi qoʻllaniladi. Bir va ikki qatlamli elektr oʻtkazuvchi qogʻozida astetilen boʻladi. Uning solishtirma xajmiy karshiligi  $10^2 - 9 \cdot 10^4$  Om·m teng. Belbogʻ izolyatsiyasida metallashtirilgan chala oʻtkagich qogʻozi va uning ustida aluminiyli yoki misli zargogʻozdan iborat ekran qoʻllashga ruhsat etiladi (8 jadval). Plastmassa qobiqli mis yoki aluminiy tasmaga ega kabel ekрани 50 A dan

yuqori tokka moʻljallangan. Erga nisbatan katta tutashuv tokli tarmoqqa maxsus kesim yuzasi oshirilgan metal ekрани boʻylama yoki oʻram holatlarida yotkaziladi.

Bo‘ylama yotkazilgan tasma odatda gofrlangan bo‘lib, u kabel egilishida tasmani shikastlanishini saqlaydi.

8-jadval

**Kabel havo bo‘shliqlarini ekranlash**

Kabel	Nominal kuchlanish	Ekran o‘tkazish usuli	Ekran materiali	Ekran qalinligi, <i>mm</i>
Umumiy qo‘rg‘oshin qobiqli qog‘oz izolyatsiyali	6,10	Belbog‘ izolyatsiya ustidan	Chala o‘tkazgichli qog‘oz	0,12
Aluminiy qobiqli qog‘oz izolyatsiyali	-//-	-//-	-//-	0,44
Dastlabkidek simi alohida qo‘rg‘oshinlangan	6,10	Faza izolyatsiya ustidan	Chala o‘tkazgichli yoki metallashtirilgan qog‘oz	0,12
-//-	20,35	Sim ustidan sim izolyats. sim ustidan	-//-	0,36 0,24
Plastmassa izolyatsiyali plastmassa qobiqli	-//-	-//-	Chala o‘tkazgichli plastmassa tasma	0,35

Moy bilan to‘yintirilgan past bosimli yuqori kuchlanishli kabellarda harorat o‘zgarishida sim va qobiqlarga yondoshgan izolyatsiya orqali moy harakati sodir bo‘ladi. Absorbstion xususiyatga ega chala o‘tkazgichli ekran qog‘ozini moy va izolyatsiya elektr hossalarni stabillashtirish imkonini yaratadi. Agarda faqat yarim o‘tkazgich qog‘ozli ekran qo‘llansa, u moyda erib kabel izolyatsiyasiga singib kiradi va asosiy izolyatsiyaning dielektrik isrof burchagi tangensini oshirib yuboradi. Bundan muhofozalanish maqsadida yuqori kuchlanish kabelida maxsus izolyatsion ikki qatlamli qog‘ozning bir tomonida yarim o‘tkazgich qo‘llaniladi. Ushbu qog‘oz chala o‘tkazgichli tomoni simga yoki kabel qobig‘iga qarab yotkazilganida, izolyatsion qatlam qurishini asosiy izolyatsiyaga o‘tishiga yo‘l qo‘ymaydi. Moy to‘latilgan kabel simi yuzasidagi ekran quyidagi konstruksiyaga ega: qalinligi 0,08 mml KP – 80 navli uchta qog‘oz tasmasi yoki qalinligi 0,12 mml ikki KP – 120, qalinligi 0,08 mml KPDU – 80 navli bir qog‘oz tasmasi

yarim o'tkazgichli tomoni bilan simga yotkaziladi. Ekran umumiy qalinligi 0,35 mmga teng.

Izolyatsiya ustidagi ekran quyidagi konstruktsiyaga ega: qalinligi 0,12 mmli KPD – 120 qog'oz tasmasi izolyatsion qatlami bilan izolyatsiyaga yotkaziladi, ustidan KP – 120 qog'oz tasmasi, yana qalinligi 0,1 mmli mis tasmasi 3 – 5 mm oraliq bilan va KP – 120 navli qatlamlangan chala o'tkazgichli qog'oz tasmasi yotkaziladi. Ekran umumiy qalinligi 0,45 mm. Ohirigi mis tasma va qatlamlangan KP – 120 tasmasi o'rniga, metallashtirilgan qalinligi 0,14 mm teshikli, navi MPP – 140 bo'lgan qog'oz metalli yuzasi bilan kabel qobig'iga qarab yotkaziladi. Yarim o'tkazgichli ekran 0,5 – 2,0 mm oraliqli, qo'sh qatlamligi esa 2 – 3 mm ustiga qoplangan holda o'raladi.

**Kabel qobiqlari.** Kabel qobig'i izolyatsiyaga nam kirishini oldini olib, izolyatsiyani yorug'lik ta'siridan, turli kimyoviy modda ta'siridan himoya qiladi, hamda kabelni mexanik shikastlanishdan saqlaydi.

Qog'oz izolyatsiyali kabel qobig'i uchun eng yaxshi material aluminiy va qo'rg'oshin hisoblanib, ular yaxshi germetik va namsindirmaslik xususiyatiga ega. Kuchli kabellar aluminiy va qo'rg'oshinli qobiqlari GOST 24641–81ga asosan tayyorlanadi. Qo'rg'oshin qobiq uchun S – 2 va S-3 navli qo'rg'oshin yoki qo'rg'oshin surma qotishmasi ishlatiladi. Kabel qo'rg'oshin qobig'idagi kirishma qobig'ida miqdori 1% dan ortmasligi kerak. Kirishma kabel qobig'i mexanik mustahkamligini va kabelni zirilashga chidamliligini oshiradi. Kabel konstruktsiyasi va uning diametriga bog'liq holda qo'rg'oshinli qobiq qalinligi 0,9 – 2,7 mm qilib olinadi. Kabel qo'rg'oshin qobig'ining qalinligi quyidagi 9 jadvalda keltirilgan.

Qo'rg'oshinli qobiq mustahkamligi aluminiyligidan past bo'lib, uzoq vaqt ta'sir etadigan kuchlanish ta'sirida uning mustahkamligi yanada pasayadi.

Zirillash va issiqlik yuklamalari ta'sirida qo'rg'oshinda kristallitlar o'sishi sodir bo'lib, unda gazlar paydo bo'ladi. Qo'rg'oshin siljuvchanligi yuqori bo'lganligi sababli, jarayon vertikal va quyi joydagi moy qog'oz izolyatsiyali kabelning pastki qismida sodir bo'lishi mumkin.

**Kabel qo'rg'oshin qobig'ining qalinligi**

Qobiq ostidagi kabel diametri, <i>mm</i>	Qobiq nominal qalinligi, <i>mm</i>		
	Himoya qoplami	Himoya qalinligi	Uch fazali, alohida qobiqli kabel uchun
15–20	1,05–1,15	1,34–1,5	1,19–1,33
21–30	1,21–1,36	1,55–1,51	1,4–1,6
31–40	1,42–1,56	1,55–2,11	1,66–1,86
41–50	1,62–1,76	2,18–2,41	1,92–2,12
50–57	1,82–1,92	2,48–2,63	2,18–2,31
>58	1,96	2,71	2,38

Qo'rg'oshin qobiqli kabel elektrkimyoviy va tuproq emirilishlariga chalinadi. Qo'rg'oshin qobig'ining zirillashga bardoshligini va mexanik mustahkamligini oshirish uchun, uning tarkibiga 0,6 % surma kiritiladi. Aluminiy qobig'i A navli aluminiy presslash orqali va AD 1 navli aluminiy payvandlash orqali olinadi. Aluminiy qobig'ining mexanik mustahkamligi, qo'rg'oshinligiga nisbatan 2 – 2,5 marta yuqori bo'lib, u zirillashga nisbatan chidamlidir. Aluminiy qobiqlari tekis va to'liqinsimon qilib tayyorlanadi. Aluminiyning yuqori mexanik mustahkamligi tufayli aluminiy qobiqli kabellar zirxlanmagan holda ishlab chiqariladi. Aluminiyning yuqori elektr o'tkazuvchanligi, aluminiyli qobiqni kabelni tashqi elektr ta'siridan ximoya qilish va ekran sifatida qo'llash imkonini beradi. Aluminiyli qobiq kuchli kabelning nolli simi sifatida ham qo'llanilishi mumkin. Kabel diametriga bog'liq holda tekis aluminiy qobig'i presslaganida 0,9 – 2 mm, payvandlangani 0,72 – 1,2 mmni tashkil etadi. To'liqlangan aluminiy qobig'ining presslangani 1,1 – 1,7 mm, payvandlangani esa 0,65 – 0,9 mmni tashkil etadi.

Aluminiy qobig'ining qalinligi quyidagicha bo'lib 10 jadvalda keltirilgan

**Aluminiy qobig'ining qalinligi**

Kabelni qobiq osti diametri, <i>mm</i>	Qobiq nominal qalinligi, <i>mm</i>	
	Presslangan	payvandlangan
12–20	1,1–1,2	0,8–1,1
21–30	1,3–1,4	1,1–1,2
31–40	1,45–1,65	-
41–50	1,75–1,9	-
51–60	1,95–2,0	-



Po‘latli to‘lqinlangan qobiq qalinligi 0,3 – 0,5 mmga teng olinib, u tsilindr shaklida bukiladi. Bunda to‘lqin chuqurligi kabel diametriga bog‘langan holda 0,7 – 3,6 mmni tashkil etadi. Past bosimli moy to‘latilgan kabellar izolyatsiyasini himoya qilish maqsadida qo‘rg‘oshinli yoki aluminiyli qobiqlar qo‘llaniladi. Kabel kesim yuzasiga bog‘liq holda qo‘rg‘oshin qobiq qalinligi 3 – 3,6 mmni tashkil etib, aluminiyli qobiq qalinligi esa 1,9 – 2,2 mmni tashkil etadi. Shuni ta’kidlash zarurki oshirilgan mexanik mustahkamli aluminiy qobig‘i qo‘rg‘oshinliga nisbatan kam egilishga bo‘lgan chidamligni oshirish uchun qobiq gofrlanadi.

Polivinilxlorid va polietilenli qobiqlar izolyatsiyali tarkibdan keskin farqlanib, ular kerakli plastifikator va stabilizatorlarni tanlash orqali yoruglikda eskirishga nisbatan oshirilgan bardoshlikka erishiladi. Polietilen va polivinilxloridli qobiqlar aluminiyli va qo‘rg‘oshinli qobiqlarga nisbatan ancha yuqori bardoshligi bilan farqlanadi. Polivinilxlorid plastikatli qobiqqa ega kabellar namga, moyga, chidamli yong‘in tarqalmay so‘nadi, ammo past haroratda u juda mo‘rt bo‘lib qoladi. Plastmassa qobig‘ining nominal qalinligi kabel diametriga bog‘liq holda GOST 23286–78da belgilangan. Plastmassa qobiqning qalinligi 11jadvalda keltirilgan.

11-jadval

**Plastmassa qobiqning qalinligi**

Qobiq ostidagi kabel diametri, <i>mm</i>	Qobiq nominal qalinligi, <i>mm</i>	Qobiq ostidagi kabel diametri, <i>mm</i>	Qobiq nominal qalinligi, <i>mm</i>
26	1,2	31-40	2,1
7-15	1,5	41-50	2,3
16-20	1,7	51-60	2,5
21-30	1,9	60	3

Rezina izolyatsiyali kabelda moyga chidamli alanga tarqalmaydigan RShN – 2 navli rezina qo‘llanilib, uning tarkibida 40% gacha kauchuk bo‘ladi. Kabelning qobiq ostidagi diametriga bog‘liq holda uning qalinligi 2,5 – 4,5 mmni tashkil etadi.

**Kabel himoya qoplamalari.** Kabellarni ishlatish davrida, ularni mexanik shikastlanishdan saqlash maqsadida ba’zi turdagi kabellar konstruksiyasida himoya qoplamalari qo‘llaniladi. Ushbu qoplamalar

yostiqcha, zirx o‘rami sifatida bo‘lib, bu qoplamalar kabel himoya qoplamalari qobig‘i ustiga konsentrik qatlamlar holida yotkaziladi.

Kabel konstruktsiyasiga qarab yuqorida qayd etilgan elementlardan bir yoki ikkitasi bo‘lmasligi mumkin.

Yostiqcha-himoya qoplamasining bir qismi bo‘lib, u qobiqqa to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘rab yotkaziladi va qobiq tasmali yoki simli zirxdan kabelni shikastlanish oldini olish maqsadida foydalaniladi. Odatdagi kabel konstruktsiyasida yostiqcha, bitum tarkibli yoki bitumli va chidamli qog‘ozdan iborat bo‘ladi. Metall qobiqli kabellarda kabel yostiqchasi besh qatlamdan tashkil topib, u bitum tarkibli yoki chidamli qog‘ozdan tashkil topgan.

Chidamli qog‘ozning ikkinchi qatlami shimdirilgan kabel to‘qimasi, bitumli qatlam yoki bitumdan iborat bo‘ladi. Nometal qobiqli kabellarda B, P, K, Sn, Pn, BG, PG qoplamalarida yostiqchalaridagi chidamli qog‘oz o‘rniga shimdirilgan kabel qog‘ozi ishlatilishi mumkin.

Kuchaytirilgan yostiqchalar, ya’ni bir qatlam qog‘oz tasma, ikkita tasma polivinilxloridli, polietilentereftalatli, poliamidli yoki poliamid plastikatli 20% qoplash, bitta shimdirilgan kabel qog‘ozi va ikkinchi qatlami bitumlanadi va shunga o‘xshash 25 – 90 mm kenglikdagi tasmalar qo‘llanilib, ular kamida 10mmli dastlabki o‘ramni qoplami va birinchi qatlamdagi bitum tarkibi yoki bitum, hamda chidamli qog‘oz oralig‘iga yotkaziladi.

Juda ham kuchaytirilgan yostiqchalar yana bir qatlam polivinilxloridni, polietilentereftalatli, poliamid yoki shunday tasmalar ikkinchi bitum va bitum tarkibi va ikkinchi qatlamdagi chidamli qog‘oz yoki kabel qog‘ozi oralig‘iga yotkaziladi.

Polivinilxlorid yoki polietilenli himoya shlangli kabel yostiqchasi qo‘yidagicha ketma-ketlikda qoplangan: bitumli tarkib, qovushoq elimlovchi tarkib (yoki bitum); polivinilxloridli, polietilentereftalatli, poliamidli yoki boshqa turdagi tasma: presslangan polivinilxloridli yoki polietilenli himoya shlangi, chidamli qog‘oz, hamda bitumli tarkib yoki bitumdan iborat. Kabel konstruktsiyasiga qarab yostiqchanning qalinligi 1,5 – 3,4 mmni oralig‘ida tanlab olinadi.

Past bosimli yuqori kuchlanishli moy to‘latilgan kabellarda himoya qoplamasi qo‘rg‘oshin yoki aluminiy qobig‘i ustidan yotkaziladi va uni ham, kislota, ishqordan, hamda qo‘rg‘oshin yoki aluminiy emirilishini keltirib chiqaradigan daydi toklardan himoya qiladi va mexanik ta’siridan saqlaydi. Yostiqcha quyidagi qatlamlardan tashkil topadi: bitumli tarkib, ikkita polivinilxloridli tasma, bitumlangan chidamli qog‘oz tasmasi, bitumli tarkib, qalinligi 2 mmli shimdirilgan kabel

to‘qimasi. Yostiqchanning umumiy qalinligi 3 mm tashkil etadi. Zirx qatlami-himoya qoplamasining bir qismi hisoblanib, metalli tasma yoki simdan iborat bo‘ladi va kabelni tashqi mexanik ta’sirlardan himoya qiladi. Tasmalar bitum tarkibi bilan qoplangan po‘lat, ruxlangan po‘latlardan tashkil topib, qalinligi 0,3; 0,5; 0,8 mmni va kengligi 10 – 60 mmga teng bo‘ldi. Ruxlangan po‘latli sim diametri esa 1,4 – 6 mmni yassi simligi 1,5 – 1,7 mmni tashkil etadi.

Ikkita zirx tasmasi kabelga tasma kengligini 1/3 oralig‘ida o‘raladi. Kabel bukilganida ustki zirx tasma pastki tasma orasidagi tirqimni qoplashi kerak. Kabel BG, B<sub>A</sub>G, B<sub>2A</sub>G, B<sub>V</sub>G, B<sub>P</sub>G himoya qoplamasidagi tasmasi zirx rux (45 – 60 mkm qalinlikda) bilan qoplanadi.

Moy to‘latilgan kabellar erda yotkazilganida zirxli sim diametri 4,0 mm, suv ostida yotkazilganida zirx sim diametri 6,0 mmdan kam bo‘lmasligi kerak.

**Tashqi qoplama** – kabel himoya qoplamasining bir qismi bo‘lib; zirxni korroziyadan saqlashga mo‘ljallangan, u himoya shlangi sifatida yoki maxsus tolasimon chirimaydigan yoki yonmaydigan tarkibidan tashkil topgan. Odatdagi bajarilgan tashqi qoplama bitumni tarkib yoki bitumdan; shimdirilgan kabel to‘qimasi yoki shisha to‘qimasi; bitumli tarkib yoki bitum hamda tashqi o‘ramni yopishib qolishdan saqlash maqsadida qo‘llaniladigan qoplama (bur, maydalangan va x.) tashkil topadi.

Tashqi kabel qoplamasi yonmaydigan tarkib, to‘qima shisha tolasi, kabel o‘ramini o‘zaro yonishidan saqlaydigan ikkinchi yonmaydigan tarkib va qoplamadan iboratdir. Shlang turidagi tashqi qoplama butun tarkibi qovishoq elimlaydigan tarkib yoki bitum; polivinilxlorid, polietilentereftalat, poliamid yoki shunga o‘xshash tasma va polivinilxlorid yoki polietilenli himoya shlangidan tashkil topadi. Plastmassali himoya shlangi plastmassali tasmaga zich yotadi va u germetiklangan. BbShp va BbShv himoya qoplamalarida ruxlangan zirx qo‘llanilganida va PbShp, PbShv himoya qoplamalarida, qovishoq elimlovchi tarkib va bitum, hamda plastmassali tasma yotkaziladi.

Tashqi kabel qoplamasi qalinligi konstruktiv bajarilishiga qarab 1,9 – 3 mmni tashkil etadi.

Eng ko‘p tarqalgan kabel himoya qoplamasiga GOST 7006–72 da belgilangan BShv kirib, u qalinligi 0,3 mmga teng teng ikki tasmasi va polivinilxlorid plastikatli presslangan shlangdan tashkil topadi. Agarda po‘latli tasmalar ruxlangan bo‘lsa, bitum qatlami va plastmassa tasma qoplanadi. Kabel izolyatsiyasiga bog‘liq holda qobig‘ yoki belbog‘

izolyatsiyasi ustidagi polivinilxlorid shlangi qalinligi 1,8 – 2,6 mmni tashkil etadi. Plastmassali himoya shlangi zichligi har bir kabel uzunligida quruq sinash apparatlarida 16 – 26 kV kuchlanish berishi orqali tekshirib aniqlanadi.

Bitum qatlami yuzasiga qoplanadigan plastmassa tasma sifatida asosan qalinligi 0,02 mmli polietilentereftalat yoki 0,23 mm qalinlikdagi polivinilxlorid plastikat pardalari ishlatiladi. Polietilentereftalatli parda asosli tasma asosan bitumni polivinilxloridli shlangdan ajratish uchun qoʻllaniladi, chunki bitum bilan polivinilxlorid plastikati tutashganida plastifikatorni tezlashgan diffuziyasini sodir qiladi. Bu esa himoya shlangini eskirishini tezlashtiradi; plastifikatorli bitumga oʻtishi uni suyultirishi oqibatida himoya qoplamasining hossasi yomonlashadi.

Ekspluatatsiya mobaynida choʻzilishi kuchlanishiga chalinadigan kabellar ruxlangan poʻlat simga ega K, Pb, Shv, Pb, Shp turdagi himoya qoplama boʻladi. Bunday qoplamali kabellar suv ostida yotkizishga moʻljallangan. Diametri kabel qobigʻi ustidan 16 dan 37 mmgacha diametri 4 mm ruxlangan sim bilan zirxlanadi, diametri 37 mmdan katta kabellarda zirx simning diametri 4 – 6 mm qilib olinadi. Ruxlangan sim ustidan bitum qoplami yotkaziladi va kabel toʻqimali tashqi qoplamali, bitum qatlami va boʻr eritmasi ustma-ust qoplanadi.

Suv ostida yotkaziladigan kabel yostiqchasida rezinalangan toʻqima va qogʻoz tasmasi qoʻllaniladi.

Shaxtalarda qoʻllaniladigan kabel yostiqchasida polivinilxlorid plastikatli tasma ishlatiladi. Barcha holatlarda yostiqcha qalinligi ortiq olinadi.

Elektr kabellarga beriladigan shartli belgilar, odatda kabel konstruktsiyasini ifodalaydigan soʻzlarning bosh harfi boʻlib, belgilanish chapdan oʻnga qarab ketma-ket beriladi. Buni quyidagicha ifodalash mumkin. Mis simli kabelning tok oʻtkazgichi belgilanmaydi, aluminiy simli kabelda bosh harf – A keltiriladi.

Keyingi keltiriladigan harf izolyatsiya materialini koʻrsatadi. Qogʻoz izolyatsiyasi odatda belgilanmaydi. Rezina izolyatsiyali kabel belgilanishi – R harfi, polietilen izolyatsiyali kabel belgilanishi – P harfi, polivinilxlorid plastikat izolyatsiyali kabel – V harfida belgilanadi. Kabel himoya qoplamalari nomlanishi 12 jadvalda keltirilgan.

Qobiq materialini ifodalaydigan harflar: A – aluminiy qobiqli, S – qoʻrgʻoshin, V – polivinilxlorid plastikati, N – nairit rezina qobiqlar. Simlari alohida izolyatsiyalanib qoʻrgʻoshin bilan qobiqlanadigan kabellar O – harfida belgilanadi. Kabel himoya qoplamalari belgilanishi

quyidagicha: *B* – po‘lat tasma bilan zirxlangan, *P* – yassi ruxlangan po‘lat, *K* – yumaloq ruxlangan po‘lat bilan zirxlangan.

12-jadval

**Kabel himoya qoplamlari nomlanishi**

Himoya qoplami nomlanishi	Konstruktsiya qismi	
	Yostiqcha	Zirx
<i>BG</i>	Odatdagi (normal)	Ikki po‘lat tasmali
<i>BlG</i>	Kuchaytirilgan	-//- -//-
<i>PG</i>	Odatdagi (normal)	Yassi ruxlangan po‘lat simli
<i>PaG</i>	Kuchaytirilgan	-//- -//-
<i>B2PG</i>	Juda kuchaytirilgan	Ikki po‘lat tasmali
<i>P2lG</i>	-//-	Yassi ruxlangan po‘lat simli
<i>BpG</i>	Polietilen shlangli	Ikki po‘lat tasmali
<i>BvG</i>	Polivinilxlorid shlangli	-//- -//-
<i>BbG</i>	Yostiqchasiz	Profillangan bir po‘lat tasmali.
Odatdagi (normal) tashqi qoplama.		
<i>B</i>	Odatdagi (normal)	Ikki po‘lat tasmali
<i>P</i>	-//- -//-	Ruxlangan yassi po‘lat simli
<i>K</i>	-//- -//-	Ruxlangan yumaloq po‘lat simli
<i>Bl</i>	Kuchaytirilgan	Ikki po‘lat tasmali
<i>Pl</i>	-//- -//-	Ruxlangan yumaloq po‘lat simli
<i>Kl</i>	-//- -//-	Ruxlangan yumaloq po‘lat simli
<i>B2l</i>	Juda kuchaytirilgan	Ikki po‘lat tasmali
<i>P2l</i>	-//- -//-	Ruxlangan yassi po‘lat shlangli
<i>Bv</i>	Polivinilxlorid shlangli	Ikki po‘lat tasmali
<i>Bp</i>	Polietilen shlangli	-//- -//-
<i>Kp</i>	-//- -//-	Ruxlangan yassi po‘lat simli
Yonmaydigan tashqi qoplama		
<i>Bn</i>	Odatdagi (normal)	Ikki po‘lat tasmali
<i>Pn</i>	-//- -//-	Ruxlangan yassi po‘lat simli
<i>Bln</i>	Kuchaytirilgan	Ikki po‘lat tasmali
<i>Pln</i>	-//- -//-	Ruxlangan yassi po‘lat simli
<i>B2ln</i>	Juda kuchaytirilgan	Ikki po‘lat tasmali
<i>P2ln</i>	-//- -//-	Ruxlangan yassi po‘lat simli
Tashqi qoplama polietilen shlangli		
<i>BvShp</i>	Yostiqchasiz	Ikki po‘lat tasmali
<i>PbShp</i>	-//- -//-	Ruxlangan yassi po‘lat simli
<i>BShp</i>	Odatdagi (normal)	Ikki po‘lat tasmali
<i>PShp</i>	-//- -//-	Ruxlangan yassi po‘lat simli
<i>BlShp</i>	Kuchaytirilgan	Ikki po‘lat tasmali
<i>B2lShp</i>	Juda kuchaytirilgan	-//- -//-
<i>P2lShp</i>	-//- -//-	Ruxlangan yassi po‘lat simli
<i>BpShp</i>	Polietilen shlangli	Ikki po‘lat tasmali

<i>Shp</i>	Yostiqchasiz	Zirxsiz
Tashqi qoplamasi polivinilxlorid shlangli		
<i>BbShv</i> <i>PbShv</i>	Yostiqchasiz -//- -//-	Ikki po‘lat tasmali Ruxlangan yassi po‘lat simli
<i>BShv</i> <i>PShv</i>	Odatdagi (normal) -//- -//-	Ikki po‘lat tasmali Ruxlangan yassi po‘lat simli
<i>BlShv</i> <i>B2AShv</i>	Kuchaytirilgan Juda kuchaytirilgan	Ikki po‘lat tasmali -//- -//-
<i>P2AShv</i> <i>PlShv</i>	-//- -//- Kuchaytirilgan	Ruxlangan yassi po‘lat simli -//- -//-
<i>BvShv</i> <i>Shv</i>	Polivinilxlorid shlangli Yostiqchasiz	Ikki po‘lat tasmali Zirxsiz

Kabel belgilanishi oxirida keltirilgan *G* – harfi kabel konstruksiyasida zirx va tashqi himoya qoplamasi yo‘qligini bildiradi. Qavsda keltirilgan *G* – harfi esa aluminli qobiq to‘lqinsimonlini, *Shv* – aluminiyli qobiq ustida polivinilxlorid plastikatli shlang borligini, *T* – quvurda yotkazganda qo‘rg‘oshinli qobiq quchaytirilganini ifodalaydi. Belgilanish oxiridagi *V* – harfi, vertikal holda yotkizishga mo‘ljalangan shimdiruvchi tarkib kamaytirilganini, belgilanishi boshida keltiriladigan *TS* – harfi kabel izolyatsiyasi oqmas tarkib (tserezin qo‘shilgan)da bajarilganini ifodalaydi. Belgilash quyidagi misollar bilan izoxlanadi: Mis simi kesim yuzasi 95 mm<sup>2</sup> shimdirilgan qog‘oz izolyatsiyali, qo‘rg‘oshin qobiqli, po‘lat tasmada zirxlangan, tashqi himoya qoplamali nominal kuchlanishi 10 kV SB 3 x 95 – 10.

**Kabel germetizatsiyalash uchligi.** Kabel izolyatsiyasini namdan saqlash maqsadida, kabelning uchki qismi germetizatsiyalab berkitilishi kerak. Qog‘oz izolyatsiyali kabellarning uchki qismlari uzoq vaqt uni saqlash zaruriyati tug‘ilganida qo‘rg‘oshinli qalpoqchalar yaxshilab kabel metal qobig‘iga payvandlanishi kappalar bilan kabel uch qismi zavodda berkitiladi.

Polivinilxlorid qobiq yoki shlangali uchki qismi (*AAShv* kabeli)ni berkitish usulidan biri qobiq yoki shlang uch qismi qizdirgich yoki issiq havo oqimida payvandlov asbobida payvandlanadi. Barcha turdagi kabel mahsulotlari uch qisimli germetizatsiya qilishning eng oddiy usuliga kabel termik o‘tiruvchan kappalar hisoblanadi. Ushbu kappada 206 – 11K yoki 153 – 10K turli qora rangli polietilen qo‘llaniladi.

Kappalar ichki yuzasiga adgeziv qoplanadi va u eruvchan elimdan iborat bo‘ladi. Adgezivni polietilen yoki boshqa material bilan birikkandagi mustahkamlik 0,015 kN/sm dan kam bo‘lmasligi kerak. Termik o‘tiruvchan kappalar ta‘mirlash ishlarida g‘altakdagi kabelni

ko'p marotabalab kesilish mobaynida juda qo'l keladi 13 jadvalda termik o'tiruvchan kabel uchligi keltirilgan.

13-jadval

**Termik o'tiruvchan kabel uchligi**

Kappa turi	Kabel ichki diametri, mm		O'tirgunicha katta uzunligi $L, mm$	Katta devor qalinligi $h, mm$	Kabel tashqi diametri, mm
	O'tirgunicha $D$	O'tirgandan so'ng $d$			
4	$50 \pm 3$	$25 \pm 2$	$120 \pm 10$	3,5	30 – 40
5	$70 \pm 4$	$35 \pm 2$	$140 \pm 10$	3,5	40 – 55
6	$90 \pm 4$	$50 \pm 2$	$170 \pm 10$	4	55 – 70
7	$110 \pm 5$	$65 \pm 2$	$180 \pm 10$	4	70 – 90

Kappa kabel uchki qismiga kirgazilganida uning bosh (uchki) qismi kabelga tekkazilmay biroz bushroq qolishi kerak. Kappa qizdirilishi o'rta kismidan boshlanishi va boshqa tomonlarga davom ettirilishi kerak.

**Kabel g'altaklari.** Kabel qurilish uzunligi bilan boshqa elektrotexnik jixozlardan farq qiladi va shuning uchun u g'altaklarga o'raladi. G'altakka o'raladigan kabel uzunligi g'altak bo'yni va uning g'ildiragi diametrlariga, g'ildiraklar orasidagi masofa va kabel tashqi diametriga bog'liq;

$$L = \frac{\pi B}{4d_1} (D_2^2 - D_1^2) + M$$

$B$  – g'altak g'ildirak (yuza)lari oraliq masofasi, m

$d_1$  – kabel tashqi diametri, m

$D_1$  – g'altak bo'ynining diametri, m

$D_2$  – g'altak g'ildiragi diametri, m

G'altak raqami 5 dan 30 gacha bo'lib, u detsimetrda o'lchanadi.

Quyida ba'zi g'altak raqami va o'lchami 14 jadvalda keltirilgan.

14-jadval

**G'altak raqami va o'lchami**

G'altak raqami	G'ildirak diametri mm	Bo'yin diametri mm	Bo'yin uzunligi mm	O'q diametri mm	G'altak massasi kg
5	500	200	230	35	18
6	600	200	250	35	25
8	800	450	230	50	40
10	1000	545	500	50	90
12	1220	650	500	70	120

14	1400	750	710	70	165
16	1600	1200	600	70	290
17	1700	900	750	80	325
18	1800	1120	900	80	485
20	2000	1220	1000	80	700
22	2200	1320	1000	100	950
25	2500	1500	1630	120	1470
30	3000	1800	1800	150	2700

Kabel g'altagi yog'och yoki metalli qilib tayyorlanadi. Kabel uch qism ellipsimon g'altak teshigidan tashqariga chiqarib metal varaqda qoplanadi. Kabel g'altakka to'g'ri qator bilan zich o'raladi va g'altak g'ildiragiga mustahkamlanadi. Kabelli g'altak yogoch taxtalar bilan zich yoki oralatib o'raladi. G'ildirak ichida suv o'tmas xaltachada kabel elektr sinov xujjatlari joylanadi.

Kabel qog'ozini qurik va shimdirilgan holatda elektr mustahkamligini aniqlash muxim ahamiyatga ega. Elektr texnikaga oid konstruktsiya va uskunalarni ishlatishda suyuq dielektriklar katta rol o'ynaydi. Neft mahsulotlaridan olinadigan kabel moylari elektr texnikada eng ko'p ishlatiladigan suyuq dielektrlardan hisoblanib, u quvvatli kabellarda, asosan, elektr izolyatsiya va sovitgich vazifasini bajaradi. Kabellarga kabel moyi quyilganda, simlariga qoplangan izolyatsiya qoplamasidagi havo bo'shliqlari moy bilan to'ladi. Buning natijasida kabel elektr izolyatsiya mustahkamligi ortib, elektr kuchlanishi ta'siridagi tok o'tkazish simlaridan ajralayotgan issiqlik tashqi muhitga moy orqali yaxshi tarqaladi.

Kabel moyi yuqori kuchlanishli kabellarda kanifol bilan birgalikda shimdiruvchi sifatida qo'llaniladi.

Kabel jixozlarida ishlatilayotgan kabel moyiga kuchli elektr maydoni, issiqlik, kislorod va oksidlovchi moddalar ta'sir etish natijasida uning eskirishi kuzatiladi.

Odatda, kabel moyi tarkibida doimiy qo'shimchalar sifatida gaz, suv va qattiq jism zarralari bo'ladi. Bunday qo'shimchalar suyuqlikning elektr mustahkamligiga salbiy ta'sir etib, elektr mustahkamlik Et qiymatini keskin pasaytiradi. Suyuq dielektrlarni elektr mustahkamligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$E_T = \frac{U_T}{h}$$

bunda,  $U_T$  - teshilish kuchlanishi, kV

$h$  - elektrodlar orasidagi masofa, mm

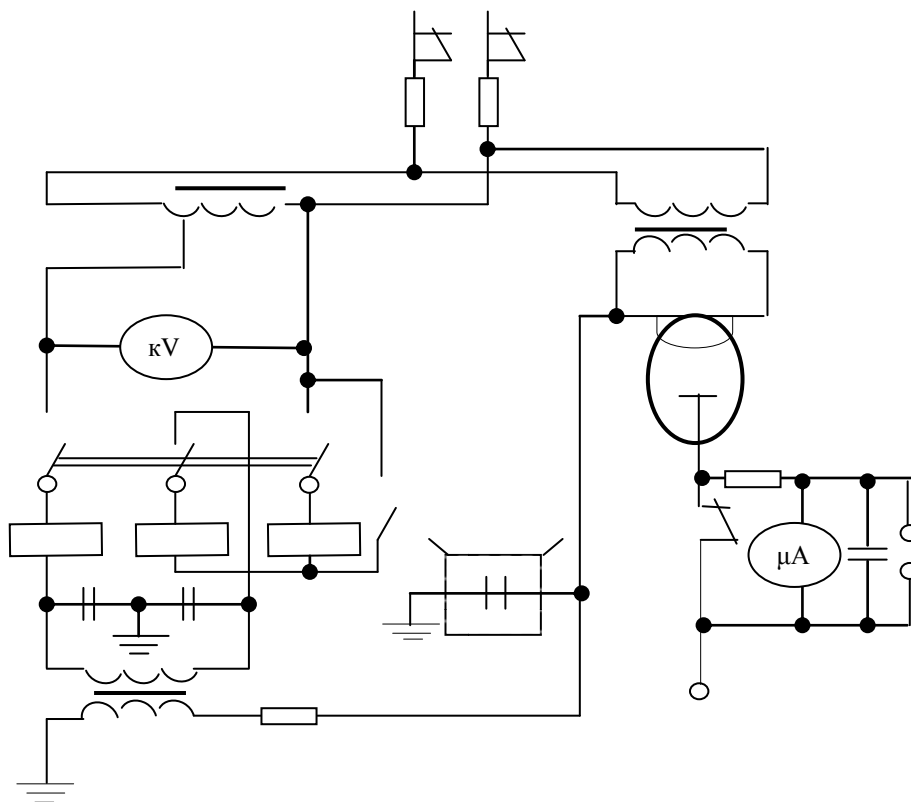


Suyuq dielektrik tarkibidagi qo'shimcha zarrachalar uning elektr mustahkamligiga ta'sir etib, buni bir jinsli va bir jinsli bo'lmagan elektr maydon ta'sirida kuzatish mumkin.

Agarda kabel moyi tarkibida qo'shimchalar bo'lmasa, bir jinsli maydon ta'sirida elektr mustahkamlik bir jinsli bo'lmagan maydondagidan yuqori bo'ladi. Kabel moyini qovushqokligi ma'lum muddat oralig'ida tekshiruvdan o'tkaziladi.

Ba'zi xolarda kabel moyi tarkibidagi kanifol kristallanish xolari kuzatiladi. Bunda kabel izolyatsiyasida qurish xosil bo'lib kabel izolyatsiyasini teshilishiga sabab bo'ladi. Yuqori kuchlanishli moy to'ldirilgan yuqori bosimda bo'lgan kabellarda kabel moyilarni elektr mustahkamligi tekshirib boriladi. Kabel moyilarni elektr mustahkamligi kabel ishlash xolatini aniqlaydi.

Quyidagi АИИ-70 elektr jixozni yordamida bu qiymatlar aniqlanadi.



12 - rasm. АИИ-70 tipdagi elektr mustahkamligini aniqlaydigan yuqori kuchlanishli jixozning sxemasi.

Tr 1 – avtotransformator;  
 Tr 2 – kenotrona nakalanish transformatori;  
 Tr 3 – yuqori kuchlanishli transformator;  
 K1 – avtomat o'chirgich tugmasi;  
 K2 – himoya olgich;  
 K3 – uzgich;  
 R – razryadnik;  
 L – kenotron lampa;  
 R – transformator himoyasi rezistori;  
 C – sig'im;  
 $\mu$ A – mikroampermetr;  
 kV – kilovoltmetr

**Kabel qurilish uzunligi.** Kabel qurilish uzunligi davlat standarti yoki texnik shartda belgilanib, bir uzunlik birligidagi meyorlangan kabel uzunligi keltiriladi. Kabel konstruktsiyasi, simning kesim yuzasi, kabel kuchlanishiga bog'liq holda kabel qurilish uzunligi 200 dan 450 metrgacha, kichik o'lchamlarining uzunligi 50 – 100 mni tashkil etadi.

15-jadval

**Qog'oz izolyatsiyali kabel qurilish uzunligi**

Kabel kuchlanishi, kV	Sim ko'ndalang kesim yuzasi, $mm^2$	Uzunligi, $m$		Uzunlik sonidan % katta bo'lmasligi kerak	Kam o'lchamli uzunligi, $m$
		40% gacha	60% gacha		
1-3	70 gacha	300	450	10	50
	95, 120	250	400		
	150 yuqori	200	350		
6-10	70 gacha	300	450	5	100
	95, 120	250	400		50
	150 yuqori	200	350		50
20-35	Barcha kesim yuzasi	250	250	5	100
3 kV	16 gacha	450		20	50
	25, 70	300			
	95 yuqori	200			
6 kV	70 gacha	450		20	50
	95, 120	400			
	150 yuqori	350			

Qog‘oz izolyatsiyali kabel qurilish uzunligi (GOST 18410–73) 15 jadvalda keltirilgan. Plastmassa izolyatsiyali kuchli kabel qurilish uzunligi GOST 16442–80 ga asosan. Rezina izolyatsiyali kuchli kabel qurilish uzunligi GOST 433–73 ga asosan 125 m ko‘p bo‘lishi kerak.

Rezina va plastmassa izolyatsiyali nazorat kabellari qurilish uzunligi GOST 1508–78 ga asosan 100 m dan kam bo‘lmasligi kerak.

Moy to‘latilgan past bosimli yuqori kuchlanishli kuchli kabelning bir g‘altakdagi qurilish uzunligi 900 – 1130 m dan kam bo‘lmasligi zarur.

Tunnel va kanallarda yotkaziladigan kabellar qurilish uzunligi 400 m dan kam bo‘lmasligi kerak.

**Kafolat vaqti va kabel xizmat muddati.** Kabel kafolat vaqti – bu davr ichida kabel ishlab chiqaruvchi zavod kabelga belgilangan talabni bajarilishini ta‘minlashi kerak. Ushbu shart iste‘molchi tomonidan kabel elitib berilishi, saqlanishi, yotkazilishi, montaji va ekspluatatsiya buzilmagan holatda bajariladi. Kafolat vaqti kabel ekspluatatsiyasi boshlangandan hisoblanadi.

Kabel xizmat muddati deganda, uning ekspluatatsiya boshlanishidan chegaraviy holatga etgan kalendar davomat vaqti olinadi, ya‘ni uni boshqa ekspluatatsiya qilish imkoniyati bo‘lmaydi. Xizmat muddati kabel sotib olingandan boshlab hisoblanib, transportirovka, saqlash, yotkazish, montaj va ekspluatatsiya shartlari buzilmagan bo‘lishi kerak. Kuchli kabel konstruktsiyasiga qarab uning kafolat vaqti va kabel xizmat muddati quyidagi 16 jadvalda keltirilgan.

16-jadval

**Kafolat vaqti va kabel xizmat muddati**

Muddat ko‘rinishi	Kabellar		
	Plastmassa izolyatsiyali GOST 16442–80	Moy shimdirilgan qog‘oz izolyatsiyali GOST 1810–73	Oqmas tarkibli qog‘oz izolyatsiyali GOST 18409–73
Kafolat vaqti	5		4,5
Xizmat muddati	25		30

Kabelning xaqiqiy xizmat muddati standartlarda keltirilgan vaqt bilan cheklanmay, balki kabelning texnik holati bilan aniqlanadi. Darhaqiqat 40-50 yil va undan ko‘p ishlatilayotgan ko‘pgina kuchli kabellarni bir qancha kabel tarmoqlarida uchratilishi bunga misol bo‘ladi.

## Sinov savollari

1. Elektr mustahkamlik nima?
2. Zanjirning ishlashini tushuntiring
3. Kabel moyi nima?
4. Shimdirilgan va shimdirilmagan xolatda kabel izolyatsiyasini elektr mustahkamligini tushuntirib bering?
5. To'ldirgich va ekran nima maksadida kabellarni ishlatiladi?
6. Kabel himoya qoplamalari nima maqsadda qo'llaniladi?
7. Tashqi qoplama nima vazifani bajaradi?
8. Kabel germetizatsiyalash uchligi nima?
9. Kabel g'altaklari qanday sonlar bilan belgilanadi?
10. Kabel qurilish uzunligi qancha bo'ladi?
11. Kafolat vaqti va kabel xizmat muddati qancha?

## **Асосий адабиётлар**

1. Ахмедов А.Ш. Кабел техникаси асослари. О'қув қўлланма - Тошкент: ТошДТУ, 2000.
2. Ahmedov A.Sh. Elektr texnika materiallar. O'q'uv q'o'llanma – Toshkent: TDTU, 2006.
3. Основы кабельной техники.: учебник для студ. Высш.учеб. заведений/ под ред. И.Б. Пешкова. –М.: Издательский центр «Академия», 2006.
4. Axmedov A.Sh., Kamalov Sh.M. Kabel texnikasi asoslari. O'quv qo'llanma - Toshkent: ToshDTU, 2010.

## **Қо'шимча адабиётлар**

1. Электротехнический справочник. Том 1. 2-е издание. -М.: Энергия, 1999.
2. Городецкий С.С., Лакерник Р.М., Испытание кабелей и проводов. Энергия, 2000.
3. Дмитриевский В.С. Расчет и конструирование электрической изоляции. -М.: Энергоиздат, 2001
4. Казарновский Д.М., Тареев Б.М. Испытание электроизоляционных материалов. Энергия, 2001.
5. Электротехнические кабели, провода и шнуры: Справочник/ Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. Под ред. Н.И. Белоруссова. 5 изд. Перераб. и доп. -М.: Энергоатомиздат, 2002.
6. Под ред. Белоруссов Н.И., Пешков И.Б. Производство кабелей и проводов – М.: Энергоатомиздат, 2005.

## **Интернет сайтлари**

1. <http://www.set-svl.narod.ru/>
2. <http://www.techno.edu.ru/>
3. Product selection table and ordering information. Raychem-Moscow, 2002.
4. Тайко Электроникс Райхем Гмб Х. Insulators E- mail: en-ru @ tycoelectronics. com.