

**“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini  
mexanizatsiyalash muhandislari instituti”  
Milliy tadqiqot universiteti**

**FAN:**

**Elektrotexnologiya**

**MAVZU**

**Qarshilik vositasida qizitish  
usullari**



**Markayev Nuriddin Murodovich**  
**E-mail: [markayev88@mail.ru](mailto:markayev88@mail.ru)**



**“Elektrotexnologiya va elektr uskunalar  
ekspulatsiyasi” kafedrası katta  
o‘qituvchisi t.t.t.d., (PhD).**



## **5-bob. Qarshilik vositasida qizitish.**

**5.1. Qarshilik vositasida qizitish usullari va materiallar**

**5.2. Birinchi tur o'tkazgichlarining elektr qarshiligi**

**5.3. Ikkinchi tur o'tkazgichlarning elektr qarshiligi**

**5.4. Elektr kontaktli qizitish**

**5.5. Qizitgich transformatorlar quvvatini hisoblash va tanlash**

**5.6. Elektrodli qizitish**

**5.7. Elektrod sistemalarini hisoblash**

**5.8. Qarshilik vositasida bilvosita qizitish**



## 5.1. Qarshilik vositasida qizitish usullari va materiallar

**Qarshilik vositasida qizitish** - elektr energiyasini issiqlikka aylantirishning anchagina oddiy usuli bo'lib, ko'plab o'rta va past haroratli jarayonlar, shuningdek ba'zi bir yuqori haroratli jarayonlarni issiqlikka bo'lgan talabini qondirishga xizmat qiladi.

Qarshilik vositasida qizitish quyidagi sohalarda qo'llaniladi

Past haroratli qizitish - Tqizish  $<673...873$  K (havoni, suvni qizitish va qishloq xo'jalik mahsulotlarini quritish),

Yuqori haroratli qizitish - Tqizish  $<1473....1523$  K (metallarni toblash, issiqlik bilan ishlov berishda).

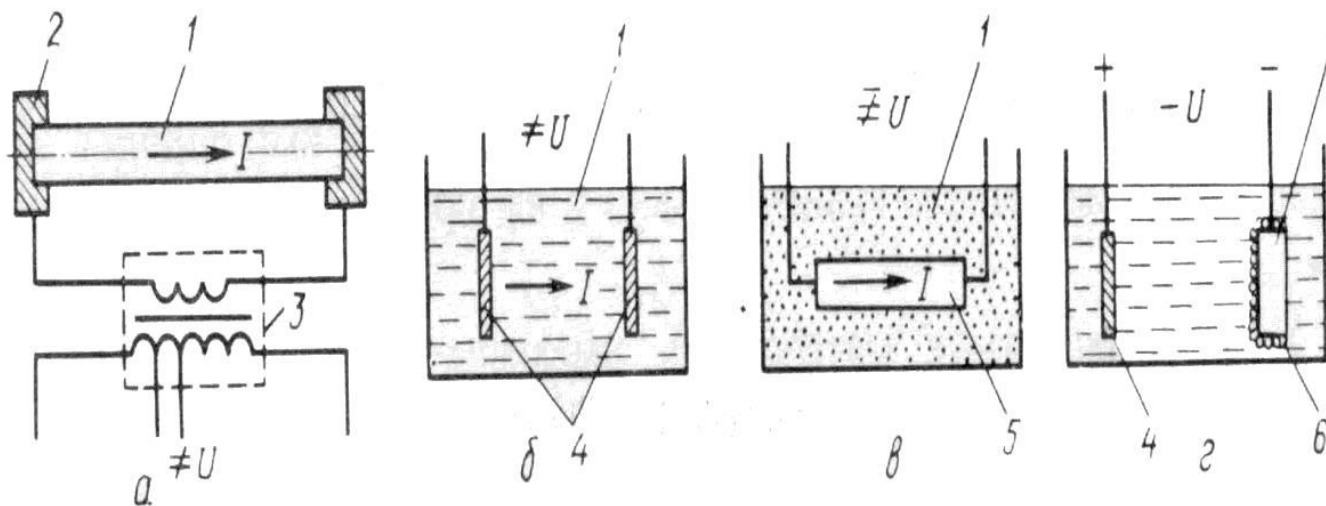


## 5.1. Qarshilik vositasida qizitish usullari va materiallar

Qarshilik vositasida bevosita qizitish quyidagi turlarga bo'linadi:

- elektr kontaktli qizitish-metal jismlarni-birinchi tur o'tkazgichlarni bevosita qizitish;
- elektrodli qizitish-elektr o'tkazuvchi muhitlar-ionli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ikkinchi tur o'tkazgichlarini (suv, sut, tuproqva hokazolar) bevosita qizitish.





**Qarshilik vositasida elektr qizitish sxemalari**  
**a-elektr kontaktli; b-elektrodli; v-bilvosita (elementli);**  
**g-elektrolitda qizitish; 1-qizdiriladigan jism; 2- qisqichlar; 3-**  
**qizdirish transformatori; 4-elektrodlar; 5-elektr qizitgichning**  
**qarshilik elementi; 6-gaz pufaklari.**



Qizitish o'tkazgichni (o'tkazgich muhitni) elektr zanjiriga ulash va undan elektr toki o'tishi hisobiga amalga oshadi. Agar  $R$  elektr qarshiligiga ega bo'lgan o'tkazgichga  $U$  kuchlanish berilsa manbadan iste'mol qilinadigan quvvat quyidagicha ifoda etiladi

$$P = U^2 / R = I^2 R$$

o'tkazgichda  $\tau$  vaqt davomida ajraladigan issiqlik miqdori Joule-Lens qonuniga asosan quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$Q = U^2 \tau / R = I^2 R \tau$$

qizitish jarayonini belgilab beruvchi asosiy omil qizdiriladigan jismlarning (bevosita qizitish uskunalarida) yoki qizdirgich elementlarning (bilvosita qizitish uskunalarida) elektr qarshiligidir.



## Qarshilik vositasida qizitish klassifikatsiyasi



## Birinchi tur o'tkazgichlarining elektr qarshiligi

O'tkazgichning o'zgarmas tokdagi qarshiligi omik qarshilik deb ataladi.

$$R_0 = \rho l / S$$

Induktivliksiz metall o'tkazgichlarning o'zgaruvchan tokdagi qarshiligi aktiv qarshilik deb nomlanadi va u yuza effekti koeffitsienti hisobiga omik qarshilikdan ko'proq bo'ladi:

$$R_a = k_n \rho l / S$$

Sanoat chastotasida nomagnit materiallarga uning ta'siri kam bo'lganligi uchun qiymati  $k_p=1$  ga teng deb olinadi va ko'pincha hisobga olinmaydi.





Metallarda solishtirma qarshilikning miqdori, qoida bo'yicha, harorat  $t$  oshishi bilan o'sadi  $\alpha$   $t$  ning xar qanday qiymatida u quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$\rho_t = \rho_{20} (1 + \alpha\theta + \beta\theta^2 + \gamma\theta^3 + \dots)$$

bunda  $\rho_{20} - 20^\circ\text{C}$  o'tkazgichning solishtirma qarshiligi;

$\theta = (t - 20)$  o'tkazgich haroratining  $20^\circ\text{C}$  dan oshishi.

$\alpha, \beta, \gamma -$

Qarshilikning harorat koeffitsienti deb ataluvchi kattalik o'tkazgichning muhim fizik xarakteristikalaridan biridir

$\alpha, \beta, \gamma -$  o'zgarmas koeffitsientlar;

$$\rho_t = \rho_{20} (1 + \alpha\theta)$$



## Ikkinchi tur o'tkazgichlarning elektr qarshiligi

Ikkinchi tur o'tkazgichlari elektrolitlar deb ataladi. Unga kislotalar, tuzlar va ishqorlarning suvdagi eritmasi, shuningdek, turli xil suyuq va namlikka ega materiallar (sut, xo'l ozuqalar, tuproq) kiradi.

Suvning solishtirma elektr qarshiligi tuzlar konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi va empirik formula yordamida aniqlanadi

$$\rho_{20} \cdot 8 \cdot 10^3 / C$$

$\rho_{20}$ -20°C da suvning solishtirma qarshiligi,  $\text{Om}\cdot\text{m}$  ,  
C-tuzlar konsentratsiyasi yig'indisi, mg/l.

Suv uchun  $\rho_{20}$  ning ko'p uchraydigan qiymatlari 10...30  $\text{Om}\cdot\text{m}$  oraliqda bo'ladi.



Atmosfera suvi tarkibida erigan tuzlar miqdori 50 mg/l dan ko'p emas, daryo suvida - 500....600 mg/l, yerosti suvlarida - 100 mg/l dan bir necha grammgacha. Suv uchun  $\rho_{20}$  ning ko'p uchraydigan qiymatlari 10...30 Om·m oraliqda bo'ladi.

Ikkinchi tur o'tkazgichlarining elektr qarshiligi haroratga bog'liqdir. Harorat ko'tarilgan sari suvdagi tuzlar ionlarining dissotsiatsiya darajasi va harakatchanligi oshadi, natijada o'tkazuvchanlik yaxshilanib qarshilik kamayadi.

Sezilarli darajada bug' hosil bo'lish darajasigacha xar qanday t harorat uchun suvning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi chiziqli bog'lanish funksiyasi bilan aniqlanadi

$$\gamma_t \gamma_{20} [1 + \alpha(t - 20)],$$



Texnik hisoblarda ko'pincha o'tkazuvchanlik emas, solishtirma qarshilik ko'rsatkichidan va  $\alpha=0,025 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  deb qabul qilinib,  $\rho(t)$  bog'liqlikning sodda ko'rinishidan foydalaniladi.

$$\rho_t = \frac{1}{\gamma_t} \rho_{20} / [1 + \alpha(t - 20)]$$

$$\rho_t = 40 \rho_{20} / (t + 20)$$

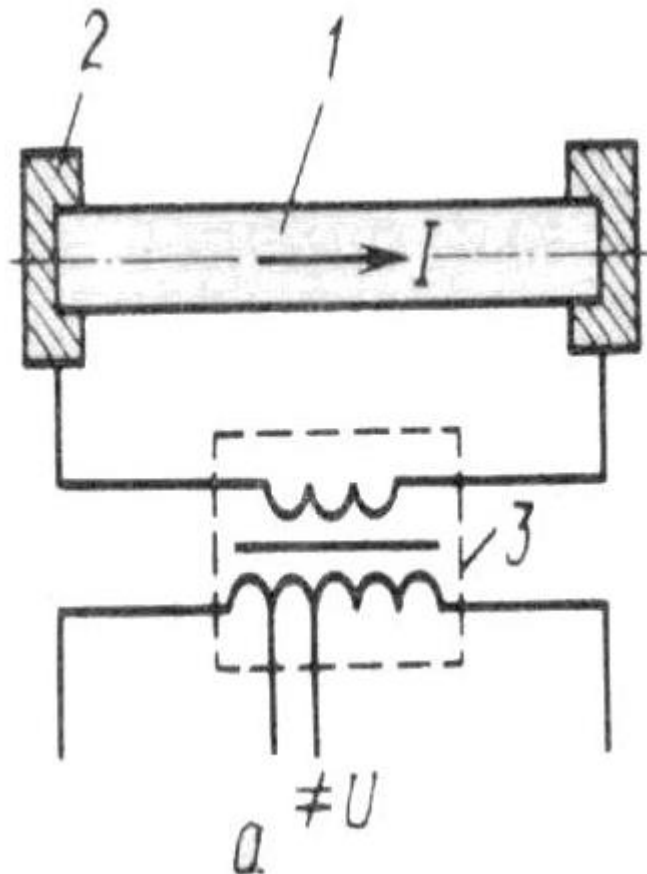


## Elektr kontaktli qizitish

Oddiy shakldagi detallar (vallar, o'qlar, lentalar) ga termik va mexanik ishlov berishda elektr kontaktli qizitishdan foydalaniladi

Detal (1) elektr zanjiriga ulanadi va undan o'tadigan tok hisobiga qiziydi. Detalning qarshiligi kam, (5.2) tenglamaga asosan tok kuchi, katta bo'lishi kerak, shuning uchun tok yirik bronza yoki mis qisqichlar (kontaktlar 2) orqali uzatiladi.

$$Q = V^2 \tau / R = I^2 R \tau$$



## **Elektrokontaktli qizitishning asosiy qo'llanish soxalari quyidagilar:**

- 1.Oddiy shakldagi detallar (vallar, o'qlar, lentalar) bevosita qizitib termik va mexanik ishlov berishda;**
- 2.Kontaktli payvandlashda;**
- 3.Yeyilgan metallarni eritib quyish orqali tiklashda (Elektr kontaktli eritib quyish);**
- 4.Trubalarni muzlashini oldini olish, muzlaganini eritish uchun va ichidagi suyuqliklarni qizitish va hk.**



**Detallarni elektr kontaktli qizitish quyidagi afzalliklarga ega:**

- 1.Qizitishning yuqori tezligi ( $10...40 \text{ }^{\circ}\text{S/s}$ ), bu esa pechlarda qizitishga nisbatan metall stukturasi yuqori sifatini ta'minlaydi;
- 2.Metallarning oksidlanishi va kuyishi (9..10 marta) kam qarshilikli pechlarga nisbatan;
- 3.Ish jarayonida yuqori texnologik madaniyat va sanitariya sharoitlari yaratiladi va hokazolar.

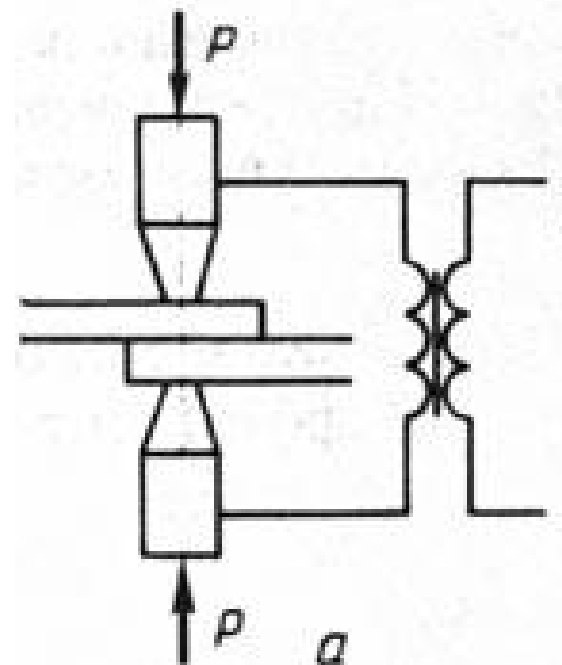
**Elektrokontaktli qizitish quyidagi kamchiliklarga ega:**

- 1.Bu usul yordamida oddiy shakldagi jismlarni qizitish mumkin;
- 2.Katta ikkilamchi tok hosil qiluvchi maxsus qizitish transformatorlari zarur buladi;
- 3.Tokni detalga uzatishning qiyinligi, Qisqichlar detal bilan yaxshi kontaktga ega bo'lishi kerak.



## Elektr kontaktli payvandlash

Metall detallarning, ulanish joylarini plastik holatgacha bevosita elektr qizitish va mexanik ravishda ezib yopishtirish uchun qo'llaniladi. Ulanish joylarining o'tish qarshiligi payvandlanadigan detallar qarshiligidan anchagina yuqori. Shuning uchun detallarning o'zi tokdan unchalik qizimaydi, ulanish joylarida esa katta miqdorda issiqlik hosil bo'ladi.

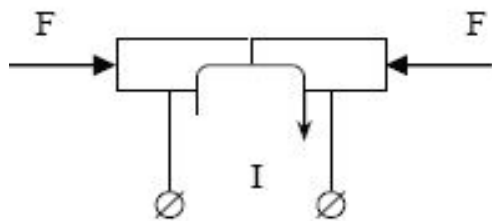


Kontaktli payvandlashning uch xil turi mavjud: uchma-uch, nuqtali va rolikli. Kontaktli payvandlash samaradorligi bilan ajralib turadi va mashinasozlik, remont ishlarida keng tarqalgan.

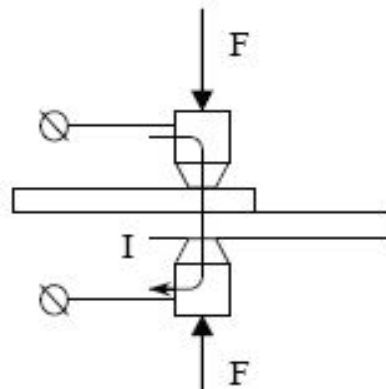




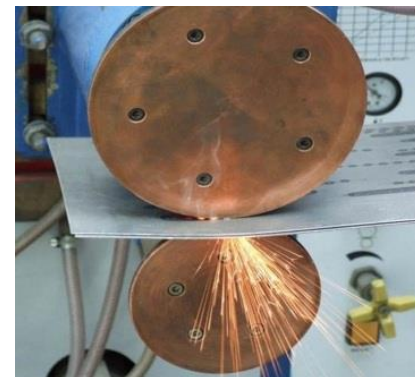
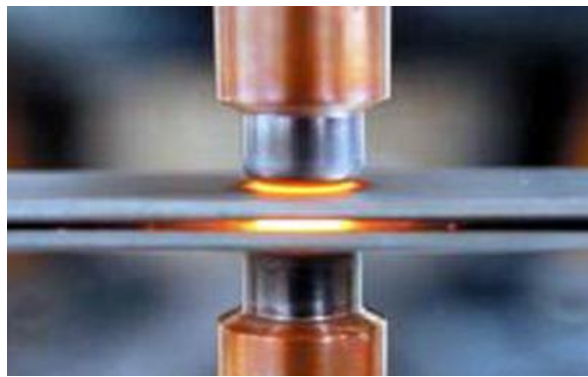
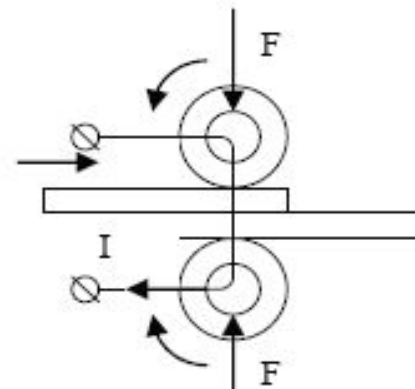
1. Стыковая сварка



2. Точечная

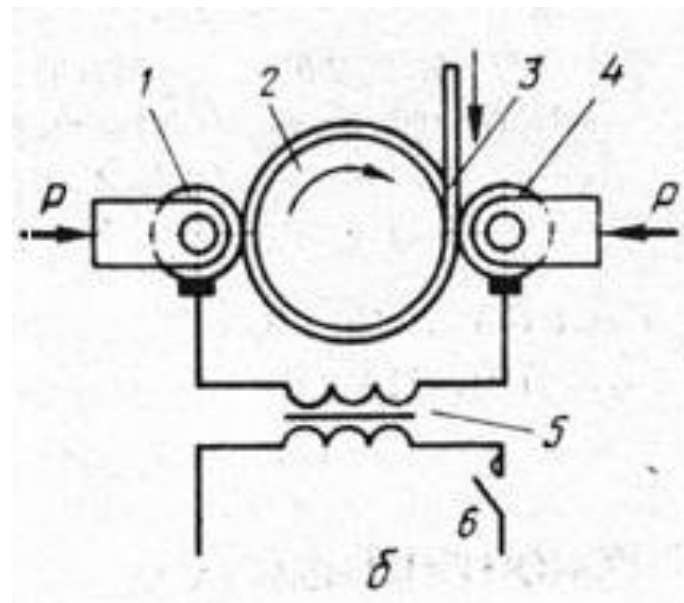


3. Роликовая



## Elektr kontaktli eritib quyish

Silindr shaklidagi yemirilgan yuzalarning tashqi va ichki tomonini tiklash uchun qoʻllaniladi. Detal 2 markazidan yoki stanok patroniga maxkamlanadi va sekin aylantiriladi. Detal yuzasi eritiladigan sim 3 bilan oʻraladi va elektr kontakt usulida eritib quyiladi. Bunda tok impulslari (5...20)  $\square$  103A va davomiyligi 0,04...0,05 s. Detal va oʻralgan simga tok payvandlash transformatorining 5 ikkilamchi chulgʻamidan roliklar 1 va 4 yordamida uzatiladi, shu bilan birgalikda roliklar detal va oʻralgan sim orasida zarur bosimli kontakt hosil qiladi.

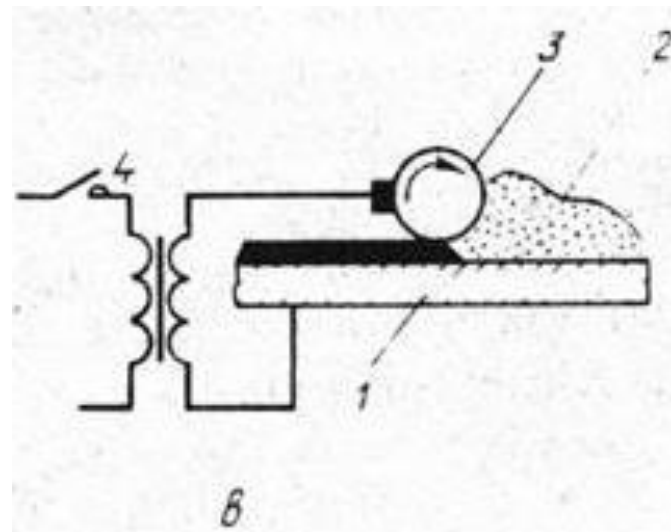


Kommutatsiya transformatorning birlamchi chulgʻamidagi uzgich yordamida amalga oshiriladi.



## Elektr kontaktli yuzani qalinlashtirish

Tekislik va silindr shaklidagi detallar yuzasini mustaxkamlash maqsadida kukunli koplama bilan qoplash uchun qo'llaniladi. Detal 1 yuzasiga qoplanadigan kukun uyumi 2 dumalaydigan - elektrod 3 yordamida shibbalanish bilan bir vaqtda kukun uyumi va mustaxamlanadigan detal orasidan o'tadigan tok yordamida qizdiriladi. Uzgich 4 yordamida impuls rejimida tok o'tkazgich qoplamaning yuqori sifatini ta'minlaydi.



## Qizitgich transformatorlar quvvatini hisoblash va tanlash

1. Materialni elektrokontaktli qizitish transformatorining foydali quvvati ( $P_{\text{foy}}$ ) quyidagi formuladan topiladi

$$P_{\text{foy}} = \frac{mc(t_2 - t_1)}{\tau_n}, \text{ kVt},$$

Bu yerda,  $m$  — qizdiriladigan material massasi, kg;

$$m = \frac{\pi \cdot d^2}{4} l \cdot j,$$

$d$  — material diametri, m;

$l$  — material uzunligi, m;

$j$  — po‘latning zichligi,  $7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  qabul qilinadi;

$c$  — po‘latning solishtirma issiqlik sig‘imi,  $0,48 \cdot 10^3 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{S}$ ;

$t_1, t_2$  — boshlang‘ich va oxirgi xarorat,  $t_1=20^{\circ}\text{S}$  qabul qilinadi;;

$\tau_n$  — qizish vaqti, soat;

$$\tau_n = \frac{\Delta M}{\Delta \rho} c \cdot (t_2 - t_1), \text{ s.}$$

$\Delta M$  — 1 m uzunlikdagi material solishtirma og‘irligi, kg/m;

$\Delta \rho$  — detalning qizitiladigan birlik uzunligiga birlik vaqt bo‘yicha mos keladigan energiyaning o‘rtacha intensivligi, Vt/m. Tajriba natijalariga ko‘ra  $\Delta \rho = 160 \dots 250 \text{ kVt/m}$ .

2. Transformatorning to‘la quvvati

$$S = \frac{k_z \cdot P_{\text{foy}}}{\eta \cdot \cos \varphi}, \text{ kVA}$$

Bu yerda,  $k_z$  — zaxira koeffitsiyenti, 1,1. ..1,3 oraliqda qabul qilinadi;

$\eta$  — fik,  $\frac{l}{d^2}$  nisbatga bog‘liq bo‘lib, 2 jadvaldan qabul qilinadi;



$\cos\varphi$  – quvvat koeffitsiyenti,  $\frac{l}{d^2}$  nisbatga bog‘liq bo‘lib, 2 jadvaldan qabul qilinadi.

2 – jadval. Hisoblash uchun ma‘lumotlar.

$\frac{l}{d^2},$ mm <sup>-1</sup>	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
$\eta$	0,5	0,62	0,68	0,73	0,76	0,78	0,8	0,81	0,82	0,83	0,84
$\cos\varphi$	0,5	0,62	0,68	0,73	0,76	0,78	0,8	0,81	0,82	0,83	0,84
$\tau_n, s$	5	9	13	17	21	25	29	33	37	41	45

3. Qizdirish transformatorlari ko‘pincha qisqa muddatli - takroriy rejimda ishlaydi, shuning uchun to‘la quvvatda ishlash davomiyligi PV (nisbiy birliklarda) hisobga olinib aniqlanadi:

$$S_{inc} = S\sqrt{\Pi B},$$

Bu yerda,  $\Pi B$  — ishlash davomiyligi nisbiy birliklarda quyidagicha topiladi:

$$\Pi B = \frac{\tau_v}{\tau_v + \tau_n},$$

$\tau_n$  – detalni almashtirish vaqti (pauza vaqti), 2 jadvaldan qabul qilinadi.

PV eng yaqin standart katta qiymatgacha yaxlitlanadi: 0,15; 0,25; 0,40; 0,60.

4. Transformatorning ikkilamchi chulg‘amidagi kuchlanish, yani detalga beriladigan kuchlanish quyidagicha topiladi:



$$U = \sqrt{\frac{P_{qoz} \cdot R_t}{\eta_{ap}}}$$

Bu yerda,  $\eta_{ap}$  – transformatorning FIKi, 0,9...0,95 oraliqda qabul qilinadi;

$R_t$  – oʻrtacha qizish xaroratidagi detalning qarshiligi

$$R_t = k_s \cdot \rho_t \cdot \frac{l}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}, \text{ Om,}$$

$k_s$  – yuza effekti koeffitsiyenti

agar  $a < 1$  boʻlsa,  $k_s = 1 + \frac{a^4}{3}$ ,

agar  $a > 1$  boʻlsa,  $k_s = 1 + \frac{1}{4} + \frac{3}{64a}$ ,

$a$  — razmersiz parametri (hamma razmerga xam toʻgʻri keladigan) quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$a = \frac{d}{4 \cdot Z_a},$$

$Z_a$  – tokning metalga kirish chuqurligi, m:



$$Z_c = 503 \sqrt{\frac{\rho_1}{\mu \cdot f}},$$

$\mu$  – magnit o'tkazuvchanlik,  $\mu = 100$  qabul qilish mumkin

$\rho_1$  – qizish vaqtida xaroratlar farqining o'rtachasi uchun po'latning solishtirma qarshiligi

$$\rho_1 = \rho_{20} (1 + 0,0055 \cdot \theta + 9 \cdot 10^{-6} \cdot \theta^2), \text{ Om.m};$$

$\rho_{20}$  – 20 °S xaroratdagi solishtirma qarshilik,  $0,135 \cdot 10^{-6}$  Om.m qabul qilinadi;

$$\theta = \frac{t_1 - t_2}{2} - \text{o'rtacha xaroratlar farqi.}$$

5. Ishchi tok quyidagicha topiladi:

$$I = \frac{\frac{P_{\text{qosi}}}{3}}{U}, \text{ A.}$$

6. Transformatorning salt ishlash kuchlanishi ish davomida detaldagi kuchlanish (U) va ikkilamchi chulg'amdagi isrof ( $\Delta U$ )lar yig'indisidan tashkil topadi

$$U_{\text{cumm}} = U + \Delta U$$

$\Delta U$  ning qiymatini quyidagicha qabul qilish mumkin  $\Delta U = 0,1U$ , u xolda  $U_{\text{cumm}} = 1,1U$ .

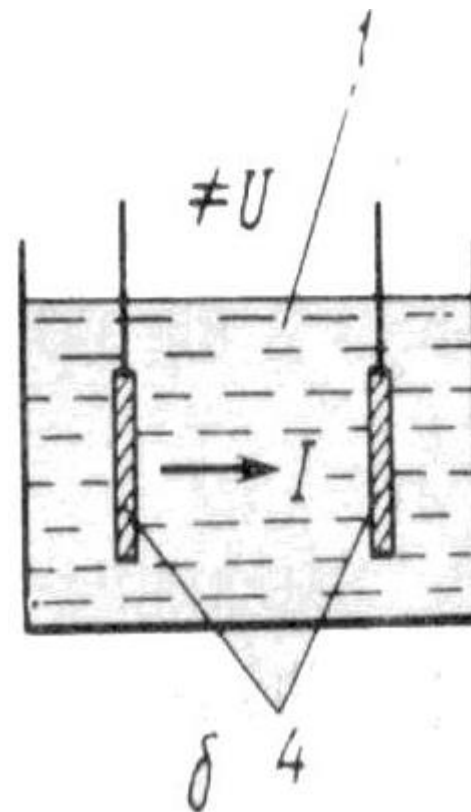
Olib borilgan xisoblar asosida transformatorning asosiy kattaliklarini 3 jadvalga kiritamiz.



## Elektrodli qizitish

Elektrodli qizitish usuli ikkinchi tur o'tkazgichlari: suv, sut, mevalar sharbati, nam ozuqalar, tuproq va betonni qizitish uchun qo'llaniladi. Material elektrodlar o'rtasiga joylashtiriladi va material bo'ylab bir elektrodan ikkinchisiga qarab oqadigan elektr toki hisobiga qizdiriladi.

Xuddi elektr kontaktli qizdirish kabi, bunda xam bevosita qizitish amalga oshiraladi material o'zidan elektr toki o'tishi hisobiga qiziydigan muhit bo'lib xizmat qiladi.

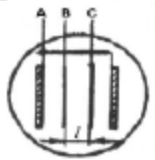
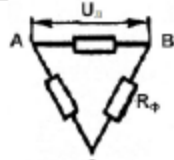
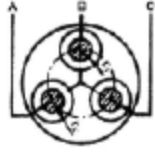
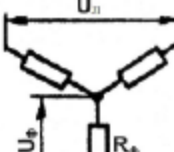
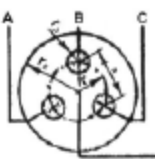
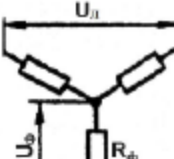
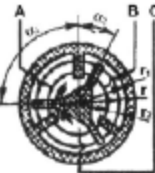
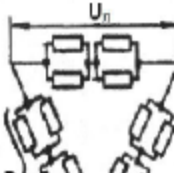




**Elektroliz xodisasining oldini olish uchun elektrodli qizdirishda faqat o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi.**

**Elektrod sistemasi- o'zaro va ta'minlovchi tarmoq bilan ma'lum shaklda bog'langan, qizitiladigan muhitga elektr tokini yetkazib beruvchi elektrodlar birligidir. quyidagilar elektrod sistemasining parametrlari hisoblanadir: fazalar soni, shakli, o'lchamlari, elektrodlar soni va materiali, ular orasidagi masofa, elektr ulanish sxemasi ("yulduz", "uchburchak", aralash ulanish va hokazo).**



№	Sxema		Qurilmaning faza qarshiligi
	Qurilma konstruksiyasi	Ekvivalent elektr	
1			$R_f = \rho_l \frac{l}{bh}$ <p><math>b</math> - elektrod eni</p>
2			$R_f = \frac{\rho_l}{2\pi h} \ln \frac{r_2}{r_1}$ <p>Optimal o'lchamlar nisbati  <math>r_c = 0,368r_k</math></p>
3			$R_f = \frac{\rho_l}{4\pi h} \ln \left[ \frac{3r^2(r_k^2 - r^2)^2}{r_c^2(r_k^6 - r^6)} \right]$ <p>Optimal o'lchamlar nisbati  <math>r = 0,51r_k</math>; <math>r_c = 0,21r_k</math></p>
4			$R_f = \frac{360 \cdot \rho_l}{2\pi h} \left( \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2} + \frac{k_3 \cdot k_4}{k_3 + k_4} \right)$ $k_1 = \frac{1}{\alpha_1} \ln \frac{r_1}{r}; k_2 = \frac{1}{\alpha_1} \ln \frac{r}{r_2};$ $k_3 = \frac{1}{\alpha_2} \ln \frac{r_1}{r}; k_4 = \frac{1}{\alpha_2} \ln \frac{r}{r_2}$ <p><math>\alpha_1, \alpha_2</math> - fazaga nisbatan rostlanuvchi elektrodlarning burilish burchagi (gradusda)</p>



## ELEKTRODLI QIZITISH

### Quvvatni rostdash (xarorat):

Seksiyalar sonini o'chirib yoqish

Tok oqadigan suyuqlikning hajmini o'zgartirish

Suyuqlikning tezligini o'zgartirish

### Kamchiligi

Faqat tok o'tkazuvchi materiallarni qizitish  
imkoniyati

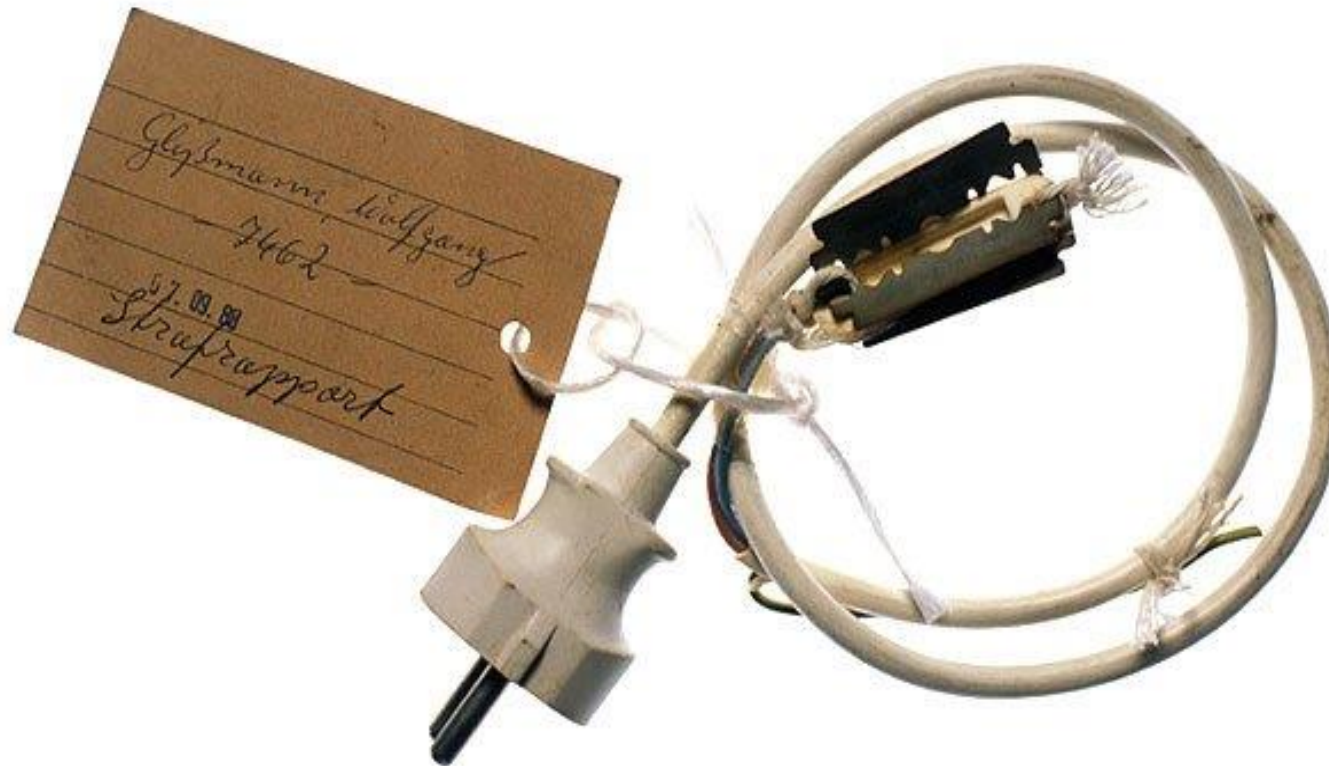
Qizitish vaqtida quvvatning sezilarli o'zgarishi

Elektr xavfi (Elektroopasnost)

Elektr tokining qizitiladigan materialga ta'siri



## Qo'lbola elektrodli qizitish elementi



## Qizitish elementlarining turlari

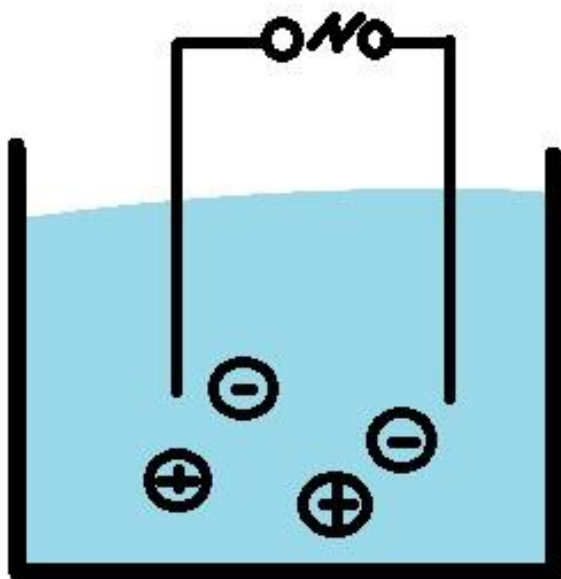


Elektrodli qizitish elementi

## Trubkali qizitish



## Elektrod qizitish elementining ishlash sxemasi



Suvda erigan tuz ionlari elektr maydoni ta'sirida harakat qiladi



## Elektrodli qizitishning kamchiligi

- **Elektr toki to'g'ridan-to'g'ri qizitiladigan suv orqali o'tadi, bu elektr toki urishi xavfini sezilarli darajada oshiradi.**
- **Qizitiladigan suyuqlikning ionlanishi vaqt o'tishi bilan uning kimyoviy tarkibi o'zgarishiga olib keladi.**
- **Issiqlik tashuvchisi sifatida an'anaviy antifrizlar, antifrizlar va distillangan suvdan foydalanish uchun yaroqsiz.**



## Elektrodli qizitishning afzalligi

- Yoqilgan holatda (quruq ish) qozonda suv yo'qligi hech qanday oqibatlariga olib kelmaydi va tok tashuvchi suyuqlik yo'qligi sababli ishlamay qolishi.
- Qozon elektrodlaridagi qurumlar faqat uning quvvatini pasaytiradi va elektrodarning ishdan chiqishiga olib kelmaydi.
- Elektrodli qizitish qozonlari odatda TEQ li qozonlarga qaraganda ancha ixchamdir.





## Elektrodli qizitish

- **1. Qizitish elementining quvvati va FIK suvning tarkibiga bog'liq.**
- **2. Isitish elementining samaradorligi suv tarkibidagi tuzlar miqdoriga bog'liq bo'lganligi sababli, bu turdagi isitgichni ovqat tayyorlash uchun ishlatish mumkin emas.**
- **3. Elektrodli qizitish elementidan uyni isitish uchun foydalanish mumkin.**
- **4. Elektrod qizitish elementi boshqa qizitish elementlari bilan solishtirganda yuqori FIK ega, ammo ular xavfliroq.**



## Elektrod sistemalarini hisoblash

1. Qizitish uchun kerak bo'ladigan foydali energiya:

$$\mathcal{Q}_{\text{foi}} = P_{\text{ypt}} \tau = \frac{mc(t_{\text{ox}} - t_{\text{sovw}})}{\eta}, \text{ kDj}, \quad (1)$$

Bu yerda,  $P_{\text{urt}}$  — suv qizdirgichning qizitish davridagi o'rtacha quvvati, kVt;

$\tau$  — qizish vaqti, sek;

$m$  — isitiladigan suv massasi, kg;

$s$  — suvning issiqlik sig'imi  $4,19 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{S}$

$t_{\text{ox}}, t_{\text{bosh}}$  — suvning oxirgi va boshlang'ich xarorati;

$\eta$  — suv qizitgichning fik  $0,9-0,97$ .

2. Suvning istalgan xaroratdagi solishtirma qarshiligi,

$$\rho_t = \frac{\rho_{20}}{1 + \alpha \theta}$$

Bu yerda,  $\rho_{20}$  -  $20 \text{ }^\circ\text{S}$  da suvning solishtirma qarshiligi, Om m;

$\theta = t - 20$  — suv xaroratining  $20 \text{ }^\circ\text{S}$  dan yuqoriga ortishi;

$\alpha = \frac{1}{t_{\text{sovw}} + 20}$  — suv o'tkazuvchanligining xarorat koeffitsiyenti.

Suv qizitgichning qizdirish jarayonidagi quvvatining o'zgarish chegaralari:

$$P_{\text{sovw}} = \frac{t_{\text{sovw}} + 20}{t_{\text{sovw}} + t_{\text{ox}} + 40} 2P_{\text{ypt}}, \text{ Vt}$$

$$P_{\text{ox}} = \frac{t_{\text{ox}} + 20}{t_{\text{sovw}} + t_{\text{ox}} + 40} 2P_{\text{ypt}}, \text{ Vt}$$



3. Elektrodlar sistemasini xisoblash qizitishning oxiridagi maksimal quvvat bo'yicha amalga oshiriladi.

Elektrodlar orasidagi masofa

$$l = \frac{U_f}{E_{max}}; \text{ m}$$

Bu yerda,  $U_f$  — faza kuchlanishi, V;

$E_{xak}$  — elektrodlar orasidagi xaqiqiy elektr maydon kuchlanganligi, V/m,

$$E_{max} = j_{rux} \cdot \rho_{ox} \cdot 0,1, \text{ V/m.}$$

Bu yerda,  $\rho_{ox}$  — qizish oxiridagi suvning solishtirma qarshiligi, Om m;

$J_{rux}$  — elektrodlardagi ruxsat etilgan tok zichligi, quyidagicha xisoblanadi:

$$j_{rux} = \frac{16 \cdot 10^3}{\sqrt{\rho_t}}, \text{ A/m}^2$$

Suv isitgich bakining diametri elektrod sistemasining konstruktiv tuzilishidan qabul qilinadi:

$D > 6l$  — yassi elektrodli;

$D > 3l$  — yumaloq elektrod uchun



4. Yassi «b» yoki yumaloq «d» elektrodlar kengligi quyidagicha topiladi:

$$b \leq \frac{1}{3} D$$

$$d = (0,02 \dots 0,2) D.$$

5. Elektrodlar sistemasining geometrik koeffitsiyenti

$$k = \frac{(n-1)b}{b}$$

$$k = \frac{1}{2\pi} \lg \frac{D}{d}$$

n — yassi elektrodlar soni.

6. Elektrodning aktiv uzunligi

$$h = \frac{k\rho_k}{R_\phi}, \text{ m}$$

$$R_\phi = \frac{U^2}{\frac{1}{3} P_k}, \text{ Om}$$

Bu yerda,  $R_f$  — bir fazadagi suv ustuni qarshiligi;  $\rho_k$ ,  $P_{ox}$  — suvning solishtirma qarshiligi va suv isitgichning qizish oxiridagi quvvati.



7. Xisoblangan elektrodlar sistemasi elektrodlardagi ruxsat etilgan tok zichligi va elektrodlar orasidagi ruxsat etilgan elektr maydon kuchlanganligi tekshiriladi:

$$j_{\max} = \frac{K_u I_k}{S} < j_{\text{rux}}, \text{ A/m}^2,$$

$$E_{\max} = \frac{U}{l} < E_{\text{rux}}, \text{ V/m}.$$

Bu yerda,  $S$  – elektrod yuzasi,  $S=bh$ ;

$$I_k = \frac{P_3}{\sqrt{3}U}, \text{ - qizish oxiridagi liniya toki};$$

$K_u = 1,1 - 1,4$ , - elektrod yuzasidagi tok zichligining bir xil emaslik koeffitsiyenti.

$E_{\text{rux}}$  – ruxsat etilgan elektr maydon kuchlanganligi, 2 jadvaldan olinadi

2 jadval. — ruxsat etilgan elektr maydon kuchlanganligi

$\rho_k, \text{ Om m}$	2,5	5	7	20
$E_{\text{rux}}, \text{ V/m}$	10000	25000	40000	80000



## Qarshilik vositasida bilvosita qizitish











