

A.T. IMOMNAZAROV

# ELEKTR TEXNOLOGIYA ASOSLARI



TOSHKENT

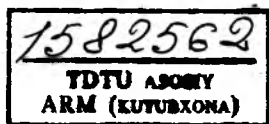
**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS  
TA'LIM VAZIRLIGI**

**ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT  
TEXNIKA UNIVERSITETI**

**A.T. IMOMNAZAROV**

# **ELEKTR TEXNOLOGIYA ASOSLARI**

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining  
muvofiqlashtiruvchi Kengashi tomonidan darslik sifatida  
tavsiya etilgan*



**TOSHKENT – 2015**

UO'K: 621.389 (075)

KBK 31.2

I-48

I-48 A.T. Imomnazarov. Elektr texnologiya asoslari. Darslik. –T.: «Fan va texnologiya», 2015. -216 b.

ISBN 978-9943-983-88-5

Ushbu darslikda sanoat korxonalarida keng qo'llanilayotgan zamonaviy qarshilik elektr pechlari, elektr yoy pechlari va induksion pechlar hamda qurilmalarning ishlash asoslari, qo'llanilish sohalari, ta'minot manbalari va ularni boshqarish; dielektrik materiallarni yuqori chastotali qizdirish asoslari va qurilmalari; elektr payvandlash asoslari va qurilmalari; elektroliz usulida toza metallar olish va metallarga qoplamalar yotqizish; shuningdek, metallarga ishlov berishning elektrerozion, elektrkimyoviy, ultra tovushli, elektr gidravlik, magnit impulsli va elektr kinetik usullarning nazariy asoslari, qurilmalarining tuzilishi va ularning sanoatda qo'llanilishi kabi mavzular yoritilgan va shuningdek, nazorat uchun test savollari, namunaviy laboratoriya ishlaring bayonlari hamda amaliy mashg'ulotlarning mavzulari ham keltirilgan.

Darslik oliy ta'limning «Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari» bakalavriat yo'nalishi talabalari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan.

\*\*\*

В учебнике рассматриваются принципы работы, области применения, широко применяющихся в промышленности электрических печей сопротивления, дуговых и индукционных печей, нагревательных устройств, источники электроснабжения и управления; основы электросварки; основы высокочастотного нагрева диэлектриков и принцип работы устройств на их основе; и получения чистых металлов с помощью электролиза, гальванические процессы; обработка металлов и деталей электроэрозионным и электрохимическим способами, с помощью ультразвука, а также электрогидравлическими, магнито - импульсными и электрокинетическими устройствами, также представлены тестовые вопросы для контроля знаний, описание предлагаемых лабораторных работ и темы практических занятий.

Учебник рекомендуется для студентов вузов, обучающихся в направлении бакалавриатуры «Электротехника, электромеханика и электротехнологии».

\*\*\*

In the textbook the principle of work, a scope, sources of an electrical supply and the management, electric furnaces of resistance widely applied in the industry, arc and induction furnaces and heating devices are considered; electric welding bases; bases of high-frequency heating dielectricians and a principle of work of devices on their basis; and receptions of pure metals with the help electrolysis and galvanic processes; processing of metals and details electroerosive and electrochemical in the ways, with the help ultra a sound, and also electrohydraulic, magnet - pulse and electrokinetic devices, also are presented test questions for the control of knowledge, the description of laboratory works and a theme of a practical training.

The textbook is recommended for students of high schools of trainees in a direction bachelor degree «The Electrical engineer, electromechanics and electrotechnologies».

UO'K: 621.389 (075)

KBK 31.2

*Mas'ul muharrir:*

O.O. Hoshimov – t.f.d., prof.

*Taqrizchilar:*

N.Ş.Savridinov – t.f.n, dotsent;

A.A.Azizov – DAK «O'zbekenergo», «Energosoziash» SHK bo'lim boshlig'i t.f.n., dotsent.

ISBN 978-9943-983-88-5

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2015;

© «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2015.

## KIRISH

Zamonaviy elektr texnologik qurilmalar elektr energiyani issiqlik, mexanik va boshqa turdagi energiyalarga o'zgartirib, aniq texnologik vazifalarni bajarishga xizmat qiladi. Elektr energiya yordamida qizdirish jarayonlari metallurgiya, mashinasozlik, kimyo sanoati, qurilish, qishloq xo'jaligi va shuningdek ishlab chiqarishning boshqa sohalarida ham keng qo'llaniladi. Elektr texnologik qurilmalarga elektr pechlar va qizdiruvchi qurilmalar, elektroliz vannalar, elektr payvandlash qurilmalari; elektr uchqun, elektr impulsi va maydoni ta'sirida detallarga ishlov beruvchi ko'plab turdagi qurilmalar va moslamalar kiradi.

Elektr texnologik qurilmalarning salmoqli qismini elektr pech va qizdiruvchi qurilmalar tashkil etadi. Elektr pechlar va qizdirish qurilmalari ham elektr energiyani issiqlik energiyasiga o'zgartirish usullari bo'yicha bir necha turlarga bo'linadi. Ularning bajaradigan vazifalari ham, quvvatlari ham va konstruktiv ijrolari ham xilma – xildir. Elektr pechlari va qizdirish qurilmalarida materiallarni eritish va qizdirish, sifati yuqori bo'lgan materiallarni olish, detal va buyumlarga kimyoviy va issiqlik bilan ishlov berish hamda sirtlarini turli himoya va zeb beruvchi moddalar bilan qoplash, bo'yalgan buyumlarni quritish, monokristallarni o'stirish kabi turli texnologik jarayonlar bajariladi.

Elektr payvandlash qurilmalari deyarli barcha ishlab chiqarish sohalarida metall konstruksiyalarning detallarini o'zaro birlashtirishda, quvurlarni quvurlarga ulashda va shunga o'xshash yuzlab amallarni bajarishda juda keng qo'llaniladi.

Elektr texnologik qurilmalarning yana bir turi bo'lgan elektroliz asosida toza rangli metallarni olish va detallarning sirtlarini himoya qoplamalari bilan qoplash qurilmalari bo'lib, rangli metallurgiyada keng ishlatiladi. Bundan tashqari detal yuzalariga ishlov berishda va asbobsozlikda noyob asboblarni yaratishda elektr mexanik, elektr kinetik va elektron – ionli elektr texnologik jarayonlar negizida ishlaydigan qurilmalarning mashinasozlikda qo'llanilishi va uning keyingi istiqbollari ishlab chiqarishni zamonaviy fan va texnika yutuqlariga asoslangan texnologiyalardan sanoatda samarali foydalanishga xizmat qilmoqda.

Sanoat gazlarini chang va suyuq zarralardan tozalashda foydalaniladigan elektr filtrlarda, murakkab tarkibga ega bo'lgan moddalarni tashkil etuvchilarga ajratib saralovchi elektr separatorlarda, katta va murakkab ko'rinishga ega bo'lgan yuzalarni bo'yashda elektr statik maydon kuchlanganligini qo'llashga asoslangan elektr texnologik jarayonlarda foydalaniladi.

---

---

## I BOB.

### QARSHILIK USULIDA ISHLOVCHI PECHLAR VA QIZDIRUVCHI QURILMALAR

#### 1.1. Qarshilik elektr pechlari

Har qanday qattiq yoki suyuq holatdagi elektr o'tkazuvchi materiallardan elektr toki o'tganida, elektr toki bu materiallarni qizdirib issiqlik ajratib chiqaradi. Joule – Lenz qonuni bo'yicha ajralib chiqayotgan issiqlik energiyasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Q = I^2 R t,$$

bu yerda,  $I$  – qattiq yoki suyuq holatdagi elektr toki o'tkazuvchi materiallardan o'tayotgan tokning qiymati,  $A$ ;  $R$  – elektr toki o'tkazayotgan materialning elektr qarshiligi,  $\Omega$ ;  $t$  – elektr toki o'tkazuvchi materialning elektr tarmog'iga ulanib turgan vaqti, soat.

Bunday usul bilan materiallarni qizdirish *qarshilik usuli bilan qizdirish* deyiladi va ikki turga bo'linadi: **bevosita** va **bilvosita**.

**Bevosita** usulda materiallar qizdirilganida, qizdirilayotgan materialdan o'tayotgan tok hosil qilgan issiqlik hisobiga o'sha material qiziydi.

**Bilvosita** usulda materiallar qizdirilganida, alohida **qizdiruvchi elementdan** o'tayotgan tok hosil qilgan issiqlik energiya issiqlik o'tkazuvchanlik, konvensiya yoki nurlanish usuli bilan qizdirilayotgan jismga uzatiladi va uni qizdiradi.

Qarshilik usuli bilan bilvosita qizdirish, qarshilik elektr pechlarida (QEP), kontaktli va infraqizil nur bilan qizitish qurilmalarida va elektr xo'jalik asboblari (elektr plita, kavsharlagich, elektr duxovka, kalorifer, elektr choynak va h. k.) keng qo'llaniladi.

Sanoatning turli sohalarida keng qo'llaniladigan **qarshilik elektr pechlari** bajaradigan texnologik vazifalariga ko'ra **issiqlik bilan qayta ishlovchi, erituvchi va qurituvchi** turlarga bo'linadi. Issiqlik bilan qayta ishlovchi QEP larda qora va rangli metall, oyna, keramika, plastmassa va boshqa materiallar issiqlik va issiqlik – kimyoviy usullar

Sanoat gazlarini chang va suyuq zarralardan tozalashda foydalaniladigan elektr filtrlarda, murakkab tarkibga ega bo'lgan moddalarni tashkil etuvchilarga ajratib saralovchi elektr separatorlarda, katta va murakkab ko'rinishga ega bo'lgan yuzalarni bo'yashda elektr statik maydon kuchlanganligini qo'llashga asoslangan elektr texnologik jarayonlarda foydalaniladi.

---

---

## I BOB.

### QARSHILIK USULIDA ISHLOVCHI PECHLAR VA QIZDIRUVCHI QURILMALAR

#### 1.1. Qarshilik elektr pechlari

Har qanday qattiq yoki suyuq holatdagi elektr o'tkazuvchi materiallardan elektr toki o'tganida, elektr toki bu materiallarni qizdirib issiqlik ajratib chiqaradi. Joule – Lens qonuni bo'yicha ajralib chiqayotgan issiqlik energiyasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Q = I^2 R t ,$$

bu yerda,  $I$  – qattiq yoki suyuq holatdagi elektr toki o'tkazuvchi materiallardan o'tayotgan tokning qiymati,  $A$ ;  $R$  – elektr toki o'tkazayotgan materialning elektr qarshiligi,  $\Omega$ ;  $t$  – elektr toki o'tkazuvchi materialning elektr tarmog'iga ulanib turgan vaqti, soat.

Bunday usul bilan materiallarni qizdirish *qarshilik usuli bilan qizdirish* deyiladi va ikki turga bo'linadi: **bevosita** va **bilvosita**.

**Bevosita** usulda materiallar qizdirilganida, qizdirilayotgan materialdan o'tayotgan tok hosil qilgan issiqlik hisobiga o'sha material qiziydi.

**Bilvosita** usulda materiallar qizdirilganida, alohida **qizdiruvchi elementdan** o'tayotgan tok hosil qilgan issiqlik energiya issiqlik o'tkazuvchanlik, konvensiya yoki nurlanish usuli bilan qizdirilayotgan jismga uzatiladi va uni qizdiradi.

Qarshilik usuli bilan bilvosita qizdirish, qarshilik elektr pechlarida (**QEP**), kontaktli va infraqizil nur bilan qizitish qurilmalarida va elektr xo'jalik asboblari (elektr plita, kavsharlagich, elektr duxovka, kalorifer, elektr choynak va h. k.) keng qo'llaniladi.

Sanoatning turli sohalarida keng qo'llaniladigan **qarshilik elektr pechlari** bajaradigan texnologik vazifalariga ko'ra **issiqlik bilan qayta ishlovchi, erituvchi va qurituvchi** turlarga bo'linadi. Issiqlik bilan qayta ishlovchi QEP larda qora va rangli metall, oyna, keramika, plastmassa va boshqa materiallar issiqlik va issiqlik – kimyoviy usullar



bilan qayta ishlanadi. Erituvchi pechlarda oson eruvchi rangli metall va ularning qotishmalari eritiladi. Qurituvchi pechlarda esa metallokera- mika buyumlar, quyuv shakllar, lak-bo'yoq surtilgan detallarning sirtlari quritiladi.

Harorat rejimi bo'yicha QEP lar **past** ( $600 - 700^{\circ}\text{C}$  gacha), **o'rtacha** ( $1250^{\circ}\text{C}$  gacha) va **yuqori** ( $1250^{\circ}\text{C}$  dan yuqori) **haroratli** turlarga bo'linadi. **Past haroratli** QEP larda issiqlik uzatish asosan konvensiya usuli bilan amalga oshiriladi. Past haroratli pechlarda asosan rangli metall va ularning qotishmalariga issiqlik bilan va mexanik ishlov berish davomida qizdirish hamda metallardan tayyorlangan yarim tayyor detallarni quritish amallari bajariladi. **O'rtacha haroratli** pechlarda issiqlik uzatish asosan nurlanish usuli bilan amalga oshiriladi. O'rtacha haroratli pechlarda qora va rangli metallardan tayyorlangan detallarni toblash, kuydirish va issiqlik – kimyoviy ishlov berish va chiniqtirish kabi texnologik jarayonlar bajariladi. Bu QEP lari asosan mashina- sozlikda detallarni shtampovkalash va presslash asosida tayyorlash jarayonlarida qo'llaniladi. **Yuqori haroratli** QEP lar monokristallarni o'stirishda, qiyin eriydigan metall va qotishmalarga issiqlik bilan qayta ishlov berishda va ularni elastik deformatsiyalashdan oldin qizdirishda, metallokeramik detallarni ulashda keng qo'llaniladi.

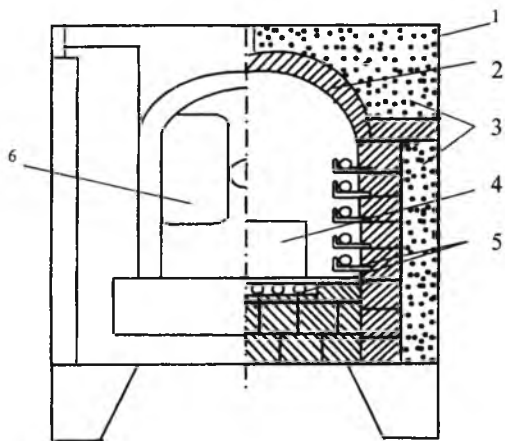
Texnologik ish xarakteriga ko'ra QEP lar **davriy** va **nodavriy ish rejimida** ishlovchi turlarga bo'linadi. **Davriy ish rejimida** ishlovchi pechlarda butun ish davomida qizdirilayotgan detalning harorati o'zgar- maydi. Bunday pechlarga qo'zg'aluvchan taglikli kameraviy pechlar, qalpoqli va elevator pechlar kiradi. **Nodavriy ish rejimida** ishlaydigan pechlarda metallarga issiqlik bilan ishlov berish davomida metallarning harorati bilan uning o'lchamlari ham barobar o'zgaradi. Konveyerli, barabanli, rolgangli, aylanuvchi va siljitivchi qurilmali pechlar nodavriy turkumli pechlarga kiradi. Ko'pgina nodavriy ish rejimli ishlab chiqarish jarayonlarida, asosan qora va rangli metallarga issiqlik bilan ishlov berishda, shuningdek issiq holatda deformatsiyalashda nodavriy ish rejimli pechlar ishlatiladi. Odatda bu pechlar xomash'yo bilan ta'minlovchi mexanizmlarning nomi bilan ataladi.

QEP lari ba'zi bir texnologik jarayonlar uchun vakuumli, gaz bilan to'ldirilgan yoki vakuum – kompressorli variantlarda ishlab chiqariladi. Bunday pechlarda detallarga issiqlik bilan ishlov berishda pechning issiqlik hosil qilinadigan qismida vakuum yoki yuqori bosimli gazli muhit hosil qilinadi.

## 1.2. Qarshilik elektr pechining konstruktiv tuzilishi

Qarshilik elektr pechlarining turlari va konstruktiv tuzilishi xilma – xil bo'lsa ham, hamma turlari uchun zaruriy bo'lgan umumiy elementlari mavjuddir (1.1-rasm).

QEP ning sirti (1) odatda profillangan po'lat varaqdan yasilib, pechga yo'naltirilgan barcha mexanik ta'sirlardan muhofaza qilishga xizmat qiladi. Pech ichidagi issiqlik isrofini kamaytirish maqsadida pech sirti bilan o'tga chidamli qatlam (2) orasiga izolyatsion material (3) joylashtiriladi. Izolyatsion material sifatida keramik plita, g'isht, blok va boshqa turli izolyatsion materiallardan foydalaniladi. O'tga chidamli qatlam (2) pechning ichki yuzasini tashkil etadi va u issiqlik bilan ishlov berilishi kerak bo'lgan material yoki detal (4) va qizdiruvchi elementlar (5) hosil qiladigan issiqlik zo'riqishlariga chidamli bo'lishi lozim. Qizdiruvchi elementlar pechning ichki yuzasi bo'ylab joylashtirilgan bo'lib, qizdiralayotgan jism yoki detallarni qisman yoki to'liq o'rab turadi. Qarshilik elektr pechlari material va detallarni pech ichiga kiritish va undan olish uchun yordamchi mexanizmlar bilan ham jihozlangan bo'ladi. Pech ichiga material yoki detallar QEP ichiga eshikcha (6) orqali kiritiladi. Yordamchi mexanizmlarning konstruktiv tarkibiy qismlari issiqqa chidamli po'latdan yasalgan bo'ladi.



1.1- rasm. Kameraviy qarshilik elektr pechining konstruktiv tuzilishi

Pechning nomi, ishlatilish sohasi	Pechning rusumi	Quvvati, kVt	Kuchlanishi, V	Eng katta ishchi harorat, °C
Po'lat buyumlarni toblovchi kameraviy QEP	CK3-04.30.1/9	105	380	900
	CK3 -05.30.1/9	160	39-	900
	CK3 -08.40.1/9	225	380	900
Po'lat buyumlarni toblovchi konveyer QEP	CK3 -04.30.1/7	65	380	700
	CK3 -05.30.1/7	100	380	700
Po'lat quvurlarni qizdiruvchi rolgang QEP	CHP-2.480.1,5/11-X300	2250	100-300	1050
Po'lat buyumlarni toblovchi QEP	CTO-12.49.4/10	310	380	1000
Kichik hajmli buyumlarni toblovchi baraban QEP	CB3-4.25/9	95	380	900
Sochiluvchi materialarni qizdiruvchi baraban QEP	CB3 -10.63/9	190	380	900
Buyumlarni qizdiruvchi aylanma QEP	CA3-21.7.3/12	155	81, 92	1200
	CA3-53.21.7/2	525	57,8-172	1200
Keramik buyumlarni qizdiruvchi QEP	ЧГШ-100	100	114-163	1300
	ЧГШ-75	75	114-163	1300
Simlarga emal qoplash vertical QEP	CMO-0,19-16MK	11	380	600
	CMO-1-28MK	75	380	550

QEP larning asosiy elementlaridan biri bu qizdirgichlardir. Qizdirgichlar issiqlikka chidamli volfram va molibden kabi metallardan, nixrom, va alyuminiyli nixrom kabi metall qotishmalardan va shuningdek karborund va grafit kabi nometall qotishmalardan sim yoki lenta ko'rinishda tayyorlanadi.

Agar pechning bo'yi uzun bo'lsa, pech ichida harorat notekis taqsimlanadi va bu issiqlik bilan ishlov berilish texnologiyasini buzilishiga olib

kelishi mumkin. Shuning uchun, bunday pechlarda bu kamchilikni yo'qotish maqsadida ular bir nechta mustaqil issiqlik zonalariga bo'linadi. Tik holatda ishlaydigan pechlardagi zonalarining uzunligi 1,5 – 2 m, yotiq holatda ishlaydigan pechlar uchun esa zonalar uzunligi 2 – 2,5 m bo'lishi kerak.

Pech ichidagi haroratni bir tekis taqsimlanishini alohida ventilyatorlar yordamida ham amalga oshirish mumkin.

1.1 – jadvalda sanoat korxonalarida metall va nometall buyum va detallarga issiqlik bo'yicha ishlov berishda va eritishda qo'llaniladigan ba'zi qarshilik elektr pechlarning asosiy texnik ko'rsatkichlari keltirilgan.

### 1.3. Qarshilik elektr pechlarining qizdiruvchi elementlari

Qarshilik elektr pechlarining qizdiruvchi elementlariga alohida talablar qo'yiladi. Birinchidan qizdirgichlar tayyorlanadigan materialning solishtirma elektr qarshiligi  $\rho$  yuqori bo'lishi kerak va ikkinchidan ularning elektr qarshilik harorat koeffitsiyenti  $\alpha$  kichik bo'lishi talab etiladi. Chunki  $\alpha$  qiymatining qancha katta bo'lishi qizdirgichning issiq va sovuq holatlaridagi elektr qarshiligi qiymatlari farqining shuncha katta bo'lishiga olib keladi. Qizdirgich materialining  $\alpha$  koeffitsiyenti musbat xarakterli bo'lib, harorat oshishi bilan solishtirma qarshiligi oshib boradi. Shuning uchun, pechning sovuq va issiq holatlarida elektr tarmog'idan olayotgan tok qiymati har xil bo'ladi. Pech sovuq holatda ishga tushirilib, to qizigunga qadar elektr tarmog'idan katta quvvat olib ishlaydi. Pech ichidagi harorat ishchi harorat darajasiga yetganidan so'ng, pech nominal quvvat bilan ishlay boshlaydi. Toza metallar uchun o'rtacha  $\alpha = 0,041^{\circ}C/OM$  ga teng. Bu esa qizdirgichning harorati  $1000^{\circ}C$  gacha qiziganida uning elektr qarshiligi qariyb to'rt baravarga oshishini anglatadi. Demak, pechni ishga tushirish tokining qiymati nominal qiymatidan ham qariyb to'rt baravar katta bo'ladi. Pechning qizish vaqti minutlar bilan o'lchanishini hisobga oladigan bo'lsak, u holda ishga tushirish tokining iste'mol qilinayotgan quvvatga ta'siri sezilarli bo'ladi. Shuning uchun, qizdirgichlar odatda issiqqa chidamli qotishmalardan tayyorlanib, ularning  $\alpha$  koeffitsiyenti toza metallarnikiga nisbatan kichik bo'ladi. Agar qizdirgichlar volfram yoki molibden kabi toza metallardan tayyorlanadigan bo'lsa, u holda QEP larni ishga tushirish vaqtida

kuchlanishni pasaytiruvchi transformatorlardan foydalaniladi va ishga tushirish vaqtida pasaytirilgan kuchlanish qizdirgichlarga uzatiladi. Shuningdek qizdirgichlar uzoq vaqt elektr o'tkazuvchanlik xususiyatlarini saqlab qolishlari zarur. Ba'zi bir elektr o'tkazuvchi materiallar vaqt o'tishi bilan asta – sekin o'zlarining elektr o'tkazuvchanlik xususiyatlarini yo'qota boradi, ya'ni «eskira» boshlaydi. Ularning solishtirma qarshiligi osha boshlaydi va natijada pechning quvvati pasayadi. Agar qizdirgichlarning solishtirma qarshiligi sezilarli kamaysa, u holda pechlar rostlanuvchi transformatorlar bilan jihozlanib, qizdirgichlarning elektr qarshiligi oshishiga mos ravishda ularga uzatilayotgan kuchlanishning qiymati oshirilib boriladi.

Ishchi harorati 1200 °C gacha bo'lgan QEP lar uchun qizdirgichlar asosan xromnikel (nixrom), xromnikelalyuminiy (alyuminiyli nixrom) kabi qotishmalardan tayyorlanadi.

Ishchi harorati 1200 – 1250 °C dan yuqori bo'lgan QEP lar uchun qizdirgichlar karborund, grafit kabi nometall qotishmalardan yoki molibden, volfram kabi qiyin eriydigan metallardan tayyorlanadi. Toza metallardan tayyorlangan qizdirgichlarni oksidlanishdan saqlash maqsadida pech ichida neytral muhit (vodorod, geliy, argon) yoki vakuum hosil qilish zarur.

Qizdirgichlar sim, lenta, sterjen yoki yupqa tunuka ko'rinishda tayyorlanadi.

#### **1.4. Qarshilik elektr pechlarining issiqlik va elektr muvozanat tenglamalari**

Pech ichidagi issiqlik muvozanatini hisoblash pech issiqlik hisobining asosini tashkil etadi. Pech ichidagi issiqlik muvozanati tenglamasi asosida pechning umumiy quvvati, issiqlik zonalarining soni va ularning quvvati, suyultirilayotgan yoki qizdirilayotgan jismning ratsional joylashishi hamda pechning asosiy konstruktiv o'lchamlari aniqlanadi.

Davriy ish rejimida ishlaydigan QEP ning (1.2a – rasm) bir sikl uchun issiqlik muvozanat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Q = Q_T + Q_Y + Q_I, \quad (1.1)$$

bu yerda,  $Q_T$  – jismni berilgan oxirgi haroratigacha qizdirishga sarf bo'lgan issiqlik miqdori;  $Q_Y$  – qizdiriluvchi jismni pech ichiga kiritishga

xizmat qiluvchi yordamchi qurilma va moslamalarda (korzinalarda, tagliklarda va h.k. larda) sarf bo'ladigan issiqlik miqdori;  $Q_I$  – pechda isrof bo'ladigan umumiy issiqlik miqdori.

$Q_I, Q_Y, Q_T$  larni tashkil etuvchilarini aniqlaymiz.

$$Q_T = C_J G_J (t_J - t_J), \quad (1.2)$$

bu yerda,  $C_J$  – qizdirilayotgan jism materialining o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi, Dj/kg °S;  $G_J$  – qizdirilayotgan jismning massasi, kg;  $t_J, t_J$  – qizdirilayotgan jismning oxirgi va boshlang'ich haroratlari, °C.

$$Q_Y = C_M G_M (t_M - t_M) + C_G G_G (t_G - t_G), \quad (1.3)$$

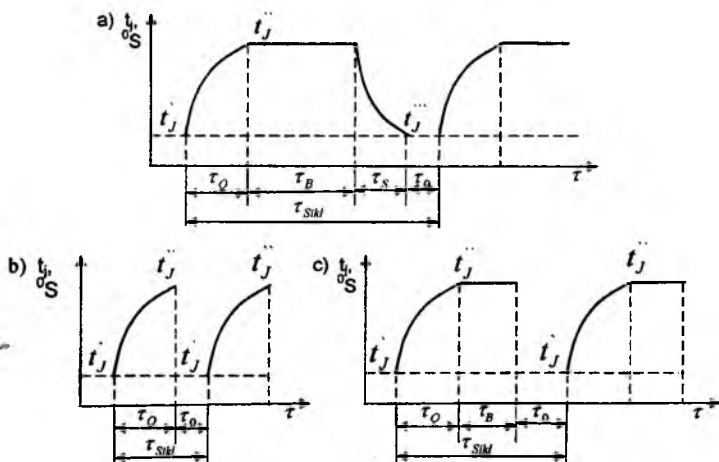
bu yerda,  $C_M, C_G$  – yordamchi moslama va qurilmalar va pech ichidagi gazli muhitning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imlari, Dj/kg °S;  $G_M, G_G$  – yordamchi moslama va qurilmalar va pech ichidagi gazli muhitning massalari, kg;  $t_M, t_M, t_G, t_G$  – yordamchi moslama va qurilmalarning oxirgi va boshlang'ich harorati hamda pech ichidagi gazli muhitning oxirgi va boshlang'ich harorati.

Pechning bir sikl davomida qizishi, o'rnatilgan haroratining qiymatini barqaror ushlab turish va pechning sovushini o'z ichiga olgan davrda pechdagi quvvat isroflarini quyidagi tenglama asosida hisoblaymiz:

$$Q_I = K_N (q_{QI} \tau_Q + q_{BI} \tau_B + q_{SI} \tau_S + q_{KCh} \tau_o), \quad (1.4)$$

bu yerda,  $q_{QI}$  – pechning qizishi davrida pech devorlarida isrof bo'ladigan o'rtacha issiqlik quvvati, Vt;  $q_{BI}$  – pech ichida o'rnatilgan haroratning barqarorligi davridagi pech devorlarida isrof bo'ladigan o'rtacha issiqlik quvvati, Vt;  $q_{SI}$  – pechning sovishi vaqtidagi pech devorlarida isrof bo'ladigan o'rtacha issiqlik quvvati, Vt;  $q_{KCh}$  – qizdirilishi kerak bo'lgan jismni pechga kiritish va qizdirilib bo'lganidan so'ng pechdan chiqarib olishda, pech eshikchasi va boshqa tirqichlari

orqali pech ichidagi issiqlikning tashqariga chiqishi natijasida hosil bo'ladigan issiqlik quvvat isrofi,  $Vt$ ;  $K_N = 1,15 - 1,3$  – pechning ishlashi davomidagi issiqlik isroflarini hisoblashning qiyinligini hisobga oluvchi koeffitsiyent;  $\tau_Q, \tau_B, \tau_S, \tau_0$  – pechni qizdirish, harorati barqarorligi, sovushi va pechga qizdiriluvchi jismni kiritish va chiqarib olish uchun ketgan vaqtlar.



1.2-rasm. Qarshilik elektr pechning ish rejimlari

Pechning ish rejimi pech ichidagi jismni qizdirish vaqtidagina iborat bo'lganda (1.2b-rasm), pechning umumiy quvvat isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_I = K_N (q_{QI} \tau_Q + q_{KCh} \tau_0). \quad (1.5)$$

Pechning ish rejimi pech ichidagi jismni qizdirish va pech ichida o'rnatilgan haroratni barqaror ushlab turish vaqtlaridan iborat bo'lganda (1.2c - rasm), pechning umumiy quvvat isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_I = K_N(q_{QI}\tau_Q + q_{BI}\tau_B + q_{KCh}\tau_o). \quad (1.6)$$

Qizdirilishi kerak bo'lgan jismni pech ichiga kiritish va qizdirilib bo'lganidan so'ng pech ichidan olish jarayonida pech ichidagi issiqlikning pech eshikchasi va yon tirqichlari orqali tashqariga chiqishi nurlanish yoki konventsiya usuli bilan sodir bo'ladi. Pech ichidagi ishchi harorat 600 – 700 °C dan yuqori bo'lganida issiqlikning asosiy qismi nurlanish orqali tashqariga uzatiladi. Jismni pech eshikchasidan pech ichiga kiritish va chiqarishda sodir bo'ladigan issiqlik quvvat isrofi quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$Q_{Nur} = q_{Nur}\tau_o = \psi C_E E_{UK} [(T_{Ich} / 100)^4 - (T_{Tash} / 100)^4] F_{EU} \tau_o, \quad (1.7)$$

bu yerda,  $\psi$  – nurli oqimning pech eshigi devorlarida yutilishini hisobga oluvchi diafragrammalash koeffitsiyenti;  $E_{ur} = 0,75 - 8,85$  – pech devori ichki qatlamining nurlanish asosidagi issiqlikni uzatish koeffitsiyenti;  $T_{Ich}, T_{Tash}$  – pechning ichki va tashqi qismlaridagi harorat;  $F_{EU}$  – nurlanish asosida issiqlik chiqayotgan eshikchanning ochilgan yuzasi,  $m^2$ .

Davriy ish rejimida ishlaydigan QEP ning quvvati quyidagi formula bilan aniqlanadi,

$$P_{Pech} = K_1(Q_Q / \tau_Q), \quad (1.8)$$

bu yerda,  $K_1 = 1,1 - 1,5$  – ish jarayonida issiqlik izolyatsiyasining yomonlashuvi va qizdirgichlarning «eskirishi» ni hamda tarmoq kuchlanishining pasayishini hisobga oluvchi zahira koeffitsiyenti;  $Q_Q$  – jismni berilgan barqaror haroratgacha qizdirish uchun sarf bo'ladigan issiqlik, Dj.

Davriy ish rejimida ishlaydigan QEP ning, pech ichidagi qizdiriladigan jismning haroratini berilgan darajasigacha qizdirish vaqtida, elektr tarmog'idan iste'mol qiladigan elektr energiya miqdori maksimal qiymatni tashkil etadi va uning qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$W_{Um} = Q_T + Q_Y + q_{QI}\tau_Q + q_{QS}\tau_S + Q_{Nur} = Q_{SIKL} - q_{QS}\tau_S. \quad (1.9)$$



Issiqlik bilan qayta ishlanayotgan jism birlik massasiga to'g'ri keladigan elektr energiyaning solishtirma qiymati

$$w = Q_Q / G_J \quad (1.10)$$

ifoda bilan hisoblanadi, bu yerda  $G_J$  – pech ichida qizdirilib ishlov berilayotgan jismning massasi.

Davriy ish rejimida ishlayotgan QEP ning issiqlik bo'yicha FIK:

$$\eta_I = Q_T / Q_{SIKL}. \quad (1.11)$$

Agar QEP ning balandligi uzunroq bo'lsa, u holda pechning ichi bir nechta mustaqil issiqlik zonalariga bo'linadi va zonalarining uzunligi 1,5 – 2 m ni tashkil etadi. Yotqizilgan holda ishlaydigan pechlar uchun zonalarining uzunligi 2 – 2,5 m ni tashkil etadi. Pech ichidagi haroratning bir tekis taqsimlanishi bo'yicha bo'lgan texnologik talablar yuqori bo'lsa, zonalarining o'lchamlarini kichikroq qilib ham olinishi mumkin.

Pech ichidagi haroratni ichki hajmi bo'yicha tekis taqsimlash, alohida ventilyatorlar yordamida pech ichidagi qizigan gazli muhitni majburiy harakatlantirish orqali ham amalga oshiriladi.

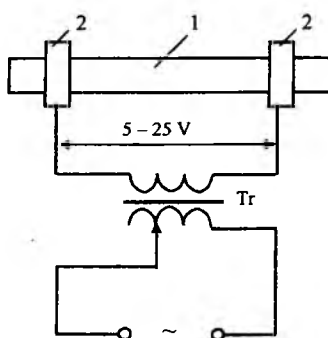
Issiqlik zonalarining quvvati kommutatsiyalovchi qurilmalarning ruxsat etilgan tok qiymatlari bilan aniqlanadi. Kommutatsiyalovchi qurilmalar sifatida elektr magnit kontaktorlar va tiristorli elektr kontaktsiz qurilmalar qo'llaniladi. Tarmoq kuchlanishi 380 V bo'lgan uch fazali elektr tarmog'idan ta'minlanadigan QEP issiqlik zonalarining chegaraviy quvvati 180 – 190 kVt dan oshmasligi kerak. Shuningdek, tarmoq kuchlanishi 220 V bo'lgan uch fazali elektr tarmog'idan ta'minlanadigan QEP issiqlik zonalarining chegaraviy quvvati 100 – 110 kVt dan oshmasligi lozim.

### **1.5. Qarshilik usulida ishlaydigan bevosita qizdiruvchi qurilma**

Bevosita kontaktli qizdiruvchi qurilmalarda qizdirilishi kerak bo'lgan jism to'g'ridan – to'g'ri elektr tarmog'iga kuchlanishni pasaytiruvchi transformator orqali ulanadi. Bunday qurilmalar qora va rangli metallardan tayyorlangan yarim tayyor yoki tayyor detallarni mexanik yoki issiqlik bilan ishlov berishdan oldin oldindan qizdirib olishda qo'llaniladi. Jismlarni bevosita qizdirish usuli bilvosita qizdirish

usuliga nisbatan bir muncha afzalliklarga ega. Avvalo qizdirilayotgan jism ko'ndalang kesim yuzasi bo'yicha haroratlar farqi kam bo'lgan holda jismning yuqori tezlikda qizdirilishi ta'minlanadi. Qizdirilish vaqti juda tez – sekundlarda bo'lishi sababli issiqlik quvvati isrofi ham kam bo'ladi. Shu bilan bir qatorda, ish unumi yuqori bo'ladi, kam qurum hosil bo'ladi. Bunday qizdirish jarayonida metallarning yemirilishini tezlatadigan qurumlarning oz miqdorda hosil bo'lishi, issiqlik bilan ishlov berilayotgan metallardan bosim ostida ishlov berilib tayyorlanadigan asboblarni (matritsalar, shtamplar va h.k.) yaratish imkonini beradi.

1.3-rasmda qarshilik usulida ishlaydigan bevosita qizdiruvchi qurilmaning elektr sxemasi keltirilgan.



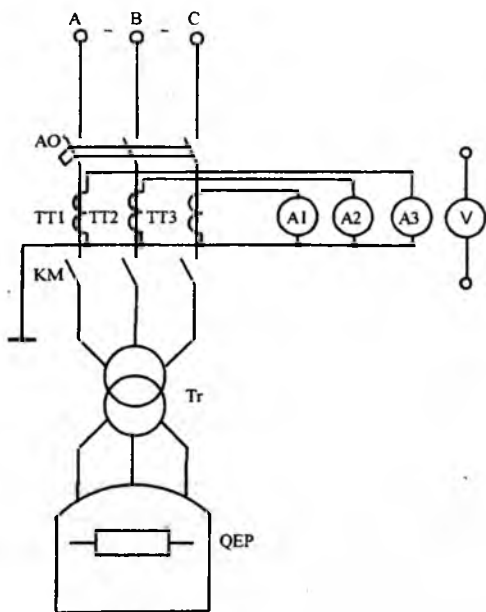
**1.3- rasm.** Bevosita qizdiruvchi qurilmaning printsiplial elektr sxemasi

Qizdirilishi kerak bo'lgan detal (1) transformator (Tr) ning ikkilamchi chulg'amiga maxsus pnevmatik qisuvchi qurilma – kontaktlar (2) bilan qisiladi va transformatorning birlamchi chulg'ami elektr tarmog'iga ulanadi. Transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanish 5 – 25 V bo'lishi kerak. Bevosita qizdiruvchi qurilmalarning asosiy kamchiligi katta qiymatli (100 A va undan ortiq) toklarda va yuqori haroratda ishonchli ishlaydigan elektr kontaktlarning yo'qligidir. Elektr kontaktli qizdirish qurilmalari davriy ish rejimida ishlashi mumkin. Masalan, harakatdagi sim va lentalarni qizdirishda tok roliklar yoki suyuqlik turdagi kontaktlar vositasida uzatiladi.

## 1.6. Qarshilik elektr pechlarini elektr energiya bilan ta'minlash

Quvvati 300 kVt gacha bo'lgan QEP korxonada sexlaridagi elektr ta'minotining 3x380 V li elektr tarmog'iga ulanadi. Pechlarning boshqaruv zanjirlari 220V li tarmoqqa ulanadi. 1.3a-rasmda QEP ni elektr tarmog'iga ulanish sxemasi keltirilgan.

QEP larning kam quvvatli qizdirish zonalari uch fazali elektr tarmog'ining bir fazasiga ulanadi. Shuning uchun, sex yoki korxonaning uch fazali elektr tarmog'i yuklanishida nosimmetrikliklar yuzaga kelishini oldini olish maqsadida, qizdirish zonalari soni bir nechta bo'lganida, ularning har uchchala fazalar bo'ylab tekis taqsimlanishiga harakat qilinadi. Fazalardagi yuklanishning nosimmetrik taqsimlanishidagi farq 30 – 40 kVt dan oshmasligi kerak.



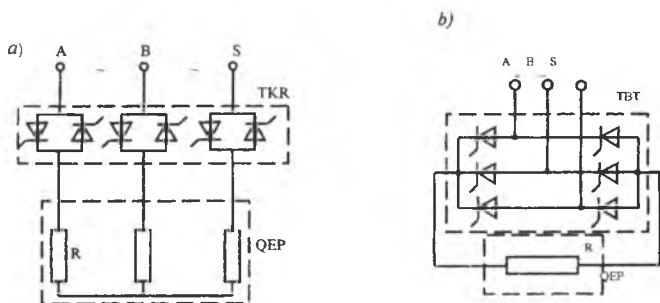
1.3a-rasm. Nominal quvvati  $P_N = 100$  kVt bo'lgan qarshilik elektr pechining elektr tarmog'iga ulanish sxemasi

Nominal quvvati 300 kVt dan yuqori bo'lgan QEP lar kuchlanish qiymati 6 (yoki 10) kV bo'lgan korxonaning yuqori kuchlanishli elektr tarmog'iga pasaytiruvchi transformatorlar orqali ulanadi. Ko'pincha

QEP larni elektr energiya bilan ta'minlashda kompleks taqsimlovchi qurilmalar yoki kompleks transformatorli stansiyalardan foydalaniladi.

Katta quvvatli bir guruh QEP lar uchun elektr energiya bilan ta'minlovchi transformatorning quvvatini tanlashda, texnologik jarayondan kelib chiqqan holda, barcha pechlarning va hatto qizdirish zonalarining ham bir paytda ishlamasligini hisobga olishga to'g'ri keladi. Pechlarning o'rtacha yuklanganlik darajasi taxminan 0,6 – 0,85 deb qabul qilingan.

Pech ichidagi haroratni boshqarish talab etiladigan pechlar maxsus ikkilamchi chulg'amlarida kuchlanishni keng oraliqda rostlanishi mumkin bo'lgan pasaytiruvchi transformatorlar orqali elektr tarmog'iga ulanadi. Bunday transformatorlar bir fazali, uch fazali va shuningdek avtotransformatorlar bo'lishi mumkin. Boshqariluvchi transformatorlar kontaktli qizdirishda, tuzli vannali qurilmalarda va issiqlik ta'sirida elektr qarshiligini katta qiymatlarga o'zgartiruvchi ko'mir, molibden, volframlardan tayyorlangan qizdirgichli pechlarda qo'llaniladi.



**1.4-rasm.** Qarshilik elektr pechlarining tiristorli kuchlanish rostlagichli (a) va tiristorli boshqariluvchi to'g'irlagichli (b) elektr energiya manbalaridan ta'minlanishining prinsipial elektr sxemalari

Pech ichidagi haroratni yuqori darajada aniqlik bilan ( $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ) rostlash va berilgan haroratni stabil ushlab turish uchun odatda qizdirgichlar boshqariluvchi elektr energiya manbalaridan ta'minlanadi. Bunday manbalar sifatida tiristorli kuchlanish rostlagichlar (TKR) (1.4a – rasm) va tiristorli boshqariluvchi to'g'irlagichlar (TBT) (1.4b-rasm) qo'llaniladi. Bu pechlarda pech ichidagi haroratni boshqarish avtomatik boshqarish tizimlari orqali amalga oshiriladi. Pech ichidagi haroratni o'lchashda harorat o'lchov o'zgartirgichlaridan foydalaniladi. Harorat

o'lovchov o'zgartgichlari sifatida **qarshilik termometrlari** va **termojuftliklar** qo'llaniladi. Qarshilik termometrlarining ishlash asosini elektr o'tkazuvchi materiallarning harorat oshishiga bog'liq ravishda solishtirma qarshiligining chiziqli o'zgarishi asos qilib olingan. Termojuftliklarning ishlash asosini ikki xil elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan metall sterjenlari uchlarlari kavsharlanib qizdirilganida ikki xil darajada qizishi natijasida ularning kavsharlanmagan uchlarida termoEYuK hosil bo'lishi, ya'ni kuchlanish hosil bo'lishi asos bo'lgan. Qarshilik termometrlari bilan o'zgarimas tok avtomatik ko'priklari va termojuftliklar bilan esa o'zgarimas tok avtomatik potentsiometrlar komplektda ishlaydi.

Agar QEP lari elektr tarmog'iga transformatorsiz to'g'ridan – to'g'ri ulansa, u holda ularning quvvat koeffitsiyenti deyarli birga teng bo'ladi. Transformator orqali ulanganida ularning quvvat koeffitsiyenti 0,96 – 0,98 ga teng bo'ladi. Tiristorli kuchlanish rostlagich va boshqariluvchi to'g'irlagichlarning QEP larni boshqarishda qo'lanilishi quvvat koeffitsiyentining kamayishiga va tarmoqda yuqori chastotali tashkil etuvchilarning hosil bo'lishiga olib keladi.

Uzluqli usulda alohida pech yoki issiqlik zonalarining haroratlarini rostlash korxonasi yoki sex yuklanish tavsifini notekis bo'lishiga olib keladi. Pechlarning yoki issiqlik zonalarining ish rejimlarini optimalashtirish natijasida yuklanish tavsifini bir muncha tekis bo'lishiga erishish mumkin. Odatda korxonalarda qarshilik elektr pechlari alohida termik uchastka yoki sexlarda jamlaniladi va ularni ta'minlovchi transformatorli stantsiyalarining yuklanish tavsiflarini tekis bo'lishiga erishiladi.

QEP lari ko'pgina hollarda elektr energiya iste'molchisi sifatida 3 – kategoriyali iste'molchilar guruhiga kiradi. Javobgarligi yuqori bo'lgan detallarga issiqlik bilan ishlov beruvchi QEP lari 2 – kategoriya elektr energiya iste'molchilari guruhiga kiradi.

QEP lari elektr energiyani katta miqdorda iste'mol qiluvchi elektr qurilmalardandir. Ularni energiya tejamkor ish rejimida ishlatish issiqlik bilan ishlov berilayotgan detallarning tannarxini kamaytirishga olib keladi. Hamma turdagi issiqlik quvvat isroflarini kamaytirish, issiqlik bilan ishlov berilayotgan detallarning ikkilamchi issiqlik energiyasidan foydalanish, pechga detallarni kiritish va chiqarish jarayonlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish natijasidagina energiya tejamkorligiga erishiladi va pechning ish unumdorligi oshadi.

## Nazorat uchun test savollari

**1. QEP lari qanday asosiy konstruktiv elementlardan tashkil topgan?**

- A. Po'lat sirt, futerovka, qizdiruvchi elementlar, eshikcha.
- B. Po'lat sirt, issiqlik izolyatsion qatlam, qizdiruvchi elementlar, eshikcha.
- S. Po'lat sirt, issiqlik izolyatsion qatlam, futerovka, qizdiruvchi elementlar, eshikcha.
- D. Issiqlik izolyatsion qatlam, futerovka, qizdiruvchi elementlar, eshikcha.

**2. QEP ning futerovkasi qanday vazifani bajaradi?**

- A. Yuqori haroratga chidamli materialdan tayyorlanib, normal qizdirish jarayonining kechishini ta'minlaydi.
- B. Pech ichidagi haroratni tashqariga chiqib ketishiga yo'l qo'ymaydi.
- S. Pechni tashqi mexanik zarblardan saqlaydi.
- D. Pech ichiga detalni kiritish va chiqarib olish uchun xizmat qiladi.

**3. QEP ning eshikchasi qanday vazifani bajaradi?**

- A. Yuqori haroratga chidamli materialdan tayyorlanib, normal qizdirish jarayonining kechishini ta'minlaydi.
- B. Pech ichidagi haroratni tashqariga chiqib ketishiga yo'l qo'ymaydi.
- S. Pechni tashqi mexanik zarblardan saqlaydi.
- D. Pech ichiga detalni kiritish va chiqarib olish uchun xizmat qiladi.

**4. QEP ning izolyatsion qatlami qanday vazifani bajaradi?**

- A. Yuqori haroratga chidamli materialdan tayyorlanib, normal qizdirish jarayonining kechishini ta'minlaydi.
- B. Pech ichidagi haroratni tashqariga chiqib ketishiga yo'l qo'ymaydi.
- S. Pechni tashqi mexanik zarblardan saqlaydi.
- D. Pech ichiga detalni kiritish va chiqarib olish uchun xizmat qiladi.

**5. QEP ning sirti qanday vazifani bajaradi?**

- A. Yuqori haroratga chidamli materialdan tayyorlanib, normal qizdirish jarayonining kechishini ta'minlaydi.

- B. Pech ichidagi haroratni tashqariga chiqib ketishiga yo‘l qo‘ymaydi.
- S. Pechni tashqi mexanik zarblardan saqlaydi.
- D. Pech ichiga detalni kiritish va chiqarib olish uchun xizmat qiladi.

**6. QEP ning qizdiruvchi elementlari qanday vazifani bajaradi?**

- A. Yuqori haroratga chidamli materialdan tayyorlanib, normal qizdirish jarayonining kechishini ta‘minlaydi.
- B. Pech ichidagi haroratni tashqariga chiqib ketishiga yo‘l qo‘ymaydi.
- S. Pech ichidagi haroratni yuzaga keltirish uchun xizmat qiladi.
- D. Pech ichiga detalni kiritish va chiqarib olish uchun xizmat qiladi.

**7. Nima uchun QEP ning qizdiruvchi elementlari qizdirilayotgan jismni deyarli o‘rab turishi kerak?**

- A. Qizdirilayotgan detal yuzasini notekis qizdirish uchun.
- B. Qizdirilayotgan detal yuzasini uzluksiz qizdirish uchun.
- S. Qizdirilayotgan detal yuzasini tekis qizdirish uchun.
- D. Qizdirilayotgan detal yuzasini uzlukli qizdirish uchun.

**8. QEP eshikchasining tez – tez ochilib yopilishi pechning issiqlik holatiga qanday ta‘sir qiladi?**

- A. Pech ichidagi issiqlikning bekorga sarf bo‘lishiga olib keladi.
- B. Pech ichidagi issiqlikning bekorga sarf bo‘lishiga olib kelmaydi.
- S. Pech ichidagi issiqlikning tekis taqsimlanishiga olib keladi.
- D. Pech ichidagi issiqlikning notekis taqsimlanishiga olib keladi.

**9. Qanday QEP ichida vakuum hosil qilish kerak bo‘ladi?**

- A. Qizdiruvchi elementlari nometall qotishmalardan tayyorlangan bo‘lsa.
- B. Qizdiruvchi elementlari metall aralashgan nometall qotishmalardan tayyorlangan bo‘lsa.
- S. Qizdiruvchi elementlari toza metallardan tayyorlangan bo‘lsa.
- D. Qizdiruvchi elementlari nometall qotishmalardan tayyorlangan bo‘lsa.

**10. Qanday sabablar qizdirgichlarni toza metallardan yasashga to‘sqinlik qiladi?**

- A. Toza metallarning solishtirma elektr qarshiligi past, pech ichidagi havo ta‘sirida tez oksidlanadi.

B. Toza metallarning harorat koeffitsiyenti yuqori, pech ichidagi havo ta'sirida tez oksidlanadi.

S. Toza metallarning harorat koeffitsiyenti yuqori, solishtirma elektr qarshiligi past.

D. Toza metallarning harorat koeffitsiyenti yuqori, solishtirma elektr qarshiligi past, pech ichidagi havo ta'sirida tez oksidlanadi.

### 11. Qizdirgich materiallariga qo'yiladigan asosiy talablar nimalardan iborat?

A. Materialning solishtirma elektr qarshiligi yuqori bo'lishi kerak, harorat koeffitsiyenti yuqori bo'lishi kerak.

B. Materialning solishtirma elektr qarshiligi yuqori bo'lishi kerak, harorat koeffitsiyenti past bo'lishi kerak.

S. Materialning solishtirma elektr qarshiligi past bo'lishi kerak, harorat koeffitsiyenti yuqori bo'lishi kerak.

D. Materialning solishtirma elektr qarshiligi past bo'lishi kerak, harorat koeffitsiyenti past bo'lishi kerak.

### 12. Davriy ish rejimida ishlaydigan QEP issiqlik muvozanat tenglamasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

A.  $Q = Q_T + Q_Y - Q_I$ ,      B.  $Q = Q_T + Q_Y + Q_I$ .

S.  $Q = Q_T - Q_Y + Q_I$ ,      S.  $Q = Q_T - Q_Y - Q_I$

### 13. Davriy ish rejimida ishlaydigan QEP quvvati ifodasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

A.  $P_{PECH} = K_1(Q_Y / \tau_Q)$ ,      B.  $P_{PECH} = K_1(Q_T / \tau_Q)$ ,

S.  $P_{PECH} = K_1(Q_Q / \tau_Q)$ ,      D.  $P_{PECH} = K_1(Q_I / \tau_Q)$ .

### 14. Davriy ish rejimida ishlaydigan QEP qanday ish davrlaridan tashkil topgan?

A. Pechni ishga tushirish, haroratni barqaror qilib turish, qizigan detalni olib yangisi bilan almashtirish davrlaridan tashkil topgan.

B. Pechni ishga tushirish, sovutish, qizigan detalni olib yangisi bilan almashtirish davrlaridan tashkil topgan.

S. Pechni ishga tushirish, haroratni barqaror qilib turish, sovutish, qizigan detalni olish davrlaridan tashkil topgan.

D. Pechni ishga tushirish, haroratni barqaror qilib turish, sovutish, qizigan detalni olib yangisi bilan almashtirish davrlaridan tashkil topgan.



**15. QEP larini elektr energiya bilan ta'minlashda boshqariluvchi transformatorlarning qo'llanilishi sabablari qaysi javobda to'liq keltirilgan?**

A. Pech ishlashi davomida qizdiruvchi elementlarining «eskirishi» natijasida elektr qarshilgi o'zgarishini kompensatsiyalash uchun, pech ichidagi haroratni boshqarish uchun.

B. Pech ishlashi davomida qizdiruvchi elementlarining «eskirishi» natijasida elektr qarshilgi o'zgarishini kompensatsiyalash uchun, pech ichidagi haroratni boshqarish uchun, pechga berilayotgan elektr energiyani rostlash uchun.

S. Pech ishlashi davomida qizdiruvchi elementlarining «eskirishi» natijasida elektr qarshilgi o'zgarishini kompensatsiyalash uchun, pechga berilayotgan elektr energiyani rostlash uchun.

D. Pech ichidagi haroratni boshqarish uchun, pechga berilayotgan elektr energiyani rostlash uchun, pechga berilayotgan elektr energiyani rostlash uchun.

**16. Qanday maqsadlarda boshqariluvchi to'g'irlagich va kuchlanish rostlagichlar QEP larning ta'minot manbalari sifatida qo'llaniladi?**

A. Pech ichidagi haroratni yuqori aniqlikda rostlash uchun.

B. Pech ichidagi haroratni yuqori bo'lmagan aniqlikda rostlash uchun.

S. Pech ichidagi haroratni stabil ushlab turish uchun.

D. Pech ichidagi haroratni emas balki pechga berilayotgan quvvatni rostlash uchun.

**17. Bevosita qizdirish usulining afzalliklari nimalardan iborat?**

A. Detal ko'ndalang kesimida haroratlar farqi kam bo'ladi, detal yuqori tezlikda qizdiriladi, issiqlik isrofi kam bo'ladi.

B. Detal ko'ndalang kesimida haroratlar farqi kam bo'ladi, detal yuqori tezlikda qizdiriladi, kam qurum hosil bo'ladi.

S. Detal ko'ndalang kesimida haroratlar farqi kam bo'ladi, detal yuqori tezlikda qizdiriladi, issiqlik isrofi kam bo'ladi, kam qurum hosil bo'ladi.

D. Detal yuqori tezlikda qizdiriladi, issiqlik isrofi kam bo'ladi, kam qurum hosil bo'ladi.

**18. Bevosita qizdirish usulining asosiy kamchiliklari nimalardan iborat?**

A. Katta qiymatli toklarda, yuqori haroratda ishonchli ishlaydigan elektr kontaktlarning yo'qligi, faqat qizdirish uchun ishlatilishi.

B. Katta qiymatli toklarda va yuqori haroratda ishonchli ishlaydigan elektr kontaktlarning yo'qligi.

S. Katta qiymatli toklarda ishonchli ishlaydigan elektr kontaktlarning yo'qligi.

D. Yuqori haroratda ishonchli ishlaydigan elektr kontaktlarning yo'qligi.

---

## II BOB. ELEKTR YOY PECHLARI VA ULARNING ELEKTR JIHOZLARI

### 2.1. Elektr yoy pechlari

Hozirgi paytda butun dunyoda ishlab chiqarilayotgan po'latning deyarli 20% metallurgiya korxonalarining elektr yoy pechlarida eritilmoqda.

Elektr energiyani issiqlik energiyasiga o'zgartirish bo'yicha elektr yoy pechlari **ikki guruhga** bo'linadi.

**Birinchi guruhga** kiruvchi pechlarda elektrodlar bilan eritilayotgan shixta oralig'ida elektr yoyi hosil qilinadi, ya'ni elektr energiya bevosita issiqlik energiyasiga o'zgartiriladi va bu issiqlik energiyasi shixtani eritadi. Bu turdagi elektr yoy pechlari asosan po'lat eritishda qo'llaniladi, ular uch fazali bo'lib quvvati bir necha o'n megavoltamperlarni tashkil etadi.

**Ikkinchi guruhga** kiruvchi pechlarda elektr yoyi elektrodlar orasida hosil qilinib, yoyning issiqlik energiyasi eritilayotgan metalga asosan nurlanish bo'yicha uzatiladi.

Pechning futerovkasi va konstruksiyasining boshqa elementlari ham og'ir issiqlik sharoitida, ya'ni juda yuqori haroratlarda ishlaydi. Yoydan nurlanayotgan issiqlik oqimining deyarli yarmi avval pechning ichki devorlariga uriladi va undan qaytibgina eritilayotgan shixtaga yetib keladi. Bu holat pechlarning quvvatini cheklaydi. Bu guruhga kiruvchi pechlar odatda bir fazali uncha katta bo'lmagan quvvatli (500 – 500 kVA) bo'lib, eritish harorati 1300 – 1400°C dan oshmaydigan metallarni eritishda ishlatiladi. Shuning uchun ham bu pechlarda asosan rangli metall va tarkibida rux bo'lgan qotishmalar eritiladi.

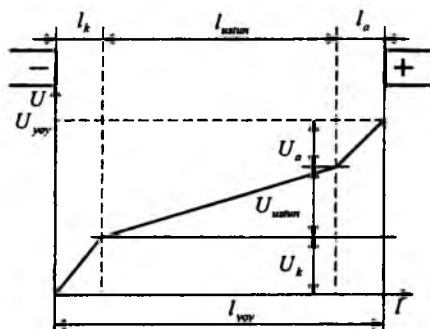
Sanoatda birlamchi quvvati katta bo'lgan po'lat erituvchi elektr yoy pechlari keng qo'llaniladi. Bunday pechlarda metall chiqindilaridan (skrapdan) legirlangan va oliy sifatli po'lat olinadi. Bir tonna po'lat olish uchun o'rtacha 500 – 1000 kVt.soat elektr energiya sarf bo'ladi.

## 2.2. Elektr yoyi to'g'risida umumiy tushunchalar

Elektr yoyining xususiyatlari va holati ko'pgina faktorlarga bog'liqdir. Elektr yoy pechlarida foydalaniladigan elektr yoyning boshqa elektr mexanik qurilmalardagi (kontaktorlar, uzgichlar, relelar va h.k.) elektr yoylardan farqi shundaki, bu yoylardagi tokning qiymati o'n minglab amperlarga teng bo'lishi mumkin.

Elektr yoy pechlarida o'zgarmas va o'zgaruvchan tok yoylaridan foydalaniladi. Avval o'zgarmas tok yoyining hosil qilish va turg'un yonish shartlarini ko'rib chiqamiz. O'zgarmas tok yoyini uch xarakterli uchastkalarga bo'lish mumkin (2.1-rasm). Qizdirilayotgan katod yuzasidan chiqqan ozod elektronlar o'zgarmas tok elektr maydoni ta'sirida harakatlanib elektronlar oqimini hosil qiladi. Bevosita katod yaqinida elektr maydon ta'sirida tezlanish olgan elektronlar gaz yoki bug'larning neytral zarrachalari bilan to'qnashganda ulardan ozod elektronlarni urib chiqaradi. Musbat ionlar katodga qarab harakatlanib, uning yuzasini bombardimon qilishi natijasida uning yuzasini qizdiradi va yangi elektronlarni ozod elektronlarga aylantiradi.

Musbat ionlarning katod yaqinidagi nisbatan kichik uchastkada ( $10^{-3} - 10^{-5}$  cm) jamlanishi, yuqori kuchlanishli elektr maydonini yuzaga keltirib, katod oldi kuchlanish pasayishi  $U_k$  ga teng maydon potentsiali pasayishini yuzaga keltiradi va bu oraliq uchastka katod oldi uchastkasi deb ataladi.



2.1-rasm. O'zgarmas tok yoyi elektr potentsiallarining elektrodleri orasida taqsimlanishi

Neytral gaz yoki bug' zarrachalarining anod tomonga harakatlanayotgan elektronlar ta'sirida ionlanish jarayoni jadallashadi. Yoyning ko'zga ko'rinadigan asosiy qismi **yoy ustuni** deb ataladi. Yoy ustunining diametri yoyning hosil bo'lish shart – sharoitlariga qarab bir muncha erkin o'zgarishi mumkin. Ochiq yoylarda tok qiymati oshishi bilan yoy ustunining diametri ham oshib boradi. Faqat tok qiymatimning ming amper va undan katta qiymatlarga ega bo'lganida, yoy ustunining diametrining kattalashishi yoy toki hosil qilgan elektr maydon ta'sirida yuzaga keladigan elektrodinamik kuchlar orqali cheklanib qoladi.

Vakuum muhitida hosil qilingan elektr yoyi elektrodleri orasidagi oraliqni to'liq egallaydi. Yoy ustunining uzunligi elektrodler orasidagi oraliqqa deyarli teng bo'ladi va ustun bo'ylab elektr maydon kuchlanganligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$E_{ustun} = dU_{ustun} / dl_{ustun} = const. \quad (2.1)$$

Yoy ustunining tashqi muhit ta'siriga o'ta sezgirligini hisobga olsak elektr maydon kuchlanganligi yoy ustuni bo'yicha o'zgarimasdan bir xil qiymatda saqlanmaydi. Shuning uchun ham yoy bo'yicha kuchlanish (yoy kuchlanishi) quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$U_{yoy} = U_a + U_k + \int_0^{l_{ustun}} E_{ustun} dl \quad (2.2)$$

Elektrodler orasidagi yoy ustuni gaz va bug'larning zarrachalari musbat zaryadlangan ionlar va elektronlardan iborat gazli plazmadir. Elektronlar tezligi ionlar tezligidan yuqori bo'lgani uchun ustundagi tok toza elektron tokidir.

Yoy ustunida ionlanish jarayoni bilan bir qatorda musbat va manfiy zarrachalarning o'zaro to'qnashuvidan hosil bo'ladigan neytrallanishi hisobiga yoki yoy ustunidagi zaryadlangan zarrachalarning diffuziyasi natijasida deionizatsiya hodisasi yuzaga keladi. O'zgarimas tok yoyining turg'un yonib turishi asosiy shartlaridan biri bu ionizatsiya va deionizatsiya jarayonlarining miqdoriy jihatdan o'zaro teng bo'lishidir.

Yoy anod uchastkasining aktiv qismida ( $l_a$ ) elektronlarning jamlanishi hisobiga ma'lum potensial pasayishi, ya'ni anod kuchlanishi pasayishi  $U_a$  yuzaga keladi.

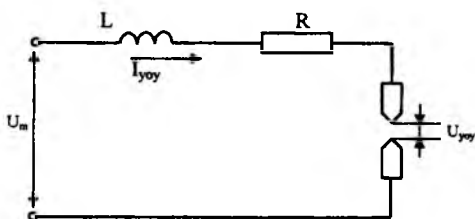
Yoy kuchlanishi bilan uning toki orasidagi o'zaro bog'lanish yoyning volt – amper tavsifi (VAT) deb ataladi. Bu tavsif Ayirton tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$U_{yoy} = \alpha + \beta I + \gamma dI / I_{yoy}, \quad (2.3)$$

bu yerda  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  – elektrodning qanday materialdan tayyorlanganligiga, gazli muhitning tarkibiga, yoyning sovutilish sharoitiga bog'liq bo'lgan o'zgaras qiymatlar;  $l$  – yoyning uzunligi.

Elektr yoy pechlarida katta qiymatli toklarning qo'llanilishi sababli yoy kuchlanishi yoy toki qiymatiga bog'liq bo'lmaydi va (2.3) dagi uchinchi tashkil etuvchini hisobga olmasa ham bo'ladi va shunda bu tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$U_{yoy} = \alpha + \beta I. \quad (2.4)$$



2.2-rasm. O'zgaras tok yoyli elektr kontur sxemasi

O'zgaras tok yoyi noxiziqli xarakterga ega bo'lgan aktiv qarshilikdir. Umuman olganda o'zgaras tok yoyli elektr zanjiri yoyning noxiziq aktiv qarshiligi ( $R_{yoy}$ ) dan tashqari kuchlanish manbai  $U_m$ , induktivlik  $L$  va aktiv qarshilik  $R$  lardan iborat bo'ladi (2.2 – rasm). Yoyning turg'un yonishi, ya'ni yoyning atrof – muhit bilan issiqlik bo'yicha muvozanati zanjirda elektr muvozanati bo'lgandagina yuzaga keladi.

O'zgaras tok yoyli konturning kuchlanish bo'yicha muvozanati quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

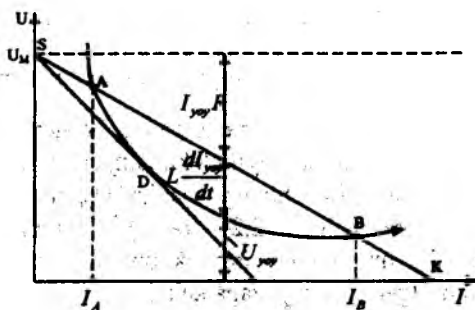
$$U_m = U_{yoy} + I_{yoy} R + L(dI_{yoy} / dt). \quad (2.5)$$

Turg'un ish rejimi uchun  $dI_{yoy} / dt = 0$  ekanligini hisobga oladigan bo'lsak, u holda kuchlanish bo'yicha tenglamasi (2.5) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$U_m - I_{yoy} R = U_{yoy}. \quad (2.6)$$

(2.6) dan ko'rinib turibdiki, elektrodlar orasidagi yoy kuchlanishi manba kuchlanishidan konturning aktiv qarshiligida yoy toki qiymatiga to'g'ri keladigan kuchlanish pasayishining ayirmasiga tengdir.

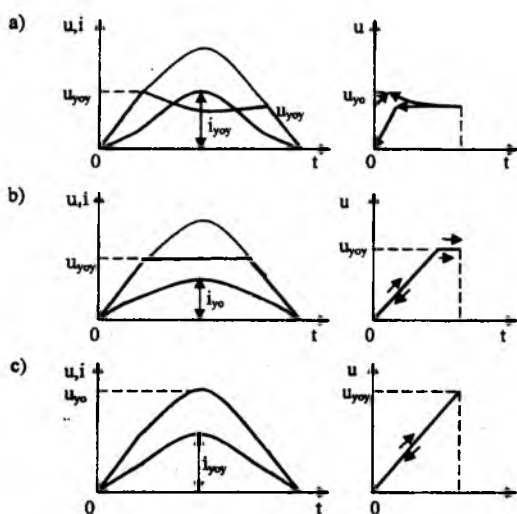
2.3-rasmda o'zgarmas tok yoyining (2.5) asosida qurilgan volt – amper tavsifi, ya'ni VAT va kontur yuklanish liniyasi SK keltirilgan. VAT va kontur yuklanish liniyasi SK bilan A va B nuqtalarda o'zaro kesishadi. Bu kesishgan nuqtalarda (2.6) kuchlanish bo'yicha muvozanat yuzaga keladi. Ammo konturning elektr muvozanati elektr yoyning turg'un yonishini belgilashi uchun yetarli emas. Konturning turg'un ish rejimini tashkil qilish uchun ma'lum shartlar ham bajarilishi kerak.  $I_{yoy}$  ning qaysi qiymatlarida konturning muvozanat holatda bo'lishini ko'rib chiqamiz.  $I_A$  va  $I_B$  qiymatlaridan tashqari yoy tokining barcha qiymatlari uchun (2.5) sharti bajariladi va  $L(dI_{eo} / dt)$  kuchlanish pasayishi VAT va SK liniyalar orasida joylashgan bo'ladi.



2.3-rasm. O'zgarmas tok elektr yoyning volt – amper tavsifi va ta'minlash tavsifi

VAT ning A va V nuqtalari oralig'ida  $dI_{yoy} / dt = 0$  va  $I_A < I < I_B$  bo'lgani uchun yoy toki  $I_B$  gacha oshadi. Yoy tokining  $I_A$  gacha oraliqda

va  $I_B$  dan oshishida  $di_{yoy}/dt < 0$  bo'ladi. O'tish jarayonida  $0 < I < I_A$  va  $I > I_B$  bo'lib tok kamayadi. Birinchi holatda ( $0 < I < I_A$ ) nolgacha, ikkinchi holatda  $I_B$  gacha kamayadi. Shunday qilib, VAT ning sifat tahlili shuni ko'rsatadiki, yoyli konturning turg'un ish rejimi B nuqtada bo'lib, A nuqtada esa ish rejimi noturg'undir. O'zgarmas tok yoyi VAT ning har bir nuqtasida elektr zanjirning yuklanish tavsifi  $U_M - IR$  ning absissa o'qiga nisabligi VAT ning ekstremal nuqtasiga o'tkazilgan urinmaga nisbatan ko'proq bo'lsagina yoy statik turg'un bo'ladi. VAT ning D nuqtasi yoyning statik turg'unlik chegarasini belgilaydi.



2.4-rasm. O'zgaruvchan tok elektr yoyining ossillogrammalari va dinamik tavsiflari

O'zgaruvchan tok yoyining yonish sharoitlari o'zgarmas tok yoyinikidan farqli tomoni, bir davr ichida ikki marta yonib va o'chishidir. Shu sababli o'zgaruvchan tok yoyining volt – amper tavsifi statik emas, balki dinamik xarakterga egadir. Dinamik VAT ning ko'rinishi va xususiyatlari yoyning yonish sharoitlari va uni o'rab turgan atrof – muhit majmuasi bilan belgilanadi. O'zgaruvchan tok yoylarini kichik quvvatli tezkor sovutiladigan, katta quvvatli kichik pauzali



**va yaxshi issiqlik izolyatsiyali kuchli yoy kabi uch guruhga bo'lish mumkin.**

Kichik quvvatli tezkor sovutiladigan yoylarda tok uzlukli bo'lib, yoyning yonish kuchlanishi cho'qqilari mavjudligi bilan xarakterlanadi (2.4a-rasm). Yoydagi kuchlanishning tok bilan o'zaro bog'liqligi o'zgarmas tok elektr yoyining statik VAT dagi kabi maksimal tok qiymatiga kuchlanishning minimal qiymati to'g'ri keladi.

Katta quvvatli kichik pauzali yoyning yonishi davrida kuchlanishning qiymati tokka deyarli bog'liq emas (2.4b-rasm). Yoyning yonish va o'chish cho'qqilari deyarli bo'lmaydi. Yoy kuchlanishining ko'rinishi trapetsiya ko'rinishiga ega bo'ladi. Po'lat eritish pechlaridagi erigan metall va shlaklari bilan elektrodlar orasida hosil bo'ladigan elektr yoyi bunga misol bo'la oladi.

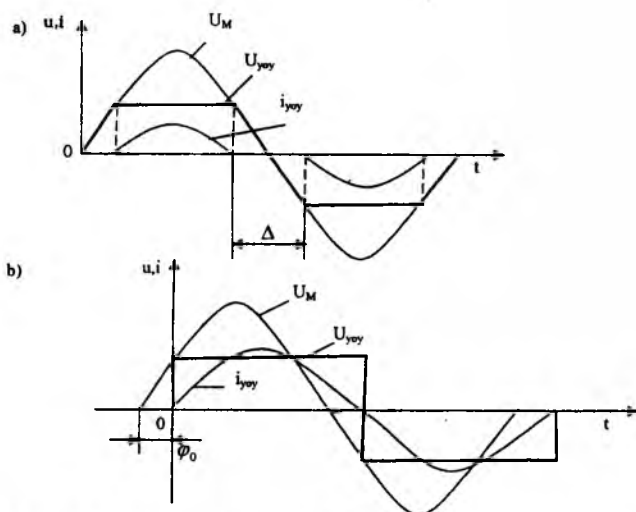
Yaxshi issiqlik izolyatsiyali kuchli yoylarda issiqlik inersiyasi qiymati kattadir (2.4b – rasm). Bunga shixta bilan to'ldirilgan pechdagi shixta bilan elektrod orasida hosil qilinadigan elektr yoyi misol bo'la oladi. Bu yoylarda yarim davr ichida issiqlik energiyasining barqarorligi deyarli o'zgarmaydi va bu esa yoy aktiv qarshiligining deyarli o'zgarmasdan qolishini anglatadi. Tok va kuchlanishning ko'rinish shakli sinusoidal bo'lib, dinamik tavsifi nishabli to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi.

Yoy kuchlanishi va tokining ko'rinishi elektr yoyli konturning induktivligi qiymatiga ko'proq bog'liqdir. Konturning qarshiligi faqat aktiv qarshilikdan iborat bo'lsa, u holda yoy toki yarim davr ichida ikki marta uziladi (2.5a – rasm).  $U_{yoy} / U_{max}$  qiymati qancha katta bo'lsa, toklar orasida pauza uzoqroq davom etadi.

Elektr yoyli konturda induktivlikning bo'lishi tokning noldan o'tish vaqtida manba kuchlanishining nolga teng bo'lmasligini va yoyning turg'un yonishini ta'minlaydi (2.5b-rasm). Kontur induktivligi reaktiv qarshiligining aktiv qarshiligiga nisbati qancha katta bo'lsa, manba kuchlanishi nolgacha pasayganda shuncha uzoq vaqt elektr yoyi o'chmay turadi. Kontur induktivlik qiymati yetarli bo'lganda pauza vaqtida ham yoy toki uzluksiz bo'ladi va yoyning turg'un yonishi kuzatiladi.

Kattalik yoy kuchlanishi va manba kuchlanishining maksimal qiymati bilan quyidagicha bog'langan:

$$\varphi_0 = \arccos \pi / 2 \cdot U_{yoy} / U_{max}. \quad (2.7)$$



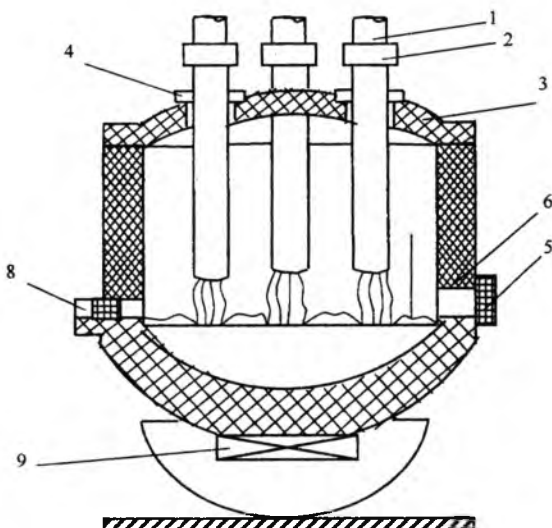
2.5-rasm. O'zgaruvchan tok elektr yoyining ossillogrammalari

$U_{yoy} / U_{max} \geq 0,54$  qiymatida konturda tok uzilishi ro'y beradi. Bu chegaraviy burchak qiymati  $\varphi_0 \leq 31^{\circ}30'$  ga tengdir. Po'lat erituvchi yoy pechlarida yoy tokining uzilishi texnologik jarayon uchun zararlidir. Shuning uchun, konturga ketma – ket qo'shimcha induktivlik ulanadi va shunda tokning kuchlanishdan taxminan 30 elektr gradusga orqada qolishiga erishiladi. Bu  $\cos \varphi_0 \leq 0,86$  shartining bajarilishi elektr yoyining yonishini turg'un qiladi.

### 2.3. Po'lat eritish yoy pechlarining konstruktiv tuzilishi

2.6 – rasmda uch fazali po'lat erituvchi yoy pechining konstruktiv tuzilishi keltirilgan. Har bir fazaga alohida ulanadigan uchta elektrografitdan yasalgan elektrodleri (1) bor.

Elektrodlarga tok elektrod mahkamlagichlar (2) orqali uzatiladi. Elektrodning vertikal yo'nalishdagi harakatlanishi elektr yuritma yoki gidroyuritmalar vositasida amalga oshiriladi. Pechning futerovkali dumaloq devorlari (6) tashqaridan po'lat qobiq bilan o'ralgan.



**2.6-rasm.** Uch fazali po‘lat erituvchi yoy pechining soddalashtirilgan konstruktiv sxemasi

Futerovkaning pastki qismi pech vannasini, yuqori qismi pechning eritish oralig‘ini tashkil etadi.

O‘tga chidamli g‘ishtlardan yasalgan gumbaz ko‘rinishdagi qopqoq (3) pechni tepadan yopib turadi. Pech qopqog‘ida o‘zaro simmetrik joylashgan uchta teshikka elektrodlar joylashtiriladi va bu teshiklar orqali pech ichidagi qizigan gazlarning tashqariga chiqib ketishiga yo‘l qo‘ymaslik hamda elektrodni sovitish maqsadida elektrodlar bilan tirqich orasiga suv bilan sovutiladigan halqalar (4) joylashtirilgan. Pech ichiga, maxsus qurilmali ko‘tarma kran yordamida shixtani solish vaqtida elektrodli qopqoq ko‘tariladi va chetga suriladi.

Pech devorining bir – biriga qarama – qarshi tomonlarida ikki tuynuk joylashgan. Ulardan biri futerovkali eshikcha (5) bilan berkitiladigan «ishchi tuynuk» bo‘lib, bu tuynuk orqali po‘lat eritish jarayonida suyuq metall yuzasida hosil bo‘lgan shlakni (7) olib tashlashga xizmat qiladi. Shuningdek, bu tuynuk orqali shlak hosil qiluvchi qo‘shimcha materiallar va tayyorlanayotgan po‘lat navi uchun zarur bo‘lgan legirlovchi qo‘shimchalar ham kiritiladi. Qo‘shimcha tuynuk (8) orqali

esa tayyor bo'lgan suyuq po'lat quyish jo'mragi vositasida maxsus idishlarga quyiladi.

Tayyor bo'lgan suyuq po'latni quyishdan oldin pech quyish jo'mragi tomonga  $40 - 45^{\circ}$  ga engashtiriladi, shuningdek shlakni chayqatib olish uchun «ishchi tuynuk» ga ham  $10 - 15^{\circ}$  ga engashtirilib olinadi.

Katta quvvatli po'lat eritish pechlarida suyuq po'latni aralashuvchini yaxshilash maqsadida pech vannasi tubi tashqarisida elektr magnit aralashtiruvchi qurilma (9) o'rnatilgan bo'ladi. Bu qurilmaning qobug'i nomagnit po'latdan yasalgan bo'lib, ichida o'zakli induktor joylashtirilgan. Suyuq metall induktorning elektr magnit maydoni ta'sirida aralashishi yuzaga keladi. Bu qurilma  $1,5 - 0,5$  Hz chastotali o'zgaruvchan tok manbaidan ta'minlanadi. Suyuq metalni aralashtiruvchi kuchlar quvvati yetarli bo'lishi uchun toklarning metall ichiga kirib borishi chuqurligi pech vannasining deyarli qoq yarmiga teng bo'lishi kerak. Katta sig'imli pechlarda bu chuqurlik taxminan 1 metr ga tengdir. Toklarning metall ichiga kirib borish chuqurligini quyidagi empirik ifoda bilan aniqlanadi:

$$\Delta = 503 \sqrt{\rho / \mu f} . \quad (2.8)$$

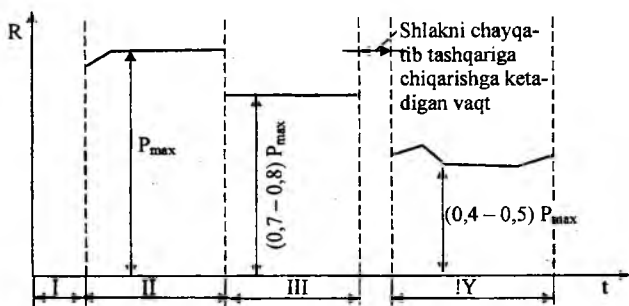
Suyuq po'latning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $\rho$  va magnit singdiruvchanligi  $\mu$  qiymatlarini (2.8) ga qo'yib hisoblanganida, (2.8) tenglama quyidagi sodda ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\Delta = (0,59 - 0,62) \sqrt{1 / f} . \quad (2.9)$$

Agar elektr magnit qurilmaga berilayotgan o'zgarmas tokning chastotasi  $f = 0,5 \text{ Hz}$  bo'lsa, u holda  $\Delta \approx 0,85$  metr bo'ladi.

## 2.4. Po'lat eritish yoy pechlarining ish rejimlari

Po'lat eritish yoy pechlarida tarkibi taxminan ma'lum bo'lgan birlamchi material bo'lgan temir – tersaklarni eritilib, kerakli miqdorda uglerod va legirlovchi material va qo'shimcha moddalarni qo'shish natijasida oliy navli po'lat olinadi. Po'lat eritish pechidagi po'lat olish jarayoni quyidagi ish rejimlaridan iborat: pechni birlamchi xomashyo bilan to'ldirish, ularni eritish, oksidlash, kerakli navdagi po'lat holiga



2.7-rasm. Po‘lat eritish yoy pechining asosiy ish rejimlari:

- I – pechni birlamchi xomashyo bilan to‘ldirish; II – ularni eritish;  
 III – oksidlash; IV – kerakli navdagi po‘lat holiga keltirish.

keltirish va legirlash, tayyor suyuq holdagi po‘latni maxsus idishlarga quyish (2.7-rasm).

Pechga temir – tersak, ohak va koks kabi materiallar (shixta) pech qopqog‘ini ochib pech ichiga solinadi. Pechni shixta bilan to‘ldirish iloji boricha oz vaqt ichida tugallanishi kerak, chunki bu vaqt oralig‘ida pech juda ko‘p issiqlik yo‘qotadi.

Po‘lat eritishdagi birinchi bosqich shixtani suyuq holga keltirishdir. Pech qopqog‘i yopilgandan so‘ng elektrodلarga kuchlanish beriladi. Elektrodلar shixtaga to tegib qisqa tutashuv hosil qilgunga qadar vertikal yo‘nalishda harakatda bo‘ladi, qisqa tutashuv sodir bo‘lgandan so‘ng elektrodلar bilan shixta orasida turg‘un elektr yoyi hosil bo‘lguncha ma‘lum masofagacha ular orasida oraliq hosil qilinadi. Elektrodلar bilan shixta orasida hosil bo‘lgan elektr yoyning issiqlik energiyasi shixtani erita boshlaydi. Bu jarayonda pech tarmoqdan eng ko‘p quvvat olib ishlaydi. Elektr yoyining uzunligi 2 – 3 sm bo‘lib, har bir elektrod atrofida eriyotgan metall alohida quduqchalar hosil bo‘ladi va ulardan vanna tubiga erigan metall oqib turadi. Quduqcha devorlaridan ko‘chib tushayotgan shixta bo‘lakchalari ko‘pincha elektr yoyi oraliqlarini tutashtirib qo‘yadi va natijada ekspluatatsion qisqa tutashuv (EQT) deb ataladigan takrorlanuvchi ishchi sikllar yuzaga keladi. Bu sikllarning qaytarilishi har minutda taxminan 5 – 10 martaga to‘g‘ri keladi. Elektr yoyi uzilganida avtomatik boshqarish tizimi elektrodni to yoy hosil bo‘lmaguncha vertikal yo‘nalishda elektr yuritma yordamida harakatlantirib turadi. EQT vaqtida tokning siltab o‘zgarishi shiddatli

kechadi. Bu juda notinch va noto'g'ri erish davri. Bu davrda pechga maksimal elektr energiya uzatishga harakat qilinadi, chunki bu davrning qancha kam bo'lishi shuncha elektr energiyani iqtisod qilishga olib keladi.

Pechning keyingi eritish davri – *oksidlanish*. Bu davrda uglerod, fosfor va olinishi talab etilgan po'lat navi uchun nokerak bo'lgan legirlovchi materiallar yondiriladi. Buning uchun eriyotgan metalg oksidlovchi sifatida temir rudasi solinadi. Ruda uglerod bilan reaksiyaga kirishib SO va SO<sub>2</sub> gazlarni hosil qiladi. Metalda erigan fosfor, kremniy va marganetslar ham oksidlanadi. Bu oksidlar metalni ifloslaydi, shuning uchun ham ularni chiqarib tashlash kerak. Shu maqsadda pechga ohak tashlanadi va u oksidlar bilan mustahkam birikib metall yuzasida shlak qatlamini hosil qiladi. Oksidlanish rejimida elektr yoyining yonishi tinch bo'ladi va uning uzunligi 5 – 10 sm ni tashkil etadi. Bu vaqtda yoy issiqlik energiyasining nurlanib pech ichki devorlariga uzatilishi oldingi eritish jarayonidagiga nisbatan ko'proq bo'ladi. Oksidlanish reaksiyasi ekzotermik, ya'ni issiqlik ajralib chiqishi bilan bog'liq bo'lgani uchun ham pechga uzatilayotgan quvvatni 15 – 20% ga kamaytirish imkonini beradi. Oksidlanish davrining oxiriga kelib pech 5 – 10 minutga o'chiriladi va shlak ishchi tuynuk orqali tashqariga chiqarib tashlanadi.

Po'lat eritishning keyingi bosqichi – kerakli navdagi po'lat holiga keltirish. Bu davrning boshlanishida pechga oksidlovchi birikmalar solinadi, erigan metaldagi oltingugurtni shlak bilan bog'lash uchun unga ohak ham qo'shiladi va so'ngra hosil bo'lgan shlak chiqarib tashlanadi. Shlak chiqarib tashlanganidan so'ng po'lat naviga mos ravishda legirlovchi materiallar qo'shiladi. Legirlovchi materiallar sifatida temirning xrom va marganets bilan birikmalari – ferroqotishmalar eriyotgan po'latga tashlanadi. Bu davrda elektr yoyining uzunligi 20 – 30 sm ni tashkil etadi. Pech ichidagi harorat juda yuqori bo'lib, futerovkasi og'ir rejimda ishlaydi. Bu esa pechga berilayotgan quvvatni 30 – 50% ga kamaytirish imkonini beradi.

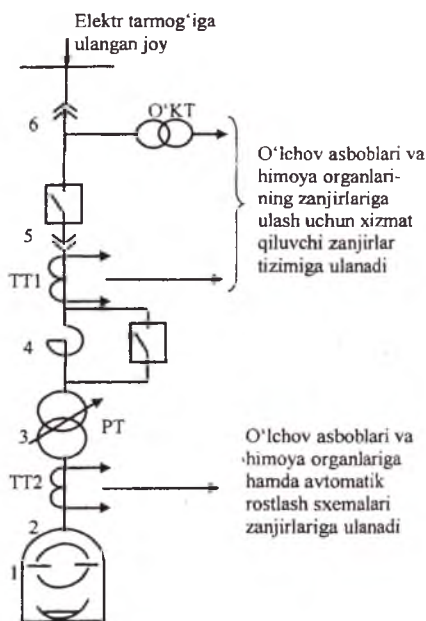
Tayyor bo'lgan suyuq holdagi po'lat pechni 40 – 45<sup>o</sup> ga og'dirib maxsus idishlarga quyiladi.

## **2.5. Po'lat eritish yoy pechlarini elektr energiya bilan ta'minlash**

Po'lat eritish yoy pechlarini elektr energiya bilan ta'minlash sxemasi 2.8-rasmda tasvirlangan bo'lib, bu yerda 1 – pech, 2 – qisqa tarmoq, 3 –

pech transformatori, 4 – reaktor (pech sig‘imi 20 tonnadan katta bo‘lgan pechlar uchun), 5 – yuqori kuchlanishli uzgich, 6 – ajratgich.

Pech transformatorlari oddiy kuch transformatorlaridan katta quvvati bilan va garchi ikkilamchi chulg‘amidagi kuchlanishi nisbatan kam bo‘lsada, nominal toki qiymatining bir necha ming amper bo‘lishi bilan farq qiladi. Shuning uchun ham pech transformatorlarining ikkilamchi chulg‘ami fazalarida bir nechta (ba‘zilarida bir necha o‘n) parallel o‘ramlar bo‘ladi. Bu o‘ramlarning boshlanishi va oxiri ulagichlar yordamida transformatorlarning qo‘p qo‘g‘iga yoki moyli bakining yon devoriga maxsus plastik taglikka chiqarib qo‘yiladi. Pech transformatorining qisqa tutashuv kuchlanishi nominal kuchlanishning 6 – 12% ni tashkil etadi. Transformatorning induktiv qarshiligi bilan qisqa tarmoqning induktiv qarshiligi EQT dagi tok qiymatini chegaralashga xizmat qiladi.



**2.8-rasm.** Po‘lat eritish yoy pechining elektr energiya bilan ta‘minlashning bir chiziqli sxemasi

Pech transformatorlari yuqori mexanik mustahkamligi va EQT dagi tokning siltab katta qiymatlarda o'zgarishi natijasida chulg'amlarining o'ta qizishlarga chidamliligi bilan ham oddiy kuch transformatorlardan farq qiladi. Buning uchun pech transformatorlarining ikkilamchi chulg'amlari maxsus konstruksiyaga ega bo'ladi, ya'ni o'zakka mahkamlanishi mustahkam va moyli bakda ko'proq joyni egallaydigan qilib tayyorlanadi.

Shu sababli pech transformatorlari nominal yuklanishdan 20% yuqori bo'lgan yuklanganlikda ham 1,5 – 2,0 soat ishlay oladi.

Po'lat eritish yoy pechini tarmoqqa ulab va o'chirishga xizmat qiluvchi yuqori kuchlanishli uzgich – avtomatlar og'ir ish rejimlarida ishlaydi. Bir sutka davomida uzgich 20 martagacha pechni tezkor o'chirib va yoqadi, avariya holatlarini hisobga olinmaganida bir yil davomida pechning o'chirib va yoqishlar soni yetti mingga yetadi. Shuning uchun ham po'lat eritish yoy pechlari uchun maxsus kontaktlari mustahkam va elektr yuritmasi ishonchli ishlaydigan uzgichlar qo'llaniladi. Bu uzgichlar har oyda majburiy ikki marta nazoratdan o'tkazilib turilishi shart. Hozirgi paytga kelib o'zining ekspluatatsion ko'rsatkichlari bilan alohida ajralib turuvchi havoli va vakuumli uzgichlar ham keng qo'llanilmoqda. Bu uzgichlarning asosiy afzalligi, kontakt uzilgandan so'ng kontaktlar orasidagi yoyning tez o'chirilishi ta'minlanadi.

Pech transformatorlarining uzgichlari, kuchlanishni rostlashda qo'llaniladigan qayta ulagichlar transformatorning birlamchi chulg'amlariga ulanadi, chunki ikkilamchi chulg'amdan o'tayotgan tokning qiymati bir yoki bir necha ming amperlarga teng bo'lgani sababli ham transformatorning ikkilamchi chulg'amiga aslo ulab bo'lmaydi. Sig'imi 20 tonnagacha bo'lgan pechlarda qisqa tutashuv toklari qiymatlarini kamaytirish uchun yoy zanjiriga magnit o'zakli moy bilan sovutiladigan qo'shimcha induktivlik – reaktor ketma - ket ulanadi. Reaktorning nisbiy reaktiv qarshiligi 15 – 20% ni tashkil etadi. Reaktor induktivligining tokka bog'liq bo'lmasligi uchun reaktorning ish rejimi magnit o'zagining to'yinishgacha bo'lgan zonasiga to'g'ri kelishi kerak.

Po'lat eritish yoy pechi elektr ta'minot sxemasining asosiy elementlaridan biri bu pech transformatori bilan elektrodnlarni ulovchi **qisqa tarmoqdir**. Qisqa tarmoq deb, pech transformatori ikkilamchi chulg'ami paket shinalarini elektrodnlarni ushlab turuvchi suv bilan



sovutiladigan grafitli elektrodlarga bevosita tok uzatuvchi quvurli shinalarni birlashtiruvchi egiluvchan kuch kabeliga aytiladi.

Qisqa tarmoqning elektr qarshiligi kichik bo'lishi, fazalar aro toklarning taqsimlanishi simmetrik bo'lishi va quvvat koeffitsiyenti yuqori bo'lishi uchun induktivligi kichik bo'lishi talab etiladi. Qisqa tarmoq orqali o'tayotgan tokning qiymati bir necha o'n ming amperlarga teng bo'lishi mumkin bo'lgani uchun uni loyihalashda aktiv va reaktiv qarshiliklarini kamaytirishga intilinadi.

Po'lat eritish yoy pechlarida tokning ruxsat etilgan qiymatidan oshib ketishi va avariya qisqa tutashuvlaridan himoya qiluvchi qurilmalar qo'llaniladi. Transformatorning ikkilamchi chulg'amlarida tokning ruxsat etilgan qiymatidan oshishidan va avariya qisqa tutashuvlarida himoyalash, oniy harakatlanuvchi maksimal tok relolari yordamida amalga oshiriladi. Po'lat erituvchi yoy pechlarida sodir bo'ladigan EQT larda tok qiymatining nominal qiymatidan 2,5 – 3,5 martaga oshishi normal hol hisoblanadi va shuning uchun maksimal tok himoyasi tokining nominal qiymatiga nisbatan 5 – 6 martaga oshishiga qarab sozlanadi. EQT lar pechni tarmoqdan o'chirmasdan pech quvvatini avtomatik rostlovchi tizim yordamida elektrodlarni vertikal harakatlanish orqali bartaraf etiladi.

Pech transformatorlari gazli himoya vositalari va signal termometrlari bilan jihozlangan bo'ladi. Pech transformatorlarida qo'llaniladigan boshqa barcha elektr jihozlar umumsanoat elektr qurilmalari uchun mo'ljallangan kuch transformatorlarnikidan farq qilmaydi.

Po'lat erituvchi yoy pechlar elektr tarmoqlar uchun katta quvvatli va shu bilan birga noqulay iste'molchidir. Po'lat erituvchi yoy pechining ishlashi davomida elektr tarmog'idan olayotgan quvvatining keng oraliqda o'zgarib turishi, masalan, shixtaning pechga solinib to suyuq holatga kelguncha ketadigan vaqt ichida elektr yoy pechi tarmoqdan eng ko'p elektr energiya iste'mol qiladi va keyingi ish rejimlarida esa nisbatan kamroq elektr energiya iste'mol qiladi. Bundan tashqari elektr yoyning noturg'un xarakterli yonishi elektr tarmog'iga salbiy ta'sir etadi. Shixtani eritish davrida elektr rejimining noturg'un bo'lishi va EQT larning sodir bo'lishi aynan shu davrga to'g'ri kelishi bilan ham izohlanadi. Bu ish rejimi vaqtida tokning siltab o'zgarishi va yoyning uzilishi juda ko'p takrorlanadi. Kuchlanishning tez o'zgarib turganligi sababli quvvat koeffitsiyenti pasayib ketadi va bu esa pech ulangan elektr tarmog'idagi boshqa iste'molchilarning ishlashiga salbiy ta'sir etadi. Bundan tashqari elektr yoyi elektr tarmog'ida boshqa

iste'molchilar uchun nokerak bo'lgan quvvat isrofini yuzaga keltiruvchi qo'shimcha yuqori chastotali kuchlanishlarni paydo bo'lishiga ham sabab bo'ladi.

Elektr yoyi nochiziqli element bo'lgani uchun ham yoyli elektr zanjiridagi tok va kuchlanishning ko'rinishi nosinusoidal ko'rinishga ega bo'ladi, natijada elektr zanjirida yuqori chastotali garmonik tashkil etuvchilari yuzaga keladi. Kuchlanish va toklarning yuqori chastotali garmonik tashkil etuvchilari kondensatorlarni haddan tashqari qizib ketishiga va ularni ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun ularning ta'sirini kamaytirish maqsadida induktiv – sig'imli filtrlar qo'llaniladi.

### Nazorat uchun test savollari

**1. O'zgarmas tok yoyli konturning kuchlanish bo'yicha muvozanati tenglamasi qaysi javobda to'g'ri berilgan?**

A.  $U_M = U_{yoy} + I_{yoy}R - L(dI_{yoy}/dt)$ . B.  $U_M = U_{yoy} - I_{yoy}R + L(dI_{yoy}/dt)$ .

S.  $U_M = U_{yoy} - I_{yoy}R - L(dI_{yoy}/dt)$ . D.  $U_M = U_{yoy} + I_{yoy}R + L(dI_{yoy}/dt)$ .

**2. Ayirton tenglamasi bilan qaysi javobda to'g'ri ifodalangan?**

A.  $U_{yoy} = \alpha + \beta I - \gamma \Delta / I_{yoy}$ , B.  $U_{yoy} = \alpha + \beta I + \gamma \Delta / I_{yoy}$ ,

S.  $U_{yoy} = \alpha - \beta I - \gamma \Delta / I_{yoy}$ , D.  $U_{yoy} = \alpha - \beta I + \gamma \Delta / I_{yoy}$ .

**3. O'zgaruvchan tok elektr yoyi qanday turlarga bo'linadi?**

A. Katta quvvatli tezkor sovutiladigan, katta quvvatli kichik pauzali va yaxshi issiqlik izolyatsiyali kuchli yoy guruhlariga bo'linadi.

B. Kichik quvvatli tezkor sovutiladigan, yaxshi issiqlik izolyatsiyali kuchli yoy guruhlariga bo'linadi.

S. Kichik quvvatli tezkor sovutiladigan, katta quvvatli kichik pauzali va yaxshi issiqlik izolyatsiyali kuchli yoy guruhlariga bo'linadi.

D. Katta quvvatli kichik pauzali va yaxshi issiqlik izolyatsiyali kuchli yoy guruhlariga bo'linadi.

**4. Nima maqsadlarda o'zgaruvchan tok elektr yoyli zanjirga ketma – ket qo'shimcha induktivlik ulanadi?**

A. Elektr yoydagi tokning uzluksizligini ta'minlash uchun.

B. Elektr yoydagi tokning uzilishini ta'minlash uchun.

- S. Elektr yoy kuchlanishining uzluksizligini ta'minlash uchun.  
D. Elektr yoy kuchlanishining uzilishini ta'minlash uchun.

**5. Po'lat eritish yoy pechi qanday asosiy konstruktiv elementlardan tashkil topgan?**

A. Gumbaz ko'rinishdagi qopqoq, eritish vannasi, ishchi tuynuk, qo'shimcha tuynuklardan iborat.

B. Gumbaz ko'rinishdagi qopqoq, elektrodlar, eritish vannasi, ishchi tuynuk, qo'shimcha tuynuklardan iborat.

S. Gumbaz ko'rinishdagi qopqoq, elektrodlar, ishchi tuynuk, qo'shimcha tuynuklardan iborat.

D. Gumbaz ko'rinishdagi qopqoq, elektrodlar, eritish vannasi, qo'shimcha tuynuklardan iborat.

**6. Po'lat eritish yoy pechlarining eritish vannasida issiqlik energiyasi qanday hosil qilinadi?**

A. Elektrodlar bilan shixta orasida yuzaga kelgan elektr yoyida hosil qilinadi.

B. Elektrodlar orasida o'zaro yuzaga kelgan elektr yoyida hosil qilinadi.

S. Elektrodlar bilan vanna tubi orasida yuzaga kelgan elektr yoyida hosil qilinadi.

D. Elektrodlar bilan gumbazli qopqoq orasida yuzaga kelgan elektr yoyida hosil qilinadi.

**7. Ishchi tuynuk qanday vazifani bajaradi?**

A. Tayyor bo'lgan po'latni maxsus idishlarga quyish uchun xizmat qiladi.

B. Eritish vannasiga ligerlovchi moddalar, ohak va boshqa qo'shimchalarni qo'shish bilan birga hosil bo'lgan shlaklarni chiqarib tashlash uchun xizmat qiladi.

S. Shixtani eritish vannasiga joylashtirish uchun xizmat qiladi.

D. Shixta erishi natijasida hosil bo'lgan metall bug'larini tashqariga chiqarib yuborish uchun xizmat qiladi.

**8. Qo'shimcha tuynukning vazifasi nima?**

A. Tayyor bo'lgan po'latni maxsus idishlarga quyish uchun xizmat qiladi.

B. Eritish vannasiga ligerlovchi moddalar, ohak va boshqa qo'shimchalarni qo'shish bilan birga hosil bo'lgan shlaklarni chiqarib tashlash uchun xizmat qiladi.

S. Shixtani eritish vannasiga joylashtirish uchun xizmat qiladi.

D. Shixta erishi natijasida hosil bo'lgan metall bug'larini tashqariga chiqarib yuborish uchun xizmat qiladi.

**9. Po'lat eritish yoy pechlaridagi po'lat olish jarayoni qanday ish rejimlaridan tashkil topgan?**

A. Pechni shixta bilan to'ldirish, oksidlash, kerakli navdagi po'lat holiga keltirish.

B. Pechni shixta bilan to'ldirish, shixtani eritish, kerakli navdagi po'lat holiga keltirish.

S. Shixtani eritish, oksidlash, kerakli navdagi po'lat holiga keltirish.

D. Pechni shixta bilan to'ldirish, shixtani eritish, oksidlash, kerakli navdagi po'lat holiga keltirish.

**10. Po'lat eritish jarayonida eng ko'p energiya sarf bo'ladigan ish rejimi qaysi?**

A. Pechni shixta bilan to'ldirish. B. Shixtani eritish.

S. Shixtani kerakli navdagi po'lat holiga keltirish.

D. Po'latni oksidlash.

---

### III BOB.

## ELEKTR PAYVANDLASH QURILMALARI

### 3.1. Elektr yoy yordamida payvandlash

Mashinasozlikda va ishlab chiqarishning barcha sohalarida metall konstruksiya bo'laklarini o'zaro birlashtirish uchun elektr payvandlash usullaridan keng foydalaniladi. Buning uchun detاللarning payvandlanadigan yuzalari qizdiriladi yoki suyuq holatga keltiriladi. Elektr payvandlash **elektr yoyi yordamida** va **kontakt usulida** payvandlash turlariga bo'linadi.

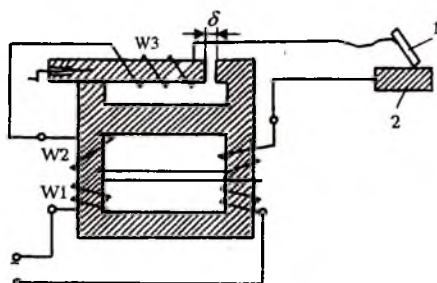
**Elektr yoy yordamida payvandlash** metalni suyuqlantirish bilan amalga oshiriladi, bunda payvandlash simidan foydalaniladi. U yoyda erib payvandlash choki uchun material bo'ladi. Bunda issiqlik energiyasi yoy razryadida, payvandlanayotgan detاللarning bir – biriga tegib turgan yuzasi yaqinida hosil qilinadi.

Elektr yoyi yordamida payvandlash uchun **o'zgarmas** va **o'zgaruvchan** toklardan foydalaniladi. Payvandlash jarayonining avtomatlashtirilganlik darajasiga ko'ra yoy yordamida payvandlash **dastaki** va **avtomatik** turlarga bo'linadi. Elektr jihozlarining kamligi va arzonligi va qarovining osonligi hamda elektr energiyaning kam sarf bo'lishi tufayli o'zgaruvchan tokda payvandlash o'zgarmas tokdagiga nisbatan keng qo'llaniladi. O'zgaruvchan tokda payvandlashda ishlatiladigan asosiy elektr jihoz bu payvandlash transformatoridir.

Payvandlash amallari bir yoki bir necha postlarda bajarilishi mumkin. Bir postda payvandlash uchun quvvati 10 – 30 kVA li bir fazali maxsus payvandlash transformatorlaridan foydalaniladi, ular 220 yoki 380 V li elektr tarmog'iga ulanadi. Transformatorlarning ikkilamchi chulg'amlari katta tokka (yuzlarcha amperga) mo'ljallangan bo'lib, katta kesim yuzali simdan nisbatan kam o'rnamli qilib yasaladi.

Eng ko'p qo'llaniladigan **bir postli** payvandlash qurilmasining sxemasi 3.1 – rasmda tasvirlangan. Payvandlash qurilmasi maxsus payvandlash transformatori bilan jihozlangan. Transformator ichiga reaktiv g'altak  $W_3$  o'rnatilgan. Transformatorning birlamchi chulg'ami  $W_1$  tarmoqqa ulanadi, ikkilamchi chulg'ami  $W_2$  ga payvandlanayotgan metall buyum 2, drossel – rostlagich deb ataluvchi reaktiv g'altak orqali

esa elektrod 1 ulanadi. Payvandlash toki reaktiv g'altak magnit o'tkazgichining qo'zg'aluvchan qismidagi havo oralig'i  $\delta$  ni o'zgartirish bilan rostlanadi.



3.1-rasm. Bir postli payvandlash qurilmasining sxemasi

**Ko'p postli** payvandlash transformatori bir fazali va uch fazali bo'lishi mumkin. Bir fazali transformatorlar uch fazali tarmoqlar uchun notekis yuklanish hosil qiladi, bu esa ularning asosiy kamchiligidir.

Bir necha payvandlash postlarini ko'p postli uch fazali transformatorga ulanadi. Har bir payvandlash posti alohida drossel – rostlovchi orqali payvandlash transformatoriga ulanadi.

Quyidagi 3.1-jadvalda ba'zi payvandlash transformatorlarining texnik ko'rsatkichlari keltirilgan.

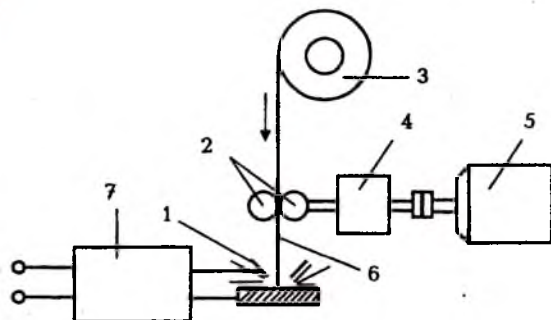
3.1 – jadval

Payvandlash transformatorining ko'rsatkichlari	CTЭ-24-U	CTЭ-34-U	CTЭ-500	TC-500	TCД-500
Payvandlash tokining rostlanish oralig'i, A	110-500	150-700	150-700	165-650	20-600
Ikkilamchi chulg'amdagi ishchi kuchlanish, V	30	30	30	30	33-49
Ikkilamchi chulg'amdagi salt ishlash kuchlanishi, V	65	60	60	60	80
Nominal quvvati, kVA	23	30	30	32	42

Nominal rejimdagi FIK, %	83	86	85	85	86
Nominal rejimdagi quvvat koeffitsiyenti	0,52	0,52	0,54	0,53	0,62
Birlamchi chulg'am kuchlanishi, V	220 yoki 380	220 yoki 380	220 yoki 380	220 yoki 380	220 yoki 380
Nominal rejimdagi birlamchi chulg'amdagi tok, A	110 yoki 64	153 yoki 89	145 yoki 84	145 yoki 94	190 yoki 110

**Dastaki** payvandlash qurilmalari yordamida maxsus sexlarda va qurilish maydonlarida detal va metall konstruksiyalar payvandlanadi. Bu esa ishlatiladigan uskunalar va payvandlash texnologiyasiga maxsus talablar qo'yadi. Ko'chma payvandlash qurilmalarida ishchi tokining qiymati 200, 300, 400 va 500 A bo'lishi va payvandlash simining diametri 25, 50, 75 va 95 mm<sup>2</sup> bo'lishi talab etiladi.

Payvandlash ishlarining hajmi katta bo'lganida mehnat unumdorligini oshirish maqsadida avtomatik payvandlash qurilmalari qo'llaniladi. Avtomatik payvandlash qurilmasi yoyni yondiradigan payvandlash simini yoyni yonish zonasiga uzatadigan mexanizmlar bilan jihozlangan bo'ladi.



**3.2-rasm.** Avtomatik payvandlash qurilmasining kallagi:

- 1 – mundshtuk, 2 – roliklar, 3 – baraban, 4 – reduktor, 5 – elektr motor, 6 – elektrod simi, 7 – payvandlash transformatori.

Payvandlash avtomatining eng muhim qismi kallagidir (3.2 – rasm), u yoyni yonishini ta'minlaydi va payvandlash simini uzatib turadi. Payvandlash kallagi elektrod simiga kuchlanish keltiruvchi va uni payvandlash toki bo'yicha yo'naltiruvchi mundshtuk 1 dan, baraban 3

dan elektrod simi 6 ni uzatib turuvchi roliklar 2 dan, roliklarni reduktor 4 orqali aylantiruvchi elektr motor 5 dan iborat. Agar burchak tezligini rostlash talab qilinmasa, simni uzatuvchi elektr yuritma sifatida asinxron motorlar ishlatiladi. Simni uzatish tezligi rostlanadigan kallaklarni avtomatik boshqarish sxemalarida o'zgarmas tok motorlaridan foydalaniladi. Bu holda elektr yuritma «Tiristorli o'zgartgich – motor» tizimi bo'yicha bajariladi.

Avtomatik payvandlash qurilmalaridagi transformatorlarning sxemasi dastaki payvandlash transformatorlarinikiga o'xshash, lekin ularda drosselning oralig'i elektr yuritma yordamida masofadan turib rostlanadi.

3.2-jadvalda ishlab chiqarishning turli sohalarida keng qo'llaniladigan avtomatik payvandlash qurilmalarining asosiy texnik ko'rsatkichlari keltirilgan.

3.2-jadval

Avtomatik payvandlash qurilmaning ko'rsatkichlari	A-372P	A-612	A-645	A-741
Elektrod simining diametri, mm	3	3	3	3
Elektrod simini uzatish tezligi, m/soat	65-480 0,4-9	129-444 0,4-4	62-154 -	40-150 -
Payvandlash tezligi, m/soat				
Elektrodning tebranish tezligi, m/soat	20-60	-	-	-
PV=100% bo'lganda har bir elektrodagi nominal payvandlash toki, A	1000	1000	1000	1000
Elektrodli sim o'ralgan g'al-takning og'irligi, kg	135	-	-	-

### 3.2. Kontaktli payvandlash

**Kontakt usulida** elektr tokida payvandlash uzluksiz ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Bu usul **uchma – uchli** va **chokli** payvandlash turlariga bo'linadi (3.3-rasm.).

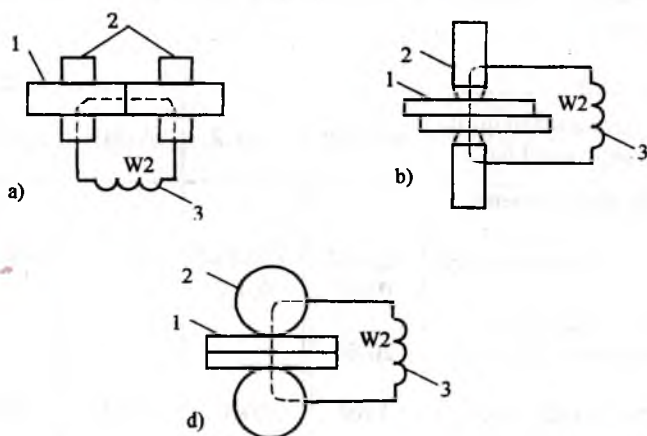
**Uchma – uch payvandlashda** (3.3a-rasm) payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg'ami  $W_2$  payvandlanayotgan detallarga ulanadi. Bu detallarning bir – biriga tegib turuvchi joyidan o'tuvchi payvandlash



toki ularni suyuqlanish haroratiga yaqin haroratgacha qizdiradi va keyin ular bir – biriga kuch bilan qisiladi.

**Nuqtali payvandlashda** (3.3b-rasm) payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg‘ami  $W_2$  ga payvandlash elektrodleri ulanadi. Elektrodler payvandlanadigan ikki metall listni bir – biriga kuch bilan siqib, transformatorning ikkilamchi chulg‘ami zanjirini qisqa tutashtiradi, payvandlash toki ta’sirida listlar qiziydi va qisilib qoladi.

**Chokli payvandlashda** (3.3c-rasm) payvandlash tokini hosil qilish uchun payvandlanadigan listlar ikkita aylanuvchi rolik – elektrodler orasidan o‘tadi. Payvandlash jarayoni bu holda xuddi uchma – uch va nuqtali payvandlashdagi kabi bo‘ladi.



**3.3-rasm.** Kontakt usulida payvandlashning turlari:

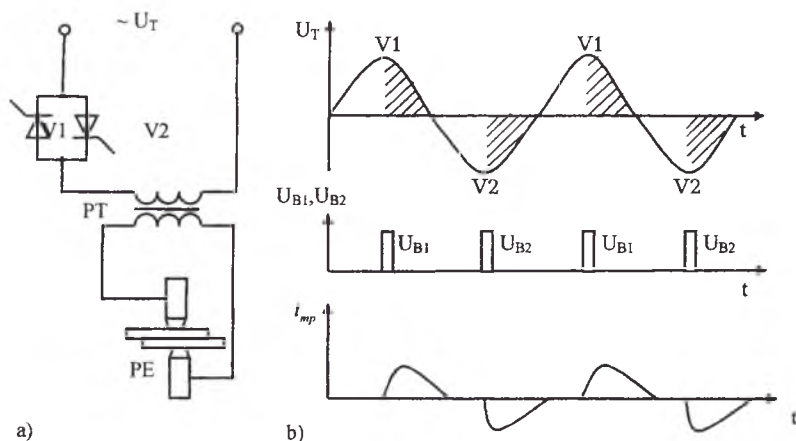
a – uchma – uch, b – nuqtali, c – chokli; 1 – payvandlanadigan buyum, 2 – elektrodler, 3 – payvandlash transformatori.

Kontakt usulida payvandlashda qo‘llaniladigan transformatorlarning ikkilamchi chulg‘ami odatda bitta o‘ramdan iborat bo‘ladi. Payvandlash toki transformator birlamchi chulg‘amining pog‘onalarini qayta ulash va uni tiristorli kontaktor orqali ulash bilan rostlanadi; tiristorli kontaktor payvandlash tokining talab etilgan vaqt davomida o‘tib turishini va tokning rostlanishini ta’minlaydi.

Tiristorli kontaktori bo‘lgan nuqtali payvandlash mashinasining elektr sxemasi 3.4a-rasmda tasvirlangan. Tiristorlar  $V_1$  va  $V_2$  asosida

bajarilgan tiristorli kontaktorlar yordamida payvandlash transformatori PT ning birlamchi chulg'amiga tok beriladi, Transformatorning ikkilamchi chulg'amiga payvandlash elektrodi PE ulanadi.

Tiristorli kontaktorning ishlashini impulsi – faza boshqaruv tizimi IFBT ta'minlaydi. 3.4b-rasmdan ko'rinib turibdiki, IFBT tizimi  $V_1$  va  $V_2$  tiristorlarni ochish uchun  $U_{B1}$  va  $U_{B2}$  boshqaruvchi impulslarini hosil qiladi. Bu impulslar tarmoq kuchlanishi  $U_T$  bilan sinxronlashgan bo'lib, galma – galdan tiristorlarning ochilishini ta'minlaydi va tarmoq kuchlanishi transformatorning birlamchi chulg'amiga berilishi natijasida uning birlamchi chulg'amidan tok  $I_{mp}$  o'tadi. Tiristorlardan o'tuvchi tok nolga teng bo'lganda ular yopiladi. Transformator induktivlikka ega bo'lganligi sababli tiristor orqali o'tuvchi tok tarmoq kuchlanishining qutbi almashganda qanday yo'nalishda o'tsa, o'sha yo'nalishda ma'lum vaqt davomida o'tib turadi.



**3.4-rasm.** Nuqtali payvandlash mashinasining elektr sxemasi: (a) va tiristorli kontaktor bilan ishlaganida payvandlash transformatorining kuchlanishi va toki diagrammalari (b).

IFBT qurilmasida qat'iy aniq miqdordagi impulslarning hosil qilinishi kontaktorning ishlash vaqtini aniq belgilash imkonini beradi hamda impulslarni tarmoq kuchlanishiga nisbatan siljitishni, ya'ni tiristorlarning ochilish burchagini boshqarishni ta'minlaydi. Tiristor-

larning ochilish burchaklarini boshqarish natijasida transformatorning birlamchi hamda ikkilamchi chulg'amlaridagi kuchlanishning haqiqiy qiymatlarini keng oraliqda rostdash imkonini beradi va natijada payvandlanayotgan detallarning qanday materialdan tayyorlanganligiga va qalinligiga qarab PE lari orasidagi payvandlash tokining optimal qiymatini tanlash imkonini beradi.

3.3-jadvalda mashinasozlik korxonalarida turli o'lchamdagi va har xil sferik yuzali metall listlarni nuqtali payvandlashda keng qo'llaniladigan nuqtali payvandlovchi mashinalarning asosiy texnik ko'rsatkichlari keltirilgan.

3.3-jadval

Payvandlash mashinasining ko'rsatkichlari	MTPI-75	MTPI-100-1	MTPI-200-3
QQU=20% bo'lgandagi quvvati, kVA	75	100	200
Avtomatik boshqarishda payvandlanayotgan detalning maksimal qalinligi, mm	2,5 - 2,5	4 - 4	6 - 6
Avtomatik boshqarishda bir minutdagi maksimal yurishlar soni	70	70	65
Foydali uzunlik, mm	500	500	500
Elektrodlar orasidagi maksimal bosim kuchi, N	5400	6400	1400
Yuritma turi	pnevmatik	pnevmatik	pnevmatik
Ikkilamchi kuchlanishni rostdash: pog'onalar soni	8	16	16
rostdanish oralig'i	3,12 - 6,24	3,4 - 6,8	4,42 - 8,85
Payvandlash vaqti, sekund:	0,03 - 1,35	0,03 - 1,35	0,03 - 1,35
КИА rusumli asinxron kontaktorli	0,3 - 6,75	0,3 - 6,75	0,3 - 6,75
ПИТ rusumli sinxronli tok uzgichli	0,02 - 0,38	0,02 - 0,38	0,92 - 0,38
Birlamchi kuchlanish, V	380	380	380
Birlamchi maksimal tok, A	197	263	526
Sovituvchi suv sarfi, l/soat	430	680	795
Sigilgan havo sarfi, m <sup>3</sup> /soat	4	4	6

Gazsimon va suyuqliklar uchun metall listlardan tayyorlanadigan idishlarni uzluksiz payvand chokli qilib tayyorlashda qo'llaniladigan

ba'zi rolikli payvandlash mashinalarning asosiy texnik ko'rsatkichlari 3.4-jadvalda keltirilgan.

3.4-jadval

Payvandlash mashinasining rusumi	Payvandlanayotgan detalning qalinligi, mm	Ikkilamchi chulg'am kuchlanishi, V	Birlamchi chulg'am toki, A	Ta'minlovchi simning diametri, mm
MIIIPI - 100	1,5 + 1,5	3,3 - 6,6	276	70
MIIIPI - 150	2 + 2	3,8 - 7,7	395	95
MIIIPI - 200	2,5 + 2,5	4,3 - 8,6	526	-

Uchma - uch payvandlash mashinalari (3.5-jadval) asosan turli o'lcham va kattalikdagi quvur, armatura va sterjenlarni payvandlashda hamda asbobsozlikda keng qo'llaniladi.

3.5-jadval

Payvandlash mashinasining ko'rsatkichlari	MCP - 100	MCMY - 150	MCIY - 500
QQU=20% bo'lgandagi quvvati, kVA	100	150	400
Payvandlanayotgan kamuglerodli po'latning nominal kesimi, mm	1000 25	1000 80	8000 66 gacha
Bir soatdagi payvandlashlar soni	Richagli	Motorli	Gidrpavlik
Uzatish yuritmasi	50	60	250
Payvandlash vaqtidagi bosiladigan kuch, kN	Dastakli	Pnevmatik	Pnevmoqid-ravlik
Siqish tizimi	12	16	16
Ikkilamchi kuchlanishni roslash: pog'onalar soni ikkilamchi kuchlanishning o'zgarish oralig'i	3,3 - 6,3	4,0 - 8,1	7,9 - 15,8
Birlamchi kuchlanish, V	380	380	380
Birlamchi nominal tok, A	263	395	1315
Havo sarfi, m <sup>3</sup> /soat	-	14	2
Sovutuvchi suv sarfi, l/soat	300	200	1500

## Nazorat uchun test savollari

### 1. Elektr payvandlash qanday turlarga bo'linadi?

- A. Elektr yoy yordamida payvandlash.
- B. Kontakt usulida payvandlash.
- S. Elektr yoy va kontakt usulida payvandlash.
- D. Parchinlash usuli bilan payvandlash.

### 2. Nima uchun elektr payvandlash transformatorlarining ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanish qiymati kichik bo'lishi kerak?

- A. Payvandlash toki katta qiymatli bo'lishi uchun.
- B. Payvandlash kuchlanishi katta qiymatli bo'lishi uchun.
- S. Payvandlash toki kichik va kuchlanishi katta qiymatli bo'lishi uchun.
- D. Payvandlash toki katta va kuchlanishi katta qiymatli bo'lishi uchun.

### 3. Avtomatik payvandlash qurilmasining kallagi qanday tashkil etuvchi qismlardan iborat?

- A. Mundstuk, baraban, reduktor, elektr motor, elektrod simi, payvandlash transformatoridan iborat.
- B. Mundstuk, roliklar, baraban, reduktor, elektr motor, elektrod simi, payvandlash transformatoridan iborat.
- S. Mundstuk, roliklar, reduktor, elektr motor, elektrod simi, payvandlash transformatoridan iborat.
- D. Mundstuk, roliklar, baraban, reduktor, elektrod simi, payvandlash transformatoridan iborat.

### 4. Nuqtali payvandlash mashinasining elektr sxemasi qanday qurilmalardan tashkil topgan?

- A. Tiristorli kontaktor, payvand elektrodlaridan iborat.
- B. Tiristorli kontaktor, payvandlash transformatoridan iborat.
- S. Tiristorli kontaktor, payvandlash transformatori, payvand elektrodlaridan iborat.
- D. Payvandlash transformatori, payvand elektrodlaridan iborat.

### 5. O'zgaruvchan tokda metallarni payvandlashda elektr energiya manbai sifatida qanday transformatorlar qo'llaniladi?

- A. Bir fazali payvandlash transformatorlari, ko'p postli payvandlash transformatorlari, normal magnit sochmali transformatorlar, rivojlangan magnit sochmali transformatorlar.

B. Uch fazali payvandlash transformatorlari, ko'p postli payvandlash transformatorlari, normal magnit sochmali transformatorlar, rivojlangan magnit sochmali transformatorlar.

S. Bir yoki uch fazali payvandlash transformatorlari, normal magnit sochmali transformatorlar, rivojlangan magnit sochmali transformatorlar;

**6. Metall detallarni kontaktli payvandlash usulining fizik asoslari qaysi variantda to'g'ri ko'rsatilgan?**

A. Metall detallarni eritish va ularni kuch bilan siqish natijasida ajralmaydigan qilib birlashtiriladi.

B. Metall detallarni ulardan o'tayotgan tok bilan qizitish, eritish va ularni kuch bilan siqish natijasida ajralmaydigan qilib birlashtiriladi.

S. Metall detallarni avvaldan qizdirib olib va ularni kuch bilan siqish natijasida ajralmaydigan qilib birlashtiriladi.

D. Metall detallarni kuch bilan siqish natijasida ajralmaydigan qilib birlashtiriladi.

**7. Kontaktli payvandlash qurilmalarini boshqaruv tizimlariga qo'yiladigan asosiy talablar qaysi variantda to'g'ri yoritilgan?**

A. Maksimal avtomatlashtirilgan, inersionlik darajasi kam bo'lishi kerak, ishlash aniqligi yuqori darajada bo'lishi va ishonchli ishlashi kerak.

B. Maksimal avtomatlashtirilgan, yuqori sezuvchanlikka ega bo'lishi kerak, ishlash aniqligi yuqori darajada bo'lishi va ishonchli ishlashi kerak.

S. Maksimal avtomatlashtirilgan, inersionlik darajasi kam bo'lishi kerak, yuqori sezuvchanlikka ega bo'lishi kerak, ishlash aniqligi yuqori darajada bo'lishi va ishonchli ishlashi kerak.

D. Inersionlik darajasi kam bo'lishi kerak, yuqori sezuvchanlikka ega bo'lishi kerak, ishlash aniqligi yuqori darajada bo'lishi va ishonchli ishlashi kerak.

**8. Kontakt usulida payvandlashning qanday turlari bor?**

A. Uchma – uch, chokli.

B. Uchma – uch, nuqtali.

S. Uchma – uch, nuqtali, chokli.

D. Nuqtali, chokli.

**9. Bir postli payvandlash qurilmasida payvandlash yoy toki qanday rostlanadi?**

A. Reaktiv g'altak magnit o'tkazgichining qo'zg'aluvchan qismidagi havo oralig'i  $\delta$  ni o'zgartirish bilan rostlanadi.

B. Transformatorning ikkilamchi chulg'ami sonini o'zgartirish bilan rostlanadi.

S. Transformatorning birlamchi chulg'ami sonini o'zgartirish bilan rostlanadi.

D. Transformatorning transformatsiya koeffitsiyentini o'zgartirish bilan rostlanadi.

**10. Ko'p postli payvandlash qurilmalarida payvandlash yoy toki qanday rostlanadi?**

A. Har bir payvandlash posti o'zining alohida drossel – rostlovchisi orqali payvandlash yoy toki rostlaydi.

B. Barcha payvandlash postlari umumiy drossel – rostlovchisi orqali payvandlash yoy toki rostlaydi.

S. Ko'p postli payvandlash qurilmalarida payvandlash toklarini rostlash ko'zda tutilmagan.

D. Payvandlash transformatorining transformatsiya koeffitsiyentini o'zgartirish bilan rostlanadi.

**11. Detallarni uchma – uch payvandlash qanday amalga oshiriladi?**

A. Payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg'ami payvandlanayotgan detallarga ulanadi va detallarning bir – biriga tegib turuvchi joyidan o'tuvchi payvandlash toki ularni suyuqlanish haroratiga yaqin haroratgacha qizdiradi va keyin ular bir – biriga kuch bilan qisiladi.

B. Payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg'amiga payvandlash elektrodlari ulanadi va ular payvandlanadigan ikki metall listni bir – biriga kuch bilan siqib, transformatorning ikkilamchi chulg'ami zanjirini qisqa tutashtiradi, payvandlash toki ta'sirida listlar qiziydi va qisilib qoladi.

S. Payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg'amida payvandlash toki payvandlanadigan listlar va ikkita aylanuvchi rolik – elektrodlar orasidan o'tadi va natijada bu tok ularni suyuqlanish

haroratiga yaqin haroratgacha qizdiradi va keyin ular bir – biriga kuch bilan qisiladi.

D. Payvandlash transformatorining birlamchi chulg‘ami payvandlanayotgan detallarga ulanadi va detallarning bir – biriga tegib turuvchi joyidan o‘tuvchi payvandlash toki ularni suyuqlanish haroratiga yaqin haroratgacha qizdiradi va keyin ular bir – biriga kuch bilan qisiladi.

### **12. Detallarni chokli payvandlash qanday amalga oshiriladi?**

A. Payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg‘ami payvandlanayotgan detallarga ulanadi va detallarning bir – biriga tegib turuvchi joyidan o‘tuvchi payvandlash toki ularni suyuqlanish haroratiga yaqin haroratgacha qizdiradi va keyin ular bir – biriga kuch bilan qisiladi.

B. Payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg‘amiga payvandlash elektrodleri ulanadi va ular payvandlanadigan ikki metall listni bir – biriga kuch bilan siqib, transformatorning ikkilamchi chulg‘ami zanjirini qisqa tutashtiradi, payvandlash toki ta’sirida listlar qiziydi va qisilib qoladi.

S. Payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg‘amida payvandlash toki payvandlanadigan listlar va ikkita aylanuvchi rolik – elektrodler orasidan o‘tadi va natijada bu tok ularni suyuqlanish haroratiga yaqin haroratgacha qizdiradi va keyin ular bir – biriga kuch bilan qisiladi.

D. Payvandlash transformatorining birlamchi chulg‘ami payvandlanayotgan detallarga ulanadi va detallarning bir – biriga tegib turuvchi joyidan o‘tuvchi payvandlash toki ularni suyuqlanish haroratiga yaqin haroratgacha qizdiradi va keyin ular bir – biriga kuch bilan qisiladi.

### **13. Detallarni chokli payvandlash qanday amalga oshiriladi?**

A. Payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg‘ami payvandlanayotgan detallarga ulanadi va detallarning bir – biriga tegib turuvchi joyidan o‘tuvchi payvandlash toki ularni suyuqlanish haroratiga yaqin haroratgacha qizdiradi va keyin ular bir – biriga kuch bilan qisiladi.

B. Payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg‘amiga payvandlash elektrodleri ulanadi va ular payvandlanadigan ikki metall listni bir – biriga kuch bilan siqib, transformatorning ikkilamchi chulg‘ami zanjirini



qisqa tutashtiradi, payvandlash toki ta'sirida listlar qiziydi va qisilib qoladi.

S. Payvandlash transformatorining ikkilamchi chulg'amida payvandlash toki payvandlanadigan listlar va ikkita aylanuvchi rolik – elektrodlar orasidan o'tadi va natijada bu tok ularni suyuqlanish haroratiga yaqin haroratgacha qizdiradi va keyin ular bir – biriga kuch bilan qisiladi.

D. Payvandlash transformatorining, birlamchi chulg'ami payvandlanayotgan detallarga ulanadi va detallarning bir – biriga tegib turuvchi joyidan o'tuvchi payvandlash toki ularni suyuqlanish haroratiga yaqin haroratgacha qizdiradi va keyin ular bir – biriga kuch bilan qisiladi.

---

## IV BOB.

### INDUKSION ERITUVCHI PECHLAR VA QIZDIRUVCHI QURILMALAR

#### 4.1. Induksion qizdirishning fizik asoslari

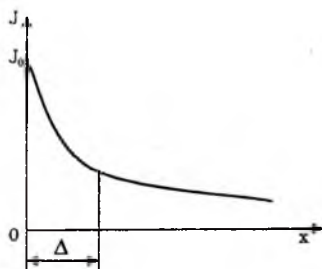
Induksion qizdirish, elektr energiya qizdirilayotgan jismga bevosita uzatilib, elektr o'tkazuvchi materialni juda oz vaqt ichida, hech qanday kontakt qurilmalarsiz to'g'ridan – to'g'ri qizdirish imkonini beradi. Induksion qizdirishning asosiy afzaliklaridan biri jismning qizdirilishi zarur bo'lgan qisminigina qizdirish imkoni borligi va bu esa o'z navbatida elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanishga olib keladi. Induksion qurilmalarda qo'llaniladigan kuchlanishning chastotasi keng oraliqda o'zgarishi (50 Hz dan yuzlab MHz gacha) va qurilmalarning quvvati 16 – 20 MVt gacha bo'lishi bilan xarakterlidir. Induksion pechlarning sig'imi 100 tonnagacha bo'lishi mumkin.

Induksion qizdirish, o'zgaruvchan elektr magnit maydonga joylashtirilgan elektr o'tkazuvchi materialdan tayyorlangan jismda hosil bo'ladigan uyurma toklarning harakatlanishi natijasida yuzaga keladi. Elektr magnit maydonini hosil qiluvchi qurilma **induktor** deb ataladi. Induktor silindrik yoki spiral chulg'amdan iborat bo'ladi. Ko'pgina hollarda induktorning shakli qizdirilayotgan jism sirtining geometrik ko'rinishiga bog'liq bo'ladi. Qizdirilayotgan jismning elektr qarshiligi kichik bo'lgani uchun undan toklarning o'tish tezligi yuqori bo'ladi va shuning uchun ham jism intensiv qiziydi. Tokning zichligi qizdirilayotgan jism yuzasidan ichkariga qarab eksponensial qonun bo'yicha kamayib boradi (4.1-rasm) va quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$j = j_0 e^{-x/\Delta}, \quad (4.1)$$

bu yerda  $j_0$  – qizdirilayotgan jism yuzasidagi tokning zichligi, A/m<sup>2</sup>;  $x$ – tok zichlining jism yuzasidan ichkariga kirib borish masofasi, m;  $\Delta$ – tok zichligining  $e$  marta kamayishi sodir bo'ladigan masofa, “kirib borish chuqurligi” deb ataladi, m.

Elektr energiyaning 86%  $\Delta$ – qalinlikda issiqlik energiyaga o‘zgaradi. Odatda bu qatlamda uyurma toklarning deyarli butun aktiv energiyasi issiqlik energiyaga o‘zgarib, bu qatlamning harorati jismning ichki qismiga issiqlik o‘tkazuvchanlik bo‘yicha uzatiladi. Toklar zichligining jism ichkarisiga kirib borish chuqurligi qizdirilayotgan jismning fizik ko‘rsatkichlariga va induktor tokining chastotasiga bog‘liq.



**4.1-rasm.** Tok zichligining jism yuzasidan ichkariga kirib borishining o‘zgarishi

$$\Delta = 503\sqrt{\rho / \mu_r \cdot f}, \quad (4.2)$$

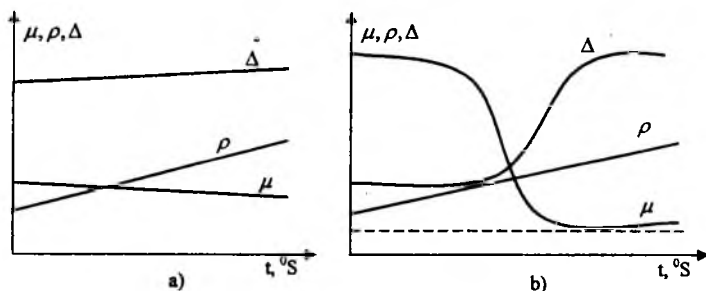
bu yerda,  $\rho$ – qizdirilayotgan jism materialining solishtirma elektr qarshiligi,  $\text{Om/m}^3$ ;  $\mu_r$ – qizdirilayotgan jism materialining nisbiy magnit singdiruvchanligi;  $f$ – induktor tokining chastotasi, Hz. Jism haroratining oshishi bilan  $\rho$  va  $\mu_r$  ko‘rsatkichlarining o‘zgarishi  $\Delta$  ning o‘zgarishiga ta’sir qiladi.

Ko‘pgina elektr o‘tkazuvchi materiallarning solishtirma elektr qarshiligi harorat oshishi bilan proporsional oshib boradi

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t), \quad (4.3)$$

bu yerda  $\rho_0$ – jism harorati nolga teng bo‘lgandagi materialning solishtirma elektr qarshiligi;  $\alpha$ – materialning harorat koeffitsiyenti,  $1/^\circ\text{C}$ ;  $t$ – jismning harorati,  $^\circ\text{C}$ .

Magnit va nomagnit materiallarning magnit singdiruvchanligining ularning haroratiga bog‘liqlik darajasi turlicha bo‘ladi. Nomagnit materiallarda haroratning turli qiymatlarida magnit singdiruvchanligi o‘zgarmaydi va  $\mu_r \approx 1$  ligicha qolaveradi. Ferromagnit materiallarda har biri uchun alohida **Kyuri nuqtasi** deb ataladigan harorat nuqtasi bo‘lib, harorat qiymati shu nuqtadan oshganidan so‘ng uning magnit singdiruvchanligi bir necha o‘n martagacha sakrab o‘zgaradi (masalan, temir uchun bu nuqta  $t_k = 769$  °Cni tashkil etadi). 4.2-rasmda  $\mu_r$ ,  $\rho$ ,  $\Delta$  ko‘rsatkichlarning qizdirilayotgan nomagnit (4.2a-rasm) va magnit materiallarning (4.2b-rasm) haroratiga bog‘liq ravishda o‘zgarish tavsiflari keltirilgan. Magnit materiallardagi tok zichligining kirib borish chuqurligi nomagnit materiallarnikiga nisbatan harorat oshib borishi bilan tezroq va ko‘proq oshadi. Masalan, po‘latining harorati 20 °C dan 1000 °C ga ko‘tarilganida qiymati 30 martadan ko‘pga oshadi, rangli metallarda esa bu ko‘rsatkich bor yo‘g‘i 2 – 3 martaga oshadi, xolos.



4.2-rasm. Qizdirilayotgan nomagnit (a) va magnit (b) materiallar fizik ko‘rsatkichlarining haroratga bog‘liq o‘zgarish tavsiflari

Bir – biriga monand jismlarning induksion qizishini nisbiy baholash uchun **m – yuza effekti** ko‘rsatkichi darajasi deb ataladigan o‘lchovsiz ko‘rsatkichdan foydalaniladi. Jismlardagi toklar zichligining bir xil bo‘lishi, qizishi tavsifining monand bo‘lishiga va ularning yuza effekti ko‘rsatkichlari ham bir xil bo‘lishini bildiradi. Ko‘p tarqalgan silindr, plita va ichi bo‘sh silindr ko‘rinishdagi qizdiriladigan jismlarning yuzalari quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:  $h$  qalinlikdagi to‘g‘ri burchakli plita uchun  $m = h/\Delta$ ,  $r_0$  radiusli silindr uchun  $m = r_0\sqrt{2}/\Delta$ ,

ichki radiusi  $r_u$  va tashqi radiusi  $r_T r_T$  bo'lgan ichi bo'sh silindr uchun  $m = \sqrt{2}(r_T - r_u) / \Delta$ .

Elektr magnit maydon nazariyasi bo'yicha qizdirilayotgan jismning birlik yuzasida birlik vaqt ichida sinusoidal qonuniyat bo'yicha o'zgaradigan elektr maydon kuchlanganligi  $E$  va magnit maydon kuchlanganligi  $H$  ga teng bo'lgan elektr magnit maydon energiyasining jism tomonidan yutilishi Umov – Poyting vektori bilan aniqlanadi

$$P = \frac{1}{2} E \times H^*, \quad (4.4)$$

bu yerda,  $H^*$  – magnit maydon kuchlanganligining kompleks qiymati.

Bu ifoda yordamida chulg'amlar soni  $w_{01}$  bo'lgan va undan  $I_1$  tok o'tuvchi induktorning elektr magnit maydoniga joylashtirilgan har qanday metall uchun induktorning uzunlik birligiga to'g'ri keladigan yutiluvchi solishtirma quvvatning aktiv  $P$  va reaktiv  $Q$  tashkil etuvchilarini aniqlash mumkin:

$$P = 2 \cdot 10^{-6} (I_1 w_{01})^2 \sqrt{\rho \mu_r} f F, \quad (4.5)$$

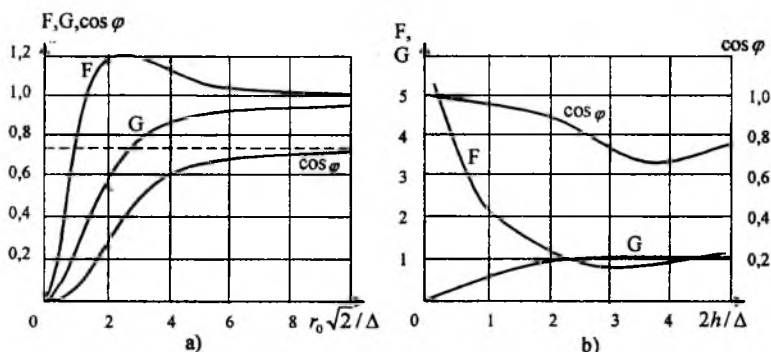
$$Q = 2 \cdot 10^{-6} (I_1 w_{01})^2 \sqrt{\rho \mu_r} f G, \quad (4.6)$$

bu yerda,  $F$  va  $G$  jismning nisbiy qalinligini ifodalovchi  $2h/\Delta$  ga yoki silindrik jismlar uchun nisbiy radiusini ifodalovchi  $r_0 \sqrt{2}/\Delta$  ga bog'liq murakkab funksiyalardir.

4.3-rasmda to'liq silindr va plita ko'rinishga ega jismning induksion usul bilan qizdirilganida uning  $F$  va  $G$  funksiyalari radiusining nisbiy o'zgarishiga bog'liq ravishda o'zgarishi keltirilgan.

Jismlarning quvvat koeffitsiyentlarini quyidagi ifoda bilan aniqlaymiz

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (G/F)^2}}. \quad (4.7)$$



4.3- rasm. To'liq silindr (a) va plita (b) ko'rinishidagi qizdirilayotgan jismlar F,G,cos φ ko'rsatkichlarining m ga bog'liq o'zgarish tavsiflari

Amalda plitaning nisbiy qalinligi  $2h/\Delta \geq 3$  va silindr uchun  $r_0\sqrt{2}/\Delta \geq 10$  bo'lgan holatda F va G funksiyalarning qiymati 1 ga teng deb qabul qilinadi. Shundayligini hisobga olgan holda silindrik qizdirilayotgan material uchun induktorning maksimal quvvat koeffitsiyenti

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707 \quad (4.8)$$

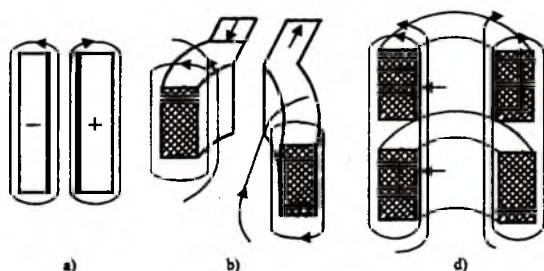
bo'lib, bu qizdirilayotgan plita ko'rinishidagi material uchun ham taalluqlidir.

(4.2) dan ko'rinib turibdiki, induktor tokining oshishi bilan  $\Delta$  ning qiymati  $\sqrt{f}$  martaga kamayadi va shuningdek (4.5) bo'yicha esa qizdirilayotgan jismda yutilayotgan aktiv quvvat P ning qiymati  $\sqrt{f}$  martaga oshadi.

Induksion qizdirish qurilmalarida yuqorida ko'rilgan yuza effekti natijasida qizdirilayotgan materialning xususiyatlari o'zgarishi hodisasidan tashqari **yaqinlik** va **halqa effektlari** hamda qizdirilayotgan jismda hosil bo'ladigan **elektrodinamik kuch effekti** kabi fizik hodisalar ham kuzatiladi.

Yaqinlik effekti xuddi yuza effekti singari xususiyatlarga ega. Qizdirilayotgan jism yaqinida elektr toki o'tayotgan bo'lsa, u holda shu

jism yuzasidagi tokning siqilish hodisasi kuzatiladi. Masalan, induktordagi tok va qizdirilayotgan jismdagi uyurma tokning yoʻnalishi deyarli qarama– qarshi boʻlib, tok yoʻnalishlari toʻqnashgan joyda tokli yaqinlik effekti roʻy beradi (4.4a-rasm). Bu holda toklar bir – biriga qaragan yuzalarga tomon siqiladi. Toklarning eng zich joylashgan joyi burchaklarga toʻgʻri keladi va bu holat magnit maydoni kuch chiziqlarining joylashishidan koʻrinib turibdi. Qizdirilayotgan jism koʻndalang kesimidagi toklarning zichligi faqat oʻz magnit maydoni taʼsiri bilangina emas, balki yaqinida joylashgan oʻtkazgichlar magnit maydonlarining umumiy yigʻma taʼsiri bilan ham belgilanadi. Yaqinlik effektidan foydalangan holda induktorning geometrik shaklini shunday tanlash mumkinki, bunda qizdirilayotgan jismning maʼlum zarur qismlarinigina qizdirish mumkin boʻladi. Elektr magnit energiyani oʻsha joyga jamlash natijasida elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanishga erishiladi.



**4.4-rasm.** Toklar yoʻnalishi qarama – qarshi boʻlganida (a), tokli chulgʻamdagi oʻramlar soni bitta (b) va chulgʻamlar soni koʻp boʻlgan (d) holat uchun tokning kesim yuzasi boʻyicha taqsimlanishi

Induktor chulgʻamlari yuzalarini tanlashda halqa effekti holatini hisobga olish zarurdir. Bir va koʻp chulgʻamli induktor chulgʻamlarining ichki qismidagi toklarning zichligi katta boʻladi (4.4b,d-rasm). Oʻtkazgich radiusining induktor diametriga nisbati qancha katta boʻlsa, shuncha halqa effekti yaqqol namoyon boʻladi. Silindrik jismning tashqi yuzalari qizdirilganida halqa effekti yaqinlik effekti bilan birga sodir boʻladi, ammo shu shakldagi jismning ichki yuzalari qizdiriladigan boʻlsa, u holda bu effektlar oʻzaro bir – birlarini toʻliq yoki qisman kompensatsiya qiladi.

Induktordagi tok bilan qizdirilayotgan jismda hosil bo'ladigan uyurma toklarning o'zaro bir – birlariga ta'siri natijasida elektrodinamik effekt holati yuzaga keladi. Bir xil qurilmalardagi qizdirish jarayonida bu holat ijobiy natija bersa, ikkinchi xil qurilmalarda bu holat salbiy natijalarga olib kelishi mumkin. Masalan, erituvchi induksion pechlarda elektrodinamik kuchlar ta'sirida eriyotgan metallning suyuqlanishi tezlashadi. Ba'zi induksion qizdirish qurilmalarida esa elektrodinamik zo'riqishlar induktorga ta'sir etib hatto deformatsiyalanishigacha olib kelishi mumkin. Qizdirilayotgan metallning induktordagi normal harakatiga ta'sir etib texnologik jarayonda kutilmagan holatlarga sabab bo'lishi mumkin.

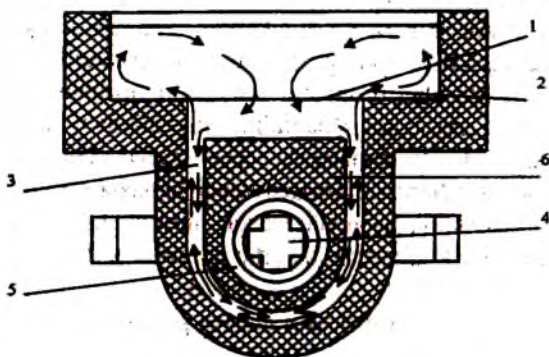
#### 4.2. Induksion eritish pechlari

Induksion eritish pechlari **kanalli** va **tigel** pechlarga bo'linadi. Kanalli pechlar uch fazali elektr tarmoqdan ta'minlanadi. Tigel pechlar bir fazali elektr tarmog'iga ulanadi.

Kanal pechida (4.5-rasm) eritilayotgan metall po'lat o'zak atrofida aniq qisqa tutashgan halqa (2) hosil qiladi. Induktor chulg'ami (5) suv bilan sovutishga mo'ljallangan mis quvurchalardan iborat bo'lib, po'lat o'zak (4) ga kirgizilgan bo'ladi va u elektr energiya manbaiga ulanadi.

Kanal pechining ishlashi transformatorning ishlashiga monand bo'lib, birlamchi chulg'am vazifasini induktorning chulg'ami bajaradi, ikkilamchi chulg'am vazifasini esa eriyotgan metall hosil qilgan qisqa tutashgan halqa bajaradi. Pech kanali (3)  $U$  – ko'rinishda bo'lib, ko'ndalang kesimi odatda to'g'ri to'rtburchak shaklida bo'ladi. Pech vannasi (1) tagiga kanalning boshlanishi va oxirgi uchlari chiqib boradi. Kanal pechi vannasining tag qismida asosiy eritilayotgan massa joylashgan bo'ladi. Kanal induktori va pech qobig'idan iborat **taglik tosh** deb ataluvchi yuqori sifatli o'tga chidamli keramik materialdan tayyorlangan **yaxlit blok** (6) pechning ajraladigan qismini tashkil etadi. Uyurma toklar ta'sirida qizib suyuq holga kelgan metall kanal bo'ylab harakatda bo'lib, uning ba'zi mayda bo'lakchalari kanalning devorlariga yopishib qoladi. Taglik tosh, induktor va po'lat o'zak sterjen (4) konstruktiv jihatdan **induksion birlik** deb ataladigan pechning ajraluvchi qismini tashkil etadi. Pech bir uch fazali yoki uchta bir fazali induksion birliklardan iborat bo'lishi mumkin. Induksion kanal pechlari elektr tarmog'i uchun uch fazali yuklanish vazifasini bajaradi.





4.5-rasm. Induksion kanal pechining konstruktiv tuzilishi

Induksion kanal pechlari katta quvvatli bo'lishi va quvvati keng oraliqda rostlanishi mumkinligi bilan boshqa erituvchi pechlardan farqlanadi. Ularning ajraluvchi induksion birliklari quvvatining qiymati 200 – 2000 kVA oraliqda bo'lishi mumkin.

Induksion birlik quvvati 300 kVA dan yuqori bo'lgan pech yuklanish ostida ikkilamchi yoki birlamchi chulg'amlari sonini o'zgartirib, rostlanuvchi yuqori kuchlanishli kuch transformatori orqali elektr energiya tarmog'iga ulanadi. Bunday transformatorlarning quvvati 400 – 1600 kVA bo'lib, birlamchi chulg'amlari 6 yoki 10 kV kuchlanishli elektr tarmog'iga ulanadi.

Kanal pechlarida induktor bilan kanal orasidagi oraliqning kattaligi sababli, reaktiv quvvat iste'molining aktiv quvvat iste'moliga nisbatan bir necha marta katta bo'lishiga olib keladi va bu esa pech quvvat koeffitsiyentining past bo'lishiga sabab bo'lib, ya'ni 0,3 – 0,7 ni tashkil etadi. Quvvat koeffitsiyentining qiymati induktor hosil qilayotgan elektr magnit maydoni oqimining eriyotgan metalda emas balki uning atrofida befoyda yoyilishi bilan izohlanadi, bu yoyilayotgan elektr magnit energiya qancha ko'p bo'lsa, shuncha kanal pechidagi eritilayotgan metallning aktiv qarshiligi va quvvat koeffitsiyenti past bo'ladi. Solishtirma elektr qarshiligi kichik bo'lgan metallarni (masalan, mis va alyuminiylarni) eritishda ishlatiladigan induksion kanal pechlarining quvvat koeffitsiyenti past bo'ladi. Pechning quvvat koeffitsiyentini

oshirish uchun odatda induktor chulg'amiga parallel kondensatorlar batareyasi ulanadi.

Kanal pechlarining asosiy afzalliklaridan biri, bu elektrik FIK ning yuqori bo'lishidir. Kanal pechlarida metallarni eritish elektr energiya sarfi kam bo'lgan ish rejimlarida olib boriladi. Masalan, qarshilik elektr pechida bir tonna alyuminiy eritish uchun 500 – 600 kVt sarf bo'lsa, kanal pechida eritilganida esa 450 – 550 kVt sarf bo'ladi. Kanal pechlarida suyultirilgan metallarda elektrodinamik harakatning mavjudligi alohida aralash tirgichlarsiz kimyoviy tarkibi bir jinsli metallarni olish imkonini beradi. Pech vannasi yuzasida metallarning harorati yuqori bo'lmasligi sababli ularning oksidlanish darajasi past bo'lishiga va natijada metall yuzasida qurum kam hosil bo'ladi.

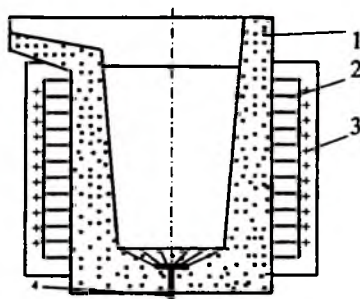
Muhim kamchiliklaridan biri, navbatdagi eritish jarayoni uchun albatta "balchiq" (quyishga tayyor bo'lgan so'yuq metalning pech tubida qoldiriladigan qismi) qoldirish shartligidir. Bir turdagi metall yoki qotishmani eritishdan kimyoviy tarkibi boshqa bo'lgan ikkinchi turdasisiga o'tishning murakkabligi, taglik toshlarning yuqori haroratli metall va qotishmalar uchun tayyorlashning qiyinligi va ularning o'tga chidamliligining pastligi kanal pechlarining asosiy kamchiliklaridir. Hozirda kanal pechlarida qo'llaniladigan futerovka materiallari erish harorati 1350 °C dan yuqori bo'lmagan (rux, alyuminiy, mis, mis asosidagi qotishmalar va h.k.) metall va metall qotishmalarini eritish imkonini beradi.

Qora va ba'zi bir rangli metallarni kanal pechlarida eritilganida taglik toshning yemirilishi tezlashadi. Shuning uchun bunday metallarni eritishda **induksion tigel pechlar** qo'llaniladi (4.6-rasm). Bunday pechlarning asosini o'tga chidamli materialdan yasalgan tigel (1) tashkil etadi. Suv bilan sovutiladigan mis quvurchalardan tashkil topgan chulg'am induktor (2) tigelni o'rab turadi. Tigel va induktor karkas (3) ichiga joylashtiriladi. Karkasning metaldan tayyorlangan qismi elektrik yopiq kontur hosil qilinmaydigan qilib tayyorlanishi kerak. Bundan tashqari, erigan metall zarrachalarining tigel devorlarining mikroskopik g'ovaklariga kirib qolib, tigelning elektr o'tkazuvchanligini oshirib yuborishini nazorat qilish maqsadida, tigelning tubi devori elektr qashiligini nazorat qiluvchi qurilma (4) o'rnatilgan bo'ladi.

Induksion tigel pechlar sanoat chastotali (50 Hz li), o'rta chastotali (159 – 10000 Hz li) va yuqori chastotali (50 – 500 kHz li) turlarga bo'linadi. O'rta chastotali tigel pechlar chastota ko'paytirgichli manbalardan, elektr mexanik va yarim o'tkazgichli chastota o'zgartgichlar

orqali elektr energiya bilan ta'minlanadi. Yuqori chastotali tigel pechlarining elektr energiya manbai sifatida lampali generatorlar qo'llaniladi. Induksion tigel pechlarning asosiy kamchiliklari: pech tubidagi shlak haroratining nisbatan past bo'lishi, katta elektr dinamik kuchlar ta'sirida suyuq metall yuzasining shishib va pasayib turishi, kichik va o'rta sig'imli pechlar uchun yuqori va o'rta chastotali elektr energiya manbalarining bo'lishi shartligi.

Tigel pechi induktorining chiqarayotgan elektr magnit maydon energiyasini tigel ichidagi metallning yutish darajasi induktor tokining chastotasiga, tigel va induktor diametrlarining nisbatiga, metallning elektr fizik xususiyatlariga va o'lchamlariga bog'liqdir. O'z navbatida tigel ichidagi haroratning o'zgarishi eriyotgan metall parchalari o'lchamlarining, magnit singdiruvchanligining va solishtirma qarshiligining o'zgarishiga olib keladi. Bundan shunday xulosa qilish mumkinki, induktor toki chastotasi qiymatini to'g'ri tanlash, tigel pechi ichidagi metallning suyultirilgan holatga kelishi eng kam vaqtda bo'lishini ta'minlaydi.



4.6- rasm. Induksion tigel pechining konstruktiv tuzilishi

Induktor toki chastotasining eng kichik qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$f_{\min} = 25 \cdot 10^6 \rho_{\text{is}} / d_0^2, \quad (4.9)$$

bu yerda  $d_0$  – tigelning diametri, m;  $\rho_{\text{is}}$  – erish darajasidagi issiq metallning solishtirma elektr qarshiligi.

Pech induktori tokining chastotasi (4.9) ifoda bo'yicha hisoblangan hol uchun pechning issiqlik bo'yicha FIK eng yuqori bo'ladi.

Chastota qiymatining pasayishi pechning umumiy FIK ning kamayishiga olib keladi, chastota qiymati oshirilganida esa pechning umumiy FIK qiymati deyarli o'zgarmagan holda quvvat koeffitsiyenti pasayadi. Agar tigel ichki diametrining uyurma toklar zichligining erigan metallga kirib borish chuqurligiga nisbati 3 – 10 bo'lsa, u holda ushbu rejimni taxminlagan induktor tokining chastotasi to'g'ri tanlangan bo'ladi.

(4.0) dan ko'rinib turibdiki, induktor toki chastotasining qiymati tigelning o'lchamlariga, ya'ni uning diametriga teskari proportsionaldir. Tigelning o'lchamlari oshgan sari, ya'ni pech sig'imi oshgan sari induktor toki chastotasining qiymati 50 Hz gacha kamayib boradi. Masalan, 2 – 3 tonnali sig'imga ega tigel pechlar (qora metallarni erituvchi) induktor tokining chastotasi 50 Hz bo'lib, birlamchi yoki ikkilamchi chulg'amlaridagi kuchlanishni pog'onali rostlash mumkin bo'ladigan kuch transformatorlari orqali elektr tarmog'iga ulanadi. O'rta va kichik sig'imli pechlar (po'lat, cho'yan, mis, alyuminiy erituvchi) o'rta va yuqori chastota o'zgartgichlaridan ta'minlanadi.

Tigel pechlarda eriyotgan metall salmog'i bilan induktor o'lchami orasida o'zaro bog'liqlik uning FIK ga ta'sir etadi. Tigel devorlarining qalinroq qilib tayyorlanishi issiqlik isrofini kamaytiradi va pechning issiqlik FIK ni oshirishga olib keladi. Ammo bu tadbir pechning elektrik FIK ni kamaytiradi. Odatda tigel pechlar uchun elektrik FIK  $\eta_{el} = 0,6 - 0,8$  ni tashkil etgan holda uning issiqlik FIK  $\eta_{is} = 0,8 - 0,85$  ga teng bo'ladi. FIK larning katta qiymatlari katta sig'imli pechlarga to'g'ri keladi.

Tigel pechlar uchun uning umumiy FIK

$\mu_T = \eta_{el} \cdot \eta_{is} = 0,5 - 0,7$  ga teng bo'ladi. Tigel pechlarning tabiiy quvvat koeffitsiyenti juda kichik  $\cos \varphi = 0,08 - 0,25$  ga teng bo'lib, uning qiymatini oshirish uchun, induktor chulg'amiga parallel ravishda qo'shimcha kondensatorlar ulash kerak bo'ladi.

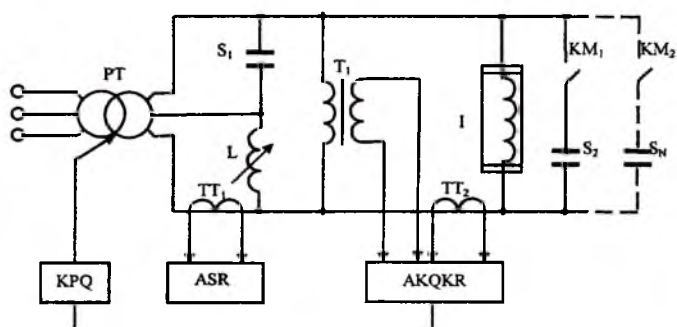
### **4.3. Induksion tigel pechlarni elektr energiya bilan ta'minlash va elektr rejimlarini avtomatik rostlash tizimlari**

Kichik quvvati va kichik sig'imli induksion tigel pechlar 400 – 2500 kVA bo'lgan bir fazali transformatorlardan elektr energiya bilan ta'minlanadilar. Quvvati 1000 kVt dan yuqori bo'lgan pechlarda ham simmetriyalovchi qurilmalar transformatorning ikkilamchi chulg'amiga

ulanadi. Kichik quvvatli pechlar uch fazali elektr tarmog'ining har bir fazasiga alohida bir fazali transformatorlar orqali ulanib, bir paytda har bir fazada bittadan pechning ishlab turishi kafolatli bo'lganida bu pechlar uchun simmetriyalovchi qurilmadan foydalanilmaslik mumkin bo'ladi.

Katta sig'imli induksion tigel pechlar (sig'imi 2 t va undan katta va quvvati  $P \geq 1000 \text{ kVt}$ ) uch fazali pasaytiruvchi transformatorlar (quvvati 1000, 2500 va 6300 kVA bo'lgan) orqali yuqori kuchlanishli tarmoqqa ulanib, ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanish pechning ishlashi davomida rostlanishi va rostlanish pog'onalari soni esa 9 – 23 bo'lishi mumkin.

4.7-rasmda sanoat chastotasida ishlaydigan induksion tigel pechning uch fazali elektr tarmog'iga uch fazali pech transformatori orqali ulanishi va elektr rejim ko'rsatkichlarini avtomatik rostlashning funksional sxemasi keltirilgan.



**4.7-rasm.** Sanoat chastotasida ishlaydigan induksion tigel pechi avtomatik boshqarish tizimining funksional sxemasi

Simmetriyalovchi qurilma birinchi va ikkinchi fazalar orasiga ulangan induktivligi magnit zanjiridagi havo bo'shlig'ini o'zgartirish orqali rostlanuvchi L reaktor, ikkinchi va uchinchi fazalar orasiga ulangan kondensatorlar batareyasi S<sub>1</sub> va faza tokini nazorat qilish uchun ulangan tok transformatori TT<sub>1</sub> lardan iborat. Sig'imi 2 tonnadan va quvvati 1000 kVt dan kam bo'lmagan induksion tigel pechlarda simmetriyalovchi qurilma pech transformatorining ikkilamchi chulg'amiga ulanadi va uning ishlashi avtomatik simmetriyalovchi rostlagich ASR yordamida amalga oshiriladi.

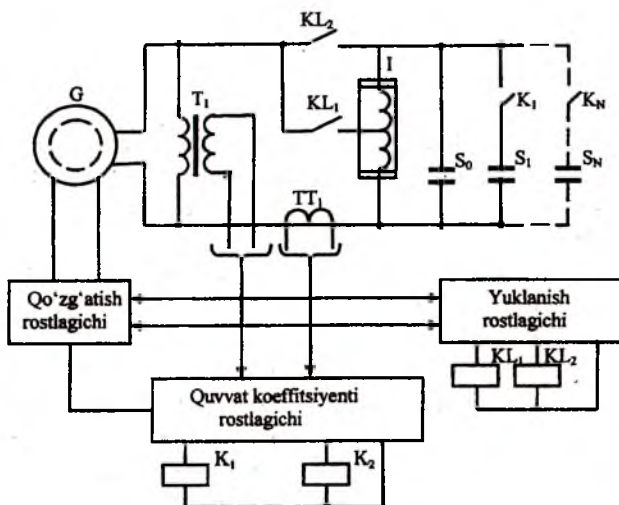
Bunday pechlarda texnologik jarayon vaqtida avtomatik kuchlanishni va quvvat koeffitsiyentini rostlovchi AKQKR rusumli rostla-

gichlar qo'llaniladi. Induktor chulg'ami I ga berilayotgan kuchlanishning qiymati pech transformatori PT ning ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanishni pog'onali roslashga xizmat qiluvchi qayta ulagich PKQ yordamida boshqarish AKQKR orqali amalga oshiriladi. Texnologik jarayondan kelib chiqqan holda kondensatorlar batareyasidagi kerakli  $S_2-S_N$  kondensatorlarning ulanishi AKQKR dagi magnitli kotaktor KM1-KMN larning ulanishi natijasida pechning quvvat koeffitsiyenti roslanib turiladi.

Kichik va o'rta quvvatdagi pechlar elektr mashina va tiristorli chastota o'zgartgichlar orqali ishlatiladi. Elektr mashina chastota o'zgartgichlar VPCh rusumli chastota qiymati 2400 va 6000 Hz bo'lib quvvati 12 – 100 kVt qilib tayyorlanadi, VEP rusumlilarning esa shu qiymatli chastotalar uchun quvvati 60 – 100 kVt qilib tayyorlanadi. Bundan tashqari OPCh (bir fazali chastota o'zgartgich) rusumli elektr mashina chastota o'zgartgichlar chastota qiymati 2400, 4000, 8000 va 1000 Hz li quvvati 250, 320, 500 kVt li qilib ishlab chiqarilmoqda.

4.8 – rasmda ta'minot manbai sifatida elektr mashinali chastota o'zgartgich qo'llanilgan o'rta chastotalarda ishlaydigan induksion tigel pechning tarmoqqa ulanish va elektr rejim ko'rsatkichlarini avtomatik roslashning funksional sxemasi keltirilgan. O'rta chastotada ishlaydigan induksion tigel pechlari elektr rejimlari ko'rsatkichlarini avtomatik roslash tizimi qo'zg'atish, quvvat koeffitsiyenti va yuklanish roslagichlaridan tashkil topgan bo'ladi. Qo'zg'atish roslagichi generator G qo'zg'atish chulg'amidagi qo'zg'atish tokini yuklanish va quvvat koeffitsiyenti qiymatlarini hisobga olgan holda roslash hisobiga induktor I chulg'amiga berilayotgan kuchlanishni avtomatik ravishda roslaydi. Induktor chulg'amiga berilayotgan kuchlanishni transformator  $T_1$  va tokni tok transformatori  $TT_1$  vositalarida nazorat qilgan holda quvvat koeffitsiyentini berilgan qiymatda ushlab turish kondensatorlar batareyasidagi kondensatorlar  $C_1-C_N$  ni  $K_1-K_N$  kontaktorlar yordamida induktorga parallel ulash bilan amalga oshiriladi.  $KL_1$  va  $KL_2$  kontaktorlarning vazifasi induktordagi yuklanishni roslashdan iboratdir.

Quyidagi 4.1-jadvalda mashinasozlik sanoat korxonalarida keng qo'llaniladigan o'rta chastotada ishlaydigan induksion tigel pechlarning asosiy texnik ko'rsatkichlari keltirilgan.



4.8-rasm. O'rtta chastotada ishlaydigan induksion tigel pechi avtomatik boshqarish tizimining funksional sxemasi

4.1-jadval

Induksion tigel pechning nomlanishi	Pechning rusumi	Quvvati, kVt	Chastota, Gts	Induktordagi kuchlanish, V	Eng yuqori ishchi harorat, °C	Tigelling sig'imi, t
Po'lat erituvchi	ИСТ - 1	1500	100	2000	1650	1,0
	ИСТ- 2,5	500	500	1910	1600	2,5
Po'lat va cho'yan erituvchi	ИЧТ-2,5	700	50	943	1650	2,5
	ИЧТ-6	1180	50	1153	1650	5,0
Alyuminiy va uning qotishmalarini erituvchi	ИАТ-1	300	50	518-173	750	1,0
	ИАТ-6	1030	50	1160-290	750	6,0
Po'lat va maxsus qotishmalarni erituvchi vakuumli	ИСВ-0,16-ПИ	100	2400	465	1800	0,16
	ИСВ-0,06-PF	100	2400	500	1700	0,06

#### 4.4. Metallarni oraliq qizdiruvchi induksion qurilmalar

Yarim tayyor mahsulotlarni issiq holda deformatsiyalash (prokat, qoliplash va h.k.), po'latni issiqlik bilan qayta ishlash (oraliq toblash, sekin sovutish) va payvandlash kabi texnologik amallarni bajarishda oraliq induksion qizdirish usuli qo'llaniladi. Oraliq induksion qizdirish qurilmalarida chastota qiymati 50 – 10000 Hz bo'lgan toklardan foydalaniladi. Induksion oraliq qizdirish toki chastotasining qiymati qurilmaning eng kam sarf harajatli bo'lishi va FIK ning yuqori bo'lishini hisobga olgan holda tanlanadi. Qurilmaning FIK quyidagi ikki tashkil etuvchidan tashkil topadi:

$$\eta_{ind} = \eta_{is} \cdot \eta_{el}, \quad (4.10)$$

bu yerda,  $\eta_{is}$  – induktor – jism tizimining issiqlik bo'yicha FIK;  $\eta_{el}$  – shu tizimning elektrik FIK.

Tok chastotasining qiymati oshishi bilan  $\eta_{el}$  ning qiymati ham oshib boradi, chunki qizdirilayotgan jism tomonidan yutilayotgan quvvat  $P$  ning qiymati  $\sqrt{f}$  marta oshadi. Chastota qiymati oshishi bilan elektr magnit to'lqinlarning jismga kirib borish chuqurligi kamayadi, qizdirish vaqti cho'ziladi. Natijada issiqlik isrofi oshadi, bu esa o'z navbatida  $\Delta$  ning kamayishiga olib keladi. Silindrik ko'rinishdagi po'latdan yasalgan jismni oraliq qizdirish qurilmasida qizdirganimizda zarur bo'ladigan tok chastotasining qiymati quyidagi taqribiy formula bilan aniqlanadi:

$$f \approx 3 \cdot 10^4 / d_0^2, \quad (4.11)$$

bu yerda,  $d$  – qizdirilayotgan jismning diametri, sm.

Chastota qiymatining oshishi chastota o'zgartgichda, tok uzatuvchi qurilmalar va kondensatorlarda quvvat isrofining oshishiga olib keladi. Bundan tashqari o'rta chastotali toklarni hosil qilish uchun albatta chastota o'zgartgichlarning qo'llanilishi shartligi induksion qizdirish qurilmalarning tannarxini oshirib yuboradi.

Qizdirilayotgan jism elektr magnit xususiyatlarining haroratiga bog'liqligini hisobga olish, qizdirish vaqtini kamaytirishga imkon beradi. Ma'lumki, sovuq holatdagi metalda elektr magnit to'lqinlarning



kirib borish chuqurligi issiq holatidagiga nisbatan kichik bo'ladi (4.2b-rasmga qarang). Shuning uchun, iqtisodiy nuqtai nazardan qaraganda sovuq holatdagi metallarni issiq holatdagi metallarnikiga nisbatan kichik chastotada qizdirish kerak bo'ladi. Shuni hisobga olgan holda, ikki xil chastotali katta quvvatli induksion qizdirish qurilmalarni yaratish iqtisodiy jihatdan o'zini to'liq oqlaydi.

Berilgan o'lchamdagi jismlarning zaruriy ma'lum qatlamli yuzasini qizdirish uchun induksion qizdirish qurilmasining chastotasini to'g'ri tanlash kerak bo'ladi.

Qizdirilayotgan jism ma'lum qatlami eng ostki qismi harorati bilan jism yuzasidagi harorat o'rtasidagi farq uncha katta bo'lmagan holda, jismning kesimi bo'yicha issiqlik ajralib chiqayotgan ushbu qatlami **qizish chuqurligi** deyiladi. Qizdiruvchi induksion qurilmalarda qizdirilayotgan jismda zaruriy qizish chuqurligini amalga oshirish bilan bir qatorda jism sirtidagi harorat va FIK ning yuqori bo'lishi tok chastotasining to'g'ri tanlanishiga to'g'ridan – to'g'ri bog'liqdir. Qizdirilayotgan silindrik jism uchun ushbu shart  $\Delta_{uc} > (0,25 - 0,45)r_0$  bajarilsa ( $r_0$  – qizdirilayotgan silindrik jismning radiusi, sm), ya'ni  $r_0 > (3 - 5)$  bo'lganida yoki qizdirilayotgan jism yassi ko'rinishga ega bo'lganda  $2h/\Delta > (4 - 8)$  sharti bajarilsa ( $h$  – yassi jismning qalinligi, sm), u holda qizish chuqurligini ta'minlovchi induktor tokining chastotasi to'g'ri tanlangan bo'ladi.

Induksion oraliq qizdirish qurilmalari ish tavsifiga ko'ra **davriy va uzluksiz** ish rejimida ishlovchi turlarga bo'linadi.

Uzluksiz ish rejimida ishlovchi induksion qizdirish qurilmalarida bir vaqtning o'zida bir nechta yarim tayyor buyumlar bo'lishi mumkin. Yarim tayyor buyumlar berilgan haroratgacha qizdirilganidan so'ng induktordan chiqariladi va o'rniga o'rin hali sovuq bo'lgan boshqa yarim tayyor buyum kiritiladi. Davriy tavsifda ishlaydigan qizdiruvchi qurilma induktorining bo'yiga nisbatan uzluksiz rejimda ishlaydigan induksion qurilma induktorining bo'yi uzunroq bo'ladi, biroq shunga qaramay issiqlik bilan ishlov berilgan buyumning qurilmadan chiqishi jadalroq bo'ladi. Uzluksiz ish rejimida ishlaydigan qizdiruvchi qurilmaning butun qizdirish davrida manbadan olayotgan quvvati deyarli o'zgarmaydi. Ayniqsa bu holat, ferromagnit materialdan tayyorlangan buyumlarni qizdirishda aniq kuzatiladi. Bir vaqtning o'zida magnit holatini o'zgartiruvchi yuqori harorat bilan qizigan va hali

magnit holatini o'zgartiruvchi haroratgacha qizimagan ferromagnit buyumlarning induktorda bo'lishi bilan izohlanadi.

Davriy ish rejimida ishlaydigan qizdiruvchi qurilmalarda ferromagnit materialdan tayyorlangan buyumlarni qizdirish jarayonining boshlanishida iste'mol qilinayotgan quvvati 20 – 30% ga oshadi va so'ngra to 60 – 70% gacha kamayadi. Bu quvvatning o'zgarishi qizdirish jarayonida buyumning elektr qarshiligi va magnit sindiruvchanligining o'zgarishi bilan bog'liqdir (4.2b-rasmga qarang).

Uzluksiz ish rejimida ishlaydigan qizdiruvchi qurilmalarning induktor o'qi bo'ylab bir nechta buyum joylashishi mumkin. Qizdirish davrida buyumlar induktor o'qi bo'ylab chiziqli harakatda bo'lib, texnologik talablardan kelib chiqqan holda belgilangan haroratgacha qizdiriladi. Iste'mol qilinayotgan quvvatning o'zgarishi tavsifi arrasimon ko'rinishda bo'lib, uning o'zgarish xarakteri sovuq buyumning induktorning qay tomonidan kiritilishiga bog'liqdir. Uzluksiz ish rejimida ishlaydigan qizdiruvchi qurilmaning iste'mol qilayotgan quvvatining o'rtacha qiymati davriy ish rejimida ishlaydigan qurilmanikiga nisbatan yuqori bo'ladi.

Induksion qizdirish qurilmalarining soni ko'p bo'lgan hollarda ular markazlashgan holda elektr energiya bilan ta'minlanadi (masalan, quvvati yetarli darajada bo'lgan tiristorli chastota o'zgartgich orqali). Buyumlarni qizdirish vaqtida texnologik jarayonni buzmaslik maqsadida, induksion qizdirish qurilmalarning umumiy ta'minot shinalaridagi kuchlanishni bir xil ushlab turish uchun, kuchlanish rostlagichlari qo'llaniladi. Ba'zi hollarda, issiqlik bilan ishlov berilayotgan buyumning geometrik shakli o'zgarishi natijasida ish rejimini rostlab borish maqsadida induktor elektr tarmog'iga avtotransformator orqali ham ulanadi.

Davriy ish rejimida ishlaydigan induksion qizdirish qurilmalarning quvvati 150 va 250 kVt qilib tayyorlanadi. Ularning elektr energiya manbalari sifatida chastotasi 1 – 10 kHz gacha o'zgaradigan elektr mashina o'zgartgichlar qo'llaniladi. Qizdiruvchi qurilmada po'latdan tayyorlangan buyumlarga issiqlik bilan berishda har tonnasiga 400 – 500 kVt.soat elektr energiya sarf bo'ladi. Induktor tokining chastotasi 50 Hz bo'lganida po'latdan tayyorlangan buyumning har tonnasiga issiqlik bilan ishlov berilganida 340 – 380 kVt.soat hamda alyuminiydan tayyorlangan buyumlar uchun esa 320 – 340 kVt.soat elektr energiya sarf bo'ladi.

#### 4.5. Induksion toblovchi qurilmalar

Detallarning tashqi yuzasini toblashdan maqsad yuza qattiqligini oshirish va ma'lum bir qalinlikda detal yuzasida qattiqlik darajasi yuqori bo'lgan qatlam hosil qilishdir. Detailning ishlatilish shart – sharoitidan kelib chiqqan holda toblash qatlami qalinligi  $Z_q$  tanlanadi. Yuzasi sidiriladigan ish rejimida ishlaydigan detallar uchun  $Z_q = 2 - 3$  mm va yuzasi sidirilishdan tashqari shuningdek eziladigan detallar uchun  $Z_q = 4 - 5$  mm qilib tanlanadi. Odatda toblanadigan qatlam qalinligi  $Z_q = (0,007 - 0,15) d_0$  ifoda bilan aniqlanadi va bu yerda  $d_0$  – detailning diametri yoki qalinligi.

Yuza toblash jarayonining asosiy xususiyati yuqori tezlikda qizdirilishi, ya'ni qizdirilish tezligi  $100 - 500$  °C/sekund jadallikda amalga oshiriladi. Shunda detailni to'liq faqat zaruriy yuzasigina qizdirilib, butun detal qizdirilmaydi. Toblash jarayoni bir necha sekundlarda tugaydi. Detailning toblanayotgan qatlamida haroratning zaruriy taqsimlanishiga erishilganidan so'ng detailni kerakli tezlikda va bir tekis sovutishga erishish kerak. Sovutish tezligi detal materialining turi va naviga bog'liq bo'lib, odatda bu tezlik  $600 - 800$  °C/sekund ni tashkil etadi.

Induksion qurilma tokining chastotasi, solishtirma yuza quvvati, qizitish vaqti, qizitish usullari va induktorning o'lchamlari toblash qurilmasining asosiy ko'rsatkichlaridir.

Toblash uchun tanlanadigan chastota qiymati tok zichligining kirib borish chuqurligining toblanish qatlami qalinligiga nisbati bilan belgilanadi, ya'ni qizdirishning chuqurlikda yoki yuzani qizdirish usullaridan qay biri amalga oshirilayotganligiga bog'liqdir. Odatda chuqurlikda qizdirishdagi qizdirilayotgan qatlam quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$0,25Z_q \leq \Delta_{is} \leq Z_q. \quad (4.12)$$

U holda chastotaning o'zgarish oralig'i quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\frac{1,5 \cdot 10^2}{Z_q^2} < f < \frac{25 \cdot 10^2}{Z_q^2}, \quad (4.13)$$

bu yerda,  $Z_q$  – toblanayotgan qatlamning qalinligi, m. Toblash qurilmasi FIK ning eng katta qiymatiga erishishi chastotaning quyidagi qiymatiga to‘g‘ri keladi

$$f = \frac{6 \cdot 10^2}{Z_q^2} \quad (4.14)$$

Shuni alohida qayd qilish kerakki, induksion toblashning boshqa turdagi toblashlardan farqi mana shu qizish qatlamida namoyon bo‘ladi. Bunda issiqlik qizdirilayotgan qatlam ichidagina ajralib chiqadi, shuning uchun ham qizish tezligi yuqori bo‘ladi va natijada FIK ham yuqori bo‘ladi. Odatda induksion toblash jarayonida birlik yuzaga to‘g‘ri keladigan quvvat  $R_{yuz\alpha} = (1,2 - 1,3)10^4$  kVt/m<sup>2</sup> bo‘lib, manbaning quvvati

$$P_u = (1,2 - 1,3) \cdot 10^4 \cdot P_{yuz\alpha} \cdot S_{yuz\alpha}, \quad (4.15)$$

bu yerda,  $S_{yuz\alpha}$  – toblanayotgan qatlam yuzasi, m<sup>2</sup>; (1,2 – 1,3) – bevosita induktorda va elektr boshqa qurilmalarda quvvat isrofini hisobga oluvchi koeffitsiyent.

Toblovchi qurilmalarda ta‘minot manbai sifatida turli o‘zgartgichlar qo‘llaniladi. Asosan VPCh va OPCh rusumli elektr mashina o‘zgartgichlar (chastota qiymati 2400 va 8000 Hzli va quvvati 100 va 200 kVt), chastota qiymati 150 – 1000 Hz oraliqda rostlanuvchi tiristorli chastota o‘zgartgichlar va yuqori chastotali lampali generatorlar ishlatiladi.

#### 4.6. Induksion qurilmalarni elektr energiya bilan ta‘minlash

Induksion qurilmalarning elektr energiya manbalari sifatida pech transformatorlari (50 Hz chastotada ishlaydigan qurilmalar uchun), elektr mashina va yarim o‘tkazgichli chastota o‘zgartgichlar (500 – 10000 Hz chastotalarda ishlaydigan qurilmalar uchun) va lampali generatorlar (60 kHz va undan katta qiymatli chastotalarda ishlaydigan qurilmalar uchun) qo‘llaniladi.

Bir fazali va uch fazali pech transformatorlari asosan eritish qurilmalarida ishlatiladi. Transformatorlarning ikkilamchi chulg‘amlarida kuchlanish pog‘onali rostlanadi. Pog‘onalar soni 9 dan 23 gacha

bo'lishi mumkin. Eritish jarayonlarida eritilayotgan metalning massasi katta bo'lgani uchun pechlarda issiqlik jarayoni juda sekin kechadi, ya'ni inersionlik katta bo'lgani sababli pog'onalarni ulash uchun elektr mexanik qayta ulagichlardan (kontaktorlardan) foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Elektr mashina chastota o'zgartgichlar odatda asinxron yoki sinxron va induktor generatoridan iborat bo'ladi. Elektr mashina generatorlar massasining kattaligi va ularni o'rnatish uchun alohida fundamentlar bo'lishi kerakligi, ishlashi vaqtida shovqun va tebranishlarning yuzaga kelishi sababli hozirgi paytga kelib ularni yarim o'tkazgichli chastota o'zgartgichlar bilan almashtirilmogda. O'zgarma tokli bo'g'ini bo'lgan bilvosita rusumli bir fazali tiristorli chastota o'zgartgichlar oraliq qizdiruvchi induksion qizdiruvchi qurilmalarning elektr energiya manbalari sifatida keng qo'llanilmoqda.

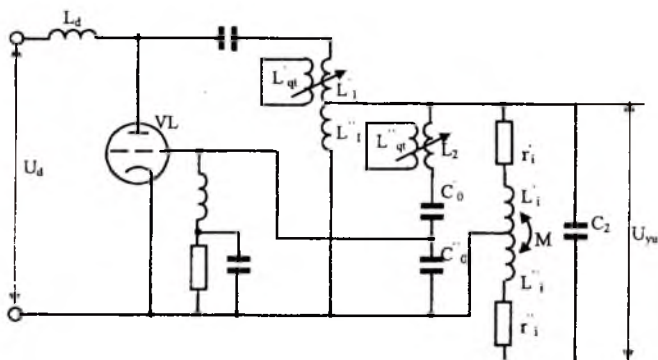
Yuqori chastotali induksion qurilmalarni elektr energiya bilan ta'minlashda lampali generatorlar qo'llaniladi. Lampali generatorlarning asosini yuqori kuchlanishli o'zgarma tok manbasi (5 – 15 kV li manba) tashkil etgan bo'lib, uning chiqish qismi silliqlovchi drossel orqali tebranish konturiga ulanadi. O'zgarma tok manbai uch fazali kuchaytiruvchi transformatori va filtrli to'g'irlagichdan iborat bo'ladi.

Ko'pgina hollarda lampali generatorlar tebranma konturi ikki konturli bo'lib, VL lampali va tok bo'yicha musbat teskari bog'lanishli sxema bo'yicha yig'ilgan bo'ladi (4.9-rasm). Anod konturi induktivligi ikki qismdan iborat bo'lib, ularning biriga parallel yuklanish konturi  $L_1C_2$  ulanadi. Anod konturining qismlaridagi induktivlik uning ichida joylashtirilgan qisqa tutashtirilgan g'altak  $L_{qt}$  ni harakatlantirish yordamida rostlanadi. Bu esa yuklanish konturidagi kuchlanishni o'zgartirishga olib keladi va natijada induktorning kuchlanishi ham o'zgartiradi.

Generator tebranma konturi ish rejimi energetik ko'rsatkichlarining optimal bo'lishi kuchlanish bo'yicha teskari bog'lanish ta'sirida amalga oshiriladi. Teskari bog'lanish zanjiridagi kuchlanish, qisqa tutashtirilgan induktivlik  $L_{qt}$  ni rostlash natijasida lampa VL ning boshqarish to'ri  $L_2C_0$  zanjirida shakllanadi.

Sanoat chastotasida ishlaydigan induksion eritish pechlarida tabiiy quvvat koeffitsiyenti past bo'ladi va uni oshirish maqsadida kondensatorlardan foydalaniladi. Uzluksiz ishlaydigan induksion qurilmalarining elektr energiya bilan ta'minlash tavsifi deyarli bir tekis

bo'ladi. Davriy ish rejimida ishlaydigan qurilmalarning esa elektr energiya bilan ta'minlash tavsifi notekis bo'ladi.



4.9-rasm. Ikki konturli lampali generatoring ekvivalent sxemasi

Bu notekislik texnologik jarayonning xususiyatiga va issiqlik bilan ishlov berilayotgan detal materialiga bog'liqdir. Ishlab chiqarishda har xil ish rejimida ishlaydigan induksion eritish va qizitish qurilmalarining ishini to'g'ri tashkil etish korxonasi yoki sexning elektr energiya bilan ta'minlash tavsifini tekislashga olib keladi.

### Nazorat uchun test savollari

#### 1. Induksion qizdirish qurilmalarida metallarni qizdirishning fizik mohiyati qaysi variantda to'g'ri ko'rsatilgan?

A. Metallarni o'zgarmas tok elektr magnit maydoniga joylashtirilganida hosil bo'ladigan uyurma toklarning harakati natijasida qiziydi;

B. Metallarni o'zgaruvchan tok elektr maydoniga joylashtirilganida ularda hosil bo'ladigan uyurma toklarning harakati natijasida qiziydi;

S. Metallarni o'zgaruvchan tok elektr magnit maydoniga joylashtirilganida hosil bo'ladigan uyurma toklarning harakati natijasida qiziydi;

D. Metallarni o'zgarmas tok elektr maydoniga joylashtirilganida hosil bo'ladigan uyurma toklarning harakati natijasida qiziydi.

**2. Induksion qizdirish qurilmalarida qizdirilayotgan metall yuzasidan ichkariga qarab uyurma toklarning kirib borish chuqurligini ifodalovchi empirik formula qaysi variantda to'g'ri yozilgan?**

A.  $\Delta = 503 \sqrt{\frac{\mu_2}{\rho f}}$ ; B.  $\Delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_2 / f}}$ ; S.  $\Delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_2 f}}$ ; D.  $\Delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_2 \sqrt{f}}}$ ;

**3. Qizishi davridagi Kyuri nuqtasida ferromagnit materiallarning qaysi fizik ko'rsatkichlari qiymatlari shiddat bilan katta qiymatga o'zgaradi?**

A. Nisbiy magnit singdiruvchanligi, solishtirma elektr qarshiligi, uyurma toklarning kirib borish chuqurligi, issiqlik o'tkazuvchanligi;

B. Nisbiy magnit singdiruvchanligi, solishtirma elektr qarshiligi, issiqlik o'tkazuvchanligi;

S. Nisbiy magnit singdiruvchanligi, solishtirma elektr qarshiligi, issiqlik o'tkazuvchanligi;

D. Nisbiy magnit singdiruvchanligi, uyurma toklarning kirib borish chuqurligi.

**4. Induksion qizdirish qanday fizik jarayon?**

A. O'zgaruvchan tok elektr energiyasini issiqlik energiyasiga o'zgartirish jarayoni.

B. O'zgaruvchan tok elektrmagnit energiyasini issiqlik energiyasiga o'zgartirish jarayoni.

S. O'zgaruvchan tok magnit energiyasini issiqlik energiyasiga o'zgartirish jarayoni.

D. O'zgaruvchan tok elektrmagnit energiyasini issiqlik energiyasiga o'zgartirish jarayoni.

**5. Induksion kanal pechi qanday asosiy konstruktiv elementlardan tashkil topgan?**

A. Induktor chulg'ami, pech kanali, pech vannasi.

B. Induktor chulg'ami, po'lat o'zak, pech vannasi.

S. Induktor chulg'ami, po'lat o'zak, pech kanali, pech vannasi.

D. Induktor chulg'ami, po'lat o'zak, pech kanali.

**6. Induksion tigel pechlar elektr energiya manbai tokining chastotasi bo'yicha qanday turlarga bo'linadi?**

A. Sanoat chastotali (50 Hz li), va yuqori chastotali (50 – 500 kHz li) turlarga bo'linadi.

B. Sanoat chastotali (50 Hz li), o'rta chastotali (159 – 10000 Hz li) va yuqori chastotali (50 – 500 kHz li) turlarga bo'linadi.

S. O'rta chastotali (159 – 10000 Hz li) va yuqori chastotali (50 – 500 kHz li) turlarga bo'linadi.

D. Sanoat chastotali (50 Hz li) va o'rta chastotali (159 – 10000 Hz li).

**7. Induksion tigel pechi qanday asosiy konstruktiv elementlardan tashkil topgan?**

A. Korpus, futerovka, tigeldan tashkil topgan.

B. Korpus, induktor, tigeldan tashkil topgan.

S. Korpus, induktor, futerovka, tigeldan tashkil topgan.

D. Induktor, futerovka, tigeldan tashkil topgan.

**8. Induktor toki chastotasining eng kichik qiymati qaysi variantdagi ifodada to'g'ri ko'rsatilgan?**

A.  $f_{\min} = 25 \cdot 10^6 \rho_{is} / d_0^4$ , B.  $f_{\min} = 25 \cdot 10^6 \rho_{is} / d_0^2$ ,

S.  $f_{\min} = 25 \cdot 10^5 \rho_{is} / d_0^2$ , D.  $f_{\min} = 25 \cdot 10^6 \rho_{is} / d_0^3$ .

**9. Induksion qurilmalarda qanday fizik effektlar kuzatiladi?**

A. Yaqinlik, halqa va elektr dinamik effektlar kuzatiladi.

B. Yaqinlik, va elektr dinamik effektlar kuzatiladi.

S. Yaqinlik va halqa effektlar kuzatiladi.

D. Yaqinlik, halqa va elektrstatik effektlar kuzatiladi.

**10. Tok zichligining jism yuzasidan ichkariga kirib borishi o'zgarishini aniqlovchi formula variantlarning qaysi birida to'g'ri keltirilgan?**

A.  $\Delta = 503 \sqrt{\rho + \mu_r \cdot f}$ , B.  $\Delta = 503 \sqrt{\rho \mu_r \cdot f}$

S.  $\Delta = 503 \sqrt{\rho / \mu_r \cdot f}$ , D.  $\Delta = 503 \sqrt{\rho / \mu_r + f}$ .



**11. Sanoat chastotasida ishlaydigan induksion pech va qurilmalarda induktor kuchlanishi qanday rostlanadi?**

A. Rostlanuvchi transformator, tiristorli o'zgaruvchan tok o'zgartkichi, asinxron generatorlar yordamida rostlanadi.

B. Rostlanuvchi transformator, tiristorli o'zgaruvchan tok o'zgartkichi, sinxron va asinxron generatorlar yordamida rostlanadi.

S. Rostlanuvchi transformator, sinxron va asinxron generatorlar yordamida rostlanadi.

D. Rostlanuvchi transformator, tiristorli o'zgaruvchan tok o'zgartkichi, sinxron generatorlar yordamida rostlanadi.

**12. Induksion tigel pechlarining avtomatik boshqarish tizimidagi simmetriyalovchi qurilma nima uchun kerak?**

A. Pech induktoriga berilayotgan kuchlanishni rostlash uchun.

B. Pech induktori tokini rostlash uchun.

S. Pech ta'minlanadigan uch fazali tarmoqdagi yuklanishning simmetrik bo'lishi uchun.

D. Pechning quvvat koeffitsiyentini oshirish uchun.

**13. Induksion tigel pechlarining avtomatik boshqarish tizimidagi kondensatorlar nima uchun kerak?**

A. Pech induktoriga berilayotgan kuchlanishni rostlash uchun.

B. Pech induktori tokini rostlash uchun.

S. Pech ta'minlanadigan uch fazali tarmoqdagi yuklanishning simmetrik bo'lishi uchun.

D. Pechning quvvat koeffitsiyentini oshirish uchun.

**14. Induksion qurilmalarning elektr energiya bilan ta'minlashda qanday yarim o'tkazgichli elektr energiya manbalari sifatida qo'llaniladi?**

A. Asinxron va sinxron generatorli elektr mexanik chastota o'zgartkichlar, o'zgaruvchan tok tiristorli kuchlanish o'zgartkichlar.

B. Yarim o'tkazgichli chastota o'zgartkichlar, o'zgaruvchan tok tiristorli kuchlanish o'zgartkichlar.

S. Asinxron generatorli elektr mexanik chastota o'zgartkichlar, yarim o'tkazgichli chastota o'zgartkichlar, o'zgaruvchan tok tiristorli kuchlanish o'zgartkichlar.

D. Asinxron va sinxron generatorli elektr mexanik chastota o'zgartkichlar.

**15. Induksion qurilmalarning elektr energiya bilan ta'minlashda qanday elektrmexanik chastota o'zgartkichlar elektr energiya manbalari sifatida qo'llaniladi?**

A. Asinxron va sinxron generatorli elektrmexanik chastota o'zgartkichlar, o'zgaruvchan tok tiristorli kuchlanish o'zgartkichlar.

B. Yarim o'tkazgichli chastota o'zgartkichlar, o'zgaruvchan tok tiristorli kuchlanish o'zgartkichlar.

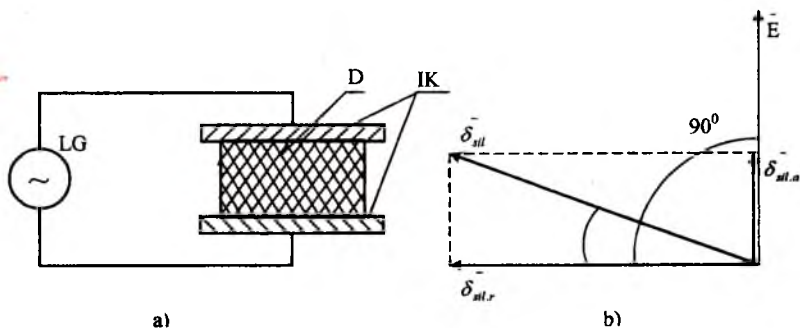
S. Asinxron generatorli elektrmexanik chastota o'zgartkichlar, yarim o'tkazgichli chastota o'zgartkichlar, o'zgaruvchan tok tiristorli kuchlanish o'zgartkichlar.

D. Asinxron va sinxron generatorli elektrmexanik chastota o'zgartkichlar.

## V BOB. DIELEKTRIKLARNI QIZDIRISH

### 5.1. Dielektrlarni qizdirish nazariyasi to'g'risida asosiy ma'lumotlar

Dielektrlarni qizdirish yuqori chastotali o'zgaruvchan tok maydonida amalga oshiriladi (5.1a-rasm). Qizdirilayotgan dielektrik (D) ishchi kondensator (IK) elektrodleri orasiga joylashtiriladi va bu elektrodler yuqori chastotali kuchlanish manbai bo'lgan lampali generator (LG) ga ulangan. Dielektrlarda ozod elektronlarning bo'lmisligi sababli, ularni o'zgaruvchan tok maydoniga joylashtirilganida ularda o'tkazuvchi tok hosil bo'lmaydi, balki zaryadlangan elektr zarrachalarning tebranishi natijasida siljish toki yuzaga keladi.



5.1-rasm. Dielektrik qizdirish qurilmasining sxemasi (a) va vektor diagrammasi (b)

Elektr va magnit maydonlari kuchlanganliklari  $E$  va  $H$  larning sinusoidal ko'rinishga ega bo'lgan holdagi hamda qizdirish jarayonida elektr magnit maydoni energiyasi faqat qizdirishga sarf bo'lib isrof bo'lmaydi deb qaralgan ideal holat uchun siljish tokining zichligi ifodasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\vec{\delta}_{sil} = -j\omega\epsilon_0\epsilon E, \quad (5.1)$$

bu yerda,  $\varepsilon$  – nisbiy dielektrik siljuvchanlik;  $\varepsilon_0$  – qanday birliklar tizimi qabul qilinganiga bog‘liq bo‘lgan o‘lchov koeffitsiyenti;  $E$  – elektr maydoni kuchlanganligi.

(5.1) dan ko‘rinib turibdiki, siljish toki zichligi vektori elektr maydoni kuchlanganligi vektoridan 90 elektr gradusiga oldinga o‘tgan holda bo‘ladi, ammo dielektriklarni real qizdirish jarayonida elektr magnit energiyasi ma’lum qismi isrof ham bo‘ladi. Bu esa o‘z navbatida siljish toki zichligi  $\vec{\delta}_{ni}$  ni aktiv  $\vec{\delta}_{ni,a}$  va reaktiv  $\vec{\delta}_{ni,r}$  tashkil etuvchilardan iborat ekanligini bildiradi (5.1b – rasm).

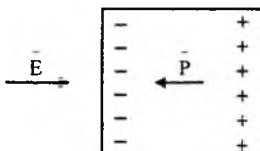
Qizdirilayotgan dielektrikning solishtirma hajmi uchun sarf bo‘ladigan elektrmagnit quvvatning qiymati ushbu matematik ifoda bilan hisoblanadi [7]:

$$\rho = 5,55 \cdot 10^{-7} \operatorname{tg} \delta f E^2, \quad (5.2)$$

bu yerda,  $f$  – elektr magnit maydon chastotasi.

(5.2) dan ma’lum bo‘lyaptiki, dielektrikni qizdirish jarayonida ajralib chiqadigan quvvat elektrmagnit maydon ko‘rsatkichlariga ( $E$  va  $f$ ) va shuningdek dielektrikning xususiyatlariga ( $\varepsilon$  va  $\operatorname{tg} \delta$ ) bog‘liq ekan.

Dielektrikni elektr maydon kuchlanganligi  $E$  bo‘lgan tashqi elektr maydon oralig‘iga joylashtirganimizda bog‘langan zaryadlarning bo‘linishi sodir bo‘ladi va yo‘nalishi tashqi maydon yo‘nalishiga teskari bo‘lgan ichki elektr maydoni  $\vec{P}$  yuzaga keladi (5.2-rasm).

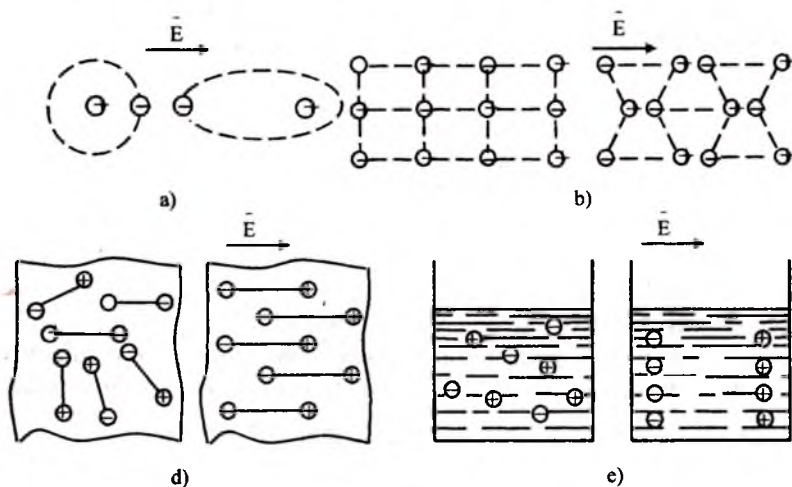


5.2-rasm. Elektr maydon ta’sirida dielektrikning qutblanishi

Quyida dielektriklar qutblanishi turlarining fizik asoslarini ko‘rib chiqamiz.

**1) Elektron qutblanish.** Ba’zi bir materiallarning atomlari yoki molekularining elektrik musbat va manfiy zaryadlari markazlari o‘zaro mos tushgan bo‘ladi. Masalan, vodorod atomi elektronlar qobug‘ining

geometrik markazi yadro markazi bilan mos keladi (5.3a-rasmning chap tomonidagi vodorod atomining sxematik tasviri). Vodorod tashqi maydon oralig'iga joylashtirilganida esa zaryadlarning o'ng tomonga ma'lum siljishi sodir bo'ladi va shundan so'ng vodorod atomi dipol xususiyatiga ega bo'lib qoladi (5.3a-rasmning o'ng tomonidagi vodorod atomining sxematik tasviri). Natijada, dielektrikning chetlarida shunday atomlardan hosil bo'lgan kompensatsiyalanmagan zaryadlar yuzaga keladi va qutblanish sodir bo'ladi. Shuni qayd qilish lozimki, dielektrikning markaziy qismi joylashgan atomlarning turli ishoradagi zaryadlari o'zaro bir – birlarini kompensatsiyalaydi.



5.3-rasm. Dielektriklarning qutblanish turlari:  
a) elektronli; b) atomli; d) dipolli; e) elektrolitli.

b) Dielektriklarning **atomli qutblanishi** tarkibi tuzilishining kristallanishi bilan xarakterlidir. Bu holdagi dielektrikning qutblanishi maydon bo'ylab ionlarning siljishi bilan bog'liqdir (5.3b-rasm). Bu turdagi dielektriklarda anizotropiya hodisasi kuzatiladi, ya'ni qutblanishning qiymati maydon kuchlanganligi vektori  $E$  ning kristallografik o'qlarga nisbatan qanday yo'nalishda ekanligiga bog'liqdir.

d) Dielektriklarning **dipolli qutblanishi** (5.3c-rasm) elektr maydoni ta'sirisiz ham molekullari dipolli tizimga ega bo'lgan dielektriklargagina xosdir. Masalan, suv ( $H_2O$ ) yoki ammiak ( $NH_3$ )

bunga misol bo'la oladi. Ammo dielektrik dipollarining tartibsiz joylashganligi sababli dielektrik umuman olganda elektrik jihatdan neytral holatda bo'ladi. Tashqi elektr maydoni ta'sirida dipollar joylanishi moslashadi va dielektrikning qutblanishi sodir bo'ladi.

e) Elektrolit eritmalarida **elektrolitli qutblanish** (5.3d-rasm) sodir bo'ladi. Elektrolit eritmasi tashqi elektr maydoniga joylashtirilganida uning musbat va manfiy ionlari ajraladi.

Ko'pgina hollarda dielektriklar murakkab tarkibli bo'ladi va ularni elektr maydoniga joylashtirganimizda turli xildagi qutblanishlar bir paytda sodir bo'ladi. Masalan. Ho'l yog'och qirindilarini elektr maydon oraliq'iga joylashtirganimizda yog'och qirindisi, suv va havolarda turli turdagi qutblanishlar sodir bo'ladi.

Hozirgacha, dielektriklarni o'zgarmas tok maydoniga joylashtirilgan holdagi qizishi ko'rilayotgan edi. Agar tashqi maydonning elektr kuchlanganligi vaqt bo'yicha ishorasini o'zgartirib tursa, u holda dielektrikda bog'langan zaryadlarning tebranishi yuzaga keladi. Bunda energiyaning bir qismi jism zarrachalarining (atomlar, molekulalar) tartibsiz harakatini yuzaga keltirishga sarf bo'ladi, ya'ni issiqlikka ajraladi.

Qayd qilinganidek, dielektriklar  $\varepsilon$  va  $tg\delta$  kabi ko'rsatkichlar bilan xarakterlanadi. Har bir dielektriklar uchun bu ko'rsatkichlarning qiymati ko'pgina faktorlarga bog'liqdir, chunonchi elektrmagnit maydon chastotasiga va elektr kuchlanganligiga; dielektrikning haroratiga, namligiga, anizotropiyasiga va boshqa bir qancha ko'rsatkichlarga bog'liqdir.

Elektr magnit maydon chastotasi qiymatining oshishi bilan dielektrik singuvchanlik  $\varepsilon$  odatda kamayadi, chunki o'zaro bog'langan zaryadlarning ajralish jarayoni uchun ma'lum vaqt kerak bo'ladi va tebranishlar davri kamayishi bilan qutblanish susayadi. Odatda dielektrik isrof burchagi tangensi  $tg\delta$  har bir dielektrik uchun ma'lum chastotada eng katta qiymatga ega bo'ladi.  $tg\delta$  ning eng katta qiymati tebranuvchi zarrachalar og'irligi kamayishi bilan yuqori chastotalar hududi tomonga kirib boradi. Dipolli qutblanishli dielektriklar uchun  $tg\delta$  ning eng katta qiymati chastotaning  $10^7 - 10^{13}$  Hz qiymatlariga to'g'ri keladi, atomli qutblanishli dielektriklar uchun esa chastotaning  $10^{12} - 10^{14}$  Hz qiymatlariga va shuningdek elektronli qutblanishli dielektriklar uchun chastotaning  $10^{14} - 10^{16}$  Hz qiymatlariga to'g'ri keladi.

$\varepsilon$  va  $tg\delta$  ko'rsatkichlarning haroratga bog'liqligi murakkabroq xarakterga egadir. Haroratning ko'tarilishi dielektrik zarrachalarining harakatining tezlashishi va shu bilan birga dielektrik tarkibining o'zgarish jarayonlari birga kechishi mumkin (masalan, dielektrikning polimerlashishi yoki agregat holatining o'zgarishi). Umuman olganda, dielektrikning harorati oshganida zarrachalarning issiqlik harakati qutblanish jarayoniga salbiy ta'sir etadi va bu  $\varepsilon$  ning kamayishiga olib keladi, ammo  $tg\delta$  o'suvchi xarakterga ega.

Dielektrik materiallarni yuqori chastotali quritish amaliyotida keng qo'llaniladi.  $\varepsilon$  va  $tg\delta$  ko'rsatkichlar dielektrik materiallarning namlik darajasiga to'g'ri proporsional bo'lgani uchun ularning qiymatlari odatda materialning namlik foizi bilan aniqlanadi.

## 5.2. Dielektrik qizdirish qo'llaniladigan sohalar

**Quritish.** Materiallarni quritish jarayoni issiqlik va massa ko'chishi jarayolari bilan birga kechadi. Materialning namligi yuqori bo'lgan qismidan nisbatan kam namlikka ega bo'lgan qismiga siljiydi va shuningdek issiqlik ham yuqori haroratli qismidan nisbatan past haroratli qismiga siljiydi. Yuqori chastotali qizdirish tufayli material yuzasidan namlik va issiqlik energiyasini bir tekis ajralib chiqishi ta'minlanadi. Yuqori chastotali qizdirish asosan yog'och, qog'oz, keramika, neylon, bug'doy donlarini va turli mevalarni quritishda keng qo'llaniladi.

Yuqori chastotali qizdirish energiyasi va qurilmalarining narxi nisbatan yuqori bo'lgani uchun qizdirish jarayonida bir nechta qizdirish usullarni birga olib borish maqsadga muvofiqdir. Masalan, dielektrik qizdirishni infraqizil nur yordamida qizdirish bilan birga yoki qizigan havo bilan birga olib borish samarali bo'ladi.

**Plastikatlarni payvandlash.** Termoplastik materiallar (plastiklar) qizdirilib bosim ostida payvandlanadi. Payvandlash jarayonidagi elektr maydoni kuchlanganligi, chastotasi, qizdirish vaqti, ishchi harorati va uni barqaror ushlab turish vaqti va bosim kuchi kabi ko'rsatkichlari payvandlanayotgan material va uning qalinligiga bog'liqdir. Polivinilxlorid, poliamid, polietilen, polipropilen, polistirol va boshqa sun'iy materiallarni payvandlashda yuqori chastotali payvandlash usulidan keng foydalaniladi.

**Termoreaktiv plastmassalarga (reaktoplastlarga) issiqlik bilan ishlov berish.** Reaktoplast kukunlari qizdirilganida kimyoviy reaksiya



sodir bo'ladi, ya'ni materialning qattiq holatga o'tishi kuzatiladi. Bu esa turli elektr asboblarning korpuslarini, dastaklarni va boshqa shunga o'xshash detallarni plastmassadan presslab tayyorlash imkonini beradi. Bunday texnologik jarayonda dielektrik qizdirish va kimyoviy reaksiyalar buyum hajmi ichida bir tekis kechadi.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, kechayotgan kimyoviy jarayon vaqtida issiqlik ajralib chiqishi mumkin va bu holat yuqori chastotali qurilma ish rejimini hisoblashda hisobga olinishi kerak.

Sanoatda fenoplast va aminoplast kukunlaridan, shuningdek shisha tolalari va ularni bog'lovchi sintetik smolali stekloplastning kukunlaridan presslab buyumlar yaratish keng qo'llaniladi. Texnologik jarayon kukunlarni yuqori chastotali qurilmada qizdirib olish va so'ngra ularni presslashdan iborat.

**Yelimlash.** Yog'och va plastmasadan tayyorlanadigan buyumlarni tayyorlashda bu usul keng qo'llaniladi. Texnologik jarayonning kechishi yelimlanayotgan buyumning tarkibiy tuzilishi xususiyatlariga va yelimning xususiyatlariga bog'liqdir. Hozirda ishlab chiqilayotgan yelimlarning yangi navlarining  $\epsilon$  va  $tg\delta$  ko'rsatkichlari ancha yuqori bo'lib, elektrmagnit maydon energiyasi deyarli faqat yelimlash jarayoni uchungina sarf bo'ladi.

Yelimlash qatlamining qalinligi 0,1 – 0,2 mm ni tashkil etadi va polimerlash 260 °C gacha haroratlarda yuz beradi. Yelimlashdagi qizish jarayonining tezligi yelimning polimerlash tezligi asosida tanlanadi.

Dielektriklarni yuqori chastotali qizdirishdan boshqa texnologik jarayonlarda ham foydalaniladi.

Avtomobil rezina shinalarini vulkanizatsiya usuli bilan yamashdan oldin qizdirib olish jarayoni ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi.

Muzlatilgan oziq – ovqat mahsulotlarini, ta'm ko'rsatkichlarini saqlab qolish maqsadida, tez muzdan tushirish texnologiyasi hozirda eng istiqbolli texnologiyalardan biridir.

Penopolistrollarni (issiqlik izolyatsiyali va o'rovchi materiallarni) olishda polistrol urug'chalari suv bilan namlanib qoliplarga solinadi va so'ngra qizdiriladi.

Alohida navli shisha buyumlar va mahsulotlarni tayyorlashda (masalan, kineskoplarni tayyorlashda) shishani eritish va payvandashda yuqori chastotali qizdirishdan foydalaniladi.

Dielektrik qizdirishning tirik organizmlarga biologik ta'sir etishi bilan ham xarakterlidir va shuning uchun bu qizdirish usulidan



mikrobiologiyada (masalan, oziq – ovqat mahsulotlarini sterelizatsiya qilishda) ham foydalaniladi.

Elektrokimyoda, kondensatorning yuqori chastotali maydonida nisbatan past haroratli (5000K dan yuqori bo‘lmagan) gazli muhitni qizdirish natijasida hosil qilingan notekis plazmadan foydalanishga asoslangan yangi yo‘nalish rivojlanmoqda.

Ba’zi bir o‘ziga xos bo‘lgan dielektriklarni qizdirishlarda o‘ta yuqori chastotali qizdirish qo‘llaniladi (masalan, tog‘ jinslarini maydalashda, tayyor ovqat mahsulotlarni muzdan tushirish pechlarida va h.k.).

Dielektriklarni yuqori chastotali qizdirishning asosiy afzalliklari:

1) dielektrik buyumlarning hajmi bo‘yicha bir tekis qizishi qizdirish jarayonining yuqori samarali bo‘lishiga olib keladi;

2) ko‘p qatlamli materiallarni qizdirishda qizdirish joyini tanlash imkoni borligi, ularni yehimlash va quritishda juda qo‘l keladi;

3) jarayonni avtomatlashtirish va rostdash oson.

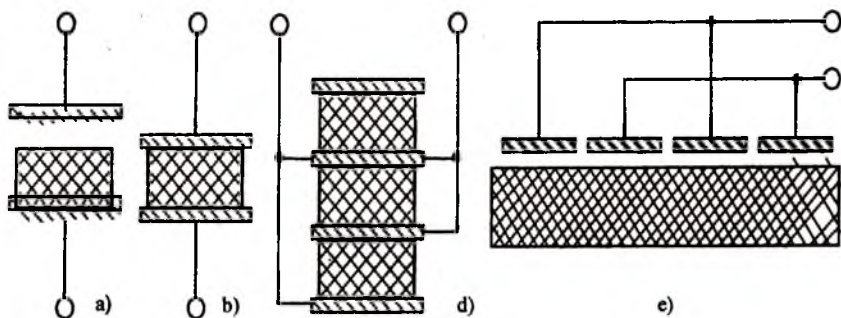
### 5.3. Dielektrik qizdirish qurilmalarining tuzilishi

**Ishchi kondensatorlar.** Ishchi kondensatorlar kerakli ko‘rinishdagi elektrmagnit maydon hosil qilishni va qizdirilayotgan dielektrikda hosil qilingan quvvatni berilgan zichlikda taqsimlashni ta’minlashi kerak.

Ishchi kondensatorlarda uncha katta bo‘lmagan toklar va yuqori kuchlanish qo‘llanilishi sababli, plastinalarda isroflar katta bo‘lmaydi va shuning uchun odatda ular alyuminiydan tayyorlanadi. Masalan, quritish qurilmalari kondensatorining elektrodlari (plastinalari) mis to‘rlardan ham tayyorlanishi mumkin.

Eng sodda ko‘rinishga ega bo‘lgan ishchi kondensatorlar bu yassi elektrodli kondensatorlardir. Bu kondensatorlar havo tirqichli va havo tirqichsiz turlarga bo‘linadi (5.4a,b-rasm). Birinchi turdagi ishchi kondensatorlarda tirqich o‘lchamini o‘zgartirib, qo‘shimcha ravishda plastinalar orasida elektr maydon kuchlanganligini qayta taqsimlash natijasida qizdirish jarayonini boshqarish mumkin. Ikkinchi turdagi ishchi kondensatorlarda qizdirilayotgan materialda eng katta elektr maydon kuchlangandigi hosil qilinadi. Bundan tashqari ishchi kondensatorni press bilan birlashtirish mumkin va bu esa yuqori chastotali payvandlashda qo‘l keladi. Bitta pressdan foydalanilgan holda payvandlash qurilmasining ish unumdorligini oshirish maqsadida va bir jinsli maydon (bir tekis qizish) hosil qilish uchun ko‘p elektrodli kondensator sxemasi qo‘llaniladi (5.4c-rasm). Ba’zi hollarda qizdiri-

layotgan jismning har ikkala tomoniga elektrodni joylashtirish noqulay bo‘ladi, bunday hollarda bir xil jinsli bo‘lmagan maydon hosil qiluvchi ishchi kondensatorlardan foydalaniladi (5.4d-rasm).

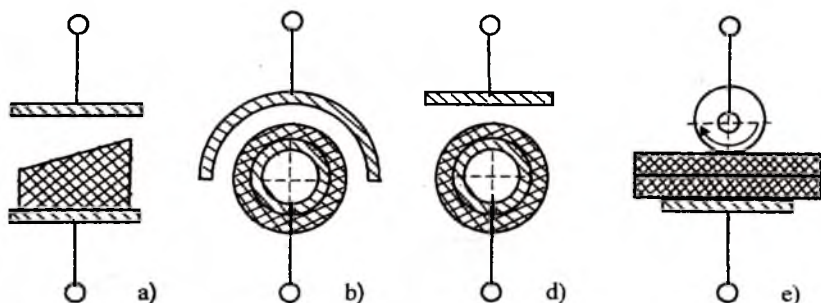


**5.4-rasm.** Yassi ishchi kondensatorlarning konstruktiv tuzilish sxemalari: havo tirqichli (a), havo tirqichsiz (b), bir jinsli maydon hosil qiluvchi (d) va bir jinsli bo‘lmagan maydon hosil qiluvchi (e) bir necha elektrodli.

Murakkab ko‘rinishdagi jismlarni qizdirish uchun albatta mos ko‘rinishga ega bo‘lgan elektrodlar qo‘llaniladi. Ba’zi hollarda jismlarni bir tekis qizdirish havo tirqichi notekis qilish orqali amalga oshiriladi (5.5a-rasm). Quvurlarni tayyorlash jarayonida silindr ko‘rinishida yasalgan elektrod quvur ichiga joylashtiriladi va ikkinchisi esa yarim silindr ko‘rinishida yasaliq quvurning tashqi qismini o‘rab turadi (5.5b-rasm). Ikkinchi elektrodning ko‘rinishi yassi bo‘lishi quvurning bir tomonida joylashishi (5.5d-rasm) yoki ikkala tomoniga joylashtirilishi mumkin.

Plastik materiallardan tayyorlangan plyonkalarini uzluksiz chokli qilib payvandlashda ishchi kondensatorning elektrodlaridan biri yassi va ikkinchisi esa aylanuvchi rolikli qilib yasalgan bo‘ladi (5.5e-rasm).

Murakkab ko‘rinishdagi buyumlarni qizdirishda mos ravishda murakkab ko‘rinishdagi elektrodlardan yoki elektrodlar tizimidan foydalaniladi.



5.5- rasm. Murakkab ko‘rinishdagi jismlarni qizdirishga mo‘ljallangan ishchi kondensatorlar

#### 5.4. Ishchi kondensatorni hisoblash

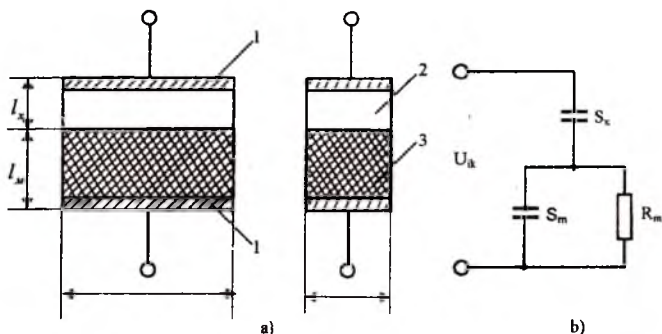
Ishchi kondensatorni hisoblash uchun quyidagi ko‘rsatkichlar berilgan bo‘lishi kerak:

- 1) qizdirilayotgan dielektrikning geometrik o‘lchamlari;
- 2) dielektrikning  $\varepsilon$  va  $\operatorname{tg}\delta$  elektrofizik ko‘rsatkichlari;
- 3) kimyoviy reaksiyalar vaqtida issiqlik ajralib chiqishini hisobga olgan holda issiqlik hisobi natijasida aniqlanadigan dielektrikka beriladigan quvvat  $P_{\text{to}^1}$ .

So‘ngra ishchi kondensatorning (5.6a-rasm) eskizi va ekvivalent elektr sxemasi (5.6b-rasm) tuziladi.

Hisoblashdan maqsad, ishchi kondensator uchun ta‘minlash manbai – lampali generatorni tanlash, ya‘ni kuchlanish  $U_{\text{ik}}$  ni hamda uning chastotasi  $f$  ni tanlash va ishchi kondensatorning ekvivalent sxemasi ko‘rsatkichlari  $S_m$ ,  $S_x$ ,  $R_m$  ini aniqlashdir.

Ishchi kondensatorning elektrodlari yassi plastinalardan iborat, qizdiriladigan dielektrik materialning tarkibi bir jinsli va elektr magnit maydonining kondensator elektrodlari chetlarida sochilib isrof bo‘lishi hisobga olinmaydigan soddalashtirilgan hol uchun quyida hisoblash formulalari keltirilgan.



5.6-rasm. Ishchi kondensatorning eskizi (a) va ekvivalent elektr sxemasi (b):

1 – elektrod; 2 – havoli tirqich; 3 – qizdiriladigan dielektrik material.

Ishchi kondensator ta’minot manbai kuchlanishi chastotasi quyidagi ifoda bilan aiqlanadi

$$f = \frac{P_{to1}}{5,55 \cdot 10^{-7} \epsilon tg \delta E_m^2}, \quad (5.3)$$

bu yerda

$$\rho_{con} = \frac{P_{to1}}{a \cdot b \cdot l_n}, \frac{Bm}{SM^3}.$$

(5.3) bo’yicha  $\epsilon$  va  $tg\delta$  ko’rsatkichlarining qiymatlari avvaldan tanlangan chastota uchun taqribiy tanlanadi va so’ngra aniqlanadi.  $E_m$  ning qiymatini, tanlangan chastotadagi dielektrikning teshilish mustahkamligi kuchlanganligidan 1,5 – 2 marta kam qilib tanlanadi. Turli texnologik jarayonlar uchun tanlanishiga yaqin bo’lgan  $E_m$  ning va shuningdek havo tirqichidagi ruxsat etilgan kuchlanganlik  $E_h$  ning qiymatlari 5.1 – jadvalda keltirilgan.

$f$  va  $P_{to1}$  asosida lampali generatorning turi yoki shu jarayon uchun lampali generatorni loyihalash va yaratish uchun vazifalar belgilanadi. Lampali generatorning pasportidagi ko’rsatkichlari asosida ishchi kondensatorning kuchlanishi  $U_{nom,ik}$ , tebranish quvvati  $R$  aniqlanadi va  $R_{to1} < P$  sharti bajarilgan bo’lishi kerak.

Texnologik jarayon	$E_m$ , kV/cm	$E_h$ , kV/cm
Quritish	0,1 – 1,0	1,0 – 1,5
Yelimlash	1,0 – 2,0	2,0 – 6,0
Reaktoplastlarni qizdirish	1,5 – 2,5	2,0 – 6,0
Termoplastlarni payvandlash	10 – 50	–

Ishchi kondensatorning kuchlanishi quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$U_{IK} = E_m l_m + E_x l_x. \quad (5.4)$$

Dielektrik material va havoning elektr maydon kuchlanganligi o'zaro quyidagicha bog'langan

$$E_x = \varepsilon E_m. \quad (5.5)$$

(5.5) ni hisobga olgan holda (4.4) ni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin

$$U_{IK} = E_m (l_m + \varepsilon l_x) \quad (5.6)$$

va ushbu shart bajarilishi kerak

$$U_{IK} \leq U_{nom.IK}.$$

$E_m$  va  $E_h$  larning qiymatlari ruxsat etilgan chegara qiymatlaridan oshib ketmasligi kerak.

Ekvivalent elektr sxemasining ko'rsatkichlari quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$\left. \begin{aligned} C_m &= \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{l_m}, \\ R_m &= \frac{1}{\omega C_m \operatorname{tg} \delta}, \\ C_x &= \frac{\varepsilon_0 S}{l_x}. \end{aligned} \right\} \quad (5.7)$$

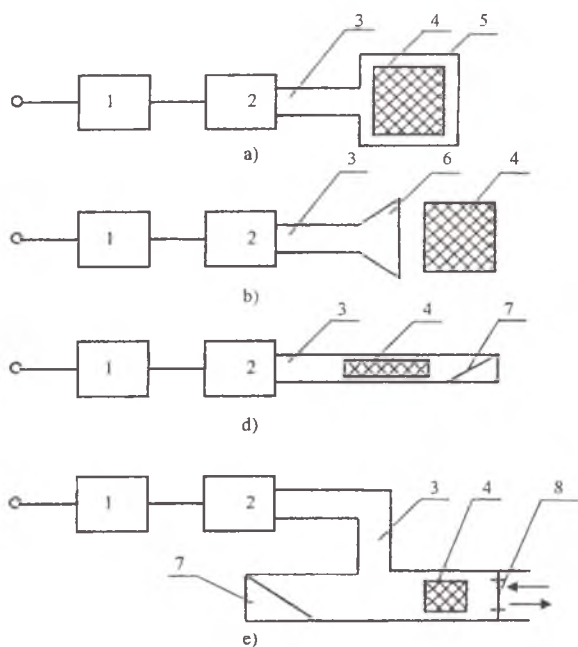
Keltirilgan formulalarda ishchi kondensatorning chekkalaridagi elektr magnit maydonining bir jinsli emasligi hisobga olinmagan. Shu sababli keltirilgan formulalar ishchi kondensatorlarning elektrodleri orasidagi masofaning eng kichik elektrod o'lchamiga nisbati 0,1 qiymatdan kam bo'lmagan hol uchun (shunda xatolik 10% dan oshmaydi) amaliyotda qo'llash mumkin.

### 5.5. O'ta yuqori chastotali qizdirish qurilmasining tuzilish sxemasi

O'ta yuqori chastotali (o'yuch) qizdirish qurilmalarida chastota qiymati 300, 2375 va 22125 MHz bo'lgan o'zgaruvchan tok kuchlanishlari qo'llaniladi va ularning quvvati 100 Vt dan bir necha o'n kVt larni tashkil etadi. O'yuch li o'zgaruvchan toklarni dielektrik materiallarni qizdirishda qo'llanilishi qizdirish jarayonini jadallashtirishga, yuzalarini qizdirish effekti hisobiga esa bir muncha texnologik afzalliklar beradi va shu bilan birga ba'zi hollarda konstruktiv qulayliklarga ham olib keladi.

O'yuch li qizdirish qurilmasi tarkibi asosini ta'minot bloki (1), o'yuch generatori (2), odatda generator sifatida magnetronlardan foydalaniladi va to'lqin uzatkichlar (3) tashkil etadi (5.7 – rasm). Materialni (4) qizdirish, ichi bo'sh bo'lgan rezonator (5), shuningdek nurlatgich – antenna (6) yordamida yoki to'g'ridan – to'g'ri to'lqin uzatuvchida yugiruvchi to'lqin (5.7d – rasm) yoki tik turuvchi to'lqin (5.7e – rasm) yordamida amalga oshiriladi. Bu sxemalarda o'yuch li to'lqinlarni sinib qaytishiga yo'l qo'ymaydigan yutuvchi yuklanishdan (7) foydalanilgan, chunki sinib qaytgan to'lqin energiyaning o'yuch – generatoriga tushishi avariya olib keladi.

Ta'minot bloki (1) transformator va to'g'irlagichdan iborat bo'ladi. Magnetronni ta'minlashda odatda 1000 – 2000 V kuchlanish qo'llaniladi. O'yuch li qizdirish qurilmasini ta'minlash 220 V li bir yoki



**5.7-rasm.** Qizdirish rezonatorning o'zida (a), nurlatgichdan foydalanilgan holda (b), yugiruvchi (d) va harakatlanmaydigan (e) to'liqlar vositasida amalga oshiriladigan O'yuch li qizdirish qurilmalarining blokli tuzilish sxemalari.

uch fazali tarmoqdan amalga oshiriladi. Ta'minot bloki tarkibiga magnetron anodi kuchlanishini avtomatik rostdash elementlari ham kiradi.

To'liqin uzatkich (3) o'yuch energiyasini uzatuvchi vazifasini bajarishi bilan bir qatorda qizdiruvchi qurilma sifatida ham ishlatiladi (5.7d,e – rasmlarga qarang).

Ichi bo'sh rezonator (4) ichida (5.7a – rasm), uning turli nuqtalarida elektr magnet maydonining kuchlanganligi deyarli bir xil bo'lgan, harakatlanmaydigan elektr magnet to'liqlar hosil qilinadi. Bu esa qizdirilayotgan jismni (4) bir tekis qizdirish uchun zarurdir. Qurilma elektromagnet to'liqlarning tashqariga chiqib ketishidan to'liq himoyalangan.

Nurlatgichdan (6) foydalanish jismlarni uzluksiz ravishda qizdirish imkonini beradi (5.7b – rasm) va shu bilan birga katta o'lehamli jismlarni zarur bo'lgan ma'lum qismlarinigina qizdirish mumkin bo'ladi.

5.7d-rasmda keltirilgan qurilmada jismni qizdirish yugiruvchi to'liqlar yordamida amalga oshiriladi. To'liqin uzatuvchining shakli qizdirilayotgan jismning shakliga qarab turlicha bo'lishi mumkin.

Ushbu qurilmada (5.7e-rasmga qarang) jismlarni qizdirish uzatilayotgan to'liqin bilan qaytgan to'liqlarning qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan harakatlanmaydigan to'liqlar vositasida amalga oshiriladi. To'liqin qaytargichni (8) harakatlantirish orqali qizdirish jarayonini rostdash mumkin.

O'YuCh energiyasidan dielektrlarni qizdirishda foydalanish qizdirish jarayonini jadallashtirishga va ular asosida ish unumi yuqori bo'lgan qizdirish qurilmalarni yaratish imkonini beradi.

## Magnetron

**Konstruktiv tuzilishi.** Magnetronning asosiy elementlarini (5.8 – rasm) katod (1), anod (2), ichi bo'sh rezonatorlar tizimi (3), katodning ulanish uchlari (4) va o'yuch energiyasini chiquvchi uchlar (5) tashkil etadi.

Anod – katod oralig'ida magnit maydonini hosil qilish uchun chetlariga o'zgarmas magnit qutblari joylashtiriladi (5.8 – rasmda ko'rsatilmagan). Magnetronlar konstruktiv jihatdan turli xil bo'ladi va bu yerda variantlaridan biri ko'rilmogda.

Katod volframdan tayyorlanib, sirti bariy va bariy oksidi bilan qoplangan bo'ladi. Quvurcha shakldagi katod ichiga joylashtirilgan qizdirgich katodni 800 – 900<sup>0</sup>C gacha qizdiradi. Katod chetlarida disklar o'rnatilgan bo'lib, elektronlarni o'q bo'yicha harakatlanishiga to'sqinlik qiladi. Katod, shuningdek anodgacha yetib bormagan elektronlar hisobiga ham qiziydi.

Anod misdan tayyorlanadi. Unda turli shaklga ega bo'lgan rezonatorlar (teshiklar) tizimi joylashtirilgan bo'ladi. Rezonatorlar soni toq bo'ladi. Rezonatorlarning toq va juft raqamlilari alohida bir – birlari bilan o'zaro bog'langan bo'ladi va ular ikki rezonatorlar guruhini tashkil etadi. Har bir rezonator LC konturga, ya'ni induktivlik – sig'imli konturga ekvivalent bo'lgan tebranma tizimni tashkil etadi. Anodga havo bilan sovutiladigan radiator kiygizilgan bo'ladi. Katta quvvatli magnetronlar suv bilan sovutiladi. Anod odatda yerga ulangan bo'ladi,



katod esa nisbatan yuqori potensialga ega bo'ladi. Anodga yopishtirilgan shishali quvurchalarning ichi orqali katodning chiqish uchlari ta'minlash manbaiga ulanadi.

O'yuch energiyasi chiqishi rezonatorlarning biridan chiqadi va u aloqa o'ramli koaksial fiderni tashkil etadi. O'yuch energiyasining keyingi uzatilishi to'liqin uzatkich orqali amalga oshiriladi.

Magnetronlarda qo'llaniladigan o'zgarmas magnitlar magnitsizlanishga qarshiligi yuqori bo'lgan, yuqori ishchi haroratli (500 °C gacha bo'lgan), haroratga xususiyatlari kam bog'liq bo'lgan materiallardan tayyorlanadi. Magnit induksiyaning chastota qiymati 3000 Hz gacha yetishi mumkin.

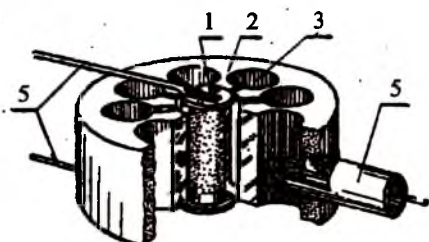
**Ishlash asosi.** Katoddan uchib chiqayotgan elektronlar radius bo'yicha elektr maydoni va vertikal magnit maydonlari ta'sirida harakatlanadi. Rezonatorlar bo'lmagan holda elektronlar katoddan anodga tomon 5.9-rasmda keltirilgan punktirli traektoriya bo'ylab harakatlanishi kerak. Bu traektoriyaning yo'nalishi elektr va magnit maydonlarning kuchlanganlik qiymatlariga bog'liq va ularning ma'lum bir qiymatlarida aylanuvchi halqa ko'rinishidagi elektronli bulut yuzaga kelishi hamda anodga yetib bormay qolishi mumkin.

Elektronlar tezlanish bilan harakatlanayotgani uchun ular o'zlaridan elektr magnit energiyani nurlantiradi va bu energiya tebranma tizimlar-rezonatorlar bilan o'zaro harakatda bo'ladi. O'z navbatida rezonatorlar maydonlarining tebranishlari elektronlarning harakatiga ta'sir etadi va ularning trayektoriyasi murakkab ko'rinishga ega bo'ladi (5.9 – rasmdagi uzluksiz chiziq).

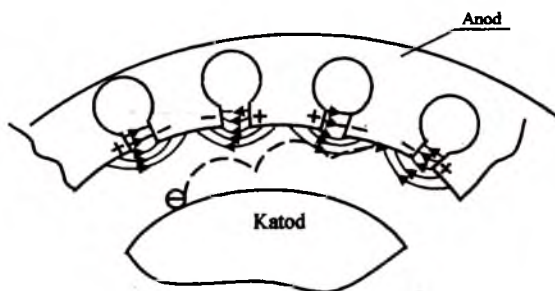
O'zgarmas elektr va magnit maydonlarning rezonatorlarning o'zgaruvchan elektr magnit maydonlari bilan o'zaro birgalikdagi ta'sirlari natijasida elektronlar buluti siqiladi va "tillar uchi" va "uzun ignalar" ko'rinishga ega qismlari anod yuzasiga uriladi. Elektronlarning rezonatorlarning o'zgaruvchan elektromagnit maydoni bilan o'zaro ta'siri jarayonida elektronlar rezonatorlar maydoniga undan olgan energiyadan ko'proq energiya beradi. Tebranma quvvatning ortiqchasi tortib olinadi va o'yuch energiya chiqishi orqali yuklanishga berish uchun uzatiladi. Energiya manbai, ta'minot bloki vositasida anod bilan katod oralig'ida hosil qilingan o'zgarmas tok elektr maydoni bo'ladi. Hosil qilingan tebranishlarning chastotasi quyidagi formula yordamida aniqlanadi

$$f = aNH, \quad (5.8)$$

bu yerda,  $N$  – rezonatorlar soni;  $H$  – magnit kuchlanganlik;  $a$  – magnetronning konstruksiyasiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent.



**5.8-rasm.** Magnetronning asosiy konstruktiv elementlari:  
 1 – katod; 2 – anod; 3 – rezonator; 4 – katodning chiqish uchlari (nakalning);  
 5 – o'yuch energiya chiqish yo'lagi.



**5.9-rasm.** Magnetronning ishlash asosini tushuntiruvchi sxema

Magnit kuchlanganlik anod kuchlanishi  $U_a$  bilan quyidagicha bog'lanishga ega

$$H = b\sqrt{U_a}, \quad (5.9)$$

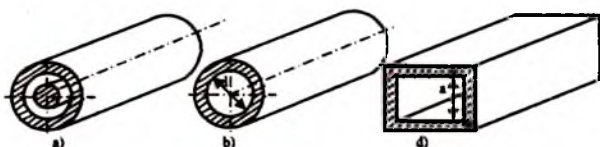
bu yerda  $b$  – proporsionallik koeffitsiyenti.

Magnetronlarda rezonatorlar soni o'zgarmas bo'lgani va magnit maydonini yuzaga keltirishda o'zgarmas magnitlardan foydalanilganligi

sababli ham hosil qilingan tebranishlarning chastotasi rostlanmaydi. Magnetronning FIK hosil qilinadigan elektr magnit to'liqlarning chastotasiga bog'liq, masalan, to'liqin uzunligi detsimetrli oraliqda bo'lsa FIK 70% va undan yuqori bo'ladi.

### To'liqin uzatkichlar, rezonatorlar va nurlatgichlar

**To'liqin uzatkichlar.** O'yuch li energiyani uzatishda oddiy o'tkazgich simlar yoki shinalar ishlatilganida nurlanish natijasida isroflarning katta bo'lishi tufayli koaksial liniyalardan (5.10a – rasm), yoki to'liqin uzatkichlardan (5.10b,c – rasm) foydalaniladi. Koaksial tok o'tkazgichlar to'liqin uzunligi detsimetrli oraliqda bo'lgan elektr magnit to'liqinlarni uzatishda qo'llaniladi. Elektr magnit maydoni koaksilning ichidagina bo'ladi. Biroq koaksilli tok o'tkazgich ichidagi o'tkazgich yuzasining kichikligi hisobiga isrof katta bo'ladi. Asosiy kamchiligi koaksilli o'tkazgichlar konstruksiyasining murakkabligidir.



**5.10-rasm.** Koaksial tok o'tkazgich (a), dumaloq (b) va to'g'ri to'rtburchak (v) ko'ndalang kesimli to'liqin uzatkichlar

Dumaloq (5.10b-rasm) va to'g'ri to'rtburchak (5.10c-rasm) orqali elektr magnit to'liqlarning uzatishda ularning ko'ndalang kesim yuzalari to'liqin uzunligi bilan quyidagicha bog'langan bo'ladi

$$\frac{\lambda}{2} \geq d \text{ yoki } \frac{\lambda}{2} \geq a, \quad (5.10)$$

bu yerda,  $\lambda$  – elektr magnit to'liqinning uzunligi.

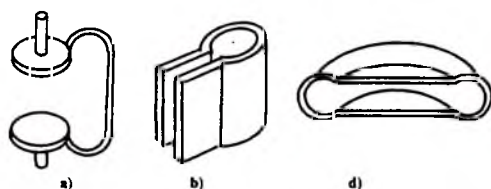
(5.10) ifodadan ko'rinib turibdiki, to'liqin uzatkichlarni to'liqin uzunligi santimetrli oraliqda bo'lgan elektr magnit to'liqlarni uzatish maqsadga muvofiqdir.

**Rezonatorlar.** O‘zaro parallel ulangan induktivlik  $L$  va sig‘im  $S$  dan iborat tebranma konturning rezonans chastotasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (5.12)$$

O‘ta yuqori chastota hosil qilish uchun induktivlik va sig‘imning qiymatlari juda kichik bo‘lishi kerak. Demak, tebranma kontur ikki yassi plastina ko‘rinishidagi elektrodlardan va induktivlik ularni ulovchi simdan, masalan yarim o‘ramdan iborat bo‘lishi mumkin (5.11a – rasm). 5.7-rasmda keltirilgan magnetron konstruksiyasida foydalanilgan rezonatorning o‘zgartirilgan shakli 5.5b – rasmda tasvirlangan. Har ikki rezonatorlar O‘YUCH li energiyani nurlanish vositasida uzatishi bilan xarakterlidir.

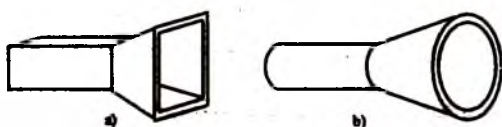
Toroidal turdagi ichi bo‘sh rezonator – tebranma kontur (5.11c – rasm) yuqori rezonans chastotaga ega bo‘ladi va elektr magnit maydon faqat uning ichidagina mavjud bo‘ladi. Rezonatorning ichida harakatsizlantirilgan elektr magnit to‘lqinlari hosil qilinadi. O‘YUCH li energiya rezonatorga to‘lqin uzatkich yoki koaksial kabel orqali uzatiladi. Agar rezonatorning chetki devorlarini harakatlantirib o‘lchamlari o‘zgartirilsa, u holda rezonans chastotani rostlash hamda rezonator ichidagi elektr magnit maydonining taqsimlanishini ham o‘zgartirish mumkin bo‘ladi. 5.11c – rasmda keltirilgan rezonatorlarning turlaridan boshqa yana bir qancha turlari ham ishlatiladi.



**5.11-rasm.** Oddiy kontur (a), uning o‘zgartirilgan (b) va ichi bo‘sh rezonator (d).

**Nurlatgichlar.** Agar to‘lqin uzatgichning chiqish qismi ochiq bo‘lsa, u holda elektr magnit to‘lqinlar atrof – muhitga nurlanib tarqaladi. Biroq elektromagnit to‘lqinlarning bir qismi o‘ziga qaytadi ham. Maxsus

nurlatgich – antennalarni qo‘llash hosil qilingan barcha o‘yuch energiyani atrof – muhitga nurlatish imkonini beradi. Eng ko‘p qo‘llaniladigan nurlatgichlar, rупorli nurlatgichlardir (5.12a,b – rasm).

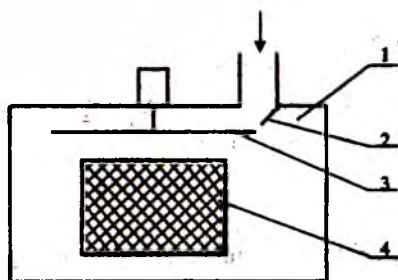


5.12-rasm. Piramida (a) va konus (b) ko‘rinishdagi rупorli nurlatgichlar

### 5.6. O‘ta yuqori chastotali qizdirish qurilmalarining qo‘llanilish sohalari

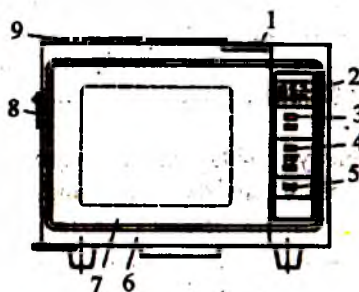
Dielektrlarni O‘YUCH li qizdirish yuqori chastotali qizdirishdan qizdiriluvchi jism yuzasidagi quvvatning zich joylashishi bilan farqlanadi va bu quvvat zichligi  $2000 \text{ kVt/m}^2$  gacha bo‘lishi mumkin. O‘YUCH li qizdirish tibbiyotda ham keng qo‘llaniladi.

Maishiy hayotda O‘YUCH qurilmali pechlardan keng foydalanilmoqda. Quvvati  $0,6 - 3 \text{ kVt}$  bo‘lgan O‘YUCH li plita tayyorlangan va muzlatilgan ovqatni 1–3 minutda mazasiga va boshqa sifatlariga ta’sir qilmagan holda isitadi. 5.13-rasmda o‘yuch qurilmali plitaning sxemasi keltirilgan.



5.13-rasm. O‘YUCH qurilmali plitaning prinsipal sxemasi:  
1 – rezonator; 2 – nur qaytaruvchi to‘siqcha; 3 – dissektor;  
4 – qizdirilayotgan mahsulot

Birinchi o'ta yuqori chastotali, ya'ni mikroto'liqlik pechlar o'tgan asrning oltmishinchi yillarida ko'plab ishlab chiqarila boshlandi. Hozirda mikroto'liqlik pechlar AQSH, Buyuk Britaniya, Yaponiya, Koreya Respublikasi, Rossiyada va ko'plab mamlakatlarda ishlab chiqarilmoqda. Bu pechlar maishiy hayotimizda keng tarqalib bormoqda. Hozirda mikroto'liqlik pechlarning aksariyati ko'p rejimli qilib ishlab chiqarilmoqda va ularning turlari tinmay oshib bormoqda. Rossiya Federatsiyasida ishlab chiqarilgan «Elektronika 3C» mikroto'liqlik pechi faqat stol ustiga qo'yilib ishlatiladi (5.14 - rasm). Pech konstruktiv jihatdan ishchi kamera, ventilyator, boshqarish paneli, to'liqlik tarqatuvchi tizimli elektr magnit to'liqlik generatori, elektr elementlari bloki va yuqori kuchlanishli transformator kabi qismlardan iborat.



5.14-rasm. «Elektronika 3C» mikroto'liqlik pech

Ishchi kameraning ichida masalliqli idish qo'yiladigan aylanuvchi likopcha joylashgan. Kamera ko'rish oynasi va qulfi 7 eshikcha bilan zich yopiladi. Eshik ochilgan vaqtda pech qanday ish rejimida ishlayotganidan qat'iy nazar avtomatik ravishda tarmoqdan uziladi. Ventilyator generatorni sovutadi hamda ishchi kamerani shamollatadi. Boshqarish paneli elektron vaqt relesi va tarmoqqa ulanish ulagichidan iborat.

Barcha funksional bloklari o'zaro bir - birlari bilan ajratiluvchilar yordamida birlashtirilgan bo'lib, metallardan yasalgan va usti lok bilan qoplangan korpusga 6 montaj qilingan. Boshqarish paneli raqamli tablo 2, vaqtni boshqarish knopkasi 3, ish rejimlari knopkasi 4 va «tarmoq» bosish tugmachasi kabi elementlardan tashkil topgan. Vaqt oralig'ini boshqarish ikki «tez» va «sekin» bosish tugmachalari yordamida amalga oshiriladi. Berilgan oraliqning hisoblanadigan vaqti 10 s. Ish rejimini

tanlash quyidagi bosish tugmachalaridan birini bosish bilan amalga oshiriladi («pishirish», «bug‘latish», «muzdan tushirish»). Korpus panelining ustki qismida ventilyatsiya kanalining qopqog‘i 9 joylashgan. Korpus panelining chap yonida lyuk oynasining qopqog‘i 8 joylashgan bo‘lib, shu qopqog‘ orqali kamerani yorituvchi lampasi almashtiriladi. Korpusning orqa panelida saqlagichlar va tarmoqqa ulanuvchi shnur joylashtirilgan.

### «Elektronika 3C» mikroto‘lqinli pechning texnik tavsiflari

Tarmoq kuchlanishi, V.....	220 ± 10
Iste‘mol quvvati, Vt.....	1320 ± 10
Har xil ish rejimidagi ishchi kameraning quvvati, Vt:	
«pishirish».....	550
«bug‘latish».....	410
«muzdan tushirish».....	270 ± 20
Ishchi kameraning foydali hajmi, l.....	27

Pech korpusi va pech yuzasidan 0,5 m oraliqdagi elektr magnit oqimining zichligi, mkVt/sm <sup>2</sup> dan katta emas.....	10
O‘lchamlari, mm:	
uzunligi.....	600
balandligi.....	450
eni.....	420
Og‘irligi, kg.....	45

Ko‘pgina hollarda o‘yuch li qizdirishni boshqa turdagi qizdirish usullari bilan birga olib borish yaxshi samara beradi (masalan, issiq havo bilan).

O‘YUCH li qurilmalar dielektriklarni yelimplashda, oziq – ovqat mahsulotlarini muzdan tushirishda, tog‘ jinslarini maydalashda (bu holda nurlatgichlardan foydalaniladi) va boshqa texnologik jarayonlarda qo‘llaniladi.

O‘ta yuqori chastotali elektrmagnit to‘lqinlarning tirik organizmlarga biologik ta’siri, ya’ni qizdirishidan tashqari ayniqsa to‘g‘ridan – to‘g‘ri nerv tizimlarga ta’siri o‘ta xavflidir. Shuning uchun, bu qurilmalarni ishlatishda o‘ta yuqori chastotali to‘lqinlarning ta’siridan odamlarni asrash uchun kuchli ekranlashtirish vositalari qo‘llaniladi.

## Nazorat uchun test savollari

### 1. Dielektriklarni o'zgaruvchan tok maydoniga joylashtirilganda ularda qanday tok hosil bo'ladi?

A. Dielektrlarda ozod elektronlarning bo'lishi sababli, ularni o'zgaruvchan tok maydoniga joylashtirilganida ularda o'tkazuvchi tok hosil bo'ladi.

B. Dielektrlarda ozod elektronlarning bo'lmasligi sababli, ularni o'zgaruvchan tok maydoniga joylashtirilganida zaryadlangan elektr zarrachalarning tebranishi natijasida siljish toki yuzaga keladi.

S. Dielektrlarda ozod elektronlarning bo'lmasligi sababli, ularni o'zgaruvchan tok magnit maydoniga joylashtirilganida ularda o'tkazuvchi tok hosil bo'ladi.

D. Dielektrlarda ozod elektronlarning bo'lmasligi sababli, ularni o'zgaruvchan tok maydoniga joylashtirilganida ularda elektr zarrachalarning tebranishi natijasida siljish toki yuzaga keladi.

### 2. Dielektriklar qutblanish turlari javoblarning qaysi variantida to'liq keltirilgan?

A. Elektron qutblanish, dipolli, elektrolitli.

B. Elektron qutblanish, atomli, elektrolitli.

S. Elektron qutblanish, atomli, dipolli.

D. Elektron qutblanish, atomli, dipolli, elektrolitli.

### 3. Dielektriklarning atomli qutblanishi qanday yuzaga keladi?

A. Dielektriklarning tarkibi tuzilishining kristallanishi bilan xarakterli bo'lib, dielektrikning qutblanishi maydon bo'ylab ionlarning siljishiga bog'liq, qutblanishning qiymati maydon kuchlanganligi vektori  $E$  ning kristallografik o'qlarga nisbatan qanday yo'nalishda ekanligiga bog'liqdir.

B. Dielektriklarning tarkibi tuzilishining kristallanishiga bog'liq emas, dielektrikning qutblanishi maydon bo'ylab ionlarning siljishiga bog'liq, qutblanishning qiymati maydon kuchlanganligi vektori  $E$  ning kristallografik o'qlarga nisbatan qanday yo'nalishda ekanligiga bog'liqdir.

S. Dielektriklarning tarkibi tuzilishining kristallanishi bilan xarakterli bo'lib, dielektrikning qutblanishi maydon bo'ylab ionlarning siljishiga bog'liq, qutblanishning qiymati maydon kuchlanganligi vektori  $E$  ning



kristallografik o'qlarga nisbatan qanday yo'nalishda ekanligiga bog'liq emas.

D. Dielektriklarning tarkibi tuzilishining kristallashi bilan xarakterli bo'lib, dielektrikning qutblanishi maydon bo'ylab ionlarning siljishiga bog'liq emas, qutblanishning qiymati maydon kuchlanganligi vektori  $E$  ning kristallografik o'qlarga nisbatan qanday yo'nalishda ekanligiga bog'liqdir.

#### **4. Dielektriklarning dipolli qutblanishi qanday sodir bo'ladi?**

A. Molekulalari dipolli tizimga ega bo'lgan dielektriklarda sodir bo'ladi, ular elektrik jihatdan neytral holatda bo'lmaydi va tashqi elektr maydoni ta'sirida dipollar joylanishi moslashadi va dielektrikning qutblanishi sodir bo'ladi.

B. Molekulalari dipolli tizimga ega bo'lgan dielektriklarda sodir bo'ladi, ular elektrik jihatdan neytral holatda bo'ladi va tashqi elektr maydoni ta'sirida dipollar joylanishi moslashadi va dielektrikning qutblanishi sodir bo'ladi.

S. Molekulalari dipolli tizimga ega bo'lgan dielektriklarda sodir bo'ladi, ular elektrik jihatdan neytral holatda bo'ladi va tashqi magnit maydoni ta'sirida dipollar joylanishi moslashadi va dielektrikning qutblanishi sodir bo'ladi.

D. Molekulalari dipolli tizimga ega bo'lgan dielektriklarda sodir bo'ladi, ular elektrik jihatdan neytral holatda bo'ladi va tashqi elektr magnit maydoni ta'sirida dipollar joylanishi moslashadi va dielektrikning qutblanishi sodir bo'ladi.

#### **5. Dielektriklarning elektrolitli qutblanishi qanday yuzaga keladi?**

A. Elektrolit eritmalarda sodir bo'lib, u tashqi magnit maydoniga joylashtirilganida uning musbat va manfiy ionlari ajraladi.

B. Elektrolit eritmalarda sodir bo'lib, u tashqi elektr magnit maydoniga joylashtirilganida uning musbat va manfiy ionlari ajraladi.

S. Elektrolit eritmalarda sodir bo'lib, u tashqi elektr maydoniga joylashtirilganida uning musbat va manfiy ionlari ajraladi.

D. Elektrolit eritmalarda sodir bo'lib, u tashqi elektr maydoniga joylashtirilganida uning faqat musbat ionlari ajraladi.

6. Qizdirilayotgan dielektrikning solishtirma hajmi uchun sarf bo'ladigan elektrmagnit quvvatning qiymati qaysi matematik ifodada to'g'ri berilgan?

A.  $\rho = 5,55 \cdot 10^{-7} \text{tg} \delta E^2$ ,

B.  $\rho = 5,55 \cdot 10^{-6} \text{tg} \delta E^2$ ,

S.  $\rho = 5,55 \cdot 10^{-7} \text{tg} \delta E^2$ ,

D.  $\rho = 5,55 \cdot 10^{-7} \text{tg} \delta E^2$ .

7. Ishchi kondensator ekvivalent elektr sxemasi sig'implarining qiymatlari qaysi formula bilan hisoblanadi?

A.  $C_M = \frac{\epsilon_0 S}{l_M}, C_X = \frac{\epsilon_0 S}{l_X}$ ,

B.  $C_M = \frac{\epsilon S}{l_M}, C_X = \frac{\epsilon_0 S}{l_X}$ ,

S.  $C_M = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{l_M}, C_X = \frac{\epsilon_0 S}{l_X}$ ,

D.  $C_M = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{l_M}, C_X = \frac{\epsilon_0 S}{l_M}$ .

8. Ishchi kondensator ekvivalent elektr sxemasi aktiv qarshiligi qiymati qaysi formula bilan hisoblanadi?

A.  $R_M = \frac{1}{\omega C_M + \text{tg} \delta}$ ,

B.  $R_M = \frac{1}{\omega C_M \text{tg} \delta}$ ,

S.  $R_M = \frac{1}{\omega C_M - \text{tg} \delta}$ ,

D.  $R_M = \frac{1}{\omega C_M : \text{tg} \delta}$ .

9. O'ta yuqori chastotali qizdirish qurilmalarining tarkibi qanday qurilmalardan tashkil topgan?

A. Ta'minot bloki, to'lqin uzatkich, rezonator, nurlatgich – antenna, yutuvchi yuklanish.

B. Ta'minot bloki, o'yuch generatori – magnetron, rezonator, nurlatgich – antenna, yutuvchi yuklanish.

S. Ta'minot bloki, o'yuch generatori – magnetron, to'lqin uzatgich, rezonator, nurlatgich – antenna, yutuvchi yuklanish.

D. Ta'minot bloki, o'yuch generatori – magnetron, to'lqin uzatgich, rezonator, nurlatgich – antenna.

**10. Magnetron qanday asosiy konstruktiv elementlardan tuzilgan?**

A. Katod, anod, katodning chiqish uchlari, o'yuch energiya chiqish yo'lagi.

B. Katod, anod, rezonator, katodning chiqish uchlari, o'yuch energiya chiqish yo'lagi.

S. Katod, rezonator, katodning chiqish uchlari, o'yuch energiya chiqish yo'lagi.

D. Katod, anod, rezonator, o'yuch energiya chiqish yo'lagi.

---

## VI BOB.

### ELEKTROLIZLI TEXNOLOGIK QURILMALAR

#### 6.1. Elektr kimyoviy ishlov berish asoslari

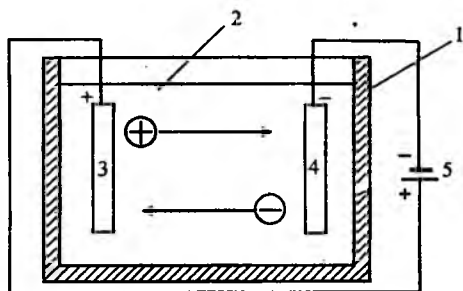
Mashinasozlikda metallarning korroziyaga bardoshligini, yeyilishiga chidamliligini, qattiqligini oshirish va sirtini ko'rkam qilish maqsadida unga elektr qizitishdan tashqari elektr kimyoviy usulda ishlov berish ham keng qo'llaniladi. Bu jarayonlar elektr energiyani bevosita kimyoviy energiyaga aylanayotganida sodir bo'ladi. Elektr kimyoviy usullar bilan gidrometallurgiyada mis, nikel, rux, kobalt, xrom, kumush, oltin va boshqa bir qancha qimmatbaho metallar olinadi. Metallari eritmalarining elektrolizi bilan alyuminiy, magniy, ishqorli va ishqoriy yer metallar (natriy va kalsiy), berilliy, noyob va noyob yer metallar va fluor olinadi. Elektroliz vodorod, kislorod, xlor, o'yuvchi natriy va kaliy, xlorning kislorodli birikmalari, sulfat kislota, uning tuzlari, va boshqa bir qancha kimyoviy moddalarni olishda qo'llaniladi. Elektr kimyoviy usullar galvanotexnikada metall jismlarning sirtlarini mis, nikel, xrom va boshqa materiallar bilan qoplashda keng qo'llaniladi.

Elektrolitik dissotsiatsiya nazariyasiga ko'ra, masalan tuzlar va ishqor eritmalarining molekullari ikki qutbli bo'ladi, ya'ni qiymati bo'yicha teng musbat va manfiy ionlardan iborat bo'ladi. Musbat ionlar – bir yoki bir necha elektronlarini yo'qotgan atomlar yoki molekullar, manfiy ionlar – bir yoki bir necha elektronlari ortiqcha bo'lgan atomlar yoki molekullar.

Elektrolitlarda ionlarga ajralish va yana qaytadan birikish jarayonlari bir vaqtning o'zida kechadi. Dissotsiatsiya va molizatsiya jarayonlarining bir paytda kechishi natijasida eritma ionlarining harakatlanishida muvozanat yuzaga keladi. Agar tashqi elektr zanjiriga ulanmagan elektrodni eritmaga tushirsak, u holda elektrolit – elektrod tizimida ham muvozanatli holat yuzaga keladi.

Elektrolitlardagi ionlarning harakati xuddi molekullardagi kabi tartibsiz xarakterga ega bo'ladi. Agar elektrodning qutblariga mos ravishda o'zgarmas tok kuchlanishi berilsa, u holda musbat ionlarning (kationlarning) katodga va manfiy ionlarning (anionlarning) anodga tartibli ravishdagi harakati yuzaga keladi (6.1 – rasmga qarang). Anod

va katodga yetib kelgan ionlar elektrodga mos ravishda o'zining zaryadini beradi va oddiy atomlar yoki molekularlar kabi elektrodga taqsimlanadi yoki elektrod bilan kimyoviy reaksiyaga kirishadi.



6.1- rasm. Elektroliz vannasining tuzilishi:

1 – vanna; 2 – elektrolit; 3 – anod; 4 – katod; 5 – ta'minot man'bai

Elektrolitda tokning oqishi modda massasi  $m_e$  ning olib o'tishi bilan birga kechadi va uning qiymati Faradey qonuni bo'yicha quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$m_e = \alpha I \tau, \quad (6.1)$$

bu yerda  $\alpha$  – moddaning elektr kimyoviy ekvivalenti, g/Kl;  $I$  – tok, A;  $\tau$  – tokning o'tish vaqti, sekund.

$\alpha = \frac{A}{96480n}$ , bu yerda  $A$  – moddaning atom massasi; 96480 – Faradey soni (Kl/g.ekv);  $n$  – valentlik soni. Mis uchun  $\alpha = 0,000329$  g/Kl; nikel uchun  $\alpha = 0,000304$  g/Kl; rux uchun  $\alpha = 0,000329$  g/Kl;

Elektrolitda haroratning oshishi elektrolitning elektr o'tkazuvchanligini oshiradi, chunki suyuqlikning yopishqoqligi kamayadi va dissotsiatsiya darajasi oshadi.

## 6.2. Elektroliz jarayonining asosiy ko'rsatkichlari

Elektrolitdan tok o'tayotganida elektrodalarda moddaning ajralishi (elektroekstrasiya) yoki elektrolit orqali bir elektroddan ikkinchisiga moddalarning ko'chishi (elektrolitik rafinirlash) hodisasi **elektroliz** deb ataladi.

Sanoatda elektroliz metalni anodli eritish va eritma hamda eritma mahsulotlaridan uning katodli cho'kindilarini olishda qo'laniladi. Normal potentsialli moddalarni, normal vodorodli elektrod potentsialiga nisbatan 1 V dan kattaroq bo'lgan eritmalar (mis, rux va b.) elektroliz yo'li bilan olinadi. Normal potentsialli metallarni, normal vodorodli elektrod potentsialiga nisbatan 1 V dan kamroq bo'lgan metallar (litiy, kaliy, alyuminiy, magniy va b.) tuzlarning eritmalaridan elektroliz usuli bilan olinadi.

Elektroliz vannasidagi kuchlanish uch tarkibiy qismdan iborat bo'ladi:

$$U = U_I + (U_a + U_k) + \Pi / \delta, \quad (6.2)$$

bu yerda,  $U_I$  – moddaning elektr kimyoviy parchalanish kuchlanishi;  $U_a, U_k$  – anod va katod oldi kuchlanish pasayishlari;  $I$  – vannadagi tok kuchi;  $l$  – elektrodlar orasidagi masofa;  $\delta$  – elektrolitning elektr o'tkazuvchanligi.

Elektroliz vannasida ajraladigan quvvat quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P_3 = U \cdot I = I(U_I + U_a + U_k + \Pi / \delta). \quad (6.3)$$

Bu quvvatning faqat bir qismi ( $IU_I$ ) moddaning elektr kimyoviy parchalanishiga sarf bo'ladi, qolgan qismlari elektrolitni qizdirishga va eritmadan ionlarni o'tkazishga sarf bo'ladi.

Elektroliz jarayonida olingan modda miqdori  $q_1$  ning nazariy jihatdan olinishi mumkin bo'lgan miqdori  $q_2$  ga nisbati moddaning **tok bo'yicha mahsulot miqdori** (foizda) deb ataladi:

$$M_1 = (q_1 / q_2) \cdot 100. \quad (6.4)$$

Tok bo'yicha mahsulot miqdori, elektroliz jarayonining iqtisodiy va samarali o'tishi darajasini belgilovchi ko'rsatkich.

Elektroliz jarayonining samaraliligi yana **energiya bo'yicha mahsulot miqdori** (foizda) ham baholanadi:

$$M_3 = \alpha M_1 / U \cdot 100, \quad (6.5)$$

bu yerda,  $\alpha$  – moddaning elektr kimyoviy ekvivalenti;  $M_i$  – tok bo'yicha mahsulot miqdori;  $U$  – elektrolizli vannadagi kuchlanish.

1 kVt.soat elektr energiya sarflanishi natijasida ajralib chiqqan metall miqdori (grammlarda) **energiya bo'yicha mahsulot miqdori (EMM)** deb qabul qilingan. Amalda bu ko'rsatkichning qiymati bir tonna olingan mahsulotga qancha sarf bo'lgan elektr energiya bilan o'lchanadi va o'lchov birligi kVt.soat/tonna.

Elektroliz jarayonining jadalligi (intensivligi) elektrodlar yuzasidagi **toklarning zichligi** ( $A/m^2$ ) bilan belgilanadi:

$$j = I / S, \quad (6.6)$$

bu yerda,  $S$  – elektrolitga botirilgan elektrod qismining yuzasi.

6.1 – jadval

Jarayon	Tok zichligi, $A/m^2$	Vannadagi kuchlanish, V	$M_i, \%$	EMM, kVt.soat/t	Elektrolit harorati, $^{\circ}C$
Ruxning elektr ekstraksiyasi	400–600	3,5–4,5	88–94	3000–3500	35–40
Nikelning elektr ekstraksiyasi	175–180	3,4–4,6	91–96	4000–4300	60
Kobaltning elektr ekstraksiyasi	300–350	3,0	80	4000	50–60
Misni elektr rafinirlash	180–270	0,25–0,35	90–95	200–400	55–60
Qo'rg'oshinni elektr rafinirlash	100–250	0,3–0,7	35–97	110–200	35–50
Qalayni elektr rafinirlash	50–80	0,1–0,3	95	100–300	80–90
Alyuminiyning elektr ekstraksiyasi	700–1000	4,2–4,5	85–90	14000–16000	950
Magniyning elektr ekstraksiyasi	4000–5000	5,0–6,0	85–90	13500–14000	700
Suvdan vodorodni olish	2500	2,3	96	5,6*	75–80
Xlor olish	900–1000	3,6	95–96	2840–2920	80–85

\*  $1m^3$  vodorod kVt.soat da

Elektrolitda ionlarning harakatlanishini tezlashtirish maqsadida elektrolit sirkulyatsiyasi, elektroliz vannasini impulsli kuchlanish bilan ta'minlash va elektrodلarni ma'lum chastotada tebratish amallari qo'llaniladi.

Eng keng tarqalgan elektrolizli texnologik jarayonلarning asosiy texnik ko'rsatkichlari 6.1-jadvalda keltirilgan.

6.1-jadval tahlili shuni ko'rsatadiki, eng ko'p EMM ga ega alyuminiy va magniyni ishlab chiqarishda va eng kam EMM esa vodorod, qalay, qo'rg'oshin va mis ishlab chiqarishga to'g'ri keladi. Elektroliz qurilmasining tuzilishi va o'lchamlarini  $M_1$  va EMM ko'rsatkichlari belgilaydi.

### 6.3. Elektroliz qurilmalarining elektr jihozlari

Elektroliz qurilmalarini o'zgarmas tok bilan ta'minlashda o'zgarmas tok generatorlari yoki yarim o'tkazgichli to'g'rilagich agregatlari qo'llaniladi. Hozirda elektroliz qurilmalari uchun asosan yarim o'tkazgichli to'g'rilagich sxemalar asosida ishlaydigan o'zgarmas tok manbalaridan foydalanilmoqda. Shunday tiristorli agregatlardan birining elektr sxemasi 6.2-rasmda keltirilgan.

Uchta bir fazali  $Tr_1 - Tr_3$  transformatorلarning birlamchi chulg'amlari tiristorli kuchlanish rostlagichning kuch sxemasiga (TKR KS) ulangan. TKR KS har bir fazasiga ikki parallel – qarama – qarshi ulangan tiristorlardan iborat bo'lib, ular o'zaro uchburchak usulda ulangan. Tiristorلarning ochilishini boshqarish impuls – fazali boshqarish tizimidan (IFBT) berilayotgan boshqarish kuchlanishi  $U_b$  yordamida amalga oshiriladi. Agregatda tashqi – kuchlanishni rostlash va ichki – tokni rostlash konturlari qo'llanilgan. Tok rostlagichi TR ning chiqishi IFBT kirishiga ulangan. Boshqarilmaydigan anod to'g'rilagich T transformatorlar  $Tr_1 - Tr_3$  ning ikkilamchi chulg'amlaridan ta'minlanadi. Bu chulg'amlar qo'shaloq uch fazali yulduz usulida ulangan. Normal holatda kuchlanish rostlagichi KR to'yingan vaziyatda bo'ladi, yuklanishga berilayotgan kuchlanish me'yoridan oshib ketssa, u holda to'g'rilangan tokning jamlangan qiymatiga o'zgartirishlar kiritiladi.





berish va tok zichligi yuqori bo'lgan harakatdagi elektrolitda elektr-kimyoviy ishlov berish.

Elektr kimyoviy usul yordamida metall yuzasini oksidlardan, detallarning yuzalaridagi zangdan, yog'li plyonkalarni ustidagi yog'lardan va boshqa iflosliklardan anodli yedirish vositasida tozalash; kesuvchi asboblarda yuqori zichlikdagi toklarni hosil qilish natijasida o'tkirlash va charxlash; metallarga maxsus ishlov berish yo'li bilan ularning shaklini o'zgartirish; metallarga turli naqshlar tushirish va tamg'a bosish; anodli eritish yo'li bilan metall to'rlar va kichik qalinlikdagi listlar tayyorlash kabi amallar bajariladi.

**Galvanotexnika** – bu elektroliz usuli bilan buyumlar yuzasiga metalli qoplamalar qoplash jarayoni. Galvanotexnika o'z navbatida **galvanostegiya va galvanoplastikaga** bo'linadi.

**Galvanostegiya** – buyumlarning mexanik mustahkamligini oshirish uchun, korroziyaga qarshi chidamlilik xususiyatini oshirish va jilo berish maqsadida metallarning sirtini elektrkimyoviy usulda boshqa bir turdagi metall bilan qoplash.

**Galvanoplastika** – shablonlarga metallarni elektrkimyoviy usulda qoplash jarayoni. Shablonlar, har xil buyumlarning shtamplarini tayyorlashda qo'llaniladi (kompakt disklar, tipografiya qoliplari, haykalchalar va h.k.). Shablonlar (mum, gips, yog'och, plastmassa va shu kabilar) yuzasiga elektr o'tkazuvchanligini oshirish uchun oldindan yupqa grafit qatlami bilan qoplanadi, so'ngra metall qoplama bilan qoplanadi.

Po'latdan yasalgan buyumlarni korroziyadan ishonchli himoyasi bo'lib anodlash usuli bilan hosil qilingan qoplamalar xizmat qiladi (masalan, ularning sirtini rux bilan qoplash).

**Anodlash** – metall buyumlarni tegishli eritmali vannaga solib anodli ishlash usulida ularning sirtini oksidli qoplama bilan qoplash. Bu usul alyuminiy, magniy va ularning qotishmalaridan tayyorlangan buyumlarni korroziyadan himoyalashda keng qo'llaniladi. Anodlash jarayoni 25% li sulfat kislotasi eritmasi solingan vannada amalga oshirilib, katoddagi tokning sizligi  $100 - 200 \text{ A/m}^2$ , vannadagi kuchlanish  $6 - 12 \text{ V}$  va elektrolit harorati  $298 \text{ K}$  bo'lishi kerak. Jarayon uchun ketadigan vaqt  $20 - 40$  minutni tashkil etadi. Anodlashda alyuminiyli buyum sirtida qo'sh oksidli plyonka qatlami hosil bo'ladi. Bu qatlam buyumni korroziyadan yaxshi himoya qilishi bilan bir qatorda, yaxshi elektr izolyatsion xususiyatga ham egadir.

Metalli qoplamaning buyum metali bilan mahkam bog'lanishi uchun buyum metali yuzasini har xil usullar bilan tozalanadi: mexanik (silliqlash, sayqallash), elektrkimyoviy (yog'sizlash, yedirish) va ultratovush yordamida ishlov berish.

Metall qoplash vannalari po'latdan yasaladi va ichi plastmassali material bilan futerovkalanadi. Katodli shinalarga buyumlar anodli shinaga esa buyum sirtiga qoplanishi kerak bo'lgan metall plastinkalari osiladi.

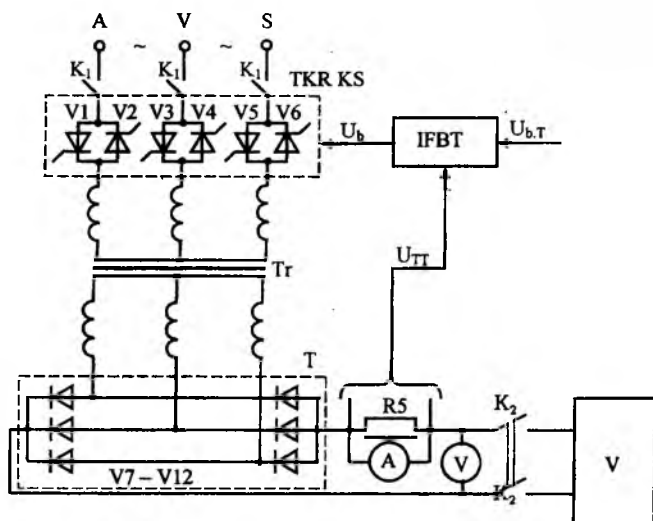
Metall qoplashning eng ko'p tarqalgan turlari quyidagilar: ruxlash, nikellash, xromlash, mislash, kumush va tilla yugurtirish. Qoplash jarayonini tezlatish va arzonlashtirish, uni korroziyadan himoyalash va ko'rkam qilish hamda xususiyatlarini yaxshilash uchun ko'p qatlamli qoplamalar, masalan, nikel – mis – nikel – xrom; mis – nikel – xrom qoplamalar ham qo'llaniladi.

Elektroliz jarayoni elektrolitning yuqori haroratida (40 – 80°C) kechadi, shuning uchun elektrolitli vanna odatda qizdirilgan bug' bilan isitiladi. Qoplama sifatli chiqishi uchun elektrolit konsentratsiyasi bir tekis bo'lishi kerak va shu sababli u maxsus qurilma yordamida aralashtirilib turiladi.

Galvanik vannalar 6 – 12 V li kuchlanishli 10000 A gacha va undan yuqori qiymatli o'zgarmas tok manbalaridan ta'minlanadi. Metall qoplash texnologiyasi elektroliz jarayonida tokni rostlab turishni, uning berilgan qiymatini avtomatik ravishda stabillab turishni talab qiladi. Galvanik vannalarni elektr energiya bilan ta'minlash uchun diodlar va tiristorlar asosida tayyorlangan yarim o'tkazgichli boshqariluvchi to'g'rilagichlardan foydalaniladi.

Galvanik vanna toki transformatorning birlamchi chulg'amida rostanuvchi elektr energiya manbaining sxemasi 6.3-rasmda tasvirlangan.

Kuchlanishni rostlash tiristorli kuchlanish rostlagichi kuch sxemasidagi (TKR KS) tiristorlar V1 – V2 yordamida amalga oshiriladi; u orqali pasaytiruvchi transformator Tr ning birlamchi chulg'amiga kuchlanish beriladi. Ko'priks sxemasida yig'ilgan to'g'rilagich T ning diodlar V7 – V12 transformator Tr ning ikkilamchi chulg'ami zanjiriga ulangan bo'lib, u vannani ta'minlash uchun o'zgaruvchan tok kuchlanishini o'zgarmas tok kuchlanishiga o'zgartirib beradi.



**6.3-rasm.** Galvanik vanna transformatorining birlamchi chulg'ami zanjirida tiristorli kuchlanish rostlagichi bo'lgan elektr energiya bilan ta'minlanish sxemasi

Tiristorlarning ochilish burchagini boshqarishga xizmat qiluvchi boshqaruv kuchlanishi  $U_b$  impuls – fazali boshqarish tizimida (IFBT) hosil qilinadi. Vanna V ichiga joylashtirilgan buyum sirtini metall bilan qoplashda tokning berilgan rejimda o'zgarishini ta'minlash maqsadida TKR KS chiqishidagi kuchlanishni mos ravishda boshqarish zarur. Berilgan tok kuchlanishi  $U_{bT}$  va teskari bog'lanish tok kuchlanishi  $U_{TT}$  signallarning ayirmasi asosida tiristorlarning ochilishi uchun zarur bo'lgan boshqaruv kuchlanishi  $U_b$  IFBT da shakllanadi va natijada vannada kerakli qiymatdagi kuchlanish hosil qilinadi.

Ba'zi galvanik vannalarda elektrolitdan o'tayotgan tok qiymatini boshqarishda yuqorida keltirilgan elektr energiya ta'minoti sxemasidan soddaroq ko'rinishga ega bo'lgan, ya'ni tiristorli kuchlanish rostlagichning kuch sxemasi (TKR KS) to'g'ridan – to'g'ri transformator Tr ning ikkilamchi chulg'amiga ulangan va uning chiqish uchlari vannaga uzatilgan, ya'ni boshqarilmaydigan ko'prik sxemali to'g'rilagich T dan voz kechilgan varianti ham qo'llaniladi.

Elektr energiya bilan ta'minlovchi manbalardan elektrolitli vannalarga tok mis, alyuminiy va ba'zan latun yoki po'lat shinalardan uzatiladi. Ayrim hollarda, masalan, shinalar mumkin bo'lmagan hollarda kabellar ishlatiladi. Galvanik qoplama qoplash uchun past kuchlanishli katta tokdan foydalanilganligi tufayli elektr energiyaning ko'p isrof bo'lishini oldini olish maqsadida katta kesim yuzasiga ega bo'lgan simlar ishlatiladi.

## Nazorat uchun test savollari

### 1. Elektroliz jarayoni qanday kechadi?

A. Elektrodning qutblariga mos ravishda o'zgarmas tok kuchlanishi berilganda, elektrolitlarning musbat ionlari anodga va manfiy ionlari katodga tartibli taqsimlanadi yoki elektrod bilan kimyoviy reaksiyaga kirishadi.

B. Elektrodning qutblariga mos ravishda o'zgarmas tok kuchlanishi berilganda, elektrolitlarning musbat ionlari katodga va manfiy ionlari anodga tartibli taqsimlanadi yoki elektrod bilan kimyoviy reaksiyaga kirishadi.

S. Elektrodning qutblariga o'zgaruvchan tok kuchlanishi berilganda, elektrolitlarning musbat ionlari katodga va manfiy ionlari anodga tartibli taqsimlanadi yoki elektrod bilan kimyoviy reaksiyaga kirishadi.

D. Elektrodning qutblariga mos ravishda o'zgarmas tok kuchlanishi berilganda elektrolitlarning musbat ionlari katodga va manfiy ionlari anodga tartibsiz taqsimlanadi yoki elektrod bilan kimyoviy reaksiyaga kirishadi.

### 2. Elektroliz vannasi qanday asosiy elementlardan iborat?

A. Elektrolit eritmasi, anod va katod elektrodlar va o'zgarmas tok kuchlanishi manbai.

B. Elektrolit eritmasi, anod va katod elektrodlar va o'zgaruvchan tok kuchlanishi manbai.

S. Elektrolit eritmasi, anod elektrodi va o'zgarmas tok kuchlanishi manbai.

D. Elektrolit eritmasi, katod elektrodi va o'zgarmas tok kuchlanishi manbai.

**3. Elektroliz vannasida ajraladigan quvvatning ifodasi javoblarning qaysi variantida to'g'ri ko'rsatilgan?**

A.  $P_3 = U \cdot I = I(U_1 - U_a + U_k + II / \delta)$ ,

B.  $P_3 = U \cdot I = I(U_1 + U_a - U_k + II / \delta)$ ,

S.  $P_3 = U \cdot I = I(U_1 + U_a + U_k - II / \delta)$ ,

D.  $P_3 = U \cdot I = I(U_1 + U_a + U_k + II / \delta)$ .

**4. Elektroliz vannalari uchun qanday o'zgarmas tok manbalari ishlatiladi?**

A. Yarim o'tkazgichli va boshqarilmaydigan to'g'rilagichlar, o'zgarmas tok generatorlar.

B. Yarim o'tkazgichli boshqariluvchi to'g'rilagichlar, o'zgarmas tok generatorlar.

S. Yarim o'tkazgichli boshqariluvchi va boshqarilmaydigan to'g'rilagichlar, o'zgarmas tok generatorlar.

D. Yarim o'tkazgichli boshqariluvchi va boshqarilmaydigan to'g'rilagichlar, o'zgaruvchan tok generatorlar.

**5. Galvanostegiya qanday jarayon?**

A. Detallarning mexanik mustahkamligini chidamliligini oshirish va jilo berish maqsadida detallarning sirtini elektrkimyoviy usulda boshqa bir turdagi metall bilan qoplash.

B. Detallarning mexanik mustahkamligini va korroziyaga qarshi chidamliligini oshirish va jilo berish maqsadida metallarning sirtini elektrkimyoviy usulda boshqa bir turdagi metall bilan qoplash.

S. Detallarning mexanik mustahkamligini va korroziyaga qarshi chidamliligini oshirish maqsadida metallarning sirtini elektrkimyoviy usulda boshqa bir turdagi metall bilan qoplash.

D. Detallarning mexanik mustahkamligini va korroziyaga qarshi chidamliligini oshirish va jilo berish maqsadida metallarning sirtini elektrmexanik usulda boshqa bir turdagi metall bilan qoplash.

**6. Galvanoplastika qanday jarayon?**

A. Har xil buyumlarning shablonlariga metallarni elektrkimyoviy usulda qoplash jarayoni.

B. Har xil buyumlarning shablonlariga nometallarni elektrkimyoviy usulda qoplash jarayoni.

S. Har xil buyumlarning shablonlariga metallarni elektrkimyoviy usulda qoplash jarayoni.

D. Har xil buyumlarning shablonlariga metallarni elektrmexanik usulda qoplash jarayoni.

### 7. Anodlash jarayoni qanday jarayon?

A. Metall buyumlarni tegishli eritmali vannaga solib anodli ishlash usulida ularning sirtini oksidli qoplama bilan qoplash.

B. Nometall buyumlarni tegishli eritmali vannaga solib anodli ishlash usulida ularning sirtini oksidli qoplama bilan qoplash.

S. Metall buyumlarni tegishli eritmali vannaga solib anodli ishlash usulida ularning sirtini oksidsizlash.

D. Metall buyumlarni tegishli eritmali vannaga solib anodli ishlash usulida ularning sirtini oksidsizlangan qoplama bilan qoplash.

### 8. Elektrolit vannadagi tokning qiymati qanday rostlanadi?

A. Tok bo'yicha manfiy teskari bog'lanish yordamida rostlanadi.

B. Tok bo'yicha musbat teskari bog'lanish yordamida rostlanadi.

S. Kuchlanish bo'yicha manfiy teskari bog'lanish yordamida rostlanadi.

D. Quvvat bo'yicha teskari bog'lanish yordamida rostlanadi.

9. Elektroliz jarayonining samaraliligi ko'rsatkichi bo'lgan energiya bo'yicha mahsulot miqdorini (foizda) hisoblash javoblarning qaysi variantida to'g'ri keltirilgan?

A.  $M_3 = M_1 / U) \cdot 100$ , B.  $M_3 = \alpha M_1 / U)$ ,

S.  $M_3 = \alpha M_1 / P) \cdot 100$ , D.  $M_3 = \alpha M_1 / U) \cdot 100$ .

10. Elektroliz vannasidagi kuchlanish ifodasi javoblarning qaysi variantida to'g'ri keltirilgan?

A.  $U = U_1 + (U_a + U_k) - \Pi / \delta$ ,

B.  $U = U_1 + (U_a + U_k) + \Pi / \delta$ ,

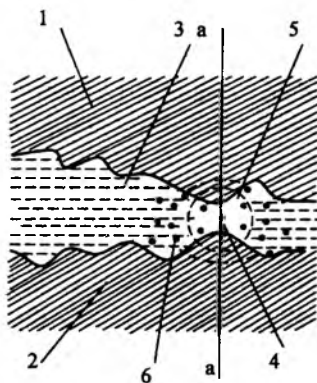
S.  $U = U_1 + (U_a - U_k) + \Pi / \delta$ ,

D.  $U = U_1 - (U_a + U_k) + \Pi / \delta$ .

## VII BOB. METALLARGA ELEKTREROZION USULI BILAN ISHLOV BERISH

### 7.1. Elektrerozion jarayonining fizik asoslari

Elektrerozion ishlov berish (uchqunli) – elektr energiya impuls-larining issiqligi ta’sirida metall mikroporsiyalarining erishi va bug‘lanishidan samarali foydalanishga asoslangan fizik jarayon. 7.1-rasmda elektroerozion jarayonini tushuntirish sxemasi keltirilgan.



7.1-rasm. Elektroerozion razryadning ishlashini tushuntiruvchi sxema

Elektr energiyaning impulslari elektr o’tkazmaydigan suyuqlik 3 ichiga botirilgan elektrod – detal 2 va elektrod – asbob 1 yuzalari orasida uchqunli razryad 4 kanalida hosil qilinadi. Detal va asbob oralig‘ining eng kichik bo‘lgan zonasidagi mikrobo‘rtiqlar orasidagi tirqish bir qutbli impulslar ta’sirida bo‘kadi. Bu razryad ta’siridagi zonada metall va suyuqlik bug‘laridan iborat gazli pufak 5 hosil bo‘ladi hamda bug‘larning yuqori bosimi erigan metall zarrachalarini elektrodlar yuzasidan chiqarib tashlaydi va bu zarrachalar zoldirchalar 6 shaklida suyuqlikda qotadi. Natijada, har ikkala elektrodning yuzalaridagi mikroegri– bugriliklar tekislanadi. Elektrod – asbob ishlov berilayotgan detalga elektrod shakliga muvofiq botiqlik hosil qilib kirib boradi.



Bu usulda detallarga ishlov berish quyidagi kamchiliglarga ega: kesib tashlashga nisbatan ish unumdorligi pastroq, enegiya sarfi va ishlov berish vaqti ko'proq.

Ishlov berish davomida elektrod – asbobni saqlab qolish maqsadida asbob va detalning juftini topish kerak bo'ladi. Katodning yeyilishini kamaytirish uchun impulslar generatorining manfiy qutbiga elektrod– asbob ulanadi. Odatda elektrod – asboblar latun, mis, alyuminiydan tayyorlanadi, chunki ularning elektroeroziya natijasida yemirilishi po'lat yoki qattiq qotishmalarning elektroeroziya ta'siridagi yemirilishiga nisbatan ancha kam bo'ladi. Metallarning erish harorati qancha yuqori bo'lsa, elektroeroziya jarayonida yuzaga keladigan issiqlik ta'sirida zarrachalarning ajralib chiqishi shuncha kam bo'ladi. Shuning uchun, ko'pincha elektrod – asboblar qiyin eriydigan materiallardan tayyorlanadi (grafit, volfram, mis va volfram qotishmasi).

Suyuq muhitda eroziya jarayoni jadal kechadi. Suyuqlik uzilib chiqayotgan metall zarrachalarini olib tashlash uchun kerakli dinamik kuchlanishlarni yuzaga keltiradi, elektrodlar oralig'i izolyatsiyasini mustahkamlaydi, elektrodلarni sovutadi va erozion jarayonni stabillashtirib turadi. Shuning uchun, ishlov suyuqligi sifatida kerosin, texnik moylar va distillangan suv ishlatidai. Elektrodلar orasidagi tirqich juda kichik (o'nlab mikronلarni tashkil etadi) bo'lgani uchun elektrodلarga 100 – 300 V kuchlanish beriladi. Berilayotgan elektr energiyaning deyarli 90% razryadli oraliqda elektroeroziya jarayonida sarf bo'ladi va 10% gina isrof bo'ladi.

## 7.2. Impulslı razryadning ko'rsatkıchlari

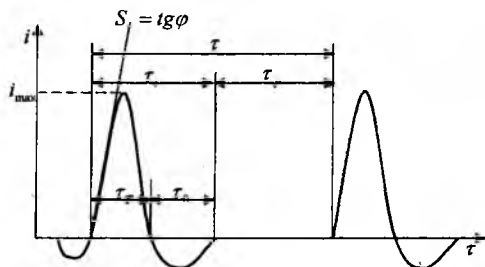
Elektroerozion jarayonning samarali kechishi impulslı razryadلarning ko'rsatkıchlariga bog'liqdir. Impuls amplitudasidagi tokning qiymati bir necha million amperga yetadi (elektrodلar oralig'idagi elektr qarshilikning qiymati juda kichik), tokning o'sish tezligi  $\frac{di}{d\tau} = 10^8 \text{ A/c}$  gacha yetadi. Bunda razryadning tayanch dog'laridagi tokning zichligi  $10^{10} \text{ A/sm}^2$  gacha va razryad zonasidagi bosim kuchi  $10^8 \text{ N/m}^2$  gacha yetadi.

7.2-rasmda metallarga elektroerozion ishlov berishda qo'llaniladigan impulsning shakli tasvirlangan. Impulslar  $\tau_r$  kenglikka ega ishlovchi – to'g'ri qutbli impulslarga va  $\tau_0$  kenglikka ega salt – teskari impulslardan tashkil topgan bo'ladi.

Ishlov berilayotgan detalning eng ko'p buzilishini to'g'ri qutbli impuls bajaradi.

Absissa o'qining tagida joylashgan impulsning teskari qismi elektrod – asbobning yaroqsiz bo'lishiga sabab bo'ladi. Impulsning musbat ishorali qismigina elektroerozion jarayonda ishtirok etadi.

Bir sekunda o'tadigan impuls soni impulsning chastotasi  $f_i$  va chastotaga teskari bo'lgan fizik kattalik davri  $T=1/f_i$  deb ataladi. Davr impulsning davomiyligi  $\tau$ , dan va impuls orasidagi pauza  $\tau_p$  dan iborat bo'ladi. Impuls davomiyligi  $\tau$ , ning impuls davri  $T$  ga nisbati o'tkazishga moyillik deyiladi. Impuls tokining o'sish tezligi  $S_i = \frac{di}{d\tau}$  impulsning tikligi deb ataladi va uning qiymati impuls frontiga o'tkazilgan urinma bilan ordinata o'qi orasidagi burchak  $\varphi$  tangensi qiymatiga tengdir.



7.1-rasm. Elektrodlar oralig'idagi tok impulsi

Impuls toki va kuchlanishining maksimal va o'rtacha qiymatlari, maksimal va o'rtacha quvvati hamda energiyasi impulsning asosiy fizik ko'rsatkichlaridir.

Impuls toki va kuchlanishining o'rtacha qiymatlari quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$I_{o'n} = \frac{1}{\tau_i} \int_0^{\tau_i} i(\tau) d\tau; U_{o'n} = \frac{1}{\tau_i} \int_0^{\tau_i} u(\tau) d\tau, \quad (7.1)$$

bu yerda  $i$  va  $u$  – tok va kuchlanishning oniy qiymatlari.

Bir davr uchun tok va kuchlanishning haqiqiy qiymatlari quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(\tau) d\tau}; \quad U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(\tau) d\tau}. \quad (7.2)$$

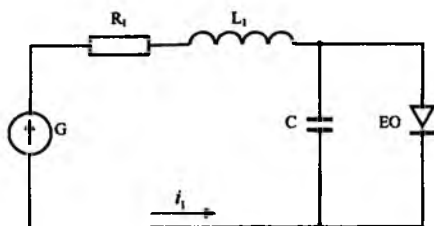
Impulsning energiyasi va o'rtacha quvvati:

$$A = \int_0^{\tau_i} u(\tau) \cdot i(\tau) d\tau; \quad P_{1,0\pi} = \frac{A}{\tau_i}. \quad (7.3)$$

### 7.3. Impuls generatorlarining tuzilishi va ishlash asoslari

Impuls generatorlari ishlash asosi, tuzilishi va ishlab chiqarayotgan impulsning ko'rsatkichlari bo'yicha bir necha turlarga bo'linadi: erksiz, me'yorlangan – erksiz va erkin. Erksiz impuls generatorlarida elektrodlar oralig'idagi fizik holatga qarab impuls ko'rsatkichlari shakllantiriladi. Erkin impuls generatorlarida ishlab chiqarilayotgan impulsning ko'rsatkichlari elektrodlar oralig'i holatiga bog'liq emas.

Tarkibiy tuzilishi aktiv qarshilik, induktivlik va sig'imdan iborat kombinatsiyalangan yig'uvchi – relaksatsion generatorlar ham keng qo'llaniladi. Bunday generatorlarda elektr energiya kondensatorning elektr maydonida yoki induktivlikning elektr magnet maydonida zahiralanadi. Relaksatsion impuls generatorlarining RC –, LC –, CC – va RLC – impuls generatorlari turlari mavjuddir. Masalan, RLC – impuls generatorining ishlash asosini ko'rib chiqamiz (7.3-rasm).



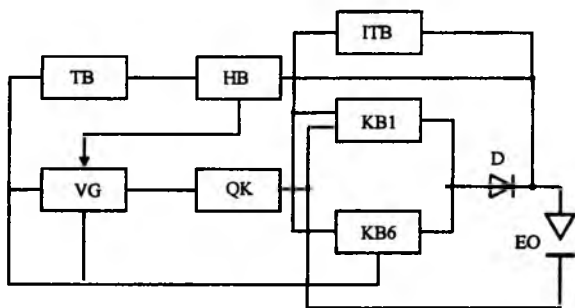
7.3-rasm. Relaksatsion RLC – generatorning prinsipial sxemasi

RC – generatorlarga nisbatan RLC – generatorlar kichikroq kuchlanishda ishlaydi, chunki zanjirda rezonans hodisasi yuzaga kelganda kondensator – yig‘uvchi kuchlanishi qiymati ta‘minot manbaining kuchlanishi qiymatiga nisbatan yuqoriroq bo‘ladi. Kondensatorning zaryadlanishi eksponensial yoki tebranma qonuniyat bo‘yicha kechishi mumkin. Zaryadlovchi zanjirning bunday ish holatida kondensatorning zaryadlanish vaqtining oxiriga kelib kuchlanish qiymati ta‘minot manbai EYuK ning ikki karrali qiymatiga teng bo‘ladi. Kondensatorning maksimal kuchlanishi  $\frac{R_1}{2L_1}$  nisbatiga bog‘liq.

Relaksatsion generatorlarning asosiy kamchiligi – impulslar chastotasining elektrodlar oralig‘i fizik holatiga bog‘liqligi. Yig‘uvchi kondensatorni berilgan vaqtda, elektrodga ulaydigan boshqariladigan qayta ulagichlarni razryadlovchi zanjirga ulanilishi bu kamchilikni bartaraf qilishga olib keladi.

Keng diapazonda ko‘rsatkichlari rostlanadigan impulsli statik generatorlar ham ishlatiladi. Ularda to‘g‘ri burchakli va bir qutbli impulslar oson shakllantiriladi. Statik generatorlar ishlash asosiga ko‘ra mustaqil qo‘zg‘atishli generatorlar, avtogenetorlar va invertorlarga bo‘linadi.

7.4-rasmda keng diapazonli impuls generatorning tarkibiy tuzilishi tasvirlangan. Uning tarkibini ta‘minot manbai TM, oltita kuch bloki, ajratuvchi diod D, ishga tushirish bloki ITB, vazifalovchi generator VG, quvvat kuchaytirgich QK va qisqa tutashuvdan himoyalash bloki HB tashkil etadi.



7.4-rasm. Keng dipazonli impuls generatorining tuzilishi

Kuch bloklari va ishga tushirish bloklari tarkibida kalit rejimida ishlaydigan tranzistorlardan foydalanilgan. Vazifalovchi generator tarkibida ham sinxronli qayta ulanadigan kuch tranzistorlari ishlatilgan. Ishga tushirish bloki tranzistorlari ulanganida kam quvvatli impulslar ishlab chiqariladi. Bu impulslar elektrodlar oralig'ining teshilishiga va past kuchlanishli razryadning shakllanishiga yordam beradi. Diod D teshilish bo'lguncha yopiq holatda bo'ladi. Teshilishdan so'ng elektrodlar oralig'idagi kuchlanish 40 – 25 V gacha pasayadi, diod D ochiladi va elektrodlar oralig'idan tok impulsi o'tadi va uning qiymati parallel kuch bloklari soni bilan aniqlanadi. Kuch bloklarining sinxron o'chirilishi razryadni to'xtatadi. Elektrodlar oralig'ida qisqa tutashuvning sodir bo'lishi bilan kuch bloklaridagi tranzistorlar ham o'chiriladi. Elektrodlar oralig'idagi qisqa tutashuv bartaraf etilganidan so'ng impulslarni berish tiklanadi.

Metallarga elektrerozion usulda ishlov berishda, impuls generatorlarining ishlab chiqarayotgan impulslarning chastotasi 50 – 100 Hz bo'lishi talab etiladi.

Kommutatorli va induktorli ishlash prinsipi bo'yicha impuls generatorlardagi impulslarning davomiyligini millisekundlargacha cho'zish mumkin bo'ladi.

#### 7.4. Elektrerozion ishlov berish turlari

Profillangan yoki profillanmagan elektrod – asbob bilan elektrerozion ishlov berish mumkin. Birinchi holda, uning o'lchamlari va ishlov berilishi kerak bo'lgan yuzaning shakli tayyorlanadigan detalning yuza o'lchamlari va shakli asosida aniqlanadi. Ikkinchisida esa, elektrod – asbobning eng oddiy ko'rinishga ega bo'lgan jismlar (sim, disk, o'zak), ularning o'lchamlari esa elektrod – detal o'lchamlari bilan faqat qisman bog'langan bo'ladi.

Elektrerozion usulda detalni shakllantirish uch xil sxemada amalga oshiriladi:

1) detal shaklini aks etuvchi elektrod – asbob shaklini nusxalash. Detal shaklining aniqligi elektrod – asbobning tayyorlanish aniqligiga va uning yeyilishiga bog'liq;

2) elektrod – asbobning va yarim tayyor detalning ma'lum qonuniyat bo'yicha harakatlanishi. Impulslar ta'siridagi metall eroziyasi hisobiga detalni shakllantirish amalga oshiriladi;

3) Har ikkala sxemaning o‘zaro birikkanligi. Elektrod – asbob va yarim tayyor detalni o‘zaro ma’lum qonuniyat asosida harakatlantirilib, murakkab shaklli detallarni tayyorlashda qo‘llaniladi.

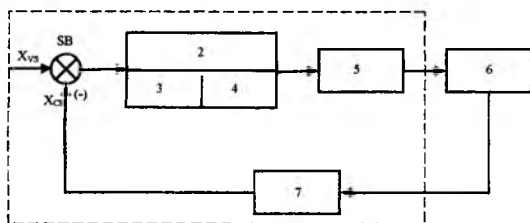
Birinchi sxema keng tarqalgan bo‘lib, uning yordamida bajariladigan amallarni esa nusxa ko‘chirish, ko‘chirish – tikish amallari deb ataladi.

**Elektrerozion dastgohning elementlari.** Elektrerozion dastgoh elektrodni o‘zaro mos joylashtirish, mahkamlash va nisbiy harakatlanishini, impuls generatoridan ta’minlanishi, xavfsizlik qoidalariga rioya qilib, jarayonni kuzatish va ish suyuqligida razryadlar o‘tishi uchun sharoitlarni ta’minlashi kerak.

Impuls generatori va boshqa elektron qurilmalar dastgohning stanasida yoki alohida agregatda dastgohga iloji boricha yaqinroqqa joylashtiriladi. Impuls generatori va elektrodni tutashtiruvchi elektr zanjir qisqaroq qilinib ko‘p tomirli koaksial simlardan tayyorlanadi. Ishchi suyuqligida elektr zaryadlarning o‘tishini ta’minlash uchun maxsus vanalardan foydalaniladi.

Elektrod – asbobning harakatlanishi maxsus yuritma orqali amalga oshiriladi. Jarayonning ko‘rsatkichlari voltmetr va ampermetrlar yordamida nazorat qilinadi. Dastgohda elektr rejimini rostlash bilan bir qatorda elektrod – asbob harakatini rostlovchi avtomatik rostlagich ham qo‘llanilgan.

Elektrerozion dastgohning funksional sxemasi chiqish signali bo‘yicha teskari bog‘lanishli avtomatik tizimni ifodalaydi (7.5-rasm).



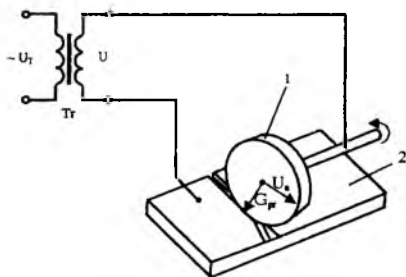
7.5-rasm. Elektrerozion dastgohning funksional sxemasi

Boshqariluvchi obyekt elektrerozion dastgoh 6 dan olingan signal o‘lchov o‘zgartgichida 7 elektrik signal  $X_{CH}$  o‘zgartirilib, summator – solishtiruvchi blokga SB uzatiladi va u yerda vazifalovchi signal  $X_{VS}$  bilan solishtirilib, ularning algebraik ayirmasi sxema 2 bilan

kuchaytiriladi, o'zgartkich 3 va quvvat kuchaytirgich 4 orqali bajaruvchi organ 5ga uzatiladi. Boshqaruv obyektining, ya'ni ishlov berilayotgan detalning shakli doimo o'zgarib turadi, bu esa hamisha  $X_{VS}$  va  $X_{CH}$  larning ayirmasi noldan farqli bo'lishini ko'rsatadi va bu signal elektrod – asbobni harakatlantiradi.

Nusxalash – tikish dastgohi stanina, detalni mahkamlovchi ish stoli, ishchi suyuqligi to'ldirilgan bak va vanna, elektrod – asbobni harakatlantiruvchi elektr yuritma, impuls generatori, dastgohni boshqarish bloki va boshqa bir qancha yordamchi bloklar va moslamalardan iborat. Masalan, 4A724 rusumli dastgohlarda GMS – 400 va MGP – P – 9 impuls generatorlari o'rnatilgan, og'irligi 1200 kg gacha bo'lgan detallarga ishlov beriladi, ish unumdorligi – 700 mm<sup>3</sup>/minut va quvvati 45 kVt.

**Elektr kontaktli ishlov berish (EKI)** elektr o'tkazuvchan materiallar yuzalarini silliqlash uchun qo'llaniladi.



**7.6-rasm.** Elektr kontaktli ishlov berish qurilmasining tuzilishi

Elektr kontaktli ishlov berishda elektr erozionli shakllanish usuli qo'llanilgan qurilmaning tuzilishi 7.6-rasmda keltirilgan. Tarmoqdagi kuchlanish  $U_T$  transformatorning Tr birlamchi chulg'amiga beriladi va ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanish  $U$  (amplitudasi 40 V gacha bo'lgan) ikki elektrodga beriladi. Elektrodlardan biri – 1 elektr o'tkazuvchi materialdan yasalgan disk, ikkinchisi esa ishlov berilishi kerak bo'lgan jism – yassi material 2.

Diskli elektrod – asbob ma'lum tezlik bilan elektr motor yordamida aylanadi. Mexanik moslama, masalan, prujina vositasida siqilish kuchi  $G_{pr}$  hosil qilinib disk ishlov berilayotgan yuzaga taqaladi. Bundan

tashqari diskga ishlov berilayotgan yuza bo'ylab harakatlanish tezligi  $U_a$  uzatiladi.

Elektrodlar oralig'i elektr izolyatsiya xususiyatiga ega bo'lgan havo, suyuqlik, gaz – suyuqlik aralashmasi bilan to'ldirilgan bo'ladi.

Umumiy holda bu ishlov berish jarayonida issiqlikning uch manбайдan foydalaniladi: mexanik, elektr kontaktli va elektroerozion. Kuchlanish qiymati 1 – 2 V bo'lganda, mexanik ishqalanishda hosil bo'ladigan qizish asosiy issiqlik manbai bo'ladi. Kuchlanish 2 – 10 V bo'lganida kontaktlar orasida yuzaga keladigan qizish asosiy bo'ladi (elektr razryad hosil bo'lmaydi). Kuchlanish 10 V dan yuqori bo'lganda esa issiqlik elektroerozion jarayon asosida yuzaga keladi. Chunki kuchlanishning qiymati elektrodlar orasida yoyli razryad hosil qilishga yetarli bo'ladi. Bunday elektr kontaktli ishlov berish ko'pincha **elektr kontaktli – yoyli ishlov berish** deb ham ataladi.

Detallarga elektr kontaktli ishlov berish uchun maxsus qurilmalarning bo'lishi shart emas (masalan, metall kesuvchi dastgohlardan foydalanish mumkin). O'zgaruvchan tokda ishlaydigan elektr kontaktli ishlov uchun maxsus ta'minot manbalarining keragi yo'q. Manba sifatida pasaytiruvchi transformatorlardan foydalaniladi. Transformatorning birlamchi chulg'ami elektr tarmog'iga ulansa, ikkilamchi chulg'ami to'g'ridan – to'g'ri elektrodlarga ulanadi. Qo'llaniladigan transformatorlarning quvvati 30 – 500 kVA bo'lib, ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanish 30 – 70 V bo'lishi kerak.

## Nazorat uchun test savollari

### 1. Elektrerozion qanday fizik jarayon?

A. Elektr energiya impulslarining mexanik energiyasi ta'sirida metall mikroporsiyalarining erishi va bug'lanishidan samarali foydalanishga asoslangan fizik jarayon.

B. Elektr energiya impulslarining issiqligi ta'sirida metall mikroporsiyalarining erishi va bug'lanishidan samarali foydalanishga asoslangan fizik jarayon.

S. Elektr energiya impulslarining issiqligi ta'sirida metall mikroporsiyalarining bug'lanishidan samarali foydalanishga asoslangan fizik jarayon.

D. Elektr energiya impulslarining issiqligi ta'sirida metall mikroporsiyalarining erishidan samarali foydalanishga asoslangan fizik jarayon.



**2. Elektr energiya impulsining bir davri uchun energiyasini aniqlovchi ifoda javoblarning qaysi variantida to'g'ri keltirilgan?**

A.  $A = \int_0^{\tau} u(\tau) \cdot i(\tau) d\tau$ , B.  $A = \int u(\tau) \cdot i(\tau) d\tau$ ,

S.  $A = \int_0^{\tau} u(\tau) \cdot i(\tau) d\tau$ , D.  $A = \int_0^{\tau} u(\tau) \cdot i(\tau) dt$ .

**3. Elektr energiya impulsining bir davri uchun quvvatini aniqlovchi ifoda javoblarning qaysi variantida to'g'ri keltirilgan?**

A.  $P_{1.0n} = \frac{U}{\tau_i}$ , B.  $P_{1.0n} = \frac{I}{\tau_i}$ , S.  $P_{1.0n} = \frac{S}{\tau_i}$ , D.  $P_{1.0n} = \frac{A}{\tau_i}$ .

**3. Relaksatsion generator qanday kuch elementlardan tashkil topgan?**

A. O'zgaruvchan tok kuchlanishi manbai, induktivlik, aktiv qarshilik.

B. O'zgaruvchan tok kuchlanishi manbai, sig'im, induktivlik, aktiv qarshilik.

S. O'zgaruvchan tok kuchlanishi manbai, sig'im, aktiv qarshilik.

D. O'zgaruvchan tok kuchlanishi manbai, sig'im, induktivlik.

**4. Elektrozozion dastgohning funksional sxemasi qanday tarkibiy qismlardan tuzilgan?**

A. O'lchov o'zgartgichi, kuchaytirish bloki, o'zgartkich, quvvat kuchaytirgich va bajaruvchi organlardan iborat.

B. O'lchov o'zgartgichi, summator, o'zgartkich, quvvat kuchaytirgich va bajaruvchi organlardan iborat.

S. O'lchov o'zgartgichi, summator, kuchaytirish bloki, quvvat kuchaytirgich va bajaruvchi organlardan iborat.

D. O'lchov o'zgartgichi, summator, kuchaytirish bloki, o'zgartkich, quvvat kuchaytirgich va bajaruvchi organlardan iborat.

**5. Elektr kontaktli ishlov berish qurilmasi qanday qismlardan tashkil topgan?**

A. Transformator va ikki elektrodan iborat. Elektrodlardan biri qo'l yordamida aylanuvchi disk bo'lsa, ikkinchisi ishlov beriladigan yassi material.

B. Transformator va ikki elektroddan iborat. Elektrodlardan biri elektr motor yordamida aylanuvchi disk bo'lsa, ikkinchisi ishlov beriladigan yassi material.

S. Ikki elektroddan iborat. Elektrodlardan biri elektr motor yordamida aylanuvchi disk bo'lsa, ikkinchisi ishlov beriladigan yassi material.

D. Transformator va ikki elektroddan iborat. Har ikki elektrodlar elektr motor yordamida aylanuvchi disklardan iborat.

### **6. Elektrerozion usulda detalni shakllantirish necha xil sxemalarda amalga oshiriladi?**

A. Detal shaklini aks etuvchi elektrod – asbob shaklini nusxalash, elektrod – asbob va yarim tayyor detalni ma'lum qonuniyat bo'yicha harakatlantirib impulslar ta'siridagi metall eroziyasi hisobiga detalni shakllantirish, har ikkala ishlov berish sxemasini birga qo'llash.

B. Detal shaklini aks etuvchi elektrod – asbob shaklini nusxalash, har ikkala sxemaning o'zaro birikkanligi.

S. Detal shaklini aks etuvchi elektrod – asbob shaklini nusxalash, elektrod – asbob va yarim tayyor detalni ma'lum qonuniyat bo'yicha harakatlantirib impulslar ta'siridagi metall eroziyasi hisobiga detalni shakllantirish.

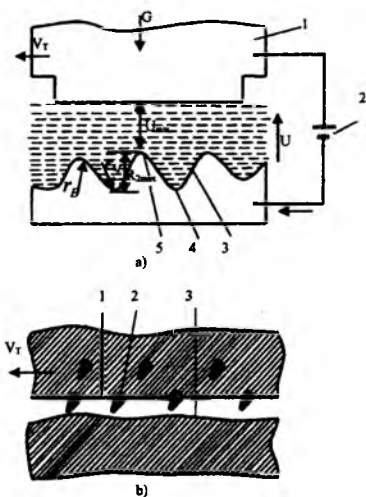
D. Detal shakllantirishda elektrod – asbob va yarim tayyor detalni ma'lum qonuniyat bo'yicha harakatlantirib impulslar ta'siridagi metall eroziyasi hisobiga detalni shakllantirish, har ikkala ishlov berish sxemasini birga qo'llash.

## VIII BOB. ELEKTROLITLARGA JOYLASHTIRILGAN METALL BUYUMLARGA ELEKTR KIMYOVIY – MEXANIK ISHLOV BERISH

### 8.1. Anodli – abraziv ishlov berish

Elektrolitlarga joylashtirilgan metall detallarga mexanik va elektr kimyoviy ishlov berish jarayoni detallarga elektr kimyoviy – mexanik ishlov berish deb ataladi. Bu ishlov berish jarayoni **anodli – abraziv** va **anodli – mexanik** turlarga bo'linadi.

Anodli – abrazivli ishlov berishda ishlov berilayotgan detalga anodli eritish va mexanik (abrazivli) ta'sirlar ko'rsatilib ishlov beriladi. Ishlov berilayotgan detal yuzasiga anodli eritishni ta'minlaydigan elektr toki, detal yuzasini kesayotgan yoki tirnayotgan abraziv zarrachalarning mexanik ta'siri va issiqlik eroziyasini yuzaga keltiradigan detal yuza qatlamlarida hosil bo'ladigan issiqlik oqimi ta'siri ostida bo'ladi.



**8.1-rasm.** Anodli – abrazivli ishlov berishda elektrodlar oralig'ı

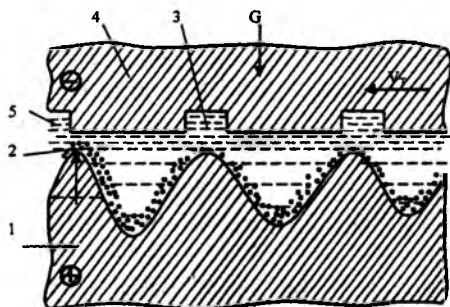
Anodli – abrazivli ishlov berish jarayonida diskli elektrod – asbob yuzasiga abraziv zarrachalar kiritiladi yoki abraziv zarrachalar solingan elektrolit qo‘llaniladi.

Birinchi holda, abraziv donalari elektrod – asbobning ish yuzasida bo‘rtib turadi. Bu zarrachalar elektrodlarning yuzalari oralig‘ida ma‘lum minimal o‘lchamdagi tirqichning hosil bo‘lishini ta‘minlaydi. Abraziv zarrachalar detal yuzasidagi mikrobo‘rtishlarni sidirib tozalaydi hamda ishlov berish zonasiga yangi elektrolitni uzatishga yordamlashadi. Bunday usulda detallarga ishlov berish anod va katod yuzalari orasidagi kichik tirqichda amalga oshiriladi (8.1a-rasmga qarang).

Ikkinchi holda, elektrolit bilan birga abraziv zarrachalari berilganida elektrodlar orasidagi masofa birmuncha uzoq bo‘lishi mumkin (8.1b-rasmga qarang). Abraziv zarrachali plyonka qatlami detal yuzasidagi mikrobo‘rtishlarni ketkazishi jarayonida metall tez eriydi, natijada elektrodlar orasidagi tirqich kattalashadi va bu esa tokning zichligini hamda ish unumdorligini pasayishiga olib keladi. Shuning uchun bu ikkinchi usul ishlov berilayotgan detallarning sirtlariga jilo berishdagina qo‘llaniladi.

## 8.2. Anodli – mexanik ishlov berish

Anodli – mexanik ishlov berish elektrod – asbob va ishlov berilayotgan detal orasidagi elektrolit bilan to‘ldirilgan elektrodlar orasida bir vaqtda ro‘y beradigan elektr kimyoviy va yuzalaridagi mexanik sidirilish jarayonlariga asoslangan. Bu ishlov jarayonida elektrodlar oralig‘ida detal metalli zarrachalarining elektrolit (suyuq shishaning suvli eritmasi) anionlari bilan erimaydigan birikmalari hosil bo‘ladi.



8.2-rasm. Anodli – mexanik ishlov berish sxemasi:

- 1 – ishlov berilayotgan detal; 2 – eriyotgan qatlam – plyonka;  
3 – elektrolit; 4 – elektrod – asbob; 5 – ariqcha

Temirning ionlari anodli eritish tufayli eritmaga o'tib silikat – anionlar bilan birikadi va plyonka shaklida ishlov berilayotgan detalga cho'kib erimaydigan birikmalar tashkil etadi (8.2-rasmga qarang).

Detal shaklini jilvalash, asosan detal yuzasidan termoerozion usul bilan mikrobo'rtishlarni olib tashlash hisobiga amalga oshiriladi. Yuqori kuchlanishli elektr zaryadli va katta bosim ostidagi elektrod – asbob ta'sirida detal bo'rtishlardagi tokning zichligi  $100 - 500 \text{ A/sm}^2$  ga yetadi (xomaki anodli – mexanik ishlov berish). Mikrobo'rtishning elektrod – asbob bilan qisqa vaqtga qisqa tutashuvida tokning zichligi minglab  $\text{A/sm}^2$  ga yetadi. Mikroyoylar hosil bo'ladi, metall va plyonka eriydi va ishlov berish zonasidan chiqarib tashlanadi. Kontakt bo'lgan zonada harorat keskin ko'tarilishi natijasida bo'rtishdan metall zarrachalari termoerozion jarayon ta'sirida ko'chadi va ular o'rnida chuqurchalar paydo bo'ladi. Chuqurchaning tubida metall plyonkadan ochilib qoladi. Chuqurcha sovib va elektrolit bilan to'lganidan so'ng qisqa vaqtli anodli eritish yuzaga keladi va jarayon elektr o'tkazmaydigan plyonka paydo bo'lishi bilan tugaydi. Bu jarayon chuqurchalarning yuzalar yana bo'rtishga aylanguncha davom etadi.

Anodli – mexanik ishlov berish jarayonida razryadlar tufayli detalni termoerozion buzilishi bilan bir vaqtda elektrod – asbobning eroziyasi ham birga kechadi. Razryadlarning davomiyligi uzoq emas, chunki elektrod – asbobning harakat tezligi katta va shu sababli uning uzilishi tez sodir bo'ladi.

### **8.3. Elektr kimyoviy va mexanik ishlov berish jarayonlarining tavsiflari**

Detallarga elektr kimyoviy va mexanik ishlov berish jarayoni quyidagi asosiy afzalliklarga ega: 1) detalga ishlov berish uchun kam vaqt ketadi va ish unumdorligi yuqori; 2) detal yuzasini xomaki tozalashdan to jilva berishgacha amallarni bajarish mumkin; 3) har qanday qattiq o'tkazuvchi materiallarga ishlov berish imkoniyati bor; 4) metall yo'nuvchi dastgohlarda ishlov berilgandagiga nisbatan oz chiqindi chiqaradi.

Shu bilan bir qatorda bu ishlov berish jarayoni quyidagi asosiy kamchiliklarga ega: 1) ishlov berish jarayonida elektrod – asbob bilan detalning o'zaro nisbiy siljishi kerakligi kesish va silliqlash amallarini qo'llashda cheklanishlarga olib keladi; 2) energiya sarfi yuqori; 3) jihozlarning massa va o'lchamlari bir muncha katta.

Elektrod – asbob disk yoki silindr shaklida bo‘ladi va aylanma harakatlanadi. Anodli – mexanik kesish jarayonida disk elektrolitni tirqich orasiga ilashtirib olib kiradi. Elektrod – asbob cheksiz metall tasma ko‘rinishida bo‘lishi mumkin.

Anodli – mexanik ishlov berish va xomaki silliqlash – shilish amallari elektrerozion ishlov berish jarayoniga monandir.

Elektr kimyoviy va mexanik ishlov berishlarda elektrneytral bo‘lgan asboblardan ham foydalaniladi. Bu elektrodlar detallar yuzasida yuqori darajadagi silliq yuzalarni hosil qilishda qo‘llaniladi. Bunday ishlov berishga detal yuzasi abrazivli suspenziya bilan elektrolitda silliqlash, katodli kallakni abraziv qo‘shimchalar bilan ishqalab silliqlash va boshqa amallar kiradi.

Neytral elektrod – asboblar yordamida ishlov berishning afzalliklari: 1) agressiv bo‘lmagan elektrolitlarni ishlatish; 2) kuchlanishlarning kichik qiymatda bo‘lishi (2 – 12 V); 3) qayishqoqlik darajasi yuqori bo‘lgan qotishmalarga ham ishlov berish mumkinligi; 4) kichik quvvatli qurilmalarda katta yuzali detallarga ishlov berish mumkinligi va h.k.

Elektr kimyoviy va mexanik ishlov berish jarayonlari qurilmalarining ta‘minot manbai sifatida asosan o‘zgarmas tok generatorlari, ko‘prik sxemali to‘g‘rilagichlar va impuls generatorlar qo‘llaniladi.

Anodli – mexanik ishlov beruvchi qurilmalarda kesish amallarini bajarish uchun ta‘minot manbai birlamchi chulg‘ami yulduzcha ulangan va ikkilamchi chulg‘ami olti seksiyali qilib bajarilgan transformator va yarim o‘tkazgichli to‘g‘rilagichdan foydalaniladi.

### **Nazorat uchun test savollari**

#### **1. Qanday jarayonga elektr kimyoviy – mexanik ishlov berish jarayoni deyiladi?**

A. Elyektrolitlarga joylashtirilgan metaldan yasalgan detallarga elektr kimyoviy– mexanik ishlov berish jarayoniga aytiladi.

B. Elektrolitlarga joylashtirilgan nometaldan yasalgan detallarga elektr kimyoviy – mexanik ishlov berish jarayoniga aytiladi.

S. Neytral xususiyatli suyuqlikka joylashtirilgan metall detallarga elektr kimyoviy – mexanik ishlov berish jarayoniga aytiladi.

D. Elektrolitlarga joylashtirilgan metall detallarga mexanik ishlov berish jarayoniga aytiladi.

## **2. Detallarga anodli – abrazivli ishlov berish qanday jarayon?**

A. Ishlov berilayotgan detal yuzasiga anodli eritishni ta'minlaydigan elektr toki va issiqlik eroziyasini yuzaga keltiradigan detal yuza qatlamlarida hosil bo'ladigan issiqlik oqimi ta'siri ostida kechadigan jarayon.

B. Ishlov berilayotgan detal yuzasiga anodli eritishni ta'minlaydigan elektr toki, detal yuzasini kesayotgan yoki tirnayotgan abraziv zarrachalarning mexanik ta'siri ostida kechadigan jarayon.

S. Ishlov berilayotgan detal yuzasini kesayotgan yoki tirnayotgan abraziv zarrachalarning mexanik ta'siri va issiqlik eroziyasini yuzaga keltiradigan detal yuza qatlamlarida hosil bo'ladigan issiqlik oqimi ta'siri ostida kechadigan jarayon.

D. Ishlov berilayotgan detal yuzasiga anodli eritishni ta'minlaydigan elektr toki, detal yuzasini kesayotgan yoki tirnayotgan abraziv zarrachalarning mexanik ta'siri va issiqlik eroziyasini yuzaga keltiradigan detal yuza qatlamlarida hosil bo'ladigan issiqlik oqimi ta'siri ostida kechadigan jarayon.

## **3. Detallarga elektr kimyoviy – mexanik ishlov berishning qanday asosiy afzalliklari javoblarning qaysi variantida to'liq keltirilgan?**

A. Detalga ishlov kam vaqt ichida ishlov beriladi, ish unumdorligi yuqori, har qanday qattiq o'tkazuvchi materiallarga ishlov berish imkoniyati bor, metall yo'nuvchi dastgohlarda ishlov berilgandagiga nisbatan oz chiqindi chiqaradi.

B. Detalga kam vaqt ichida ishlov beriladi, ish unumdorligi yuqori, detal yuzasini xomaki tozalashdan to jilva berishgacha amallarni bajarish mumkin, metall yo'nuvchi dastgohlarda ishlov berilgandagiga nisbatan oz chiqindi chiqaradi.

S. Detalga kam vaqt ichida ishlov beriladi, ish unumdorligi yuqori, detal yuzasini xomaki tozalashdan to jilva berishgacha amallarni bajarish mumkin, har qanday qattiq o'tkazuvchi materiallarga ishlov berish imkoniyati bor, metall yo'nuvchi dastgohlarda ishlov berilgandagiga nisbatan oz chiqindi chiqaradi.

D. Detalga kam vaqt ichida ishlov beriladi, ish unumdorligi yuqori, detal yuzasini xomaki tozalashdan to jilva berishgacha amallarni bajarish mumkin, har qanday qattiq o'tkazuvchi materiallarga ishlov berish imkoniyati bor.

**4. Detallarga elektr kimyoviy – mexanik ishlov berishning qanday asosiy kamchiliklari javoblarning qaysi variantida to‘liq keltirilgan?**

A. Ishlov berish jarayonida elektrod – asbob bilan detalning o‘zaro nisbiy siljishi kerakligi, kesish va silliqlash amallarini qo‘llashda cheklanishlarga olib keladi, jihozlarning massa va o‘lchamlari birmuncha katta.

B. Ishlov berish jarayonida elektrod – asbob bilan detalning o‘zaro nisbiy siljishi kerakligi kesish, va silliqlash amallarini qo‘llashda cheklanishlarga olib keladi, energiya sarfi yuqori, jihozlarning massa va o‘lchamlari birmuncha katta.

S. Ishlov berish jarayonida elektrod – asbob bilan detalning o‘zaro nisbiy siljishi kerakligi, kesish va silliqlash amallarini qo‘llashda cheklanishlarga olib keladi, energiya sarfi yuqori.

D. Ishlov berish jarayonida elektr energiya sarfi yuqori, jihozlarning massa va o‘lchamlari birmuncha katta.

**5. Anodli – mexanik ishlov berish qanday fizik jarayon?**

A. Elektrod – asbob va ishlov berilayotgan detal hamda elektrolit bilan to‘ldirilgan elektrodlar orasida bir vaqtda ro‘y beradigan elektr kimyoviy va yuzalaridagi mexanik sidirilish jarayonlariga aytiladi. Bu ishlov jarayonida elektrodlar oralig‘ida detal metalli zarrachalarining elektrolit (suyuq shishaning suvli eritmasi) anionlari bilan erimaydigan birikmalari hosil bo‘ladi.

B. Elektrod – asbob va ishlov berilayotgan detal hamda elektrolit bilan to‘ldirilgan elektrodlar orasida bir vaqtda ro‘y bermaydigan elektr kimyoviy va yuzalaridagi mexanik sidirilish jarayonlariga aytiladi. Bu ishlov jarayonida elektrodlar oralig‘ida detal metalli zarrachalarining elektrolit (suyuq shishaning suvli eritmasi) anionlari bilan erimaydigan birikmalari hosil bo‘ladi.

S. Elektrod – asbob va ishlov berilayotgan detal hamda elektrolit bilan to‘ldirilgan elektrodlar orasida bir vaqtda ro‘y beradigan elektr kimyoviy va yuzalaridagi mexanik sidirilish jarayonlariga aytiladi. Bu ishlov jarayonida elektrodlar oralig‘ida detal metalli zarrachalarining elektrolit (suyuq shishaning suvli eritmasi) anionlari bilan eriydigan birikmalari hosil bo‘ladi.

D. Elektrod – asbob va ishlov berilayotgan detal hamda elektrolit bilan to‘ldirilgan elektrodlar orasida bir vaqtda ro‘y beradigan elektr kimyoviy va yuzalaridagi mexanik sidirilish jarayonlariga aytiladi.



**6. Elektr kimyoviy – mexanik ishlov berish jarayoni uchun qanday ta'minot manbalari qo'llaniladi?**

A. Ta'minot manbai sifatida boshqariluvchi va boshqarilmaydigan o'zgarmas tok o'zgartkichlari va impuls generatorlar qo'llaniladi.

B. Ta'minot manbai sifatida o'zgarmas tok generatorlari, boshqariluvchi o'zgarmas tok o'zgartkichlari va impuls generatorlar qo'llaniladi.

S. Ta'minot manbai sifatida o'zgarmas tok generatorlari, boshqariluvchi va boshqarilmaydigan o'zgarmas tok o'zgartkichlari va impuls generatorlar qo'llaniladi.

D. Ta'minot manbai sifatida o'zgarmas tok generatorlari, boshqariluvchi va boshqarilmaydigan o'zgarmas tok o'zgartkichlari qo'llaniladi.

---

---

## IX BOB.

### ULTRATOVUSHLI ISHLOV BERISH QURILMALARI

#### 9.1. Ultratovushli ishlov berishning fizik asoslari

Chastota qiymati 1600 Hz va undan yuqori bo'lgan elastik tebranishlar *ultratovushlar* (UT) deyiladi (insonning eshitish organlari bu tebranishlarni sezmaydi). Chastota qiymati 20 Hz dan past bo'lgan tebranishlarni infratovushli deyiladi (insonning eshitish organlari bu tebranishlarni ham sezmaydi). Ultratovushli to'liqlar maxsus nurlatgichlar yordamida sun'iy ravishda hosil qilinadi. Bu nurlatgichlar sifatida magnit–striksionli (magnit maydoni ta'sirida ba'zi materiallar o'lchamlarining o'zgarishiga asoslangan) yoki p'ezoelektrik (elektr maydonida ba'zi materiallar hajmining o'zgarishiga asoslangan) o'zgartgichlar qo'llaniladi. Agar shunday jismlarni tez o'zgaruvchan magnit yoki elektr maydoniga joylashtirilsa, u holda ular **ultratovushli generatorlarga** aylanadi. Ular ishlab chiqarayotgan to'liqlar atrof – muhitga  $v = \sqrt{s/\rho}$  tezlik bilan tarqaladi: bu yerda  $s$  – vibrator (tebrat-kich) materialining bo'ylama elastiklik moduli,  $\rho$  – atrof – muhitning zichligi. Ultratovushli to'liqin materialli muhitdan o'tayotganida o'zi bilan ma'lum miqdorda energiyani olib o'tadi va bu energiyadan texnologik jarayonlarda foydalanish mumkin.

Ultratovush bilan ishlov berish jarayoni akustik energiyaning ta'siri bilan amalga oshiriladi. Bu ta'sir moddaning holatini o'zgartirishi, ya'ni moddaning mayda bo'lakchalarini kukunlashtirishi (dispersiya) va cho'ktirishi (koagulyatsiya) hamda moddaning erishi va kristallanishi tezligini o'zgartirish mumkin; shuningdek, moddalarga kimyoviy va yuvuvchi ta'sir o'tkazishi, moddalarga suyuqlik bilan ishlov berish vaqtida sodir bo'ladigan reaksiya va boshqa jarayonlarni (geterogenli diffuzion jarayonlarni) tezlashtirishi mumkin.

Ultratovushli tebranishlarning bosimi va oqimini boshqarish va o'zgarimas oqimini yuzaga keltirish; Riman effekti sodir bo'lishi, kavitatsiya, yuzaki ishqalanish, to'liqlarning harorati oshishi va yutilish kabi effektlari mavjud. Ultra tovush tebranishlari elektr kinetik va optik ta'siri, mo'ljalga olishning aniqligini oshirishda, Debay effektini yuzaga

keltirishda va gidrodinamik tortish kuchini shakllantirishda; koagulyanish, degazatsiya, lyumenesensiya, oksidlash, tiklanish, kondensatlanish, dispersiyalanish, polimerlanish va qizdirish kabi jarayonlarni vujudga keltirishda va kechishini tezlashtirishda katta samara beradi.

Ultratovushli ta'sir oralig'idagi o'zgaruvchan bosimli tovushning cho'zilish fazasi vaqtida bo'shliqlar va pufakchalarning paydo bo'lishi **kavitatsiya** deb ataladi. Bu bo'shliqlar va pufakchalarning bosilishi fazasi vaqtida yopiladi (bosimlarning qiymati  $10^7 - 10^8 \text{ N/m}^2$  ga yetadi).

Qaytarilmaydigan jarayondagi ultra tovush energiyasining bir qismi issiqlikka, boshqa qismi esa modda tuzilishini o'zgartirishga ketadigan jarayon – **moddaning ultratovushlarni yutishi** deyiladi. Ultratovushli ishlov berish vaqtida zarrachalarning o'zaro ishqalanishi tufayli tovush energiyasining qancha qismining yutilishi moddaning xossalariga va tebranishlar chastotasining kvadratiga proporsionaldir.

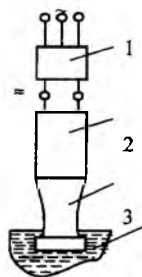
Gomogensiz suspenziyalarda, tovushli ta'siri oralig'ida **har xil massali molekulalar va zarrachalarning ajralishi** suspenziyalar tarkibi va tebranishlar chastotasiga bog'liqdir.

**Koagulyatsiya** deb, mayda dispersiyalangan zarrachalardan (tutun. chang, tuman) nisbatan katta o'lchamdagi zarrachalarning hosil bo'lishiga aytiladi. Ultratovush ta'sirida zarrachalar bir – birlariga nisbatan siljiydi, ular orasidagi o'zaro tortish kuchlari esa ularning to'qnashgan vaqtlarida birlashishga va yiriklashishiga olib keladi.

Suyuqliklarni yoki eritmalarini ultratovush yordamida gabsizlanishi gazli pufakchalarning harakatlanishi va nisbatan kattaroq pufakchalarga birlashishi hamda suyuqlik yuzasiga suzib chiqishi hisobiga hosil qilinadi.

**Dispersiyalash** deb, koagulyatsiyaga teskari bo'lgan jarayonga aytiladi, ya'ni moddaning mayda bo'lakchalarga bo'linishi va boshqa moddalar bilan aralashib ketishiga aytiladi.

Ultratovushli ishlov berish qurilmasining umumiy tuzilish sxemasi 9.1-rasmda keltirilgan. Ultratovush generatori bir ma'lum chastotaga va energiyaga ega bo'lgan o'zgaruvchan tok elektrmagnit to'lqinlarni ishlab chiqaradi va bu elektr magnit to'lqinlarni akustik energiyaga o'zgartirish o'zgartgich 2 da amalga oshiriladi. Bu tebranishlarni, suyuq muhit 4 ga joylashtirilgan, ishlov berilishi kerak bo'lgan jismga energetik ko'rsatkichlarini rostlovchi element 3 vositasida yuboriladi. Ultratovushning ta'sir tavsifi va qurilmaning tuzilishi texnologik jarayonning xususiyatiga bog'liqdir.



9.1-rasm. Ultratovush bilan ishlov berish qurilmasining tuzilishi

Ultratovush bilan ishlov berishning asosiy afzalliklari: 1) akustik energiya olish turlarining xima – xilligi; 2) ultra tovush yordamida o‘lchov ishlaridan to ajralmaydigan birikmalarni olishgacha (payvandlash, kavsharlash va h.k.) bo‘lgan ko‘plab texnologik amallarni bajarish mumkin; 3) metallarga ishlov berish sanoat qurilmalarini ishlatishda va texnologik jarayonlarini avtomatlashtirishda qo‘llanilishi.

Ultra tovush bilan ishlov berishning asosiy kamchiliklari quyidagilardan iborat: 1) akustik energyaning boshqa turdagi energiya turlariga nisbatan qimmatligi; 2) ultra tovushli tebranishlarni hosil qilish, uzatish va taqsimlash uchun maxsus qurilma va apparatlarning zarurligi.

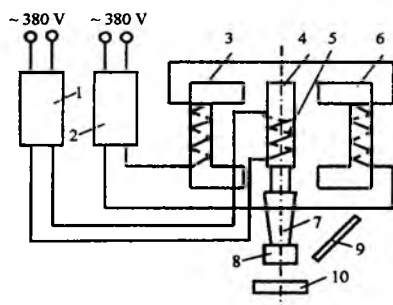
## 9.2. Ultratovushli qurilmalarning asosiy elementlari

Ultratovush tebranishlari manbai, akustik transformator va mahkamlovchi detallar ultratovushli ishlov berish tizimlarining asosiy tarkibiy elementlaridir.

Ultratovush tebranishlari manbalari tuzilishi va ishlash asosiga ko‘ra **mexanik** va **elektrik** turlarga bo‘linadi. Ishlash asosi mexanik energiyani o‘zgartirishga asoslangan ultratovushli sirenalarda va hushtaklar mexanik turdagi ultratovush tebranishlari manbalarini tashkil etadi. Ishlash asosi elektr energiyani tegishli chastotadagi mexanik tebranishlarga o‘zgartiruvchi o‘zgartirgichlar elektr ultratebranish manbalari deb ataladi. Bunday o‘zgartirgichlarning keng tarqalgan turlari magnit – striksionli va p‘yezoelektrik o‘zgartirgichlardir. Mexanik o‘zgartirgichlardan aerodinamik va gidrodinamik turlari ham keng qo‘llaniladi.

Magnit – striksionli o‘zgartgichlarning ishlash asosini magnit maydonining bo‘ylama magnit kuch chiziqlari ta‘sirida hajmi o‘zgaragan holda ferromagnit material uzunligining o‘zgarish effekti tashkil etadi. Yuqori magnit – striksiyaga ega bo‘lgan nikel, permendiyur (magnit to‘yinovchanligi hamda singdiruvchanligi yuqori bo‘lgan temirning 50% nikel va 2% vanadiyli qotishmalar), alyuminiy, kobalt va platinaning temir bilan qotishmasi magnit – striksionli o‘zgartgichlarni tayyorlashda keng qo‘llaniladi. Uyurma toklarning qiymatini kamaytirish maqsadida bu o‘zgartgichlarning magnit o‘zaklari alohida listlardan shixtalanib tayyorlanadi va magnit tizimi yopiq bo‘ladi hamda o‘zgartgich suv bilan sovutiladi. Jismning nisbiy uzayishi  $\Delta l/l = 10^{-5} - 10^{-6}$  ni tashkil etadi.

9.2-rasmda magnit – striksionli o‘zgartgichning sxemasi keltirilgan. O‘zgartgich o‘zagining 4 chulg‘ami 5 yuqori chastotali tok generatoridan 1 ta‘minlanadi. O‘zgarmas tok manbai 2 dan ta‘minlanadigan elektr magnitlar 5 va 6 o‘zgarmas magnit maydonini hosil qiladi. Bu magnit maydonlari o‘zgartgich o‘zagida ilk marta qutblanishni yuzaga keltiradi. Magnit – striksiya tufayli o‘zak 4 o‘zgarmas magnit maydoni ta‘sirida o‘z uzunligi  $l$  ni  $l_1$  gacha o‘zgartiradi.



9.2-rasm. Magnit – striksionli o‘zgartgichning sxemasi

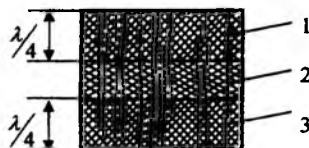
O‘zgartgich o‘zagi chulg‘ami 5 generatorga 1 ulangani uchun undan o‘tayotgan o‘zgaruvchan yuqori chastotali tok chulg‘amda 5 shunday chastotali magnit maydonini hosil qiladi. O‘zgartgichning magnit tizimida o‘zgarmas  $B_0$  va o‘zgaruvchan  $B_0$  induksiyali magnit oqimlari yuzaga keladi. Vaqtning istalgan lahzasida o‘zgartgich magnit tizimidagi

natijaviy magnit induksiya har ikkala induksiyalarning algebraik yig'indisidan iborat bo'ladi:  $B_N = B_0 + B_O$ . Magnit oqimlari o'zaro mos yo'nalishda bo'lganida  $B_N \neq 0$  bo'lib, o'zakning uzunligi  $l_1$  ga ega bo'ladi, oqimlarning yo'nalishi o'zaro qarama – qarshi yo'nalganida esa  $B_N = 0$  bo'lib, o'zakning uzunligi  $l_2 \neq l_1$  bo'ladi.

Shunday qilib, generator 1, to'g'rilagich 2, jamlagich – kontsentrator 7 (akustik tezlikni o'zgartgich) yordami bilan elektr energiya o'zgartgichning texnologik elementida 8 tebranishlar mexanik energiyasiga o'zgartirilib ishlov berilayotgan detalga 10 yo'naltiriladi. Detalga ishlov berilayotgan joyga suyuqlik shlang 9 orqali yuboriladi.

Magnit – striksion o'zgartgichlari o'zagini qayta magnitlanishi vaqtida magnit isroflarining sodir bo'lishi, qo'shimcha magnitlanish uchun zarur bo'ladigan tok qiymatining katta bo'lishi va FIK ning pastligi bu o'zgartgichlarning asosiy kamchiliklaridir.

Ba'zi bir moddalar elektr maydoniga joylashtirilganida o'z geometrik o'lchamlarini (qalinligini va hajmini) o'zgartirish effekti **p'yezoelektrik effekti** deyiladi. P'yezoelektrik effektning teskarisi ham mavjuddir, ya'ni p'yezomaterial plastinkalar siqilganida yoki cho'zilganida ularning qirralarida elektr zaryadlar paydo bo'ladi. Agar p'yezoelementni o'zgaruvchan tok elektr maydoniga joylashtirilsa, u holda uni o'rab turgan atrof – muhitda mos chastotali mexanik tebranishlar yuzaga keladi. Bariy titanati, qo'rg'oshin sirkonati – titanati (QTST) kabi p'yezoelementlar keng qo'llaniladi.

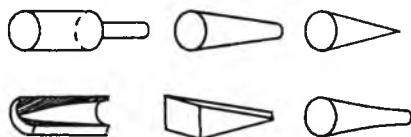


**9.3-rasm.** Ko'p qavatli p'yezoelektrik o'zgartgichning tuzilishi:  
1, 3 – plastikalar – qobiqlar; 2 – p'yezokeramik plastika.

P'yezoo'zgartgichlarda kvarts, segnetli tuz, turmalin va boshqa materiallardan foydalaniladi. P'yezoeffekt natijasida plastinaning deformatsiyalanishi uncha katta emas. Qalinligi 1 sm bo'lgan QTST plastinaga 100 V kuchlanish berilganida u bor – yo'g'i 0,1 mkm ga cho'ziladi. P'yezoo'zgartgichlarning FIK va tebranishlar amplitudasini oshirish uchun ularni ko'p qavatli qilib yasaladi. 9.3-rasmda kichik

quvvatli o'zgartgichning tuzilishi keltirilgan. P'yezoo'zgartgichlar uzluksiz nurlanish va impulsi ish rejimlarida ishlashi mumkin. Akustik energiya oqimining zichligi  $1 - 2 \text{ Vt/sm}^2$  bilan chegaralanadi (keramik materiallarning mexanik mustahkamligi past bo'lgani uchun).

**Akustik tezlik transformatorlari** (to'liqin o'tkazgichlar, jamlagichlar, konsentratorlar) o'zgartgichda hosil qilingan ultra tovushli to'liqlarning ko'rsatkichlarini ishlov berish amallari uchun moslashtirish va ularni ishlov beriladigan zonaga keltirish hamda tebranma tizimning mustahkamligini oshirish uchun xizmat qiladi.



9.4-rasm. Akustik tezlik transformatorlarining shakllari

Akustik tezlik transformatorlari korroziyaga chidamli, kavitatsiya va issiqqa bardoshli, agressiv muhitda va boshqa anormal sharoitlarda ishlatilishga mo'ljallangan materiallardan yasaliib, turli geometrik ko'rinishlarga ega bo'ladi. 9.4-rasmda turli shakldagi akustik tezlik transformatorlarining ko'rinishlari keltirilgan.

Akustik tezlik transformatorlarining jamlanish koeffitsiyenti tebranma o'zgartgich bilan ulangan kirish qismining katta yuzali maydoni kesim yuzasining asbob bilan ulangan chiqish qismining kichik yuzali maydoni kesimi yuzasiga nisbati bilan aniqlanadi.

Ultratovushli qurilmalarning **ta'minot manbalari** sifatida yarim o'tkazgichli va lampali yuqori chastotali chastota o'zgartgichlar qo'llaniladi. Masalan, magnit – striksionli o'zgartgichlar uchun ta'minot manbai sifatida UZG8 – 01/22 rusumli chastotani avtomatik sozlovchi yarim o'tkazgichli generator qo'llaniladi. Quvvatni roslash oralig'i nominal quvvatiga nisbatan 10% dan to 100% gacha. Tarmoqdan oladigan quvvati 180 VA, chiqish quvvati 100 Vt va ishchi chastotasi  $22 \pm 1,65 \text{ kHz}$ .

Ta'minot manbalariga qo'yiladigan asosiy talablar quyidagilardan iborat: 1) hosil qilinayotgan chastota qiymatining stabil bo'lishi bilan bir qatorda uni ma'lum diapazonda roslash imkoniyati ham bo'lishi kerak; 2) quvvatini roslash; 3) o'lcham va og'irlik ko'rsatkichlari kichik

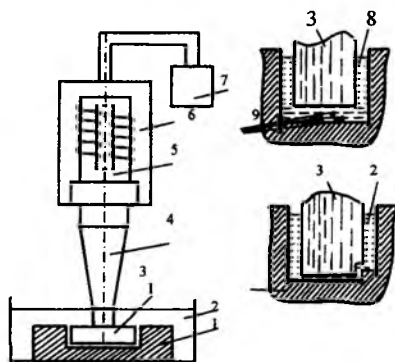
bo'lishi; 4) ishlatilishi oson va ishonchlilik darajasi yuqori bo'lishi kerak.

### 9.3. Ultratovushli qurilmalarning qo'llanilishi

Sanoatda ultratovushli qurilmalar uchta asosiy yo'nalishda qo'llaniladi: **materialga kuch bilan ta'sir etish, texnologik jarayonlarni jadallashtirish va materiallar tarkibini o'rganish.**

Qattiq va o'ta qattiq materiallarga ishlov berishda, detallar yuzasidagi turli ifloslarni olib tashlashda **ultratovushning mexanik energiyasidan** foydalaniladi.

Qattiq va mo'rt materiallar yuzasiga o'yib ishlov berishda ishlov berayotgan asbob ma'lum chastotali tebranishlar bilan ishlash zonasida harakatlantiriladi. Bunda ishlov berilayotgan yuzaga asbob va ishlov berilayotgan jism oralig'iga suspenziya ko'rinishida kiritilgan abraziv kukunining donachalari orqali zarbali ta'sir qilinadi (9.5 – rasm). Asbob tebranishlari chastotasining yuqoriligi (16 – 30 kHz) va abraziv donachalarining zichligi katta (20 – 100 ming/sm<sup>2</sup>) ekanligi sababli



9.5- rasm. Ultratovushli mexanik ishlov beruvchi qurilmaning tuzilishi:

- 1 – detal, 2 – vanna, 3 – asbob, 4 – akustik tezlik transformatori,
- 5 – magnit – stirtston o'zgartgich, 6 – sovutiladigan korpus,
- 7 – generator, 8 – tirqich, 9 – abraziv donachalari.

bunday ultratovushli ishlov berish ancha samaralidir. Bu jarayonda abraziv donachalari katta tezlik bilan harakatlanaib ishlov berilayotgan



yuzaga zarb bilan uriladi va natijada jismning mayda zarrachalari ushlab ajralib chiqadi.

Ultratovushlarning ikkinchi keng qo'llaniladigan sohasi bu texnologik jarayonlarni jadallashtirishda foydalanishdir. Bu jarayon ultra tovush to'l-qinlarining suyuqliklar harakatidagi turbolentlikni oshirishiga asoslangan.

Ultra tovush tyebanishlari yordamida laboratoriya tahlilini o'tkazmasdan, muhit fizik xossalarning ultratovush ko'rsatkichlariga bog'liqligini oldindan bilgan holda, texnologik jarayonning o'tishini uzluksiz nazorat qilish mumkin.

## Nazorat uchun test savollari

### 1. Metallarga ultratovushli ishlov berishning fizik asosi qanday?

A. Ultratovush bilan ishlov berish jarayoni akustik energiyani mexanik energiyaga o'zgartirish bilan amalga oshiriladi.

B. Ultratovush bilan ishlov berish jarayoni akustik energiyani elektr energiyaga o'zgartirish bilan amalga oshiriladi.

S. Ultratovush bilan ishlov berish jarayoni akustik energiyani issiqlik energiyaga o'zgartirish bilan amalga oshiriladi.

D. Ultratovush bilan ishlov berish jarayoni akustik energiyani elektr magnit energiyaga o'zgartirish bilan amalga oshiriladi.

### 2. Koagulyatsiya jarayoni qanday jarayon?

A. Mayda dispersiyalangan zarrachalardan (tutun. chang, tuman) nisbatan kichik o'lchamdagi zarrachalarning hosil bo'lishiga aytiladi.

B. Mayda dispersiyalangan zarrachalardan (tutun. chang, tuman) nisbatan katta o'lchamdagi zarrachalarning hosil bo'lishiga aytiladi.

S. Yirik dispersiyalangan zarrachalardan (tutun. chang, tuman) nisbatan katta o'lchamdagi zarrachalarning hosil bo'lishiga aytiladi.

D. Mayda dispersiyalangan zarrachalardan (tutun. chang, tuman) nisbatan kichik o'lchamdagi zarrachalarning hosil bo'lishiga aytiladi.

### 3. Dispersiyalanish nima?

A. Moddaning mayda bo'lakchalarga bo'linishi va boshqa moddalar bilan aralashib ketishiga aytiladi.

B. Moddaning yirik bo'lakchalarga bo'linishi va boshqa moddalar bilan aralashib ketishiga aytiladi.

S. Moddaning mayda bo'lakchalarga bo'linishi va boshqa moddalar bilan aralashib ketmasligiga aytiladi.

D. Moddaning mayda bo'lakchalarga bo'linishi va boshqa moddalar bilan aralashib ketmasligiga aytiladi.

#### **4. Magnit – striksion o'zgartkich qanday asosiy konstruktiv elementlardan tashkil topgan?**

A. O'zgartgich o'zagi, yuqori chastotali tok generatori, o'zgarmas tok manbai, elektr magnitlar, to'g'rilagich, kontsentrator, texnologik element, ishlov berilayotgan detal, shlangdan iborat.

B. O'zgartgich o'zagi va chulg'ami, yuqori chastotali tok generatori, o'zgarmas tok manbai, to'g'rilagich, kontsentrator, texnologik element, ishlov berilayotgan detal, shlangdan iborat.

S. O'zgartgich o'zagi va chulg'ami, yuqori chastotali tok generatori, o'zgarmas tok manbai, elektr magnitlar, to'g'rilagich, kontsentrator, texnologik element, ishlov berilayotgan detal, shlangdan iborat.

D. O'zgartgich o'zagi va chulg'ami, yuqori chastotali tok generatori, o'zgarmas tok manbai, elektrmagnitlar, to'g'rilagich, kontsentrator, texnologik element, shlangdan iborat.

#### **5. Ta'minot manbalariga qo'yiladigan asosiy talablar nimalardan iborat bo'lishi kerak?**

A. Hosil qilinayotgan chastota qiymatining stabil bo'lishi, o'lcham va og'irlik ko'rsatkichlari kichik bo'lishi, ishlatilishi oson va ishonchlilik darajasi yuqori bo'lishi kerak.

B. Hosil qilinayotgan chastota qiymatining stabil bo'lishi bilan bir qatorda uni ma'lum diapazonda rostlanishi va quvvati ham rostlanishi kerak, o'lcham va og'irlik ko'rsatkichlari kichik bo'lishi, ishonchlilik darajasi yuqori bo'lishi kerak.

S. Hosil qilinayotgan chastota qiymatining stabil bo'lishi bilan bir qatorda uni ma'lum diapazonda rostlanishi va quvvati ham rostlanishi kerak, ishlatilishi oson va ishonchlilik darajasi yuqori bo'lishi kerak.

D. Hosil qilinayotgan chastota qiymatining stabil bo'lishi bilan bir qatorda uni ma'lum diapazonda rostlanishi va quvvati ham rostlanishi kerak, o'lcham va og'irlik ko'rsatkichlari kichik bo'lishi.

#### **6. Ultratovushli mexanik ishlov beruvchi qurilma qanday asosiy konstruktiv elementlardan tuzilgan bo'lishi kerak?**

A. Ishlov berilayotgan detal, asbob, akustik tezlik transformatori, magnit – stirtston o'zgartgich, sovutiladigan korpus, generator, tirqich, abraziv donachalari.

B. Ishlov berilayotgan detal, vanna, akustik tezlik transformatori, magnit – stirtston o'zgartgich, sovutiladigan korpus, generator, tirqich, abraziv donachalari.

S. Ishlov berilayotgan detal, vanna, asbob, magnit – stirtston o'zgartgich, sovutiladigan korpus, generator, tirqich, abraziv donachalari.

D. Ishlov berilayotgan detal, vanna, asbob, akustik tezlik transformatori, magnit – stirtston o'zgartgich, sovutiladigan korpus, generator, tirqich, abraziv donachalari.

### **7. Akustik tezlik transformatorlari qanday vazifani bajaradi?**

A. Infraqizil tovushli to'liqlarning ko'rsatkichlarini ishlov berish amallari uchun moslashtirish va ularni ishlov beriladigan zonaga keltirish hamda tebranma tizimning mustahkamligini oshirish uchun xizmat qiladi.

B. Ultratovushli to'liqlarning ko'rsatkichlarini ishlov berish amallari uchun ularni ishlov beriladigan zonaga keltirish hamda tebranma tizimning mustahkamligini oshirish uchun xizmat qiladi.

S. Ultratovushli to'liqlarning ko'rsatkichlarini ishlov berish amallari uchun moslashtirish va ularni ishlov beriladigan zonaga keltirish hamda tebranma tizimning mustahkamligini oshirish uchun xizmat qiladi.

D. Ultratovushli to'liqlarning ko'rsatkichlarini ishlov berish amallari uchun moslashtirish.

### **8. P'yezoelektrik o'zgartkich qanday fizik effekt asosida ishlaydi?**

A. Barcha moddalar elektr maydoniga joylashtirilganida o'z geometrik o'lchamlarini (qalinligini va hajmini) o'zgartirish effekti p'yezoelektrik effekti deyiladi.

V. Ba'zi bir moddalar magnit maydoniga joylashtirilganida o'z gyeometrik o'lchamlarini (qalinligini va hajmini) o'zgartirish effekti p'yezoelektrik effekti deyiladi.

S. Ba'zi bir moddalar elektr magnit maydoniga joylashtirilganida o'z geometrik o'lchamlarini (qalinligini va hajmini) o'zgartirish effekti p'yezoelektrik effekti deyiladi.

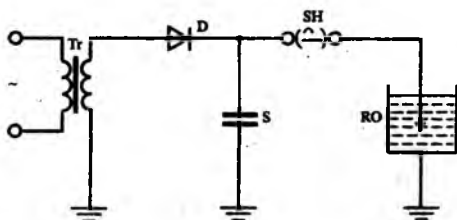
D. Ba'zi bir moddalar elektr maydoniga joylashtirilganida o'z geometrik o'lchamlarini (qalinligini va hajmini) o'zgartirish effekti p'yezoelektrik effekti deyiladi.

## X BOB. ELEKTRGIDRAVLIK QURILMALAR

### 10.1. Elektrgidravlik ishlov berishning fizik asoslari

Elektr toki o'tkazmaydigan suyuqlik ichiga elektrodlar tushirilib, yuqori kuchlanishli elektr energiya manbaiga ulansa, u holda elektrodlar orasidagi hosil bo'lgan yuqori kuchlanishli elektr razryad yuqori bosim kuchini yuzaga keltiradi. Bunda impulsli – zarbali to'liqin energiyasi hisobiga bosim  $300 \text{ Nm/m}^2$  ga yetadi. Elektrgidravlik qurilmalarning ishlash asosi ana shu fizik hodisaga asoslangan.

Elektr razryad natijasida suyuqlik ichida katta bosim kuchini hosil qilish elektr energiyani mexanik energiyaga aylantirishning yana bir usulidir. Bu jarayonning oraliq bosqichsiz o'tishi tufayli FIK yuqori bo'ladi



**10.1-rasm.** Elektrgidravlik qurilmaning prinsipial elektr sxemasi

Elektrgidravlik qurilmaning prinsipial elektr sxemasi 10.1-rasmda tasvirlangan. Kuchlanishni oshiruvchi transformator Tr, to'g'rilagich D, energiya jamlovchi sig'im S, shakllantiruvchi oraliq SHO va razryadli oraliq RO elektrgidravlik ishlov berish qurilmasining asosini tashkil etadi. Suyuqlikka botirib qo'yilgan ikki elektrod yuqori kuchlanishli (bir necha o'n kV li) manbaga ulanganida ular orasida uchqun hosil bo'ladi. Bu jarayonda ko'p miqdorda bug' va gaz ajralib chiqadi va ular uchqun atrofida pufak hosil qiladi. Agar razryadli oraliqqa davomiyligi juda qisqa bo'lgan tok impulsi berilsa, u holda bug' va gazning ajralib chiqishi keskin kamayadi va suyuqlikda esa kuchli zarb to'liqini paydo bo'ladi (elektr portlashli ishlov berish). Kondensator S da kuchlanish

ishlov berish uchun yetarli bo'lganda (to'g'rilagich D orqali zaryadlangan bo'ladi) zaryadsizlanish oldin shaklantiruvchi oraliq SHO va so'ngra ishchi oraliq RO orqali sodir bo'ladi. Bunda suyuqlikda tik frontli impuls kengligi qisqa bo'lgan tok razryadi o'tadi; razryadning o'tish vaqti qancha kam bo'lsa va impuls fronti qancha tik bo'lsa, u holda suyuqlikda tarqalayotgan zarbali to'lqin amplitudasi shuncha katta bo'ladi. SHO uzunligini rostlab, impulsli razryadning amplitudasini va vaqt doimiyligini boshqarish mumkin.

## 10.2. Elektrgidravlik qurilmalarning qo'llanish sohalari

Elektrgidravlik qurilmalar shtamplash, cho'zish, egish, quymani kuyindi va zangidan tozalash, o'zaklarni quymadan urib chiqarish, tog' jinslarini buzish va maydalash va boshqa bir qancha texnologik jarayonlarda qo'llaniladi.

Chang hosil qilinmasdan formovka tuprog'idan quymani ajratib olish jarayoni suvli vannada amalga oshiriladi (yuqori chastotada impulslar ketma – ketligi hosil qilinadi).

O'ta yuqori zarbali gidravlik bosimlar, kuchli kavitatsion jara-yonlarni hosil qilish natijasida yupqa metall listlardan buyumlarni tayyorlashda qo'llaniladi.

Suyuqlikda elektrgidravlik zarbadan yuzaga kelgan to'lqinlar ta'sirida yupqa material disperslanadi yoki buziladi va natijada uni maydalanadi. To'lqinning buzish xususiyati razryad konturi ko'rsatkichlariga bog'liq, impulslarning energiyasi esa kondensatorga berilayotgan kuchlanishga va sig'imiga bog'liq.

Har xil mineral moddalarni maydalash uchun maxsus elektrgidravlik tebratgichlar qo'llaniladi.

Elektrgidravlik qurilmalar elektrodlar bilan razryad kameradan (suv ta'minoti tizimi, elektrodni harakatlantiruvchi mexanizmlari va bosh.), yuqori kuchlanishli impulsli tok generatoridan (jamlovchi – kondensator), elektr o'zgartkichdan (yuqori kuchlanishli to'g'irlagich), ishga tushirish va rostlash qurilmalaridan, avtomatika blokidan va razryadnik R dan iborat .

Elektrgidravlik qurilmaning eng asosiy elementlaridan biri - yuqori kuchlanishli kommutator (razryadlovchi). Razryadlovchilar 5 – 100 kV kuchlanishga, 5500 kA maksimal razryadli tokka va bir necha yuz kilojoullar (tok impulsining davomiyligi bir necha o'nlardan 100 va

ko'proq mikrosekundlar bo'lganida) energiyani kommutatsiyalash uchun mo'ljallangan.

Elektrgidravlik qurilmalarda IKU rusumli impulslı kondensatorlar qo'llaniladi.

Elektrgidravlik qurilmalarning tarkibiy qismlarini o'zaro birlash-tiruvchi o'tkazgichlar sifatida APV, RK va RKG markali kam induktivli va radiochastotali kabellar ishlatiladi.

### **Nazorat uchun test savollari**

**1. Suyuqlik ichida elektrgidravlik zarb – kuch qanday sodir bo'ladi?**

A. Elektr toki o'tkazmaydigan suyuqlik ichiga elektrodlar tushirilib, yuqori kuchlanishli elektr energiya manbaiga ulansa, u holda elektrodlar orasidagi hosil bo'lgan yuqori kuchlanishli elektr razryad yuqori bosim kuchini yuzaga keltiradi.

B. Elektr toki o'tkazmaydigan suyuqlik ichiga elektrodlar tushirilib, past kuchlanishli elektr energiya manbaiga ulansa, u holda elektrodlar orasidagi hosil bo'lgan yuqori kuchlanishli elektr razryad yuqori bosim kuchini yuzaga keltiradi.

S. Elektr toki o'tkazadigan suyuqlik ichiga elektrodlar tushirilib, yuqori kuchlanishli elektr energiya manbaiga ulansa, u holda elektrodlar orasidagi hosil bo'lgan yuqori kuchlanishli elektr razryad yuqori bosim kuchini yuzaga keltiradi.

D. Elektr toki o'tkazmaydigan suyuqlik ichiga elektrodlar tushirilib, yuqori kuchlanishli elektr energiya manbaiga ulansa, u holda elektrodlar orasidagi hosil bo'lgan past kuchlanishli elektr razryad yuqori bosim kuchini yuzaga keltiradi.

**2. Elektrgidravlik qurilma qanday elektr jihozlardan iborat?**

A. Yuqori kuchlanishli manba, to'g'rilagich, kommutator, elektrolit vanna, elektrodlar.

V. Yuqori kuchlanishli manba, kondensator, kommutator, elektrolit vanna, elektrodlar.

S. Yuqori kuchlanishli manba, kondensator, to'g'rilagich, kommu-tator, elektrolit vanna, elektrodlar.

D. Yuqori kuchlanishli manba, kondensator, to'g'rilagich, kommu-tator, elektrolit vanna.

### 3. Elektrgidravlik qurilmalar qanday ishlaydi?

A. Suyuqlikka botirib qo'yilgan ikki elektrod yuqori kuchlanishli manbaga ulanganida ular orasida uchqun hosil bo'ladi. Agar razryadli oraliqqa davomiyligi juda qisqa bo'lgan tok impulsi berilsa, suyuqlikda kuchli zarb to'liqini paydo bo'ladi. Kondensatorda kuchlanish ishlov berish uchun yetarli bo'lganda zaryadsizlanish oldin shakllantiruvchi oraliq va so'ngra ishchi oraliq orqali sodir bo'ladi. Bunda suyuqlikda tik frontli impuls kengligi qisqa bo'lgan tok razryadi o'tadi. Shakllantiruvchi oraliq uzunligini rostlab, impulsli razryadning amplitudasini va vaqt doimiyligini boshqarish mumkin.

B. Suyuqlikka botirib qo'yilgan ikki elektrod yuqori kuchlanishli manbaga ulanganida ular orasida uchqun hosil bo'ladi. Agar razryadli oraliqqa davomiyligi juda qisqa bo'lgan tok impulsi berilsa, suyuqlikda kuchli zarb to'liqini paydo bo'lmaydi. Kondensatorda kuchlanish ishlov berish uchun yetarli bo'lganda zaryadsizlanish oldin shakllantiruvchi oraliq va so'ngra ishchi oraliq orqali sodir bo'ladi. Bunda suyuqlikda tik frontli impuls kengligi qisqa bo'lgan tok razryadi o'tadi. Shakllantiruvchi oraliq uzunligini rostlab, impulsli razryadning amplitudasini va vaqt doimiyligini boshqarish mumkin.

S. Suyuqlikka botirib qo'yilgan ikki elektrod yuqori kuchlanishli manbaga ulanganida ular orasida uchqun hosil bo'ladi. Agar razryadli oraliqqa davomiyligi juda katta bo'lgan tok impulsi berilsa, suyuqlikda kuchli zarb to'liqini paydo bo'ladi. Kondensatorda kuchlanish ishlov berish uchun yetarli bo'lganda zaryadsizlanish oldin shakllantiruvchi oraliq va so'ngra ishchi oraliq orqali sodir bo'ladi. Bunda suyuqlikda tik frontli impuls kengligi qisqa bo'lgan tok razryadi o'tadi. Shakllantiruvchi oraliq uzunligini rostlab, impulsli razryadning amplitudasini va vaqt doimiyligini boshqarish mumkin.

D. Suyuqlikka botirib qo'yilgan ikki elektrod past kuchlanishli manbaga ulanganida ular orasida uchqun hosil bo'ladi. Agar razryadli oraliqqa davomiyligi juda qisqa bo'lgan tok impulsi berilsa, suyuqlikda kuchli zarb to'liqini paydo bo'ladi. Kondensatorda kuchlanish ishlov berish uchun yetarli bo'lganda zaryadsizlanish oldin shakllantiruvchi oraliq va so'ngra ishchi oraliq orqali sodir bo'ladi. Bunda suyuqlikda tik frontli impuls kengligi qisqa bo'lgan tok razryadi o'tadi. Shakllantiruvchi oraliq uzunligini rostlab, impulsli razryadning amplitudasini va vaqt doimiyligini boshqarish mumkin.

**4. Elektrgidravlik qurilmalarning asosiy afzalliklari nimalardan iborat?**

A. Qoʻllanish sohalari keng, ish unumdorligi yuqori, katta joyni egallamaydi.

V. Qoʻllanish sohalari keng, elektr jihozlarining salmogʻi kam, ish unumdorligi yuqori.

S. Qoʻllanish sohalari keng, elektr jihozlarining salmogʻi kam, ish unumdorligi yuqori, katta joyni egallamaydi.

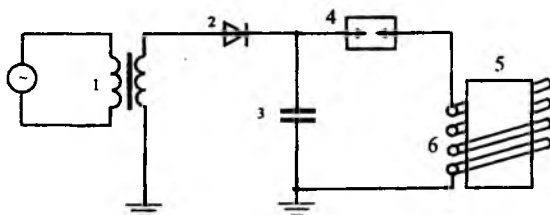
D. Qoʻllanish sohalari keng, elektr jihozlarining salmogʻi kam, katta joyni egallamaydi.



## XI BOB. METALLARGA MAGNIT-IMPULSLI ISHLOV BERISH

### 11.1. Magnit-impulslı ishlov berishning fizik asoslari

Metallarga magnit-impulslı ishlov berish – bu ishlov berilayotgan detal yoki buyumda elektr energiyaning bevosita mexanik energiyaga aylantirilishida kuchli magnit maydon ta’sirida detal yoki buyumlarning plastik deformatsiyalanishidir. Bu usulda ishlov berish jarayonida buyum yoki detal kuchli magnit maydon ta’sirida plastik deformatsiyaga uchraydi.



11.1-rasm. Metallarga magnit-impulslı ishlov berish qurilmasining prinsipial elektr sxemasi

Agar ishlov berilayotgan metall – detalni 6 induktorga 5 joylashtirib, undan katta amplitudali tok impulsini o’tkazsak, unda induktor o’ramlari atrofida magnit maydonning kuchli impulsi paydo bo’ladi (11.1-rasmga qarang). Bu maydon metall – detalda 6 uyurma toklarni yuzaga keltiradi va bu toklarning magnit maydon bilan o’zaro ta’siri natijasida detal yuzasida bosim hosil bo’ladi. Bu bosimning kuchi detal yuzasining har bir  $\text{sm}^2$  da bir necha o’n tonnaga yetishi mumkin. Masalan, agar ishlov berilayotgan detalning ichi bo’sh bo’lsa (masalan, quvur bo’lsa), unda unga magnit maydoni bilan siqib ishlov berib egish mumkin. Kondensatorlar batareyasi 3 razryadlangan bo’lganida induktordan tokning impulsi o’tadi. Kondensator yuqori kuchlanishli tarmoqdan to’g’irlagich 2 orqali to’g’rilanib zaryadlanadi. Kondensatorda kuchlanish to’la zaryadlanish qiymatiga yetganida razryadlovchi 4 teshiladi va to’plangan

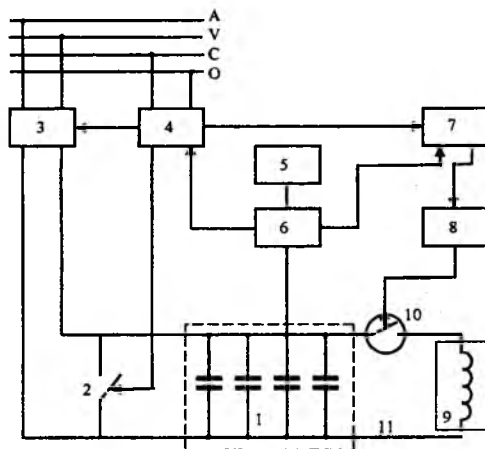
zaryad induktor 5 orqali razryadlanadi. Razryadlanish jarayonining no-davriy xarakterga ega bo'lishini ta'minlash uchun kontur ko'rsatkichlari to'g'ri tanlanishi kerak. Odatda impulslarning davomiyligi  $10^{-6}$  –  $10^{-4}$  sekundga teng bo'ladi. Induktor chulg'ami orqali kuchli tok impulsi oqib o'tadi va detalda uyurma toklar hosil qiladi. Magnit maydon va uyurma toklarning o'zaro ta'siri natijasida impulslar kuchlar paydo bo'ladi va ular detalni deformatsiyalaydi. Ish jarayonida induktor chulg'amini sovutish maqsadida maxsus qurilmalar qo'llaniladi. Induktor o'ramlari ham katta deformatsiyalovchi kuchlar ta'siriga uchraydi va shuning uchun o'ramlar bimetalli qilib tayyorlanadi. O'ramning ichki elektr o'tkazuvchan qismi po'lat bandaj bilan mahkamlanadi.

Metallarni magnit-impulslar ishlov berish qurilmalarining quvvati 3 kVA dan to 30 kVA gacha bo'lib, chastotasining o'zgarish oralig'i esa 25 – 100 kGts ni tashkil etadi va bir soatda 60 – 1200 amalni bajara oladi.

## **11.2. Metallarga magnit-impulslar ishlov beruvchi qurilmalarning tarkibiy tuzilishi**

Metallarga magnit-impulslar ishlov beruvchi qurilmalar tarkibiy tuzilishi bo'yicha ikki qismdan iborat bo'ladi: tayyorlovchi va texnologik. Tayyorlovchi qismga impulslar tok generatorlari kirsa, texnologik qismga esa induktorlar va ularning ishini bajarilishini ta'minlovchi yordamchi anjomlar kiradi.

11.2-rasmda metallarga magnit-impulslar ishlov beruvchi qurilmalarning blok – sxemasi tasvirlangan. Energiya yig'uvchi kondensatorlar batareyasi 1 zaryadli moslamadan 3 kerakli kuchlanishgacha zaryadlanadi. Belgilangan energiya miqdori to'planganidan so'ng batareya kommutator 10 va tok uzatkich 11 orqali ish induktorida 9 impulslar razryadlanadi. Moslamaning 4 vazifasi boshqarish, nazorat qilish va boshqaruv signallari ishoralarini moslashtirishdan iborat. Ishga tushiruvchi moslama 8 kommutatorni 10 ulashga buyruq beradi. Buyruq datchigi 5 va kuchlanishni bo'luvchi blokning 6 ishlashini va zahiralananayotgan energiya miqdorini avtomatik ravishda rostlaydi. Zaryadlanish kuchlanish belgilangan miqdoriga yetganida avtomatika bloki 7 ishga tushiruvchi moslamaning 8 ulanishiga boshqaruv impulsini yuboradi. Ortiqcha kuchlanishni energiya yig'uvchidan 1 olishni blokirovkalashni qisqa tutashtirgich 2 bajaradi.



**11.2- rasm.** Metallarga magnet-impulsli ishlov beruvchi qurilmaning blok sxemasi

Bu qurilmalarning asosiy elektr jihozlari impulsli tok generatorlari bo'lib, sanoat chastotali toklarni katta amplitudali tok impulslariga aylantiradi. Impulsli tok generatorlarining asosiy elementlari – zaryadlash moslamasi, kondensatorlar batareyasi, kommutatsiyalovchi va ishga tushiruvchi qurilmalar. Zaryadlash moslamasiga pasaytiruvchi transformator, yuqori kuchlanishli to'g'irlagich va ulash – rostlash qurilmalari kiradi. Ishga tushiruvchi moslama asosiy razryadlovchini ishga tushirish uchun mo'ljallangan.

Induktor qurilmaning eng asosiy elementlaridan biridir, chunki uning tuzilishi va bajarilishi sifatiga qarab butun qurilmaning funksional imkoniyatlari belgilanadi. Induktorlarga qo'yiladigan asosiy talablar: ishlov berilayotgan jismni deformatsiyalash uchun zarur bo'ladigan mexanik energiyani olishda elektr magnet maydon energiyasining o'zgartirilishi yuqori samarali bo'lishi, mexanik zo'riqishlarga va katta toklarga chidamli bo'lishi kerak va konstruktiv tuzilishi sodda bo'lishi kerak.

Vazifasiga ko'ra induktorlar bir yoki bir necha o'ramli g'altaklar, yassi spiralar va boshqa ko'rinishlarda yasalanadi.

Bu usul ko'pincha istalgan shakldagi yupqa elektr o'tkazuvchi materiallardan yasalgan buyum va detallarga bosim bilan ishlov

berishdagi amallarni bajarishda qo'llaniladi. Magnit – impulsli ishlov berish qurilmalari yordamida har qanday shakldagi yupqa devorli ishlov beriluvchi detallarni cho'zish, siqish va qirrali yuzalar hosil qilish; quvurlarni kengaytirish, siqish, payvand chokklarini yo'qotish; chinni izolyatorlarga metall qalpoqchalarni siqib o'rnatish; trosarga vtulkalarni siqib kirgizish va quvurlar uchlarini birlashtirish; metall detallarni nometall detallar bilan birlashtirish kabi o'nlab amallarni bajarish mumkin.

Metallarga magnit – impulsli ishlov berish qurilmalari quyidagi afzaliklarga ega: 1) siljiydigan va ishqalanadigan qismlarining yo'qligi; 2) quvvatini boshqarish va rostlashning osonligi; 3) ixchamligi va ishlatilishining soddaligi; 4) ta'mirlash va uzluksiz avtomatik liniyalarda qo'llash mumkinligi; 5) ish unumining yuqoriligi; 6) ishlov berish jarayonlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirishning murakkab emasligi.

Bu qurilmalarning kamchiliklari: 1) ishlov berish jarayoni FIK yuqori emasligi; 2) ishlov berilayotgan detal yuzasining yaxlit bo'lishi kerakligi; 3) induktorlar ishlash muddatining kamligi; 4) qalinligi katta bo'lgan detallarga ishlov berish qiyinligi.

### **Nazorat uchun test savollari**

**1. Metallarga magnit-impulsli ishlov berish qanday fizik hodisaga asoslangan?**

A. Detalda elektr energiyaning bilvosita mexanik energiyaga aylantirilishida kuchli magnit maydon ta'sirida detallarning plastik deformatsiyalanishiga asoslangan.

B. Detalda elektr energiyaning bevosita issiqlik energiyasiga aylantirilishida kuchli magnit maydon ta'sirida detallarning plastik deformatsiyalanishiga asoslangan.

S. Detalda elektr energiyaning bevosita mexanik energiyaga aylantirilishida kuchli magnit maydon ta'sirida detallarning plastik deformatsiyalanishiga asoslangan.

D. Detalda elektr energiyaning bevosita mexanik energiyaga aylantirilishida kuchli elektr maydon ta'sirida detallarning plastik deformatsiyalanishiga asoslangan.

## **2. Magnit-impulsi ishlov berish qurilmalari qanday elektr jihozlardan tashkil topgan bo'lad?**

A. Bu qurilmalarning asosiy elektr jihozlari impulsi tok generatori. Impulsi tok generatorining asosiy elementlari – zaryadlash moslamasi, kondensatorlar batareyasi, kommutatsiyalovchi va ishga tushiruvchi qurilmalar. Zaryadlash moslamasiga pasaytiruvchi transformator va ulash – rostdash qurilmalari kiradi.

B. Bu qurilmalarning asosiy elektr jihozlari impulsi tok generatori. Impulsi tok generatorlarining asosiy elementlari – zaryadlash moslamasi, kondensatorlar batareyasi, kommutatsiyalovchi va ishga tushiruvchi qurilmalar. Zaryadlash moslamasiga yuqori kuchlanishli to'g'irlagich va ulash – rostdash qurilmalari kiradi.

S. Bu qurilmalarning asosiy elektr jihozlari impulsi tok generatori. Impulsi tok generatorlarining asosiy elementlari – zaryadlash moslamasi, kondensatorlar batareyasi, kommutatsiyalovchi va ishga tushiruvchi qurilmalar. Zaryadlash moslamasiga pasaytiruvchi transformator, yuqori kuchlanishli to'g'irlagich va ulash – rostdash qurilmalari kiradi.

D. Bu qurilmalarning asosiy elektr jihozlari impulsi tok generatori. Impulsi tok generatorlarining asosiy elementlari – zaryadlash moslamasi, kommutatsiyalovchi va ishga tushiruvchi qurilmalar. Zaryadlash moslamasiga pasaytiruvchi transformator, yuqori kuchlanishli to'g'irlagich va ulash – rostdash qurilmalari kiradi.

## **3. Metallarga magnit-impulsi ishlov berish qurilmalarining asosiy afzalliklari nimalardan iborat?**

A. Siljiydigan va ishqalanadigan qismlarining yo'qligi, quvvatini boshqarish va rostdashning osonligi, ixchamligi va ishlatilishining soddaligi, ish unumining yuqoriligi, ishlov berish jarayonlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirishning murakkab emasligi.

B. Siljiydigan va ishqalanadigan qismlarining yo'qligi, quvvatini boshqarish va rostdashning osonligi, ixchamligi va ishlatilishining soddaligi, ta'mirlash va uzluksiz avtomatik liniyalarda qo'llash mumkinligi, ish unumining yuqoriligi.

S. Siljiydigan va ishqalanadigan qismlarining yo'qligi, quvvatini boshqarish va rostdashning osonligi, ixchamligi va ishlatilishining soddaligi, ta'mirlash va uzluksiz avtomatik liniyalarda qo'llash mumkinligi, ishlov

berish jarayonlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirishning murakkab emasligi, ishlov berish jarayonlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirishning murakkab emasligi.

D. Siljiydigan va ishqalanadigan qismlarining yo'qligi, quvvatini boshqarish va rostlashning osonligi, ixchamligi va ishlatilishining soddaligi, ta'mirlash va uzluksiz avtomatik liniyalarda qo'llash mumkinligi, ish unumining yuqoriligi, ishlov berish jarayonlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirishning murakkab emasligi.

#### **4. Metallarga magnit-impulsli ishlov berish qurilmalarining asosiy kamchiliklari nimalardan iborat?**

A. Ishlov berish jarayoni FIK yuqori emasligi, ishlov berilayotgan detal yuzasining yaxlit bo'lishi kerakligi, induktorlar ishlash muddatining kamligi, qalinligi katta bo'lgan detallarga ishlov berish qiyinligi.

B. Ishlov berish jarayoni FIK yuqori emasligi, induktorlar ishlash muddatining kamligi, qalinligi katta bo'lgan detallarga ishlov berish qiyinligi.

S. Ishlov berish jarayoni FIK yuqori emasligi, ishlov berilayotgan detal yuzasining yaxlit bo'lishi kerakligi, qalinligi katta bo'lgan detallarga ishlov berish qiyinligi.

D. Ishlov berilayotgan detal yuzasining yaxlit bo'lishi kerakligi, induktorlar ishlash muddatining kamligi, qalinligi katta bo'lgan detallarga ishlov berish qiyinligi.

---

---

## XII BOB.

### MATERIALLARGA ELEKTR KINETIK ISHLOV BERISH USULLARI

#### 12.1. Elektron – ionli (aerozolli) texnologiya asoslari

##### *a) fizik asoslari*

Elektron – ionli (aerozolli) texnologiya – yuqori kuchlanganlikka ega bo‘lgan elektr maydoniga joylashtirilgan materialning zaryadlangan zarralari; bu zarralar gaz shaklida yoki suyuq muhitda muallaq (kolloid) holatda bo‘ladi, maydonning ta‘sirida tartibli harakatlanishi natijasida hosil bo‘ladigan ma‘lum texnologik jarayon.

Elektron – ionli (aerozolli) texnologiya uch xarakterli jarayonni o‘z ichiga oladi: 1) elektr maydonga joylashtirilgan material zarralarini zaryadlash; 2) zaryadlangan zarralarning harakatini ma‘lum tomonga yo‘naltirish; 3) tayyor mahsulot yoki buyumni shakllantirish.

Elektron – ionli (aerozolli) texnologiyaning quyidagi turlari sanoatda keng qo‘llaniladi:

**Elektr gazli tozalash** – gazli (havoli) oqimdan undagi qattiq yoki suyuq zarrachalarni tozalash;

**Elektr – separatsiya** – ko‘p komponentli tizimlarni zarrachalarning elektr fizik xususiyatlaridan foydalanilgan holda komponentlarga ajratish;

**Elektr bosma** – tasvirni shakllantirish, ko‘p karrali nusxalarni tayyorlash uchun matritsalar yasash;

**Elektr bo‘yash** – buyumlarning sirtlariga qattiq yoki suyuq qoplamalarni qoplash.

**Elektron – ionli (aerozolli) texnologiya asosida quyidagi fizik hodisalar yuzaga keladi:** elektroosmos, elektroforez va elektrodializ.

**Elektroosmos** – elektr maydon ta‘sirida suyuqlikning kapillyar yoki g‘ovak diafragramalar orqali harakatlanishi.

**Elektroforez (yoki kataforez)** – elektr maydon ta‘sirida kolloid zarralarning suyuqlikda yoki gazli muhitda tartibli harakati.

**Elektrodializ** – eritmalar tarkibidagi tuzlardan kolloid zarralari hamda makromolekulalarni elektr maydon ta‘sirida ajratib olish usuli. Bu hodisalar elektr statik qurilmalarda kechadi. Bunday qurilmalarda

elektr maydon ta'sirida massa ko'chishi, elektrolizdagidek ionlarning ko'chishi emas, balki modda makrozarralarining ko'chishi kuzatiladi; bular molekullarning katta miqdoridan iborat bo'ladi.

Elektroosmos hodisasi transport magistrallarini yotqizishda va gidrotexnik inshootlarni qurishda yerdagi ortiqcha namlikni ketkazish uchun, g'ovak materiallarni namini qochirishda, suvni va texnik suyuqliklarni tozalashda va h.k. larda ishlatiladi.

Elektr statik qurilmalarda kechadigan jarayonlar zaryadlangan zaryadlar orasida hosil bo'ladigan kulon kuchlari ta'sirida ro'y beradi. Amalda zarralar uch xil usulda zaryadlanadi: 1) zarrani o'rab turgan gazli muhitdagi gazdan ionlarning zarra yuzasiga cho'kishi yo'li bilan; 2) elektr statik induksiya yo'li bilan, ya'ni elektr maydonda zaryadlarning ajralishi; 3) mexanik, kimyoviy va issiqlik natijasida zarralarning elektrlashishi bilan (kam o'rganilgan soha).

Amalda zarralarning bir – biriga va idish devorlariga ishqalanishi natijasida elektrlashishi keng tarqalgan.

Zaryadlangan jismga tegib o'tgan zarraning kontaktli zaryadi qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi –

$$q = C\varphi, \quad (12.1)$$

bu yerda,  $C$  – zarraning sig'imi,  $F$ ;  $\varphi$  – zaryadlangan jismning potentsiali,  $V$ .

Elektr statik induksiya yo'li bilan zarralarni zaryadlashning mohiyatini yassi kondensator misolida ko'rish mumkin. Kondensatorning pastki qoplamasida zaryadlarning yupqa qatlami bor, agar kondensatorning qoplamalariga potentsiallar ayirmasi, ya'ni kuchlanish berilsa hamma zarralarning umumiy zaryadi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$q = CU = (S/d)U, \quad (12.2)$$

bu yerda,  $C$  – kondensatorning sig'imi;  $S$  – kondensator plastinalari yuzasining maydoni;  $d$  – kondensator plastinalari orasidagi masofa. Har bir zarrani plastinadan urib chiqarishga intilgan kuch tashqi elektr maydon  $E$  ta'sirida yuzaga keladi. Berilayotgan kuchlanishning qiymatini oshirib, kondensator qoplamasi bilan zarralar orasidagi tortish



kuchini yengishga erishiladi. Zaryadlangan zarralar plastinadan uzilib, qarant – qarshi qoplamaga ko‘chadi.

Sanoatda zarralarning yuzalariga ionlarni cho‘kish yo‘li bilan zaryadlashga asoslangan elektron – ionli texnologik qurilmalar keng qo‘llaniladi. Bu usulning asosiy afzalligi zarralar katta miqdorda zaryadlanadi. Bu holda tokli razryadlardan ionlarning manbai sifatida foydalanish mumkin.

**b) elektr maydonda zarralarning zaryadlanishi, siljishi va cho‘kishi**

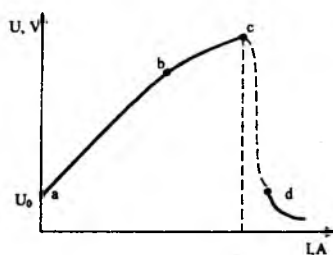
Elektr yurituvchi kuch (EYUK) manбайдan gazli muhitga joylashtirilgan elektrodlarga kuchlanish berilganida, elektr maydoni ta’sirida bir qancha zaryadlangan zarralarning maydon bo‘ylab harakati yuzaga keladi. Zarralarning bu harakatlanishi natijasida hosil bo‘lgan tokning qiymati juda kichik bo‘ladi. Agar gazli muhitga ionizator joylashtirilsa, bu tokning qiymati keskin ortadi. Bir jinsli elektr maydonida hosil qilingan tojli razryad bunday ionizator vazifasini bajaradi. Bunday bir jinsli maydon radiuslarining nisbati 10 dan kam bo‘lmagan ikki silindrlar tizimida (koaksial elektrodlar), ikki tekislik orasidagi sim, sim – tekislik va shunga o‘xshash tizimlarda hosil qilinadi. Tojlanayotgan ichki elektrodning diametri zarralarni cho‘ktiradigan tashqi elektrod diametridan ancha kichik bo‘lishi kerak.

Agar elektr filtrning tojlanayotgan va cho‘ktiriladigan elektrodlariga kuchlanish berilib va uning qiymati muntazam ravishda oshirib borilsa, u holda elektrodlar orasidagi elektr maydon kuchlanganligining ma’lum qiymatida elektr razryad hosil bo‘ladi.

12.1 – rasmda elektrodlar tizimidagi volt – amper tavsifi keltirilgan. Tavsifning **ab** qismida kuchlanish oshishi bilan tok ham oshadi, bu zaryadlarning yangi tashuvchilarini paydo bo‘lishiga olib keladi. Kuchlanishning  $U$  keyingi oshishi va boshlang‘ich qiymatiga yetganida elektrodlar orasida tojli razryad paydo bo‘ladi (tavsifning **bc** qismi). Silindrli tojlanuvchi elektrod uchun boshlang‘ich kuchlanganlikni quyidagi formula bilan hisoblaymiz:

$$E_0 = 30,3\delta / I + 0,298 / \sqrt{\delta r_0}, \quad (12.3)$$

bu yerda,  $\delta = 3,86P/T$  – havoning solishtirma zichligi ( $P$  – bosim, Pa;  $T$  – harorat, K);  $r_0$  – tojlanuvchi elektrodning radiusi.



12.1-rasm. Elektrodlar tizimidagi volt – amper tavsifi  
( $U_0$  – bo'sag'a potensial ayirmasi).

Volt – amper tavsif tenglamasi har qanday elektrodlar tizimi uchun va har qanday toj uchun quyidagi ko'rinishga ega:

$$i_0 = c_1 U(U - U_0), \quad (12.4)$$

bu yerda,  $c_1$  – berilgan elektrodlar tizimining doimiyligi.

Kuchlanishning keyingi oshishi elektrodlar oralig'ining teshilishiga va uchqunli razryadning paydo bo'lishiga olib keladi (tavsifning be qismi) va bundan keyin yoyli razryad transformatsiyaga uchrashi mumkin (tavsifning g nuqtadan o'ngrog'ida).

Elektrodlar tizimi ichida elektr maydon kuchlanganligining taqsimlanishi va ular orasida tokning oqib o'tishi gazli muhitning xossalariga, uning harorati va namligiga bog'liqdir.

Tojli razryadning ionli maydonida **zarraning zaryadlanish jarayoni** elektr dinamik kuchlar ta'sirida zarralarda asta – sekin elementar zaryadlarning oshib borishidan iborat.

Elektr maydonida **zarralarning harakati** quyidagi kuchlar ta'sirida sodir bo'ladi: 1) og'irlik kuchi; 2) zaryadlangan zarralarga elektr maydonining ta'sir etuvchi kuchi; 3) elektr maydon kuchlanganligining notekis ta'sir kuchlari tufayli; 4) zarra harakati yo'nalishidagi muhitning qarshilik kuchi; 5) zarralarning o'zaro ta'sir kuchi (elektr dinamik va gidrodinamik); 6) elektr shamol hosil qiladigan kuch.

Umumiy holda zaryadlangan zarraning elektr maydonidagi traektoriyasi quyidagi tenglama bilan ifodalanishi mumkin:

$$m = \frac{dV}{d\tau} = \sum_i^n F, \quad (12.5)$$

bu yerda,  $m$  – zarraning massasi;  $\frac{dV}{d\tau}$  – zarra harakatining tezlanishi;

$\sum_i^n F$  – zarraga ta'sir qiladigan barcha kuchlarning vektor yig'indisi.

Elektr maydonida **zarralarning cho'kishi** ikki xil ko'rinishda ro'y beradi: aerazolli zarralarning elektr cho'kishi va elektr filtrli elektr cho'kish.

Birinchi xil cho'kishda gazli muhitda qattiq moddaning zaryadlangan zarralari va suyuqlikning tomchilari bo'ladi. Gazni tozalash, suyuqlikning tomchilari qattiq modda zarralarini yutishi va tozalash qurilmadan suspenziyani keyin chiqarib tashlash hisobiga amalga oshiriladi.

Modda zarralari va suyuqlik tomchilari o'zaro quyidagi kuchlar ta'sirida bo'ladi: 1) tomchi bilan zaryadlangan zarralarning o'zaro ta'sir kuchi (o'zaro kulon kuchi ta'siri); 2) tomchidagi zaryad va zarradagi induksiyalangan zaryad orasidagi induksiya kuchi; 3) zarradagi zaryad va tomchidagi induksiyalangan zaryad orasidagi induksiya kuchi; 4) bir qutbli zaryadlangan zarralar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi.

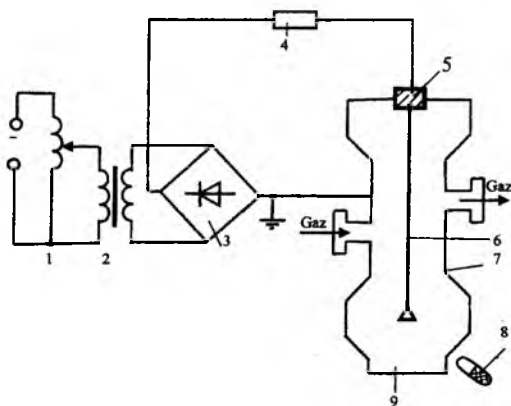
Tomchi va zarra orasidagi tortishish kuchlari itarish kuchlaridan katta bo'lganida aerazolli zarralar cho'kadi.

Ikkinchi xil cho'kishda moddaning fizik tavsiflari katta ahamiyatga ega: o'tkazuvchanlik, dielektrik singdiruvchanlik, zichligi va h.k. Biroq elektr filtrda cho'kish jarayoniga boshqa ko'pgina omillar ham ta'sir qiladi: gazning tezligi, cho'ktiruvchi elektrodning silkitilishi, harorat, gazli muhitning namligi va tarkibi, zarralarning o'lchamlari va shakli, cho'ktiruvchi elektrodning tozalik darajasi, teskari tojning yuzaga kelishi. Elektr o'tkazuvchi va elektr o'tkazmaydigan moddalardan iborat bo'lgan aralashmada zarralarning zaryadlanish jarayoni juda murakkab kechadi. Yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan zarra elektr filtr devoriga urilganida juda tez razryadlanadi. Agar zarraning o'tkazuvchanligi kichik bo'lsa, u holda u sekinroq razryadlanadi. Vaqtning istalgan lahzasida unda zaryad bo'ladi va zarra elektrodga elektr maydon ta'sirida siqib qo'yilgan bo'ladi.

## 12.2. Elektr statik sanoat qurilmalari

### a) gazni tozalovchi elektr filtrlar

Elektr filtrlar sanoat gazlarini, chang va suyuq zarralardan tozalaydigan mukammal qurilmalardir. Elektr filtrlar har xil sharoitlarda va shuningdek hatto yuqori haroratli va kimyoviy faol gazlarni tozalashda ham qo'llaniladi. Ulardan sement, kimyo, metallurgiya sanoatlarida va issiqlik elektr stantsiyalarida ham foydalaniladi.

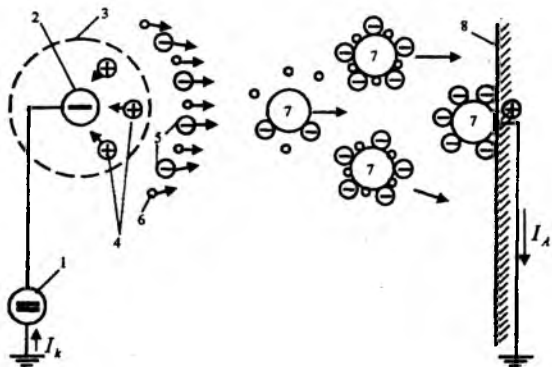


12.2-rasm. Elektr filtrning prinsipial elektr sxemasi:

- 1,2 – rostlovchi va kuchaytiruvchi transformatorlar; 3 – to'g'rilagich;  
4 – qarshilik; 5 – izolyator; 6,7 – tojlanuvchi va cho'ktiruvchi elektrodlar;  
8 – siltagich; 9 – bunker.

Elektr filtrlar quvursimon va plastinkasimon ko'rinishda bo'ladi. Quvursimon elektr filtrlar gazning tik oqimini tozalashda qo'llaniladi (12.2-rasm). Ta'minot manbai – to'g'rilagichdan 3 izolyator 5 orqali tojlanuvchi elektrodga 6 va cho'ktiruvchi elektrodga 7 o'zgarmas tokning yuqori kuchlanishi beriladi. Elektrodlar orasida keskin bir jinsli bo'lmagan elektr maydoni hosil bo'ladi. Elektr filtrda tojli razryad paydo bo'lishi uchun zarur bo'lgan potensiallar ayirmasi  $U_0$  (12.3) formula bo'yicha  $E_0$  uchun aniqlanadi. Kuchlanish oshishi bilan tojli razryad uchqunli razryadga o'tib ketishi mumkin. Elektrod uzunligining har bir metriga to'g'ri keladigan ishchi toklarning qiymati 0,1 – 0,5 mA ga teng bo'lishi zarur. Potensiallar ayirmasi 50 – 80 kV ga yetsa elektr maydonining kuchlanganligi gazning erkin elektronlar va ionlarga

(chegaraviy) kritikdan yuqori tezlikni berish qobiliyatiga ega bo'ladi va neytral zarralarning zarbali ionlanishi yuzaga kelishi mumkin. Bu jarayon ko'chki shaklida o'sib boradi va bunga o'xshash ionlashish **tojlanish** deb ataladi.



**12.3-rasm.** Elektr filtrda elektr zarralarning zaryadlanishi va cho'kish jarayonining sxemasi:

- 1 – generator; 2 – tojlanuvchi elektrod; 3 – tojning chegarasi;
- 4,5 – musbat va manfiy zaryadlangan ionlar; 6 – elektronlar;
- 7 – gazdagi changning zarralari; 8 – cho'ktiruvchi elektrod.

Elektr filtrda tok paydo bo'lganidan so'ng elektr maydon oralig'ida **ikkita zona** hosil bo'ladi. Tojlanayotgan elektrod 2 atrofida musbat 4 va manfiy 5 zaryadlangan ionlar va elektronlar bilan to'lgan zona birinchi zona deb ataladi. Ikkinchi zona toj 3 va cho'ktiruvchi elektrod 8 oralig'ida joylashgan bo'lib, bu oraliq faqat manfiy ionlar va elektronlar bilan to'lgan bo'ladi. Shuning uchun elektrofiltr ichidan changlangan gazning o'tishida chang zarralari 7 ning aksariyati manfiy zaryadlangan bo'lib, ular musbat cho'ktiruvchi elektrod 8 tomonga yo'nalgan bo'ladi. Cho'ktiruvchi elektrodlar maxsus siltagich 8 (12.1-rasmga qarang) yordamida davriy siltanib turiladi va ularga cho'kkan chang bunker 9 ga to'kiladi.

Elektr filtr qurilmalari bilan erishiladigan iqtisodiy samara juda kattadir, chunki elektr filtr bunkerida yig'ilgan changning tarkibida ko'plab qimmatbaho metallar, jumladan kumush, mis, nikel, surma, rux,

qo'rg'oshin, magniy va boshqa bir qancha noyob metallar va ularning birikmalari mavjuddir.

Elektr filtrlarning issiqlik elektr stantsiyalarida va metallurgiya sanoati korxonalarida qo'llanilishi ish jarayonida hosil bo'ladigan inson hayoti uchun zararli bo'lgan gazli muhitdagi og'ir metallar va ularning birikmalarini tutib qolishga va shuningdek atrof – muhit ekologiyasiga ijobiy ta'sir qiladi.

#### **b) elektr filtrlarning jihozlari**

Tozalanadigan gazlarning tarkibi va xossalari, tarkibidagi kolloid zarralar, harorati, bosimi, va namlik darajasi va boshqa ko'rsatkichlariga qarab elektr filtrlarning tarkibiy tuzilishi turlicha bo'ladi.

Elektr filtrlar bir zonali va **ikki zonali** guruhlariga bo'linib, tuzilishi bo'yicha **quvursimon** va **plastikasimon** turlarga ajratiladi.

Quvursimon elektr filtrlarda cho'ktiruvchi elektrod po'lat quvurdan yasali, tojlanuvchi elektrod quvur o'qi markazidan o'tkazilgan simdan iborat bo'ladi.

Plastinkasimon elektr filtrlarda cho'ktiruvchi elektrod qator parallel plastikalardan yoki simlardan yig'iladi. Cho'ktiruvchi elektrodlar orasiga tojlanadigan elektrodlar joylashtiriladi. Gaz gorizontal yo'nalishda o'tadi. Plastiksimon elektr filtrning bir korpusi ichida bir necha mustaqil elektrodlar tizimi (elektr maydonlar) joylashishi mumkin. Maydonlarning soniga qarab bunday elektrofiltrlar ikki, uch, to'rt va *ko'p maydonli elektr filtrlar* deb ataladi.

Gazlarni keltirish, taqsimlash, o'tkazish, kiritish va chiqarishga xizmat qiluvchi moslamalar elektr filtrlarning **yordamchi jihozlari** deb ataladi. Elektr filtrning kirish qismiga o'rnatilgan gaz taqsimlovchi diffuzorlar, yo'naltiruvchi parraklar va panjaralar yordamchi jig'ozlarning asosini tashkil etadi.

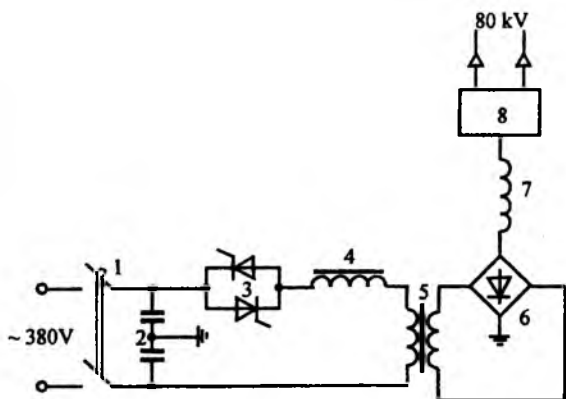
Tojlanuvchi elektrodlar ikki guruhga bo'linadi: qayd etilgan razryadli nuqtalari bo'lmagan va qayd etilgan razryadli nuqtalari bo'lgan. Bunday nuqtalar sifatida elektrod yuzasidagi o'tkir uchlar yoki ignachalar ko'rinishdagi cho'qqichalarni aytish mumkin. Elektrodlar tasmali, shtampalangan tishli yoki ignachali to'g'ri burchakli po'latlardan yasaladi. Birinchi guruhdagi tojlanuvchi elektrodlar quvursimon va plastinkasimon elektr filtrlarda, ikkinchi guruhdagi tojlanuvchi elektrodlar esa asosan plastinkasimon elektr filtrlarda qo'llaniladi.

Quvursimon elektr filtrlarning cho'ktiruvchi elektrodlari aylana, kvadrat yoki olti burchak kesim yuzali quvurlardan yasalsa, plastiksimon elektr filtrlarniki esa silliq plastinkalardan yasaladi. Ho'l

elektr filtrlar uchun cho'ktiruvchi elektrodlar ko'mirdan, grafitdan, yog'ochdan, g'ishtdan, plastmassalardan va h.k. dan tayyorlanadi.

Quruq elektr filtrlarda har xil turdagi siltash mexanizmlari, jumladan zarbali – bolg'ali; prujinali → kulachokli, magnit – impulsli, tebranma va boshqalar qo'llaniladi.

Elektr filtrlarning ta'minot manbalari tarkibiga kuchlanish rostlagich, kuchaytiruvchi transformator, to'g'rilagich va integrator kiradi. Ishlash asosiga ko'ra ta'minot manbalari tok manbai va kuchlanish manbai turlariga bo'linadi. Elektr filtr tok manбайдan ta'minlanganida (tarkibi: avtotransformator, o'zini to'yintiruvchi magnit kuchaytirgich, tiristorli rostlagich) tojning toki deyarli o'zgarmaydi, chiqish kuchlanishi esa yuklanish qarshiligiga proporsional ravishda o'zgaradi. Elektr filtr kuchlanish manбайдan ta'minlanganida tojning toki kuchlanishga bog'liq darajasi yuqoridir.



**12.4-rasm.** ATF turdagi ta'minot manbaining prinsipial elektr sxemasi:

- 1 – avtomat; 2 – to'g'riqlardan himoya filtri; 3 – tiristorli blok;
- 4 – reaktor; 5 – kuchaytiruvchi transformator; 6 – to'g'rilagich;
- 7 – siliqlovchi reaktor; 8 – kommutatsiya va boshqarish bloki.

Elektr filtrlar ta'minot agregatlarining rostlash tizimlari quyidagi vazifalarni bajaradi: 1) kuchlanishni minimal qiymatidan maksimal qiymatgacha rostlash va uni teshish qiymatiga yetganida cheklash hamda berilgan qiymatgacha pasaytirish bilan birga stabil ushlab turish; 2) elektr filtrlarning yoyli razryadlaridan ajraladigan energiyani cheklash

(elektrodlarning erib ketishidan saqlash uchun) va teshib o'tish kuchlanishi qiymatida yoyni o'chirish uchun zarur bo'lgan ta'minlashdagi uzilishlarni vaqtini minimal bo'lishini ta'minlash; 3) faqat minimal qiymatli yuqori kuchlanishni ulash; 4) kuchlanishni dastaki rostdash; 5) agregatning avariya holatlaridan ogohlantirishi va zarur bo'lganda o'chirish.

Hozirda elektr filtrlarni ta'minlashda tiristorli kuchlanish rostlagichli ATF turlari keng qo'llaniladi. Bu turdagi ta'minot manbalarida kuchlanishning ekstremal qiymatlarini o'rnatish va uning qiymatini butun ish rejimi davomida uzluksiz nazorat qilib borish mumkin (12.4 – rasm). Bu ta'minot manbaida tojning noldan nominal qiymatigacha toki va kuchlanishini dastaki va avtomatik rostdash mumkin.

Elektr filtrning elektrodlari orasida yoyli razryad paydo bo'lganida ta'minot manbaining boshqarish moslamasi 0,01 – 0,2 sek oralig'ida elektrodlardagi kuchlanishni o'chiradi, keyin esa kuchlanishni oldingi razryad paydo bo'lishigacha bo'lgan qiymatiga 0,2 – 0,3 sek oralig'ida ravon tiklaydi.

Elektr filtrlarda tokning uzilishida yoy kanalining ionsizlanishi 0,01 sekunda sodir bo'ladi. Kuchlanishni rostdashda tiristorlar bloki 3 qo'llanilgani sababli sxemada kuchlanishni rostdash tez va ravon kechadi.

#### *d) Elektr statik – jarayonlar va ularning qo'llanilishi*

**Elektr separatsiyalash** elektr maydonidagi murakkab tarkibli moddaning tashkil etuvchilarini ularning fizik xossalarini farqlash asosida ajratishga asoslangan jarayondir. Tashkil etuvchilarni quyidagi ko'rsatkichlari bo'yicha farqlab ajratishning besh xil turi mavjud: 1) elektr o'tkazuvchanlik; 2) ishqalanish bilan elektrlanish; 3) qizish asosida elektrlanish (piroelektr); 4) dielektrik o'tkazuvchanlik; 5) zarralarning massasi.

Bulardan, elektr o'tkazuvchanlik va ishqalanish bilan elektrlanish ko'rsatkichlari asosida moddalarni tashkil etuvchilarga ajratish keng qo'llaniladi.

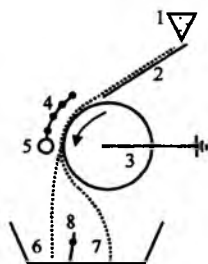
**O'tkazuvchanlik bo'yicha separatorlarning ishlashi** yuqori potentsial ostidagi elektrodda o'tkazuvchan va dielektrik zarralar tabiatining farqli ekanligiga asoslangan. O'tkazuvchan zarralar elektrod zaryadiga o'xshab tez zaryadlanadi, undan turtinib uchib ketadi.

Yuqori solishtirma qarshilikka ega bo'lgan zarralar sekinroq zaryadlandi va elektrodda ko'proq vaqt ushlanib turadi. Bunday separatorlarga



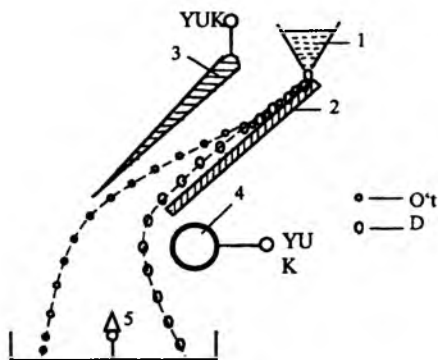
barabanli va plastinkasimon elektr separatorlar misol bo'ladi (12.5 – rasm va 12.6 – rasm).

Bu turdagi separatorlardan temir rudalarini boyitishda, rangli metallurgiyada va qishloq xo'jaligida urug'larni saralashda keng foydalaniladi. Urug'larga elektr maydonida ishlov berish ularning unib chiqishini tezlashtiradi va hosildorligini oshiradi. Plastinkasimon separatorlar titanli rudalarni boyitishda ham qo'llaniladi.



**12.5-rasm.** Tojli barabanli separatorning tuzilishi sxemasi:

- 1 – ta'minlovchi; 2 – tekislik; 3 – baraban; 4 – tojlanuvchi elektrodlar; 5 – dielektrik silindr; 6, 7 – qabul qiluvchilar; 8 – ajratuvchi to'siq.



**12.6-rasm.** Plastinkasimon elektr statik separatorning tuzilish sxemasi:

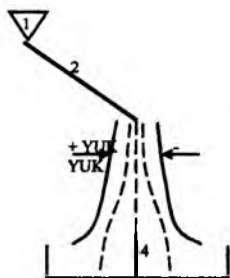
- 1 – ta'minlovchi; 2 – zaryadlovchi elektrod; 3 – ustki elektrod – qanot; 4 – ostki og'diruvchi elektrod – silindr; 5 – kesuvchi; O't – o'tkazgich – zarralar; D – dielektrik zarralar

Ikki har xil materiallarning uchinchisi bilan ishqalanilish natijasida bu materiallar zaryadlanadi va zaryadlarning katta va kichikligi bo'yicha farqlanadi. Materiallarning bunday elektrlanish hodisasi triboelektrik separatorlarning tuzilishida foydalaniladi (12.7 – rasm).

Zarralar qiya tekislikda 2 harakatlanayotganida elektrlashadi va elektr statik maydonda ajraladi.

Triboelektrik separatorlar kaliy tuzlarini, fosfatli rudalarni, dala shpatlarini boyitishda qo'llaniladi.

Barabanli separatorlarning asosiy kamchiligi aylanadigan qismlar va elektr yuritmaning qo'llanilishidir. Elektr yuritma juda changli muhitda ishlaydi va tez – tez ta'mirlashga muhtoj bo'ladi. Shuning uchun ham ishlab chiqarishda zarralarning erkin tushishiga mo'ljallangan va plastinkasimon separatorlardan keng foydalaniladi.



12.7-rasm. Triboelektrik separatorning tuzilish sxemasi:

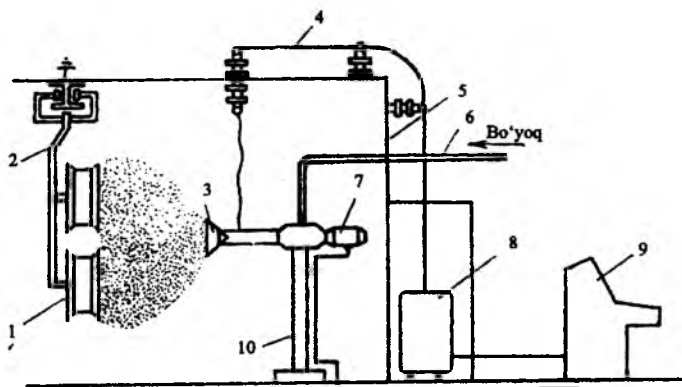
1 – bunker; 2 – qiya tekislik; 3 – elektrodlar; 4 – to'siq.

Mashinasozlik korxonalarida sanoat qurilmalarini, detallarni va tayyor buyumlarni elektr statik usulda bo'yash keng qo'llaniladi. Elektr statik bo'yashda elektr maydon kuchidan samarali foydalaniladi. Pnevmatik bo'yash jarayonida yo'qotishlar 50% ni tashkil etgan holda, elektr yordamida bo'yashda bu ko'rsatkich bor yo'g'i 5 – 10% ni tashkil etadi. Buning ustiga bo'yoq buyum sirtida tekis taqsimlanadi va zichligi yuqori bo'ladi.

12.8-rasmda detallarni (avtomobil g'ildiraklarining disklarini) elektr statik maydonda bo'yash qurilmasining sxemasi ko'rsatilgan. Detallar maxsus bo'yash kamerasida 5 bo'yaladi, u tizimning yuqori kuchlanish ta'sirida bo'lgan elementlarini himoya qiladi hamda bo'yalayotgan detallarni chang o'tirishidan saqlaydi. Bo'yash jarayonini kuzatish uchun bu

kamera oynali qilingan. Kameraning kirish joyiga havfsizlik blokirovkasi o'rnatilgan, u eshik ochilganida qurilmani manbadan uzib qo'yadi.

Bo'yaladigan buyum 1 kamera orqali maxsus osma moslamalar 2 yordamida o'tadi, osma moslamalarni konveyer harakatlantiradi. Bo'yoq purkash tizimi motor 7 yordamida aylanadigan purkash kosasidan 3, bo'yoq uzatiladigan quvur 6, dielektrik ustundan 10 iborat, Yuqori kuchlanishli manbadan 8 yuqori kuchlanish kabel 4 bo'ylab purkash kosasiga manfiy potensial beriladi. Bo'yaladigan buyum yerga ulanadi; u bilan purkagich orasida o'zgaras elektr maydon vujudga keltiriladi. Bo'yoq zarralari kosaga 3 tushib manfiy potensialga ega bo'ladi va kosa katta tezlik (1000 – 1500 ayl/min) bilan aylanayotganligi tufayli ular purkagichdan uchib chiqib, maydonning kuch chiziqlari bo'ylab bo'yaladigan buyumga tomon harakatlanadi.



**12.8-rasm.** Detallarni elektr – ionli texnologiya asosida ishlaydigan bo'yash qurilmasining sxemasi:

- 1 – bo'yaladigan buyum, 2 – osma moslama, 3 – purkagich kosasi,
- 4 – yuqori kuchlanishli kabel, 5 – bo'yash kamerasi, 6 – bo'yoq keladigan quvur. 7 – motor, 8 – yuqori kuchlanish manbai,
- 9 – masofadan boshqarish pulti, 10 – dielektrik ustun.

Hamma agregatlar masofadan – kameradan tashqaridagi pultdan 9 boshqariladi. Elektr avtomatika tizimi detallar bo'yash kamerasidan o'tayotgan vaqtda, konveyer to'xtaganida yoki osma qurilmada detallar bo'lmaganida bo'yoq berilishi to'xtashini, yuqori kuchlanishli manbaning ulanishi va uzilishini ta'minlaydi.

Markazdan qochma purkagichlar qo'ziqorin, kosa va disk ko'ri- nishida yasaladi. 12.8-rasmda kosasimon purkagich ko'rsatilgan. Purkagich kosasiga bo'yoq quvurdan beriladi va markazdan qochma kuchlar hisobiga purkaladi. Aylantiruvchi motor kosaga dielektrik o'q vositasida biriktiriladi.

Purkagichlarni o'rnatish usullari bo'yaladigan detallarning shakli va o'lchamlariga bog'liq. Masalan, avtomobil kuzovini bo'yash uchun purkagichlar tebranuvchi shtangalarga, vertikal tayanchlarga (bularda purkagichlar qaytma – ilgarilama harakatlanadi), tomini bo'yash uchun esa maxsus moslamaga o'rnatiladi.

Yuqori kuchlanish manbai sifatida mashina elektr statik generator- laridan, kuchaytiruvchi (yuqori voltli) transformator va to'g'irlagichlar asosida tayyorlangan yuqori kuchlanishli to'g'irlash qurilmalaridan, yarim o'tkazgichli kuchlanish ko'paytirgichlardan foydalaniladi.

Ba'zi hollarda bo'yalayotgan buyumlar bilan purkagich orasida uchqundan teshilish vaziyati vujudga keladi: detallarning tebranishi natijasida buyumlar purkagichga yaqinlashib qoladi, havoning namligi ortadi va hokazo. Uchqunli razryad kamerada bo'yoq bug'ining yonishiga va jiddiy avariya, jihozlarning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun yuqori kuchlanish manbaini boshqarish tizimi tez ta'sir qiluvchi, uchqunlanishning oldini oluvchi himoya vositalari bilan jihozlanadi, ular uchqun paydo bo'ladigan vaziyat vujudga kelganida manbani tarmoqdan uzadi.

Bundan tashqari, bo'yash kamerasining elektr jihozlarini boshqarish sxemasida past kuchlanishlar zanjiridagi qisqa tutashuvlardan saqlagichlar bilan himoyalash ham ko'zda tutilgan. Bo'yash qurilma- sining boshqaruv tizimi quyidagi blokirovkalar bilan ta'minlangan: begona kishilar qurilmani ishga tushira olmaydilar (uni individual kalit bilan faqat maxsus yurgizish tugmachalari yordamida ishga tushirish mumkin); konveyer to'xtaganda va yuqori kuchlanish bo'lmaganda bo'yoq berilishi o'z – o'zidan to'xtaydi; ventilyatsiya uzilganda hamda bo'yash kamerasiga kiriladigan eshiklar ochilganida yuqori kuchlanish uziladi va bo'yoq berilishi o'z – o'zidan to'xtaydi.

Bo'yash kamerasi bo'yoq bug'i bilan har doim to'la bo'lgani uchun bu yerda yong'in chiqish xavfi yuqori bo'ladi. Shuning uchun bo'yash kamerasi ichidagi hamma elektr jihozlar portlash jihatidan xavfsiz qilib ishlanadi.

**Elektr bosma** qurilmalari matnlarni va grafik axborotlarni aks ettirish, nusxa ko'chirish va ko'paytirish maqsadida ishlatiladi. Bu jarayonlar elektr maydoni ta'sirida amalga oshiriladi.

Dengiz suvini turli tuzlardan tozalab chuchuklashtirishda ishlatiladigan suv tozalash elektr statik qurilmalarning ishlash asosini elektroosmos hodisasi tashkil etadi. Bunday qurilmalar ko'p yacheykali qilinib tayyorlangan bo'lib, suv bochqichma – bosqich tozalanib borish so'ngida chuchuk suv holiga keltiriladi.

Elektroforez hodisasiga asoslangan suspenziyalarni ajratish qurilmalari ishlab chiqarishda asosan kaolinni suvsizlashtirish jarayonida keng qo'llaniladi. Buning uchun ifloslangan kaolin suvda aralashiriladi, suyuq shisha quyiladi va tindirilganidan so'ng dag'al zarralaridan tozalanadi. Olingan kaolinning suvli suspenziyasi qurilmaning elektrodleri orasidan o'tkaziladi. Elektroforez hodisasi tufayli qattiq zarralari aylanadigan anod yo'nalishida harakatlanadi va anodni qoplagan movutli filtrga cho'kadi, suv esa kaolindan ajralib katodga yo'naltiriladi va undan quvurga tushirilib tashqariga chiqarilib yuboriladi. Namligi 35% dan yuqori bo'lmagan kaolin qatlamlari sekin harakatlanadigan anodning movutiga to'planadi. Suspenziyadan bir kilogramm kaolinni ajratib olish uchun  $30 \times Bm \cdot soat$  elektr energiya sarf bo'ladi.

### Nazorat uchun test savollari

#### 1. Elektron – ionli ishlov berishning fizik asosi qanday?

A. Elektron – ionli (aerozolli) texnologiya – past kuchlanganlikka ega bo'lgan elektr maydoniga joylashtirilgan materialning zaryadlangan zarralari gaz shaklida yoki suyuq muhitda muallaq (kolloid) holatda bo'ladi, maydonning ta'sirida tartibli harakatlanishi natijasida hosil bo'ladigan ma'lum texnologik jarayon.

B. Elektron – ionli (aerozolli) texnologiya – yuqori kuchlanganlikka ega bo'lgan elektr maydoniga joylashtirilgan materialning zaryadlangan zarralari gaz shaklida yoki suyuq muhitda muallaq (kolloid) holatda bo'ladi, maydonning ta'sirida tartibsiz harakatlanishi natijasida hosil bo'ladigan ma'lum texnologik jarayon.

S. Elektron – ionli (aerozolli) texnologiya – yuqori kuchlanganlikka ega bo'lgan elektr maydoniga joylashtirilgan materialning zaryadlangan zarralari gaz shaklida yoki suyuq muhitda muallaq (kolloid) holatda bo'ladi, maydonning ta'sirida tartibli harakatlanishi natijasida hosil bo'ladigan ma'lum texnologik jarayon.

D. Elektron – ionli (aerozolli) texnologiya – yuqori kuchlanganlikka ega bo‘lgan magnit maydoniga joylashtirilgan materialning zaryadlangan zarralari gaz shaklida yoki suyuq muhitda muallaq (kolloid) holatda bo‘ladi, maydonning ta‘sirida tartibli harakatlanishi natijasida hosil bo‘ladigan ma‘lum texnologik jarayon.

## **2. Elektroosmos hodisasi qanday fizik hodisa?**

A. Elektr maydon ta‘sirida suyuqlikning kapillyar yoki g‘ovak diafragramalar orqali harakatlanishi.

B. Magnit maydon ta‘sirida suyuqlikning kapillyar yoki g‘ovak diafragramalar orqali harakatlanishi.

S. Elektr magnit maydon ta‘sirida suyuqlikning kapillyar yoki g‘ovak diafragramalar orqali harakatlanishi.

D. Elektr maydon ta‘sirida qattiq moddalarning kapillyar yoki g‘ovak diafragramalar orqali harakatlanishi.

## **3. Elektroforez hodisasi qanday fizik hodisa?**

A. Magnit maydon ta‘sirida kolloid zarralarning suyuqlikda yoki gazli muhitda tartibli harakati.

B. Elektr maydon ta‘sirida kolloid zarralarning suyuqlikda yoki gazli muhitda tartibli harakati.

S. Elektromagnit maydon ta‘sirida kolloid zarralarning suyuqlikda yoki gazli muhitda tartibli harakati.

D. Elektr maydon ta‘sirida kolloid zarralarning suyuqlikda yoki gazli muhitda tartibsiz harakati.

## **4. Elektrodializ hodisasi qanday fizik hodisa?**

A. Eritmalar tarkibidagi tuzlardan kolloid zarralari hamda makromolekulalarni magnit maydon ta‘sirida ajratib olish usuli.

B. Eritmalar tarkibidagi tuzlardan kolloid zarralari hamda makromolekulalarni elektr maydon ta‘sirida ajratib olish usuli.

S. Eritmalar tarkibidagi tuzlardan kolloid zarralari hamda makromolekulalarni elektr magnit maydon ta‘sirida ajratib olish usuli.

D. Eritmalar tarkibidagi tuzlardagi kolloid zarralarini hamda makromolekulalarni elektr maydon ta‘sirida birlashtirish usuli.

## **5. Gazni tozalovchi elektr filtr qurilmasining tarkibiy tuzilishi javoblarning qaysi variantida to'liq keltirilgan?**

A. Rostlovchi transformator, to'g'rilagich, qarshilik, izolyator, tojlanuvchi va cho'ktiruvchi elektrodlar, siltagich, bunker.

D. Rostlovchi va kuchaytiruvchi transformatorlar, to'g'rilagich, qarshilik, tojlanuvchi va cho'ktiruvchi elektrodlar, siltagich, bunker.

S. Rostlovchi va kuchaytiruvchi transformatorlar, to'g'rilagich, qarshilik, izolyator, tojlanuvchi va cho'ktiruvchi elektrodlar, bunker.

D. Rostlovchi va kuchaytiruvchi transformatorlar, to'g'rilagich, qarshilik, izolyator, tojlanuvchi va cho'ktiruvchi elektrodlar, siltagich, bunker.

## **6. Elektr filtrlar ta'minot agregatlarining rostlash tizimlariga qanday talablar qo'yiladi?**

A. Kuchlanishni minimal qiymatidan maksimal qiymatgacha rostlash va uni teshish qiymatiga yetganida cheklash hamda berilgan qiymatgacha pasaytirish bilan birga stabil ushlab turish; elektr filtrlarning yoyli razryadlaridan ajraladigan energiyani cheklash va teshib o'tish kuchlanishi qiymatida yoini o'chirish uchun zarur bo'lgan ta'minlashdagi uzilishlarni vaqtini minimal bo'lishini ta'minlash; faqat minimal qiymatli yuqori kuchlanishni ulash; kuchlanishni dastaki rostlash.

B. Kuchlanishni minimal qiymatidan maksimal qiymatgacha rostlash va uni teshish qiymatiga yetganida cheklash hamda berilgan qiymatgacha pasaytirish bilan birga stabil ushlab turish; elektr filtrlarning yoyli razryadlaridan ajraladigan energiyani cheklash va teshib o'tish kuchlanishi qiymatida yoini o'chirish uchun zarur bo'lgan ta'minlashdagi uzilishlarni vaqtini minimal bo'lishini ta'minlash; faqat minimal qiymatli yuqori kuchlanishni ulash; kuchlanishni dastaki rostlash; agregatning avariya holatlaridan ogohlantirishi va zarur bo'lganda o'chirish.

S. Kuchlanishni minimal qiymatidan maksimal qiymatgacha rostlash va uni teshish qiymatiga yetganida cheklash hamda berilgan qiymatgacha pasaytirish bilan birga stabil ushlab turish; elektr filtrlarning yoyli razryadlaridan ajraladigan energiyani cheklash va teshib o'tish kuchlanishi qiymatida yoini o'chirish uchun zarur bo'lgan ta'minlashdagi uzilishlarni vaqtini minimal bo'lishini ta'minlash; kuchlanishni dastaki rostlash; agregatning avariya holatlaridan ogohlantirishi va zarur bo'lganda o'chirish.

D. Kuchlanishni minimal qiymatidan maksimal qiymatgacha rostlash bilan birga stabil ushlab turish; elektr filtrlarning yoyli razryadlaridan ajraladigan energiyani cheklash va teshib o'tish kuchlanishi qiymatida yoini o'chirish uchun zarur bo'lgan ta'minlashdagi uzilishlarni vaqtini minimal bo'lishini ta'minlash; faqat minimal qiymatli yuqori kuchla-

nishni ulash; kuchlanishni dastaki rostlash; agregatning avariya holatlaridan ogohlantirishi va zarur bo'lganda o'chirish.

**7. Plastinkasimon elektrstatik separator qanday konstruktiv elementlardan tashkil topgan?**

A. Ta'minlovchi, zaryadlovchi elektrod, ustki elektrod – qanot, ostki og'diruvchi elektrod – silindr, kesgich.

B. Ta'minlovchi, zaryadlovchi elektrod, ostki og'diruvchi elektrod – silindr, kesgich.

S. Ta'minlovchi, zaryadlovchi elektrod, ustki elektrod – qanot, kesgich.

D. Ta'minlovchi, ustki elektrod – qanot, ostki og'diruvchi elektrod – silindr, kesgich.

**8. Triboelektrik separator qanday konstruktiv elementlardan tashkil topgan?**

A. Bunker, qiya tekislik, elektrodlar.

B. Bunker, qiya tekislik, elektrodlar, to'siq.

S. Bunker, elektrodlar, to'siq.

D. Bunker, qiya tekislik, to'siq.

**9. Detallarni elektr – ionli texnologiya asosida ishlaydigan bo'yash qurilmasi qanday konstruktiv elementlardan tashkil topgan?**

A. Bo'yaladigan buyumni osib qo'yuvchi moslama, yuqori kuchlanishli kabel, bo'yash kamerasi, bo'yoq keladigan quvur, elektr yuritma, yuqori kuchlanish manbai, masofadan boshqarish pulti va dielektrik ustunlardan tashkil topgan.

B. Bo'yaladigan buyumni osib qo'yuvchi moslama, bo'yoq purkagich kosasi, yuqori kuchlanishli kabel, bo'yash kamerasi, elektr yuritma, yuqori kuchlanish manbai, masofadan boshqarish pulti va dielektrik ustunlardan tashkil topgan.

S. Bo'yaladigan buyumni osib qo'yuvchi moslama, bo'yoq purkagich kosasi, yuqori kuchlanishli kabel, bo'yash kamerasi, bo'yoq keladigan quvur, elektr yuritma, yuqori kuchlanish manbai, masofadan boshqarish pulti va dielektrik ustunlardan tashkil topgan.

D. Bo'yaladigan buyumni osib qo'yuvchi moslama, bo'yoq purkagich kosasi, yuqori kuchlanishli kabel, bo'yash kamerasi, bo'yoq keladigan quvur, elektr yuritma, masofadan boshqarish pulti va dielektrik ustunlardan tashkil topgan.



---

## **«ELEKTRTEXNOLOGIYA ASOSLARI» fanidan laboratoriya ishlari**

### **KIRISH**

«Elektrtexnologiya asoslari» fanidan laboratoriya ishlarini bajarishdan maqsad sanoat korxonalarida qo'llaniladigan elektrtexnologik qurilmalarning ishlash asoslari va ularda kechadigan issiqlik jarayonlari to'g'risida talabalarning ma'ruzalar davomida olgan nazariy bilimlarni tajribalar asosida mustahkamlashdan iborat. Elektrtexnologik qurilmalarning elektr jihozlarini o'rganish, kechadigan fizik jarayonlarning mohiyatini tushunish, energetik, optik, issiqlik va boshqa o'nlab ko'rsatkichlarning o'zaro bog'liqligini tajriba yo'li bilan aniqlab ishonch hosil qilish bajariladigan laboratoriya mashg'ulotlarining asosiy maqsadidir.

Dars mashg'ulotlarida laboratoriya ishlariga boshlang'ich tayyorgarlik uchun topshiriq quyidagi vazifalarni o'z ichiga oladi: texnika xavfsizligi qoidalari bilan tanishib chiqish, bajariladigan ish mavzusi bo'yicha asosiy tushunchalar bo'limi va kerakli adabiyotlardan foydalanib o'rganish, nazorat uchun savollarga javob berish, hamda o'lchash natijalarini yozish uchun jadvallarni chizib tayyorlash.

Tajribada olingan natijalarning ko'rsatkichlari bilan elektr apparatlari va o'lchov asboblarning texnik ko'rsatkichlari solishtirilib ko'riladi, xatoliklari aniqlanadi.

Laboratoriya mashg'uloti bo'yicha tayyorlangan hisobotda ishning maqsadi bayon etilgan yozma instruksiya, ish sxemalar, olingan natijalar jadvallari, tavsiflari hamda ish bo'yicha xulosalar keltiriladi.

## 1– Laboratoriya ishi

### Elektr pech ichidagi va aktiv qismlaridagi haroratni termopara va termoqarshiliklar yordamida o‘lchash

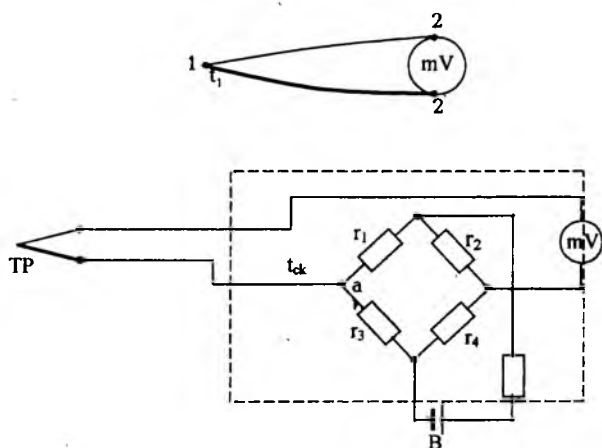
#### 1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Termopara va termoqarshiliklarning ishlash asoslarini o‘rganish va qo‘llanish sohaslarini bilish.

2. Haroratni o‘lchashda termopara va termoqarshiliklar bilan kompleksda ishlaydigan ikkilamchi asboblarning ishlashini o‘rganish.

#### 2. Ishga oid nazariy tushunchalar

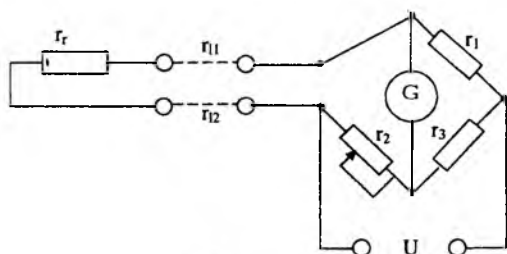
Harorati 650 dan 1800 °C gacha o‘zgaradigan suyuq va gazsimon muhitlarning haroratini o‘lchashda termoparalar qo‘llaniladi. Termoparalar ikki xil metaldan tashkil topgan bo‘lib, bu metallarning bir uchi kavsharlanib ikkinchi uchi esa o‘lchov asbobiga ulangan bo‘ladi. Metallarning kavsharlangan uchi harorati o‘lchanadigan muhitga kiritilganda har ikki metallning qizishi turlicha bo‘lishi natijasida termoparaning ikkinchi uchida termoEYUK yuzaga keladi va u o‘lchov asbobi – millivoltmetr yordamida o‘lchanadi (1.1-rasm).



1.1-rasm.

Termoparaning ozod uchlaridagi haroratning o'zgarishi millivoltmetr ko'rsatishlarida xatoliklarni yuzaga keltiradi. Bu xatoliklarni bartaraf qilish uchun avtomatik tuzatishlar kiritib bartaraf qilish usuli keng qo'llaniladi (1.2-rasm). Shuningdek, haroratni o'lchash jarayonini avtomatlashtirish hamda texnologik qurilmani boshqarishni avtomatlashtirish maqsadida ikkilamchi o'lchov asboblari sifatida KSP rusumidagi o'zgarmas tok avtomatik kompensatorlari keng qo'llaniladi.

Harorati – 200 dan + 650 °C gacha o'zgaradigan suyuq va gazsimon muhitlarning haroratini o'lchashda termoqarshiliklar qo'llaniladi. O'zgartkichning qarshiligini o'lchashda asosan ko'prik sxemalar (teng muvozanatli va teng bo'lmagan muvozanatli) ishlatiladi. 1.2-rasmda ikki simli teng muvozanatli ko'prik sxema keltirilgan.



1.2-rasm.

Termoqarshilik  $r_r$  ning qiymati birlamchi ko'prikning muvozanat shartidan kelib chiqqan holda quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$r_r = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_3}$$

## 2. Ishni bajarish tartibi

1. 1.1-rasmdagi sxema yig'iladi va termoparaning 1 uchi qizdirilayotgan gazli yoki suyuq muhitni aks ettiruvchi qarshilik elektr pechi ichiga kiritiladi va 22 uchi millivoltmetrga ulanadi va haroratning turli nuqtalari uchun o'lchov amallari bajariladi va 1.1 – jadvalga yozib boriladi, so'ngra termopara rusumi uchun mos keladigan gradirovka shkalasi bilan solishtirilib haroratning haqiqiy qiymati va xatoliklari aniqlanadi.

2. 1.3-rasmdagi sxema yig'iladi va termoqarshilikni qizdirilayotgan gazli yoki suyuq muhitni aks ettiruvchi qarshilik elektr pechi ichiga kiritiladi va haroratning turli nuqtalari uchun o'lchov amallari bajariladi va 1.2 – jadvalga yozib boriladi, so'ngra termoqarshilik rusumi uchun mos keladigan graduovka shkalasi bilan solishtirilib haroratning haqiqiy qiymati va xatoliklari aniqlanadi.

1.1-jadval

Pechning o'rnatilgan harorati, °C	Millivoltmetr ko'rsatishi, mV	Termopara graduovkasi bo'yicha, °C	Absolyut xatolik, °C	Nisbiy xatolik,

1.2-jadval

Pechning o'rnatilgan harorati, °C	Termoqarshilik qiymati, Om	Termoqarshilik graduovkasi bo'yicha, °C	Absolyut xatolik, °C	Nisbiy xatolik,

### Nazorat uchun savollar

1. Termoqarshiliklar qanday prinsipda ishlaydi?
2. Termoparalar qanday prinsipda ishlaydi?
3. Termoqarshiliklar bilan qanday o'lchov qurilmalari birga ishlaydi?
4. Termopara bilan qanday o'lchov qurilmalari birga ishlaydi?
5. Avtomatik ko'priklar qanday prinsipda ishlaydi?
6. Avtomatik potensiometrlar qanday prinsipda ishlaydi?

### Adabiyotlar

1. Блинов А.С. и др. Энергосберегающие электротехнологии. С – П.: 2000 г.
2. Hoshimov O.O., Po'latov A.O. Elektr pechlari. Ma'ruza matnlari. Toshkent: TDTU, 1999 y.
3. Свенчанский А.Д. Промышленные печи. М.: Энергия, 1982г.
4. Кручинин А.М. и др. Автоматическое управление электро-термическими установками. – М.: Энергоатомиздат, 1990. 416 с.

## 2 – Laboratoriya ishi

### Qarshilik elektr pechining ish tushirish ish rejimlarini o'rganish

#### 1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Zamonaviy qarshilik elektr pechining ishlash asoslarini va elektr jihozlari o'rganish hamda harorat rejimlari bilan tanishish.
2. Laboratoriya mashg'ulotlari vaqtida qarshilik elektr pechlari haqida amaliy bilimlarga ega bo'lish.
3. Tajriba yo'li bilan pechning qizishini o'rganish.

#### 2. Ishga oid nazariy tushunchalar

Qarshilik elektr pechlarining (QEP) ishlash asosi har qanday qattiq yoki suyuq holatdagi elektr o'tkazuvchi materiallardan elektr toki o'tganida, bu materiallarni qizdirib issiqlik ajralib chiqishiga asoslangan. QEP qizdiruvchi elementlaridan tok o'tganida ajralib chiqadigan issiqlik energiyasi Joule – Lyens qonuni bo'yicha

$$Q = I^2 R t,$$

bu yerda,  $I$  – qattiq yoki suyuq holatdagi elektr toki o'tkazuvchi materiallardan o'tayotgan tokning qiymati,  $A$ ;  $R$  – elektr toki o'tkazayotgan materialning elektr qarshiligi,  $\Omega$ ;  $t$  – elektr toki o'tkazuvchi materialning elektr tarmog'iga ulanib turgan vaqti, soat.

Bunday usul bilan materiallarni qizdirish **qarshilik usuli bilan qizdirish** deyiladi.

**Bevosita** usulda materiallar qizdirilganida, qizdirilayotgan materialdan o'tayotgan tok hosil qilgan issiqlik hisobiga o'sha material qiziydi.

Laboratoriya ishi olib boriladigan SNOL – 1,6.2,5.1,11 IZ rusumli QEP ning ishchi kamera hajmi, dm: shirina – 1,6, balandligi – 100, uzunligi – 250.

QEP ning nominal texnik ko'rsatkichlari:

1. Nominal quvvati – 1,8 kVt.
2. Ta'minot manbai kuchlanishi – 220 V.
3. O'zgaruvchan tokning chastotasi – 50 Gts.
4. Ishchi kamera harorati – 1100 °C.

5. Fazalar soni – 1.
6. Ishchi kamera muhiti – havo.
7. Qizdirish vaqti – 50 min.
8. Haroratni avtomatik boshqarish diapazoni – 400 – 1100 °C.
9. Salt ishlashdagi quvvati – 1 kVt.
10. Qizdirish elementlari resursi – 2000 s.
11. Elektr pechning gabarit o'lchamlari:
  - kengligi – 440 mm,
  - uzunligi – 525 mm,
  - balandligi – 510 mm.
12. Og'irligi – 33 kg.

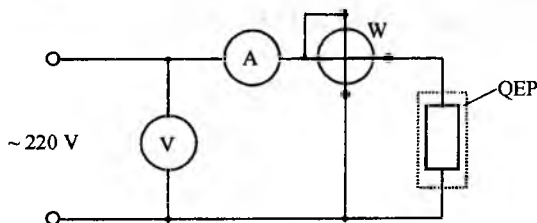
### 3. Laboratoriya ishi dasturi

1. Laboratoriya ishi elektr sxemasi bilan tanishish.
  2. Pechning o'rnatilgan quvvatini aniqlash.
  3. Pechni qizitib olish uchun talab qilinadigan quvvatini bog'liqlik tavsifini tajriba yo'li bilan aniqlash.
  4. Pechning issiqlik isrofini qizish vaqti bilan bog'liqlik tavsifini tajriba yo'li bilan aniqlash.
  5. Pechning qizish vaqtini aniqlash.
- Tajribalarning natijalari asosida ularning tavsiflarini qurish.

### 4. Ishning bajarilish tartibi

Pechni ishga tayyorlashda avval uning eshikchasi yopilishi kerak, so'ngra elektr tarmog'iga ulanadi va boshqarish zanjirining avtomatik ulagichi ulanadi. Termoregulyatordagi harorat qiymati –  $T_{ber}$  ni o'rnatib pech eshikchasi yopiladi.

QEP ning elektr tarmog'iga ulanish sxemasi 2.1-rasmda keltirilgan.



2.1-rasm.

O'lchashlar tartib bilan olib borilib 2.1-jadvalga yozib boriladi.

2.1-jadval

I, A									
U, B									
t, sek									
R, kVt									

### Nazorat uchun savollar

1. Qarshilik elektr pechining asosiy konstruktiv elementlarini aytib bering.
2. Qarshilik elektr pechining qizdiruvchi elementlariga qanday asosiy talablar qo'yiladi?
3. Qarshilik elektr pechining futerovkasi qanday vazifani bajaradi?
4. Qarshilik elektr pechining issiqlik izolyatsiyasi qanday vazifani bajaradi?
5. Bilvosita qizdiruvchi qarshilik elektr pechining ishlash prinsipini tushuntirib bering.

### Adabiyotlar

1. Блинов А.С. и др. Энергосберегающие электротехнологии. С – П.: 2000г.
2. Hoshimov O.O., Po'latov A.O. Elektr pechlari. Ma'ruza matnlari. Toshkent: TDTU, 1999y.
3. Свенчанский А.Д. Промышленные печи. М.: Энергия, 1982г.
4. Кручинин А.М. и др. Автоматическое управление электро-термическими установками. – М.: Энергоатомиздат, 1990. 416 с.
5. Imomnazarov A.T. Sanoat korxonalari va fuqarolik binolarining elektr jihozlari. Toshkent: "ILM ZIYO", 2006y.

### 3 – Laboratoriya ishi

#### Qarshilik elektr pechida yupqa va massiv detallarning qizishini o'rganish

##### 1. Ishni bajarishdan maqsad

Qarshilik elektr pechida yupqa va massiv detallarning qizishini o'rganish.

##### 2. Ishga oid nazariy tushunchalar

Yupqa va massiv detallarning qizish vaqti turlicha bo'ladi. Ularning qizish sur'ati ular tayyorlangan materialning issiqlik o'tkazuvchanligiga va issiqlik uzatish koeffitsiyentiga bog'liqdir. Bu issiqlik ko'rsatkichlari Bio mezoni bo'yicha aniqlanadi:

$$Bi = \frac{1}{\lambda \cdot S}$$

Detal uchun  $Bi$  kichik son bo'lsa, u holda qizish jarayoni tez kechadi. Massiv materiallar uchun  $Bi$  qiymati katta bo'ladi va yupqa va massiv materiallar uchun uning qiymati quyidagi oraliqda o'zgaradi:

$Bi < 0,25$  yupqa materiallar uchun,

$Bi > 0,5$  yupqa materiallar uchun.

##### Yupqa materiallarning qizishi

Yupqa materiallarning QEP larda qizishi ikki qismdan iborat bo'ladi. Qizdirishning birinchi qismi detalning boshlang'ich haroratidan to talab qilinadigan haroratgacha qizdirish vaqtidan iborat bo'lsa, ikkinchi qismi esa pech ichida o'rnatilgan haroratni talab etilgan vaqtgacha ushlab turishdan iborat bo'ladi.

Qizdirishning birinchi qismida  $q_0 = const$  bo'lsa, ikkinchi qismida esa  $t_0 = const$  bo'lishi ta'minlanadi.

Issiqlik oqimi:



$$Q = C_{kel}((T_c/100) - (T_0/100)),$$

bu yerda,  $T_0$  – detalning boshlang'ich harorati quyidagi

$$T_0 = 100\sqrt{(T_c/100 - Q/C_{kel} - 273)}$$

ifoda bilan aniqlanadi. Yupqa materialdan qilingan detal qizishining birinchi qismi uchun qizish vaqti quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$t' = G \cdot C_{kel}(T_c - T_0) / Q \cdot F_{det},$$

bu yerda  $F_{det}$  – qizdirilayotgan detalning yuzasi.  
Qizishning ikkinchi qismi uchun ketadigan vaqt

$$t'' = (G \cdot C_{kel} / F_{det})(T_c/100 - T_0/100).$$

Umumiy qizish vaqti:

$$t = t' + t''.$$

### Massiv materiallarning qizishi

Ichki harorati tushuvi doimiyligi:

$$\Delta t_1 = Q \cdot S / 2\lambda.$$

Ustki harorati:

$$T_{yuza}^* = 1,27 \cdot \Delta t_1.$$

Markaz harorati:

$$T_m^* = 0,27 \cdot \Delta t_1.$$

Birinchi qizish davri uchun qizish vaqti:

$$t' = 0,3(S^3/a) + (CS_{det}^* / Q)(T_{yuza}^{**} - T_{yuza}^*) /$$

Qizish bosqichining oxirgi harorati:

$$T_{yuz}'' = 100 \sqrt{(T_c / 100 - Q / C_{kel} - 273)}.$$

Ikkinchi qizish qismining qizish vaqti:

$$t'' = F_0 \cdot S / a.$$

Umumiy qizish vaqti:  $t = t' + t''$ .

### 3. Laboratoriya ishi dasturi

1. Laboratoriya ishi elektr sxemasi va haroratni o'lchovchi o'lchov o'zgartkichlarining texnik ko'rsatkichlari bilan tanishish.

2. Birinchi laboratoriya ishida qo'llanilgan termoparalar yordamida pechda qizdirilayotgan detallarning haroratini o'lchash sxemalarini yig'ish.

3. Yupqa materialli detalni talab etiladigan darajada qizdirishni amalga oshirish va barcha o'lchov asboblari ko'rsatkichlarini jadvalga yozib borish.

4. Massiv materialli detalni talab etiladigan darajada qizdirishni amalga oshirish va barcha o'lchov asboblari ko'rsatkichlarini 3.1 – jadvalga yozib borish kerak.

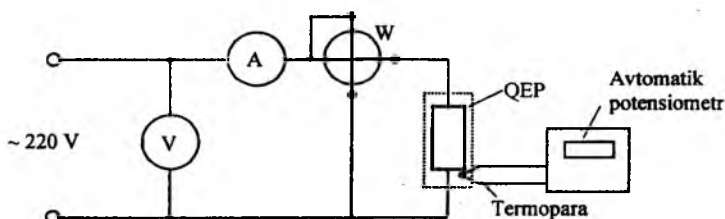
5. Olingan natijalar bo'yicha tavsiflarni qurish.

### 4. Ishning bajarilish tartibi

Pechni ishga tayyorlashda avval uning ichiga yupqa materialdan qilingan detal qo'yiladi, termopara uchlari uning yuzasiga o'rnatiladi va eshikchasi yopiladi, so'ngra elektr tarmog'iga ulanadi hamda boshqarish zanjirining avtomatik ulagichi ulanadi. Detal yuzasiga o'rnatilgan termoparaning chiqish uchlari o'zgarimas tok avtomatik potensio-metrining kirish qismiga ulanadi va avtomatik ravishda harorati shkalada kuzatilib boriladi va qog'oz lentaga yozib boriladi.

Massiv materialli detalni qizdirish ham xuddi yupqa materialdan qilingan detalni qizdirish amalini bajargandek bajariladi.

QEP ning elektr tarmog'iga ulanish sxemasi 3.1 – rasmda keltirilgan.



3.1-rasm.

O'lchashlar tartib bilan olib borilib 3.1- jadvalga yozib boriladi.

3.1-jadval

T, °C									
I, A									
U, B									
t, cek									

### Nazorat uchun savollar

1. Yupqa materialdan tayyorlangan detalning qizish jarayoni necha qismdan iborat bo'ladi va ularning qizitish vaqti qanday aniqlanadi?
2. Massiv materialdan tayyorlangan detalning qizish jarayoni necha qismdan iborat bo'ladi va ularning qizitish vaqti qanday aniqlanadi?
3. Nima uchun tajriba o'tkazishda avtomatik potensiometrardan foydalanish kerak bo'ladi?
4. Pech ichidagi va uning ichiga joylashtirilgan detallardagi haroratni o'lchashda termoparalardan foydalanish kerak?

### Adabiyotlar

1. Блинов А.С. и др. Энергосберегающие электротехнологии. С – П.: 2000г.
2. Hoshimov O.O., Po'latov A.O. Elyektr puechlari. Ma'ruza matnlari. Toshkuynt: TDTU, 1999y.
3. Свенчанский А.Д. Промышленные печи. М.: Энергия, 1982г.
4. Кручинин А.М. и др. Автоматическое управление электро-термическими установками. – М.: Энергоатомиздат, 1990. 416 с.
5. Imomnazarov A.T. Sanoat korxonalari va fuqarolik binolarining elektr jihozlari. Toshkent: "ILM ZIYO", 2006y.

## 4 – Laboratoriya ishi

### Mikroto‘lqinli o‘ta yuqori chastotali maishiy qizdirish qurilmasining ish rejimlari

#### 1. Ishni bajarishdan maqsad

1. Induksion qizdirish asoslarini o‘rganish.
2. O‘ta yuqori chastotali qizdirish qurilmalarining ishlash asoslarini tahlil qilish.

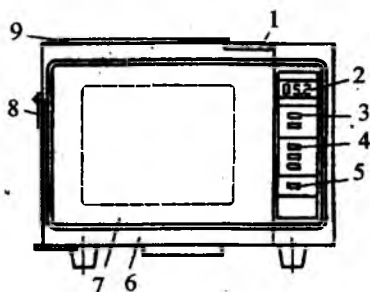
#### 2. Ishga oid nazariy tushunchalar

O‘ta yuqori chastotali (O‘YUCH) qizdirish qurilmalarida chastota qiymati 300, 2375 va 22125 MGts bo‘lgan o‘zgaruvchan tok kuchlanishlari qo‘llaniladi va ularning quvvati 100 Vt dan bir necha o‘n kVt larni tashkil etadi. O‘YUCH li o‘zgaruvchan toklarni dielektrik materiallarni qizdirishda qo‘llanilishi qizdirish jarayonini jadallash-tirishga, yuzalarini qizdirish effekti hisobiga esa birmuncha texnologik afzalliklar beradi va shu bilan birga ba‘zi hollarda konstruktiv qulayliklarga ham olib keladi.

«Elektronika 3S» mikroto‘lqinli pechi (MTP) faqat stol ustiga qo‘yilib ishlatiladi (4.1-rasm). Pech konstruktiv jihatdan ishchi kamera, ventilyator, boshqarish paneli, to‘lqin tarqatuvchi tizimli elektromagnit to‘lqinlar generatori, elektr elementlari bloki va yuqori kuchlanishli transformator kabi qismlardan iborat.

Ishchi kameraning ichida masalliqli idish qo‘yiladigan aylanuvchi likopcha joylashgan. Kamera ko‘rish oynasi va qulfli 7 eshikcha bilan zich yopiladi. Eshik ochilgan vaqtda pech qanday ish rejimida ishlayotganidan qat‘iy nazar avtomatik ravishda tarmoqdan uziladi. Ventilator generatorni sovutadi hamda ishchi kamerani shamollatadi. Boshqarish paneli elektron vaqt relesi va tarmoqqa ulanish ulagichidan iborat.

Barcha funksional bloklari o‘zaro bir – birlari bilan ajraluvchilar yordamida birlashtirilgan bo‘lib, metallardan yasalgan va usti lok bilan qoplangan 6 korpusga montaj qilingan. Boshqarish paneli raqamli tablo 2, vaqtni boshqarish knopkasi 3, ish rejimlari knopkasi 4 va «tarmoq» knopkasi kabi elementlardan tashkil topgan.



4.1-rasm.

Vaqt oralig'ini boshqarish ikki «tez» va «sekin» knopkalar yordamida amalga oshiriladi. Berilgan oraliqning hisoblanadigan vaqti 10 s. Ish rejimini tanlash quyidagi knopkalardan birini bosish bilan amalga oshiriladi («pishirish», «bug'latish», «muzdan tushirish»). Korpus panelining ustki qismida ventilyatsiya kanalining qopqog'i 9 joylashgan. Korpus panelining chap yonida lyuk oynasining qopqog'i 8 joylashgan bo'lib, shu qopqog orqali kamerani yorituvchi lampasi almashtiriladi. Korpusning orqa panelida saqlagichlar va tarmoqqa ulanuvchi shnur joylashtirilgan.

#### «Elektronika 3S» mikroto'liqlik pechning texnik tavsiflari

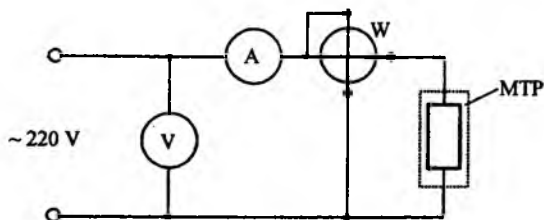
Tarmoq kuchlanishi, V.....	220 ± 10
Iste'mol quvvati, Vt.....	1320 ± 10
Har xil ish rejimidagi ishchi kameraning quvvati, Vt:	
«pishirish».....	550
«bug'latish».....	410
«muzdan tushirish».....	270 ± 20
Ishchi kameraning foydali hajmi, l.....	27
Pech korpusi va pech yuzasidan 0,5 m oraliqdagi elektromagnit oqimining zichligi, mkVt/sm <sup>2</sup> , katta emas.....	10
O'lchamlari, mm:	
uzunligi.....	600
balandligi.....	450
eni.....	420
Og'irligi, kg.....	45

### 3. Laboratoriya ishi dasturi

1. Mikroto'liqlik qizdirish qurilmasining elektr sxemasini o'rganish.
  2. Mikroto'liqlik qizdirish qurilmasining ish rejimlarini o'rganish uchun tajriba o'tkazish elektr sxemasini yig'ish (4.2-rasm).
  3. Turli hajmdagi tayyor mahsulotlarni pech ichiga joylashtirib, pechning nominal quvvat ko'rsatkichlariga mos ravishda belgilangan vaqtgacha qizdirib vattmetr yordamida sarf bo'lgan elektr energiyani hisoblash va 4.1-jadvalga qayd qilish.
  4. Pechning qizish vaqtini aniqlash.
- Tajribalarning natijalari asosida ularning tavsiflarini qurish.

#### 1. Ishning bajarilish tartibi

Pechni ishga tayyorlashda avval uning ichiga ma'lum o'lchamdagi tayyor mahsulot likopchasiga qo'yiladi, termoregulyatordagi harorat qiymati –  $T_{ber}$  qo'yiladi va eshikchasi yopiladi so'ngra elektr tarmog'iga ulanadi va boshqarish zanjirining avtomatik ulagichi ulanadi. QEP ning elektr tarmog'iga ulanish sxemasi 4.1-rasmda keltirilgan.

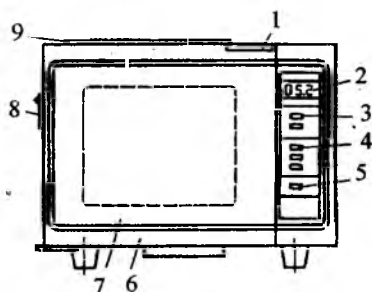


4.1-rasm.

O'lchashlar tartib bilan olib borilib 4.1-jadvalga yozib boriladi.

4.1-jadval

$I, A$								
$U, B$								
$t, \text{sek}$								
$R, \text{kVt}$								



4.1-rasm.

Vaqt oralig'ini boshqarish ikki «tez» va «sekin» knopkalar yordamida amalga oshiriladi. Berilgan oraliqning hisoblanadigan vaqti 10 s. Ish rejimini tanlash quyidagi knopkalardan birini bosish bilan amalga oshiriladi («pishirish», «bug'latish», «muzdan tushirish»). Korpus panelining ustki qismida ventilyatsiya kanalining qopqog'i 9 joylashgan. Korpus panelining chap yonida lyuk oynasining qopqog'i 8 joylashgan bo'lib, shu qopqoq orqali kamerani yorituvchi lampasi almashtiriladi. Korpusning orqa panelida saqlagichlar va tarmoqqa ulanuvchi shnur joylashtirilgan.

#### «Elektronika 3S» mikroto'lqinli pechning texnik tavsiflari

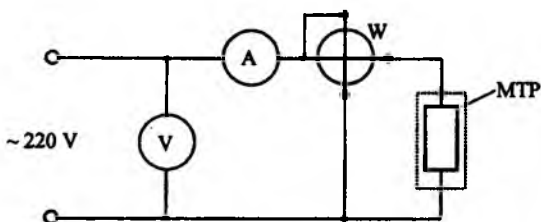
Tarmoq kuchlanishi, V.....	220 ± 10
Iste'mol quvvati, Vt.....	1320 ± 10
Har xil ish rejimidagi ishchi kameraning quvvati, Vt:	
«pishirish».....	550
«bug'latish».....	410
«muzdan tushirish».....	270 ± 20
Ishchi kameraning foydali hajmi, l.....	27
Pech korpusi va pech yuzasidan 0,5 m oraliqdagi elektromagnit oqimining zichligi, mkVt/sm <sup>2</sup> , katta emas.....	10
O'lchamlari, mm:	
uzunligi.....	600
balandligi.....	450
eni.....	420
Og'irligi, kg.....	45

### 3. Laboratoriya ishi dasturi

1. Mikroto'liqlik qizdirish qurilmasining elektr sxemasini o'rganish.
  2. Mikroto'liqlik qizdirish qurilmasining ish rejimlarini o'rganish uchun tajriba o'tkazish elektr sxemasini yig'ish (4.2-rasm).
  3. Turli hajmdagi tayyor mahsulotlarni pech ichiga joylashtirib, pechning nominal quvvat ko'rsatkichlariga mos ravishda belgilangan vaqtgacha qizdirib vattmetr yordamida sarf bo'lgan elektr energiyani hisoblash va 4.1-jadvalga qayd qilish.
  4. Pechning qizish vaqtini aniqlash.
- Tajribalarning natijalari asosida ularning tavsiflarini qurish.

#### 1. Ishning bajarilish tartibi

Pechni ishga tayyorlashda avval uning ichiga ma'lum o'lchamdagi tayyor mahsulot likopchasiga qo'yiladi, termoregulyatordagi harorat qiymati –  $T_{ber}$  qo'yiladi va eshikchasi yopiladi so'ngra elektr tarmog'iga ulanadi va boshqarish zanjirining avtomatik ulagichi ulanadi. QEP ning elektr tarmog'iga ulanish sxemasi 4.1-rasmda keltirilgan.



4.1-rasm.

O'lchashlar tartib bilan olib borilib 4.1-jadvalga yozib boriladi.

4.1-jadval

I, A									
U, B									
t, sek									
R, kVt									



## **Nazorat uchun savollar**

1. Mikroto'qinli pechning asosiy konstruktiv elementlarini aytib bering.

2. Mikroto'qinli pechida mahsulotni qizdirish qanday amalga oshiriladi?

3. Nima uchun mikroto'qinli pech ishlayotganida eshikchasi albatta yopiq turishi shart?

4. Mikroto'qinli pech eshikchasi oynasidagi o'tkazguvchi materialdan to'qilgan mayda to'rning vazifasi nima?

## **Adabiyotlar**

1. Блинов А.С. и др. Энергосберегающие электротехнологии. Спб.: 2000.

2. Кручинин А.М. и др. Автоматическое управление электро-термическими установками. – М.: Энергоатомиздат, 1990. –416 с.

3. Imomnazarov A.T. Sanoat korxonalari va fuqarolik binolarining elektr jihozlari. Toshkent: "ILM ZIYO", 2006.

**«ELEKTR TEXNOLOGIYA ASOSLARI»  
fanidan amaliy mashg'ulotlar**

**1. Issiqlik izolyatsiyasini yaxshilash hisobiga qarshilik elektr pechi  
issiqlik isroflarini kamaytirish**

Pechning issiqlik izolyatsiyasi holati sifatida pech sirti harorati qaraladi. Issiqlik izolyatsiyasi qoniqarli deb hisoblanadi, qachonki pechning ishchi harorati 700 – 800 °C bo'lganida sirtining harorati 30 – 40 °C dan oshmasligi kerak bo'ladi va ishchi harorat 800 – 1200 °C bo'lganida esa sirtining harorati 40 – 50 °C dan oshmasligi kerak.

1 – rasmda issiqlik isroflarining pech sirti haroratiga bog'liqlik tavsifi keltirilgan, bu yerda 1 – tavsif sirti qora bo'yoq bilan bo'yalgan hol uchun va 2 – tavsif esa sirti alyuminiy bo'yoq bilan bo'yalgan hol uchun chizilgan.

*1-jadval*

Pech ko'rsatkichlari	V a r i a n t l a r									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sirti yuzasi, m <sup>2</sup>	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80
Pechning ish- chi harorati, °C.	700	800	700	800	900	1000	900	1000	1100	1200
Sirtning issiq- lik izolyatsiya- si yaxshilan- gunga qadar harorati, °C.	50	60	70	75	85	90	80	90	85	100

Pechning issiqlik izolyatsiyasi qoniqarli bo'lishini ta'minlovchi pech sirtining ruxsat etilgan haroratining qiymati aniqlansin. Pechning issiqlik izolyatsiyasi qoniqarli bo'lgan holdagi issiqlik isroflarining kamayishini pechning ishlash davri bir yil deb qabul qilib  $t_{\text{ishchi}} = 4000$  soat uchun aniqlash kerak. Xuddi shu hisoblashlarni pech sirti bo'yog'ini alyuminiy bo'yoq bilan almashtirilgan hol uchun qaytarish kerak (1-rasm, 2 tavsif).

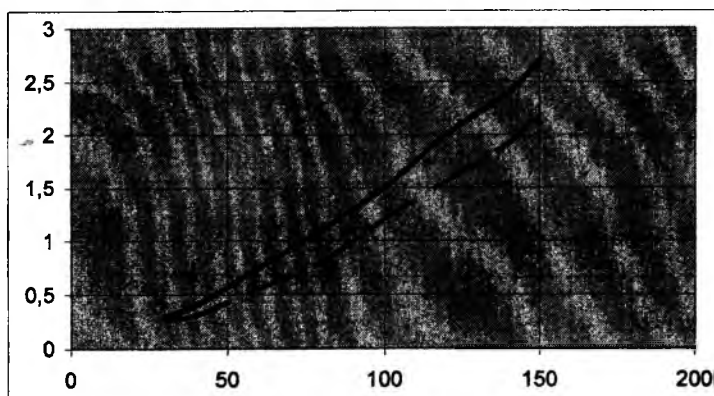
**Misol.** Pech izolyatsiyasini yaxshilash natijasida sirtining  $50 \text{ m}^2$  yuzasidagi haroratni  $80^\circ\text{C}$  dan  $40^\circ\text{C}$  ga pasaydi. 1 – rasmdagi 1 tavsif bo‘yicha quyidagi isroflarni aniqlaymiz:

$$\theta = 80^\circ\text{C} - 1,15 \text{ kVt} / \text{m}^2;$$

$$\theta = 40^\circ\text{C} - 0,32 \text{ kVt} / \text{m}^2.$$

Shunday qilib, issiqlik izolyatsiyasining yaxshilanishi pech sirtining har bir kvadrat metrida  $0,83 \text{ kVt}$  ga kamayishiga olib keldi yoki pech sirti yuzasi  $50 \text{ m}^2$  bo‘yicha  $41,5 \text{ kVt}$  quvvat isrofi kamaydi. Pech bir yilda 4000 soat ishlaydi deb qabul qilganimizda bir yillik issiqlik isroflarining kamayishi 166 ming.  $\text{kVt}$  soatni tashkil etadi.

Pech sirtini alyuminiy bo‘yoq bilan bo‘yash natijasida sirti yuzasidan issiqlik nurlanishi issiqlik isrofi kamayadi va bu esa elektr energiyaning 3 – 5% ga iqtisod qilinishiga olib keladi (1-rasm, 2 tavsif).



*1-rasm.*

## **2. Qarshilik elektr pechining germetik holatini yaxshilash hisobiga issiqlik isroflarini kamaytirish**

Eshikchalarning zich yopilishini ta'minlash, termoparalar o'rnatilgan tirqichlarni, g'ishtlarni terishdagi mikrotirqichlarni va h.k. larni hamda pechning eshikchalarini ochiq holda ishlash vaqtlarini kamaytirish is-

siqlik isroflarning nurlanish asosidagi qismining kamayishiga olib keladi.

Pech bir yilda 5000 soat ishlaydi deb qabul qilsak, pech ichiga detallarni kiritish va chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish va mexanizatsiyalash natijasida pechning yuklanish oralig'ini 20% ga kamaytirishga erishilganida elektr energiyadan qancha iqtisod qilish mumkinligi hisoblanadi. Birlamchi holda detallarni pech ichiga kiritish va undan chiqarib olish uchun ketadigan umumiy vaqt 1000 soatni tashkil etgan bo'lsa va bu jarayon avtomatlashtirilgan va mexanizatsiyalashtirilgandan so'ng 15% ga kamaydi.

**Misol.** Bir yilda 5000 soat ishlaydigan pechning detal kiritadigan va chiqariladigan oralig'i o'lchami 1, 5 m<sup>2</sup> ni tashkil etadi. Pechning ishchi harorati 800 °C. Pechning ichiga detal kiritish va chiqarib olish uchun bir yilda ketadigan umumiy vaqt 1000 soatni tashkil etadi.

Pech ichiga detallarni kiritish va chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish va mexanizatsiya natijasida bu vaqt 700 soatgacha kamaytirildi va shu bilan bir qatorda bu jarayonda eshikchalarning to'liq ochish shart emasligi natijasida detallar kiritiladigan oraliq 1 m<sup>2</sup> ga kamayishiga olib keldi.

2-jadval

Pech parametrlari	V a r i a n t l a r									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Detal kiritiladigan oraliq, m <sup>2</sup>	1.6	1,5	1.7	1,4	1.8	1,3	1,8	1.5	1,6	1.5
Pechning ishchi harorati, °C.	700	800	600	1000	900	1000	900	800	700	600
1 m <sup>2</sup> yuzaga to'g'ri keladigan nurlanish isrofi, kVt	27	39	17	78	57	78	57	39	27	17

Keltirilgan tadbirlarni o'tkazishga qadar issiqlikning nurlanish asosidagi isroflari quyidagini tashkil etdi:

$$\Delta E_1 = \Delta R_1 S_1 T_1 = 39 \times 1,5 \times 1000 = 585000 \text{ kVt s / yil,}$$

bu yerda,  $\Delta R$  – 39 kVt, pech ishchi harorati  $\theta$  – 800 °C bo‘lganidagi quvvat isrofi;  $S_1$  – detallarni kiritish oralig‘i yuzasi,  $m^2$ ;  $T_1$  – bir yil davomida pechning detallarni kiritish oralig‘ining ochiq turish vaqti.

Ko‘rilgan tadbirlardan so‘ng isroflar quyidagi qiymatga ega bo‘ldi:

$$\Delta E_2 = \Delta R_2 S_2 T_2 = 39 \times 1 \times 700 = 27400 \text{ kVt s / yil,}$$

bu yerda,  $S_2$  – ko‘tarishga cheklagich o‘rnatilganidan so‘ng yuzaga kelgan detallarni kiritish oralig‘ining yuzasi,  $m^2$ ;  $T_2$  – ma‘lum tadbirlar o‘tkazilganidan keyin bir yil davomida pechning detallarni kiritish oralig‘ining ochiq turish vaqti.

Shunday qilib, yillik elektr energiyadan qilinadigan iqtisod quyidagi qiymatni tashkil etadi

$$\Delta E = \Delta E_1 - \Delta E_2 = 58500 - 27300 = 31200 \text{ kVt s / yil.}$$

---

## ELEKTR TEXNOLOGIYADAN QISQACHA IZOHLI LUG'AT

**Akustik tezlik transformatorlari** (to'liqin o'tkazgichlar, jamlagichlar, konsentratorlar) – ultra tovushli to'liqlarning ko'rsatkichlarini ishlov berish amallari uchun moslashtirish va ularni ishlov beriladigan zonaga keltirish hamda tebranma tizimning mustahkamligini oshirish uchun xizmat qiladi.

**Anodlash** – metalli buyumlarni tegishli eritmali vannaga solib anodli ishlash usulida ularning sirtini oksidli qoplama bilan qoplash.

**Galvanotexnika** – metall va nometall yuzalarga elektroliz asosida metall qoplash usuli galvanotexnika deb ataladi. Galvanotexnika elektr kristallanish, ya'ni metall birikmalarining suvdagi eritmasi orqali elektr toki o'tkazilganda metallarning musbat zaryadlangan ionlari katodga o'tirishi xossasiga asoslangan. Galvanotexnika asosan ikki qismdan – galvanostegiya va galvanoplastikadan iborat.

**Galvanostegiya** – buyumlarning mexanik mustahkamligini oshirish uchun, korroziyaga qarshi chidamlilik xususiyatini oshirish va jilo berish maqsadida metallarning sirtini elektrkimyoviy usulda boshqa bir turdagi metall bilan qoplash.

**Galvanoplastika** – shablonlarga metallarni elektrkimyoviy usulda qoplash jarayoni.

**Joul – Lens qonuni** – o'tkazgichdan elektr toki o'tganda ajraladigan issiqlik miqdorini aniqlovchi qonun. O'tkazgich bir jinsli bo'lsa, elektr tokining ishi faqat issiqlik hosil qilish uchun sarf bo'lib, ajralgan issiqlik miqdori tok kvadratiga, o'tkazgich qarshiligiga va tok o'tib turgan vaqtga to'g'ri mutanosibdir.

**Invertor** – o'zgarmas tokni istalgan chastotali o'zgaruvchan tokka o'zgartiruvchi o'zgartkich invertor deb ataladi.

**Induktor** – elektr generatorlarda va shuningdek induksion pechlarda magnit maydon hosil qiladigan elektromagnit.

**Induksion qizdirish** – elektr o'tkazuvchi jismlarni o'zgaruvchan elektromagnit ta'sirida vujudga keladigan elektr toki bilan qizdirish. Induksion qizdirish metallarni eritish, buyumlarni bosim bilan ishlash uchun qizdirish, tishli detallarning yuzalarini toblash va boshqa maqsadlarda qo'llaniladi.

**Induksion tok** – yopiq konturda o‘zgaruvchan magnit maydoni ta’sirida hosil bo‘ladigan tok. Masalan, tok generatorlari, transformatorlar, induksion pechlarning ishlashi induksion tok hosil bo‘lishi hodisasiga asoslangan.

**Induksion tigel pechi** – tigeliga tashqi tomonidan chulg‘am – induktor o‘ralgan induksion pech.

**Ion** – zaryadlangan, ya’ni neytral zarralardan bir yoki bir necha elektronlarning ortiqligi yoki yetishmasligi bilan farq qiladigan atom yoki atomlar guruhi ion deyiladi.

**Kontakt usulida payvandlash** – metallarning bir–biriga birlashtiriladigan uchlari elektr toki yordamida qizdiriladi va katta kuch bilan siqiladi. Payvand toki payvandlanuvchi ikki metall atomlarining bir–biriga tortilishi natijasida hosil bo‘ladi.

**Magnetron** – magnit maydon ta’siri bilan anod zanjiridagi tokni ko‘paytirish, kamaytirish va yo‘qotish xususiyatiga ega bo‘lgan qurilma.

**Magnit singdiruvchanlik** – ayni material absolyut magnit singdiruvchanligining magnit doimiysiga qaraganda necha marta katta ekanligini ko‘rsatuvchi kattalik magnit singdiruvchanlik deyiladi va  $\mu$  harfi bilan belgilanadi.

**Magnit isrofi** – po‘lat o‘zakni qayta magnitlash jarayonida gisterezis va uyurma toklar hosil bo‘lishidagi isrof magnit isrofi hisoblanadi.

**Magnit material** – magnit maydonda to‘yinguncha magnitlanadigan va magnitsizlanadigan keyin yana qayta magnitlanadigan modda magnit material deb ataladi.

**Maxsus transformator** – maxsus maqsadlar uchun ishlatiladigan transformator. Ularning ishi elektromagnit induksiyasi qonuniga asoslangan. Maxsus transformatorlar qatoriga avtotransformatorlar, payvandlash transformatorlari, o‘lchov transformatorlari va shu kabi maxsus tuzilishga ega bo‘lgan transformatorlar kiradi.

**Metallarga magnit – impulsli ishlov berish** – ishlov berilayotgan detal yoki buyumda elektr energiya bevosita mexanik energiyaga aylantirilishi jarayonida kuchli magnit maydon ta’sirida detal yoki buyumlar plastik deformatsiyalanadi.

**Mezon** – o‘lchov, belgi, alomat kabi ma’nomlarni bildiradi.

**Payvandlash transformatri** – elektr tarmog‘idagi kuchlanishni salt ishlash rejimida 60 – 70 V gacha pasaytirib beradigan va payvandlash uchun zarur bo‘lgan katta tokka mo‘ljallangan bir fazali transformator.

**P'ezoelektrik effekt** – ba'zi kristallarda tashqi maydon bo'lmasa ham deformatsiyalanishi vaqtida qutblanishning sodir bo'lishi p'ezoelektrik effekt deyiladi.

**Rostlanuvchi ko'rsatkich** – bir xilda saqlab turish yoki muayyan qonunga muvofiq o'zgartirish kerak bo'lgan fizik kattalik rostlanuvchi ko'rsatkich deyiladi.

**Rostlagich** – qurilmaning bir tekis ishlashini ta'minlaydigan yoki elektr toki, kuchlanish, harorat, bosim, tezlik va shu kabilarni bir xilda saqlab turadigan qurilma.

**Rezonator** – rezonans hodisasi ro'y beradigan tebranishlar tizimi. Agar rezonatorga tashqi o'zgaruvchi kuch ta'sir qilsa unda majburiy tebranishlar hosil bo'ladi.

**Solishtirma elektr qarshilik** – uzunligi 1 m, ko'ndalang kesimi yuzasi 1mm<sup>2</sup> bo'lgan simning elektr tokiga ko'rsatadigan qarshiligi.

**Termopara** – bir tomondagi uchlari o'zaro kavsharlab ulangan, elektr o'tkazuvchi har xil jinsli mkm element (odatda, metall yoki yarim o'tkazgich) dan tuzilgan harorat o'zgartkichi.

**Termoqarshilik** – qarshiligi haroratga qat'iy bog'liq bo'lgan metall yoki yarim o'tkazgichli qarshiliklar termoqarshiliklar deyiladi.

**Termorezistorli o'zgartkich** – ishi tokli o'tkazgichning qizishi natijasida uning qarshiligi o'zgarishiga asoslangan element. Termorezistorli termometrlar 500 °C gacha bo'lgan haroratni o'lchashda qo'llaniladi.

**Termorostlagich** – zarur haroratni avtomatik tarzda hosil qiladigan va shu haroratni saqlab turadigan qurilma. Teromorostlagichlar avtomatik rostlash tizimlari tarkibiga kiradi.

**Uyurma tok** – o'zgaruvchan magnit oqimlari ta'sirida elektr qurilmalarning yaxlit po'lat o'zaklarida, induksion pechlarning eritilayotgan metalli shixtalarida va boshqa metall qismlarida induksiylanadigan tok.

**Elektroliz** – elektrolit orqali elektr toki o'tganda elektrodalarda elektrolit tarkibiy qismlarining ajralib chiqish jarayoni. Elektroliz sof metallar, xususan, mis olishda keng qo'llaniladi.

**Elektrolit** – moddalarning qisman yoki to'liq ionlardan tashkil topgan eritmaları yoki suyultirilgan holatdagi moddalar.

**Elektrolitik dissotsiatsiya** – elektrolitlar suvda eritilganda ulardagi molekularning ionlarga parchalanishi. Erituvchi, xususan, suvning qutbli molekulari elektrolit molekulariga ta'sir etib, ularning parchalanishiga sabab bo'ladi.



**Elektrtermiya** – elektrtexnikaning turli moddalarni qizdirish va eritish uchun ular orqali tok o'tkazilganda hosil bo'ladigan issiqlikdan foydalanishga asoslangan sohasi.

**Elektrtexnologiya** – materiallarga texnologik ishlov berish uchun elektr energiyasi bevosita qo'llaniladigan soha.

**Elektrofor** – induksiya yo'li bilan elektr zaryadi hosil qiladigan qurilma.

**Elektron – ionli (aerozolli) texnologiya** – yuqori kuchlanganlikka ega bo'lgan elektr maydoniga joylashtirilgan materialning zaryadlangan zarralari gaz shaklida yoki suyuq muhitda muallaq (kolloid) holatda bo'ladi, maydonning ta'sirida tartibli harakatlanishi natijasida hosil bo'ladigan ma'lum texnologik jarayon.

**Elektrogidravlik ishlov berish** – elektr toki o'tkazmaydigan suyuqlik ichiga elektrodlar tushirilib, yuqori kuchlanishli elektr energiya manbaiga ulanganda elektrodlar orasida yuqori kuchlanishli elektr razryad hosil bo'lib, yuqori bosim kuchi  $300 \text{ Nm/m}^2$  ga ega bo'lgan impulsli – zarbali to'lqin yuzaga keladi va bu fizik hodisa elektrogidravlik qurilmalarning ishlash asosini tashkil etadi.

**Elektrkimyoviy – mexanik ishlov berish** – elektrolitlarga joylashtirilgan metall detallarga mexanik va elektrkimyoviy ishlov berish jarayoni.

**Elektroerozion ishlov berish (uchqunli)** – elektr energiya impulslarining issiqligi ta'sirida metall mikroporsiyalarining erishi va bug'lanishidan samarali foydalanishga asoslangan fizik jarayon.

**O'lchov o'zgartkichi** – elektr va noelektr kattaliklarni ularga mutanosib bo'lgan elektr kattaliklarga aylantiradigan qurilma o'lchov o'zgartkichi deb ataladi.

**O'zgarmas tok ko'prigi** – chiziqli volt-amper tavsifga ega bo'lgan elementlardan tashkil topgan va o'zgarmas tok manbaiga ega bo'lgan o'lchov ko'prigi o'zgarmas tok ko'prigi hisoblanadi.

**O'zgarmas tok potensimetri** – kichik qiymatli o'zgarmas tok kuchlanishlarini kompensatsiya usuli bilan o'lchaydigan elektr o'lchov asbob.

**O'zgarmas tok elektr yoyi** – o'zgarmas tok manbai qutblariga ulangan elektrodlar o'zaro bir–biriga yaqinlashtirilganida ular o'rtasida hosil bo'ladigan ravshan yorug' sohadigan yoysimon alanga.

**O'zgaruvchan tok elektr yoyi** – bir fazali o'zgaruvchan tok fazasi bilan nol simlariga ulangan elektrodlar o'zaro bir–biriga yaqinlashtirilganida ular o'rtasida ravshan yorug' sohadigan yoysimon alanga

o'zgaruvchan tok elektr yoyi deyiladi. Xuddi shuningdek, uch fazali o'zgaruvchan tok fazalari bilan nol simlariga ulangan elektrodlar o'zaro bir-biriga yaqinlashtirilganida ular o'rtasida hosil bo'ladigan ravshan yorug' sohadigan yoysimon alanga uch fazali o'zgaruvchan tok elektr yoyi deyiladi. Masalan, po'lat eritish yoy pechlarida uch fazali o'zgaruvchan tok elektr yoyi eritilayotgan shixta (bu yerda shixta nol sim vazifasini bajaradi) bilan fazalarning elektrodleri orasida yuzaga keladi.

**Qarshilik elektr pechi** – qizdiruvchi elementidan elektr toki o'tganda ajraladigan issiqlik miqdorini issiqlik uzatish, issiqlik o'tkazuvchanlik va konvensiya asosida kamerasiga qo'yilgan qizdiriluvchi jismga uzatib, uni qizdiruvchi yoki erituvchi elektrtexnik qurilma.

**Quvvat koeffitsiyenti** – aktiv quvvatning to'la quvvatga nisbati bilan o'lchanadigan kattalik quvvat koeffitsiyenti deb ataladi va  $\cos \varphi$  ko'rinishda yoziladi.

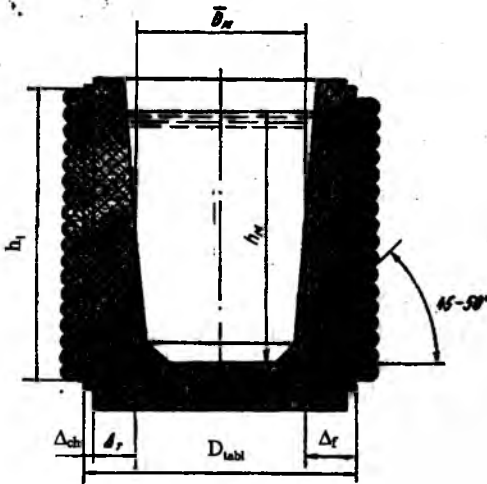
## Adabiyotlar

1. Свенчанский А.Д. Электрические промышленные печи. Ч.1. – М.: Энергия, 1975. 384 с.
2. Блинов А.С. и др. Энергосберегающие электротехнологии. С – П.: 2000г.
3. Hoshimov O.O., Po'latov A.O. Elektr pechlari. Ma'ruza matnlari. Toshkent: TDTU, 1999y.
4. Брокмайер А.Б. Индукционные плавильные печи. – М.: Энергия, 1972. 304 с.
5. Слесарев Ю.А. Электрические и печи установки спецнагрева. – М.: МЕИ, 1989. 79 с.
6. Электрические промышленные печи: Дуговые печи и установки специального нагрева. – М.: Энергоиздат, 1981. 296 с.
7. Электротермическое оборудование: Справочник. Под ред. А.П. Альт-гаузена. – М.: Энергия, 1980. 416 с.
8. Khashimov A.A., Imamnazarov A.T., Pulatov A.O. Mathematical model of metall melting processes in rubble furnaces. International Symposium on Heating by Electrometry Sources Podua (Italy), June 22 – 25, 2004, 6p. (A – 1, 30037877 1.01 – 12.02)
9. Imomnazarov A.T. Sanoat korxonalarining elektr jihozlari. – Toshkent: SHARQ, 2005. 144 с.
10. Jalilov M.X. Elyektrotexnologik qurilmalar. 2 – qism. – Toshkent: Tosh DTU, 1993. 108 b.
11. Кувалдин А.Б., Кононов С.В. Нагрев диэлектриков, полупроводников и газов на высоких и сверхвысоких частотах. – Москва: МЕИ, 1979, 88 с.
12. Кручинин А.М., Махмудов К.М., Миронов Ю.М., Рубцов В.М., Свенчанский А.Д. Автоматическое управление электротермическими установками. – М.: Энергоатомиздат, 1990. 416 с.
13. Imomnazarov A.T. Sanoat korxonalari va fuqarolik binolarining elektr jihozlari. – Toshkent: "ILM ZIYO", 2006. 270 b.

## SIG'IMI 1000 KG BO'LGAN INDUKSION TIGEL PECHNING ASOSIY GEOMETRIK O'LCHAMLARINI, ELEKTRIK VA ENERGETIK KO'RSATKICHLARINI HISOBLASH

### Induksion tigel pechining asosiy geometrik o'lchamlarini hisoblash

Sig'imi 1000 kg gacha bo'lgan induksion tigel pechlar odatda qopqoqsiz qilib tayyorlanadi (1-rasmga qarang) va ularning vazifasi ishlab chiqarishdagi tokarlik, yo'nuvchi, o'yuvchi va boshqa detallarga mexanik ishlov beruvchi dastgohlar va avtomatik liniyalarda hosil bo'ladigan po'lat qirindilarni eritib qayta ishlatishdir.



*1-rasm.* Sig'imi 1000 kg bo'lgan induksion tigel pechning asosiy geometrik o'lchamlari

Hajmi 1000 kg bo'lgan induksion tigel pechning asosiy geometrik o'lchamlarini hisoblash uchun zarur bo'ladigan **birlamchi ma'lumotlar**: eritiladigan po'lat qirindilarning massasi  $m_0 = 1000 \text{ kg} = 1 \text{ tonna}$ ; suyultirilgan po'latning zichligi  $\rho_3 = 7,2 \text{ t/m}^3$ ;

$A = D_m/h_m = 0,6$  deb qabul qilamiz.

**Yechimi.** Suyuq metall bilan to'ldiriladigan tigelning foydali hajmini hisoblamiz va u quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$V_m = \frac{m_0}{\rho_3} = \frac{1}{7,2} = 0,14m^3.$$

$A = D_m/h_m = 0,6$  ekanligini hisobga olgan holda tigelning quyidagi o'lchamlarini hisoblaymiz:

a) tigelning o'rtacha diametrini quyidagi formula bilan hisoblaymiz

$$D_m = \sqrt[3]{\frac{4AV_m}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,6 \cdot 0,14}{3,14}} = 0,47m;$$

b) tigelning to'liq balandligi, ya'ni metallning balandligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$h_m = \sqrt[3]{\frac{4V_m}{\pi A^2}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,14}{3,14 \cdot 0,6^2}} = 0,79m.$$

Tigelning ichki diametrini quyidagi ifoda yordamida hisoblaymiz:

$$D_i = 1,35D_m = 1,35 \times 0,47 = 0,63m.$$

Tigel devorining qalinligini  $\Delta f = 0,145m$  deb qabul qilamiz.

$\frac{h_l}{h_m} = 1,15$  ekanligini induktor va tigelning o'zaro simmetrik joylashganligini hisobga olgan holda induktorning balandligini quyidagi formula orqali hisoblaymiz:

$$h_l = 1,15 \cdot h_m = 1,15 \cdot 0,79 = 0,91m.$$

Shunday qilib, hajmi 1000 kg gacha bo'lgan, ya'ni misol uchun 200, 400, 600, 800 bo'lgan induksion tigel pechlarining asosiy geometrik o'lchamlari yuqorida keltirilgan hajmi 1000 kg bo'lgan induksion tigel pechi o'lchamlarini hisoblash usuli bilan hisoblanadi.

### Induksion tigel pechining aktiv quvvati va chastotasini hisoblash

Pechdan tayyor suyuq metalni maxsus idishlarga quyish va pechni yana birlamchi xomashyo (po'lat qirindi bilan) bilan to'ldirish orasidagi vaqt odatda  $\tau_{oral} = 0,25$  soatni tashkil etadi.

Po'lat qirindilarning (ya'ni shixtaning) o'rtacha o'lchamlari  $D_{sh} = 0,1$  m deb qabul qilamiz.

ИХ15 markali po'lat qirindisining suyuq holatga kelish harorati  $t_{suyuq} = 1460$  °C, quyush vaqtidagi harorati  $t_{quyush} = 1580$  °C, suyuq po'latning quyulish vaqtidagi harorati uchun entalpiya  $q_{quyush} = 400$  kVt\*soat/t.

Po'latning qattiq holatida va harorati  $20^{\circ}\text{C}$  bo'lganidagi solishtirma qarshiligi  $\rho_m = 0,1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$  ga teng, haroratining Kyuri nuqtasida ( $t_k = 721^{\circ}\text{C}$ ) solishtirma qarshiligi  $\rho_m = 1,1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$  esa va po'latning suyuq holatdagi solishtirma qarshiligi  $\rho_m = 1,4 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$ .

Pech ichidagi po'latning harorati  $t < t_k$  bo'lganida nisbiy magnit singuvchanligi  $\mu_m = 100$  ga teng bo'lsa va haroratning  $t > t_k$  qiymatlari uchun esa  $\mu_m = 1,0$  bo'ladi.

Quvvatning yutilish koeffitsiyenti shixtaning  $20^{\circ}\text{C}$  harorati uchun  $\sqrt{\rho_m \mu_m} 3,16 \times 10^{-3} \Omega^{0,5} m^{0,5}$  ga teng bo'ladi,  $721^{\circ}\text{C}$  harorati uchun  $9,35 \times 10^{-3} \Omega^{0,5} m^{0,5}$  va  $1580^{\circ}\text{C}$  harorati uchun esa  $1,18 \times 10^{-3} \Omega^{0,5} m^{0,5}$  teng bo'ladi.

Metall induksion eritish vaqtida ajralib chiqadigan aktiv quvvat foydali quvvat  $P_{\text{foyd}}$  bilan issiqlik quvvat isroflari  $P_{LI}$  yig'indisiga teng bo'ladi.

Issiqlik quvvat isroflari futerovka devori orqali va tigel tubining issiqlik uzatishdagi isroflari hamda eritilayotgan metall yuzasidan atrof-muhitga issiqlik nurlanishini hisobga olgan holda, pechning issiqlik hisob-kitob asosida aniqlanadi va uning qiymati  $P_{LI} = 40 \text{ kVt}$  ni tashkil etadi.

Berilgan metall  $m_0$  massasi uchun  $Q$  entalpiyadan qizdirish, eritish va o'ta qizdirish uchun sarf bo'ladigan foydali quvvatni erish jarayoni uchun zarur bo'ladigan  $t_{et}$  vaqtga bo'lib aniqlanadi.

Eriyotgan metallda ajralib chiqadigan aktiv quvvatni quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$P_M = \frac{m_0 \cdot Q}{t_{et}} + P_{L.I.} = \frac{1 \cdot 400}{2} + 40 = 240 \text{ kVt.}$$

Zamonaviy chastota o'zgartkichlar uchun chastota o'zgartkich  $P_{\sigma zg}$  quvvatini eritilayotgan metalldan ajralib chiqayotgan quvvatdan 25 – 35% katta qilib avvaldan tanlash mumkin va shu asosda hajmi 1000 kg bo'lgan induksion tigel pechi uchun tanlanadigan chastota o'zgartkichning quvvatini taxminan quvvatini quyidagi ifoda bilan aniqlaymiz:

$$P_{\sigma zg} = 1,3 P_M = 1,3 \times 240 = 312 \text{ kVt.}$$

Induktor tokining chastotasini texnologik va iqtisodiy ko'rsatkichlar bo'yicha tanlanadi:

1) qayta eritilayotgan metall qirindilarining minimal o'lchamlari ta'siri katta. chastota shunday bo'lishi kerakki, metall parchalarining qayta eritilishi yetarli darajadagi foydali ish koeffitsiyentida amalga oshishi kerak;

2) berilgan  $P_M$  quvvat uchun tanlangan chastota metalning elektr dinamik harakati jadalligini belgilashi kerak, pirovardida erigan metall yuzasi pufakchalarining balandligini, erigan metall yuzasining oksidlanishiga yo'l qo'ymaydigan darajada yetarli shlak miqdorini va futerovkani yemirilishini belgilaydi;

3) pechning iqtisodiy ko'rsatkichlarini yaxshilash maqsadida chastota qiymati shundaj tanlanishi kerakki, keltirilgan sarflar minimum bo'lsin. Induktor toki chastotasini taxminan metallning suyuq holati uchun ( $t = t_{\text{suyq}}$ ) qujidagi formula bilan aniqlaymiz.

$$f_{\min} = 25 \cdot 10^6 \frac{\rho_m}{\mu_m D_m^2} = 25 \cdot 10^6 \frac{1,4 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot (0,47)^2} = 158,4 \text{ Hz.}$$

Chastotaning minimal qiymatini eritish jarayonining shixta o'zining magnit xususiyatini yo'qotgan holati uchun ( $t < t_k$ ) tekshiramiz. Ammo hali to'liq silindr holatiga tushmagan holati uchun ( $t < t_{\text{ugal}}$ ). Ammo hali silindr ko'rinishida erib ulgurmagan holatda ( $t < t_{\text{quyush}}$ ).

Keltirilgan holatlar uchun tokning ichkariga kirib borish chuqurligini aniqlaymiz:

$$\delta_{e.m} = 500 \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f}} = 500 \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 158,4}} = 0,042 \text{ m,}$$

$$\chi = \frac{D_{sh}}{\delta_{e.m}} = \frac{0,1}{0,042} = 2,39 < 10 \text{ shart bajariladi.}$$

Shunday qilib, induktor toki chastotasining 148 Hz chastotali bo'lishi alohida kichik bo'lakchalardan iborat bo'lgan va magnit xususiyatini yo'qotgan shixtani erita olmaydi.

$$D_{sh} \approx 3,5 \cdot \delta_{e.m} = 3,5 \cdot 0,042 = 0,147 \text{ m}$$

shart asosida eritishning ko'riyatog' holatlari uchun chastotaning qiymatini topamiz:

$$f \approx \frac{\chi^2}{4} \cdot 10^6 \frac{\rho_m}{\mu_m \cdot D_{sh}^2} = \frac{6^2}{4} \cdot 10^6 \frac{1,1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot (0,1)^2} = 990 \text{ Hz.}$$

Chastota o'zgartkichning yaqin normallashtirilgan qiymati 1000 Hz bo'ladi va loyihalananayotgan pech uchun chastota o'zgartkich tanlanadi.

### Induksion pechning elektr hisobi

Induktorning ampero'ram qiymatini aniqlash uchun pechning ishqilik rejimi uchun nisbiy diametrini aniqlaymiz:

$$\chi = D_M / \delta_{e,m} = \frac{0,47}{500 \sqrt{\frac{1,4 \cdot 10^{-0,6}}{1 \cdot 1000}}} = 29,74 > 10.$$

To'g'rilovchi koeffitsiyentlar  $k_{mp}$  va  $k_{mq}$  birga o'zaro teng deb qabul qilamiz va shunda  $[P_M] = [Q_M]$  o'zaro teng bo'ladi.

Geometrik o'lchamlarning o'zaro mutanosibligidan

$$\frac{h_l}{h_m} = 1,15; \frac{D_{lch}}{h_l} = \frac{0,63}{0,79} = 0,8$$

va

$$(D_M - \delta_{e,m}) / h_M = (0,47 - 0,016) / 0,79 = 0,57$$

$k_{m,soch} = 0,858$  qiymatini aniqlaymiz.

To'g'rilovchini hisobga olgan holda magnit sochilishi koeffitsiyentini aniqlaymiz

$$K_{M.S.} = 0,858 + 0,024 = 0,882.$$

Induktorning ampero'ramini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz

$$\begin{aligned} I_{W_1} &= \frac{400}{k_{M.S.}} \sqrt{\frac{P_M}{D_M h_M \sqrt{\rho_m \mu_m} f_m k_{m,soch}}} = \\ &= \frac{400}{0,882} \sqrt{\frac{240}{0,47 \cdot 0,79 \sqrt{1,4 \cdot 10^{-6}} \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 1}} = 0,6 \cdot 10^5 \text{ A/m}. \end{aligned}$$

Metaldagi reaktiv quvvat aktiv quvvatga teng bo'lgani uchun  $Q_M = 240 \text{ kVar}$ .

Tirqichdagi reaktiv quvvatni quyidagi formula bilan aniqlaymiz

$$\begin{aligned} Q_s &= 6,2 \cdot 10^{-9} (I_{W_1})^2 f D_M^2 h_M \left[ \left( \frac{D_B}{D_M} \right)^2 - 1 \right] = \\ &= 6,2 \cdot 10^{-9} (0,6 \cdot 10^5)^2 \cdot 1000 \cdot (0,47)^2 \cdot 0,79 \left[ \left( \frac{0,63}{0,47} \right)^2 - 1 \right] = 3103,4 \text{ kVar}. \end{aligned}$$

Induktordagi aktiv va reaktiv quvvatni hisoblash uchun tigelni to'ldirish koeffitsiyentini  $k_{to'l} = 0,86$  deb qabul qilamiz. Reaktiv va aktiv quvvatlarning o'zaro tengligi sharti bo'yicha

$$\begin{aligned} P_I = Q_I &= 6,2 \cdot 10^{-6} (I_{W_1})^2 D_{lch} h_l \sqrt{\rho_l} f k_{IQ} \frac{1}{k_{to'l}} = \\ &= 6,2 \cdot 10^{-6} (0,6 \cdot 10^5)^2 \cdot 0,47 \cdot 0,79 \sqrt{2 \cdot 10^{-8}} \cdot 1000 \cdot \frac{1}{0,86} = 43,1 \text{ kVt}. \end{aligned}$$



Induktor – metall tizimining umumiy aktiv quvvati quyidagi qiymatga teng:

$$P_{LP} = P_M + P_I = 240 + 43,1 = 283,1 \text{ kVt.}$$

Umumiy reaktiv quvvat quyidagi qiymatga teng:

$$Q_{LP} = Q_M + Q_3 + Q_I = 240 + 3103,4 + 43,1 = 3386,5 \text{ kVAr.}$$

Induktor – metall tizimining umumiy quvvati –

$$S = \sqrt{P_{LP}^2 + Q_{LP}^2} = \sqrt{283,1^2 + 3386,5^2} = 3398,3 \text{ kBA.}$$

Induktorlagi tok kuchini aniqlash uchun avval induktorga berilayotgan kuchlanishni aniqlajmiz.

Texnik ko'rsatkichlarga ko'ra chastotasi 1000 gc bo'lgan kondensatorlarning kuchlanishi 2000 V dan katta bo'lmasligi kerak. Tanlangan chastota o'zgartkichning kuchlanishi 800 V bo'lsa ham hisoblar uchun induktor kuchlanishini  $U_I = 2000 \text{ V}$  deb olamiz va shu asosda ЭСВ-2-1 tipdagi kondensatorlarni tanlaymiz.

$U_I = 1600 \text{ V}$  holati uchun induktordagi tok kuchi

$$I = \frac{S}{U_I} = \frac{3398,3 \cdot 10^3}{1600} = 2123,9 \text{ A;}$$

$U_I = 2000 \text{ V}$  holati uchun esa

$$I = \frac{S}{U_I} = \frac{3398,3 \cdot 10^3}{2000} = 1699,2 \text{ A.}$$

Induktorning to'liq o'ramlar soni

$$w_H = \frac{I w_I}{I} h_I = \frac{0,6 \cdot 10^5}{1699,2} 0,79 = 28.$$

O'ramlar orasidagi qadam

$$\tau_q = 0,79 : 28 = 0,028 \text{ m} = 28 \text{ mm.}$$

Odatda bunday o'ramlar orasidagi qadam uchun o'ramlar bir o'tkazgichli bo'lishini taqozo qiladi.

O'ramlar orasidagi tirqich qiymatini quyidagi formula bilan aniqlaymiz

$$\Delta_{tirq} = \frac{U_I}{(10 + 40) w_I} = \frac{2000}{30 \cdot 28} = 2,4 \text{ mm.}$$

Qadamning balandligi quyidagi qiymatga teng:

$$h_q = \frac{\tau_q}{1} - \Delta_{tir} = 28 - 2,4 = 25,6 \text{ mm.}$$

Induktor uchun maxsus D ko'rinishdagi balandligi 26 mm bo'lgan mis quvurchani tanlaymiz.

Induktorning to'lish koeffitsiyenti qiymatini tekshirib ko'ramiz

$$k_{to'l} = \frac{h_q}{\tau_q} = \frac{25,6}{28} = 0,91,$$

oldindan qabul qilingan qiymati  $k_{to'l} = 0,86$ .

Induktorning profillangan quvurchasi zaruriy ishchi devorchasi qalinligi

$$\Delta_{quv} = \frac{1}{2} \pi \delta_{\epsilon, l} = \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 3,2 = 5mm.$$

Pechning elektr fojdali ish koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\eta_E = \frac{P_M}{P_{I,P}} = \frac{240}{283,1} = 0,85.$$

Pechning tabiiy quvvat koeffitsiyenti qujidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\cos \varphi = \frac{P_M}{S} = \frac{283,1}{3398,3} = 0,083.$$

Kondensatorlar batareyasi sig'imini quyidagi formula bilan aniqlaymiz:

$$C_{K,B} = \frac{Q_{I,P} \cdot 10^9}{2\pi f U_{K,B}^2} = \frac{3386,5 \cdot 10^9}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 2000^2} = 1340mkF.$$

### **Induksion tigel pechining energetik muvozanati tenglamasini hisoblash**

Induksion tigel pechining elektr tarmog'idan iste'mol qilayotgan quvvati quyidagicha taqsimlanadi:

$$P_{TAR} = P_{FOY} + P_{TI} + P_I + P_{K,B} + P_{TOT} + P_{CHO},$$

bu yerda,  $P_{FOY}$  – pechning fojdali quvvati;  $P_{TI}$  – tigeldagi metalning issiqlik isroflari;  $P_I$  – induktordagi elektr isroflari;  $P_{K,B}$  – kondensator batareyalaridagi elektr isroflar;  $P_{TOT}$  – o'tkazgichlardagi elektr isroflar;  $P_{CHO}$  – chastota o'zgartkichdagi elektr isroflari.

Keltirilgan tenglama pechning ishlayotgan davri uchun tuzilgan energetik muvozanat tenglamasini anglatadi.

Pechning fojdali quvvatini suyuq metall entalpiyasidan va eritishning energetik davri vaqti asosida aniqlanadi:

$$P_{FOY} = \frac{400}{2,0 - 0,2} = 222,2kVt.$$

tigeldagi issiqlik isroflari

$$P_{TI} = 40kVt.$$

induktordagi elektr isroflar

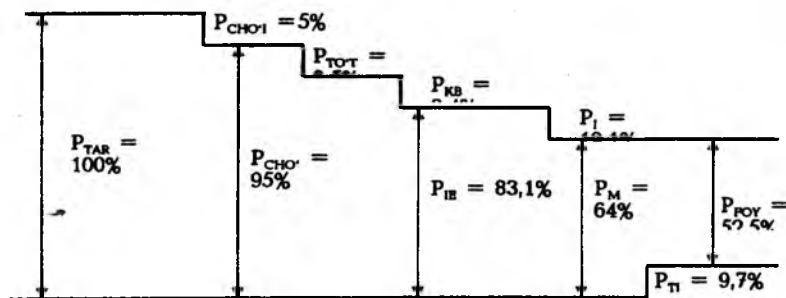
$$P_I = 78,3kVt.$$

Kondensator batareyalaridagi isroflar

$$P_{KB} = Q_{KB} \cdot tg\varphi = 3386,5 \cdot 0,0027 \approx 10kVt.$$

Tok o'tkazgichlaridagi isroflar

$$P_{OT} = (222,2 + 78,3 + 40 + 10) \left( \frac{1}{0,9} - 1 \right) = 38,9kVt.$$



2-rasm. Hajmi 1000 kg bo'lgan induksion tigel pechi energetik muvozanati diagrammasi

Chastota o'zgartkich iste'mol qiladigan quvvat

$$P_{CHO'} = \frac{1}{0,9} (222,2 + 78,3 + 40 + 10) = 389,4kVt.$$

Chastota o'zgartkichdagi elektr isroflar

$$P_{CHO1} = 389,4 \left( \frac{1}{0,95} - 1 \right) = 20,5kVt.$$

Elektr tarmog'idan induksion tigel pech iste'mol qiladigan quvvat

$$P_{TAR} = \frac{389,4}{0,95} = 410kVt.$$

Olib borilgan quvvat va quvvat isroflarini hisoblash natijasida induksion tigel pechining energetik muvozanati (2-rasm) tarmoqdan iste'mol qilinayotgan quvvatga nisbatan foizlarda ( $P_{TAR} = 100\%$ ).

## MUNDARIJA

<b>Kirish</b> .....	3
<b>I bob. QARSHILIK USULIDA ISHLOVCHI PECHLAR VA QIZDIRUVCHI QURILMALAR</b>	
1.1. Qarshilik elektr pechlari .....	5
1.2. Qarshilik elektr pechining konstruktiv tuzilishi .....	7
1.3. Qarshilik elektr pechlarining qizdiruvchi elementlari .....	9
1.4. Qarshilik elektr pechlarining issiqlik va elektr muvozanat tenglamalari .....	10
1.5. Qarshilik usulida ishlaydigan bevosita qizdiruvchi qurilma .....	14
1.6. Qarshilik elektr pechlarini elektr energiya bilan ta'minlash .....	16
Nazorat uchun test savollari.....	19
<b>II bob. ELEKTR YOY PECHLARI VA ULARNING ELEKTR JIHOZLARI</b>	
2.1. Elektr yoy pechlari .....	24
2.2. Elektr yoyi to'g'risida umumiy tushunchalar .....	25
2.3. Po'lat eritish yoy pechlarining konstruktiv tuzilishi .....	31
2.4. Po'lat eritish yoy pechlarining ish rejimlari .....	33
2.5. Po'lat eritish yoy pechlarini elektr energiya bilan ta'minlash .....	35
Nazorat uchun test savollari .....	39
<b>III bob. ELEKTR PAYVANDLASH QURILMALARI</b>	
3.1. Elektr yoy yordamida payvandlash .....	42
3.2. Kontaktli payvandlash .....	45
Nazorat uchun test savollari .....	50
<b>IV bob. INDUKSION ERITUVCHI PECHLAR VA QIZDIRUVCHI QURILMALAR</b>	
4.1. Induksion qizdirishning fizik asoslari .....	55
4.2. Induksion eritish pechlari .....	61
4.3. Induksion tigel pechlarni elektr energiya bilan ta'minlash va elektr rejimlarini avtomatik rostdash tizimlari .....	65
4.4. Metallarni oraliq qizdiruvchi induksion qurilmalar .....	69
4.5. Induksion toblovchi qurilmalar .....	72
4.6. Induksion qurilmalarni elektr energiya bilan ta'minlash .....	73
Nazorat uchun test savollari.....	75

## **V bob. DIELEKTRIKLARNI QIZDIRISH**

5.1. Dielyektriklarni qizdirish nazariyasi to'g'risida asosiy ma'lumotlar .....	80
5.2. Dielektrik qizdirish qo'llaniladigan sohalar .....	84
5.3. Dielektrik qizdirish qurilmalarining tuzilishi .....	86
5.4. Ishchi kondensatorni hisoblash .....	88
5.5. O'ta yuqori chastotali qizdirish qurilmasining tuzilish sxemasi ..	91
5.6. O'ta yuqori chastotali qizdirish qurilmalarining qo'llanilish sohalarini .....	98
Nazorat uchun test savollari.....	101

## **VI bob. ELEKTROLIZLI TEXNOLOGIK QURILMALAR**

6.1. Elektr kimyoviy ishlov berish asoslari .....	105
6.2. Elektroliz jarayonining asosiy ko'rsatkichlari .....	106
6.3. Elektroliz qurilmalarining elektr jihozlari .....	109
6.4. Metallarga elektr kimyoviy ishlov berish .....	110
Nazorat uchun test savollari.....	114

## **VII bob. METALLARGA ELEKTREROZION USULI BILAN ISHLOV BERISH**

7.1. Elektrerozion jarayonining fizik asoslari .....	117
7.2. Impulsi razryadning ko'rsatkichlari .....	118
7.3. Impuls generatorlarining tuzilishi va ishlash asoslari .....	120
7.4. Elektrerozion ishlov berish turlari .....	122
Nazorat uchun test savollari.....	125

## **VIII bob. ELEKTROLITLARGA JOYLASHTIRILGAN METALL BUYUMLARGA ELEKTR KIMYOVIY – MEXANIK ISHLOV BERISH**

8.1. Anodli – abrazivli ishlov berish .....	128
8.2. Anodli – mexanik ishlov berish .....	129
8.3. Elektr kimyoviy va mexanik ishlov berish jarayonlarining tavsiflari .....	130
Nazorat uchun test savollari.....	131

## **IX bob. ULTRATOVUSHLI ISHLOV BERISH QURILMALARI**

9.1. Ultratovushli ishlov berishning fizik asoslari .....	135
9.2. Ultratovushli qurilmalarning asosiy elementlari .....	137
9.3. Ultratovushli qurilmalarning qo'llanilishi .....	141
Nazorat uchun test savollari.....	142

## **X bob. ELEKTR GIDRAVLIK QURILMALAR**

10.1. Elektr gidravlik ishlov berishning fizik asoslari .....	145
10.2. Elektr gidravlik qurilmalarning qoʻllanish sohalari .....	146
Nazorat uchun test savollari.....	147

## **XI bob. METALLARGA MAGNIT – IMPULSLI ISHLOV BERISH**

11.1. Magnit – impulsli ishlov berishning fizik asoslari .....	150
11.2. Metallarga magnit – impulsli ishlov beruvchi qurilmalarning tarkibiy tuzilishi .....	151
Nazorat uchun test savollari .....	153

## **XII bob. MATERIALLARGA ELEKTR KINETIK ISHLOV BERISH USULLARI**

12.1. Elektron – ionli (aerozolli) texnologiya asoslari .....	156
12.2. Elektrostatik sanoat qurilmalari .....	161
Nazorat uchun test savollari .....	170

### **«Elektr texnologiya asoslari» fanidan laboratoriya ishlari.**

<b>Kirish</b> .....	174
<b>«Elektr texnologiya asoslari» fanidan amaliy mashgʻulotlar</b> .....	189
<b>Elektr texnologiyadan qisqacha izohli lugʻat</b> .....	193
<b>Adabiyotlar</b> .....	198

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
<b>Глава 1. ПЕЧИ И НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩИЕ СПОСОБОМ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ</b>	
1.1. Электрические печи сопротивления .....	5
1.2. Конструкция электрических печей сопротивления .....	7
1.3. Нагревательные элементы электрических печей сопротивле- ния .....	9
1.4. Уравнения теплового и электрического баланса электриче- ских печей сопротивления .....	10
1.5. Непосредственная нагревательная установка работающая по способу электросопротивления .....	14
1.6. Электроснабжения электрических печей сопротивления .....	16
Тестовые вопросы для контроля .....	19
<b>Глава 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДУГОВЫЕ ПЕЧИ И ИХ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ</b>	
2.1. Электрические дуговые печи .....	24
2.2. Общие сведения об электрических дугах .....	25
2.3. Конструкция сталеплавильных электродуговых печей .....	31
2.4. Рабочие режимы сталеплавильных электродуговых печей ...	33
2.5. Электроснабжения сталеплавильных электродуговых печей	35
Тестовые вопросы для контроля .....	39
<b>Глава 3. УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОСВАРКИ</b>	
3.1. Сварка с помощью электрической дуги.....	42
3.2. Контактная сварка .....	45
Тестовые вопросы для контроля .....	50
<b>Глава 4. ИНДУКЦИОННЫЕ ПЛАВИЛЬНЫЕ ПЕЧИ И НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА</b>	
4.1. Физические основы индукционного нагрева .....	55
4.2. Индукционные плавильные печи .....	61
4.3. Электроснабжения индукционных тигельных печей и систе- мы автоматического регулирования электрических режим.....	65
4.4. Индукционные установки для сквозного нагрева метал- лов.....	69

4.5. Закаливающие индукционные установки .....	72
4.6. Электроснабжения индукционных установок .....	73
Тестовые вопросы для контроля .....	75

### **Глава 5. НАГРЕВ ДИЭЛЕКТРИКОВ**

5.1. Общие сведения о теории нагрева диэлектриков .....	80
5.2. Области применения нагрева диэлектриков .....	84
5.3. Конструкция установок диэлектрического нагрева .....	86
5.4. Расчет рабочих конденсаторов .....	88
5.5. Структурные схемы устройств сверхвысококачественного нагрева	91
5.6. Области применения устройств сверхвысококачественного на-	98
грева .....	
Тестовые вопросы для контроля .....	101

### **Глава 6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОЛИЗА**

6.1. Основы электрохимической обработки .....	105
6.2. Основные показатели процесса электролиза .....	106
6.3. Электрооборудования установок электролиза .....	109
6.4. Электрохимическая обработка металлов .....	110
Тестовые вопросы для контроля .....	114

### **Глава 7. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ СПОСОБОМ**

7.1. Физические основы электроэрозионного процесса .....	117
7.2. Параметры импульсного разряда .....	118
7.3. Структура импульсного генератора и его принцип работы ...	120
7.4. Разновидности электроэрозионной обработки металлов .....	122
Тестовые вопросы для контроля .....	125

### **Глава 8. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКО – МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ПОГРУЖЕННЫЕ В ЭЛЕКТРОЛИТОВЫЕ ВАННЫ**

8.1. Анодно – абразивная обработка .....	128
8.2. Анодно – механическая обработка .....	129
8.3. Характеристики процессов электрохимической и механиче-	
ской обработки .....	130
Тестовые вопросы для контроля .....	131



## **Глава 9. УСТАНОВКИ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ**

9.1. Физические основы ультразвуковой обработки .....	135
9.2. Основные элементы ультразвуковых установок .....	137
9.3. Области применения ультразвуковых установок .....	141
Тестовые вопросы для контроля .....	142

## **Глава 10. ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**

10.1. Физические основы электрогидравлической обработки .....	145
10.2. Области применения электрогидравлических установок .....	146
Тестовые вопросы для контроля .....	147

## **Глава 11. МАГНИТНО – ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ**

11.1. Физические основы магнитно – импульсной обработки .....	150
11.2. Структурная схема магнитно – импульсной установки для обработки металлов .....	151
Тестовые вопросы для ко.....	153

## **Глава.12. СПОСОБЫ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ**

12.1. Основы электронно – ионной (аэрозольная) технологии .....	156
12.2. Электростатические устройства .....	161
Тестовые вопросы для контроля .....	170

Лабораторные работы по курсу «Основы электротехноло- гии».....	174
Практические занятия по курсу «Основы электротехнологии»	189
Краткий толковый словарь по Электротехнологии .....	193
Литература .....	198

## CONTENTS

<b>Introduction</b> .....	3
 <b>Chapter 1. FURNACES AND HEATING INSTALLATIONS, ELECTRORESISTANCE WORKING IN THE WAY</b>	
1.1. Electric furnaces of resistance .....	5
1.2. A design of electric furnaces of resistance .....	7
1.3. Heating elements of electric furnaces Resistance .....	9
1.4. The equations of thermal and electric balance Electric furnaces of resistance .....	10
1.5. Direct heating installation working On a way of electroresistance .....	14
1.6. Electrosupply of electric furnaces of resistance .....	16
Test questions for the control .....	19
 <b>Chapter 2. ELECTRIC ARC FURNACES AND THEIR ELECTRIC EQUIPMENTS</b>	
2.1. Electric arc furnaces .....	24
2.2. The general data on electric arches .....	25
2.3. A design steel-smelting electroarc furnaces .....	31
2.4. An operating conditions of steel-smelting electroarc furnaces .....	33
2.5. Electrosupply of steel-smelting electroarc furnaces .....	35
Test questions for the control .....	39
 <b>Chapter 3. DEVICES OF ELECTRIC WELDING</b>	
3.1. Welding with the help of an electric arch .....	42
3.2. Contact welding .....	45
Test questions for the control .....	50
 <b>Chapter 4. INDUCTION MELTING FURNACES AND HEATING DEVICES</b>	
4.1. Physical bases of induction heating .....	55
4.2. Induction melting furnaces .....	61
4.3. Electrosupply of induction crucible furnaces and Systems of automatic control electric Modes .....	65
4.4. Induction installations for through heating of metals .....	69
4.5. Pinned up induction installations .....	72
4.6. Electrosupply of induction installations .....	73
Test questions for the control .....	75

## **Chapter 5. HEATING DIELECTRICS**

5.1. The general data on the theory of heating dielectric	80
5.2. Scopes of heating dielectrician	84
5.3. A design of installations of dielectric heating	86
5.4. Calculation of working condensers	88
5.5. Block diagrams of devices over highly private heating	91
5.6. Scopes of devices superhigh-frequency Heating	98
Test questions for the control	101

## **Chapter 6. TECHNOLOGICAL DEVICES ELECTROLYSING**

6.1. Bases of electrochemical processing	105
6.2. The basic parameters of process elektrolith	106
6.3. Electric equipments of installations elektrolith	109
6.4. Electrochemical processing metals	110
Test questions for the control	114

## **Chapter 7. PROCESSING OF METALS BY ELECTROEROSIVE WAY**

7.1. Physical bases of electroerosive process	117
7.2. Parameters impulsnogo the category	118
7.3. Structure of the pulse generator and its principle of work	120
7.4. Versions of electroerosive processing metals	122
Test questions for the control	125

## **Chapter 8. ELYEKTROXIMICHYESKO – MACHINING METALS SHIPPED IN ELYEKTROLITOVYIYE BATHS**

8.1. Anode - abrasive processing	128
8.2. Anode - machining	129
8.3. Characteristics of processes electrochemical and machining	130
Test questions for the control	131

## **Chapter 9. INSTALLATIONS FOR ULTRASONICS PROCESSING**

9.1. Physical bases ultrasonics processing	135
9.2. Basic elements ultrasonics intalling	137
9.3. Scopes ultrasonics installations	141
Test questions for the control	142

<b>Chapter 10. ELECTROHYDRAULIC INSTALLATIONS</b>	
10.1. Physical bases of electrohydraulic processing ... ..	145
10.2. Scopes of electrohydraulic installations ... ..	146
Test questions for the control ... ..	147
<b>Chapter 11. MAGNETODYNAMICS - PULSE PROCESSING OF METALS</b>	
11.1. Physical bases magnitno - pulse processing ... ..	150
11.2. Structure the circuit magnetodynamics - pulse installation for processing metals ... ..	151
Test questions for the control ... ..	153
<b>Glava.12. WAYS OF ELECTROKINETIC PROCESSING METALS</b>	
12.1. Bases electronically - ionic (aerosol) technologies ... ..	156
12.2. Electrostatic devices ... ..	161
Test questions for the control ... ..	170
<b>Laboratory works at the rate «Electrotechnology bases»</b>	-
<b>Practical training at the rate .....</b>	174
<b>«Electrotechnology bases» .....</b>	189
<b>Short explanatory dictionary on Electrotechnology .....</b>	193
<b>The literature ... ..</b>	198

**A.T. IMOMNAZAROV**

# **ELEKTR TEXNOLOGIYA ASOSLARI**

**Toshkent – «Fan va texnologiya» – 2015**

Muharrir:	F.Ismoilova
Tex. muharrir:	M.Holmuhamedov
Musavvir:	D.Azizov
Musahhih:	N.Hasanova
Kompyuterda sahifalovchi:	Sh.Mirqosimova

**E-mail: [tipografiyacent@mail.ru](mailto:tipografiyacent@mail.ru) Tel: 245-57-63, 245-61-61.  
Nashr.lits. AI №149, 14.08.09. Bosishga ruxsat etildi 28.08.2015.  
Bichimi 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Timez Uz» garniturası.  
Ofset bosma usulida bosildi. Shartli bosma tabog'i 13,0.  
Nashriyot bosma tabog'i 13,5. Tiraji 75. Buyurtma №119.**

**«Fan va texnologiyalar Markazining  
bosmaxonasi» da chop etildi.  
100066, Toshkent sh., Olmazor ko'chasi, 171-uy.**