

621.3:689.5/07

S.MAJIDOV

# ELEKTR YURITMA VA UNI AVTOMATIK BOSHQARISH ASOSLARI

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim  
vazirligi oliy o'quv yurtlari hamda kasb-hunar kollejlarning  
elektromexanika va elektroavtomatika yo'nalishidagi  
ixtisosliklari uchun darslik sifatida tavsiya etgan

*Qayta ishlangan va to'ldirilgan 2- nashri*

2023566

621.34 (075)

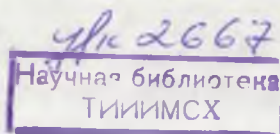
M-11

Kitobda elektr yuritma ta'rifi, turlari, uning rivojlanishining qisqacha tarixi, elektr yuritmalarda qo'llaniladigan motor turlari, o'zgarmas va o'zgaruvchan tok motorlari, ularning ishlash prinsiplari, mexanik tavsiflari, aylanish chastotalarini rostdash va tormozlash usullari bayon etilgan.

Shuningdek, elektr yuritmani avtomatik boshqarishda ishlatiladigan elektr apparatlari va sxemalari to'g'risida hamda maishiy xizmat texnikasida ishlatiladigan elektr uskunalari va elektr yuritma bo'yicha kerakli ma'lumotlar berilgan.

Ushbu kitob kasb-hunar kollejlarning elektromexanika ixtisosliklari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan bo'lib, undan shu soha bakalavrlari, magistrarlari va mutaxassislari ham foydalanishlari mumkin.

**Taqrizchilar:** t.f.d., professor, Beruniy nomidagi O'zbekiston Davlat mukofoti sovrindori **A.A.Xoshimov**,  
t.f.d., professor, Beruniy nomidagi O'zbekiston Davlat mukofoti sovrindori **N.M.Usmonxo'jayev**.



М 4306020200-120 Qat'iy buyurtma-2003  
353(04)-04

ISBN 2-645-04098-8

© «O'qituvchi» nashriyoti.  
«Ziyo-noshir» KShK, 2003.

---

---

*Ustozim, texnika fanlari doktori, professor,  
O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan  
fan va texnika arbobi, akademik Muzaffarxon  
Zohidxonovich Homidxonovning yorqin  
xotirasiga bag'ishlanadi.*

## KIRISH

Respublikamiz mustaqillikka erishganidan so'ng kadrlar tayyorlashning milliy dasturidagi islohotlarga muvofiq, yurtimizda jahon andazalariga mos bo'lgan ko'p bosqichli ta'lim tizimiga asos solindi. Natijada, o'lkamizning barcha tuman va chekka qishloq markazlarida eng zamonaviy o'qitish vositalari bilan jihozlangan yuzlab kollej va akademik litseylar qurilib faoliyat ko'rsatmoqda. Kasb-hunar kollejlari o'qish samaradorligini oshirish uchun oliy o'quv yurtlarining pedagogika fakultetlari qoshida magistraturalar ochilib, ularda yuqori malakali o'qituvchilar tayyorlanmoqda.

Ma'lumki, ko'pchilik texnika mashina va mexanizmlari elektr motorlari bilan harakatga keltiriladi. Hozirda Respublikamizda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining taxminan 70 foizini elektr motorlari iste'mol qiladi. Xususan, Qarshi cho'llaridan samarali foydalanish uchun unga Amudaryo suvi 6 ta nasos stansiyalari kaskadi orqali uzatiladi. Bunda har bir stansiyada 5 tadan nasos agregatlari o'rnatilib, ular quvvati 12 ming kW bo'lgan sinxron motorlari bilan aylantiriladi. Natijada bu 5 ta nasoslar orqali sekundiga 200 m<sup>3</sup> Amudaryo suvi so'rilib, 10–15 metr balandlikda joylashgan taqsimlovchi kanalga to'kiladi va kanaldagi suv elektr motorlari bilan ochilib-yopiladigan temir darvozalar orqali cho'lda barpo etilgan xo'jaliklarga tarqatiladi, ortib qolgan suv esa, kanallar ortida joylashgan suv omborida yig'iladi. Demak, bu nasoslarni aylantiradigan 30 ta sinxron motorlarning umumiy quvvati 400 ming kW ga yaqin bo'ladi (bunda, quvvat koeffitsienti ( $\cos\phi$ ) birga teng bo'lgan sinxron motorlaridan foydalaniladi).

Soni va quvvati o'sib borayotgan elektr iste'molchilarini energiya bilan ta'minlash uchun mamlakatimiz energetikasini jadal rivojlantirish taqazo etiladi. Shu sababli elektr energiyasining asosiy iste'molchisi bo'lmish elektr motorlarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini yaxshilash va shovqinsiz ishlaydigan motorlar yaratish

borasida ilmiy-tadqiqot va amaliy ishlar olib borilmoqda. Hozirda AQSh firmalarida servis-faktor (SF) nomli elektr motorlari ishlab chiqarilmoqda. Motorning qutblar soni va quvvatiga qarab servis-faktor 1,15–1,4 oralig'idagi son bo'lib, kuchlanishi  $V$  va chastotasi  $f$  nominal bo'lganda, uning quvvati  $P_n$  ni SF gacha oshirish imkonining mavjudligini hamda harorat  $+40^{\circ}-15^{\circ}$  orasida bo'lganda ham bunday motorni nominal quvvat bilan ishlatish mumkinligini ko'rsatadi. Bundan tashqari, tarmoq kuchlanishi  $\pm 10\%$  o'zgarganda yoki nominal kuchlanishda chastota  $\pm 5\%$  o'zgarganda ham SF motorlarini nominal quvvatda ishlatish mumkin bo'ladi.

Shuningdek, Rossiyaning qator korxonalari, jumladan Vladimir elektr motor zavodi bilan birgalikda 5A seriyadagi, quvvati 0,55–315 kW li asinxron motorlari ishlab chiqarilmoqda (6A seriyasi esa foydalanishga tayyorlanmoqda). Elektr motorlarini bu yangi seriyalarini yaratishda foydali ish va quvvat koeffitsientlarini yuqori bo'lishiga hamda jahon standartlariga mos kelishiga e'tibor berilmoqda. Yevropaning yetakchi firmalari standartlash bo'yicha Yevropa elektrotexnika qo'mitasi SENELEC normalariga mos keladigan asinxron motorlar ishlab chiqarmoqda. Ular f.i.k.  $\eta$  va  $\cos\phi$  koeffitsientlarining yuqori bo'lishidan tashqari, shovqinsiz ishlash, qulay montaj qilish va 40 ming soatgacha ishlash imkoniga ega. Mustaqillik tufayli Respublikamizda olib borilayotgan islohotlar qatori elektrotexnika sanoatida ham katta o'zgarishlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, Chirchiq transformator zavodida yuqori kuchlanishli transformatorlar, Andijon elektr motor aksiyadorlik jamiyatida ekspluatatsiya ko'rsatkichlari yuqori bo'lgan asinxron motorning yangi turlari ishlab chiqarilmoqda.

# BIRINCHI QISM

## ELEKTR YURITMA ASOSLARI

### I BOB. ELEKTR YURITMANING UMUMIY TAVSIFI

I.I.

#### Elektr yuritma ta'rifi, turlari va rivojlanishining qisqacha tarixi

Elektr yuritma deb elektr motor, uni boshqaruvchi (ishga tushiradigan, tezligini rostlaydigan, tormozlab to'xtatadigan) elektr apparatlari va motor bilan ish mashinasi orasidagi mexanik uzatmadan iborat qurilmaga aytiladi. Boshqarish apparatlari vositasida avtomatik ravishda ishga tushiriladigan, to'xtatiladigan yoki yuklanishni o'zgarishiga qaramay aylanish tezligini o'zgartirmay saqlaydigan hamda aylanish yo'nalishini teskari tomonga aylantiradigan yuritma avtomatlashtirilgan elektr yuritma deyiladi. Texnologiya talablariga binoan tezligi majburiy ravishda o'zgartiriladigan yuritma rostlanadigan elektr yuritma deb ataladi.

Avtomatlashtirilgan va rostlanadigan elektr yuritma tarkibida o'zgartgich ham bo'lishi mumkin. O'zgartgich deb elektr tokini bir turdan boshqa turga, masalan, o'zgaruvchan tokni o'zgarmasga yoki aksincha, shuningdek, tok kuchlanishi yoki chastotasi qiymatini hamda fazalar sonini o'zgartiradigan moslamaga aytiladi.

Shunday qilib, avtomatlashtirilgan elektr yuritma vositasida elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirishdan tashqari, bu mexanik energiyani elektr usuli bilan talabga binoan rostlash imkoni yaratiladi. Natijada, texnologiya jarayonini takomillashtirish, ish unumi va mahsulot sifatini oshirish mumkin bo'ladi.

Birinchi elektr yuritmasi 1838- yilda rus akademigi B.S.Yakobi tomonidan yaratilgan bo'lib, u o'zi kashf etgan o'zgarmas tok motorini kemaga o'rnatib, uni harakatlantirgan, ammo bu paytda tejamli tok manbayi mavjud emasligi sababli elektr yuritmani keng ko'lamda qo'llash imkoni bo'lmagan. Rus injeneri M.O.Dolivo-Dobrovolskiy tomonidan 1889-1891- yillar orasida transformator, asinxron motori va uch fazali sistemaning yaratilishi bilan elektrotexnika taraqqiyoti misli ko'rilmagan darajada rivojlanib ketdi. Bu rus injeneri o'z navbatida uch fazali elektr energiyasini transfor-

mator vositasida uzoq masofaga tejamli uzatib, Germaniyaning Frankfurt shahrida o'tkazilgan elektrotexnika sohasidagi birinchi umumjahon ko'rgazmasida o'zi yasagan asinxron motorli nasos elektr yuritmasi ishini namoyish etgan.

Shundan so'ng, XX asrning boshlaridayoq elektr energiyasini dunyo miqyosida ishlab chiqarish va undan xalq xo'jaligining turli sohalarida foydalanish keng rivojlanib, elektrotexnika hatto fan sifatida shakllana boshladi.

Agar 1915–16- yillarda Toshkent ko'chalarida Belgiyadan keltirilgan konkra nomli otlar bilan harakatlantiriladigan yuritmalar paydo bo'lgan bo'lsa, bugungi kunda Andijon viloyatining Asaka shahrida qad ko'targan zavodda robot va kompyuterlar bilan boshqariladigan elektr yuritmalarning konveyer liniyalarida Neksiya, Damas, Tiko va Matiz nomli yengil avtomobillar uzluksiz ravishda ishlab chiqarilmoqda, shahrimiz ko'chalarida esa, ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorli elektr yuritmaga ega bo'lgan zamonaviy jihozlangan tramvay, trolleybus va metropoliten ishlab turibdi. Demak, hozirgi kunda og'ir va yengil sanoat, qurilish, qishloq xo'jaligi va xatto maishiy xizmat texnikasida elektr yuritmadan keng va samarali foydalanilmoqda.

## **1.2. Elektr yuritmalarda qo'llaniladigan motor turlari**

Sanoat, transport, qurilish, qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi va maishiy xizmat texnikalari elektr yuritmasining motorlari o'zgaruvchan, o'zgarmas tok va katta quvvatlarda, turli tuzilishlarda ishlab chiqariladi. Xususan, ishlashda ishonchli, sodda tuzilishli, o'lchamlari va massasi kichik, arzon bo'lgan asinxron motorlar keng qo'llanilmoqda. Jumladan, uzluksiz ishlaydigan transport, nasos, kompressor, ventilyator mexanizmlarining yuritmasida 4A, 5A, AI va PA seriyali kichik quvvatli asinxron motorlar ishlatiladi. Ishga tushirish sharoiti og'ir va tezligi rostlanishi kerak bo'lgan mexanizmlar yuritmasida 4 AK va 4AHK seriyali faza rotorli asinxron motorlaridan foydalaniladi. Katta quvvatli, rotorli qisqa tutashirilgan asinxron motorlar safiga АТДИ, А4, ДА304, АД0, ВАН seriyalilari kirib, faza rotorlilar safiga esa АК4, БАК3, АОК, АКСБ va boshqa seriyalilar kiradi. АТДИ seriyali asinxron turbomotorlar esa 6–10 kV kuchlanishda, 500–8000 kW quvvatlarda ishlab chiqariladi, faza rotorli АК4 seriyali motorlar esa, 250–1000 kW quvvatlarda chiqarilib, tezligi rostlanuvchan mexanizmlar yuritmasida qo'llaniladi. Shuningdek, parmalash

qurilmalari yuritmasida quvvati 600, 800 va 1000 kW bo'lgan AKCB seriyali, AEC nasoslari yuritmasida esa, BAK3 seriyali, quvvati 1600 va 3400 kW, kuchlanishi 6 kV, aylanish chastotasi 1000 ayl/min bo'lgan faza rotorli motor ishlatiladi.

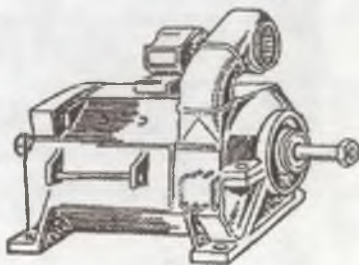
Hozirgi kunda 70 turdagi kichik quvvatli asinxron motorlar ishlab chiqarilmoqda. Xususan, quvvati 1–750 W bo'lgan ABE, 4A va AI seriyalarda kondensatorli asinxron motorlar, kir yuvish mashinalari yuritmasida esa KJI seriyali motorlardan foydalanilmoqda.

Rotorning aylanish tezligi va yo'nalishi stator tokidan hosil bo'lgan aylanuvchan magnit maydoni tezligi va yo'nalishi bilan bir xil bo'lgan o'zgaruvchan tok motori sinxron motor deyilib, ular 1000 dan bir necha 10 ming kW gacha quvvatlarda, 3000 dan 100 ayl/min chastotalarda ishlab chiqarilmoqda. Sinxron motorlar 1500 dan 300 ayl/min chastotalarda rotori ayonmas qutbli, 100 ayl/min va undan kichiklarda esa, ayon qutbli tuzilmalarda chiqariladi. Rotorida qo'zg'atish chulg'ami bo'lmagan reaktiv sinxron motorlar kichik quvvatlarda uch fazali va bir fazali (kondensatorli) qilib chiqarilmoqda.

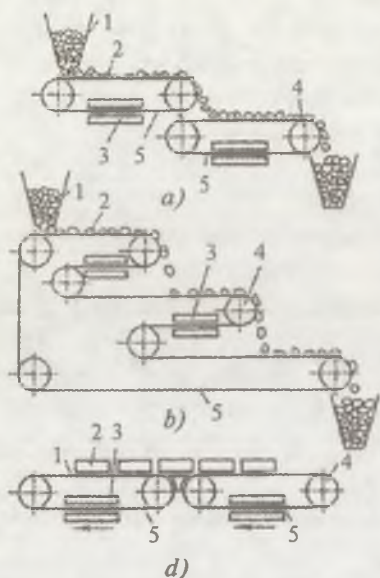
Doimiy magnit bilan qo'zg'atiladigan motorlar kichik quvvatlarda (bir necha W dan bir necha 10 kW gacha) uch va bir fazali tuzilishlarda ishlab chiqariladi.

O'zgarmas tok motorlari murakkab tuzilishli, qimmat va ishonchiligi past bo'lgani sababli o'zgaruvchanlilarga nisbatan kam ishlatiladi. Ular asosan 2Π, Π2 va maxsus seriyali motorlar bo'lib, turli quvvat va aylanish chastotalariga mo'ljallab chiqariladi va tezligi rostdanishni talab qiladigan mexanizmlar yuritmasida qo'llaniladi. Xususan, 2Π seriyali motorlar 0,37 dan 200 kW gacha quvvatlarda chiqarilib, ular qutblariga mustaqil va kompensatsiyalovchi chulg'amlar o'rnatilgan bo'ladi.

Kran mexanizmlarining yuritmasida o'zgarmas va o'zgaruvchan tok motorlaridan foydalaniladi. Bunda ular takrorlanuvchi qisqa muddatli rejimda ishlagani uchun (ulanish davomiyligi 15, 25 va 60%, hamda sikl davomiyligi 10 minutdan oshmasligi sababli) bunday motorlar harorati ish davrida o'zining turg'un haroratigacha ko'tarila olmaydi, pauza-tanaffus paytida esa, atrof-



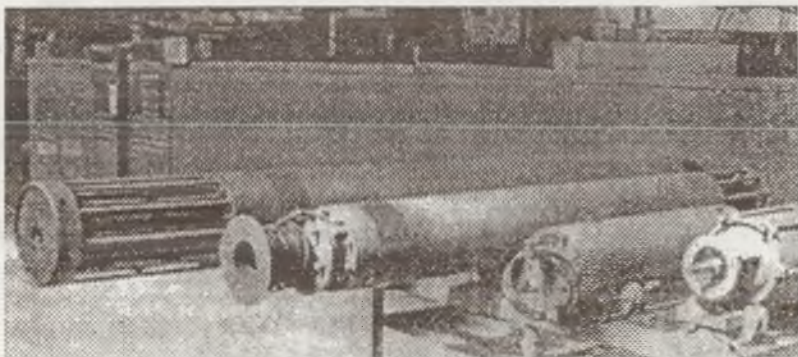
1.1- rasm.



1.2- rasm.

kinematik uzatma o'z rolini yo'qotib bormoqda. Masalan, ilgari harakatli mexanizmlarda chiziqli motorlarning qo'llanishi yoki elektr urchuq, elektr shpindel va elektr nasoslar yuritmasida elektr motor va ijro mexanizmning ayrim qismlari bir xil vazifani bajaradi va, natijada, ularning tuzilishida mexanik uzatma yo'qolib, foydali ish koeffitsienti ko'tariladi, montaj ishlari soddalashadi, konveyerli transportda ham chiziqli asinxron motorlar ishlatilmoqda. 1.2- rasmda metall tasmali konveyerlar yuritmasida chiziqli

muhit haroratigacha soviy olmaydi. Shu sababli kran motorlari mexanik jihatdan mustahkam ishlangan bo'lib, yuqoriroq o'ta yuklanishga hisoblab chiqariladi. Ular odatda berk tuzilishga ega bo'lib, tashqarida o'rnatilgan ventilyator bilan sovitiladi. 1.1- rasmda o'zgarmas tokli kran motori ko'rsatilgan. Sanoatda kranlar yuritmasi uchun maxsus seriyali MTF, MTKΦ, MTH, MTKH, 4MTKH, 4MTH, 4MTKH asinxron motorlar va o'zgarmas tokda ishlaydigan Δ seriyali motorlardan foydalaniladi. Hozirgi paytda turli qurilmalar yuritmasida elektr motorlar bilan ijro mexanizmlari o'zaro uyg'unlashib, yuritmaning mexanik qismida



1.3- rasm.



asinxron motorlardan foydalanish ko'rsatilgan. Bunda, bunkerdagi sochiluvchan yuk 2 konveyer tasmasiga tushadi va tasmaning tortilishi barabanlar 4 orqali amalga oshiriladi. Ikki tomonlama o'rnatilgan induktor 3 esa havo bo'shlig'ida yugiruvchi magnit maydonni hosil qiladi va natijada metall tasma 5 da EYK va tok paydo bo'ladi. Bu tok bilan induktor magnit maydonining o'zaro ta'siri natijasida konveyer tasmasi 5 ni harakatga keltiruvchi kuch hosil bo'ladi. Drenaj quduqlardan suv tortuvchi nasos yuritmasida ham maxsus tuzilishli, rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motordan foydalaniladi. 1.3- rasmda suvga botirilib ishlatiladigan nasos elektr yuritmasi ko'rsatilgan (bunda elektr nasos yuritmasida mexanik uzatma qismi yo'qolib, motor bilan nasosni umumiy korpusda tayyorlash va shu bilan bu qurilmani keskin soddalashtirish imkoni olinadi).

---

## II BOB. ELEKTR MOTORLARINING MEXANIK TAVSIFLARI

### 2.1. Umumiy tushunchalar

Elektr yuritmani to'g'ri tanlash va hisoblash asosida ishlab chiqarish mexanizmining unumli va tejamli ishlashiga sharoit yaratiladi. Elektr yuritma yordamida mashina yoki mexanizmlarni ishga tushirish, to'xtatish va teskari tomonga harakatlantirish (reverslash) kabi o'tkinchi hamda turg'un ish rejimlarini qulay sharoitda bajarish vazifalari amalga oshiriladi. Bu jarayonlarning o'tishi, avvalo, motor aylanish tezligining uning aylantiruvchi momentiga nisbatan o'zgarish xususiyatiga qarab aniqlanadi. Bu xususiyat motor xiliga qarab turlicha bo'ladi.

Elektr motorining xillari quyidagi belgilarga ko'ra aniqlanadi. Elektr tokining turiga ko'ra o'zgarmas va o'zgaruvchan tok motorlari bo'ladi. O'zgarmas tok motorlari, o'z navbatida, qo'zg'atish chulg'amining ulanish sxemasiga ko'ra parallel, ketma-ket va aralash (shuntli, series va kompaund) qo'zg'atishli motorlarga bo'linadi.

O'zgaruvchan tok motorlari esa rotor bilan stator magnit maydonining bir-biriga nisbatan aylanish tezliklariga ko'ra — asinxron va sinxron deb ataluvchi motorlarga bo'linadi. Asinxron motorlar, o'z navbatida, rotor chulg'amiga ko'ra qisqa tutashtirilgan rotorli va faza rotorli (kontakt halqali) motorlarga bo'linadi. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlari esa rotorning tuzilishiga ko'ra, bir va ikki katakdan iborat qisqa tutashtirilgan chulg'amli hamda chuqur pazli motorlarga bo'linadi. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar fazalar soniga ko'ra, uch fazali va bir fazali bo'ladi. Motor tezligining uning aylantiruvchi momentiga bog'lanishini ko'rsatuvchi  $\omega = f(M)$  yoki  $n = f(M)$  egri chiziqni motorning mexanik tavsifi deb ataladi.

Motorning burchak tezligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \left[ \frac{\text{rad}}{\text{sek}} \right]$$

bunda  $n \left[ \frac{\text{ayl.}}{\text{min}} \right]$  — motorning bir minutdagi aylanish soni.

## Motorning aylantiruvchi momenti

$$M = F \frac{D}{2},$$

bunda  $F$  – barabandagi o‘tkazgichlarga ta’sir etuvchi elektromagnit kuch;  $D$  – barabanning diametri.

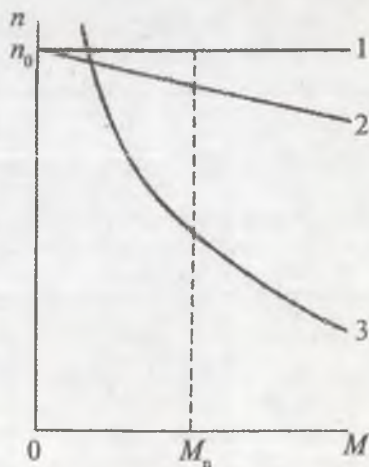
Radian deb aylananing ikki radiusi orasidagi burchakka aytiladi. U bilan aylanadan kesilgan yoyning uzunligi radiusga teng bo‘lishi kerak. Shunga ko‘ra, to‘la bitta aylanish  $360^\circ$  ga teng bo‘lgani uchun, uni radian birligida  $2\pi$  deb belgilanadi. Bunda  $\pi = 3,14$  ga teng. Ishlab chiqarish talablariga qarab motor xilini tanlashda uning mexanik tavsifi asosiy ko‘rsatkich hisoblanadi.

Mexanik tavsif sun‘iy va tabiiy bo‘lishi mumkin. Motorni ishga tushirish, to‘xtatish, uning tezligini o‘zgartirish va shu kabilarda sun‘iy tavsifdan foydalaniladi. Motor faqat nominal parametrlar bilan tabiiy tavsifda ishlay oladi. Shunga ko‘ra, tabiiy tavsifni sun‘iy tavsifning xususiy holi deb hisoblash mumkin. Ba’zi hollarda o‘zgarimas tok motorlari uchun  $n = f(M)$  o‘rniga, elektromexanik yoki tezlik tavsifi deb ataluvchi  $n = f(I)$  bog‘lanishdan foydalanish qulay bo‘ladi, bunda  $I[a]$  – motor toki.

Elektr motori aylanish tezligining aylantiruvchi momentiga bog‘lanishini ko‘rsatuvchi chiziqning o‘zgarishiga qarab, mexanik tavsiflar mutlaqo qattiq, qattiq va yumshoq tavsiflarga bo‘linadi.

2.1- rasmda (1 – mutlaqo qattiq, 2 – qattiq va 3 – yumshoq) mexanik tavsiflar ko‘rsatilgan.

Yuklama o‘zgarishi bilan motorning tezligi o‘zgarmay qoladigan tavsif *mutlaqo qattiq mexanik tavsif* deb ataladi. Bunday tavsif sinxron motorlarda uchraydi. Yuklama nominal qiymatigacha o‘zgarganda, motorning tezligi bir ozgina ( $5 \div 7\%$ ) o‘zgaradigan tavsif *qattiq mexanik tavsif* deb ataladi. Bunday tavsif parallel qo‘zg‘atishli o‘zgarimas tok va qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlarda uchraydi. Yuklama o‘zgarishi bilan motorning tezligi keskin o‘zgaradigan tavsif *yumshoq*



2.1- rasm. Motorlarning mexanik tavsiflari:

1 – mutlaqo qattiq; 2 – qattiq;  
3 – yumshoq.

*mexanik tavsif* deb ataladi. Bunday tavsif ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok va katta sirpanishli asinxron motorlarda uchraydi.

Ish mexanizmining talabiga ko'ra biror xil mexanik tavsifga ega bo'lgan motorlar tanlanadi. Masalan, metall qirquvchi dastgohlarga, ko'pincha, qattiq tavsifli motorlar, transport mexanizmlariga esa yumshoq tavsifli motorlar talab qilinadi.

## 2.2. O'zgarmas tok motorlarining mexanik tavsiflari

O'zgarmas tok motorlari, asosan, qo'zg'almas (stanina) va aylanuvchi (yakor) qismlardan iborat bo'ladi. Stanina ichi kovak cho'yan (magnit oqimini yaxshi o'tkazuvchi) silindrdan iborat bo'lib, unga maxsus po'latdan ishlangan o'zaklar mahkamlab qo'yiladi (2.2- rasm).

Bu o'zaklarga magnit maydoni hosil qiladigan, ya'ni qo'zg'atuvchi chulg'amlar (QCh) o'rnatiladi. Qo'zg'atuvchi chulg'amlar o'zaro ketma-ket ulangan bo'lib, ularga o'zgarmas tok beriladi. Natijada chulg'am o'rnatilgan o'zaklarning soniga teng bo'lgan magnit qutblar (shimoliy qutb  $N$  va janubiy qutb  $S$ ) hosil bo'ladi. Qo'zg'atuvchi chulg'amdagi tok miqdoriga qarab, har bir qutbda ma'lum qiymatli magnit oqimi hosil bo'ladi. Yakor temir o'zagi yupqa po'lat (maxsus lak bilan izolyatsiyalangan) listlardan yasalgan barabandan iborat bo'ladi. Uning pazlariga esa yakor chulg'ami simlari joylanadi.

Yakor chulg'aming shimoliy va janubiy qutblari ostidagi o'tkazgichlarning bosh uchlari yonma-yon joylashgan kollektor plastinkalariga ulanadi, oxirgi uchlari esa ketma-ket ulanadi. Kollektor plastinkalari misdan yasaladi.

Kollektor plastinkalari yakor valiga mahkam o'rnatilgan bo'lib, ular valdan o'zaro himoyalangan. Yakor chulg'amiga cho'tka va kollektor orqali o'zgarmas tok beriladi. Qo'zg'almas cho'tkalar kollektor plastinkalari bilan yaxshi kontakt hosil qilishi uchun, ularni maxsus prujina yordamida kollektor plastinkalariga bosib turiladi. Demak, yakor chulg'ami kollektor va cho'tkalar orqali bir necha parallel shoxobchalarga bo'linadi.

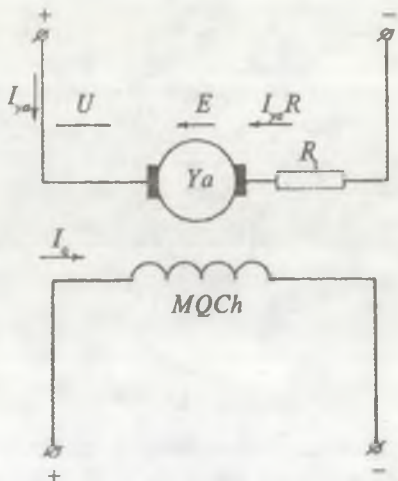


2.2- rasm. To'rt qutbli o'zgarmas tok motorining magnit sistemasi.

O'zgarmas tok mashinasi motor rejimida ishlashi uchun, avval qo'zg'atuvchi chulg'amga, so'ng- ra yakor chulg'amiga yoki ikkala chulg'amga bir vaqtda o'zgarmas tok berish kifoya (2.3- rasm).

Bunda yakor toki bilan qutblardagi magnit maydonining o'zaro ta'siri natijasida aylantiruvchi moment hosil bo'ladi. Bu momentning qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$M = \frac{1}{2\pi} \frac{pN}{a} \Phi I_{ya} = k_m \Phi I_{ya} \text{ [Nm]} \quad (2.1)$$



2.3- rasm. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining ulanishi.

Bu momentni hosil qilgan elektromagnit kuchlarning yo'nalishi chap qo'l qoidasiga asosan topiladi. (2.1) ifodaga ko'ra, motorni teskari aylantirish (reverslash) uchun yakor yoki qo'zg'atuvchi chulg'amlardagi tok yo'nalishini o'zgartirish kifoya. Amalda yakor tokining yo'nalishi o'zgartiriladi. Motor aylanishi bilan uning yakori chulg'amida qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadigan elektr yurituvchi kuch (e.y.k.) hosil bo'ladi:

$$E = \frac{1}{60} \frac{pN}{a} \Phi n = k_e \Phi n \text{ [V]} \quad (2.2)$$

bunda:  $E$  — yakor chulg'amida hosil bo'ladigan e.y.k., V hisobida;  
 $\Phi$  — bitta qutbning magnit oqimi, Vb hisobida;  
 $p$  — juft qutblar soni ( $N$  va  $S$  qutblar bir juft bo'ladi);  
 $N$  — yakor chulg'amidagi o'tkazgichlar soni;  
 $a$  — yakor chulg'ami parallel shoxobchalarining juft soni;  
 $n$  — motorning minutiga aylanishlar soni,  $\frac{\text{ayl.}}{\text{min}}$  hisobida;

$k_m, k_e$  — mashinaning konstruktiv parametrlari bilan aniqlanadigan moment va e.y.k. koeffitsientlari. E.y.k.ning yo'nalishi o'ng qo'l qoidasiga asosan aniqlanadi. Uning yo'nalishi yakor toki yo'nalishiga teskari bo'ladi (2.3- rasm). Demak, motor zanjiri uchun e.y.k.larning muvozanat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$U = E + I_{ya} R,$$

bunda:  $U$  – elektr tarmog‘idan yakor zanjiriga beriladigan kuchlanish, V hisobida;

$I_{ya}$  – yakor zanjiridagi tok, A hisobida;

$R = R_{ya} + R_l$  – yakor zanjirining qarshiligi (yakor chulg‘ami-ning qarshiligi va tashqi qarshilikdan iborat).

Agar (2.3) tenglamaga  $E$  ning (2.2) dagi va  $I_{ya}$  ning (2.1) dagi qiymatlarini qo‘yib, uni aylanish tezligiga nisbatan yechilsa, o‘zgarmas tok motorining mexanik tavsifini aniqlaydigan formula hosil bo‘ladi, ya’ni

$$n = \frac{U}{k_e \Phi} - \frac{RM}{k_e \Phi \cdot k_m \Phi} = \frac{U}{k_e \Phi} - \frac{R}{k_e k_m \Phi^2} M \quad (2.4)$$

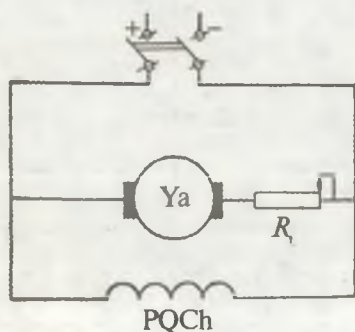
Agar (2.3) tenglamaga  $E$  ning (2.2) dagi qiymatini qo‘yib, uni  $n$  ga nisbatan yechilsa, u holda elektromexanik yoki tezlik tavsifining ifodasi aniqlanadi, ya’ni

$$n = \frac{U}{k_e \Phi} - \frac{R}{k_e \Phi} I_{ya} \quad (2.5)$$

Bunda konstruktiv parametrlarning o‘zaro nisbati quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\frac{k_m}{k_e} = \frac{1}{2\pi} \frac{pN}{a} = 9,55 \text{ yoki } \frac{k_e}{k_m} = \frac{60}{2\pi} \frac{a}{pN} = 0,105. \quad (2.6)$$

### 2.3. Parallel qo‘zg‘atishli motorning mexanik tavsifi



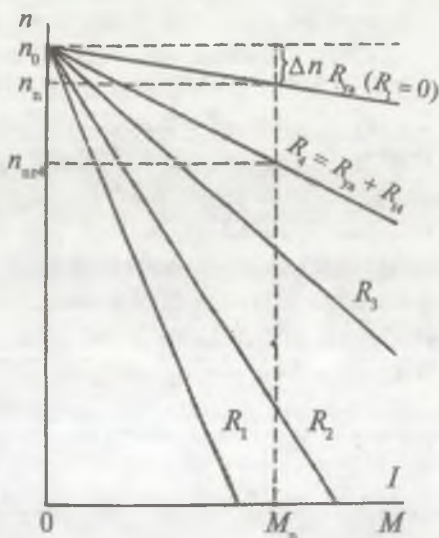
2.4- rasm. Parallel qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok motorining ulanish sxemasi.

Yakor va qo‘zg‘atuvchi chulg‘am zanjirlari bitta elektr tarmog‘iga parallel ulangan motor parallel qo‘zg‘atishli motor deyiladi. (2.4- rasm).

Bunda qo‘zg‘atuvchi chulg‘amga sarflanadigan quvvat motor quvvatining taxminan 2÷5% ini (katta quvvatli motorlarda kichik foizni va kichik quvvatli motorlarda katta foizni) tashkil qiladi. Parallel qo‘zg‘atishli motorning yakor zanjiriga tashqi qarshilik ( $R_l$ ) ulanmas-

dan, to'la magnit oqimi ( $F$ ) da ishlagandagi tavsifi *tabiiy mexanik tavsif* deyiladi. Bunday motorning yakor zanjiriga tashqi qarshilik ulangandagi yoki magnit oqimi kamaytirilgandagi tavsifi *sun'iy tavsif* deyiladi.

2.5- rasmda parallel qo'zg'atishli motorning tabiiy va sun'iy (reostatli) tavsiflari ko'rsatilgan. Magnit oqimi nominal qiymatga ega bo'lgan motorning tabiiy va sun'iy tavsiflari to'g'ri chiziqdan iborat bo'lib, ular ideal salt ish rejimining  $M=0$ ;  $n=n_0$  nuqtasida kesishadi. Haqiqatan ham (2.4) va (2.5) tenglamalarni quyidagicha ifodalash mumkin:



2.5- rasm. Parallel qo'zg'atishli motorning tabiiy va sun'iy (reostatli mexanik tavsiflari).

$$n = \frac{U}{k_e \Phi} - \frac{R}{k_e \Phi \cdot k_m \Phi} M.$$

$k_e \Phi = C_e$  va  $k_m \Phi = C_m$  deb belgilasak, u holda quyidagini hosil qilamiz:

$$n = \frac{U}{C_e} - \frac{R}{C_e C_m} M = n_0 - \frac{R}{C_e C_m} M, \quad (2.7)$$

$$n = \frac{U}{k_e \Phi} - \frac{R}{k_e \Phi} I_{ya} = \frac{U}{C_e} - \frac{R}{C_e} I_{ya} = n_0 - \frac{R}{C_e} I_{ya}, \quad (2.8)$$

bunda  $n_0 = \frac{U}{C_e}$  — motorning ideal salt ish rejimidagi ( $M=0$ )

aylanish tezligi. Bu tezlikni chegara tezlik deb ham yuritiladi (bunda mexanik ishqalanish bo'lmaydi, motor mutlaqo yuklamasiz, ya'ni ideal ish rejimida ishlaydi). (2.8) formuladagi miqdorlar o'rniga motorning nominal qiymatlarini qo'yib  $C_e$  ning qiymati aniqlandi, ya'ni

$$C_e = \frac{U_n - I_n R_{ya}}{n_n}. \quad (2.9)$$

Demak, (2.6) ga binoan  $C_m = 9,55C_e$  bo'ladi. (2.7) va (2.8) ifodalarni olishda, motorning asosiy magnit oqimi  $\Phi$  ga yakor tokidan hosil bo'lgan magnit oqimi ( $\Phi_{ya}$ ) ta'sir etib uni kamaytirmaydi, ya'ni  $\Phi = \text{const}$  deb qabul qilinadi. Kichik va o'rta quvvatli motorlarda yakor chulg'amiga ketma-ket ulangan mo'tadillashtiruvchi chulg'amlar, katta quvvatli motorlarda esa, kompensatsiyalovchi chulg'amlar yakor magnit oqimi ( $\Phi_{ya}$ ) ta'sirini yo'qotadi (kompensatsiyalaydi). Bu chulg'amlar motorning magnit qutblariga o'rnatiladi. Demak, (2.7) va (2.8) tenglamalarga ko'ra, tabiiy va sun'iy tavsiflarning koordinatlari  $n = n_0$ ,  $M = M_n$ ,  $n = n_n$  yoki  $M = M_n$ ;  $n = n_{nr}$  bo'lgan ikki nuqtadan o'tkazish mumkin. Bunda  $n_0$  ning qiymatini (2.8) va (2.9) tenglamalarni birgalikda yechib topiladi:

$$n_0 = \frac{n_n U_n}{U_n - I_n R_{ya}}, \quad (2.10)$$

bunda  $n_n$  — motor pasportida yozilgan nominal tezlik, ya'ni nominal yuklama bilan ishlayotgan motor validagi tezlik;

$R_{ya}$  — yakor chulg'amining qarshiligi, u quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{ya} \cong 0,5(1 - \eta_n) \frac{U_n}{I_n} \text{ [Om] }, \quad (2.11)$$

bunda  $\eta_n = \frac{P_n}{U_n I_n}$  — motor foydali ish koeffitsientining nominal qiymati;

$R_n$ ,  $I_n$ ,  $U_n$  — motor pasportida yozilgan nominal quvvat, nominal tok va nominal kuchlanish.

$M = C_m I_n$  [Nm] — nominal elektromagnit momenti, ya'ni motor yakoriga ta'sir qiluvchi aylantiruvchi moment; bu momentni taxminan quyidagicha topish mumkin:

$$M_n = \frac{9550P}{n_n} \text{ [Nm]} = \frac{975P_n}{n_n} \text{ [kGm]}. \quad (2.12)$$

(2.12) ifodadagi moment motor validagi moment, uning qiymati po'latdagi quvvat isrofi va ishqalanish momenti hisobiga, elektromagnit momentidan 2÷5% ga kam bo'ladi.

(2.8) tenglamada  $R_{ya}$  o'rniga  $R_{ya} + R_l$  ni qo'yib,  $n_{nr}$  ning qiymati topiladi:



$$n_{nr} = n_0 \left[ 1 - \frac{I_n (R_{ya} + R_t)}{U} \right],$$

bunda  $n_m$  – yakor zanjiriga biror tashqi qarshilik, masalan,  $R_4$  kiritilgandagi nominal tezlik (2.5- rasmga qarang).

(2.7) va (2.8) tenglamalarga ko'ra, berilgan yuklamada motorning aylanish  $n$  tezligi  $n_0$  ga nisbatan  $\Delta n$  ga kamayadi.

$$\Delta n = n_0 - n = \frac{R}{C_e C_m} M = \frac{R}{C_e} I_{ya} \equiv R.$$

$\Delta n$  ni tezlik pasayishi deyilib, uning qiymati  $R$  ga mutanosib bo'ladi ( $I_{ya} = \text{const}$  yoki  $M = \text{const}$  bo'lganda).

## 2.4.

### Mexanik tavsiflarni qurishda nisbiy birliklardan foydalanish

Agar bir necha motorning mexanik tavsifi bir xil og'ishgan bo'lsa, ularni nisbiy birlikda bitta chiziq bilan ko'rsatish mumkin. Nisbiy birlikdagi mexanik tavsiflarning ifodasi (2.8) dan osongina aniqlanadi.

Buning uchun  $n = n_0 - \frac{R}{C_e} I_{ya} = n_0 \left( 1 - \frac{I_{ya} R}{U} \right)$  ifodaning chap va o'ng qismlarini  $n_0$  ga bo'lib ushbuni hosil qilamiz:

$$n' = 1 - \frac{I_{ya} R}{U} \quad \text{yoki} \quad n' = 1 - \frac{\frac{I_{ya} R}{U}}{\frac{I_n}{I_n}} = 1 - I'_{ya} R'.$$

Demak, nisbiy birlikda, tezlik tavsifi quyidagicha ifodalanadi:

$$n' = 1 - I'_{ya} R'. \quad (2.14)$$

Agar  $\Phi = \Phi_n = \text{const}$  bo'lsa, u holda mexanik tavsifning nisbiy birlikdagi ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$n' = 1 - M' R'. \quad (2.15)$$

Shunga ko'ra, tezlik pasayishining nisbiy birlikdagi ifodasi quyidagiga teng:

$$\Delta n' = I'_{ya} R' = M' R'. \quad (2.16)$$

Nominal tok yoki nominal momentda  $I'_{ya} = 1$ ,  $M' = 1$  bo'lgani uchun, tezlik pasayishini yana soddaroq ifodalash mumkin, ya'ni

$$\Delta n' = R', \quad (2.17)$$

bunda  $n' = \frac{n}{n_0}$  — motorning nisbiy birlikdagi tezligi;

$I'_{ya} = \frac{I_{ya}}{I_n}$  — nisbiy birlikdagi toki;

$M' = \frac{M}{M_n}$  — nisbiy birlikdagi momenti;

$R' = \frac{R}{R_n}$  — yakor zanjiridagi qarshilikning nisbiy birlikdagi ifodasi.

Motoring nominal qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_n = \frac{U_n}{I_n}. \quad (2.18)$$

Tinch turgan yakorga nominal kuchlanish berilganda undagi tokni nominal qiymatgacha chegaralovchi qarshilik o'zgarmas tok motorining nominal qarshiligi deb ataladi.

## 2.5. Parallel qo'zg'atishli motorning ishga tushirish rejimidagi mexanik tavsifi

O'zgarmas tok motorlarida yakor chulg'amining qarshiligi, ayniqsa motorning quvvati katta bo'lganda, juda ham kichik bo'ladi.

Masalan, nominal quvvati  $R_n$  100 kW, nominal kuchlanishi  $U_n = 220$  V, nominal toki  $I_n = 508$  A, nominal aylanish tezligi

$n_n = 1500 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$  va nominal foydali ish koeffitsienti  $\eta_n = 0,895$  bo'lgan II seriyali motorning yakori chulg'amining (2.11) ifodaga binoan aniqlangan qarshiligi  $R_{ya} = 0,021$  Om bo'ladi.

Agar bu motor kuchlanishi 220 V bo'lgan tarmoqqa ulansa, u holda tinch turgan yakordan o'tayotgan tokning qiymati (yakordagi qisqa tutashuv toki yoki motorni ishga tushirish toki) quyidagiga teng bo'ladi:

$$I_{ya} = \frac{U}{R_{ya}} = I_{q.t.} = \frac{220}{0,021} = 10500 \text{ A}.$$

Bu tok nominal tokdan, taxminan, 21 marta katta bo'ladi. Bunda motorning aylantiruvchi momenti qiymati  $M$  yakor toki  $I_{ya}$  ga proporsional bo'lganligi uchun yo'l qo'yib bo'lmaydigan darajada me'yordan oshib ketadi.

Umuman, o'zgarmas tok motorlari uchun ishga tushirish tokining boshlang'ich qiymati  $I_{qt} = (15 \div 20) I_n$  bo'ladi. Bu tokka va momentga mashina izolyatsiyasi ham, elektr yuritmaning harakatlanuvchi qismlari ham bardosh bera olmaydi. Demak, o'zgarmas tok motorlarini bevosita elektr tarmog'iga ulab ishga tushirish yaramaydi. Boshlang'ich tok qiymatini kamaytirish uchun yakorga ketma-ket qilib tashqi  $R_t$  qarshilikli reostat ulash kerak. Bu reostatni ishga tushiruvchi reostat deb ham yuritiladi. Bu holda ishga tushirish tokining boshlang'ich qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$I_b = \frac{U_n}{R_{ya} + R_t}. \quad (2.19)$$

O'zgarmas tok motorlari uchun maksimal tok qiymati  $I_{max}$  kommutatsiya shartiga binoan nominal tokka nisbatan  $2 \div 2,5$  martadan ortiq bo'lmasligi kerak.

Cho'tkaning bir kollektor plastinkasidan ikkinchisiga o'tish davrida qisqa tutashib qolgan yakor chulg'ami seksiyasidagi tokning o'zgarish jarayoni *kommutatsiya* deb ataladi.

Ishga tushirish tokining maksimal  $I_{max}$  qiymati ham ( $2 \div 2,5$ )  $I_n$  bilan cheklanishi kerak, ya'ni

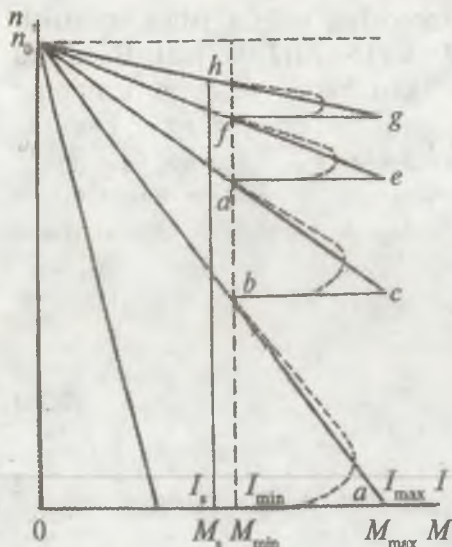
$$I_{max} = (2 + 2,5) I_n = \frac{U_n}{R_{ya} + R_t}. \quad (2.20)$$

Bu tenglamadan tashqi qarshilik  $R_t$  ning qiymati aniqlanadi (ishga tushirish tokining ma'lum qiymati uchun). Motor yakor zanjiriga tashqi qarshilik to'la kiritilgan holda elektr tarmog'iga ulanadi (2.4- rasm) va natijada u aylana boshlaydi. Bunda motorning aylanish tezligi ortishi bilan tezlanishi kamaya boradi, chunki elektr tarmoqdagi kuchlanishga teskari yo'nalgan elektr yurituvchi kuch ( $E$ ) ko'payib, tok  $I_b$  ni kamaytiradi, ya'ni

$$I_b = \frac{U_n - E}{R_{ya} + R_t}. \quad (2.21)$$

Tezlanish qiymatini o'zgartirmay saqlash (tezlikning bir tarzda o'sib borishi) uchun tezlik ortishi bilan tashqi qarshilik qiymatini kamaytirib borish lozim. Bunda tok va aylantiruvchi moment qiymati va natijada tezlanish o'zgarmaydi, motorni ishga tushirish jarayoni qulay sharoitda o'tib, tezda tugaydi.

Demak, yakor zanjiriga kiritiladigan tashqi qarshilik bir necha pog'onali maxsus reostatdan iborat bo'ladi, uning qiymati kon-



2.6- rasm. Parallel qo'zg'atishli motorni ishga tushirish diagrammasi.

momenti motorni ishga tushirishdagi aylantiruvchi momentga teskari yo'nalgan bo'ladi. Demak, yuklama momenti motorning nominal momentidan kichik bo'lishi kerak. Motor momentining boshlang'ich qiymati esa, kommutatsiya va elektr yuritma sistemasiga ko'ra,  $M_{max} \leq (2 \div 2,5)M_n$  bo'lishi lozim.

Bunda, to'la tashqi qarshilik orqali elektr tarmoqqa ulangan motor yuklama momenti  $M$  ga nisbatan katta bo'lgan aylantirish momenti  $M_{max}$  ga ega bo'ladi. Buning natijasida elektr yuritma harakatga kelib, tez harakatlana boshlaydi, aks holda (2.6- rasm, 1- chiziq) u harakatlana olmaydi. Aylanish tezligi  $ab$  chiziq bo'yicha ortishi bilan aylantirish momentining qiymati kamaya boradi. Shunga ko'ra, dinamik moment qiymati  $M_{din} = M_{max} - M_n$  ham, tezlanish ham kamayadi. Aylantirish momentining qiymati kamayib,  $M_{min}$  ga tenglashganda reostatning birinchi qarshilik pog'ona si yanjiridan chiqariladi. Bunda tok qiymati, bir onda,  $I_{max}$  gacha ko'payadi, tezlik esa, inersiya kuchi borligi tufayli o'zgarmaydi.

Demak, motor yangi sun'iy tavsif ( $cd$ ) da ishlay boshlaydi. Bunda uning tezligi  $cd$  chiziq bo'yicha ko'payib, dinamik momenti esa kamayadi va hokazo. Reostatning oxirgi pog'ona qarshiligi yanjiridan chiqarilishi bilan, motor tabiiy tavsif  $gh$  ga o'tib ishlay boshlaydi. Aylantirish momentining qiymati qarshilik momentiga

taklarda sirpanadigan surilgich yoki kontaktorlar yordamida shuntlanib o'zgartiriladi. Reostat pog'onasining qarshiligi hisoblanganda qarshilikni o'zgarishi bilan ishga tushirish tokining (yoki momentining) o'rtacha qiymati uning  $I_{b,max}$  ga yaqin bo'lib, ishga tushirish jarayonida, deyarli, o'zgarmay qolishi lozim.

2.6- rasmda parallel qo'zg'atishli motorning ishga tushirish diagrammasi ko'rsatilgan. Bunda yuklama momenti  $M_n$  ni tezlikka nisbatan o'zgarimas deb, motor esa uch pog'ona qarshilik orqali ishga tushiriladi deb qabul qilingan. Yuklama

tenglashganda ( $h$  nuqta) motor ( $n = \text{const}$ ) rejimida ishlay boshlaydi va shu bilan motorni ishga tushirish jarayoni tugaydi. Bu jarayonni mexanik siltanishlarsiz bir tekisda o'tkazish uchun  $M_g$  ga nisbatan  $M_{\min}$  qiymatini kamida  $10 \div 20\%$  ko'p olish lozim.

Motorning mexanik tavsif ifodalari turg'un rejimga xos  $U = E + I_{ya} R$  tenglamasidan topilgan. Ammo, motorni ishga tushirish jarayonida yakor tokining o'zgarishi natijasida uning tezlanishi va sekinlanishi ham o'zgaradi. Bu sharoitda yakor chulg'amida o'zinduksiya e.y.k. hosil bo'ladi va yuqoridagi formula quyidagicha yoziladi:  $U = E + I_{ya} R + L \frac{dI_{ya}}{dt}$  bunda  $L \frac{dI_{ya}}{dt}$  – o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi;  $L$  – yakor chulg'amining induktivligi (Genri) hisobida.

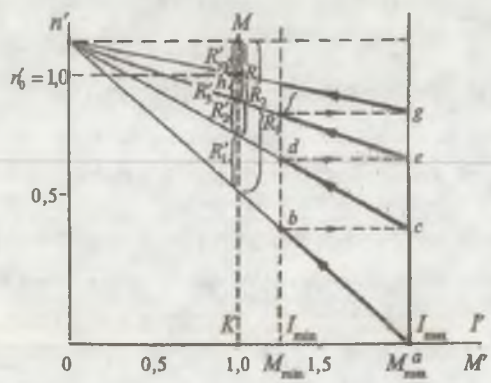
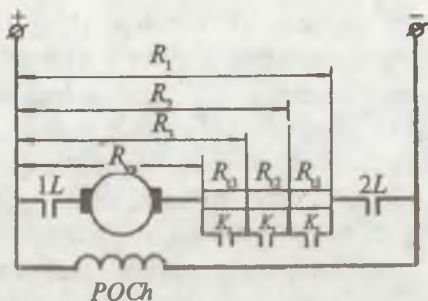
Agar  $\frac{dI_{ya}}{dt} > 0$  bo'lsa, o'zinduksiya e.y.k. musbat, agar  $\frac{dI_{ya}}{dt} < 0$  bo'lsa manfiy bo'ladi va u yakor tokining ko'payishi yoki kamayishiga teskari yo'nalgan bo'ladi. Natijada bu hodisa, xuddi maxovik singari, turg'un rejimdagi  $M_{\max}$  ( $I_{\max}$ ) ning qiymatlarini bir ozgina tekislaydi, ya'ni kamaytiradi (2.6- rasmdagi punktir chiziqilar). Motor tavsiflarini hisoblashda va yasashda o'zinduksiya hodisasi e'tiborga olinmaydi (bunda katta xatolikka yo'l qo'yilmaydi). Agar uni e'tiborga olinsa, masala juda murakkablashib ketadi. Ishlab chiqarish sharoiti talablariga ko'ra motorlarni, asosan, normal va jadal sur'atlarda ishga tushiriladi.

Normal ishga tushirish, ko'pincha, ishlash muddati uzoq davom etadigan elektr yuritmalarda (transportyor, konveyer va shu kabilarda) qo'llaniladi. Bunda maksimal moment qiymati  $M_g$  ga nisbatan bir oz katta olinsa kifoya, ishlash muddati qisqa, ammo ish jarayoni tez-tez qaytarilib turadigan elektr yuritmalarda, ko'pincha, jadal ishga tushirish qo'llaniladi. Bunda maksimal moment qiymati  $M_n$  ga nisbatan mumkin qadar katta, ya'ni  $M_{\max} = (2 \div 2,5) M_n$  olinadi.

2.6.

### Parallel qo'zg'atishli motorning ishga tushiruvchi reostati qarshiligini hisoblash

Ishga tushiruvchi reostat qarshiligini analitik va grafik usulda hisoblash mumkin. Ko'pincha, grafik usul qo'llaniladi. 2.7- rasmda parallel qo'zg'atishli motorni uch pog'ona qarshilikli reostat bilan ishga tushirish sxemasi va unga tegishli mexanik tavsiflar ko'r-



2.7- rasm. Parallel qo'zg'atishli motorni reostat bilan ishga tushirish sxemasi va unga tegishli mexanik tavsiflar.

$R_n$  qarshiligi  $MK$  kesimga mutanosib bo'lib, uning uzunligi nisbiy birlikda birga teng deb qabul qilinadi. 2.7- rasmda ko'rsatilgan diagrammani qurish uchun, dastavval, tabiiy tavsifni  $n' = 1$ ;  $M' = 0$  va  $M' = 1$ ;  $\Delta n' = R'_{ya}$  nuqtalardan o'tkazilib quriladi. Bu yerda  $R'_{ya} = \frac{R_{ya}}{R_n}$ . So'ngra  $M_{max} = 2M_n$  da olib,  $ab$ ,  $cd$  va  $ef$  sun'iy tavsiflar quriladi. Bunda  $M_g = M_n = \text{const}$  deb qabul qilinadi. Agar uchinchi pog'ona qarshiligi zanjirdan chiqarilishi bilan tabiiy tavsif ( $gh$ ) ga o'tilsa, u holda diagramma to'g'ri qurilgan bo'ladi, aks holda,  $M_{min}$  ning qiymatini o'zgartirib, diagrammani qayta qurishga to'g'ri keladi.

## 2.7. Parallel qo'zg'atishli motorning tormoz rejimlaridagi mexanik tavsiflari

Hozirgi zamon elektr yuritmalarini tez-tez va aniq to'xtatish, harakat yo'nalishini teskari tomonga o'zgartirish hamda ularni tormoz rejimida ishlatishga to'g'ri keladi. Bu ishlar aniq bajarilsa

satilgan. Ishga tushirish reostatining qarshiligi  $R_t = R_1 + R_2 + R_3$  ni grafik usulda hisoblash quyidagilardan iborat.

$M_s = \text{const}$  deb olinadi,  $M_{max}$  ning qiymati berilgan bo'ladi yoki qabul qilinadi. Bunda ishga tushirish diagrammasidan har bir pog'ona qarshiliklarining ( $R_1$ ,  $R_2$  va  $R_3$ ) qiymatini aniqlash mumkin bo'ladi, ya'ni (2.17) formulaga ko'ra:

$$R_{t1} = R'_1 R_n; R_{t2} = R'_2 R_n$$

$$\text{va } R_{t3} = R'_3 R_n,$$

bunda  $R'_1$ ,  $R'_2$  va  $R'_3$  - mos ravishda birinchi, ikkinchi, uchinchi pog'onalarining nisbiy birlikdagi qarshiliklari;  $R_n$  - motorning nominal qarshiligi.

elektr yuritmaning foydali ish koeffitsienti, ish mexanizmining ish unumi ortadi, shuningdek, mahsulotning sifati yaxshilanadi. Elektr yuritmani mexanik tormozlar vositasida to'xtatish va reverslash mumkin, ammo bu jarayonni avtomatlashtirish qiyin. Shuning uchun, hozirgi vaqtda elektr vositasida tormozlash usullari keng tadbiiq etilgan. Parallel qo'zg'atishli motor generator, teskari ulanish va elektrodinamik tormoz rejimlarida ishlashi mumkin.

**Parallel qo'zg'atishli**

**motorning generator rejimida ishlashi.** Agar ishlab turgan

motor tashqi kuch yordamida ideal tezlikdan katta bo'lgan  $n$  tezlik bilan aylantirilsa ( $n > n_0$ ),

u holda, motor o'zi ulangan tarmoqqa elektr energiya uzatib, ya'ni rekuperatsiya etib, generator rejimida ishlay boshlaydi. Bu rejimni *rekuperatsiyali tormozlash rejimi* deb ataladi.

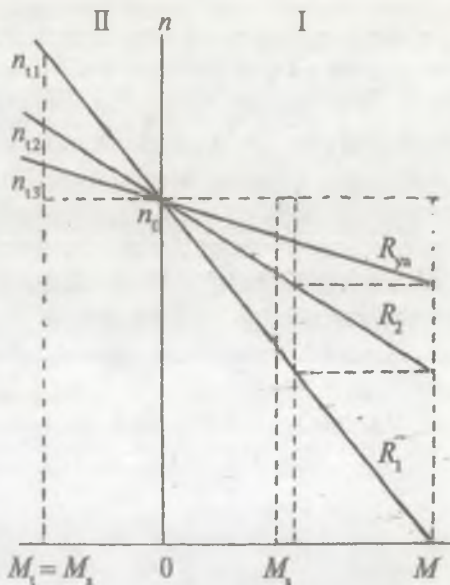
Yakor zanjiridagi turli ( $R_1$ ,  $R_2$  va  $R_{ya}$ ) qarshiliklar uchun motorning rekuperatsiyali tormoz rejimidagi mexanik tavsiflari 2.8-rasmda ko'rsatilgan. Bu tavsiflar koordinatalar sistemasi II kvadrantining yuqori qismida keltirilgan. Ular motor rejimidagi tavsiflarning davomidir.

Haqiqatan ham, pastlikka harakatlanayotgan elektr poyezdning tezligi uning potensial energiyasi zahirasi hisobiga orta boshlaydi. Bunda elektr tarmoqdan motor olayotgan tok kamaya boradi va, nihoyat, poyezd motorining tezligi  $n = n_0$  bo'lganda,  $U = E$  bo'lishi sababli  $I_{ya} = 0$  bo'ladi. Poyezd motorining tezligi  $n > n_0$

bo'lganda  $E > U$  bo'lib, tok  $I_{ya} = -\frac{E-U}{R}$  va moment  $M = -k_m \Phi$ ,  $I_{ya}$  o'z ishorasini teskarisiga o'zgartiradi. Demak, motor generator rejimiga o'tib,  $M_1 > M$  tormozlash momentini hosil qiladi.

Bunda mexanik tavsif quyidagicha ifodalanadi:

$$n = \frac{U}{k_e \Phi} + \frac{RM_1}{k_e k_m \Phi^2} \quad (2.22)$$



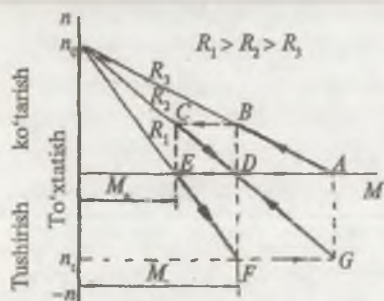
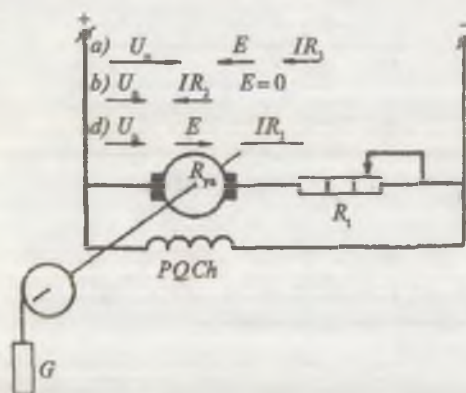
2.8- rasm. Parallel qo'zg'atishli motorning generator rejimidagi mexanik tavsiflari.

Bu tenglamaga ko'ra, mexanik tavsiflar  $n = n_0$ ,  $M = 0$  nuqtadan yakor zanjiri qarshiligiga mutanosib bo'lgan qiyalikda o'tadi. Motorning tormozlash momenti  $M_t$  poyezdning aylantirish momenti  $M_s$  ga tenglashganda elektr yuritma o'zgarmas tezlik ( $n_t = \text{const}$ ) bilan harakatlana boshlaydi. Agar poyezdning aylantirish momenti motorning nominal momentiga teng bo'lsa, u holda tormozlash rejimidagi o'zgarmas tezlik  $n_t$  ideal tezlik  $n_0$  ga nisbatan faqat 8÷10% ko'p bo'ladi (tabiiy tavsif), sun'iy tavsiflarda esa undan ham ko'p bo'ladi ( $n_{12}$ ,  $n_{11}$ ).

Ammo, motorning bunday tormozlash rejimi amalda kam uchraydi.

**Parallel qo'zg'atishli motorning teskari ulanish rejimida ishlashi.** Motorning ulanishiga nisbatan teskari tomonga aylanishiga motorning *teskari ulanish rejimi* deyiladi.

Yuklarni kran yordamida tushirish va biror tomonga aylanib turgan motorni boshqa tomonga aylantirish (reverslash) yoki uni tezda to'xtatishda ana shu rejimdan foydalaniladi. 2.9- rasm da og'ir yuk  $G$  ta'sirida motorning teskari ulanish rejimida ishlash sxemasi va unga tegishli mexanik tavsiflar ko'rsatilgan. Yukni tushirishda, dastavval, uni yuqoriga bir oz ko'tarish kerak. Buning uchun motorning momenti yukning qarshilik momenti ( $M_s$ ) dan katta bo'lishi lozim. Demak, qarshilik orqali elektr tarmoqqa ulangan motor yukni ko'taradi va  $AB$  tavsifi bo'yicha tezligini orttira boradi hamda  $B$  nuqtada o'zgarmas tezlik bilan motor rejimida ishlay boshlaydi.



2.9- rasm. Parallel qo'zg'atishli motorning og'ir yuk ta'sirida teskari ulanish rejimida ishlash sxemasi va unga tegishli mexanik tavsiflari:

$a$  – motor rejimi;  $b$  – motorning qo'zg'almas holati;  $d$  – teskari ulanish rejimi.

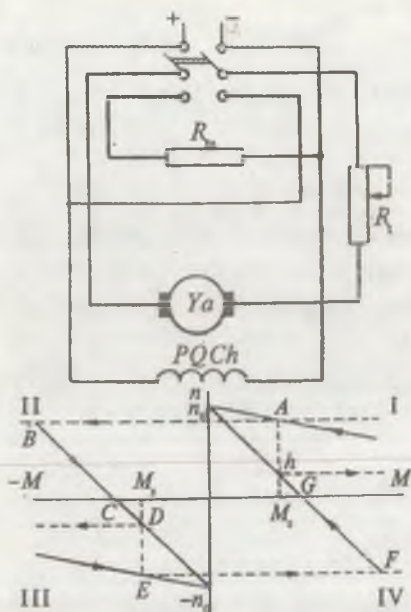


Bunda  $I_{ya} = \frac{U-E}{R_3}$  bo'ladi. Yukni pastga tushirishda yakor zanjiriga qarshilik kiritiladi. Bunda motorning momenti ( $M_e$ ) qarshilik momentidan kamayib, uning tezligi  $CD$  tavsifi bo'yicha kamaya boshlaydi va  $D$  nuqtada to'xtaydi. Bunda  $I_{ya} = \frac{U_n}{R_2}$  bo'lib, motorning aylantirish momenti va yukning tormozlovchi  $M_s$  momentlari tenglashadi. Yukni pastga tushirish uchun yakor zanjiriga  $R_1$  qarshilikni kiritish kifoya. Bunda motor momenti  $M_e$  yukning tormozlovchi momenti  $M_s$  dan kamayadi va yuk o'z og'irligi bilan motorni teskari tomonga aylantira boshlaydi. Shunday qilib, motor teskari ulanish rejimi tavsifi  $EF$  da ishlay boshlaydi. Bunda e.y.k.  $E = -kn\Phi$  ning ishorasi o'zgarishi tufayli, yakor toki quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{ya} = \frac{U+E}{R_1}.$$

Bu esa generator rejimigagina xos belgidir. Yukning tushish tezligi ortishi bilan  $E$  va  $I_{ya}$  larning qiymatlari ham ortib boradi. Natijada  $M_t = C_m I_{ya}$  tormozlovchi momentning qiymati  $EF$  bo'yicha ortib  $F$  nuqtada qarshilik momenti bilan tenglashadi, ya'ni  $M_t = M_s$  bo'ladi. Bunda motor teskari ulanish rejimida ishlay boshlaydi, yuk esa  $n = n_t = \text{const}$  tezlik bilan pastga tusha boshlaydi. Pastga tushayotgan yukni berilgan joyda to'xtatish uchun yakor zanjiridagi qarshilik  $R_1$  ni  $R_2$  gacha kamaytirish kifoya. Bunda tormozlovchi momentning qiymati  $M_s$  dan ortadi, motorning tezligi  $CD$  tavsifi bo'yicha kamaya boradi. Biror tezlikda mexanik yoki elektromexanik tormoz ishga tushiriladi, motor to'xtaydi. Bunda motorni elektr tarmog'idan ajratish lozim. Tabiiy tavsifda ( $A$  nuqtada) ishlab turgan motor yakorini elektr tarmoqdan ajratib, uni shu tarmoqqa qaytadan teskari ulansa ham motor teskari ulanish rejimida ishlaydi (2.10- rasm). Bunda qo'zg'atish chulg'aminin elektr tarmoqqa ulanishi o'zgartirilmaydi. Buning natijasida elektr tarmoqdagi kuchlanish bilan yakorning elektr yurituvchi kuchi bir tomonga yo'nalgan bo'ladi, tok qiymati ishga tushirish tokiga nisbatan ikki marta ortadi va uning ishorasi teskarisiga o'zgaradi. Bu tokning qiymatini chegaralash uchun yakor zanjiriga qo'shimcha qarshilik  $R_{yu}$  kirgiziladi va quyidagi ifoda hosil qilinadi:

$$I_{ya} = \frac{-U-E}{R_{yu}+R} = -\frac{U+E}{R_{yu}+R_t+R_{ya}} \leq (2+2,5)I_n. \quad (2.23)$$



2.10- rasm. Parallel qo'zg'atishli motorning teskari ulanish sxemasi va unga tegishli mexanik tavsiflar.

Demak,  $R_{\Sigma}$  qo'shimcha qarshilikning qiymati, deyarli,  $R_1$  ga teng bo'lishi kerak. Inersiya kuchi ta'sirida aylanishini davom ettirayotgan motorga uni tormozlovchi moment  $M_t = C_m I_{ya}$  ta'sir etib, tezlikni  $BC$  tavsifi bo'yicha kamaytira boradi. Motor  $C$  nuqtada to'xtaydi va shu paytda uni elektr tarmoqdan uzilmasa, u motor rejimida teskari tomonga aylana boshlaydi, chunki uning aylantiruvchi momenti

$$M = -C_m \frac{U}{R_{\Sigma} + R_{ya}}$$

qarshilik momenti  $M_s$  dan katta. Natijada, motorning tezligi  $CD$  tavsifi bo'yicha ortib  $D$  nuqtada turg'un rejim bilan ishlay boshlaydi. Sun'iy tavsif ( $CD$ ) ning  $D$  nuqtasidan tabiiy tavsifning

$E$  nuqtasiga o'tib ishlashi uchun, yuqoridagi singari, yakor zanjiridan tashqi qarshilik pog'onalarini ketma-ket chiqarish kifoya. Motorni qayta reverslash uchun, ya'ni u  $E$  nuqtadan  $A$  nuqtaga o'tib ishlashi uchun, yakor zanjiriga  $R_{\Sigma} = R_{\Sigma} + R_1$  qarshilik kiritib, uni teskari ulanish rejimiga o'tkaziladi va motor  $FGH$  tavsifga o'tib, uning  $h$  nuqtasida turg'un ishlay boshlaydi. Bu nuqtadan tabiiy tavsifning  $A$  nuqtasiga o'tish uchun yakor zanjiridagi qarshilik pog'onalarini ketma-ket chiqarish kerak. Demak, teskari ulanish rejimlarida motor generator bo'lib ishlab, o'z energiyasini tashqi qarshiliklarda sarflaydi, ya'ni

$$P_{el} + P_{mex} = UI_{ya} + EI_{ya} = I_{ya}^2 (R_{\Sigma} + R_{ya}),$$

bunda  $P_{el} = UI_{ya}$  - elektr tarmoqdan motorga berilgan quvvat;  
 $P_{mex} = EI_{ya}$  - mexanizm validan motorga o'tgan quvvat;  
 $I_{ya}^2 (R_{\Sigma} + R_{ya})$  - yakor zanjiri qarshiliklaridagi quvvat isrofi (qarshiliklarni qizitish uchun sarflanadi).

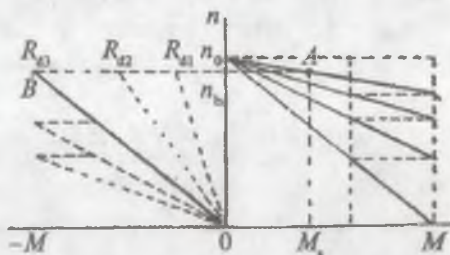
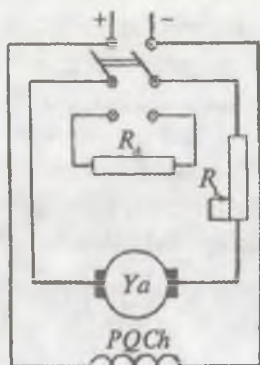
Shunday qilib, teskari ulanish rejimi motorni tez va to'la to'xtatish imkoniyatini beradi, ammo bunda elektr tarmoq ener-

giyasi ham sarflanadi va buning natijasida motorning harorati, ba'zi hollarda, normadan ortib ketishi mumkin.

**Parallel qo'zg'atishli motorning elektrodinamik rejimda ishlashi.** Ishlab turgan motorni dinamik tormozlanish rejimida to'xtatish uchun yakor zanjirini elektr tarmoqdan uzib, uni ma'lum tashqi qarshilikka ulash kifoya. Bunda qo'zg'atuvchi chulg'ami elektr tarmoqdan uzilmasligi lozim. Buning natijasida motor generator rejimiga o'tib, tormozlana boshlaydi.

2.11- rasmda dinamik tormozlanish rejimining sxemasi va uning mexanik tavsiflari ko'rsatilgan. Tabiiy tavsifning  $A$  nuqtasida ishlab turgan motor yakorini elektr tarmoqdan uzib, dinamik qarshilik deb ataluvchi qarshilik  $R_d$  ga ulanganda, motorning yakor toki  $I_{ya} = \frac{-E}{R_{ya} + R_d}$  bo'ladi va u o'z ishorasini o'zgartiradi.

Bu ifodadan dinamik qarshilik qiymatini topish uchun  $I_{ya} \leq (2 + 2,5)I_n$ ;  $E = E_n = U_n - I_n R_{ya}$  deb qabul qilindi. Demak, boshlang'ich tok  $I_b$  va tormozlovchi moment  $M_t$  qiymatlari dinamik qarshilik ( $R_{d1} > R_{d2} > R_{d3}$ ) qiymatlaridan tashqari, boshlang'ich tezlik  $n_b$  ga va  $E$  ga bog'liq bo'ladi. Motorni tormoz rejimiga o'tkazish bilan uning boshlang'ich tezligi qiymati inersiya kuchlari ta'siri tufayli tezda o'zgaray olmaydi. Tormozlovchi moment ta'sirida motor tezligi  $BO$  chiziq bo'yicha kamaya boradi. Tezlik kamayishi bilan  $E$  ning qiymati va, demak,  $I_{ya}$ ,  $M_t$  larning qiymati ham proporsional kamayib, motor to'xtatilganda esa  $E = 0$ ;  $I_{ya} = 0$  va  $M_t = 0$  bo'ladi. Tezlikning kamayishi sur'atini o'zgartirmaslik maqsadida bir necha pog'onalardan iborat dinamik qarshilik  $R_d$  ni



2.11- rasm. Parallel qo'zg'atishli motorning elektrodinamik rejimidagi sxemasi va unga tegishli mexanik tavsiflari.

yakor zanjiridan ketma-ket chiqarish bilan (motorni ishga tushirishdagi singari) tormozlash momentining o'rtacha qiymatini o'zgartirmay saqlab turish mumkin. Elektrodinamik usul bilan motorni to'xtatish, teskari ulanishga nisbatan ancha tejamlidir. Bunda motorni tormozlab to'xtatish uchun energiya elektr tarmog'idan olinmasdan uni ishga tushirish jarayonida elektr yuritmaning aylanuvchi qismlarida to'plangan kinetik energiya sarflanadi, xolos. Shunday qilib, reversiv motorlarni to'xtatish va teskariga harakatlantirish uzluksiz bir jarayon bo'lgani sababli, ular ko'pincha, teskari ulanish usuli bilan tormozlanadi. Reversivmas motorlarni tormozlab to'xtatishda esa, elektrodinamik usuldan foydalanish tavsiya qilinadi.

**2.1- masala.** Nominal quvvati  $P = 25$  kW, nominal toki

$I_n = 132$  A, kuchlanishi  $U = 220$  V, aylanish tezligi  $n_n = 1500 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$

va foydali ish koeffitsienti  $\eta = 0,86$  bo'lgan  $\Pi-72$  tipidagi parallel qo'zg'atishli motor uch pog'ona qarshilikdan iborat reostat vositasida ishga tushiriladi.  $M_s = M_n = \text{const}$ . Motorni ishga tushiruvchi reostatning qarshiligi grafik usulda hisoblansin.

**Y e c h i s h.** Masalani echish uchun tabiiy va sun'iy tavsiflarni qurish lozim. Bunda nisbiy birliklardan foydalanilsa bu tavsiflarni qurish qulay bo'ladi. Tabiiy tavsif koordinatalari  $n'_0 = 1$ ,  $M' = 0$  va  $M'_n = 1$ ,  $n'_n = 1 - \Delta n'_n$  bo'lgan nuqtalardan o'tadi (2.7- rasm), bunda:

$$\Delta n'_n = R'_{ya} = \frac{R_{ya}}{R_n} = \frac{0,5(1-\eta)R_n}{R_n} = \frac{0,5(1-0,86)R_n}{R_n} = 0,07.$$

Ishga tushirish momentining boshlang'ich maksimal qiymatini

$M'_{\max} = 2 = \frac{M_{\max}}{M_n}$  ga tenglashtirib birinchi sun'iy (reostatli) tavsifni koordinatalari  $n'_0 = 1$ ,  $M' = 0$  va  $M'_{\max} = 2$ ,  $n'_n = 0$  bo'lgan nuqtalardan o'tkaziladi. Bunda reostatning uchinchi pog'ona qarshiligi yakor zanjiridan chiqariladi va bizga ma'lum bo'lgan tabiiy tavsifdagi  $h$  nuqtada turg'un ishlaydi. Shu turg'un ishlash shartiga binoan, ishga tushirish momentining minimal qiymati  $M_{\min} = 1,25 M_s$  ga tengligi aniqlanadi. Demak 2.7- rasmda ko'rsatilgan grafikka ko'ra, ishga tushirish reostatining har bir pog'ona qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{11} = R'_1 R_n = 0,17 \cdot 1,66 = 0,280 \text{ Om},$$

$$R_{12} = R'_2 R_n = 0,114 \cdot 1,66 = 0,189 \text{ Om},$$

$$R_{13} = R'_3 R_n = 0,086 \cdot 1,66 = 0,14 \text{ Om},$$

bu yerda  $R_n = \frac{U}{I_n} = 1,66 \text{ Om}$ .

$R'_1, R'_2, R'_3$  – pog'onalar qarshiligining nisbiy birlikdagi qiymatlari.

Reostatning to'la qarshiligi

$$R_1 = R_{11} + R_{12} + R_{13} = (R'_1 + R'_2 + R'_3) R_n = 0,28 + 0,189 + 0,14 = 0,61 \text{ Om}.$$

**2.2- masala.** П-72 tipli motorni elektrodinamik usulda tormozlab to'xtatish uchun uning yakoriga qanday qiymatdagi qarshilik kiritilishi aniqlansin.

**Yechish.** Tez to'xtatish uchun tormozlash momentining qiymati mumkin qadar katta bo'lishi kerak. Buning uchun ishga tushirish toki qiymatini  $I_{\max} = 2,5 I_n = 2,5 \cdot 132 = 330 \text{ A}$  ga teng deb qabul qilinadi. Bunda  $E_{\max} = U_n = 220 \text{ V}$  deb, dinamik qarshilik qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$R_d = \frac{E_{\max}}{I_{\max}} - R_{ya} = \frac{220}{330} - 0,116 = 0,544 \text{ Om}.$$

**2.3- masala.** П-72 tipli motor teskari ulanish rejimida  $I_{ya} = 100 \text{ A}$  tok va  $n = 1000 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$  tezlik bilan ishlaydi. Motor yakoriga kiritiladigan tashqi qarshilikning qiymati aniqlansin.

**Yechish.** Yakor zanjirining umumiy qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R = \frac{U_n - E}{I_{ya}} = \frac{U_n - C_e n}{I_{ya}} = \frac{220 - 0,136 \cdot 1000}{100} = \frac{84}{100} = 0,84 \text{ Om}$$

bundan

$$C_e = \frac{U_n - I_n R_{ya}}{n_n} = \frac{220 - 132 \cdot 0,116}{1500} = \frac{204,7}{1500} = 0,136 \frac{\text{V}}{\frac{\text{ayl}}{\text{min}}}.$$

Demak, yakor zanjiriga kiritiladigan tashqi qarshilikning qiymati  $R_1 = R - R_{ya} = 0,84 - 0,116 = 0,724 \text{ Om}$  ga teng ekan.

**2.4- masala.** П-72 tipli motor  $I_{ya} = 100 \text{ A}$  tok bilan rekupe-ratsiyali tormozlash rejimida ishlaydi. Motor valining shu rejimdagi aylanish tezligi aniqlansin.

Yechish. Bu tezlik quyidagi tezlik tavsifi tenglamasiga ko'ra aniqlanadi, ya'ni

$$n = \frac{U_n}{C_e} + \frac{I_{ya} R_{ya}}{C_e} = \frac{220}{0,136} + 100 \frac{0,116}{0,136} = 1617 + 83 = 1700 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}.$$

Demak, motor validagi tezlik uning ideal tezligi

$$n_0 = \frac{n_n U_n}{U_n - I_n R_{ya}} = \frac{1500 \cdot 220}{220 - 132 \cdot 0,116} = 1617 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$$

dan ko'p bo'ladi.

## 2.8. Ketma-ket qo'zg'atishli motorlarning mexanik tavsiflari

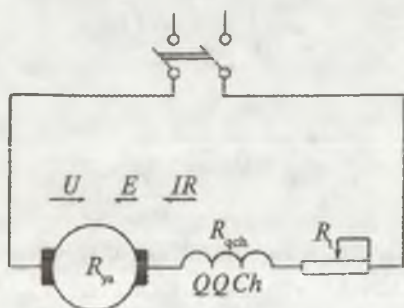
Bunday motorlarning magnit qutblaridagi qo'zg'atuvchi chulg'amlar yakorga ketma-ket ulanadi. Ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amlarning o'ramlar soni parallel qo'zg'atishli chulg'amlarning o'ramlar sonidan ancha kam bo'ladi (2.12- rasm). Bu chulg'am o'tkazgichlarining ko'ndalang kesimi yakor o'tkazgichlarining ko'ndalang kesimiga teng bo'ladi.

Bunda qo'zg'atuvchi chulg'amdan va yakor chulg'amidan o'tadigan toklarning qiymati o'zaro teng, ya'ni  $I_{ya} = I_q$  bo'ladi. Ammo ketma-ket qo'zg'atishli motorning tezlik tavsifi tenglamasi

parallel qo'zg'atishli motornikidan farq qilmaydi, ya'ni  $n = \frac{U - I_{ya} R}{k_e \Phi}$

bo'ladi. Lekin, bu ifodadagi magnit oqimi  $\Phi$  yakordan o'tayotgan yuklama toki  $I_{ya}$  ga magnitlanish egri chizig'i bo'yicha bog'langan

gandir (2.13- rasm). Bu egri chiziqni aniq matematik ifoda orqali belgilash qiyin bo'lgani uchun, taqribiy hisoblashlarda, motor magnit sistemasini to'yinmagan deb qabul qilinadi, ya'ni  $\Phi = \alpha I_{ya}$ , bunda  $\alpha$  - mutanosiblik koeffitsienti. U holda aylantiruvchi moment quyidagicha ifodalanadi:



2.12- rasm. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining ulanish sxemasi.

$$M = k_m \Phi I_{ya} = k_m \alpha I_{ya}^2, \quad (2.24)$$

bundan

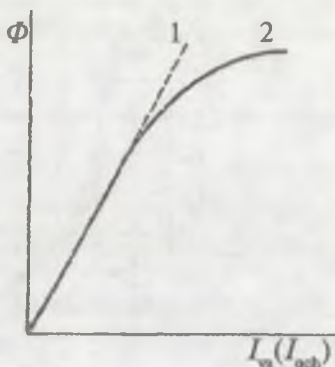
$$I_{ya} = \sqrt{\frac{M}{k_m \alpha}}$$

Shunga ko'ra, ketma-ket qo'zg'atishli motorning mexanik tavsif tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$n = \frac{U}{k_c \Phi} - \frac{R}{k_c \Phi} I_{ya} =$$

$$= \frac{U}{k_c \alpha \sqrt{\frac{M}{k_m \alpha}}} - \frac{R}{k_c \alpha} = \frac{A}{\sqrt{M}} - B, \quad (2.25)$$

bunda  $A = \frac{U}{k_c \alpha \sqrt{\frac{1}{k_c \alpha}}}$  va  $B = \frac{R}{k_c \alpha}$  — o'z-



2.13- rasm. Ketma-ket qo'zg'atishli motor magnit sistemasining magnitlanish egri chizig'i:

1 — magnit sistemasining to'yinmagan; 2 — to'yingan holati.

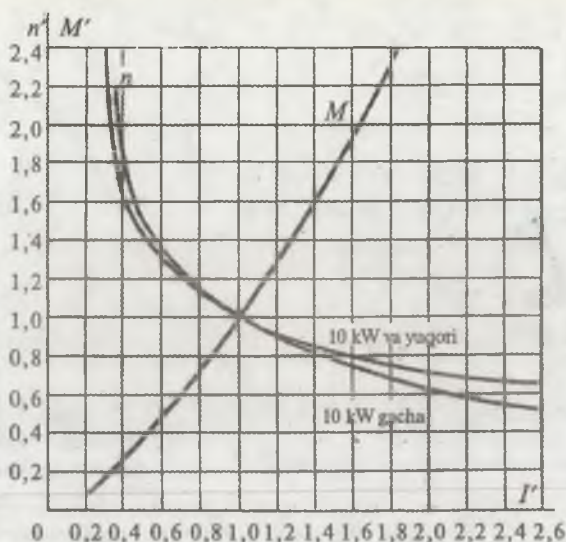
garmas koeffitsientlar. (2.25) ifodaga binoan motor uchun qurilgan mexanik tavsif uning to'g'risida umumiy tasavvurgina beradi. Ammo amalda to'yinmagan magnit sistemali motorlar tayyorlanmaydi. Shuning uchun bunday motorlarning mexanik tavsiflari rafoanalitik usulda quriladi. Bunda ma'lum tipdagi motorlar uchun ularni ishlab chiqaruvchi zavodlar tomonidan katalogda berilgan universal tabiiy tavsif bog'lanishi  $n' = f(I'_{ya})$  va  $M' = f(I'_{ya})$  dan foydalaniladi.

2.14- rasmda MΠ va ДΠ tipli ketma-ket qo'zg'atishli motorlarning  $n' = f(I'_{ya})$  va  $M' = f(I'_{ya})$  tavsiflari ko'rsatilgan. Mexanik tavsifni grafoanalitik usul bilan yasashda tezlik tavsifi tenglamalari quyidagicha ifodalanadi:

$$n = \frac{U - I_{ya} R_D}{k_c \Phi} = \frac{U}{k_c \Phi} \left( 1 - \frac{I_{ya} R_D}{U} \right), \quad (2.26)$$

bunda  $R_D = R_{ya} + R_{qch}$  — yakor zanjirining ichki qarshiligi. Yakor zanjiriga tashqi qarshilik kiritilishi bilan reostatli tavsifning quyidagi ifodasi hosil qilinadi:

$$n_t = \frac{U}{k_c \Phi} \left[ 1 - \frac{I_{ya} (R_D + R_t)}{U} \right]. \quad (2.27)$$



2.14- rasm. MП va ДП tipli ketma-ket qo'zg'atishli motorning universal tavsiflari.

(2.27) ni (2.26) ga bo'lib, undan  $n_r$  ning qiymati aniqlanadi:

$$n_r = n \frac{U - I_{ya}(R_D + R_t)}{U - I_{ya}R_D} \quad (2.28)$$

(2.28) tenglamaning nisbiy birlikdagi ifodasi

$$n'_r = n' \frac{1 - I'_{ya}R'}{1 - I'_{ya}R'_D} \quad (2.29)$$

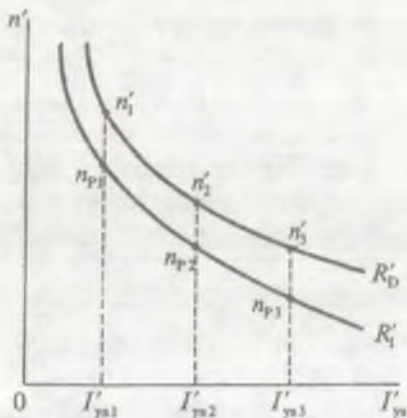
bunda  $R' = \frac{R_D + R_t}{R_n}$ ;  $R'_D = \frac{R_D}{R_n}$ .

2.14- rasmda keltirilgan tabiiy tezlik tavsifi  $n' = f(I'_{ya})$  dan foydalanib, (2.29) ifodaga ko'ra, turli tashqi qarshilik ( $R_{t1}, R_{t2}, \dots$ ) lar uchun sun'iy tezlik tavsiflarni qurish mumkin bo'ladi.

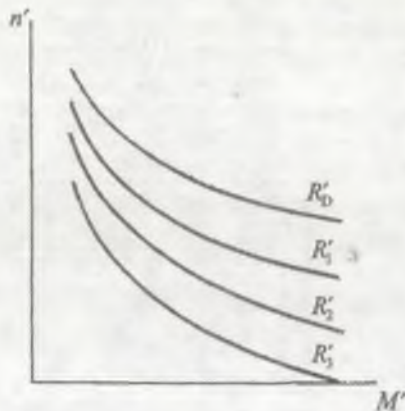
2.15- rasmda  $R_{t1}$  tashqi qarshilik uchun qurilgan sun'iy tavsif ko'rsatilgan. 2.16- rasmda ketma-ket qo'zg'atishli motorning tabiiy va sun'iy mexanik tavsiflari keltirilgan. Bu tavsiflarni qurish uchun 2.14- rasmdagi  $M' = f(I'_{ya})$  va 2.15- rasmdagi tezlik tavsiflaridan foydalanish kifoya.

Demak, bu motorlarning mexanik tavsiflari umuman yumshoq bo'lib, yakor zanjiridagi  $R'_1 < R'_2 < R'_3$  qarshiliklarning qiymatlari ortishi bilan tavsifning yumshoqligi yana ortadi.





2.15- rasm. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning tabiiy va reostatli tezlik tavsiflari.



2.16- rasm. Ketma-ket qo'zg'a-tishli motorning tabiiy va reostatli mexanik tavsiflari.

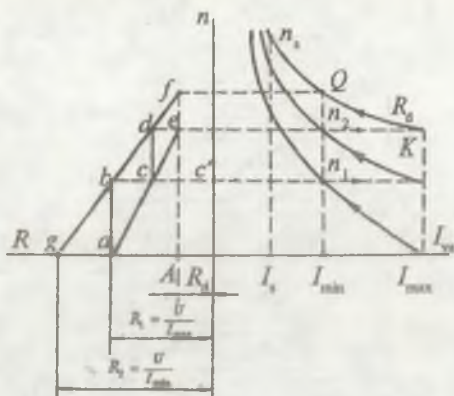
Ketma-ket qo'zg'atishli motorlarda  $I_{yn} = \sqrt{\frac{M}{k_{\Sigma} \alpha}}$  bo'lgani uchun aylantiruvchi momentning qiymatiga qaraganda yakor tokining qiymati kamroq o'zgaradi. Haqiqatan, momentning qiymati ikki marta ortsa, tok qiymati taxminan 40 foizgagina ortadi. Bu esa ketma-ket qo'zg'atishli motorning afzalliklaridan biridir. Ammo bu motorlarni salt ish rejimida yoki nominal yuklamaning 25÷30 foizdan kam bo'lgan qiymatlarida ishlatish mumkin bo'lmaydi. Haqiqatan, magnit oqimi  $\Phi$  yakor toki  $I_{yn}$  ga mutanosib bo'lgani uchun kam yuklamalarda  $\Phi$  ning kamayishi bilan motor tezligi xavfli darajagacha ortishi mumkin. Ketma-ket qo'zg'atishli motorlar yuqorida qayd qilingan xususiyatlariga ko'ra, asosan, tramvay, trolleybus, elektr poyezdlari va shu kabi transport mashinalarining elektr yuritmalarida qo'llaniladi.

Bunda motorga tok faqat bir sim va temir yo'l izi orqali uzatiladi. Trolleybusda ikki sim orqali uzatiladi.

## 2.9. Ketma-ket qo'zg'atishli motorni ishga tushirish

Ketma-ket qo'zg'atishli motorni ishga tushirish uchun yakor zanjiriga tashqi qarshilik kiritiladi, aks holda, tokning qiymati juda oshib ketadi.

Motorning aylanish tezligi ortishi bilan tok va aylantiruvchi momentning qiymatlari kamayib boradi. Aylanish tezligining bir tarzda ortib borishi uchun ishga tushiruvchi reostatning ayrim



2.17- rasm. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning ishga tushiruvchi reostat qarshiligini grafik usul bilan hisoblash.

pog'onalarini ma'lum vaqtlarda yakor zanjiridan chiqarib turish lozim bo'ladi.

**Ishga tushiruvchi reostat qarshiligini hisoblash.** Ishga tushiruvchi reostat qarshiligini hisoblash uchun, grafik usuldagi singari tabiiy tezlik tavsifi quriladi. Bunda sun'iy tavsiflarni qurish shart emas.

2.17- rasmda ikki pog'onali reostat qarshiligini grafik usulda hisoblash ko'rsatilgan. Bunday hisoblashda berilgan yuklama momenti  $M_k$  va unga

tegishli tok  $I_g$  hamda, kommutatsiya talabiga ko'ra, qabul qilingan yakor tokining maksimal  $I_{max}$  qiymatlaridan foydalaniladi. Tabiiy tezlik tavsifida  $I_{max}$  va  $I_{min} \approx 1,2I_g$  toklarga tegishli bo'lgan  $K$  va  $G$  nuqtalar belgilanadi. Bu nuqtalardan absissa o'qiga parallel qilib  $Af$  vertikal chiziq bilan kesishguncha  $fG$  va  $ek$  chiziqlar o'tkaziladi.  $Af$  chiziq koordinata boshi  $O$  ning chap tomonidan  $OA$  masofada o'tkaziladi.  $OA$  masofa esa tegishli mashtabda yakor zanjirining ichki

qarshiligi  $R_D$  ni ifodalaydi. Shu mashtabda  $R_1 = \frac{U}{I_{max}}$  va  $R_2 = \frac{U}{I_{min}}$

qarshiliklarga to'g'ri kelgan  $oa$  va  $og$  masofalar belgilanadi. Agar  $a$  bilan  $e$  va  $g$  bilan  $f$  nuqtalar birlashtirilsa, motor tezligining yakor zanjiri qarshiligiga bog'lanishini ifodalaydigan  $ae$  va  $gf$  to'g'ri chiziqlar hosil bo'ladi.

Ishga tushiruvchi reostat pog'onalarining sonini va ular qarshiliklarining qiymatlarini aniqlash uchun  $a$  nuqtadan  $gf$  gacha  $ab$  vertikal chiziq va  $b$  nuqtadan  $ae$  gacha gorizontaal  $bc$  chiziqlar o'tkaziladi. Xuddi shu tarzda  $cd$  va  $ef$  to'g'ri chiziqlar o'tkaziladi.

Agar oxirgi gorizontaal chiziq  $e$  nuqtadan o'tsa, u holda, qarshilikning oxirgi pog'onasi yakor zanjiridan chiqarilishi bilan tabiiy tavsif boshlanadigan nuqta chiqadi va shu bilan birga grafik hisoblash tugaydi. Agar gorizontaal chiziq  $e$  nuqtadan o'tmasa,  $I_{min}$  qiymatini o'zgartirib, grafik hisoblash qayta boshlanadi.

Shunday qilib, qurishdan hosil bo'lgan  $bs$  kesma reostat birinchi pog'onasining qarshiligini ifodalasa,  $de$  ikkinchi pog'onasining qarshiligini ifodalaydi.

Demak, motorni ishga tushirishda uning yakor zanjiriga to'la qarshilik  $R_1$  kiritiladi. Tezlik ortishi bilan tok qiymati kamaya boradi. Shuning uchun tokning  $I_{\min}$  va tezlikning  $n_1$  qiymatida birinchi pog'ona qarshilik zanjirdan chiqariladi. Bunda tokning qiymati yana  $I_{\max}$  gacha ko'payib, tezlik ikkinchi reostatli tavsif bo'yicha orta boshlaydi. Bunda yakor zanjiridagi qarshilik  $cc'$  kesma bilan aniqlanadi. Tezlik qiymati  $n_2$  ga tenglashganda qarshilikning ikkinchi pog'onasi zanjirdan chiqariladi va motor tabiiy tavsifga o'tib ishlay boshlaydi.

**2.5- masala.** Nominal quvvati  $P = 25$  kW, nominal toki

$I_n = 134$  A, kuchlanishi  $U_n = 220$  V va tezligi  $n_n = 575 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$  bo'lgan MП-51 tipli ketma-ket qo'zg'atishli motorning tabiiy tavsifini quring va tezlikni minutiga 200 marta aylanishgacha kamaytirish uchun yakor zanjiriga kiritiladigan qarshilik qiymati aniqlansin. Unga tegishli reostatli tavsif qurilsin. Bunda  $I_n = I_s$  bo'lishi kerak.

**Yechish.** Tabiiy tavsif  $n = f(I_{ya})$  ni hisoblash uchun 2.14-rasmda keltirilgan  $n' = f(I'_{ya})$  egri chiziqdan foydalaniladi. Bunda

$I_n = 134a$ ,  $n'_n = 1$ ,  $n_n = 575 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$  bo'ladi.

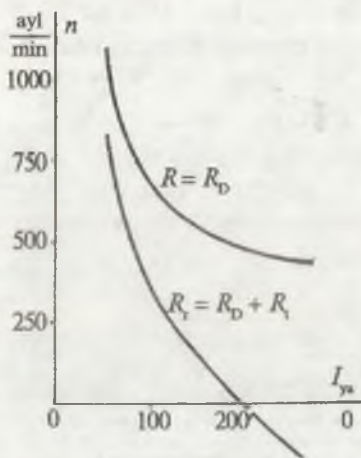
Tezlik tavsifi quyidagi ifodalardan aniqlanadi:

$$I_{ya} = I_n I'_{ya}, \quad n = n_n n'.$$

Bu ifodaga tegishli qiymatlarni qo'yib hisoblash natijalarini quyidagi jadval tarzida yozamiz.  $I'_{ya}$  ga o'zimiz turli qiymatlar berib, unga tegishli  $n'$  qiymatlarini  $n' = f(I')$  egri chizig'idan olinadi.

2.18- rasmdagi tabiiy tezlik tavsif jadvaldagi natijalarga asosan qurilgan. Motorning nominal qarshiligi  $R_n = \frac{U_n}{I_n} = \frac{220}{134} = 1,64$  Om.

№	$I'_{ya}$	$I_{ya}$	$n'$	$n$
	A	A	ayl/min	ayl/min
1	0,4	53,6	1,9	1090
2	0,6	80,4	1,35	776
3	0,8	106,2	1,13	650
4	1	134	0,98	564
5	1,2	160	0,93	535
6	1,4	188	0,86	495
7	1,6	214	0,81	464
8	1,8	240	0,78	447
9	2	268	0,75	430



2.18- rasm. ПИ-51 tipli ketmaket qo'zg'atishli motorning tabiiy va reostatli tavsiflari.

tashqi qarshilik qiymati (2.28) ifodadagi yakor toki o'miga uning nominal qiymatini qo'yib quyidagicha aniqlanadi:

$$R_t = \left(1 - \frac{n_{r.n.}}{n_n}\right) \cdot (R_n - R_D) = \left(1 - \frac{200}{575}\right) \cdot (1,64 - 0,165) = 0,958 \text{ Om}.$$

Motoring reostatli tavsifi quyidagi ifodaga binoan hisoblanadi:

$$n_r = n \frac{U - I_{\gamma a} (R_D - R_t)}{U_n - I_{\gamma a} R_D},$$

bunda  $n$  – tabiiy tavsifda turli toklarga tegishli tezliklar.

Harfiy ifodalar o'miga ularning oldin hisoblab topilgan son qiymatlarni qo'yib, hisoblash natijalarini quyidagi jadval tarzida yozamiz:

№	$I_{\gamma a}$	$n$	$n_r$
	A	ayl/min	ayl/min
1	53,6	1090	830
2	80,4	776	490
3	106,2	650	325
4	134	564	200
5	160	535	110
6	188	495	26
7	214	464	-50
8	240	447	-125
9	268	430	-195

Foydali ish koeffitsienti

$$\eta = \frac{1000 \cdot P}{U_n \cdot I_n} = \frac{1000 \cdot 25}{220 \cdot 134} = 0,85$$

bo'ladi. Demak,

$$R_{ya} \equiv 0,5(1 - \eta_n) R_n = 0,5(1 - 0,85) \cdot 1,64 = 0,11 \text{ Om}.$$

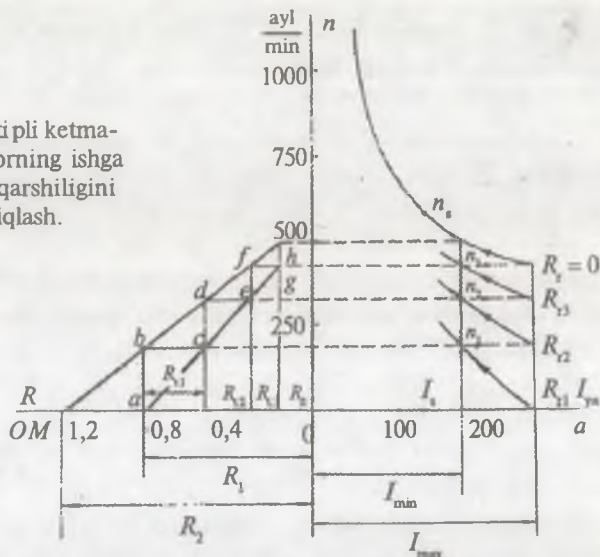
Ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amning qarshiligi

$$R_{x.ch.} \equiv 0,5R_{ya} = 0,5 \cdot 0,11 = 0,055 \text{ Om}$$

bo'ladi. Shunga ko'ra  $R_D = R_{ya} + R_{x.ch.} = 0,11 + 0,055 = 0,165 \text{ Om}$ .

Motor tezligini  $n = 200 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$  gacha kamaytirish uchun lozim bo'lgan

2.19- rasm. MII-51 tipli ketma-ket qo'zg'atishli motorning ishga tushiruvchi reostat qarshiligini grafik usulda aniqlash.



2.18- rasmda jadvaldagi natijalar asosida qurilgan reostatli tavsif ko'rsatilgan.

2.6- masala. MII-51 tipli ketma-ket qo'zg'atish chulg'amli motor uchun uch pog'ona qarshilikdan iborat ishga tushiruvchi reostat hisoblansin.

Y e c h i s h . Bu motorning yuqorida qurilgan tabiiy tavsifi  $I_{\max}$  va  $I_{\min}$  toklarga tegishli ikki nuqta belgilanadi va  $I_{\max} = 2I_n$ ;  $I_c = I_n = \text{const}$  deb qabul qilinadi. Bir necha marta qayta grafik hisoblashlardan so'ng, tokning minimal qiymati  $I_{\min} = 1,2I_c$  ga tengligi aniqlanadi.

$$\text{Bunda } R_1 = \frac{U}{I_{\max}} = \frac{220}{2 \cdot 134} = 0,82 \text{ Om},$$

$$R_2 = \frac{U}{I_{\min}} = \frac{220}{1,2I_n} = \frac{220}{160} = 1,37 \text{ Om}.$$

2.19- rasmda uch pog'ona qarshilikdan iborat ishga tushiruvchi reostatni grafik usulda hisoblash ko'rsatilgan. Bunda pog'ona qarshiliklarining quyidagi qiymatlari aniqlangan:

$$R_{11} = 0,3 \text{ Om}; R_{12} = 0,21 \text{ Om}, R_{13} = 0,17 \text{ Om}.$$

Demak,

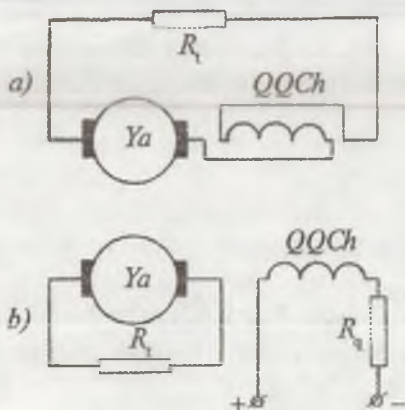
$$R_{11} = R_D + R_{11} + R_{12} + R_{13}; R_{12} = R_D + R_{12} + R_{13}; R_{13} = R_D + R_{13}.$$

Reostatning to'la qarshiligi  $R_T = R_{11} + R_{12} + R_{13} = 0,68 \text{ Om}$  bo'ladi.



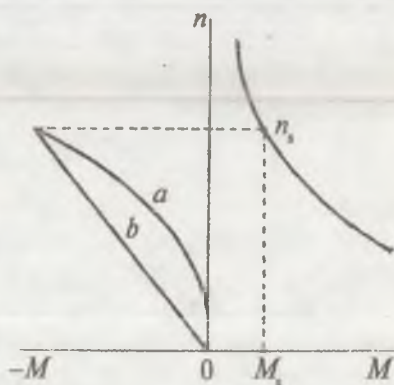
## Ketma-ket qo'zg'atishli motorning tormoz rejimida ishlashi

Bunday motorlarni teskari ulanish va elektrodinamik tormozlash rejimlaridagina ishlatish mumkin. Ketma-ket qo'zg'atishli motorni teskari ulanish rejimi parallel qo'zg'atishli motordagi singari ikki xil usulda olinadi. Bu usullarda teskari ulanish rejimining mexanik tavsiflari ham 2.9 va 2.10- rasmlarda ko'rsatilgan qoida bilan quriladi. Ishlab turgan ketma-ket qo'zg'atishli motorni elektr tarmog'idan uzib, uni shu tarmoqqa teskari ulansa, yakor tokining yo'nalishi o'zgaradi. Bunda qo'zg'atuvchi chulg'amdagi tokning yo'nalishi o'zgarishiga lozim, aks holda, tormozlovchi moment hosil bo'lmaydi. Ketma-ket qo'zg'atishli motorni elektrodinamik usulda tormozlab to'xtatishni ikki xil usulda: o'z-o'zini qo'zg'atish va mustaqil qo'zg'atish prinsipida o'tkazish mumkin. 2.20- rasm, *a* va *b* larda motorning o'z-o'zini qo'zg'atish va mustaqil qo'zg'atishli prinsiplarda ulanish sxemalari ko'rsatilgan. O'z-o'zini qo'zg'atish usuli bilan dinamik tormozlash rejimiga o'tish uchun ishlab turgan motor yakorini elektr tarmog'idan uzib, uni qo'zg'atuvchi chulg'am orqali tashqi qarshilik  $R_1$  ga ulash kifoya. Bunda yakor yoki qo'zg'atish chulg'amlarini bir-birlariga nisbatan teskari qilib ulash lozim. Aks holda, magnet qutbi



2.20- rasm. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning elektrodinamik rejimlarda ulanish sxemalari:

*a* — o'z-o'zini qo'zg'atish; *b* — mustaqil qo'zg'atish prinsipi.



2.21- rasm. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning elektrodinamik rejimidagi mexanik tavsiflari:

*a* — o'z-o'zini qo'zg'atish; *b* — mustaqil qo'zg'atish prinsipi.

o'zaklaridagi qoldiq magnit oqimi  $\Phi_{\text{qol}}$  yo'qoladi va natijada motor generator rejimiga o'tib, tormozlana olmaydi. O'z-o'zini qo'zg'atish usuli bilan dinamik tormozlashda yakor toki qiymati va, demak, motorning magnit oqimi tezlikka proporsional ravishda kamayib boradi.

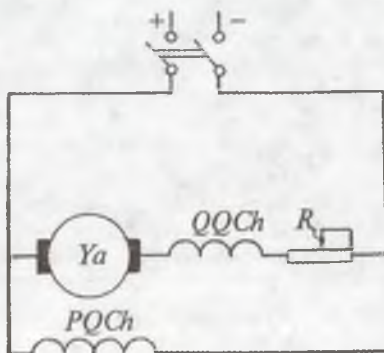
Bunda motorning tormozlovchi momenti aylanish tezligining ikkinchi darajasiga mutanosib bo'ladi (2.21- rasmdagi  $a$  egri chizig'i). Bunda tormozlab to'xtatish jarayoni juda sust o'tadi. Bu usul tormoz qurilmasi ishlaymay qolganda tushirilayotgan yuk tezligini chegaralash va yuk ko'targichlarni to'xtatishda qo'llaniladi. Mexanizmlarni tez tormozlab to'xtatish uchun esa mustaqil qo'zg'atishli dinamik usul qo'llaniladi. Bunda faqat motor yakori elektr tarmog'idan ajratilib ma'lum qarshilikka ulanadi. Qo'zg'atish chulg'ami esa shu tarmoqqa  $R$  qarshilik orqali ulanadi. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning bu rejimdagi tavsifi 2.21- rasmda  $b$  chiziq bilan ko'rsatilgan.

### 2.11. Aralash qo'zg'atishli motorning tavsifi

Bunday motorning magnit oqimi parallel va ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amlar tokidan hosil bo'ladi, ya'ni  $\Phi = \Phi_p \pm \Phi_k$ ; bunda  $\Phi_p$ ;  $\Phi_k$  - parallel va ketma-ket qo'zg'atishli chulg'amlardagi toklardan hosil bo'lgan magnit oqim (2.22- rasm).

Bu qo'zg'atish chulg'amlari, odatda, shunday ulanadiki, undagi umumiy magnit oqim  $\Phi = \Phi_p = \Phi_k$  bo'ladi. Bunday motorning tezlik tavsifi  $n = \frac{U - I_{ya} R_D}{K_e (\Phi_p + \Phi_k)}$  bo'ladi, bunda  $R_D = R_{ya} + R_{k.q.ch.}$

$\Phi_k$  ning qiymati yakor tokiga bog'liq bo'lgani sababli motorning tabiiy va sun'iy tavsiflari motorni ishlab chiqaruvchi zavod tomonidan beriladigan va 2.14- rasmda ko'rsatilgan  $n' = f(I'_{ya})$  va  $M' = f(I'_{ya})$  larga o'xshash egri chiziqlardan foydalanib quriladi. Aralash qo'zg'atishli motorning mexanik tavsifi kichik yuklamalarda ketma-ket qo'zg'atishli motorlarniki singari va katta yuklamalarda esa parallel qo'zg'atishli



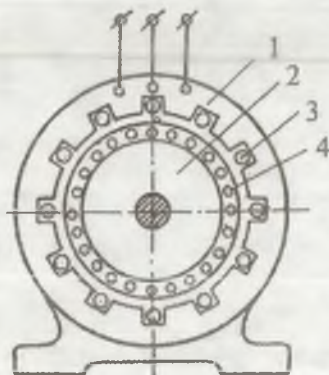
2.22- rasm. Aralash qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining ulanish sxemasi.

motorlarniki singari bo'ladi. Lekin bu tavsif ordinata o'qi bilan kesishadi va uning ideal tezlik qiymati parallel qo'zg'atishli motorniki singari, ya'ni  $n_0 = \frac{U}{K_c \Phi_p}$  bo'ladi.

## 2.12. Asinxron motorning mexanik tavsifi. Umumiy tushunchalar

Asinxron motorlari, ko'pincha, uch fazali konstruksiyada tuziladi va qo'llaniladi.

Bunday motorlarning ishlash prinsipi magnit maydonining aylanishiga asoslangan. Haqiqatan ham, o'qlari fazoda bir-biriga nisbatan  $120^\circ$  ga siljirilgan va motorning qo'zg'almas qismi bo'lgan statorning pazlariga o'rnatilgan uchta chulg'amga uch fazali tok berilsa, aylanuvchi magnit maydoni hosil bo'ladi. Bu magnit maydoni  $n_1$  sinxron tezlik bilan aylanib motorning aylanuvchi qismi bo'lgan rotor pazlariga o'rnatilgan chulg'amni kesib o'tadi va unda e.y.k. hosil qiladi (2.23- rasm). Motorni ishga tushirish uchun rotor chulg'ami zanjiri berk bo'lishi lozim. Bunda motor elektr tarmog'iga ulanganda rotor chulg'amidan tok o'ta boshlaydi. Rotor tokining magnit maydoni bilan statoridagi aylanuvchi magnit maydonining o'zaro ta'siri natijasida motorni aylantiruvchi elektromagnit kuch va moment hosil bo'ladi.



2.23- rasm. Asinxron motorning tuzilish sxemasi:  
1 — stator; 2 — rotor; 3 — stator chulg'ami; 4 — rotor chulg'ami.

Chap qo'l qoidasiga asosan motor aylanuvchi magnit maydoni yo'nalishida aylana boshlaydi. Motor statoriga berilgan uch fazali tokning har qanday ikki fazasi o'rmini almashtirib ulansa, undagi magnit maydoni va, demak, rotor teskari yo'nalishda aylana boshlaydi, ya'ni u reverslanadi. Asinxron motorlarning ishlash qoidalariga binoan, rotorning aylanish tezligi  $n_2$  statoridagi aylanuvchi magnit maydoni tezligi  $n_1$  dan bir oz orqada qolishi lozim. Agar  $n_2 = n_1$  bo'lib, motor sinxron tezlikka ega bo'lsa rotor chulg'amida e.y.k. hosil bo'lmaydi, demak, unda tok ham, aylantiruvchi



elektromagnit moment ham hosil bo'lmaydi. Shunga ko'ra, bunday motor sinxron bo'lmagan (asinxron) tezlikda, ya'ni  $n_2 < n_1$  bilan aylanishi zarur, shuning uchun ham uni asinxron motor deb ataladi. Statoridagi aylanuvchi magnit maydonining tezligi sinxron tezlik deb ataladi va  $n_1$  bilan belgilanadi. U quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p} \left[ \frac{\text{aйл}}{\text{мин}} \right]. \quad (2.30)$$

Bunda  $f_1$  [Hz] – elektr tarmog'idan stator chulg'amiga beriladigan tok chastotasi;  $p$  – statorga berilgan tokdan hosil bo'lgan juft magnit qutblarining soni.

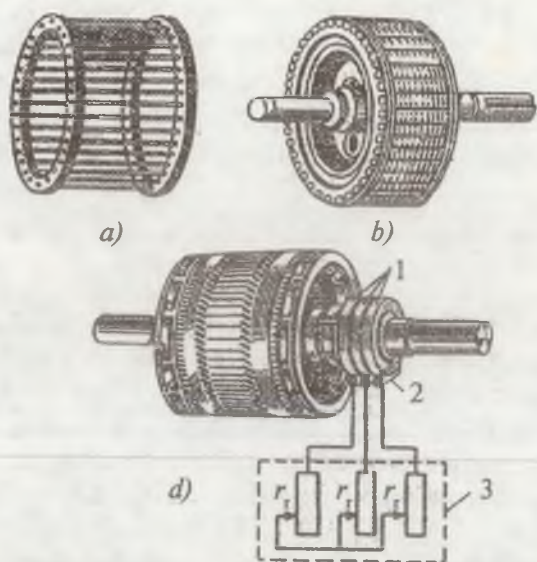
Ishlab chiqarish mexanizmlarida keng qo'llaniladigan asinxron motorlarda  $p = 1 \div 6$  bo'ladi. Demak (2.30) ifodaga binoan bunday motorlarning sinxron tezliklari: 3000, 1500, 1000, 750, 600 va  $500 \frac{\text{aйл}}{\text{мин}}$  bo'ladi. Asinxron motoridagi  $n_1$  va  $n_2$  tezliklar ayirmasining  $n_1$  tezlikka nisbati sirpanish deb ataladi va  $S$  harfi bilan belgilanadi. Sirpanishning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}, \quad (2.31)$$

bunda  $\omega_0 = \frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2\pi f_1}{p}$  – statoridagi magnit maydoni aylanishining burchak tezligi;  $\omega$  – motor rotorining aylanish burchak tezligi.

Asinxron motorlar uchun nominal sirpanish  $S_n = \frac{n_1 - n_n}{n_1}$  bo'lib,

ularning qiymati rotorning tuzilishiga va motorning ish rejimlariga bog'liq bo'ladi. Sanoatda chiqariladigan turli tipdagi asinxron motorlar uchun  $S_n = 0,01 \div 0,07$ . Ma'lumki, rotor chulg'amining tuzilishiga ko'ra asinxron motorlar qisqa tutashgan va faza rotorli bo'ladi. Rotor motor valiga yupqa po'lat listlarni presslab yasalgan pazli barabandan iborat bo'ladi. Uyurma toklar tufayli hosil bo'ladigan quvvatning isrofini kamaytirish maqsadida, rotor uchun ishlatilgan po'lat listlarning har birining qalinligi  $0,3 \div 0,5$  mm bo'lib, ular ikki tomonlama izolyatsiyalovchi laklar bilan qoplanadi. Agar rotorni maxsus moslamali dastgohga o'rnatib, uning pazlariga katta bosimda alyuminiy qotishmasidan iborat eritma quyilsa, u holda, 2.24-a rasmda ko'rsatilgan qisqa tutash-

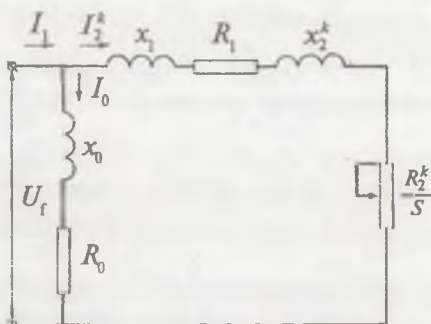


2.24- rasm. Asinxron motor rotorlarining tuzilishi:  
*a* – rotorning qisqa tutashtirilgan kataksimon chulg‘ami; *b* – qisqa tutashtirilgan rotor; *d* – faza rotor;  
 1 – kontakt halqalari; 2 – cho‘tka; 3 – ishga tushiruvchi reostat.

tirilgan kataksimon chulg‘am hosil bo‘ladi. Bunday chulg‘amli rotorlar yaxlit metall barabanga o‘xshash bo‘ladi. Ular mexanik silkinishlar va katta toklarga chidamli bo‘ladi (2.24-*b* rasm). Qisqa tutashtirilgan rotorli motorlar oddiy tuzilganligi, ishda ishonchililigi, arzonligi tufayli turli ish mexanizmlarining elektr yuritmalarida ko‘p ishlatiladi. Agar rotor pazlariga, statorniki singari, uch fazali chulg‘am o‘rnatilsa, faza rotorli motor hosil bo‘ladi. Bunday rotorning chulg‘amlari mexanik silkinishlarga bardosh berishligi uchun po‘lat simlar bilan bog‘lanadi. Chulg‘am izolyatsiyasini xavfli toklardan saqlash uchun uning zanjiriga qarshilik kiritiladi. Aylanuvchi rotor chulg‘amiga tashqi qarshilik kiritish uchun uning valiga bir-biridan va valdan izolyatsiyalangan uchta kontakt halqalar o‘rnatiladi. Bu halqalar va qo‘zg‘almas cho‘tkalar orqali rotor zanjiriga tashqi qarshilik kiritiladi (2.24-*d* rasm). Shu sabablarga ko‘ra, faza rotorli motor qisqa tutashtirilgan rotorli motorlarga qaraganda ancha murakkab bo‘ladi va kam qo‘llaniladi.

Asinxron motorlarning mexanik tavsiflarini  $n = f(m)$  bog‘lanish o‘rniga  $S = f(m)$  bog‘lanishi bilan ifodalash qulayroq bo‘ladi.

**Mexanik tavsif tenglamasini aniqlash.** Mexanik tavsif tenglamasini aniqlashda asinxron motor quyidagicha tasavvur qilinadi; har bir fazaga tegishli stator va rotor chulg'amlari aylana bo'yicha simmetrik ravishda o'rnatiladi, ularning parametrlari bir xil bo'ladi. Rotor bilan stator orasidagi havo bo'shlig'i butun aylana bo'yicha bir xil. Magnit maydoni rotor va statorning



2.25- rasm. Asinxron motorning ideallashtirilgan ekvivalent sxemasi.

po'lat qismlarida hamda havo bo'shlig'ida sinusoida bo'yicha tarqalgan. Shunga ko'ra, motorning uchala fazasida sodir bo'ladigan hodisalar bir xil o'tadi deb faraz qilish mumkin. Rotorning po'lat qismlarida gisterezis va uyurma toklari hamda ishqalanuvchi qismlarda mexanik isroflar bo'lmaydi deb qabul qilinadi. Bunda elektromagnit moment motor validagi momentga teng bo'ladi. Statsionar (turg'un) rejim uchun uch fazali asinxron motorni 2.25- rasmda ko'rsatilgan ekvivalent elektr sxema bilan almashtirib, bu sxemadan amaliy hisoblashlarda foydalaniladi.

2.25- rasmda motorning bir fazasiga tegishli ekvivalent sxema ko'rsatilgan. Unda stator va rotor orasidagi elektromagnit aloqa  $R_0$  aktiv va  $x_0$  induktiv qarshilikli magnitlovchi zanjir bilan ifodalangan. Rotorga beriladigan elektromagnit quvvatni uning zanjirida sarflangan quvvat isrofiga teng deb olib, mexanik tavsif ifodasini quyidagi tenglamadan topiladi:

$$M\omega_0 S = 3(I_2^k)^2 R_2^k,$$

bundan aylantiruvchi moment:

$$M = \frac{3(I_2^k)^2 \cdot R_2^k}{\omega_0 S} \quad (2.32)$$

bunda  $I_2^k$  – stator chulg'amiga keltirilgan rotor toki. Uning qiymati quyidagi formuladan topiladi:

$$I_2^k = \frac{U_r}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2^k}{S}\right)^2 + (x_1 + x_2^k)^2}}, \quad (2.33)$$

umuman keltirilgan qiymatlar « $k$ » daraja bilan ifodalangan. Demak,  $I_2^k$  motorning ekvivalent sxemasiga binoan topiladi. (2.33) ifodani (2.32) ga qo'yib, mexanik tavsif tenglamasi olinadi:

$$M = \frac{3U_f^2 \cdot R_2^k}{\omega_0 \left[ \left( R_1 + \frac{R_2^k}{S} \right)^2 + (x_1 + x_2^k)^2 \right] \cdot S}, \quad (2.34)$$

bunda  $R_1$ ,  $x_1$  va  $U_f$  – tegishli stator chulg'aming aktiv, induktiv qarshiligi va faza kuchlanishi;  $R_2^k$ ,  $x_2^k$  – stator chulg'amiga keltirilgan rotor zanjirining ichki aktiv va induktiv qarshiliklari.

Ularning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$R_2^k = R_2 k_t; \quad x_2^k = x_2 k_k;$$

$$k_t = \frac{m_1}{m_2} \left( \frac{w_1}{w_2} \cdot \frac{k_s}{k_r} \right)^2 = \frac{m_1}{m_2} k_c^2$$

$$k_c = \frac{w_1}{w_2} \cdot \frac{k_s}{k_r} = \frac{E_{1n}}{E_{2n}} \cong 0,95 \frac{U_{1n}}{E_{2n}},$$

bunda  $U_{1n}$  – statorga beriladigan nominal fazalararo kuchlanish;  $k_t$  – asinxron motorning transformatsiya koeffitsienti;  $k_c$  – asinxron motorning e.y.k. bo'yicha transformatsiya koeffitsienti;  $m_1$ ,  $m_2$  va  $w_1$ ,  $w_2$  – tegishli stator va rotor chulg'amlarining fazalari va o'ramlari soni;  $k_r$ ,  $k_s$  – tegishli rotor va stator chulg'amlarining koeffitsienti.

(2.34) tenglamaga binoan, ma'lum parametrli motor uchun mexanik tavsif qurish mumkin. Bunda motor tezligi  $n_2 = 0 \div n_1$  gacha o'zgaradi, ya'ni  $S = 1 \div 0$  deb momentlarning turli qiymatlari topiladi. Masalan,  $S = 1$  bo'lganda motorni ishga tushiradigan momentning boshlang'ich qiymati aniqlanadi, ya'ni

$$M_b = \frac{3U_f^2 R_2^k}{\omega_0 \left[ (R_1 + R_2^k)^2 + (x_1 + x_2^k)^2 \right]}$$

Mexanik tavsif ifodasiga ko'ra, ma'lum bir kritik sirpanishda motor maksimal momentga ega bo'lishi kerak. Buning uchun (2.34) ifodadan hosila olib, uni nolga tenglashtirish lozim, ya'ni

$\frac{dM}{dS} = 0$ . Bundan sirpanishning quyidagi kritik qiymati aniqlanadi:

$$S_k = \pm \frac{R_2^k}{\sqrt{R_1^2 + x_1 + x_2^k}} \quad (2.36)$$

Sirpanishning kritik qiymati  $S_k$  ni (2.34) dagi  $S$  ning o'rniga qo'yib, motor momentining maksimal qiymati aniqlanadi:

$$M_{\max} = \frac{3U_1^2}{2\omega_0 [R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (x_1 + x_2^k)^2}]} \quad (2.37)$$

(2.36) va (2.37) ifodalardagi + ishora motor rejimi, – ishora esa motorning generator rejimiga tegishlidir. (2.34) ga binoan mexanik tavsifni qurish uchun,  $R_1$ ,  $R_2^k$ ,  $x_1$  va  $x_2^k$  parametrlar kataloglarda berilishi kerak, lekin ular ko'pincha berilmaydi.

Shuning uchun (2.34) ifodadan foydalanish ancha noqulay. Agar (2.34) ifoda (2.37) ifodaga bo'linsa, mexanik tavsifni hisoblash uchun ancha qulay tenglama olinadi:

$$M = \frac{2M_{\max}(1+\varepsilon)}{\frac{S}{S_{kr}} + \frac{S_{kr}}{S} + 2\varepsilon} \quad (2.38)$$

bunda

$$\varepsilon = a \cdot S_{kr}; \quad a = \frac{R_1}{R_2^k}.$$

Ko'pgina asinxron motorlar uchun  $\varepsilon \equiv S_{kr}$  bo'ladi. (2.38) ifoda asinxron motorlarning mexanik tavsifini qurishda ishlatiladigan va Kloss tomonidan aniqlangan formuladir, katta quvvatli motorlar uchun  $R_1 = 0$  bo'ladi. Bunda  $\varepsilon \equiv 0$  bo'lib, (2.38) tenglama tavsifni hisoblash uchun juda qulay bo'lgan taqribiy hisoblashda keng qo'llaniladigan va Klossning soddalashtirilgan formulasi deb ataluvchi quyidagi ifodaga aylanadi:

$$M = \frac{2M_{\max}}{\frac{S}{S_{kr}} + \frac{S_{kr}}{S}} \quad (2.39)$$

### 2.13. Mexanik tavsifni qurish

(2.39) formulaga muvofiq mexanik tavsifni hisoblash uchun, motor katalogida va pasportida yozilgan quyidagi parametrlardan foydalaniladi.

$\frac{M_{\max}}{M_n} = \lambda$  – bu koeffitsient motorning o‘ta yuklanish qobiliyatini ifodalaydi. Bunda  $M_n = \frac{9550 P_n}{n_n} [\text{Nm}] = \frac{975 P_n}{n_n} [\text{kgm}]$

motorning nominal momenti.  $P_n$  (kW) – motor validagi nominal quvvat,  $n_n \left[ \frac{\text{ayl}}{\text{min}} \right]$  – nominal yuklama bilan ishlayotgan motorning

nominal tezligi;  $n_1 = \frac{60 f_1}{p}$ ;  $f_1 = 50$  [Hz] – tok chastotasi.  $S_n$  – nominal sirpanish.  $p$  – magnit qutblarining juft soni bo‘lib, u motorning tipiga qarab aniqlanadi. Masalan, A2-91-4 tipli motorda oxirgi 4 raqami magnit qutblari sonini, ya’ni  $2p$  ni ifodalaydi. Demak, bu motor uchun  $p = 2$ . Shunday qilib, (2.39) ifodaga binoan tavsifni hisoblash uchun, dastavval, undan  $S_{kr}$  ning qiymatini topish lozim. Buning uchun undagi  $M$  va  $S$  o‘rniga ularning nominal  $M_n$ ,  $S_n$  qiymatlarini qo‘yib noma’lum  $S_{kr}$  aniqlanadi:

$$S_{kr} = S_n (\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - 1}). \quad (2.40)$$

So‘ngra, (2.39) ifodadagi  $S$  ning o‘rniga 0 dan 1 gacha qiymatlar berib, motorning ularga mos momentlari aniqlanadi va mexanik tavsif quriladi (2.26- rasm). 2.26- rasmda qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning mexanik tavsifi ko‘rsatilgan. Mexanik tavsifni qurishda quyidagi nuqtalardan foydalaniladi.

- 1)  $S = 0$ ;  $M = 0$ ;  $n_2 = n_n$  – ideal holda;
- 2)  $S = S_n$ ;  $M = M_n$ ;  $n_2 = n_n$  – nominal yuklamada;
- 3)  $S = S_{kr}$ ;  $M = M_{\max}$ ;  $n_2 = n_1(1 - S_{kr})$  – maksimal yuklamada;
- 4)  $S = 1$ ;  $M = M_b$ ;  $n_2 = 0$  – motorni ishga tushirish paytida.

Mexanik tavsifning  $AB$  qismi uning turg‘un yoki ish qismi deyiladi. Bunda yuklama momenti tasodifan ko‘payib yoki kamayib qolishi bilan motor momenti avtomatik ravishda, momentlar muvozanati qayta tiklanguncha, ya’ni  $M = M_{s1}$  yoki  $M = M_{s2}$  bo‘lguncha o‘zgaradi. Haqiqatan, yuklama  $M_b$  dan  $M_{s1}$  gacha ko‘paysa, motorning tezligi bir oz kamayadi, sirpanish esa bir oz ko‘payadi. Bunda (2.33) ga binoan  $I_2^*$  ning qiymati ko‘payib, motorning momenti o‘z-o‘zidan  $M_{s1}$  gacha ko‘payadi. Mexanik tavsifning  $BC$  qismi uning turg‘unmas, ya’ni beqaror qismi deyiladi. Haqiqatan ham,  $B$  nuqtada o‘ziga tegishli maksimal moment bilan ishlab turgan motorning yuklamasi bir oz ko‘paysa, uning tezligi

kamayadi. Ammo bunda motorning momenti ham  $BC$  chiziq bo'yicha kamayadi. Demak, momentlar muvozanati tiklana olmaydi va yuklama momenti aylantiruvchi momentdan katta bo'lgani uchun motor o'z-o'zidan to'xtab qoladi.

Demak, asinxron motorlar  $M_g > M_{max}$  bo'lganda stator toki xavfli qiymatga ko'tarilmagan holda o'z-o'zidan to'xtab qoladi. Bu ularning afzalliklaridan biri hisoblanadi. Mexanik tavsif ifodasiga binoan, asinxron

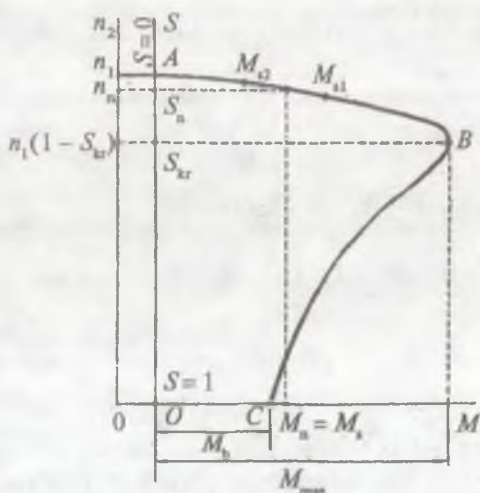
motorning aylantiruvchi momenti elektr tarmoqdagi kuchlanish kvadratiga mutanosib bo'ladi. Shunga ko'ra, normal tipdagi qisqa tutashtirilgan rotorli motorlar uchun katalogda berilgan o'ta yuklanish, ya'ni nominaldan ortiq yuklama bilan ishlash qobiliyati  $M_{max} = (1,7 \div 2,5) M_n$  bo'lsa ham amaliy hisoblashda bu zaxira qiymat bir oz kamaytiriladi va  $M_{max}^* = 0,8 M_{max}$  qabul qilinadi.

Haqiqatan, elektr tarmog'idagi kuchlanish nominalga nisbatan, amalda,  $5 \div 10\%$  o'zgarib turishi mumkin. Masalan, kuchlanish qiymati  $10\%$  kamaydi desak, u holda,

$$\frac{M_{max}^*}{M_{max}} = \left( \frac{0,9U}{U} \right)^2 = 0,81$$

bo'ladi. Shunday qilib, aylantiruvchi moment qiymatining kuchlanishga nisbatan keskin o'zgarishi, ya'ni  $M$  ning  $U^2$  ga mutanosib bo'lishi, asinxron motorning kamchiligi hisoblanadi. Asinxron motorning maksimal moment qiymati rotor zanjirining aktiv qarshiligiga bog'liq emas, ammo uning kritik sirpanishi esa (2.36) ifodaga ko'ra  $R_2^k$  ga to'g'ri proporsional.

Demak,  $R_2^k$  ning qiymatini oshirish bilan  $S_{kr}$  ham ortib boradi. Qisqa tutashgan rotorli motorlar uchun o'rtacha quvvatli motorlarda  $S_{kr} = 0,12 \div 0,2$ , katta quvvatli motorlarda  $S_{kr} = 0,04 \div 0,05$ . Rotor zanjiriga tashqi qarshilik kiritilmagan faza rotorli asinxron motorlarning kritik sirpanishi  $S_{kr} = 0,08 \div 0,3$  atrofida bo'ladi.



2.26- rasm. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning mexanik tavsifi.

## 2.14. Asinxron motorni ishga tushirish

Ma'lumki, motorni ishga tushirish jarayoni ishga tushirish toki, momenti va vaqti bilan tavsiflanadi. Bu ko'rsatkichlarning qiymati motorni ishga tushirish usuli va uning boshqarish sistemasiga asosan belgilanadi.

Motorni ishga tushirish paytidagi boshlang'ich  $I_b$  tok (2.33) formulaga ko'ra quyidagicha ifodalanadi:

$$I_b = \frac{U_f}{\sqrt{(R_1 + R_2^k)^2 + (x_1 + x_2^k)^2}} \quad (2.41)$$

Demak, ma'lum kuchlanish  $U_f = U_n = \text{const}$  uchun (2.35) va (2.41) ifodalarga ko'ra  $M_b$  va  $I_b$  larning qiymati, stator va rotor zanjiridagi aktiv va induktiv qarshiliklar qiymatidan aniqlanadi. Tezlik ortishi bilan rotor zanjiridagi induktiv qarshilikning

qiymati kamaya boradi. Motor kataloglarida  $\frac{M_b}{M_n}$ ;  $\frac{I_b}{I_n}$  nisbatlar

keltiriladi. Bunda  $M_b = (1 \div 2)M_n$  va  $I_b = (5 \div 10)I_n$  bo'ladi. Ishga tushirish tokining boshlang'ich qiymati nominal tokka nisbatan (5 ÷ 10) marta katta bo'lishiga qaramay,  $M_b$  ning qiymati nominal momentga nisbatan kichik bo'lishi ham mumkin.

Aylantiruvchi moment  $M = c\Phi I_2 \cos\psi_2$  ning qiymati  $\cos\psi_2$  ga ham bog'liq bo'ladi, bunda  $E_2$ ,  $I_2$ , - tegishli rotorda hosil bo'lgan e.y.k. va tok,  $\psi_2$  - tok  $I_2$  ning  $E_2$  ga nisbatan siljish burchagi. Ishga tushirish paytida rotordagi induktiv qarshilik o'zining maksimal qiymati  $x_{2\text{max}} = 2\pi f_1 S L_2$  ga ega bo'lgani uchun ( $S=1$ ) moment ifodasidagi  $\cos\psi_2$  ning boshlang'ich qiymati ancha kichik bo'ladi. Natijada,  $M_b$  ning qiymati ham  $M_n$  ga yaqin bo'ladi. Bu esa asinxron motorlarning kamchiligidir. Agar  $M_s = M_n = \text{const}$  va  $M_b = M_n$  bo'lsa, motor mexanizmni ishga tushira olmaydi, chunki uni muvozanat (qo'zg'almas) holatdan siljituvchi dinamik (ortiqcha) moment  $M_{\text{din}} = M_b - M_s = 0$  ga teng bo'ladi.

## 2.15. Faza rotorli asinxron motorning ishga tushirish rejimidagi mexanik tavsiflari

Elektr yuritmalarga, iloji boricha, qisqa tutashtirilgan rotorli motorlarni tanlash tavsiya qilinadi. Faza rotorli motorlarni tezligi rostlanadigan ba'zi kranlarda, prokat stanlarida, press va maxovikli elektr yuritmalardagina qo'llash tavsiya qilinadi.



Bunday motorlarda  $M_{\max} = (1,5 \div 3,5) M_n$  bo'ladi. Faza rotorli motorni ishga tushirish jarayonida  $I_b$  ni chegaralash uchun maxsus reostat ishlatiladi. Bu reostat bir necha pog'ona aktiv qarshiliklardan iborat bo'ladi. Motor to'la tashqi qarshilik orqali ishga tushiriladi. Motor aylanish tezligi ortishi bilan pog'ona qarshiliklar rotor zanjiridan chiqarila boshlanadi (2.27- rasm). Rotor zanjiriga  $R_t$  tashqi aktiv qarshilik kiritilishi bilan  $S_{kr}$  ning qiymati orta boshlaydi. Bunda  $M_{\max}$  ning qiymati o'zgarmay,  $S_{kr}$  ko'payishi tomon surila boshlaydi (2.28- rasm). Natijada  $I_b$  kamayib,  $M_b$  ko'payadi. Bunda ishga tushirish reostati qarshiligining pog'onalar soniga teng sun'iy tavsiflarda ishlash mumkin bo'ladi. Bu faza rotorli motorning afzalliklaridan hisoblanadi.

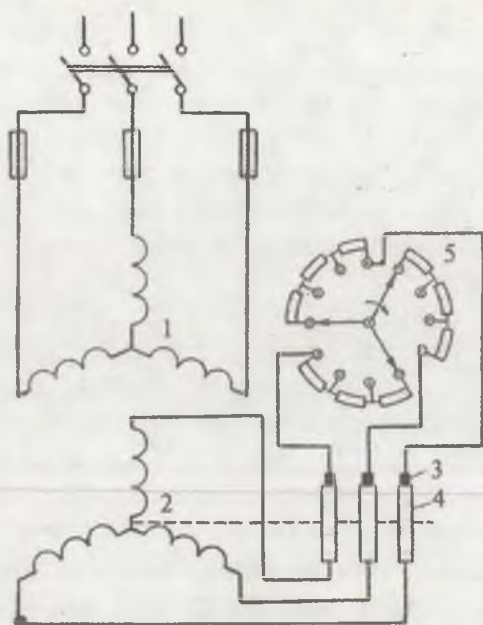
(2.36) ifodaga muvofiq  $R_1 = 0$  deb qabul qilinsa, u holda, ishga tushiruvchi momentni motorning  $M_{\max}$  maksimal momenti-gacha ko'tarish uchun  $R_2^k = x_1 + x_2^k$  bo'lishi kerak. Bunda  $S_{kr} = 1$  bo'ladi. Demak, agar faza rotorli motorni ishga tushirishda  $I_b$  ni kamaytirish uchun tashqi qarshilik  $R_2^k$  ning qiymatini  $x_1 = x_2^k$  ga tenglashguncha ko'paytirilsa, motorning aylantiruvchi momenti  $M_b$  ning qiymati  $M_{\max}$  gacha ko'payadi. Agar  $R_2^k > x_1 + x_2^k$  bo'lsa, u holda  $I_b$  ning kamayishi bilan  $M_b$  ning qiymati ham kamaya boradi (2.28- rasm). Faza rotorli motorning ishi reostatli tavsifdan tabiiy tavsifga o'tkazilganda, u xuddi qisqa tutashtirilgan rotorli motor singari ishlay boshlaydi. 2.28- rasmda keltirilgan mexanik tavsiflarning ish qismi to'g'ri chiziqqa yaqinroq. Haqiqatan, sirpanishning kichik qiymatlari, ya'ni  $S < S_{kr}$  da (2.39) ifodadagi maxrajning birinchi qismi  $\frac{S}{S_{kr}}$  hisobga olinmasligi mumkin. Bunda motorning mexanik tavsifi quyidagicha ifodalanadi:

$$M = 2M_{\max} \frac{S}{S_{kr}} = AS, \quad (2.42)$$

bunda

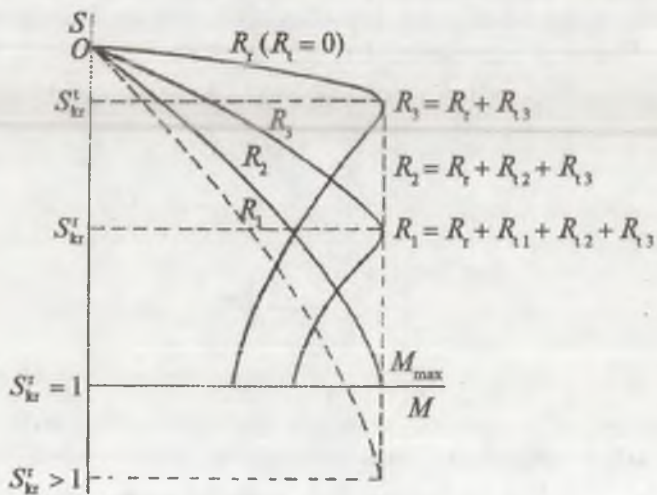
$$A = \frac{2M_{\max}}{S_{kr}}.$$

Bu ifodaga ko'ra, mexanik tavsifni qurish uchun ikki nuqtani:  $S=0$ ;  $M=0$  va  $M=M_n$ ;  $S=S_n$  ni tutashtirish kifoya. Bunda katta xatoga yo'l qo'yilmaydi. Demak, rotor zanjiriga kiritiladigan tashqi qarshilik qiymatini 2.7- rasmda ko'rsatilgan singari grafik usulda aniqlash mumkin. Shunga o'xshash, tavsifning beqaror qismida



2.27- rasm. Faza rotorli asinxron motorning ulanish sxemasi:

1 – stator; 2 – rotor; 3 – choʻtka; 4 – kontakt halqasi; 5 – ishga tushiruvchi reostat.



2.28- rasm. Faza rotorli asinxron motorning tabiiy va reostatli tavsiflari.

$S > S_{kr}$  bo'lgani uchun (2.39) ifoda maxrajining ikkinchi qismi  $\frac{S_{kr}}{S}$  ni hisobga olmaslik mumkin. Bunda asinxron motorning mexanik tavsifi

$$M = 2M_{\max} \frac{S_{kr}}{S} = \frac{N}{S}$$

giperbola egri chizig'ini ifodalaydi, bunda  $N = 2M_{\max} S_{kr}$ .

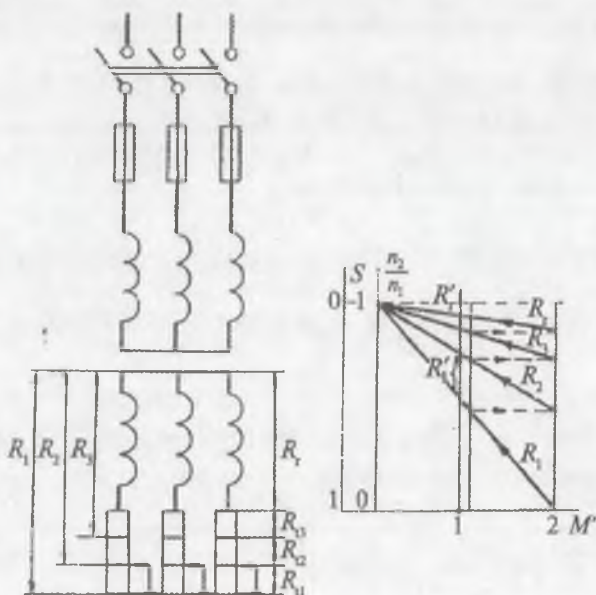


## Faza rotorli asinxron motorning ishga tushiruvchi reostati qarshiligini hisoblash

Buning uchun, yuqoridagi singari, taqribiy grafik usulidan foydalanish tavsiya qilinadi (2.29- rasm).

Faza rotorli motorda rotor zanjirining har bir fazasiga tegishli aktiv qarshilikning  $R_2^k$  qiymati sirpanishga teng bo'ladi. (2.42) formuladagi  $S_{kr}$  o'rniga, uning  $S_{kr} = \frac{R_2^k}{x_1 + x_2^k}$  qiymatini qo'yib, quyidagi ifoda olinadi:

$$M = 2M_{\max} \frac{x_1 + x_2^k}{R_2^k} S. \quad (2.43)$$



2.29- rasm. Faza rotorli asinxron motorni ishga tushiruvchi reostat qarshiligini grafik usulda aniqlash.

$R_2^k$  ning qiymati rotor zanjirining haqiqiy aktiv qarshiligidan ma'lum o'zgarmas koeffitsientga farq qilgani uchun (2.43) dagi hamma o'zgarmas miqdorlarni  $B$  koeffitsient bilan belgilab, quyidagi ifodani olish mumkin:

$$M = B \cdot \frac{S}{R_2^k}, \quad (2.44)$$

yoki  $S=1$  va  $M=M_n$  bo'lganda rotor zanjiridagi aktiv qarshilik o'zining nominal qiymati  $R_{2n}$  ga teng bo'lgani uchun

$$M_n = B \cdot \frac{1}{R_{2n}} \quad (2.45)$$

ifodani (2.44) ifodaga bo'linganda  $\frac{R_2}{R_{2n}} = \frac{M_n}{M} S$  hosil bo'ladi.

Demak,  $M = M_n = \text{const}$  bo'lsa,  $\frac{R_2^k}{R_{2n}} = R_2' = S$  bo'ladi. Shunga

ko'ra,  $R_r' = S_n$  bo'lib,  $R_r = R_r' R_{2n}$  bo'ladi va hokazo, bunda  $R_{2n}$  – rotorning nominal qarshiligi bo'lib, uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{2n} = \frac{E_{2n}}{\sqrt{3}I_{2n}}, \quad (2.46)$$

bunda  $E_{2n}$  ochiq zanjirli rotor chulg'aminin (tashqi qarshilik bilan tutashtirilmaganda) ikki fazasi orasidagi e.y.k.

$I_{2n}$  – rotorning nominal toki. E.y.k. ning qiymati ham, rotorning nominal toki ham katalogda beriladi.

Nominal kuchlanishli elektr tarmog'iga ulangan tinch holatdagi motor rotori tokini nominal qiymat  $I_{2n}$  gacha chegaralovchi zanjirning to'la qarshiligi faza rotorli motorning nominal qarshiligi deb ataladi va  $R_{2n}$  bilan belgilanadi (ichki va tashqi aktiv qarshiliklar yig'indisi).

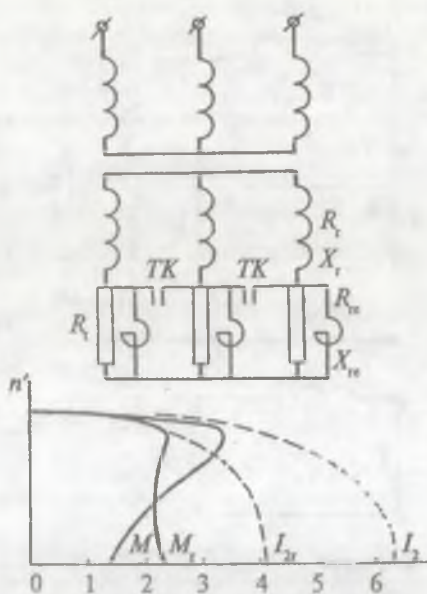
## 2.17. Reaktor bilan ishga tushiriladigan faza rotorli asinxron motorning mexanik tavsifi

Motoring rotor zanjiriga ketma-ket yoki parallel ravishda reaktor ulab, uni deyarli o'zgarmas va katta qiymatli boshlang'ich moment ( $M_b$ ) bilan ishga tushirish mumkin. Bunda, ishga tushirish jarayoni birgina pog'ona qarshiligi orqali juda silliq va jadal o'tkaziladi.

Rotor zanjiriga kiritilgan tashqi aktiv qarshilik  $R_f$  ga reaktor parallel ulanganda, ayniqsa, yaxshi natijalar beradi. Bunda, rotor zanjiriga faqat bir pog'ona qarshilikni kiritish kifoya. 2.30- rasmda motorni reaktor orqali ishga tushirish sxemasi va undagi mexanik tavsiflar ko'rsatilgan.

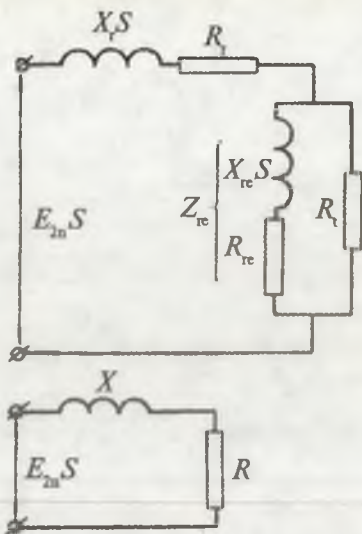
Motorni ishga tushirish jarayonining boshlanishida rotordagi tok chastotasi elektr tarmoqdagi tok chastotasiga teng bo'ladi. Shuning uchun reaktorning induktiv qarshiligi  $X_{re}$  katta bo'ladi. Natijada ishga tushirish toki, asosan,  $R_f$  orqali o'tadi. Motor aylanishi bilan rotor tokining chastotasi kamayib, rotordagi e.y.k. va reaktordagi induktiv qarshilikning qiymati ham kamaya boshlaydi. Bunda, rotor toki reaktordan o'ta boshlaydi. Motor tezligi sinxron tezlikka yaqinlashganda  $X_r \equiv 0$  bo'lib, rotor toki, asosan, reaktordan o'tadi. Bunda, reaktorning aktiv qarshiligi  $R_{re}$  juda kichik bo'lgani uchun, motor tezligi tabiiy tavsifdagi tezlikdan kam farq qiladi. Demak, sxemadagi bir pog'ona  $R_f$  qarshilik TK kontaktor orqali shuntlanmasa ham motor nominal tezlik bilan ishlashi mumkin. U holda reaktorni uzoq muddat davom etadigan yuklama tokiga hisoblash va uning gabaritini oshirish kerak.

Bundan tashqari,  $M_r$  reaktorli tavsifda  $M_{max}$  ning qiymati tabiiydagi ( $M$ ) ga nisbatan ancha kichik bo'ladi. Bunda motorning o'ta yuklanish qobiliyati pasayadi. Shu sabablarga ko'ra motor reaktorli tavsifda ishga tushirilgandan so'ng, uni tabiiy tavsifga o'tkazish tavsiya qilinadi. Shunday qilib, motorni reaktorli sxema bilan ishga tushirganda rotor toki  $I_{2r}$  quvvat koeffitsienti  $\cos\psi_2$  va, demak, moment  $M_r = c\Phi I_{2r} \cos\psi_2$  deyarli o'zgarmaydi. Shunga ko'ra, faza rotorli motorning reaktor orqali ishga tushirish sxemasini ko'proq o'zgarimas yuklama momenti  $M_s$  bilan tez-tez ishga tushirib turiladigan mexanizmlarning elektr yuritmalarida qo'llash tavsiya qilinadi. Reaktorni kichik gabaritli qilib tayyorlash



2.30- rasm. Faza rotorli asinxron motorni reaktor bilan ishga tushirish va unga tegishli mexanik tavsiflari.

Bundan tashqari,  $M_r$  reaktorli tavsifda  $M_{max}$  ning qiymati tabiiydagi ( $M$ ) ga nisbatan ancha kichik bo'ladi. Bunda motorning o'ta yuklanish qobiliyati pasayadi. Shu sabablarga ko'ra motor reaktorli tavsifda ishga tushirilgandan so'ng, uni tabiiy tavsifga o'tkazish tavsiya qilinadi. Shunday qilib, motorni reaktorli sxema bilan ishga tushirganda rotor toki  $I_{2r}$  quvvat koeffitsienti  $\cos\psi_2$  va, demak, moment  $M_r = c\Phi I_{2r} \cos\psi_2$  deyarli o'zgarmaydi. Shunga ko'ra, faza rotorli motorning reaktor orqali ishga tushirish sxemasini ko'proq o'zgarimas yuklama momenti  $M_s$  bilan tez-tez ishga tushirib turiladigan mexanizmlarning elektr yuritmalarida qo'llash tavsiya qilinadi. Reaktorni kichik gabaritli qilib tayyorlash



2.31- rasm. Reaktor kiritilgan rotor chulg'aming bir fazasi va uning ekvivalent sxemasi.

uchun uning magnit sistemasini berk zanjirli qilish lozim. Bunda uning gabariti, taxminan, motor rotoriga teng bo'ladi. Reaktor bilan ishga tushirish usulining kamchiligi shundan iboratki, uni har bir motor uchun hisoblash va maxsus tayyorlash lozim.

**Motorni ishga tushirish reaktorining parametrlarini hisoblash.** 2.31- rasmda rotorning bir fazasiga reaktor hamda tashqi qarshilik kiritilgan sxema va unga ekvivalent bo'lgan sxema ko'rsatilgan.

Bunda

$$R = R_r + \frac{R_{re} \cdot r + X_{re}^2 S^2}{r^2 + X_{re}^2 S^2} R_r, \quad (2.47)$$

bu yerda  $r = R_r + R_{re}$ ,

$$X = X_r S + \frac{R_r \cdot X_{re} S}{r^2 + X_{re}^2 S^2}. \quad (2.48)$$

$$I_{2r} = \frac{E_{2n} S}{\sqrt{3Z}}. \quad (2.49)$$

$$M_r = \frac{I_{2r} R}{\omega_0 S}. \quad (2.50)$$

Reaktor parametrlarini osongina topish uchun ularni, taxminan, quyidagicha qabul qilinadi:  $X_{re} \cong (3 \div) X_r$ ;  $R_{re} \cong R_r$ . So'ngra (2.47), (2.48), (2.49) va (2.50) ifodalarga ko'ra, turli sirpanishlarga tegishli  $I_{2r}$  va  $M_r$  lar topilib, tavsif quriladi. Biror talabga muvofiq tavsif olish uchun esa, reaktor parametrlarini bir oz o'zgartirish lozim.

## 2.18. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorni ishga tushirish usullari

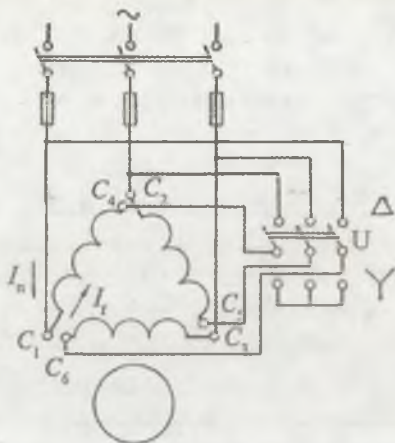
Qisqa tutashtirilgan rotorli motorni bevosita elektr tarmog'iga ulab ishga tushirish mumkin. Bunday ishga tushirish jarayonining 05÷1 sekund davom etuvchi dastlabki onlarida motor qisqa tuta-

shish rejimida ishlab, uning toki ( $I_b$ ) nominalga nisbatan  $5 \div 10$  marta katta bo'ladi. Motorning bir necha sekund davom etuvchi ishga tushirish jarayoni tugashi bilan uning toki qarshilik momenti

( $M$ ) ga binoan aniqlanuvchi  $I_s = \frac{M_s}{C_m}$  gacha kamayadi. Shu sababli ishga tushirish toki dastlabki qiymatining nominalga nisbatan  $5 \div 10$  marta katta bo'lishi motor uchun xavfli emas. Lekin bunday motorlar elektr tarmog'iga ko'p marta ulab-uzilsa (ulanish soni katta bo'lsa) u holda, motor  $I_b$  tok ta'sirida haddan tashqari qizib ketishi mumkin. Shunga ko'ra, qisqa tutashtirilgan rotorli motorlar elektr tarmog'iga ulanish soni katta bo'lgan elektr yuritmalarda qo'llanilmaydi. Ayniqsa, katta quvvatli motorlar ishga tushirilganda  $I_b$  ning ta'sirida elektr tarmog'idagi kuchlanish  $U$  ni qiymati kuchlanish pasayishi  $\Delta U$  kattaligi sababidan sezilarli darajada kamayib ketishi mumkin. Bunda,  $M$  ning  $U^2$  ga mutanosib bo'lganligi uchun, elektr tarmoqqa ulanib, ma'lum yuklamada ishlab turgan asinxron motorlarning sirpanishi ortib ketishi va, hatto, ba'zilar o'z-o'zidan to'xtab qolishi, kuchlanish tiklanishi bilan ularning yana aylanib ketishi xavfi tug'iladi. Demak, motorni eng oddiy usul, ya'ni uni bevosita elektr tarmoqqa ulash bilan ishga tushirish, ayrim hollarda, mumkin bo'lmaydi. Qisqa tutashtirilgan rotorli motorni bevosita elektr tarmoqqa ulab, ishga tushirishda  $P_m \leq 25\% P_{tm}$  bo'lishiga rioya qilish lozim, bunda  $P_m$  — motorning quvvati;  $P_{tm}$  — motor ulangan elektr tarmog'idagi transformatorning quvvati. Agar bu elektr tarmog'iga motorlar bilan birga yorug'lik lampalari ham ulansa, u holda,  $P_m \leq 5\% P_{tm}$  bo'lishi lozim. Hozirgi paytda bir necha ming kW quvvatga ega bo'lgan motorlarni bevosita elektr tarmog'iga ulab ishlatish mumkin. Qishloq xo'jaligida va qurilishlarda ishlatiladigan asinxron motorlarini ko'pincha kichik quvvatli tok manbalardan foydalanib ishga tushiriladi. Qisqa tutashgan rotorli motorni bevosita, elektr tarmog'iga ulab ishga tushirish imkoniyati bo'lmasa, u holda,  $I_b$  ning qiymati quyidagi usullar bilan kamaytiriladi:

**Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor stator chulg'amini yulduz sxemasidan uchburchak sxemasiga o'tkazib ishga tushirish.**

Ma'lumki, qisqa tutashtirilgan rotorli motor statorining chulg'ami elektr tarmoqqa yulduz yoki uchburchak sxemasida ulanadi (2.32- rasm). Bunda, u yoki bu sxemaning qo'llanilishi stator chulg'amining faza kuchlanishiga va elektr tarmog'idagi fazalararo kuchlanish qiymatlariga bog'liq bo'ladi. Masalan, tarmoqdagi



2.32- rasm. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorni yulduz sxemasidan uchburchak sxemasiga o'tkazib ishga tushirish.

bo'lgan motorni yulduz sxemasida ulash bilan ishga tushirilsa, uning fazasiga normal kuchlanishga nisbatan  $\sqrt{3}$  marta kam kuchlanish berilgan bo'ladi. Natijada, elektr tarmog'idan motorga berilayotgan tokning qiymati  $I_l$  uchburchak sxemasidagiga nisbatan uch marta kamayadi va, demak, elektr tarmog'idagi kuchlanishning kamayishi, shu tarmoqqa ulanib ishlayotgan boshqa motorlar ishiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatmaydi. Haqiqatan, yulduz sxemasi uchun liniya va faza toklarining qiymatlari bir-biriga teng bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$I_l^Y = I_r^Y = \frac{U_l}{\sqrt{3}Z_r},$$

bunda  $Z_r$  — stator chulg'aming faza qarshiligi. Uchburchak sxemasi uchun esa:

$$I_l^\Delta = \sqrt{3}I_r = \sqrt{3} \frac{U_l}{Z_r}$$

bo'ladi. Bundan

$$\frac{I_l^Y}{I_l^\Delta} = \frac{U_l Z_r}{U_l Z_r \sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}.$$

Shunga ko'ra, motor yulduz sxemasi bo'yicha ulanganda uning aylantiruvchi momenti  $M$  kuchlanish  $U_2$  ga mutanosib bo'lgani uchun uchburchak sxemasidagi  $M^\Delta$  ga nisbatan uch marta

kuchlanish 380 V bo'lib, motor pasportida keltirilgan kuchlanish 220/380 V, ya'ni uning fazasi 220 V kuchlanishga hisoblangan bo'lsa, bu motorni yulduz sxemada ulash kerak. Bunda uning

fazasiga  $U_f = \frac{380 \text{ V}}{1,73} = 220 \text{ V}$  ga teng, ya'ni normal kuchlanish beriladi. Agar motorning fazasi 380 V kuchlanishga hisoblangan bo'lsa, u holda, uni fazalararo kuchlanishi  $U_l = 380 \text{ V}$  tarmoqqa uchburchak sxemasida ulash kerak. Bunda  $U_f = U_p$  bo'ladi. Shunga ko'ra, uchburchak sxemasida ulanishi lozim



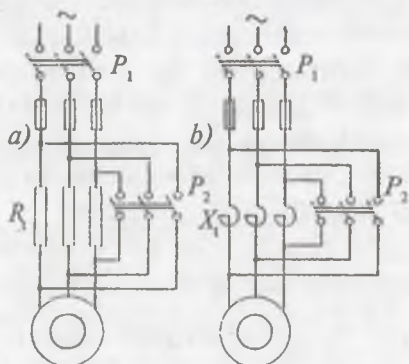
kam, ya'ni  $\frac{M^Y}{M^\Delta} = \frac{1}{3}$  va, demak, quvvatlar nisbati ham  $\frac{P^Y}{P^\Delta} = \frac{1}{3}$  bo'ladi.

Demak, bu usul bilan motorni faqat salt ish rejimida yoki  $M_s = (0,3 \div 0,4)M_n$  bo'lgan yuklamalarda ishga tushirish mumkin. 2.32- rasmda motorni almashlab-ulagich ( $u$ ) bilan yulduz sxemasidan uchburchak sxemasiga o'tkazib ishga tushirish ko'rsatilgan. Ishga tushirish jarayoni tugashi bilan motor uchburchak sxemasiga o'tkaziladi.

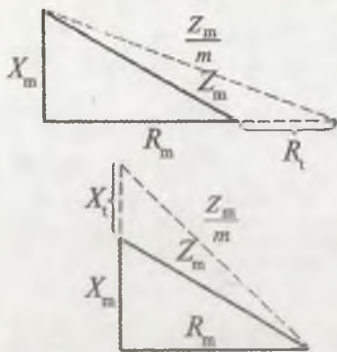
Hozirgi paytda bu usuldan keng foydalanish maqsadida faza kuchlanishi 380 V hisoblangan, normal ish rejimda uchburchak sxemada ishlaydigan motorlar ko'plab ishlab chiqarilmoqda.

**Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning stator chulg'amiga aktiv yoki induktiv qarshiliklarni ketma-ket kiritib, ishga tushirish.** 2.33- rasmda motorni aktiv tashqi  $R_1$  va induktiv  $X_1$  qarshiliklar bilan ishga tushirish sxemasi ko'rsatilgan. Motorni  $a$  va  $b$  sxemalarga binoan ishga tushirish uchun  $R_1$  rubilnikni tutashtirish kifoya. Bunda elektr tarmog'idagi kuchlanishning ma'lum qismi  $R_1$  yoki  $X_1$  qarshiliklar ta'sirida pasayib, qolgan qismi esa stator chulg'amiga beriladi. Natijada, ishga tushirish toki  $I_b$  va moment  $M_b$  ning qiymatlari kamayadi. Ishga tushirish jarayoni tugashi bilan  $R_1$  rubilnikni tutashtirib motorga normal kuchlanish beriladi va  $u$  tabiiy tavsifga o'tib ishlay boshlaydi. Reaktorli sxemadagi ishga tushirish toki  $I_{br}$  ni yoki moment  $M_{br}$  ni bevosita ulashdagi  $I_b$  ga nisbatan  $m$  yoki  $M_b$  ga nisbatan  $n$  marta kamaytirishda, ya'ni  $I_{br} = mI_b$  yoki  $M_{br} = nM_b$  da stator chulg'amiga kiritiladigan  $R_1$  yoki  $X_1$  qarshiliklar quyidagicha aniqlanadi. Bunda  $M$  ning qiymati  $U^2$  ga mutanosib bo'lgani uchun  $n = m^2$  bo'ladi, ya'ni moment tokka nisbatan ko'proq kamayadi. Haqiqatan,  $m = 0,7$  bo'lsa,  $n = 0,49$  bo'ladi.

2.34- rasmda keltirilgan grafiklardan  $R_1$  va  $X_1$  ning qiymatlari osongina aniqlanadi, ya'ni



2.33- rasm. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning statoriga aktiv  $R_1$  va induktiv  $X_1$  tashqi qarshiliklarni kiritib ishga tushirish.



2.34- rasm. Qisqa tutashirilgan rotorli motor statoriga kiritiladigan tashqi qarshilik  $R$  va  $X$  larni grafik usulda hisoblash.

$$R_1 = \sqrt{\left(\frac{Z_m}{m}\right)^2 - X_m^2} - R_m, \quad (2.51)$$

$$X_1 = \sqrt{\left(\frac{Z_m}{m}\right)^2 - R_m^2} - X_m, \quad (2.52)$$

bunda  $\frac{Z_m}{m}$  – motorning ishga tushirish tokini  $m$  marta kamaytirish uchun kerak bo‘lgan to‘la qarshilik;

$$R_m = R_1 + R_2^k \text{ va } X_m = x_1 + x_2^k$$

tegishli motorning aktiv (ichki) va induktiv qarshiliklari.

Motorning  $M_b$  momentini  $M_{br}$  gacha kamaytirish uchun kerak bo‘lgan tashqi  $R_1$  va  $X_1$  qarshiliklar quyidagicha aniqlanadi:

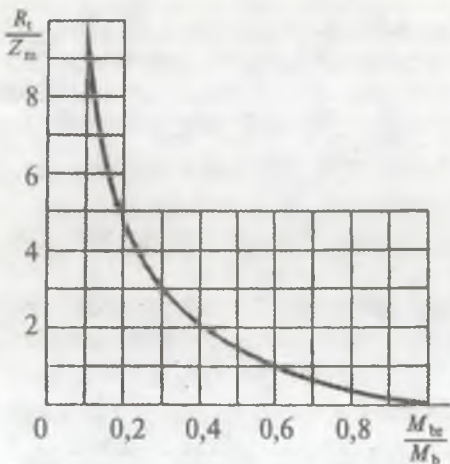
$$R_1 = \sqrt{\frac{Z_m^2}{n} - X_m^2} - R_m, \quad (2.53)$$

$$X_1 = \sqrt{\frac{Z_m^2}{n} - R_m^2} - X_m. \quad (2.54)$$

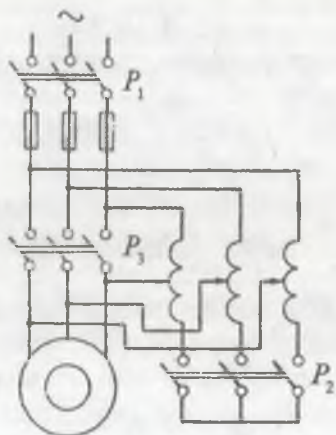
Katta quvvatli, past kuchlanishli motorlarni salt ish rejimida yoki kichik yuklamada ishga tushirish lozim bo‘lsa, u holda  $I_b$  ni kamaytirish uchun stator chulg‘amiga  $R_1$  ni kiritish lozim. Yuqori kuchlanishli motorlar uchun esa reaktor qo‘llanilishi lozim. Motorning ishga tushirish tokini chegaralamay, faqat momentini kamaytirish lozim bo‘lsa, u holda statorning bir fazasiga  $R_1$  ni kiritish kifoya. Bu oddiy va tejimli usulni kichik va o‘rta quvvatli stanoklar, kranlar va transport mexanizmlari elektr yuritmalarida qo‘llanilishi tavsiya qilinadi.

$R_1$  ning qiymati 2.35- rasmda keltirilgan egri chiziqdan aniqlanadi. Masalan, ishga tushirish momentini tabiiydagi  $M_b$  ga nisbatan ikki marta kamaytirish uchun  $\frac{R_1}{Z_m} = 1,5$  bo‘lishi kerak, bundan  $R_1 = 1,5Z_m$  bo‘ladi.

**Qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motorni avtotransformator bilan ishga tushirish.** 2.36- rasmda asinxron motorni avtotransformator orqali ishga tushirish sxemasi ko‘rsatilgan. Bunda



2.35- rasm. Stator zanjiriga kiritiladigan tashqi aktiv qarshilik ( $R_1$ ) ni topish uchun hisoblangan diagramma.



2.36- rasm. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorni avtotransformator bilan ishga tushirish sxemasi.

motorni  $r_1$  rubilnik bilan elektr tarmog'iga ulashdan avval,  $r_2$  berk,  $r_3$  esa ochiq holda bo'lishi kerak. Natijada, stator chulg'amiga avtotransformatorning transformatsiya koeffitsienti  $k_a$  qadar kamaytirilgan kuchlanish beriladi. Bunda, motorning ishga tushirish toki, avtotransformatorning motor ulangan ikkilamchi chulg'amida  $k_a$  marta kamaysa, elektr tarmog'iga ulangan birlamchi chulg'amda  $k_a^2$  marta kamayadi. Shunga ko'ra,  $M_b$  ning qiymati ham  $k_a^2$  marta kamayadi. Shunday qilib, motorni ishga tushirish jarayoni boshlangandan so'ng  $r_2$  rubilnik ajratiladi. Bunda avtotransformator stator chulg'amiga ketma-ket ulangan reaktorga aylanadi. Natijada, stator chulg'amiga berilgan kuchlanish qiymati, avtotransformatordagiga nisbatan bir oz ko'payadi. Aylanish tezligining ortishi bilan  $r_3$  tutashtiriladi va motor nominal kuchlanish bilan tabiiy tavsifga o'tib ishlay boshlaydi.

Demak, motorni avtotransformator bilan ishga tushirish quyi-dagi uch bosqichda amalga oshiriladi: birinchi bosqichda, stator chulg'amiga  $U_{11} = (0,5 \div 0,7) U_n$ , ikkinchida  $U_{12} = (0,7 \div 0,8) U_n$  va uchinchi bosqichda esa  $U_{13} = U_n$  to'la kuchlanish beriladi.

Shunday qilib, motorni avtotransformator bilan ishga tushirishda stator chulg'amidan o'tadigan tokning qiymati reaktor va aktiv qarshilikni ulash usullaridagi tok qiymatiga teng bo'lsa-da, ammo elektr tarmog'idagi tok qiymati ularga nisbatan  $k_a$  marta

kam bo'ladi. Bu esa uning asosiy afzalligidir. Ammo, bu usul bilan motorni ishga tushirish ancha qimmatga tushadi. Shuning uchun, motorni avtotransformator orqali ishga tushirish usuli,  $M$  ma'lum qiymatgacha kamaytirilganda, yuqoridagi usullar bilan elektr tarmog'idagi tokning qiymati yetarlicha kamaymaganda, katta quvvatli yuqori kuchlanishli motorlarda qo'llaniladi.

Qisqa tutashtirilgan rotorli motorlarda  $I_b$  tokining kamayishi bilan  $M_b$  ning kamayishi, ba'zi mashinalarda, masalan, ip yigiruv yoki qog'oz tayyorlash mashinalarning elektr yuritmalarida juda qulay keladi, ya'ni bunda uzatuvchi va ish mexanizmiga xavfli darajada ta'sir etuvchi siltanishlar hosil bo'lmaydi. Ammo, ayrim mexanizm elektr yuritmalarida esa  $M_b$  ning katta qiymati bilan tez-tez ishga tushirish talab qilinadi. Bunda, nisbatan katta  $M_b$  va nisbatan kichik  $I_b$  li maxsus tuzilishga ega bo'lgan qisqa tutashtirilgan rotorli motorlar qo'llaniladi. Bunday motorlarning rotori, konsentrik ravishda o'rnatilgan qo'sh katakli yoki chuqur pazlarga o'rnatilgan jezdan yasalgan to'g'ri to'rtburchak shaklidagi sterjenlardan iborat qisqa tutashtirilgan chulg'amlarga ega bo'ladi. Takrorlanuvchi qisqa muddatli rejimda ishlaydigan mexanizm elektr yuritmalarda (metallurgiya mexanizmlari va kranlarda) qo'llaniladigan MTK tipli maxsus qisqa tutashtirilgan rotorli motorning ishga tushirish momenti  $M_b = (2 \div 3,2) M_n$ ;  $M_{\max} = (2,3 \div 3,4) M_n$  bo'lib, ishga tushirish toki esa  $I_b = (3 \div 5) I_n$  bo'ladi. Lekin bunday motorlarning nominal yuklamaga tegishli  $\eta$  va  $\cos \varphi$  qiymatlari normal tipdagilarga nisbatan ancha kam bo'ladi. Amalda MTK tipli motorlardan tashqari  $M_b$  momenti oshirilgan AP va katta sirpanishli AS tiptagi qisqa tutashtirilgan rotorli motorlar ham uchraydi.

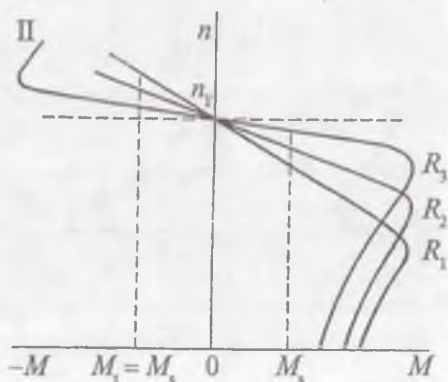
АП tipli motorlarda  $M_b = 1,8 M_n$ ;  $M_{\max} = 2,2 M_n$ ;  $I_b \cong 6 I_n$  va  $S = 0,03$  bo'lib, katta qarshilik momenti  $M_s$  bilan ishga tushiriladigan va uzoq vaqt davom etadigan rejimda ishlaydigan mexanizmning, masalan, don va tosh maydalaydigan tegirmonlar, nasos, ventilyator va shu kabilarning elektr yuritmalarida qo'llaniladi. AS tipli motorlarda esa  $M_b \cong 2,1 M_n$ ;  $M_{\max} = 2,3 M_n$ ;  $I_b \cong 4 I_n$ ;  $S = 0,1 \div 0,16$  bo'ladi. Bunday motorlarning  $\eta$  qiymati past bo'lgani uchun, ularni qisqa vaqtli ish rejimida ishlaydigan mexanizm elektr yuritmalarida qo'llashi qulay bo'ladi (dastgohlarning yordamchi mexanizmlarida va shu kabilarda). Yuqorida aytilgan asinxron motorlar ancha murakkab tuzilishga ega bo'lsa ham, ularni bevosita elektr tarmog'iga ulab ishga tushirish mumkin.

## Tormoz rejimida ishlayotgan asinxron motorning mexanik tavsifi

Parallel qo'zg'atishli motor singari asinxron motor ham uch xil: generator, teskari ulanish va elektrodinamik tormoz rejimida ishlashi mumkin.

**Asinxron motorning generator rejimi.** Agar ishlab turgan motorni tashqi kuch yordamida sinxron tezlik  $n_1$  dan yuqori, ya'ni  $n_2 > n_1$  tezlik bilan aylantirilsa, u asinxron generator rejimiga o'tib ishlay boshlaydi. Bunda, uning 2.37- rasmda koordinata tekisligining II kvadrantida ko'rsatilgan tavsifi rotor zanjiridagi uchta turli aktiv qarshilik  $R_1$ ,  $R_2$ , va  $R_3$  larga tegishli motorning reostatli tavsifining davomi bo'ladi. Asinxron motorning bunday rejimi ko'p tezlikli motorni yuqori tezlikdan past tezlikka o'tkazishda, traktorlarda qo'llaniladigan ichki yonuv motorlarida (uni chiniqtirishda) va shu kabilarda uchraydi. Ta'mirdan chiqqan traktor motorini chiniqtirish uchun, avvalo, bu motorni qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor orqali bir necha vaqt aylantirilib, so'ngra uni ishga tushiriladi. Bunda, traktor motorining tezligi asta-sekin ko'paytiriladi va, nihoyat, uning  $n_2$  tezligini qiymati sinxron tezlik ( $n_1$ ) dan ortiq bo'lishi bilan asinxron motori generator rejimiga o'tib traktor motorini tormozlay boshlaydi. Tormozlash momentining qiymati  $n_2$  ni  $n_1$  ga nisbatan ko'payishiga mutanosib bo'ladi. Bunda asinxron motor elektr tarmog'idan o'z magnit maydonini qo'zg'atish uchun reaktiv quvvat olib, traktor motoridan olayotgan mexanik quvvatni esa elektr energiyasiga aylantirib, uni o'zi ulangan tarmoqqa uzatib ishlaydi.

**Asinxron motorning teskari ulanish rejimi.** Asinxron motorning bu rejimi ham, parallel qo'zg'atishli motorlar singari, yuklarni kran orqali tushirish va ma'lum tomonga aylanib turgan elektr yuritmani reverslash yoki uni tezda to'xtatishda uchraydi. Bunda, motor o'z ulanishiga nisbatan teskari tomonga aylanadi. Shunga ko'ra, bu rejimda rotorning e.y.k. uning



2.37- rasm. Asinxron motorning generator rejimidagi mexanik tavsiflari.

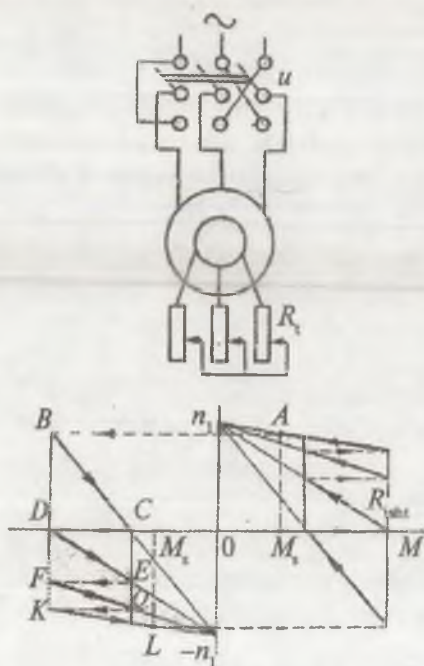
qo'zg'almas holatidagiga nisbatan ko'proq bo'ladi. Haqiqatan, statoridagi aylanuvchan magnit maydoniga teskari yo'nalishda harakatlanayotgan rotor chulg'amida  $f_1$  ga nisbatan kattaroq chastota bilan e.y.k. induksiyalanadi. Demak, rotordagi tok qiymati katta qiymatga ega bo'ladi. Uni tashqi qarshilik kiritish bilan chegaralanadi.

Teskari ulash rejimiga ko'ra, faza rotorli motor bilan biror yukni kran orqali tushirish ham 2.9- rasmdagi kabi bajariladi.

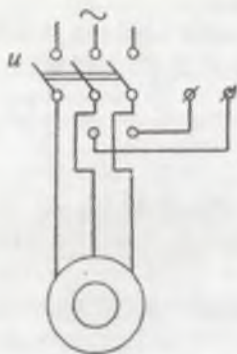
Ishlab turgan motorni teskari ulanish rejimiga o'tkazish uchun, statorning ikki faza o'rinlarini almashlab-ulagich ( $u$ ) orqali almashtirib, ularni yana shu elektr tarmog'iga ulash kifoya (2.38- rasm). Bunda, rotor zanjiriga, uning ishga tushirish qarshiligidan tashqari, qo'shimcha aktiv qarshilik kiritiladi. Natijada, rotor aylanishiga teskari yo'nalgan tormozlovchi moment hosil bo'lishi sababli motor  $BC$  tavsifi bo'yicha tormozlanib, uning  $C$  nuqtasida to'xtaydi, bunda motor elektr tarmog'idan ajratilmasa va uning momenti  $M_s$  dan katta bo'lsa, u holda motor teskari tomonga  $CDEFGKL$  tavsifi bo'yicha motor rejimida aylana boshlaydi.

$L$  nuqtada esa u turg'un rejimda ishlay boshlaydi (2.38- rasm). Motorning bu rejimda ishlashi va tavsifi 2.10- rasmda ko'rsatilgan parallel qo'zg'atish chulg'amli motorniki kabi bo'ladi.

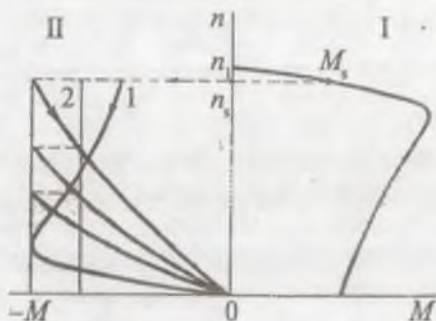
Asinxron motorning teskari ulanish rejimida ham inersiya kuchi ta'sirida aylanuvchi qismlarining kinetik energiya yoki tushirilayotgan yukning potensial energiyasi elektr energiyasiga aylanib, rotor zanjiri qarshiliklarini qizitish uchun sarflanadi. Bunda motor elektr tarmog'idan energiya olib, uni rotor zanjiri qarshiliklarini qizitish uchun sarflaydi. Teskari ulanish rejimi uchun rotor zanjiriga kiritilishi lozim bo'lgan qo'shimcha qarshilik quyidagicha aniqlanadi.



2.38- rasm. Asinxron motorni teskari ulanishi rejimidagi sxemasi va unga tegishli mexanik tavsiflar.



2.39- rasm. Asinxron motorni elektro-dinamik rejimda ulash sxemasi.



2.40- rasm. Asinxron motorning dinamik rejimdagi mexanik tavsiflari:

- 1 – qisqa tutashtirilgan;
- 2 – faza rotorli motorlar.

Bunda dastlab teskari tezlikda motor valiga ta'sir etuvchi momentning ma'lum qiymatiga ko'ra rotordagi to'la qarshilik  $R_z$  aniqlanadi. So'ngra bu qarshilikdan ishga tushirish qarshiligi  $R_{isht}$  ning qiymatini ayirib, teskari ulanish rejimi uchun kerak bo'lgan qo'shimcha qarshilik  $R_w$  qiymati aniqlanadi, ya'ni  $R_w = R_z - R_{isht}$ . 2.38- rasmda,  $R_z$  va  $R_{isht}$  ga tegishli tavsiflar ko'rsatilgan. Ular orqali 2.29- rasmda keltirilgan taqribiy grafik usuli bilan  $R_z$  ning va, demak,  $R_w$  ning qiymatlarini aniqlash mumkin.

**Asinxron motorning elektro-dinamik rejimi.** Motorni tez va aniq to'xtatishda elektro-dinamik tormozlash rejimi ancha keng tarqalgan. Buning uchun ishlab turgan motor statorini uch fazali elektr tarmoqdan uzgich-ulagich  $u$  orqali ajratib, unga o'zgarmas tok berish kerak (2.39- rasm). Bunda, rotor inersiya kuchlari ta'sirida o'z aylanishini davom ettirib, statordagi o'zgarmas tokdan hosil bo'lgan qo'zg'almas magnit maydonini kesib o'ta boshlaydi. Natijada, rotorda e.y.k. va, demak, uning berk zanjirida tok hosil bo'ladi. Bu tok bilan statordagi magnit maydonining o'zaro ta'siri natijasida rotorning aylanishiga teskari bo'lgan moment hosil bo'ladi. Bunda, motor tezligi tormozlanib kamaya boradi va u xuddi o'zgaruvchan chastotali sinxron generator kabi ishlaydi. Demak, motor to'xtatilganda uning tormozlash momentining qiymati ham nolga teng, ya'ni  $M_t = 0$  bo'ladi. Tormozlash momentining qiymati statorga beriladigan o'zgarmas tokka, rotor zanjirining aktiv qarshiligi va motorning boshlang'ich tezligi qiymatlariga qarab aniqlanadi.

2.40- rasmda qisqa tutashtirilgan (1) va faza rotorli (2) motorlarning dinamik tormozlash rejimidagi mexanik tavsiflari ko'rsatilgan.

Tekshirishlarga ko'ra, yulduz sxemasi bo'yicha ulangan stator chulg'amiga beriladigan o'zgarma tok  $I_n$  ning qiymati quyidagicha aniqlanadi, ya'ni

$$I_n = 1,225 I_f,$$

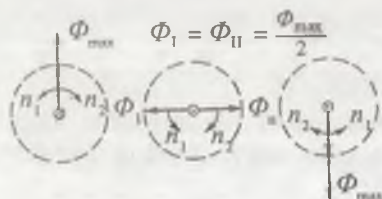
bunda  $I_f$  – stator chulg'amidagi faza tokining nominal qiymati.

Uchburchak sxemasi bo'yicha ulansa  $I_n = 2,12 I_f$  bo'lishi lozim. Faza rotorli motorning tormozlash jarayonini tezlashtirish uchun rotor zanjiriga kiritilgan qo'shimcha qarshilik pog'onalarini undan ketma-ket chiqarish lozim. Bu qarshilik qiymatlarini ham yuqoridagi singari taqribiy grafik usul bilan aniqlanadi.

Asinxron motorlarni o'z-o'zini qo'zg'atish prinsipi asoslangan elektrodinamik usul bilan ham tormozlash mumkin. Bunda statorga kondensator batareyalari ulanib ular orqali normal rejimda motorning quvvat koeffitsienti oshiriladi. Motor tarmoqdan ajratilishi bilan, u o'z-o'zini qo'zg'atadigan generator rejimiga o'tib ishlay boshlaydi. Natijada motor 2.40- rasmda ko'rsatilgani singari, tavsif bo'yicha tormozlanib to'xtaydi, Kondensator batareyalarining narxi ancha qimmat bo'lgani uchun bu usul amalda kam qo'llaniladi.

## 2.20. Bir fazali asinxron motorning mexanik tavsifi

Ma'lumki, ishlab turgan uch fazali asinxron motorning bir fazasi biror sababga ko'ra elektr tarmog'idan ajralib qolsa, u o'z ishini bir fazali motor singari davom ettiraveradi. Bunda uning quvvati uch fazalining taxminan 50÷60 foiz quvvatini tashkil qiladi. Ammo to'xtab turgan uch fazali motorga bir fazali tok berilsa, u aylanib ishga tusha olmaydi. Bunda bir fazali sinusoidal tok stator bo'yicha aylanuvchi emas, balki pulsatsiyalanuvchi magnit oqimini hosil qiladi. Natijada, motorning aylantirish momenti hosil bo'lmaydi. Haqiqatan, pulsatsiyalanuvchi magnit maydonining qiymat-



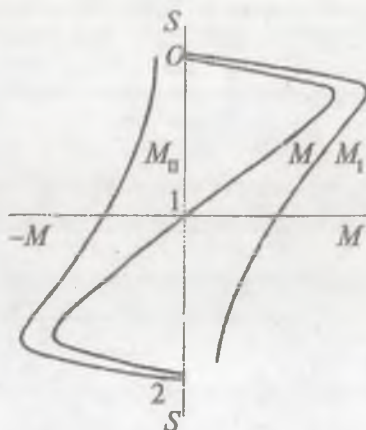
2.41- rasm. Bir fazali asinxron motorning pulsatsiyalanuvchi magnit maydoni.

lari  $\frac{\Phi_{max}}{2}$  bo'lgan va bir-biriga teskari yo'nalgan ikkita bir xil sinxron tezlik  $n_1 = n_2 = 60 \frac{f_1}{p}$  bilan aylanayotgan magnit maydonlarining yig'indisidan iborat deb qabul qilish mumkin (2.41- rasm).



Bunda rotorga qarama-qarshi yoʻnalgan aylantirish momentlari  $M_I = M_{II}$  taʼsir etib, natijada, u aylana olmaydi.

Haqiqatan, bir fazali tokka ulangan motorning 2.42- rasmda keltirilgan mexanik tavsifi  $S = f(M)$  ga koʻra ishga tushirish momenti  $M = M_I + M_{II} = 0$  boʻladi ( $S = 1$  boʻlganda). Ammo oʻng tomonga maʼlum  $n_2$  ( $0 < S < 1$ ) tezlik bilan aylanib turgan uch fazali motorning bir fazasi elektr tarmoqdan ajralib qolsa ham  $M_I > M_{II}$  tufayli u oʻz ishini davom ettiraverishi mumkin (2.42- rasm).



2.42- rasm. Bir fazali asinxron motorning mexanik tavsifi.

Bunda rotor zanjirida  $\cos\varphi_{II} < \cos\varphi_I$  boʻlgani uchun  $M_I$  momentini qiymati  $M_{II}$  ga nisbatan katta boʻladi. Haqiqatan, oʻng tomonga  $n_2$  tezlik bilan aylanayotgan rotorni  $\Phi_1$  magnit oqimi quyidagi tezlikda kesadi:

$$n_{S1} = n_1 - n_2 = n_1 - n_1(1 - S) = n_1 S. \quad (2.55)$$

$\Phi_2$  magnit oqimi esa

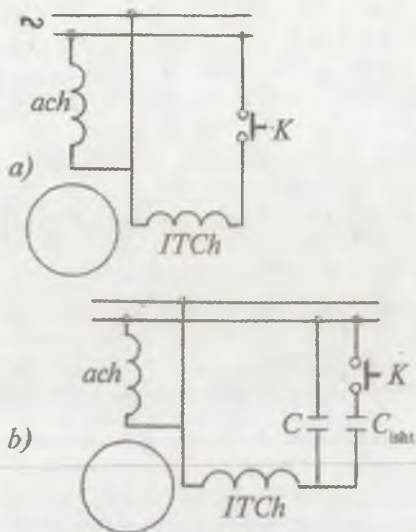
$$n_{S2} = n_1 + n_2 = n_1(2 - S) \quad (2.56)$$

tezlikda kesadi.

$n_{S2}$  tezlik bilan kesib oʻtgan rotor zanjiridagi induktiv qarshilik katta boʻlgani uchun,  $\cos\varphi_{II}$  va, demak,  $M_{II}$  nisbatan kichik qiymatlarga ega boʻladi.

## 2.21. Bir fazali motorlarni ishga tushirish

Oddiy bir fazali, yaʼni statoriga birgina chulgʻam oʻrnatilgan, qisqa tutashirilgan rotorli motorni ishga tushirish uchun, dastavval, uni tashqi kuch bilan maʼlum  $n_2$  tezlikkacha aylantirish lozim. Bunday motorlarda ishga tushirish momentini hosil qilish uchun, ularning statorida aylanuvchi magnit maydoni boʻlishi shart. Buning uchun motor statorida oʻqlari bir-biriga nisbatan  $90^\circ$  ga siljitilgan ikkita chulgʻamdagi tokni bir-biriga nisbatan  $90^\circ$  ga siljitish kifoya.



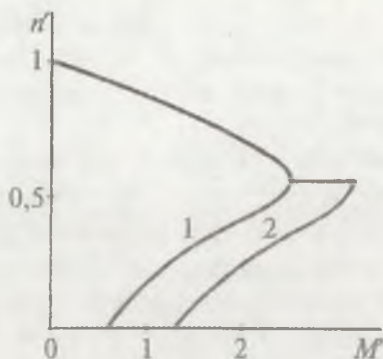
2.43- rasm. Bir fazali asinxron motorning ishga tushirish sxemalari:  
 a – katta aktiv qarshilikka ega bo'lgan ishga tushirish chulg'amli;  
 b – kondensatorli motorni ishga tushirish.

burchagini  $90^\circ$  ga tenglash uchun bir fazali motor 2.43- rasmda ko'rsatilgan sxemalar bo'yicha ishga tushiriladi.

Bir fazali motorni *a* sxema bo'yicha ishga tushirish mumkin. Ishga tushirish chulg'amining o'ramlar soni kam bo'lib, u ingichka simdan tayyorlanadi. Asosiy chulg'amga nisbatan bu chulg'amning induktiv qarshiligi kichik va aktiv qarshiligi katta bo'lishi lozim. Shunga ko'ra, bu chulg'amlardagi tok bir-biriga nisbatan  $90^\circ$  dan biroz kam burchakka siljigan bo'ladi. Demak, bu sxemada motorning ishga tushirish momenti kichik qiymatga ega bo'ladi.

Motorni ishga tushirish uchun  $K$  tugmachasi bosilishi lozim.

Ishga tushirish jarayoni tugagach, tugmacha qo'yib yuboriladi va, natijada, qisqa vaqt uchun hisoblangan ishga tushirish chulg'ami elektr tarmog'idan ajraladi. Motor *b* sxema bo'yicha ulansa, u holda, ishga tushirish jarayoni tugagach, ishga tushirish chulg'ami kondensator orqali elektr tarmog'iga ulanganicha qoladi. Bunda, uning mexanik tavsifi 2.44- rasmdagi 1 egri chiziq bilan ifodalanadi. Agar bunday kondensatorli motorni maxsus  $C_{isht}$  sig'im bilan ishga tushirilsa, u holda uning ishga tushirish momenti va maksimal momenti qiymatlari ancha ko'payadi (2.44- rasmdagi 2 egri chiziq).



2.44- rasm. Kondensatorli motorni ishga tushirishdagi mexanik tavsiflar.

Shuning uchun bir fazali asinxron motor statorida asosiy chulg'am *ach* dan tashqari, ko'pincha, ishga tushirish chulg'ami *ITCh* ham o'rnatiladi. Bu chulg'amlardagi tokning siljish

Umuman, bir fazali motorlarning texnik iqtisodiy ko'rsatkichlari ancha past bo'ladi. Haqiqatan,  $\Phi_I$  va  $\Phi_{II}$  magnit oqimlaridan rotordagi quvvat isrofi uch fazali motornikiga nisbatan, deyarli, ikki marta katta bo'ladi.  $M_I - M_{II}$  yoki  $M_{II} - M_I$  bo'lgani uchun motorning o'ta yuklanish xususiyati ancha past bo'ladi (2.42- rasm). Kondensatorli motorlarning texnik iqtisodiy ko'rsatkichlari ancha yuqori, ya'ni  $\eta = 0,6 \div 0,75$ ,  $\cos\varphi = 0,8 \div 0,95$  bo'lib, uch fazali motorlarnikiga yaqinroqdir. Ammo, ma'lum sig'imli kondensator ulangan chulg'amdagi kuchlanishning qiymati va fazasi tokka bog'liq bo'lgani uchun, undagi magnit maydoni, ma'lum yuklamada aylana bo'yicha, boshqa holda, ellips bo'yicha aylanib, motor ko'rsatkichlarini pasaytirib yuboradi. Bunday motorlarning kondensator sig'imining qiymati, ko'pincha, nominal yuklama  $P_n$ ,  $U = 220$  V va  $f = 50$  Hz uchun quyidagi ifodadan hisoblanadi:  $C = 0,05P$  [mkF], bunda  $P$  – motor validagi nominal quvvat, W hisobida.

Amalda, magnit qutblari o'zgarmas tok mashinalaridagi singari ayon shakldagi tuzilishga ega bo'lgan bir fazali motorlar ham uchraydi. Bunda magnit qutblariga kiygizilgan mis halqachalar ishga tushirish chulg'ami vazifasini o'taydi. Bunday motorlar uchun  $\eta = 0,3$ ;  $\cos\varphi = 0,4 \div 0,6$ ;  $\lambda = 1,1 \div 1,2$  atrofida bo'lib ular elektr patefonlarida, kichik quvvatli ventilatorlarda ko'p qo'llaniladi. Hozirgi paytda, tavsifi ancha yaxshilangan bunday motorlar kir yuvish mashinalarida ishlatilmoqda. Umuman, bir fazali va kondensatorli motorlar turmushda keng tarqalgan sovitish qurilmalarida, kir yuvish va tikuv mashinalarida, magnitofon va shu kabilarda qo'llanilmoqda. Bunday motorlar avtomatikada keng tarqalgan taqlidchi elektr yuritmalarda ham uchratiladi. Bundan tashqari, bir fazali motorlar o'rmon va qishloq xo'jaligida ishlatiladigan bir qancha xil qo'l asboblarda ham qo'llanilmoqda.

2.22.

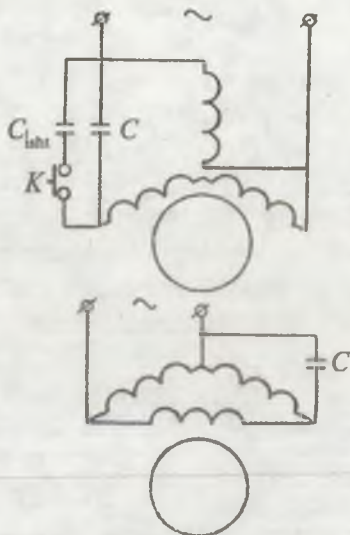
### Uch fazali asinxron motorni bir fazali elektr tarmog'iga ulab ishga tushirish

Kondensatorli motorlar singari, uch fazali motorlarni ham bir fazali elektr tarmog'iga ulab ishga tushirish mumkin. Buning uchun 2.45- rasmda ko'rsatilgan sxemalardan foydalaniladi.

Bunda  $C$  va  $C_{isht}$  larning qiymati bir-biriga teng bo'lib, quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$C_{isht} = 0,1P,$$

bunda  $P$  – motor validagi nominal quvvat, W hisobida.



2.45- rasm. Uch fazali asinxron motorni bir fazali elektr tarmog'iga ulab ishga tushirish sxemalari.

Ammo, motorni ishga tushirishda sig'implarning umumiy qiymati  $C_u = C + C_{\text{isht}} = (0,14 \div 0,15)P$  bo'lib, normal ish jarayonida esa,  $C = (0,07 \div 0,08)P$  bo'lsa, yaxshi natijalar beradi.

Uch fazali motorni bir fazali elektr tarmog'iga ulab ishlatish ko'pincha, qishloq xo'jaligi va qurilishlarda qo'llaniladi. Bunday motor aktiv yoki sig'im qarshilikli faza siljitgichlar bilan ishga tushirilishi sababli uning statorida ellips bo'yicha aylanuvchi magnit maydoni hosil bo'ladi. Shu sababli bunday motorning asosiy tavsiflarini analitik usulda hisoblash juda murakkab. Motor tavsiflarini hisoblash uchun muallif S.Majidovning ishtirokida taklif etilgan grafoanalitik usuldan foydalanish ancha qulay.

### 2.23. Sinxron motorning mexanik va burchak tavsiflari

Asinxron motorlar singari, sinxron motorlarning statorida uch fazali chulg'ami bo'lib, rotorining po'lat o'zagiga qo'zg'atuvchi va qisqa tutashirilgan chulg'amlar joylashtirilgan bo'ladi. Qo'zg'atuvchi chulg'amga cho'tka va halqalar vositasida o'zgarmas tok berilib, asosiy magnit maydoni hosil qilinadi. Qisqa tutashirilgan chulg'am bilan esa sinxron motorini asinxron usulda ishga tushirish imkoni olinadi. Shunday qilib, bu motor statoriga ham uch fazali

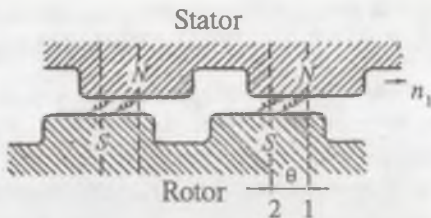
tok berilsa,  $n_1 = \frac{60f}{p}$  tezlik bilan aylanuvchi magnit maydoni hosil bo'ladi. Bu maydon rotorning qisqa tutashgan chulg'amida e.yu.k. va tok hosil qiladi. Natijada, aylantirish momenti hosil bo'lib, uning ta'sirida rotor, taxminan,  $n \cong 0,95n_1$  bo'lgan asinxron tezlik bilan aylana boshlaydi. Agar bu paytda rotorning asosiy chulg'amiga o'zgarmas tok berilsa, uning magnit maydoni bilan statoridagi aylanuvchi magnit maydonining o'zaro ta'siri natijasida sinxronlovchi moment hosil bo'ladi. Bu moment rotorni  $n_1$  sinxron tezlik bilan aylanishga majbur etadi. Bunda rotordagi o'zgarmas tokdan hosil bo'lgan magnit qutblari statorning aylanuvchi magnit qutblari bilan

xuddi prujina kabi tortishib, rotorni turg'un sinxron tezlikda aylanishga majbur etadi (2.46- rasm).

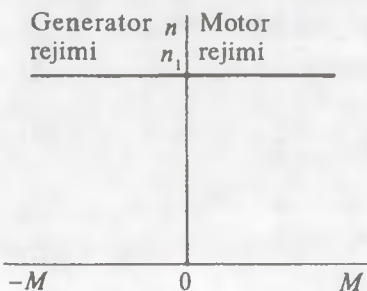
Motor rotori  $n_1$  sinxron tezlik bilan aylangani uchun u *sinxron motor* deb ataladi.

Sinxron motorning mexanik tavsifi absissa o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi (2.47- rasm), ya'ni

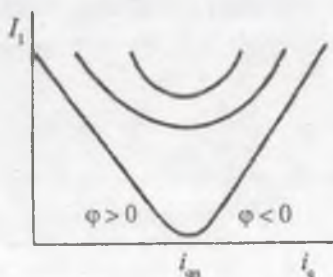
uning tezligi yuklamaga bog'liq bo'lmaydi. Sinxron motorlarning rotori bilan statori o'rtasidagi havo bo'shlig'i asinxron motorlarnikiga nisbatan kattaroq. Shunga ko'ra sinxron motorlar ancha ishonchliroq tuzilishga ega bo'ladi. Sinxron motorlarning yana bir afzalligi shundaki, ular nominal rejimda  $\cos\varphi = 1$  yoki o'zuvchi  $\cos\varphi = 0,8$  bilan ishlash imkoniga ega bo'ladi. Natijada, sinxron motor ulangan elektr tarmog'idagi quvvat koeffitsienti ancha ortadi. Rotordagi qo'zg'atish chulg'amiga beriladigan o'zgarmas tok  $i_q$  qiymatini o'zgartirish bilan sinxron motorning quvvat koeffitsienti qiymatini rostdash mumkin. Agar rotor chulg'amiga beriladigan qo'zg'atish tokining qiymati oshirib borilsa, stator chulg'amiga elektr tarmog'idan o'tayotgan tok  $I_1$  ning qiymati o'zining magnitlovchi qismining kamayishi hisobiga o'zgarib boradi (2.48- rasm). Demak,  $i_q$  ning ma'lum bir qiymati ( $i_{qn}$ ) da statorga berilayotgan tokning magnitlovchi (reaktiv) qismi nolga tenglashib, motorning quvvat koeffitsienti  $\cos\varphi = 1$  bo'ladi. Agar qo'zg'atish toki  $i_q$  qiymatini yana ko'paytirib  $i_q > i_{qn}$  qilinsa, u holda sinxron motori elektr tarmog'iga reaktiv energiya uzatib, ya'ni o'zuvchi  $\cos\varphi$  ga



2.46- rasm. Sinxron motorning statori va rotoridagi magnit maydonlari:  
1 – statorning magnit maydoni o'qi;  
2 – rotorning magnit maydoni o'qi.



2.47- rasm. Sinxron motorning mexanik tavsiflari.



2.48- rasm. Sinxron motorning U – nusxa diagrammasi.

ega bo'lib ishlay boshlaydi. O'zuvchi  $\cos\varphi = 0,8$  ga hisoblangan sinxron motorlari quvvat koeffitsienti  $\cos\varphi = 1$  bo'lgan motorlarga nisbatan ancha og'ir, qimmat va foydali ish koeffitsienti past bo'ladi. Asinxron motorlarga nisbatan sinxron motorlarini ishlashdagi ishonchliligi hamda  $\cos\varphi$  va  $\eta$  lari yuqori bo'lganligi uchun ularni katta quvvatli va uzoq vaqt davom etadigan ish rejimiga ega bo'lgan mexanizmlarda, masalan, kompressor, nasos va shu kabilarning elektr yuritmalarida keng qo'llanilishi tavsiya etiladi.

**Sinxron motorning burchak tavsifi.** 2.47- rasmda keltirilgan tavsif noaniq bo'lganligi uchun undan kam foydalaniladi. Haqiqatan, yuklamaning o'zgarishi bilan aylantirish momenti qiymatining o'zgarishini tavsifdan aniqlab bo'lmaydi. Shuning uchun, ko'pincha, burchak tavsifidan foydalaniladi. Sinxron motor aylantirish momentining  $\theta$  burchakka bog'lanishini ifodalovchi egri chiziq uning burchak tavsifi deb ataladi. Bu tavsifning analitik ifodasini topish uchun motorning ideallashtirilgan vektor diagrammasidan foydalanish kerak.

2.49- rasmda rotoridagi magnit qutblari ayon bo'lmagan sinxron motorning ideallashtirilgan vektor diagrammasi ko'rsatilgan. Bunda  $U_1$  – elektr tarmog'idan stator chulg'amiga berilgan kuchlanish (faza kuchlanish);  $E_1$  – rotordagi o'zgarmas magnit maydonining aylanishi natijasida stator chulg'amida hosil bo'luvchi e.y.k.;  $I_1$  – statorning faza toki.

Agar stator chulg'amining aktiv qarshiligi  $R_1$  ni nolga teng deb, qarshilikni qizitishga sarflangan quvvat isrofini e'tiborga olinmasa, motorga berilgan quvvat, uning elektromagnit quvvatiga teng bo'ladi, ya'ni

$$P = 3 U_1 I_1 \cos\varphi. \quad (2.57)$$

Shunga ko'ra, 2.49- rasmda ko'rsatilgan vektor diagrammani 2.50- rasmda ko'rsatilgan diagramma bilan ifodalash mumkin. Bunda

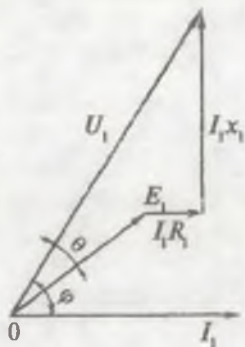
$$U_1 \cos\varphi = E_1 \cos(\varphi - \theta); \quad (2.58)$$

$$\cos(\varphi - \theta) = \frac{AB}{AC} = \frac{U_1 \sin\theta}{I_1 x_1}. \quad (2.59)$$

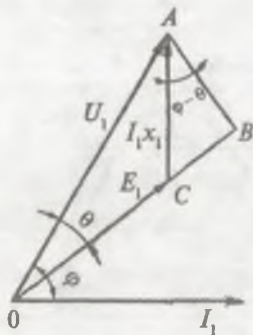
Demak,

$$U_1 \cos\varphi = E_1 \frac{U_1 \sin\theta}{I_1 x_1}. \quad (2.60)$$

(2.60) ifodani (2.57) ga qo'yib, elektromagnit quvvatning quyidagi ifodasi olinadi:



2.49- rasm. Sinxron motorning ideallashtirilgan vektor diagrammasi.



2.50- rasm. Sinxron motorning  $R_1 = 0$  bo'lgandagi ideallashtirilgan vektor diagrammasi.

$$P = 3E_1 I_{qt} \sin \theta, \quad (2.61)$$

bunda  $I_{qt} = \frac{U_1}{x_1}$  — motorning qisqa tutashish rejimidagi toki. Sinxron motorning elektromagnit momenti quyidagicha topiladi:

$$M = \frac{P}{\omega_0} = \frac{3E_1 I_{qt} \sin \theta}{\omega_0}, \quad (2.62)$$

bunda

$$\omega_0 = \frac{\pi n_1}{30}.$$

Demak, burchak tavsifining ifodasi quyidagicha bo'ladi:

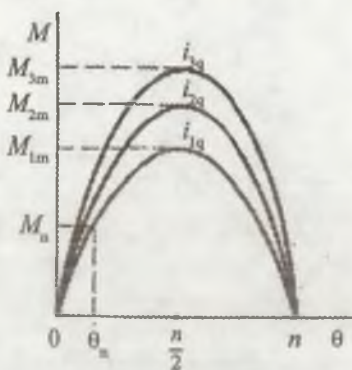
$$M = M_{\max} \sin \theta, \quad (2.63)$$

bunda

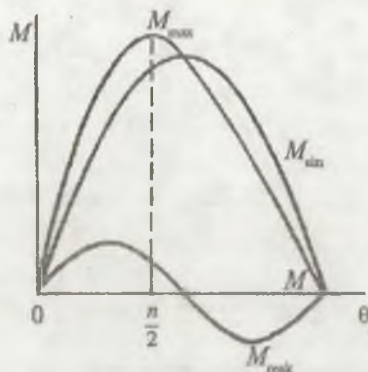
$$M_{\max} = \frac{3}{\omega_0} E_1 I_{qt}. \quad (2.64)$$

2.51- rasmda qo'zg'atish tokining turli  $i_{1q} < i_{2q} < i_{3q}$  qiymatlari va  $E_{11} < E_{12} < E_{13}$  larga tegishli burchak tavsiflar ko'rsatilgan.

Bu tavsiflarning  $\theta = 0 \div 90^\circ$  gacha bo'lagi turg'un qismi va  $\theta = 90^\circ \div 180^\circ$  gacha bo'lagi beqaror qismi deyiladi. Tavsifning turg'un qismida motorning yuklamasi ko'payishi bilan rotor va stator magnit maydonlarining o'qlari orasidagi  $\theta$  burchak orta boradi. Bunda motorning aylantirish momenti ham yangi yuklama momentiga tenglashgunga qadar ko'payadi. Yuklamaning beqaror qismida esa yuklamaning biroz ko'payishi  $\theta$  burchakni oshirib,



2.51- rasm. Ayonmas magnit qutbli sinxron motorning turli qo'zg'atuvchi toklarga tegishli burchak tavsiflari.



2.52- rasm. Ayon magnit qutbli sinxron motorning burchak tavsifi.

motor momentini kamayishiga olib keladi. Demak, bunda momentlar muvozanati tiklana olmaydi. Sinxron motor yuklamasining tasodifan keskin o'zgarishini hisobga olib,  $\theta$  burchakning nominal qiymatini  $25 \div 30^\circ$  atrofida olishga to'g'ri keladi. Demak, sinxron

motorning o'ta yuklanish xususiyati  $\frac{M_{\max}}{M_n} = 2 + 2,5$  bo'lib, uning maksimal momenti qiymatini qo'zg'atish tokining ortishi hisobiga ancha ko'paytirish mumkin (2.51- rasm). (2.64) ifodaga binoan, sinxron motorning maksimal momenti kuchlanish qiymatining birinchi darajasiga mutanosib bo'ladi. Bu uning yana bir afzalligidir. Ayon qutbli va, demak, past tezlikli sinxron motorning statori bilan rotor o'rtasidagi havo bo'shlig'i aylana bo'yicha turli qiymatga ega bo'lgani uchun statordagi  $I_1$  tokni ko'ndalang va bo'ylama o'qlar bo'yicha yo'nalgan ikki tashkil etuvchilar yig'indisidan iborat deb qabul qilish mumkin. Bunda elektromagnit moment ham ikki tashkil etuvchilar yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni

$$M = \frac{3}{\omega_0} \left[ \frac{U_1 E_1 \sin \theta}{x_d} + \frac{U_1^2 \sin 2\theta}{2} \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \right] = M_{\sin} + M_{\text{reak}},$$

bunda  $x_q$  va  $x_d$  — tegishlicha rotorning ko'ndalang va bo'ylama o'qlaridagi sinxron qarshiliklar.

Demak, bunday motorlarda sinxronlash momenti  $M_{\sin}$  dan

tashqari reaktiv moment  $M_{\text{reak}} = \frac{3}{\omega_0} \left[ \frac{U_1^2 \sin 2\theta}{2} \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \right]$  ham ho-



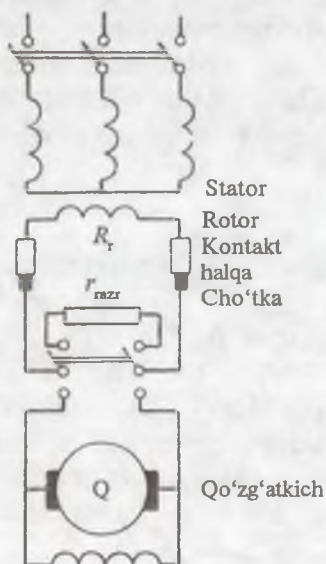
sil bo'ladi (2.52- rasm). Natijada elektromagnit momentning maksimumi  $90^\circ$  dan kamroq burchakda hosil bo'ladi. Ayonmas qutbli sinxron motorlarda  $x_q = x_d$  bo'lgani uchun reaktiv moment hosil bo'lmaydi.

## 2.24. Sinxron motorni ishga tushirish tavsifi

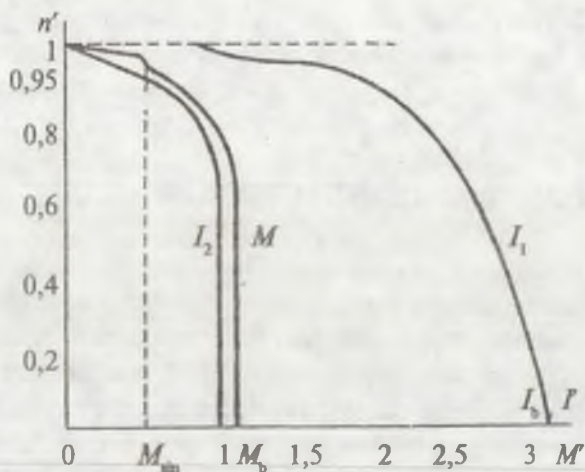
Sinxron motorlarni ishga tushirishda, asosan, asinxron usul qo'llaniladi. Buning uchun rotor asosiy qo'zg'atish chulg'amidan tashqari, kataksimon qisqa tutashgan chulg'amga ham ega bo'lishi kerak. Bu holda sinxron motorni asinxron motor kabi ishga tushirish mumkin. Buning uchun, avvalo, uning qo'zg'atish chulg'ami razryad qarshiligiga biriktirilgan bo'lishi lozim. So'ngra, stator chulg'amini elektr tarmog'iga ulab motorni ishga tushiriladi. Asinxron tezlikning  $n_2 = 0,95n_1$  qiymatida rotor qo'zg'atish chulg'ami razryad qarshiligidan ajratilib, qo'zg'atgichga (o'zgarmas tok generatoriga) ulanadi (2.53- rasm). Natijada rotor chulg'amidan o'zgarmas tok o'tib, sinxronlash momenti  $M_{\text{sin}}$  hosil bo'ladi. Sinxronlash momenti ta'siri natijasida motor sinxron tezlikka o'tadi.

Razryad qarshiligi  $r_{\text{razr}}$  qiymati rotor chulg'ami qarshiligidan deyarli 10 marta katta bo'lganligi uchun qo'zg'atish chulg'amida hosil bo'ladigan e.y.k. qiymati, uning izolatsiyasi uchun xavfli bo'lgan darajagacha ko'tarila olmaydi. Bunda motorni ishga tushirish tavsifi yaxshilanadi. 2.54- rasmda past tezlikli sinxron motorning ishga tushirish tavsifi ko'rsatilgan. Bunda  $I_2$  - rotorni qo'zg'atish chulg'amida induksiyalangan o'zgaruvchan tok. Umuman turli tipdagi sinxron motorlar uchun sinxronlash  $M_{\text{sin}}$  va ishga tushirish  $M_b$  momentlari  $(0,5 \div 2)M_n$  atrofida bo'lib, elektr yuritma talabiga ko'ra aniqlanadi.

Ishga tushirish toki  $I_b$  esa  $(3 \div 8)I_n$  bo'lib, yuqori tezlikli motorlarda bu tokning qiymati nisbatan katta bo'ladi. Katta quvvatli sinxron motorlarni ishga tushi-



2.53- rasm. Sinxron motorni asinxron usul bilan ishga tushirish sxemasi.



2.54- rasm. Past tezlikli sinxron motorni ishga tushirishdagi tavsiflar.

rishda, elektr tarmog'idagi kuchlanish ortiqcha pasayib ketmasligi uchun yoki stator chulg'amiga ta'sir etadigan dinamik kuchlarni kamaytirish uchun, odatda, ularni elektr tarmog'iga reaktor yoki avtotransformator orqali ulanadi. Natijada statordagi ishga tushirish tokining qiymati asinxron motorlardagi singari ancha chegaralanadi. Sinxron motorlar tayyorlaydigan zavodlarning ko'rsatmasi bo'yicha, ularni elektr tarmog'iga bevosita ulab ishga tushirish uchun, 3000 V kuchlanishda, rotordagi har bir magnit qutbga to'g'ri keladigan motor quvvati quyidagidan ortmasligi lozim:

$$\frac{P \text{ [kW]}}{2p} \leq 250 + 300 \text{ kW}$$

bunda  $p$  – juft qutblar soni.

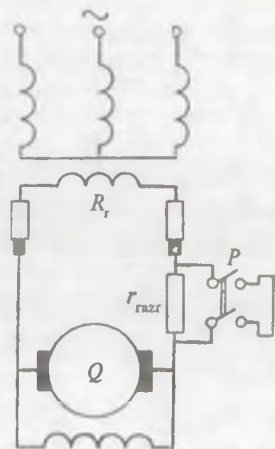
Elektr tarmog'idagi kuchlanish 6000 V bo'lganda sinxron motorning har bir qutbga taqsimlanadigan quvvatning qiymati 200÷250 kW dan ortmasligi lozim. Elektr tarmog'iga bevosita ulab ishga tushirish mumkin bo'lmagan motorlar uchun katalogda ularning statoriga berilishi mumkin bo'lgan maksimal kuchlanish qiymati ko'rsatiladi, ya'ni  $U_{\max} \leq 60 \div 90\% U_n$ . Hozirgi paytda har qanday katta quvvatlarda ham, elektr tarmog'iga bevosita ulab ishga tushirish mumkin bo'lgan sinxron motorlarni ishlab chiqish ustida ish olib borilmoqda. Sinxron motorlarning rotoridagi asosiy qo'zg'atish chulg'amiga beriladigan o'zgarmas tok, odatda, shu valning o'zida o'rnatilgan parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatoridan olinar edi. Keyingi paytlarda esa rotor chulg'amiga beri-

ladigan o'zgarmas tok, ko'pincha, alohida o'rnatilgan statik yarim o'tkazgichli qo'zg'atgichlardan olinmoqda. Hozirgi paytda kontaktless sinxron motorlar yaratilgan bo'lib ularning podshipnik qalqonlariga joylashtirilgan qo'zg'atuvchi chulg'amga o'zgarmas tok kontakt halqalarsiz va cho'tkalarsiz beriladi. Bu tadbirlar sinxron motorining tuzilishini soddalashtirib, uning ishda ishonchligini ancha ko'taradi. Shunga o'xshash, oxirgi paytda, salt ish rejimida yoki kichik yuklama, ya'ni  $(0,3 \div 0,4)M_n$  bilan ishga tushiriladigan sinxron motorlarning rotor chulg'amiga qo'zg'atgichni bevosita ulab qo'yish sxemasi keng qo'llanilmoqda. Bunda, motor vali orqali aylanadigan qo'zg'atgich yakori razryad qarshiligi orqali yoki bevosita rotor chulg'amiga almashlab-ulagichsiz ulanadi (2.55- rasm). Qo'zg'atish zanjiridagi razryad qarshiligi, taxminan,  $0,95n_1$  tezlikda rubilnik  $p$  orqali zanjirdan chiqariladi. Bunda qo'zg'atish zanjiri uzilmaganligi uchun, sinxron motorni ishga tushirish sxemasi asinxron motoriniki singari sodda bo'ladi.

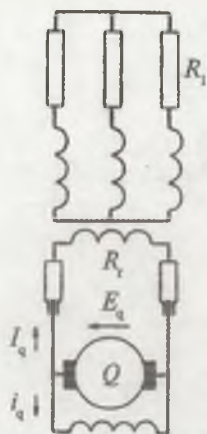
Quvvati 2000 kW gacha bo'lgan sinxron motorlarni salt ish rejimida razryad qarshiligsiz ishga tushirish mumkin. Bu sxema bilan sinxron motorni ishga tushirish uchun stator chulg'amini elektr tarmog'iga ulash kifoyadir. Shunga ko'ra, bu sxema amalda keng qo'llaniladi.

### 2.35 Sinxron motorning tormozlashdagi tavsifi

Bunday motorlarni tezda to'xtatish uchun teskari ulanish va elektrodinamik usullarni qo'llash mumkin. Ammo, teskari ulanishda statordan katta qiymatli tok o'tishi hamda tezlik nol bo'lishi bilan uni elektr tarmoqdan darhol ajratadigan qimmatbaho asboblardan kerak bo'lgani uchun u amalda, deyarli, qo'llanilmaydi. Elektrodinamik usul bilan tormozlash uchun ishlab turgan motor statorini elektr tarmoqdan ajratib, uni tashqi aktiv qarshilikka ulash lozim. Bunda, rotor chulg'amini o'zgarmas tok bilan ta'minlab turishni davom ettirish lozim (2.56- rasm). Natijada, sinxron motori o'zga-



2.55- rasm. Rotor chulg'amiga qo'zg'atgich doimiy ravishda ulangan sinxron motorni ishga tushirish sxemasi.



2.56- rasm.

Sinxron motor-  
ning elektro-  
dinamik rejimdagi  
ulanish sxemasi.

ruvchan chastotali sinxron generatori rejimiga o'tib, tormozlash momenti ta'sirida tezda to'xtaydi.

Motorning bu rejimdagi mexanik tavsifi stator chulg'amiga kiritilgan  $R_1$  va qo'zg'atish zanjiridagi tok qiymatiga bog'liq bo'lib, 2.40- rasmda ko'rsatilgan asinxron motorni dinamik tormozlash rejimidagi tavsifga o'xshash bo'ladi.

Agar dinamik tormozlash jarayonida rotor chulg'amiga beriladigan o'zgarmas tok alohida o'rnatilgan qo'zg'atgichdan olinsa, u holda, motor jadal ravishda to'xtaydi. Rotorga beriladigan tok uning valida o'rnatilgan qo'zg'atgichdan olinsa, tezlik kamayishi bilan  $E_q$  va demak  $i_q$  qiymatlar ham kamaya boradi. Bu esa, tormozlovchi moment qiymatini kamaytirib, to'xtatish vaqtini uzaytirib yuboradi. Dinamik tormozlash rejimi uchun qabul qilingan  $R_1$  va  $i_q$  qiymatlari stator chulg'amida hosil bo'ladigan tok qiymatini ishga tushirishdagi tokdan oshmasligi lozim.

### 3.1. Umumiy tushunchalar

Hozirgi vaqtda sanoat korxonalarida tezliklari turlicha o'zgarib ishlaydigan ko'pgina mashina va mexanizmlar qo'llanilmoqda. Bunga misol qilib, metall qirqish dastgohlari, prokat stanlari, qog'oz ishlab chiqarish va to'qimachilik mashinalari kabilarni ko'rsatish mumkin. Metall qirqish dastgohida har bir buyumga o'ziga xos texnologiyada ma'lum tezlik bilan ishlov beriladi. Qirqish operatsiyasi hisobdagi tezlikda bajarilgandagina buyumga yuqori sifatli ishlov beriladi. Bunda dastgoh va keskichdan to'la va tejimli foydalaniladi. Qirqish tezligining qiymati ko'p omillarga: dastgohning tipiga (tokarlik, parmalash va boshqalar), ishlov beriladigan buyumning materialiga (po'lat, mis va boshqalar) qabul qilinadigan keskich parametrlariga, ishlov berish rejimiga (buyumni qanday chuqurlikda va kenglikda qirqishga, bu qirqish jarayonida keskichning sovutilish sharoitlariga) bog'liq bo'lib, uni tajribaga asoslanib topilgan empirik formuladan aniqlanadi (dastgoh motorining quvvatini aniqlashga qarang, V bob). Mashinaning ish jarayonida har xil tezlik bilan ishlashga to'g'ri keladi. Demak, mashina va mexanizmlarning ish unumini va ular ishlab chiqarayotgan mahsulotning sifatini oshirish uchun ishlov berish talabiga binoan elektr yuritmalar turli tezliklarga ega bo'lishi lozim. Shunday qilib, yuklama qiymati va tavsifidan qat'iy nazar, ishlov berish rejimi talabiga rioya qilgan holda elektr yuritma tezligini majburiy tarzda o'zgartirish tezlikni rostdash deb ataladi. Bu tushunchani yuklama o'zgarishi bilan motor tezligining mexanik tavsif qattiqligi yoki yumshoqligiga ko'ra tabiiy ravishda o'zgarib turishi bilan almashtirib yuborish noto'g'ri bo'ladi. Ammo ba'zi yuritmalarda texnologiya talabiga ko'ra tezlik qiymati yuklama o'zgarishiga qaramay, o'z-o'zidan rostlanib turishi lozim. Bunday yuritmalar *rostlanuvchi elektr yuritmalar* deb ataladi.

Elektr motor tezligi, umuman, parametrik usul va kuchlanish yoki chastota qiymatlarini o'zgartirish bilan rostlanadi. Motorning biror parametrini, masalan, yakor yoki rotor zanjiridagi qarshiliklarni, magnit oqimini hamda magnit qutblar sonini o'zgartirish

bilan tezlikni parametrik usulda rostlash mumkin. Elektr tarmog'idan motorga beriladigan kuchlanish miqdorini yoki tok chastotasini o'zgartirish uchun maxsus generator yoki o'zgartgichdan foydalaniladi. Tezhikni rostlashda biror usuldan foydalanish uchun quyidagi texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar: rostlash diapazoni, rostlash silliqiligi, yuritma tejamlilikigi va uning yuklanish xususiyatlari, ishlashdagi mo'tadilligi taqqoslanadi.

Rostlash diapazonini  $D$  harfi bilan belgilanadi va u quyidagi nisbatga teng:

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}},$$

bunda  $n_{\max}$  va  $n_{\min}$  — nominal yuklama bilan ishlayotgan yuritmaning maksimal va minimal aylanish tezliklari. Rostlash silliqiligi berilgan diapazon oralig'ida olinadigan tezliklar soni orqali aniqlanib, silliqlik koeffitsienti  $\varphi$  bilan tavsiflanadi. Ikki qo'shni tezliklar nisbati *rostlashning silliqlik koeffitsienti* deb ataladi va  $\varphi$  harfi bilan belgilanadi:

$$\varphi = \frac{n_i}{n_{i-1}}.$$

Demak, berilgan diapazonda (tezliklar oralig'ida) olinadigan tezliklar soni qancha ko'p bo'lsa, rostlash silliqiligi shuncha yuqori bo'ladi,  $\varphi$  koeffitsient esa  $I$  ga yaqinlashadi.

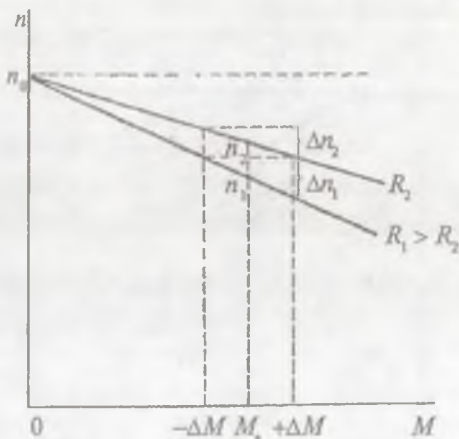
Yuritmani yaratishda qancha kam mablag' sarflansa va tezlikni rostlashda quvvat isrofi qancha kam bo'lsa, elektr yuritma tejamlilikigi shuncha yuqori bo'ladi. Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarning tejamlilikini taqqoslashda, ularning ishda ishonchlilikiga hamda elektr yuritmalarni yaratish uchun sarflanadigan nodir material va uskunalarni hisobga olish lozim bo'ladi.

Shu bilan birga, ba'zi mexanizmlarda tezlik rostlanishi bilan aylantiruvchi moment ( $M$ ) o'zgarmasligi talab qilinsa, boshqalarida berilayotgan quvvat ( $P$ ) ning o'zgarmasligi talab qilinadi. Haqiqatan, ba'zi prokat stanlari va shunga o'xshashlarda tezlik rostlanishiga qaramay,  $M = \text{const}$  bo'lishi talab qilinsa, tokarlik va boshqa ko'p-gina metall qirqish dastgohlarda  $P = \text{const}$  bo'lishi talab qilinadi. Umuman tezlikni rostlashda motor to'la yuklamaga ega bo'lib ishlashini ta'minlash lozim. Motorning yuklanishi, asosan, uning qizish darajasi bilan aniqlanadi va u bilan chegaralanadi. Demak, motor harorati normal qiymatga teng bo'lsa, u to'la yuklangan bo'ladi. Motorning qizishi undan o'tayotgan yuklama toki  $I$  ga

bog'liq. Shuning uchun turli tezliklarda motorni to'la yuklamada ishlatish uchun  $I_s = I_n = \text{const}$  bo'lishi lozim.

Yuklama momentining o'zgarishi bilan motor tezligining o'zgarish darajasi ishlashdagi mo'tadillik deb ataladi.

Masalan, parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining yuklama  $M_s$  ga nisbatan  $\pm \Delta M$  ga o'zgarganda, uning tezligi turli reostatli ( $R_1$  va  $R_2$ ) tavsiflarda  $\Delta n_1$  va  $\Delta n_2$  qiymatlarga o'zgaradi (3.1- rasm).



3.1- rasm. Elektr motorning reostatli tavsiflari.

Demak, mexanik tavsif qancha qattiq bo'lsa, motor shuncha yuqori stabillik (mo'tadillik)da ishlaydi va, aksincha.

### 3.2. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining tezligini rostlash usullari

Bunday motorning tezligini, mexanik tavsif ifodasiga binoan, elektr tarmog'idagi kuchlanish  $U$ , yakor zanjiridagi qarshilik  $R$  va magnit oqim  $\Phi$  ni o'zgartirish bilan rostlash mumkin. Elektr tarmog'idagi kuchlanish qiymatini o'zgartirib, motorning tezligini rostlash keng qo'llaniladi. Bu usul bilan keyinroq batafsil tanishib chiqamiz.

#### Yakor zanjiriga tashqi qarshilik kiritib motor tezligini rostlash.

Bunda motor tezligini rostlash uchun yakor zanjiriga ketma-ket yoki parallel ulangan tashqi qarshiliklarni kiritish lozim. 3.2- rasmda  $M_s$  yuklama bilan  $a$  nuqtada ishlab turgan motor yakoriga tashqi qarshilikni ketma-ket ulab, uning tezligini  $abcdefg$  tavsif bo'yicha rostlash mumkinligi ko'rsatilgan. Bunda tezlikni rostlovchi reostat qarshiligi uzoq muddatli ish rejimidagi yuklama tokiga hisoblangan bo'lishi kerak. Odatda motorni ishga tushiruvchi reostat qarshiligi qisqa vaqt ishlashga hisoblangan bo'ladi. Shuning uchun bu reostatdan tezlikni rostlashda foydalanishga ruxsat etilmaydi. Bu usul bilan motor tezligi faqat nominalga nisbatan pasaytirilishi mumkin.

Bunda tezlikning rostlanish diapazoni ma'lum qarshilikli va pog'onalar soniga ega bo'lgan reostatda yuklamaga bog'liq bo'ladi.





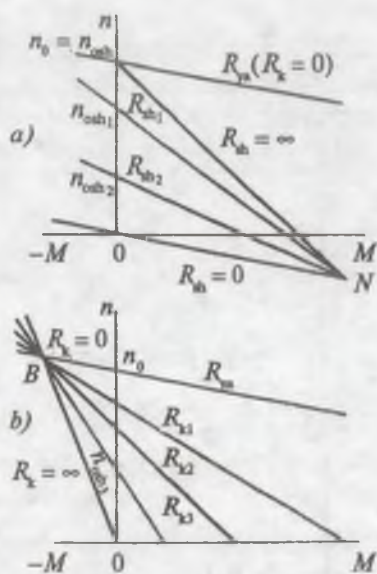
Demak, yakori shuntlangan motorning mexanik tavsif ifodasi quyidagidan iborat:

$$n = n_0 \frac{R_{sh}}{R_k + R_{sh}} - \frac{n_0 I_n}{M_n U_n} \left( R_{ya} + \frac{R_k R_{sh}}{R_k + R_{sh}} \right) M, \quad (3.2)$$

bunda  $E = \frac{U_n}{n_0} n$ ;  $I_{ya} = \frac{I_{ya}}{M_{ya}} M$ ,  $n_{osh} = n_0 \frac{R_{sh}}{R_k + R_{ya}}$  — salt ish rejimi-

dagi tezlik qiymati. Shuntlash usuli bilan salt ish rejimidagi motor tezligini ham rostlash mumkin. Bunda  $n_{osh}$  qiymatini  $n_0$  ga nisbatan kamaytirish mumkin (3.4- rasm). Natijada mexanik tavsif qattiqligi past tezliklarda ham qoniqarli bo'ladi. 3.4- rasm, *a* da  $R_k = \text{const}$  va  $R_{sh}$  ning turli qiymati uchun (3.2) ifodaga asosan qurilgan tavsif ko'rsatilgan bo'lsa, 3.4- rasm, *b* da esa  $R_{sh} = \text{const}$  va  $R_k$  ning turli qiymati uchun qurilgan tavsif ko'rsatilgan.  $R_{sh} = \infty$  bo'lganda yakor zanjiriga faqat ketma-ket qarshilik kiritilgan mexanik tavsif olinadi, unda  $n_{osh} = n_0$  bo'ladi,  $R_{sh} = 0$  bo'lganda  $E = -I_{ya} R_{ya}$  va  $U_{ya} = I_{ya} R_{ya}$ ;  $I_{sh} = 0$  bo'ladi. Bunda tavsif tabiiy tavsif parallel bo'lgan *ON* chiziq bilan ifodalanadi. Haqiqatan, tabiiy tavsif  $E = U_n - I_{ya} R_{ya}$  dan aniqlansa,  $R_{sh} = 0$  bo'lganda  $E = -I_{ya} R_{ya}$  ifodadan aniqlanadi. Bunda motor elektrodinamik rejimda ishlaydi. Shunga ko'ra,  $R_k = \infty$  bo'lganda, yakor zanjiri elektr tarmoqdan uzilib  $R_{sh}$  qarshilikka ulanib qolganday bo'ladi va natijada elektrodinamik rejim tavsifi *OB* olinadi.  $R_k = 0$  bo'lganda esa  $r_{sh}$  qarshilik elektr tarmog'iga parallel ulanib, motorga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi. Bunda, motor o'zining tabiiy tavsifida ishlaydi.

Umuman, yakorni shuntlab, tezlikni 4÷1 va 5÷1 diapazonlarida rostlash mumkin. Ammo bu usul tejamsiz bo'lganligi uchun amalda



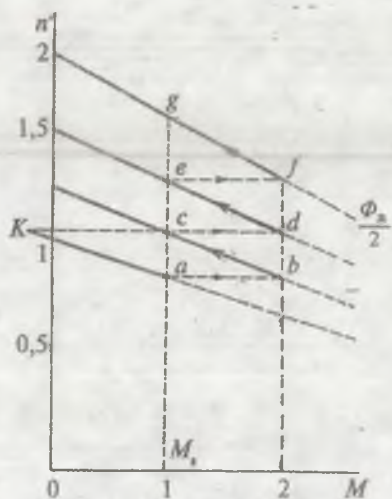
3.4- rasm. Parallel qo'zg'atishli motor yakoriga ketma-ket va parallel qarshiliklar ulangandagi mexanik tavsiflar: *a* — ketma-ket qarshilik  $R_k = \text{const}$ , parallel qarshilik  $R_{sh}$  esa rostlanuvchan; *b* — parallel qarshilik  $R_{sh} = \text{const}$ ,  $R_k$  esa rostlanuvchan.

qisqa muddatli ish rejimlaridagina qo'llanilishi tavsiya qilinadi. Xususan, yuritmani aniq joyda to'xtatishda talab qilinadigan past tezlik yakorni shuntlash usuli bilan olinadi. Bunda motor qisqa muddatda ishlab, uning mexanik tavsifi qoniqarli qattqlikka ega bo'ladi.

**Magnit oqimi qiymatini o'zgartirib, parallel qo'zg'atishli motor tezligini rostlash.** Agar motorning qo'zg'atish chulg'ami zanjiriga tashqi qarshilik kiritilsa, qo'zg'atish toki va, demak, magnit oqimining qiymati nominalga nisbatan kamayadi. Bu usul bilan tezlikni rostlash diapazoni normal motorlar uchun 2 : 1, maxsus motorlar uchun esa (3÷4) : 1 gacha ko'tarilishi mumkin. Bunda tezlikning maksimal qiymati, asosan, kommutatsiya sharoitining og'irlashishi bilan chegaralansa, minimal qiymati esa nominal tezlikda mashina magnit sistemasining to'yingan holati bilan chegaralanadi. Mexanik tavsif ifodasiga binoan magnit oqimining o'zgarishi bilan olinadigan sun'iy tavsiflar, tabiiyga qaraganda, ancha past qattqlikka ega

bo'ladi (3.5- rasm). Haqiqatan,  $n = \frac{U}{k_c \Phi} - \frac{RM}{k_c k_m \Phi^2}$  ga binoan,

$\Phi = \Phi_n$  dan  $\Phi = \frac{\Phi_n}{2}$  gacha kamaysa, ideal tezlik qiymati ikki marta ko'payadi, ammo tavsifning qattqligi kamayadi. Lekin, motor tezligining ortishi bilan tavsifning qattqligi pasaysa ham uning ishlashdagi mo'tadilligi tabiiyga nisbatan deyarli o'zgarmay qoladi.



3.5- rasm. Magnit oqimini o'zgartirish bilan parallel qo'zg'atishli motor tezligining rostlanish tavsiflari.

3.5- rasmda qo'zg'atish chulg'ami kiritilgan uch pog'onali reostat orqali tezlikning rostlanish tavsifi ko'rsatilgan. Bunda  $M_e = \text{const}$  deb qabul qilingan. Birinchi pog'ona qarshilik qo'zg'atish chulg'ami zanjiriga kiritilishi bilan magnit oqimining qiymati ma'lum bir miqdorgacha kamayadi. Bunda, tezlikning qiymati inersiya kuchlari ta'sirida darhol o'zgara olmaydi. Masalan,  $R'_{ya} = 0,05$  bo'lsa, u holda nominal tok  $I'_{ya} = 1$ , magnit oqim  $\Phi' \cong 1$  bo'lgani uchun  $I_{ya} = \frac{1-E'}{R'_{ya}}$  ga binoan, e.y.k.  $E' = 0,95$ , moment  $M' = 1$  bo'ladi. Agar  $\Phi$  faqat 5%

kamaytirilsa, u holda  $E = 0,9$  bo'lib  $U - E$  ning va, demak,  $I_{ya}$  ning qiymati ikki marta ko'payadi. Bunda  $M_{max} = \Phi' I'_{ya} = 0,95 \cdot 2 = 1,9$  bo'lib,  $I_{ya}$  ga nisbatan biroz kam o'zgaradi va shu sababli, tezlik tavsifi mexanik tavsifdan biroz farq qiladi. Natijada dinamik moment  $M_{din} = M'_{max} - M' = 1,9 - 1 = 0,9$  hosil bo'lib, motorning tezligi momentlar muvozanati tiklanguncha, ya'ni  $b$  nuqtadan  $C$  nuqtagacha ortib boradi.  $C$  nuqtada qarshilikning ikkinchi pog'onasi kiritiladi va shundan so'ng motorning tezligi  $g$  nuqtagacha ko'tariladi.

Agar  $C$  nuqtada ishlab turgan motorning qo'zg'atish zanjiridan tashqi qarshilik chiqarilsa, u holda,  $E > U$  bo'lgani uchun yakor tokining ishorasi o'zgaradi va natijada tormozlovchi moment hosil bo'ladi. Bunda motor rekuperativ rejimda ishlab, uning tezligi  $ka$  tavsif bo'yicha kamaya boradi va  $a$  nuqtada turg'un rejimga o'tib ishlaydi. Bu usul bilan tezlikni rostdash, umuman, anchagina tejamli bo'ladi.

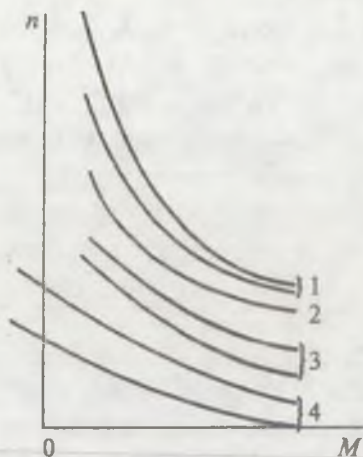
Ma'lumki, qo'zg'atish chulg'ami zanjiridagi quvvat isrofi yakor zanjiridagi quvvat isrofining taxminan  $1 \div 5\%$  ini tashkil qiladi. Ammo bu usul bilan qarshilik momenti o'zgarmas bo'lgan mexanizmlarning tezligini rostdash, hamma tezliklarda ham, tejamli bo'la olmaydi. Haqiqatan,  $P = \frac{Mn}{975}$  ifodasida  $M_s = M_n = \text{const}$  bo'lsa, motor quvvatidan to'la foydalanish uchun faqat maksimal tezlik bilan ishlashi lozim. Agar motor bu usul uchun minimal bo'lgan, ya'ni nominal tezlikda ishlatilsa, u holda, uning quvvatidan,  $n_{max}/n_{nom}$  marta kam foydalanilgan bo'ladi.

Shunga ko'ra bu usul tezlik rostdanishiga qaramay, o'zgarmas quvvat talab qiladigan yuritmalardagina tejamli bo'ladi.

### 3.3.

## Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorlarining tezligini rostdash usullari

Yuqoridagi singari bu motorlarning tezligini uch xil usul bilan rostdash mumkin. Tashqi qarshilikni yakor zanjiriga ketma-ket ulab, motor tezligini nominaldan past tomonga rostdanadi. Bunda qarshilik qiymati oshirilganda reostatli tavsiflarning yumshoqligi yana oshib ketadi. Tezlikni rostdash diapazoni yuklama qiymatiga bog'liq bo'lib, uning qiymati  $(2 \div 3) : 1$  dan ortmaydi. Bunday usulda tezlikni rostdash, tashqi qarshilikni qizdirishga sarflanadigan katta quvvat isrofiga qaramay, o'zining oddiyligi bilan, ba'zi kran-



3.6- rasm. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarimas tok motori tezligini turli usullar bilan rostlashdagi mexanik tavsiflar:

1 — qo'zg'atish chulg'ami shuntlangan; 2 — tabiiy tavsif; 3 — qarshilik yakorga ketma-ket ulangan; 4 — yakor shuntlangan.

momenti o'zgarmay qoladigan yuritmalarda bunday usullardan foydalanish qulay. Agar motorning qo'zg'atish chulg'ami shuntlansa, u holda magnit oqimi kamayib, tezligi nominalga nisbatan ortadi (3.6- rasm). Haqiqatan, shunt qarshiligi qiymatini kamaytirib qo'zg'atish tokining qiymatini kamaytirish mumkin. Bunda qo'zg'atish chulg'aminin qarshiligi  $R_{\text{sh}}$  ga nisbatan ancha kam bo'lgani uchun, uni shuntlaydigan qarshilikdagi quvvat isrofi ham kam bo'ladi.

Tezlik rostlanishi bilan o'zgarimas quvvat talab qiladigan yuritmalarda bunday usullardan foydalanish mumkin. Bunda tezlikning rostlanish diapazoni 2 : 1 dan ortmaydi. Ketma-ket qo'zg'atishli motorga beriladigan kuchlanishni o'zgartirib, uning tezligini rostlash mumkin. Bunday usul bilan tezlikni rostlash, ko'pincha ikki motorli, ya'ni bitta valga o'rnatilgan ikkita motor orqali harakatlantiriladigan yuritmalarda qo'llaniladi. Bitta motor o'rniga uning quvvatining yarmiga mo'ljallangan ikkita motor ishlatish, asosan, yuritmani ishga tushirish va tormozlab to'xtatish vaqtini tejash uchun qo'llaniladi. Bunday vaqtlarda kichik gabaritli motorlarni o'rnatish ancha qulaylik tug'diradi va ularning ishlashdagi ishonchliligi ancha yuqori bo'ladi (bitta motor ishdan chiqsa,

larda, elektr transport mashinalarida va boshqa elektr yuritmalarda qo'llaniladi. Bunda motorni ishga tushirish va uning tezligini rostlash uchun uzoq muddatli yuklama tokiga hisoblangan umumiy reostat ishlatiladi. Ketma-ket qo'zg'atish chulg'amiga ega bo'lgan motor yakoriga ketma-ket ulangan  $R_x$  qarshilikdan tashqari, parallel ulangan  $R_{\text{sh}}$  tashqi qarshiligi kiritilsa, uning mexanik tavsifi qattiq-liqu ham ancha ortadi. Buning natijasida motor valida, hatto yuklama bo'lmaganda ham, turli  $n_0$  tezliklar olish mumkin. Shuntning qarshiligi qancha kichik bo'lsa, ideal tezlik ham shuncha past bo'ladi.

Shunday qilib, yakorni shuntlab, tezlikning rostlanish diapazonini (3÷5) : 1 gacha ko'tarish mumkin. Tezlik rostlanishi bilan qarshilik

ikkinchisi bilan vaqtincha ishlab turish mumkin bo'лади). Tezlik rostlanayotganda bu motorlarning bir-biriga parallel ulangan yakor chulg'amlari ketma-ket ulanadi yoki ketma-ket ulangan bo'lsa, parallel ulashga o'tkaziladi. Bunda ularning har biriga beriladigan kuchlanish qiymati elektr tarmog'idagi kuchlanishga nisbatan ikki marta o'zgartiriladi. Demak, tezlikning rostlanish diapazoni ham 2 : 1 ga teng bo'лади.  $M_s = M_n = \text{const}$  bo'lganda tezlik juda tejamli rostlanadi. Bu usul bilan tezlik qiymatini ikki marta kamaytirish uchun motorlarni elektr tarmog'iga ketma-ket ulash kifoya. Bunda tashqi qarshiliklar kerak bo'lmaydi, va shunga ko'ra, u ancha tejamli va yuqori stabilikka ega bo'лади. Bu usul katta quvvatli kran, tramvay va shu kabi transport yuritmalari tezligini rostlashda qo'llaniladi.

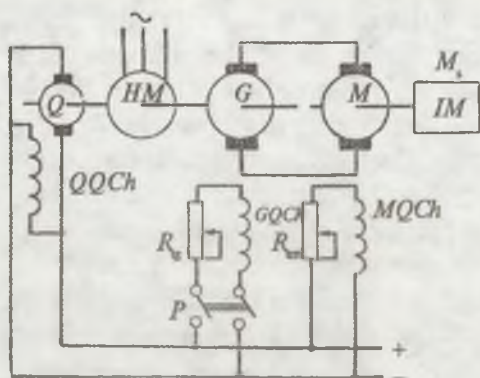
3.4.

### **Yakorga beriladigan kuchlanishni silliq o'zgartirish bilan mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori tezligini rostlash**

Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarda, ko'pincha, mustaqil qo'zg'atishli motor qo'llaniladi. Mustaqil qo'zg'atishli motor, parallel qo'zg'atishli motordan uncha farq qilmaydi. Mustaqil qo'zg'atishli motorning qo'zg'atish chulg'ami yakor ulanadigan tok manbayidan mustaqil bo'lgan boshqa tok manbayiga ulanadi. Tezlikning rostlanish silliqiligi va bu jarayonda olinadigan mexanik tavsif qattiqligi hamda sarflanadigan quvvat isrofini kamaytirish bo'yicha sanoatning turli sohalaridagi har xil mexanizmlarning elektr yuritmalariga yuqori talablar qo'yilmoqda. Bu talablarni parametrik usulda qondirish imkoniyati mavjud bo'lmaganligi uchun, motorga beriladigan kuchlanish qiymatini o'zgartirish bilan uning tezligini rostlash lozim. Kuchlanish rostlanadigan tok manbalari sifatida, asosan, elektr mashina, ion va yarim o'tkazgichlardan iborat ventill hamda magnit kuchaytirgichli o'zgartgichlardan foydalaniladi. Elektr mashina o'zgartgichli elektr yuritma generator – motor sistemasi deb ataladi.

**Mustaqil qo'zg'atishli motor tezligini generator–motor (leonard) sistemasida rostlash.** 3.7- rasmda generator–motor ( $G-M$ ) sistemasining sxemasi ko'rsatilgan.

Bunday sistema quyidagi elementlardan iborat:  $M$  – tezligi rostlanadigan motor;  $G$  – kuchlanishi rostlanadigan generator;  $HM$  – generator va qo'zg'atgichlarni harakatga keltiradigan motor;  $Q$  – qo'zg'atgich;  $IM$  – ish mexanizmi (mashinasi).



3.7- rasm. Generator-motor sistemasining ulanish sxemasi.

Generator va motorning qo'zg'atish chulg'amlarini o'zgarimas tok bilan ta'minlash uchun, ko'pincha, o'z-o'zini qo'zg'atuvchi generator (qo'zg'atgich) qo'llaniladi. Generator-motor sistemasi bilan motorni ishga tushirish uchun, dastavval, generator va qo'zg'atgichlarni harakatga keltiradigan motor ishga tushiriladi. Bunda

tezligi rostlanadigan motorning magnit oqimi o'zining maksimal qiymatiga ega bo'lishi lozim.

So'ngra, generatorning qo'zg'atish chulg'amiga  $R_g$  qarshiligi to'la kiritilgan holda rubilnik  $P$  orqali tok manbayiga ulanadi. Bunda generatorning qo'zg'atish chulg'amidan kichik qiymatli tok o'tib, uning magnit qutblarida minimal qiymatli magnit oqimi va demak, yakorda  $E_{\min g} = k_e \Phi_{\min g} n$  hosil bo'ladi.

Natijada yakor zanjiridan quyidagi tok o'ta boshlaydi:

$$I_{ya} = \frac{E_{\min g}}{R_{yam} + R_{yag}} \quad (3.3)$$

Agar motorda hosil bo'lgan aylantiruvchi moment  $M = k_m I_{ya} \Phi_{\max}$  qarshilik momenti  $M_g$  dan katta bo'lsa, motor aylana boshlaydi, aks holda esa u qo'zg'almay qolaveradi. Motorni harakatga keltirish yoki uning aylanish tezligini oshirish uchun  $R_g$  yordamida generatorning qo'zg'atish tokini oshirish kifoya. Bunda generatorning e.yu.k.i ortgani uchun  $I_{ya}$  va, demak, motorni aylantiradigan moment ko'payadi. Natijada, momentlar muvozanati tiklanguncha motor tezligi rostlanib boradi. Bunda yakor toki quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{ya} = \frac{E_g - E_m}{R_{yam} + R_{yag}}, \quad (3.4)$$

bu yerda

$$E_m = k_e \Phi_{\max} n.$$

Motorning minimal tezligi generatorning qoldiq magnetizmi bilan chegaralanadi. Haqiqatan, generatorning magnit qutblarida

kichik qiymatli qoldiq magnit oqimi  $\Phi_{qol}$  bo'lgani uchun qo'zg'atish chulg'amida tok bo'lmasa ham e.y.k.  $E_{qol.g} = k_e \Phi_{qol} n$  hosil bo'ladi. Bu e.y.k. ning qiymati generator nominal kuchlanishining 3÷6% ini tashkil qiladi. Demak,  $E_{qol}$  bo'lgani uchun, motor *boshqarilmaydigan sudralish* deb ataladigan kichik tezlikda aylanib turishi mumkin. Ammo bunda ishlashdagi mo'tadillik mutlaqo qoniqarsiz bo'ladi. Generator orqali motor yakoriga beriladigan kuchlanish qiymatini  $E_{qol}$  gacha kamaytirish mumkin bo'lgani sababli, yakor zanjiriga tashqi qarshilikni kiritmasdan uni bevosita ishga tushirish mumkin bo'ladi. Bunda  $R_{\Sigma}$  qarshiligini bir tekisda kamaytirib, motor tezligini nominal qiymatgacha silliq va tejamli ravishda rostlash mumkin. Qarshilik momenti tezlikka bog'liq bo'lmagan, ya'ni  $M_g = \text{const}$  bo'lgan mexanizmlar tezligini bu usulda rostlanilsa motor quvvatidan turli tezliklarda ham to'la foydalanilgan bo'ladi.

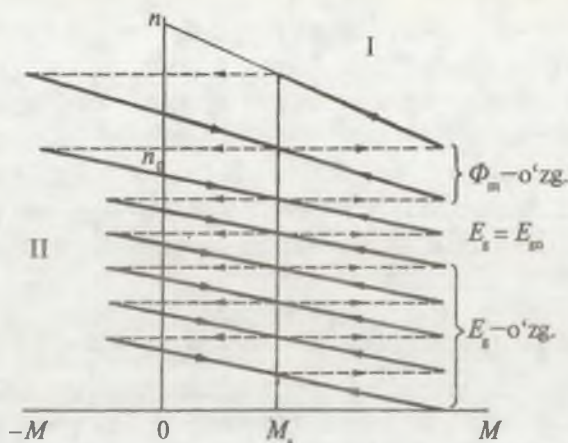
Motorning tezligi oddiy generator—motor sistemasi yordamida rostlanganda uning rostlanish diapazoni (4÷6) : 1 bo'ladi. Tezlikni bunday sistema orqali rostlash diapazonini yana kengaytirish uchun parametrik usuldan foydalanish mumkin. Buning uchun, motorning qo'zg'atish chulg'ami zanjiriga  $R_{\Sigma}$  qarshiligini asta-sekin kiritish lozim. Natijada magnit oqimning qiymati kamayib, motorning tezligi nominaldan yuqori tomonga rostlana boradi. Bunda rostlanish diapazoni 2 : 1 va ayrim hollarda 4 : 1 gacha ko'tarilib, tezlikning rostlanishi  $R = \text{const}$  bo'lgan yuritmalarda tejamli o'tadi. Demak, generator—motor sistemasida tezlikning umumiy rostlanish diapazoni (8÷12) : 1 bo'ladi. Generator—motor sistemasi uchun mexanik tavsifni aniqlaydigan formula quyidagicha ifodalanadi:

$$n = \frac{E_g}{k_e \Phi_m} - \frac{R_{yag} + R_{yam}}{k_e k_m \Phi_m^2} M, \quad (3.5)$$

bunda  $R_{yag}$ ;  $R_{yam}$  — generator va motor yakorlarining qarshiliklari.

Demak, (3.5) ga asosan generator e.y.k. ning turli qiymatlariga tegishli sun'iy tavsiflar qattiqligi tabiiy tavsif qattiqligidan farq qilmaydi. Shunga ko'ra, bu tavsiflar tabiiy tavsifga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqlardan iborat bo'ladi (3.8- rasm).

(3.5) ga asosan qurilgan tabiiy tavsifning qattiqligi ( $R_{yag} + R_{yam}$ ) bo'lgani uchun pastroq bo'ladi. Haqiqatan, generator—motor sistemasining yakor zanjiridagi ichki qarshiligi bitta motorning ichki qarshiligidan deyarli ikki marta kattadir.



3.8- rasm. Generator–motor sistemasida mustaqil qo‘zg‘atishli motor tezligining rostlanish tavsiflari.

Demak, past tezliklarda ishlayotgandagi mo‘‘tadillik ham ancha past bo‘ladi va shunga ko‘ra tezlikni rostlash diapazoni, amalda, 4 : 1 dan oshirilmaydi. Nominalga nisbatan yuqori tezlik bilan ishlayotgan motor tezligini pasaytirish uchun dastlab  $R_m$  qarshilikni zanjirdan pog‘onama-pog‘ona chiqariladi. Bunda motor tezligi darhol o‘zgara olmaydi, ammo  $\Phi_m$  ko‘payishi bilan motorning e.y.k. i generatornikidan ortib ketib, yakor zanjiridagi tok (3.4) ga asosan o‘z ishorasini o‘zgartiradi.

Bunda motor generator rejimiga, generator esa motor rejimiga o‘tib ishlay boshlaydi. Motor tezligi esa 3.8- rasmning II kvadrantida ko‘rsatilgan tavsif bo‘yicha nominal tezlikkacha kamaya boradi. Nominal tezlikda ishlab turgan motorni tormozlab to‘xtatish uchun, generatorning qo‘zg‘atish chulg‘ami zanjiriga  $R_g$  qarshiligini kiritish yoki generatorning qo‘zg‘atish chulg‘amini tok manbayidan uzish lozim. Bunda yana  $E_m > E_g$  bo‘lib, motor generator, generator esa motor rejimiga o‘tib ishlay boshlaydi. Natijada generatorni harakatga keltiruvchi asinxron motori (HM)ning tezligi uning sinxron tezligidan oshguday bo‘lsa, u holda (HM) motori asinxron generatori rejimiga o‘tib, o‘zi ulangan elektr tarmog‘iga aktiv elektr energiyasi uzatadi, ya‘ni tormoz bo‘lib ishlay boshlaydi, bu rejimda asinxron (HM) motori elektr tarmog‘idan faqat o‘zini qo‘zg‘atish uchun kerak bo‘lgan reaktiv tok oladi. Shunday qilib, tezligi rostlanadigan motorning yuqori tezlikdan to‘xtagunga qadar yoki sudralish tezligiga qadar eng tejamli rejimda (ya‘ni

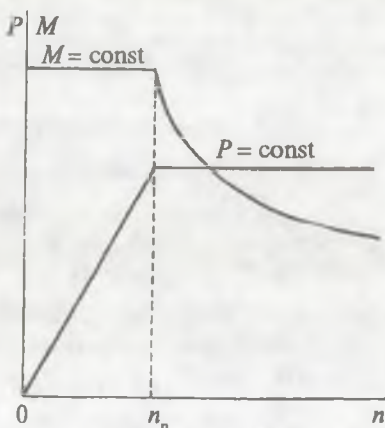


generator rejimda) tormozlash mumkin. Agar tormozlangan motor  $E_{qol}$  tufayli sudralish tezligida aylanaversa, uni to'xtatish uchun qoldiq magnetizmga teskari bo'lgan magnit oqimini hosil qilish kerak. Buning uchun  $GQCh$  ni tok manbayidan ajratib uni generator yakoriga shuntlash lozim. Natijada generatorning qo'zg'atish chulg'ami zanjiridan tok o'tib, qoldiq magnetizmga teskari yo'nalgan magnit oqimini hosil qiladi, natijada  $E_{qol}$  o'z-o'zidan yo'qolib, motor to'xtaydi. Generator—motor sistemasidagi motorni reverslash uchun generatorning qo'zg'atish chulg'ami zanjiridagi tok yo'nalishini teskarisiga o'zgartirish kifoya. Yuqorida qayd qilib o'tilgan mulohazalarga asosan generator—motor sistemasidagi motor tezligi  $M_s = \text{const}$  bo'lganda nominal qiymatgacha,  $R = \text{const}$  bo'lganda nominaldan yuqori tezliklarda eng tejamli ravishda rostlanadi. Aylantiruvchi momentning formulasini quyidagicha yozish mumkin:

$$M = \frac{975 P_n}{n} = \frac{A}{n}. \quad (3.6)$$

Bundan  $A = 975 P_n = \text{const}$  deb, aylantiruvchi momentning tezlik rostlanishi bilan giperbola bo'yicha o'zgarishi aniqlanadi.

$M_s = M_n = \text{const}$  bo'lganda quvvat tezlik rostlanishiga mutanosib ravishda o'zgaradi (3.9- rasm). Generator—motor sistmasida to'rtta elektr mashina qatnashadi. Bunday qurilmani hosil qilish katta mablag' talab qiladi. Foydali ish koeffitsienti  $\eta$  ning ancha past bo'lishiga qaramay, ishga tushirish va tezlikni rostlash apparatlari va asboblarning arzonligi, ixchamligi hamda bu jarayonlardagi quvvat isrofi katta bo'lmaganligi uchun generator—motor sistemi tezlikni keng diapazonda va silliqqina rostlash talab qilinadigan katta quvvatli prokat stanlari, metall qirqish dastgohlari va shu kabi mexanizmlarning yuritmalarida ko'p ishlatiladi.



3.9- rasm. Mustaqil qo'zg'atishli motor quvvati va momentning tezlik rostlanishi bilan o'zgarishi.

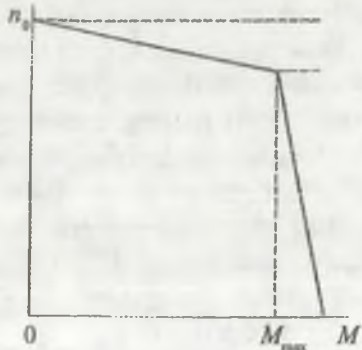
## Uchta qo'zg'atish chulg'amiga ega bo'lgan generatordan iborat generator—motor sistemasi

Ba'zi mexanizmlarning, masalan, ekskavator, muz yorar kemalari va shu kabilarning yuritmalari tez-tez o'ta yuklanib turadi. Bunda yuklamaning qiymati hatto yuritmani to'xtatib qo'yish darajasigacha ortib ketishi mumkin. Shunga ko'ra, motorning mexanik tavsifi ideal holda 3.10- rasmda ko'rsatilgandek keskin burilishga ega bo'lib, yuklama berilgan  $M_s = 2M_n$  dan ortishi bilan uning tezligi o'z-o'zidan nolgacha kamayishi kerak. Bunday mexanik tavsifli motor o'zini va uzatmani xavfli bo'lgan yuklamadan himoyalab qoladi.

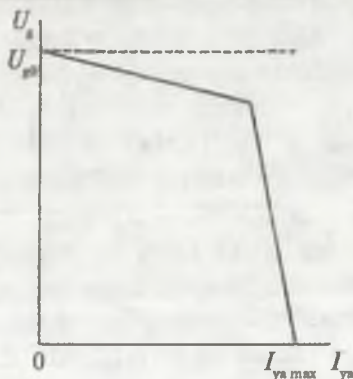
3.10- rasmda ko'rsatilgan mexanik tavsifni olish uchun generator—motor sistemasidagi ta'minlovchi generatorning tashqi  $U_r = f(I_r)$  tavsifi, yuklanish toki  $I_s > 2I_n$  bo'lishi bilan 3.11- rasmda ko'rsatilgandek, keskin burilishga ega bo'lishi kerak. Uchta qo'zg'atish chulg'amli generatorlar shunday tashqi tavsifga ega bo'lishi mumkin.

Keskin burilishga ega mexanik tavsif ekskavator tipli tavsif deb ataladi. Bunday tavsifni uchta qo'zg'atish chulg'amiga ega bo'lgan generator—motor sistemasidan olish mumkin. 3.12- rasmda ana shunday generator—motor sistemasi ko'rsatilgan.

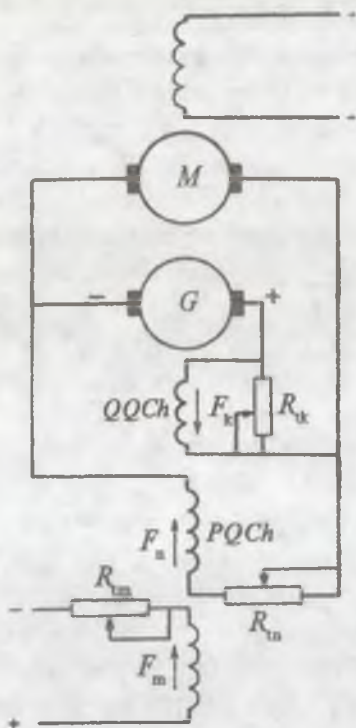
Bunday generatorning umumiy magnitlovchi kuchi  $F_\Sigma = F_p + F_m - F_k = I_p W_p + I_m W_m - I_k W_k$  bo'lishi kerak. Bunda parallel va mustaqil qo'zg'atish chulg'amlaridagi amper-o'ramlar ( $IW$ ) bir-biriga mos, ketma-ket chulg'amdagi amper-o'ramlar esa ularga



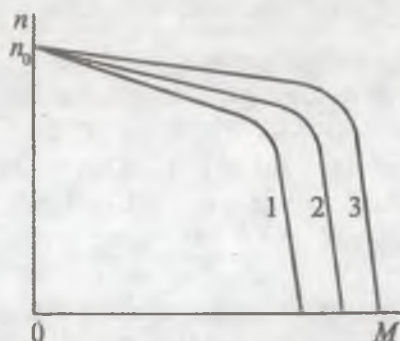
3.10- rasm. Mustaqil qo'zg'atishli motorning ekskavator tipidagi tavsifi.



3.11- rasm. Uch chulg'amli o'zgarmas tok generatorining tashqi tavsifi.



3.12- rasm. Uch chulg'amli generatordan iborat generator-motor sistemasining ulanish sxemasi.



3.13- rasm. Uch chulg'amli generatorning ketma-ket qo'zg'atish chulg'amining o'ramlar sonini mexanik tavsif shakliga ta'siri:  
 1 – oramlar soni minimal;  
 2 – o'rtacha va 3 – maksimal qiymatlaridagi mexanik tavsiflar.

teskari yo'nalishda bo'ladi. PQCh va MQCh larga kiritilgan  $R_m$  va  $R_p$  qarshiliklar orqali tezlik keng diapazonda rostlanib turiladi. Mexanik tavsifning keskin burilish nuqtasi esa  $R_k$  orqali o'zgartiriladi (3.13- rasm). 3.13- rasmda 1 tavsif  $R_k$  qarshiligining maksimal qiymatiga tegishli, 2 va 3 tavsiflar esa bu qarshilikning kichikroq qiymatlariga tegishlidir. Bu tavsiflar: 1 ni ketma-ket qo'zg'atish chulg'am o'ramlari sonining minimal, 2 ni o'rtacha va 3 ni maksimal qiymatlarida ham olish mumkin.

### 3.6. Teskari bog'lanishli generator-motor sistemasi

Biror sistemaning keyingi zvenolaridan energiya olib uning oldingi zvenolariga ta'sir etuvchi zanjir teskari bog'lanish deb ataladi. Teskari bog'lanish zanjiri bir qancha elementlardan iborat bo'lishi mumkin.

Bunday zanjir ta'sirini 3.12- rasmda ko'rsatilgan generator-motor sistemasi misolida ko'rsatish mumkin. Bu sistemada generatorning mustaqil qo'zg'atish chulg'amini *boshqaruvchi chulg'am*, parallel va ketma-ket chulg'amlarini esa *teskari bog'lanish chulg'amlari* deyiladi. Teskari bog'lanish chulg'amlarining ulanish joyi va sxemasiga qarab, ularni tok, kuchlanish yoki tezlik bo'yicha teskari bog'lanishlar deb ataladi. Agar teskari bog'lanish zanjiridagi signal asosiy boshqarish chulg'amidagi signalga mos bo'lsa va umumiy signal ko'paysa, bunday teskari bog'lanishni *musbat*, aks holda *manfiy teskari bog'lanish* deyiladi. Agar teskari bog'lanish zanjirining ta'siri rostlanuvchi miqdor o'zgarishiga mutanosib bo'lsa, bunday bog'lanishni *qattiq bog'lanish* deyiladi, rostlanuvchi miqdorning o'zgarish tezligiga mutanosib bo'lsa, bunday bog'lanishni *elastik bog'lanish* deyiladi.

3.12- rasmdagi parallel qo'zg'atish chulg'ami generator kuchlanishi bo'yicha musbat va qattiq teskari bog'lanish vazifasini bajarsa, ketma-ket qo'zg'atish chulg'ami esa yakor zanjiridagi tok bo'yicha manfiy va qattiq teskari bog'lanish vazifasini bajaradi. Shunga ko'ra, ma'lum tezlikda ishlab turgan motor yuklamasi keskin o'zgarsa, generator qutblarida o'rnatilgan uchta qo'zg'atish chulg'amidagi toklardan hosil bo'lgan  $F_x$  ning qiymati keskin kamayadi va generator kuchlanishini keskin pasaytirib yuboradi. Bunda keskin burilishga ega bo'lgan mexanik tavsiflar hosil bo'ladi va motorni xavfli yuklamadan avtomatik ravishda saqlab qoladi (3.13- rasm). 3.12- rasmda ko'rsatilgan sistemaning tok va kuchlanish bo'yicha teskari bog'lanish zanjirlaridagi tok yo'nalishi teskarisiga o'zgartirilsa, u holda  $F_x = F_m + F_k + F_p$  bo'lishi sababli, motorning mexanik tavsifi keskin burilishga ega bo'lmaydi, balki o'z qattiqligini oshirib, tezlikni mo'tadillashtiradi, ya'ni yuklama o'zgarishi bilan motor tezligi deyarli o'zgarmay qoladi.

Haqiqatan, yuklama ortishi bilan tezlik mexanik tavsif qattiqligiga binoan ma'lum miqdorda kamayadi, ammo bu paytda  $F_k$  ko'payib,  $F_p$  kamayadi va natijada  $F_x$  va, demak, generator kuchlanishi ancha ortib, motor tezligini o'zgarimas qiymatda saqlab qolishi mumkin. Mo'tadil tezlik olish uchun, ko'pincha, elektr mashina kuchaytirgichli generator-motor sistemalaridan foydalaniladi.



## Elektr mashina kuchaytirgichlari va ularning elektr yuritma sistemalarida qo'llanilishi

Sanoatning turli sohalarida uchraydigan ko'pgina mexanizmlarning ishlash texnologiyasini ta'millashtirishda elektr yuritmaga katta talablar qo'yiladi. Bu talablar asosan tezlik, tezlanish, yuklama toki va shu kabilarning berilgan qonun bo'yicha o'zgarishini ta'minlashdan iborat bo'lib, ularni amalga oshirish uchun ko'pgina elektr mashina kuchaytirgichi ishtirok etadigan generator-motor sistemalaridan foydalaniladi. Umuman, kuchaytirgich deb, uning kirish qismiga beriladigan kichik quvvatli signal ta'sirida chiqish qismidan olinadigan katta quvvatli signalni boshqarish imkoniyatiga ega bo'lgan qurilmaga aytiladi. Kuchaytirgichdan olinadigan quvvat unga tashqaridan beriladigan quvvatdan kichik bo'ladi. Kuchaytirgichga misol qilib oddiy o'zgarimas tok generatorini ko'rsatish mumkin.

Bunda uning qo'zg'atish chulg'amidagi kichik quvvatli signalni o'zgartirib, yakordan olinadigan katta quvvatli signalni boshqarish mumkin.

Ammo generatordan olinadigan quvvat uni aylantiradigan motor quvvatidan katta bo'la olmaydi. Har bir kuchaytirgich, asosan, o'zining kuchaytirish koeffisienti bilan tavsiflanadi. Bu koeffitsient qiymati nominal rejimda turg'un ishlab turgan kuchaytirgichning chiqish qismidagi miqdorni kirish qismidagi miqdorga bo'lib aniqlanadi, ya'ni

$$k_r = \frac{P_{\text{chiq}}}{P_{\text{kir}}}. \quad (3.8)$$

O'zgarimas tok mashinasining quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti  $k_r = 20 \div 30$  dan ortmaydi. Shuning uchun undan kuchaytirgich sifatida foydalanilmaydi. Elektr mashina kuchaytirgichi sifatida, ko'pincha ko'ndalang magnit maydonli va ayrim hollarda bo'ylama magnit maydonli elektr mashinalari ishlatiladi.

**Bo'ylama magnit maydonli elektr mashina kuchaytirgichi (Rototrol).** Bunday kuchaytirgichni, ko'pincha o'z-o'zini qo'zg'atadigan elektr mashina kuchaytirgichi deb ham ataladi.

O'z-o'zini qo'zg'atadigan elektr mashina kuchaytirgichlari nisbatan kam tarqalgan bo'lib, ularni faqat metall qirqadigan ayrim dastgoh elektr yuritmalarida (bo'ylama randalash dastgohlarining elektr yuritmalarida) uchratish mumkin.

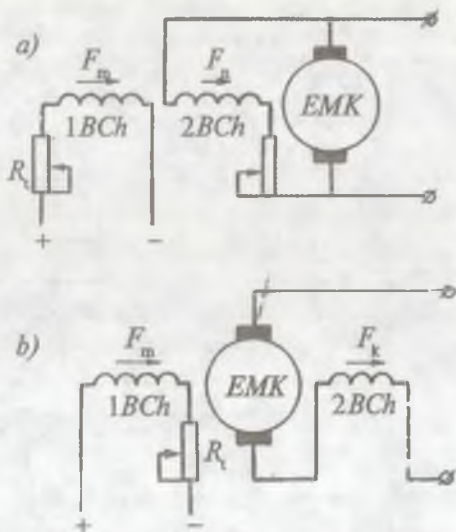
Bo'ylama magnit maydonli elektr mashina kuchaytirgichlari o'zining tuzilishiga ko'ra, o'zgaras tok generatorlaridan juda kam farq qiladi. Uning magnit sistemasi qoldiq magnetizmi juda kam bo'lgan maxsus po'latdan tayyorlanadi. Kuchaytirgichning magnit qutblarida ikkita va undan ortiq qo'zg'atish chulg'amlari o'rnatilgan bo'ladi.

Bu chulg'amlarning biri mustaqil tok manbayiga, ikkinchisi esa kuchaytirgich yakoriga parallel yoki ketma-ket ulanadi (3.15- rasm, a va b). Bu chulg'amlar, odatda, boshqarish chulg'amlari deb ataladi. Demak, ikkinchi boshqarish chulg'ami 2BCh kuchaytirgichning o'z-o'zidan

qo'zg'atish vazifasini va uning yakoridagi kuchlanish yoki yuklama toki bo'yicha musbat bo'lgan teskari bog'lanish chulg'ami vazifasini bajaradi. Agar kuchaytirgich ikkitadan ortiq boshqarish chulg'amiga ega bo'lsa, u holda ularni ham turli parametrlar bo'yicha teskari bog'lanish chulg'amlari sifatida qo'llash mumkin. O'z-o'zini qo'zg'atish prinsipi asosida ishlashi sababli bu elektr mashina katta kuchaytirish koeffitsientiga ega bo'ladi.

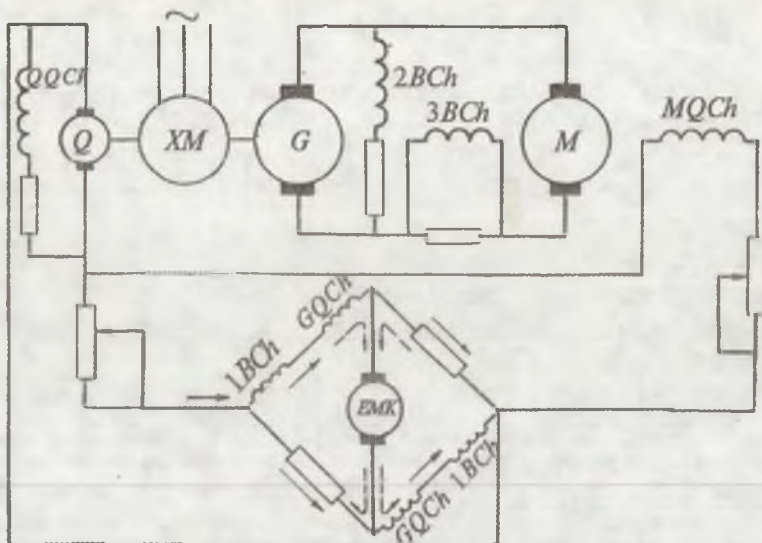
Bunda mustaqil qo'zg'atish chulg'amidagi kichik qiymatli tokni o'zgina o'zgartirish bilan kuchaytirgich yakoridagi katta kuchlanishni va quvvatni boshqarish mumkin. Amalda bunday kuchaytirgichning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti, taxminan  $k_U \cong 1000$  ga teng, quvvat bo'yicha esa bir necha ming atrofida bo'ladi. Bunday kuchaytirgichda o'z-o'zidan qo'zg'atish zanjirining qarshiligi haroratga qarab o'zgaradi. Bu uning katta kamchiligidir, chunki buning natijasida kuchaytirgichning ishlash rejimi beqaror bo'lib qolishi mumkin.

3.16- rasmda o'z-o'zini qo'zg'atadigan elektr mashina kuchaytirgichli generator-motor sistemasi ko'rsatilgan. Bunda elektr mashina kuchaytirgich ko'prik sxema bo'yicha ulangan.



3.15- rasm. O'z-o'zini qo'zg'atuvchi elektr mashina kuchaytirgichi chulg'amlarining ulanish sxemasi:

- a) o'z-o'zini qo'zg'atish chulg'amini parallel ulash;
- b) o'z-o'zini qo'zg'atish chulg'amini ketma-ket ulash.



3.16- rasm. Ko'prik sxema bilan ulangan o'z-o'zini qo'zg'atuvchi EMK li generator-motor sistemasining sxemasi.

Bunday sistema elektr yuritma tezligini keng diapazonda rostdash va uning ishini mo'tadillab turish uchun qo'llaniladi.

Bunda elektr mashina kuchaytirgichning birinchi qo'zg'atish chulg'ami bilan generatorning qo'zg'atish chulg'ami ikki qismga bo'linib, ularning har bir qismi bir-birlariga ketma-ket ulanadi va ko'prik sxemaning qarama-qarshi yelkalarini tashkil qiladilar. Qolgan ikki yelkaga muvozanatlaydigan qarshiliklar ulanadi. Ko'prikning diagonal qismiga esa elektr mashina kuchaytirgichning yakor chulg'ami ulanadi. Elektr mashina kuchaytirgichning ikkinchi qo'zg'atish chulg'ami generatorning kuchlanishi bo'yicha manfiy bo'lgan teskari bog'lanish chulg'ami sifatida, uchinchi qo'zg'atish chulg'ami esa yakor toki bo'yicha musbat bo'lgan teskari bog'lanish chulg'ami sifatida qo'llaniladi. Motoming turg'un rejimida elektr mashina kuchaytirgichning umumiy magnetlovchi kuchi nolga teng qilib olinadi, ya'ni  $F_2 = F_1 - F_2 + F_3 = 0$  bo'ladi. Bunda  $F_1$ ,  $F_2$  va  $F_3$  magnetlovchi kuchlar bo'lib, ular mos ravishda  $1BCh$ ,  $2BCh$  va  $3BCh$  lardan o'tadigan toklar bilan hosil qilinadi. Natijada elektr mashina kuchaytirgichning kuchlanishi ham nolga teng bo'lib, generatorning kuchlanishi, asosan, uning qo'zg'atish chulg'amiga tashqi manbadan berilayotgan tok bilan aniqlanadi. Biror sababga ko'ra yuklama o'zgariganda turg'un rejimdagi magnetlovchi kuchlar muvozanati buziladi. Agar bunda tok bo'yicha



teskari bog'lanish zanjiridagi magnitlovchi  $F_3$  kuch ortsa, kuchlanish bo'yicha teskari bog'lanish zanjiridagi magnitlovchi  $F_2$  kuch kamayadi va, aksincha. Natijada umumiy magnitlovchi kuch  $F_{\Sigma}$  ma'lum qiymatga ega bo'lib, elektr mashina kuchaytirgichning yakorida ham kuchlanish paydo bo'la boshlaydi. Buning natijasida generatorning kuchlanishi o'zgarib, motor tezligi o'zining ilgari qiymatiga qaytadi.

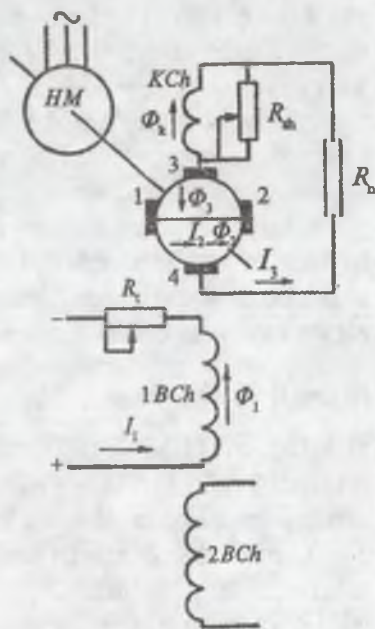
Shunday qilib, bu sistema bilan motorning aylanish tezligini, taxminan, 120 : 1 diapazon atrofida rostlash mumkin. Bunday kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsientlarini oshirish maqsadida hozirgi paytda ayrim paroxodlarning elektr yuritmasida ikki va uch pog'onali o'z-o'zini qo'zg'atish prinsipi dagi kuchaytirgichlar qo'llanilmoqda. Bularning kuchaytirish koeffitsienti bir necha o'n mingga teng. Lekin bunday kuchaytirgichlar keng tarqalmagan.

**Ko'ndalang magnet maydonli elektr mashina kuchaytirgichi (Amplidin).** Bunday elektr mashina kuchaytirgichlar avtomatlashtirilgan elektr yuritma sistemalarida juda keng tarqalgan bo'lib, ularning quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsientlari  $k_t = 10000$  va undan ham katta bo'lishi mumkin.

Ko'ndalang magnet maydonli elektr mashina kuchaytirgichi, odatda, ikki magnet qutbdan iborat bo'lib, unga turli parametrga ega bo'lgan 2÷4 gacha qo'zg'atish chulg'ami va bitta kompensatsiyalovchi chulg'am o'rnatiladi. Bu qo'zg'atish chulg'amlarini boshqarish chulg'amlari deb ataladi.

Bunday kuchaytirgich yakoriga ko'ndalang va bo'yлама o'qlari bo'yicha ikki juft (1-2 va 3-4) cho'tka o'rnatilgan bo'ladi (3.17-rasm).

Ko'ndalang o'q bo'yicha o'rnatilgan 1, 2 cho'tkalarini ko'ndalang cho'tkalar deyiladi. Bu cho'tkalar bir-biri bilan qisqa tutashtirilgan bo'ladi. Agar birinchi boshqarish chulg'ami (1 BCh) ga tashqi manbadan kichik qiymatli tok

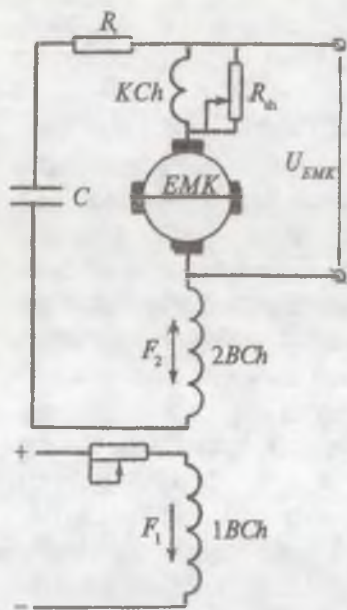


3.17- rasm. Ko'ndalang magnet maydonli elektr mashina kuchaytirgichining prinsipl sxemasi.

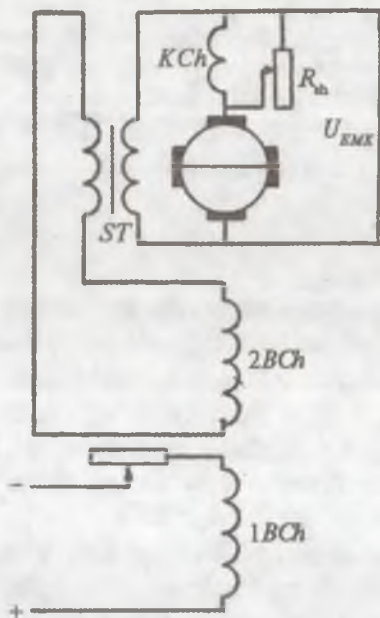
berilsa, magnit qutblarda uncha katta bo'lmagan magnit oqimi hosil bo'ladi. Bunda o'zgarimas tezlik bilan aylanib turgan yakor chulg'amida  $E_2$  e.y.u.k. paydo bo'ladi. 1, 2 cho'tkalar orqali yakor chulg'ami qisqa tutashganligi uchun bu e.y.u.k. ta'sirida zanjirdan katta qiymatli  $I_2$  tok o'ta boshlaydi. Bu tok  $\Phi_1$  ga nisbatan ancha katta qiymatga ega bo'lgan va ko'ndalang o'q tomon yo'nalgan  $\Phi_2$  oqimini hosil qiladi. Agar oddiy elektr mashinalarda asosiy magnit oqimi qo'zg'atish chulg'amidagi kichik tokdan hosil bo'lsa, bunday elektr mashina kuchaytirgichlarda asosiy  $\Phi_2$  magnit oqim ko'ndalang o'q bo'yicha o'rnatilgan cho'tkalardan o'tuvchi yakor toki  $I_2$  dan hosil bo'ladi. Shunga ko'ra, uni ko'ndalang magnit maydonli elektr mashina kuchaytirgichi deb ataladi.

Ko'ndalang magnit oqim ta'sirida aylanib turgan yakorning 3, 4 cho'tkalarida  $E_2$  ga nisbatan ancha katta qiymatga ega bo'lgan e.y.k.  $E_3$  hosil bo'ladi va bu cho'tkalarga  $R_n$  yuklama ulangan bo'lsa, u holda yakor zanjiridan qo'zg'atish chulg'amidagiga nisbatan juda ham katta yuklama toki  $I_3$  o'ta boshlaydi. Yuklama tokidan hosil bo'lgan  $\Phi_3$  magnit oqimi, o'ng qo'l va parma qoidalarga binoan  $\Phi_1$  ga teskari yo'nalgan bo'ladi. Demak, bunday sxemada mashina mutlaqo ishlamaydi, chunki  $\Phi_3$  paydo bo'lishi bilan boshqarish chulg'amidagi tokdan hosil bo'lgan  $\Phi_1$  yo'qoladi. Shunga ko'ra, yakorning yuklama zanjiriga ketma-ket ulangan kompensatsiyalovchi chulg'ami bo'lishi kerak. Kuchaytirgich qutbiga joylashtirilgan kompensatsiyalovchi chulg'amidagi tokdan hosil bo'lgan  $\Phi_k$  ning qiymati doimo  $\Phi_3$  dan ozgina kichik yoki unga teng, yo'nalishi esa unga teskari qilib olinadi.  $\Phi_3$  ga nisbatan  $\Phi_k$  ning qiymatini rostlash uchun kompensatsiyalovchi chulg'am  $R_{sh}$  qarshilik bilan shuntlanadi. Shunday qilib ko'ndalang magnit maydonli elektr mashina kuchaytirgichini quvvat bo'yicha kuchaytirish koef-

fitsienti  $k_r = \frac{P_{chiq}}{P_{kir}} \cong 2 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^4$  bo'ladi. Elektr mashina kuchaytirgichi (EMK) ni bunday katta ( $k_r$ ) ga egaligi sababli, uning o'tkinchi rejimlarida, ya'ni kirish qismidagi parametrlar qiymatini biroz o'zgarishida chiqish qismida parametrlar, ya'ni ( $I_{ya}$ ,  $U_{emk}$ ,  $R_{emk}$ ) lari keskin o'zgarib ketishi mumkin. Chiqish qismidagi parametrlarni mo'tadillash, ya'ni o'zgartirmay saqlab qolish uchun yoki o'zgarigan miqdorlarni o'zining ilgarigi qiymatiga tez qaytarish uchun elektr mashina kuchaytirgichning boshqarish chulg'amidan bittasi mo'tadillash (stabillash) vazifasini bajaradi. Mo'tadillash chulg'ami elektr mashina kuchaytirgichining chiqish qismidagi



3.18- rasm. Ko'ndalang magnit maydonli EMK ning mo'tadillash (stabillash) chulg'amining kondensator orqali ulanish sxemasi.



3.19- rasm. Ko'ndalang magnit maydonli EMK ning mo'tadillash (stabillash) chulg'amining transformator orqali ulanish sxemasi.

kuchlanish  $U_{emk}$  bo'yicha manfiy va elastik teskari bog'lanishga ega bo'lishi lozim. Kichik quvvatli kuchaytirgichlarda mo'tadillash chulg'ami elektr mashina kuchaytirgich kuchlanishiga kondensator orqali ulanadi (3.18- rasm).

Agar  $U_{emk}$  ning qiymati o'zgarmas yoki asta-sekin o'zgarsa, u holda mo'tadillash chulg'amidan tok o'tmaydi va bu chulg'am kerak bo'lmay qoladi. Agar  $U_{emk}$  ning qiymati keskin o'zgarsa, masalan, ortsa,  $C$  kondensator zaryadlana boshlaydi va  $2BCh$  dan tok o'tadi. Bunda mo'tadillash chulg'ami zanjirga shunday ulangan bo'lishi kerakki, undan o'tgan zaryadlash toki  $U_{emk}$  ni kamaytiradigan magnitlovchi kuch hosil qilsin. Demak, bu chulg'am faqat o'tkinchi rejimlarda o'z ta'sirini ko'rsatib, turg'un rejimlarda esa hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi. O'rta va katta quvvatli elektr mashina kuchaytirgichlarda mo'tadillash chulg'amini ulash uchun maxsus mo'tadillash (stabillash) transformatorlari ( $ST$ ) qo'llaniladi (3.19- rasm). Turg'un rejimda mo'tadillash transformatorlarining birinchi chulg'amidagi tok qiymati o'zgarmas bo'lgani

uchun  $2BCh$  dan tok o'tmaydi.  $U_{emk}$  ning qiymati keskin o'zgarganda esa,  $ST$  ning ikkinchi chulg'amida e.y.k. hosil bo'lib,  $2BCh$  dan tok o'ta boshlaydi.

Demak, mo'tadillash transformatorlarida hosil bo'lgan magnitlovchi kuch elektr mashina kuchaytirgichdagi o'zgarishlarni tez yo'qotadigan qilib  $2BCh$  ni  $ST$  ga ulash kerak. Mo'tadillash chulg'amini kondensator o'rniga transformator orqali ulanishi asosida unga transformatsiya koeffitsientini o'zgartirib, zarur bo'lgan kuchlanishni berish imkoniyati yaratiladi. Bu sxemada  $2BCh$  ga xavfli bo'lgan  $U_{emk}$  ni bevosita berilmaydi. Shuningdek, bu sxemada mo'tadillash chulg'amiga sistemaning turli zvenolaridan olingan bir necha signallarni ham kiritish imkoniyati tug'iladi.

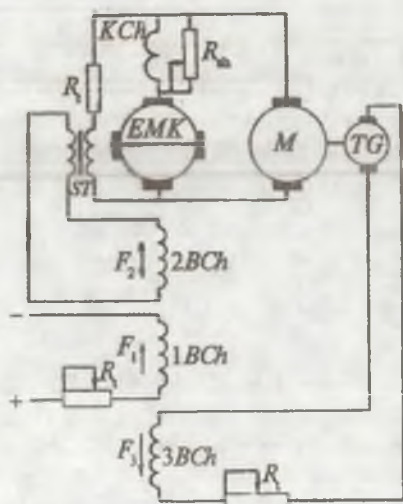
**Ko'ndalang magnit oqimli elektr mashina kuchaytirgichning generator—motor sistemada qo'llanilishi.** Mamlakatimizda quvvati bir necha vatt dan 25 kW gacha bo'lgan elektr mashina kuchaytirgichlarni ishlab chiqarish o'zlashtirilgan. Ularni kichik va o'rtacha quvvatli motorlar uchun bevosita generator sifatida qo'llash mumkin.

3.20- rasmda elektr mashina kuchaytirgichli generator—motor sistemasi ko'rsatilgan. Bu sistema bilan tezlikni yuqori mo'tadilikda saqlab turish va demak, mexanik tavsif qattiqligini avtomatik ravishda rostlab, tezlikni keng diapazonda o'zgartirib turish imkonlari olinadi. Shuning uchun

uchinchi boshqarish chulg'amiga motor tezligi bo'yicha manfiy bo'lgan teskari bog'lanishli signal kiritilgan.

Bu signal sifatida motor tezligiga mutanosib bo'lgan taxogenerator ( $TG$ ) yakoridagi kuchlanish olinadi.

Oddiy o'zgarmas tok generatoridan faqat magnit sistemasi bilan farq qiladigan taxogenerator torda hosil bo'lgan e.yu.k. ning  $E_{tg} = k_e F n_m = C_e n_m$  qiymati motor tezligiga to'g'ri mutanosibdir. Shuning uchun bu sistemadagi bog'lanish qattiq teskari bog'lanishdir. Tezlikni mo'tadil-

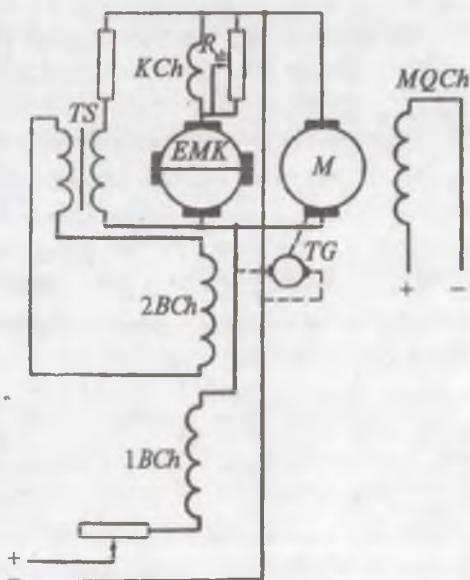


3.20- rasm. Ko'ndalang magnit maydonli EMK ning generator—motor sistemasida generator sifatida qo'llanilishi.

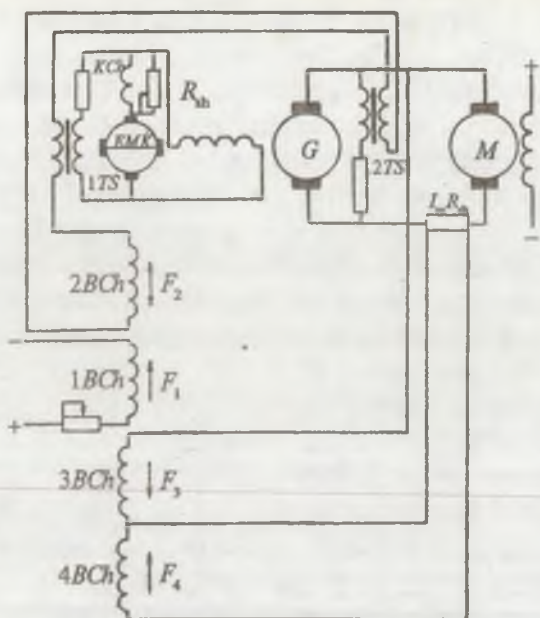
lash uchun taxogenerator orqali teskari bog‘lanish zanjiriga kiritilgan signaldan hosil bo‘lgan magnetlovchi kuch  $F_3$ , asosiy boshqarish chulg‘amidagi magnetlovchi kuch  $F_1$  ga teskari bo‘lishi lozim, ya’ni  $F_x = F_1 - F_3$ . Haqiqatan, yuklama ortishi bilan tezligi kamaygan motorning tezligini yana ilgari holatiga ko‘tarish uchun dastavval uning yakoriga beriladigan kuchlanishni oshirish lozim. Buning uchun  $F_3$  kamayganida  $F_x$  ko‘payishi kerak. Demak, tezlik bo‘yicha olingan teskari bog‘lanish albatta, manfiy bo‘lishi kerak. Bunday sistemalarda o‘zgargan miqdorlarni, masalan, aylanish tezligini, dastlabki qiymatiga keltirishni tezroq va aniqroq o‘tkazish uchun  $F_1$  va  $F_3$  ning qiymatini  $F_x$  ning qiymatiga nisbatan  $5 \div 6$  marta ko‘proq olish tavsiya qilinadi.

Motor tezligini rostlash va yuklama o‘zgarishi bilan uning mo‘tadilligini ta’minlash uchun 3.21- rasmdagi sxemadan foydalanish mumkin. Bunda asosiy boshqarish chulg‘ami  $1BCh$  ga mustaqil manba signalidan tashqari, motor yakoriga beriladigan kuchlanish yoki uning tezligi bo‘yicha manfiy bo‘lgan (punktir chiziq bilan ko‘rsatilgan taxogenerator orqali) teskari bog‘lanish signali kiritiladi. Yuqorida ko‘rsatilgan ko‘ndalang magnet maydonli elektr mashina kuchaytirgich-motor sistemalari orqali tezlikni rostlanish diapazoni  $400 : 1$  gacha, taxogenerator qo‘llanilganda esa  $1000 : 1$  gacha ko‘tarilishi mumkin.

Bunday sistemalar, ko‘pincha, metall qirquvchi dastgohlarning yordamchi mexanizmlari yuritmalari, masalan, keskich o‘rnatiladigan support yoki ishlov beriladigan buyum o‘rnatiladigan stol qismlarini harakatlantirishda keng qo‘llaniladi. 3.22- rasmda ko‘ndalang magnet maydonli elektr mashina kuchaytirgichning katta quvvatli generator-motor sistmasida generator qo‘zg‘atgichi sifatida qo‘llanilishi ko‘rsatilgan.



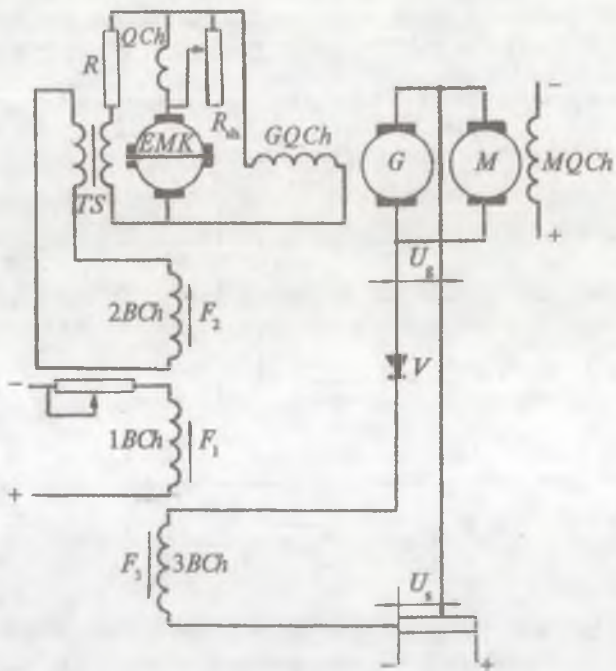
3.21- rasm. EMK li generator-motor sistemasi.



3.22- rasm. Ko'ndalang magnit maydonli EMK ning generator—motor sistemasida qo'zg'atkich sifatida qo'llanilishi.

Bunda mo'tadillash chulg'ami  $2BCh$  ga  $1TS$  va  $2TS$  lar orqali elektr mashina kuchaytirgich va generator kuchlanishlari bo'yicha elastik bo'lgan teskari bog'lanish signallari kiritiladi.

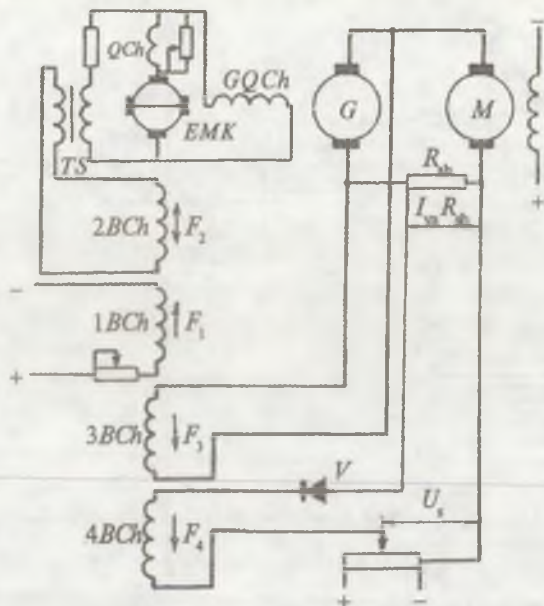
Shunga ko'ra, sistemaning turg'unligi, ya'ni o'tkinchi jarayonlardan so'ng o'zini ilgari holatiga qaytishi tez va aniq o'tadi. Motorning e.y.k.  $E_m = k_e n_m \Phi_m = U - I_a R$  bo'lgani va, demak,  $n_m$  ning  $U - I_a R$  ga mutanosib bo'lgani uchun  $3BCh$  va  $4BCh$  larga kiritilgan manfiy va musbat teskari bog'lanishlar orqali motor tezligi mo'tadillanib turadi. Bu sistemada motorni jadallik bilan ishga tushirish imkoniyati ham bo'ladi. Bunday ishga tushirish uchun  $1BCh$  ga nominal tokka nisbatan  $6 \div 7$  marta katta tok hosil qiladigan kuchlanish beriladi. Bunday katta tok ta'sirida elektr mashina kuchaytirgichning magnit sistemasi tez to'yinadi. Uning  $U_{emk}$  kuchlanishi va, demak, generatorning qo'zgatish chulg'amidani o'tadigan tok qiymati keskin ravishda ko'tarila boshlaydi. Generator kuchlanishi  $U$  ning tezlik bilan bir tekisda ko'tarilishi sababli motor jadallik bilan ishga tushiriladi. Bunda aylantiruvchi moment deyarli o'zgarmaganligi uchun motor bir xil tezlanish bilan va, demak, mexanik silkinishlarga yo'l qo'ymasdan, o'z



3.23- rasm. Kechiktirilgan teskari bog‘lanish zanjiriga ega bo‘lgan EMK li generator-motor sistemasi.

tezligini oshira boradi. Lekin,  $U$  ortishi bilan  $F_3$  ham ortadi. Umumiy magnetlovchi kuch  $F_{\Sigma} = F_1 - F_3 + F_4$  kamaya boshlaydi, ammo elektr mashina kuchaytirgich to‘yingani tufayli  $F_{\Sigma}$  ning kamayishi sezilarli bo‘lmaydi. So‘ngra elektr mashina kuchaytirgichning to‘yinmagan holatiga o‘tib ishlashi bilan  $F_3$  ning ko‘payishi  $F_{\Sigma}$  ni keskin kamaytirib yuboradi va, natijada, motorni ishga tushirish jarayoni jadal suratdan pastlashib ketadi. Bu esa sistemaning kamchiligidir. 3.23- rasmda bunday kamchilikdan xoli bo‘lgan sxema ko‘rsatilgan.

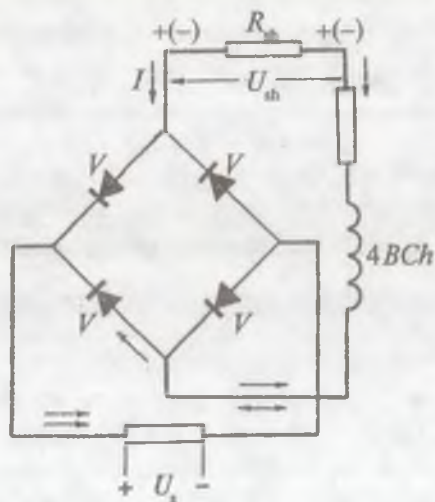
Bunda motorga beriladigan kuchlanish bo‘yicha olinadigan teskari bog‘lanish signali ham manfiy, ham kechiktirilgan bo‘lib,  $3BCh$  ga kiritilgani uchun bu sxema bilan motorni ishga tushirishda jadallik prinsipidan to‘la, ya’ni ishga tushirish jarayoni tugaguncha foydalanish imkoniyati tug‘iladi. Haqiqatan, jadallik bilan qo‘zg‘atilgan elektr mashina kuchaytirgich tufayli  $U_4$  ning qiymati ham tezda ko‘tarila boradi. Bunda motor ham jadallik bilan ishga tushirila boshlaydi.  $U_4$  ning qiymati ma’lum darajagacha ko‘tarilib,  $U_4$  dan katta bo‘lmagunga qadar elektr mashina kuchaytirgichning



3.24- rasm. Eskavator tipi mexanik tavsifni ta'minlovchi EMK li generator-motor sistemasi.

qo'zg'atilishi jadallik bilan davom etaveradi, ya'ni u to'yingan holatda qoladi.  $U_g$  ning  $U_s$  dan biroz ortishi bilan  $F_3$  hosil bo'ladi, u  $F_2 = F_1 - F_3$  ni kamaytirib yuboradi va, natijada,  $U_g$  ning qiymati yana  $U_s$  dan kamayib qoladi. Bunda  $F_2 = F_1$  ga teng bo'lib, elektr mashina kuchaytirgich yana jadallik bilan qo'zg'atiladi, motorni ishga tushirish jarayoni esa bir tarzda o'tadi. Demak,  $U_g$  ning qiymati generatorning nominal kuchlanishiga yaqin qilib olinsa, u holda ishga tushirish jarayoni tugagunga qadar jadallik davom etadi. 3.24- rasmda ekskavator tipidagi tavsif olish uchun qo'llaniladigan elektr mashina kuchaytirgichli generator-motor sistemadan iborat sxema ko'rsatilgan. Bunda elektr mashina kuchaytirgichning boshqarish chulg'ami 4BCh ga yakor toki bo'yicha manfiy va kechiktirilgan teskari bog'lanish signalini kiritish bilan turli nuqtalarda keskin burilishlarga ega bo'lgan mexanik tavsiflar olish mumkin. Mexanik tavsifning burilish nuqtasini o'zgartirish uchun  $U_s$  yoki  $U_{sh}$  ning qiymatlarini o'zgartirish kifoya. Bu sistemada motorni reverslash uchun, dastavval, asosiy boshqarish chulg'ami 1BCh dagi tok yo'nalishini o'zgartirish lozim. Natijada elektr mashina kuchaytirgich va generator kuchlanishlarning qutblari teskarisiga o'zgartirilib, motor reverslanadi. Bunda tok





3.25- rasm. EMK ning kechiktirilgan teskari bog‘lanish signali kiritiladigan chulg‘amini reverslanuvchi sistemada ulanish sxemasi.

bo‘yicha manfiy bo‘lgan teskari bog‘lanish chulg‘amidagi tok yo‘nalishini teskarisiga o‘zgartirish uchun 3.25- rasmda ko‘rsatilgan ko‘prik sxemasidan foydalanish kerak.

Bu sxemaga ko‘ra, motor reverslanishi bilan  $U_{th}$  kuchlanishning qutblari teskarisiga o‘zgarib, natijada  $4BCh$  dan o‘tadigan tok ham o‘z yo‘nalishini o‘zgartiradi (pункtir chiziq).

### 3.9. Ventillar, ventil va magnit kuchaytirgichlar, o‘zgartirgichlar va ularning o‘zgarimas tok elektr yuritmalarida qo‘llanishi

Yuqorida qarab chiqilgan generator-motor sistemasi orqali motorni boshqarish va uning tezligini rostdash o‘zining qator afzalliklari bilan birga, kamchiliklardan ham xoli emas. Bu kamchiliklar quyidagilardan iborat: o‘zgartirgich aylanuvchi qismga ega bo‘lgan bir qancha elektr mashinalardan yig‘ilgan, buning natijasida u ishlashda ishonchli emas, foydali ish koeffitsienti past, uskuna jihozlar qimmat va h.k. Turli tipdagi ventillar asosida, masalan, tiratron va elektr vakuum asboblari, boshqariladigan simobli to‘g‘rilagich, magnit kuchaytirgichli boshqarilmaydigan diodlar va boshqariladigan yarim o‘tkazgichlardan yig‘ilgan statik o‘zgartirgichlarning elektr mashinali o‘zgartirgichlarga nisbatan

texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari ancha yuqoridir. Bular ichida eng istiqbolli tiristorli yarim o'tkazgich ventillaridan yig'ilgan o'zgartgichlardir. Tokni, asosan, bir tomonlama o'tkazadigan asbob *ventil* deb ataladi. Uch elektrodli ion ventillar, uch elektrodli elektr vakuum lampalari – trioddan prinsip jihatdan farq qiladi, ularda tok ionlashgan gaz orqali o'tkaziladi. Shunga ko'ra, ion asboblaridagi kuchlanishning pasayishi elektr vakuum asboblaridagiga nisbatan ancha kichik va, demak, ularning foydali ish koeffitsienti nisbatan katta bo'ladi.

Tiratron va boshqariladigan simobli to'g'rilagichlar ham triod singari, musbat potensial beriladigan anod va manfiy potensial beriladigan katodlardan tashqari, uchinchi boshqaruvchi elektrod to'rga ega bo'ladi. Boshqaruvchi elektrodga beriladigan potensialning qiymati va ishorasiga ko'ra, anod zanjiridagi o'zgaruvchan tok qiymati rostlanadigan va to'g'rilangan tokka aylanadi. Bu elektrod metall qotishmasidan iborat bo'lib, to'r singari tuzilishga ega bo'lganligi uchun uni qisqacha to'r deb ham yuritiladi.

Demak, to'rga beriladigan signalni o'zgartirish bilan ion asboblardan iborat o'zgartirgichni boshqariluvchi to'g'rilagich sifatida qo'llash mumkin. To'g'rilangan tok yoki kuchlanishning o'rtacha qiymatini rostdash imkoniyatiga ega bo'lgan o'zgartirgich boshqariluvchi to'g'rilagich deb ataladi.

Magnit kuchaytirgichli o'zgartgich ham yarim o'tkazgichli diodlar bilan birgalikda, boshqariluvchi to'g'rilagich sifatida qo'llanilishi mumkin. O'zgarimas tok bilan ta'minlanadigan bir necha magnitlanish chulg'amlariga ega bo'lgan to'yinish drosseli magnit kuchaytirgich deb ataladi. Bu chulg'amlarning biriga mustaqil o'zgarimas tok manbayidan signal kiritilsa, qolganlariga esa turli parametrlar bo'yicha teskari bog'lanish signallari kiritish mumkin.

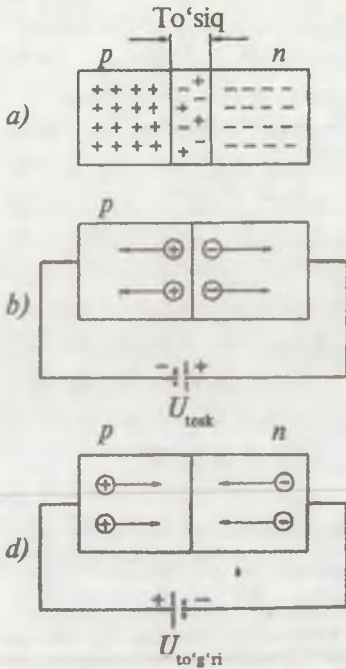
**Yarim o'tkazgichlar va ularning tuzilishi.** Solishtirma qarshiligi metallnikidan katta, ammo dielektriknikidan kichik bo'lgan qattiq jism *yarim o'tkazgich* deb ataladi.

Solishtirma qarshilik jismning tuzilishi, ya'ni atomdagi elektronlarning joylanish strukturasi bog'liq bo'ladi.

Ma'lumki, qattiq jismning har bir atomi musbat zaryadga ega bo'lgan yadro va uning atrofida katta tezlik bilan aylanadigan manfiy zaryadli elektronlardan iborat. Bu elektronlarning ba'zilar yadro bilan o'zaro mahkam bog'langan bo'lib, undan uzoqlasha

olmaydi, boshqalari esa yadro bilan kuchsiz bog‘langanligi uchun ma‘lum sharoitda undan osongina uzoqlasha oladi. Yadroga yaqin orbitalarda joylashgan elektronlar unga katta kuch bilan bog‘langanligi uchun undan ajrala olmaydilar. Uzoq orbitalarda joylashgan elektronlar ma‘lum sharoitda, masalan, issiqlik energiyasining ta‘sirida o‘z atomlaridan osongina ajralib, erkin holatga o‘tib oladi. Agar yarim o‘tkazgich tarkibiga valent elektronlari soni boshqacha bo‘lgan birikmadan bir oz kiritilsa, u holda uning o‘tkazuvchanligi ancha o‘zgarishi mumkin. Haqiqatan, agar toza germaniy kristali olinsa, undagi 32 ta elektrondan to‘rttasi valent elektron bo‘lib, ular ham kovalent bog‘lanish tufayli, o‘z orbitalaridan uzoqlasha olmaydi. Toza germaniy kristalida erkin holatdagi valent elektronlar bo‘lmaganligi uchun uni dielektrik yoki izolyator deb ataladi. Valent elektronlari qo‘shni atomdagi shu singari elektronlar bilan bog‘lanishda bo‘lib, ular bilan birga harakatlanishi kovalent bog‘lanish deb ataladi. Agar germaniy kristaliga 5 valentli surma birikmasi kiritilsa, u holda valent elektronlardan biri kovalent aloqaga ega bo‘lmay, erkin holda qoladi. Natijada germaniy dielektrigi yarim o‘tkazgichga aylanadi. Kristall holdagi dielektrikka kiritilganda unda erkin elektron hosil qiladigan birikmani (masalan, sur‘ma) donor deb ataladi. Donor birikmali yarim o‘tkazgich esa *n- tipli yarim o‘tkazgich* deyiladi. Agar germaniy kristaliga, masalan, uch valentli indiy birikmasi kiritilsa, u holda indiy atomi o‘zidagi valent elektronlar bilan uch juft kovalent bog‘lanish hosil qiladi. Bunda, to‘rtinchi juft kovalent bog‘lanishga yetishmagan bitta valent elektronni indiy atomi qo‘shni germaniy atomidan tortib oladi. Germaniy atomidagi valentli elektrondan bo‘shab qolgan joy teshik deyiladi. Demak, teshikni miqdor jihatdan elektron zaryadga teng, lekin musbat zaryadga ega bo‘lgan erkin zarracha deb qarash mumkin. Shunga ko‘ra, tashqi elektr maydoni ta‘sirida teshiklar maydon tomon siljishi mumkin. Teshiklar hisobiga hosil bo‘lgan o‘tkazuvchanlik natijasida germaniy kristali yana yarim o‘tkazgichga aylanib qoladi. Teshik o‘tkazuvchanlikni hosil qiladigan birikmani, masalan, indiy akseptor deyiladi. Akseptorli yarim o‘tkazgich esa *p- tipli yarim o‘tkazgich* deyiladi. Shunday qilib, germaniyga akseptor kiritilganda undagi elektr o‘tkazuvchanlikning miqdori va ishorasi o‘zgaradi. *p-* tipli yarim o‘tkazgichning bu xususiyati avtomatika uchun juda muhim bo‘lgan yangi asboblarni yaratishda katta ahamiyatga ega.

## *p-n o'tish*



3.26- rasm. *p-n o'tish*:

- a) *p-n o'tishning tuzilishi*;  
 b) *p-n o'tishga tok manbayini teskari va d) to'g'ri ulanishi.*

Agar germaniy kristalining bir tomoniga donorli va ikkinchi tomoniga akseptorli birikmalar kiritilsa, u holda *p*- yarim o'tkazgichda teshiklarning *n*- yarim o'tkazgichda elektronlarning ko'plab to'planishi tufayli teshiklar *p* qismdan *n* ga, elektronlarning esa teskari tomonga diffuziyasi boshlanadi. Shunga ko'ra, *p* va *n* materiallarning bir-biriga tegib turgan joyida teshik va elektronlardan iborat yupqa qatlam hosil bo'ladi (3.26-*a* rasm). Bu qatlam hosil bo'lishi bilan uning ta'sirida diffuziya jarayoni o'z-o'zidan to'xtaydi. Shunga ko'ra buni berkituvchi (g'ov) qatlam yoki *p-n o'tish* deyiladi. Agar tok manbayini *p-n o'tishga* 3.26-*b* rasmdagi singari ulansa, u holda teshik va elektronlar tok manbayining turli qutblariga siljiy boshlaydi. Bunda *p-n o'tish*-dagi tok hosil qiladigan zarrachalar

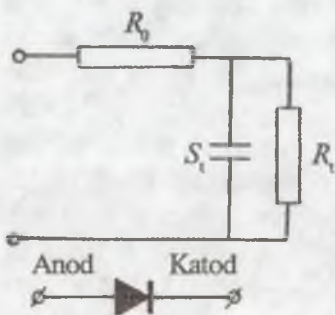
kamayishi tufayli, to'siq qarshiligi nihoyatda katta qiymatga ega bo'lib qoladi. Shunga ko'ra, tok manbayining bunday ulanishini teskari ulanish deyiladi. Bunda teskari kuchlanish  $U_{tesk}$  katta bo'lishiga qaramay, to'siqdan o'tadigan tok qiymati juda ham kichik bo'ladi. Agar tok manbayi *p-n o'tishga* 3.26-*d* rasmdagi singari ulansa, u holda teshik va elektronlar to'siq tomon siljib, uning o'tkazuvchanligini keskin ravishda orttiradi. Shunga ko'ra, bunday ulanish to'g'ri ulanish deyiladi. Bunda to'g'ri kuchlanish qiymati  $U_{to'g'ri}$  kichik bo'lganida ham to'siqdan o'tadigan tokning qiymati nihoyatda katta bo'lishi mumkin. *p-n o'tishning* xususiyati ventil singari bo'lgani uchun bunday yarim o'tkazgichni to'g'rilagich sifatida qo'llash mumkin. O'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirib beradigan ikki elektrodli asbob (diod) — *to'g'rilagich* deb ataladi.

Sanoatda keng tarqalgan yarim o'tkazgichli diodlarning parametrlari 1- jadvalda keltirilgan.

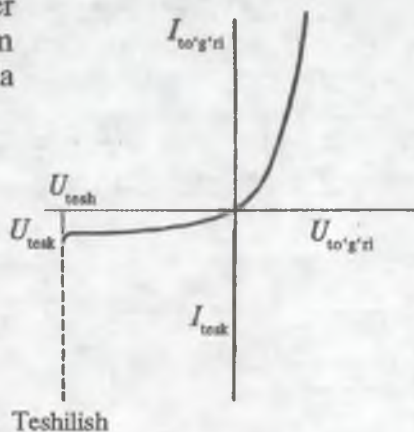
Parametrlar	Ventil turlari		
	selen	germaniy	kremniy
Tok zichligi , tabiiy soviti- lishda	0,07	40	80
Majburiy sovutilishda	0,2	100	200
Teskari kuchlanish, V	25÷45	100÷150	400
Ishlash haroratining maksimal qiymati (gradus)	85	70	150
Foydali ish koeffitsienti	92	98,5	99,6
To'g'ri ulanishga tegishli $p-n$ o'tish- dagi kuchlanishning pasayishi, V	0,6	0,5	0,7÷1

3.27- rasmda yarim o'tkazgichli diodning shartli belgisi va ekvivalent sxemasi ko'rsatilgan. Bunda uchburchak belgining cho'qqi tomoni ventilning o'tkazuvchi tomoni hisoblanadi. Ekvivalent sxemadagi  $R_0$  yarim o'tkazgichning  $p$  va  $n$  qismlaridagi umumiy qarshilik bo'lib, uning qiymati taxminan 1 Om atrofida bo'ladi;  $R_1$  — to'g'ri va teskari ulanishlarda turli qiymatga ega bo'lgan  $p-n$  to'siq qarshiligi;  $C_1$  — teskari ulanishdagi to'siq sig'imi.

3.28- rasmda germaniy yarim o'tkazgichli diodning volt-ampere tavsifi ko'rsatilgan. Agar yarim o'tkazgichli diodga 1- jadvalda



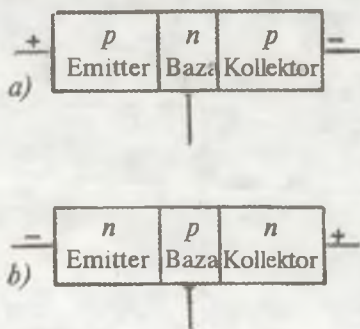
3.27- rasm. Yarim o'tkazgichli diodning ekvivalent sxemasi va shartli belgisi.



3.28- rasm. Germaniyli diodning volt-ampere tavsifi.

ko'rsatilgan normal teskari kuchlanishdan kattaroq kuchlanish  $U_{\text{tesh}}$  berilsa, u holda kuchli elektr maydoni ta'sirida kovalent bog'lanishlardan elektronlar erkin holga o'tishi natijasida tok qiymati keskin ko'payishi (3.28- rasm) va bunda «teshilish» hodisasi ro'y berib, ventil ishdan chiqishi mumkin. Hozirgi paytda turli yarim o'tkazgichli diodlar o'zlarining yuqori ko'rsatkichlari tufayli (1- jadvalda keltirilgan) ko'plab chiqarilmoqda. Sanoatimiz 350 amperga hisoblangan germaniy diodlarni o'zlashtirdi, 1000 A ga hisoblangan diod o'zlashtirilmogda, kremniy ventillarni ketma-ket va parallel ulab, bitta yarim davrli, ikkita yarim davrli, bir va uch fazali ko'prik sxemalarda juda katta quvvatli to'g'rilagichlar yaratilgan va yaratilmogda. Sanoatimiz germaniy va kremniy ventillari asosida tok kuchi 100000 amper va kuchlanishi bir necha ming volt bo'lgan to'g'rilagichlarni ishlab chiqarmoqda. Ishda ishonchliligi, foydali ish koeffitsientining katta bo'lishi, ishga bir onda tayyor bo'lishligi, gabaritining kichikligi va yengilligi tufayli, kremniy to'g'rilagichlar kimyo sanoatida, temir yo'l elektr podstantsiyalarida va hatto elektrovozlarning o'zida hamda akkumulyator batareyalarini zaryadlaydigan qurilmalarda va shu kabilarda qo'llaniladigan elektr mashina, simobli va selenli to'g'rilagichlarini siqib chiqarmoqda.

**Tranzistorlar.** Uch elektrodli, ya'ni triod lampalari singari vazifalarni barajadigan yarim o'tkazgich asbob tranzistor deb ataladi. Bu asbob kremniy yoki germaniy kristallaridan iborat uch qatlamga ega. Bunda chetki qatlamlar bir xil o'tkazuvchanlikka, o'rtadagi qatlam esa boshqa xil o'tkazuvchanlikka, ya'ni  $p-n-p$  yoki  $n-p-n$  ga ega bo'ladi (3.29-a, b rasm).



3.29- rasm. Uch elektrodli chala o'tkazgich-tranzistor:

a)  $p-n-p$  va b)  $n-p-n$  tipli tranzistorlar.

Amalda ko'proq  $p-n-p$  tipli tranzistorlar qo'llaniladi. Tranzistorlar emitter, baza va kollektor deb ataladigan elektrodlardan iborat bo'ladi. Bazaga yod bo'lgan zaryad tashuvchilar hosil bo'ladigan qatlam emitter deb ataladi. Demak,  $p-n-p$  tipli tranzistor emitterida teshiklardan iborat zaryad tashuvchilar hosil bo'ladi,  $n-p-n$  emitterda esa elektronlar hosil bo'ladi. Baza deb, emitterda hosil bo'lgan zaryad tashuvchilar

oqimini boshqarib turadigan qatlamga aytiladi. Emitterda hosil bo'lgan va baza orqali o'tadigan zaryad tashuvchilarni yig'adigan qatlam kollektor deb ataladi. Shunga ko'ra, emitterni triodkatodiga, bazani uning to'riga va kollektorni undagi anod elektrod-larga taqqoslash mumkin. Bunda uning ishlash prinsipi osonroq tushuniladi. Tranzistor, umuman,  $p-n$  yoki  $n-p$  diodlarning bir-biriga qarama-qarshi ulanishi asosida ishlaydi. Bunda emitter va baza — kirish diodlari, baza va kollektor esa — chiqish diodlari deyiladi. Kirish diodiga to'g'ri, chiqish diodiga esa to'g'ri kuchlanishga nisbatan bir necha marta katta bo'lgan teskari kuchlanish beriladi. Bunda to'g'ri kuchlanish juda kichik bo'lsa ham emitterdan bazaga kiritiladigan zaryad tashuvchilarning soni ancha ko'p bo'ladi.

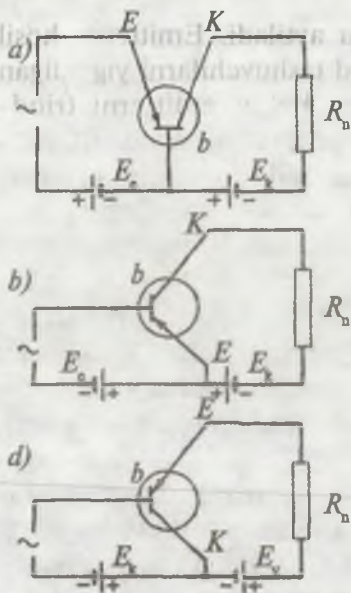
Bazaga kiritilgan zaryad tashuvchilarning ko'pgina qismi diffuziya natijasida kollektorga o'tadi, qolgan qismi esa bazadagi zaryad tashuvchilar bilan qo'shib, o'z zaryadlarini yo'qotadi. Kollektorga o'tib olgan zaryad tashuvchilar uning o'tkazuvchanligini anchagina oshiradi va kuchli elektr maydoni ta'sirida kollektor zanjiridagi tokning qiymatini ancha ko'taradi. Shunga ko'ra, kollektordagi tok emitter tokiga proporsional ravishda o'zgarib, qiymat jihatdan unga taxminan teng bo'ladi. Tranzistorning asosiy ko'rsatkichlaridan biri undagi tok kuchayishini ifodalovchi koef-fitsientdir. Bu koefitsient  $\alpha$  bilan belgilanadi:

$$\alpha = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_e}.$$

Bunda  $\Delta I_k$ ,  $\Delta I_e$  — tegishli kollektor va emitterdagi toklarning o'zgarishi (bunda kollektordagi kuchlanish o'zgarimas, ya'ni  $U_k = \text{const}$  bo'lishi kerak). Tok kuchayishini ifodalovchi koefitsient, odatda  $\alpha \cong 1$  bo'ladi. Demak, kuchlanish yoki quvvatni tranzistor orqali boshqarish mumkin. Tranzistorning kuchlanish va quvvat bo'yicha kuchaytiruvchi koefitsientlari bir-biriga teng bo'lib, ular quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$k_U = k_p = \frac{I_k R_n}{I_e R_{\text{kirish}}} = \frac{I_k^2 R_n}{I_e^2 R_{\text{kirish}}} \cong \frac{R_n}{R_{\text{kirish}}}. \quad (3.10)$$

Kirish va chiqish diodlariga kuchlanish berilgani uchun,  $R_{\text{kirish}}$  kichik,  $R_{\text{chiqish}}$  esa katta qarshiliklarga egadir. Shunga ko'ra, foydali ish koefitsientini juda pasaytirib yubormaslik uchun yuklanish qarshiligi  $R_n$  ham katta qiymatga ega bo'lishi lozim.



3.30- rasm. Tranzistorlarning ulanish sxemasi:

- a) umumiy bazaga; b) umumiy emitter va d) umumiy kollektorga ega bo'lgan sxemalar.

afzalliklari bilan birga, ularning keng tarqalishiga xalaqit beradigan kamchiliklari ham bor.

Bunga teskari kuchlanishning pastligi tufayli quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti  $k_p$  ning chegaralanishi kiradi. Haqiqatan  $k_p$  ni oshirish uchun  $R_n$  ni va demak,  $U_{tesk}$  ni ham ko'paytirish kerak.  $U_{tesk}$  ning normadagiga ko'ra bir oz ko'payishi esa tranzistorni ishdan chiqarishi mumkin.

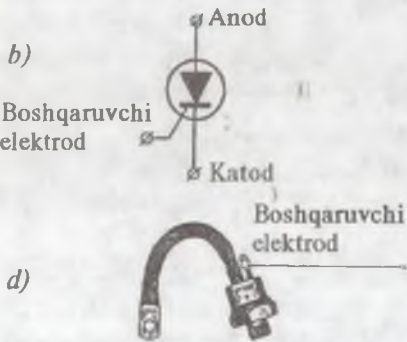
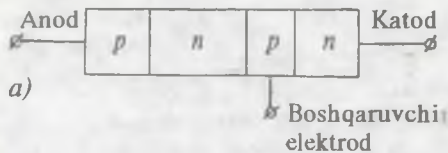
Yuklanish tokining va, demak, haroratning me'yordan bir oz ortishi ham tranzistor tavsifini keskin o'zgartirishi mumkin.

**Tiristorlarning ishlash prinsipi va qo'llanilishi.** To'rt qatlamli kremniy kristallaridan iborat  $p-n-p-n$  tuzilishidagi yarim o'tkazgichli boshqariladigan diod *tiristor* deb ataladi. Bunday diodning ikki chetki qatlamlariga birlashtirilgan elektrodleri — anod va katod deyilib, ichki baza qatlamidagisi esa *boshqaruvchi elektrod* deyiladi. 3.31-rasmda *a* — tiristor tuzilishi, *b* — uning shartli belgisi va *d* — umumiy ko'rinishi ko'rsatilgan.

Agar anodga katodga nisbatan musbat potensial berilgan bo'lsa, u holda chetki  $j_1$  va  $j_3$ ,  $p-n$  o'tishlardagi zaryad tashuvchilar to'g'ri,

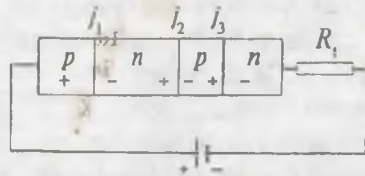
Amalda  $R_n \equiv R_{chiqish}$  bo'lib, tranzistorning foydali ish koeffitsienti o'rtacha  $\eta \approx 0,5$  bo'ladi. 3.30- rasmda tranzistorning shartli belgisi va uning ulanish sxemalari ko'rsatilgan. Bunda *a* — umumiy bazaga (UB), *b* — umumiy emitterga (UE) va *d* — umumiy kollektorga (UK) ega bo'lgan sxemalardir. Tranzistor umumiy emitter (UE) sxemasi bilan ulanganda quvvat bo'yicha eng katta kuchaytirish koeffitsienti olinadi. Shunga ko'ra, amalda, umumiy emitter sxemasi ko'proq qo'llaniladi. Tranzistorlarni quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti  $k_r$  va foydali ish koeffitsientini ko'tarish uchun ularni ketma-ket ulash kerak. Bunda birinchi tranzistorning kirishiga va hokazo qilib ulanishi lozim. Tranzistorlarning, umuman yarim o'tkazgichli asboblarga tegishli



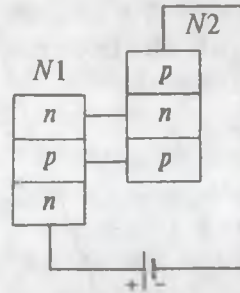


3.31- rasm. To'rt qatlamli yarim o'tkazgich-tiristor:

a) tiristor tuzilishi; b) tiristorning shartli belgisi va d) umumiy ko'rinishi.



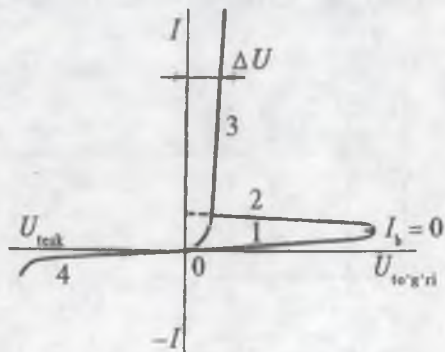
3.32- rasm. Tok manbayiga tiristorning to'g'ri ulanishi.



3.33- rasm. Tiristorning ekvivalent sxemasi.

markaziy  $i_2$  dagi zaryad tashuvchilar esa teskari yo'nalishda siljiy boshlaydi (3.32- rasm). Shunga ko'ra, markaziy o'tishni  $p-n-p$  va  $n-p-n$  dan iborat ikkita tranzistorning umumiy kollektorli o'tishi deb tasvirlash mumkin (3.33- rasm).

3.34- rasmda tiristorning volt-amper tavsifi ko'rsatilgan. Tavsif to'rt qismdan iborat bo'lib, uning birinchi qismi tiristorning berk holatiga tegishli bo'ladi. Bunda tiristordan o'tadigan tok g'ov qatlam borligi tufayli teskari ulanishdagi tok singari kichik bo'ladi. Anod va katod orasidagi kuchlanishning ortishi bilan markaziy  $p-n$  o'tishdagi tok ham orta boshlaydi va, nihoyat, kuchlanishning berilgan maksimal qiymati  $U_{max}$  da markaziy  $p-n$  o'tishning teshilishi sababli tiristordan o'tadigan tok qiymati o'z-o'zidan tavsifning ikkinchi qismi (2) bo'yicha orta boradi, so'ngra uchinchi qismiga o'tadi. Bunda



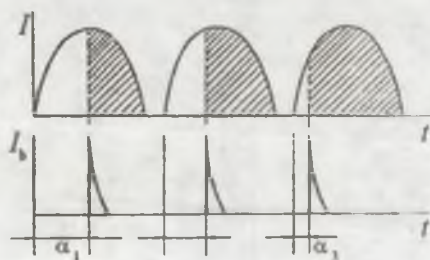
3.34- rasm. Tiristorning volt-amper tavsifi.

tiristor ochilgan hisoblanadi. Ochilgan tiristorning ichki qarshiligi juda ham kichik bo'lganligidan undan o'tadigan tok katta qiymatga ega bo'ladi, ammo bu tok qiymatini qanchalik katta bo'lishidan qat'iy nazar, hosil bo'ladigan kuchlanish pasayishi  $\Delta U = 1 \div 2$  volt dan ortmaydi. Agar anodga manfiy potensial berilsa, u holda chetki  $p-n$  o'tishlar teskari ulanishga ega bo'lib tavsifning 4- qismi olinadi. Agar tiristorning boshqarish elektrodiga, uning katodiga nisbatan, musbat potensial berilsa, u holda markaziy o'tish  $\frac{1}{2}$  ning «teshilishi» kamroq kuchlanishlarda sodir bo'ladi. Demak, boshqarish elektrodidan o'tadigan tok  $I_b$  ni o'zgartirish bilan tiristorning ochilish jarayonini tiratrandagi singari boshqarish mumkin.

Agar tiristorning anodi bilan katodiga o'zgaruvchan kuchlanish berilsa, u holda boshqarish toki  $I_b$  fazasini o'zgartirib tiristorni boshqarish ventili sifatida qo'llash mumkin. Agar  $I_b$  boshqarish toki fazasini tiristor toki  $I$  ga nisbatan  $180^\circ$  ga o'zgartirish mumkin bo'lsa, u holda tiristorning anod zanjiriga ketma-ket ulangan yuklamadan o'tadigan to'g'rilangan tokni katta diapazonda rostlash imkoniyati tug'iladi.

3.35- rasmda boshqarish elektrodiga beriladigan  $I_b$  tok fazasini, ya'ni tiristorning ochilish burchagi  $\alpha$  ni o'zgartirish bilan undan o'tadigan  $I$  tokni shtrixlangan yuza orqali rostlanishi ko'rsatilgan.

Ochiq, ya'ni to'yingan holatda, tiristorning boshqarish toki  $I_b = 0$  bo'lganda ham uzoq vaqt ochiqligicha qolishi mumkin. Haqiqatan, tiristorni ifodalovchi birinchi tranzistorning kollektor toki, ikkinchisining baza toki va, aksincha, ya'ni tok bo'yicha, musbat bo'lgan teskari bog'lanishning bo'lishi tufayli bu tranzistorlar bir-birini to'yingan holatda saqlab turadi (3.33- rasm).



3.35- rasm. Tiristorning ochilish burchagini o'zgartirish bilan undan o'tadigan tok qiymatini rostlash.

Shunga ko'ra, boshqarish elektrodi zanjiridagi signal ta'siri bilan ochiq holatdagi tiristorni berk holatga o'tkazib bo'lmaydi. Tiristorni faqat anod zanjiridagi (katta qiymatli) signal bilan berkitish mumkin. Bu esa tiristorning kamchiligidir. Hozir sanoatda besh qatlamli to'la boshqariladigan tiristorlarni ishlab chiqarish ham o'zlashtirilmoqda.

Bularni ochiq va berk holatlarga o'tkazish uchun boshqarish elektrodi zanjiridagi signalni o'zgartirish kifoya. Tiristorlarning quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsientlari juda katta, ya'ni  $10^4 \div 10^5$ , impulsli rejimda esa undan ham katta bo'ladi, masalan, tok manbayidagi e.y.k.  $E = 300 \text{ V}$  va tiristordan o'tayotgan tok  $I = 100 \text{ A}$  bo'lsa, u holda yuklamadagi quvvat  $P = 30 \text{ kW}$  bo'ladi (agar tiristorlardagi quvvat isrofini uning qiymati kam bo'lganligi uchun hisobga olmaganda). Bunda tiristorni ochiq holatga o'tkazish uchun taxminan  $0,1 \text{ W}$  boshqarish quvvati talab qilinadi. Agar boshqarish elektrodidagi kuchlanish  $U_b = 3\text{V}$ ,  $I_b = 50 \text{ mA}$  bo'lsa, u holda  $P_b = 0,15 \text{ W}$  bo'lib, kuchaytirish koeffitsienti esa  $k_p = \frac{P}{P_b} = 2 \cdot 10^5$  bo'ladi.

**Magnit kuchaytirgichi va uning elektr yuritmada qo'llanilishi.** Magnit kuchaytirgichi (MK) po'lat o'zagining tuzilishi va unga o'rnatilgan magnitlanish chulg'amlar soni bilan oddiy to'yinish drosselidan farq qiladi. Bunda to'yinish drosseli haqidagi tushunchalarni esga olish lozim. Ma'lumki, to'yinish drosseli yopiq po'lat o'zakka o'rnatilgan ikkita chulg'amdan iborat bo'ladi. Bu chulg'amlarning biriga o'zgarmas tok berilib, uni *magnitlantiruvchi chulg'am* deyiladi, o'zgaruvchan tok zanjiriga ulanuvchini *ish chulg'ami* deyiladi (3.36- rasm).

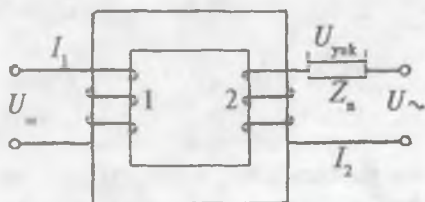
Bunda yuklama  $Z_n$  ish chulg'ami zanjiriga ketma-ket ulanadi. Shunga ko'ra, ish chulg'ami zanjiridagi tok quyidagicha aniqlanadi:

$$I_2 = \frac{U}{\sqrt{R_n^2 + (\omega L + X_n)^2}},$$

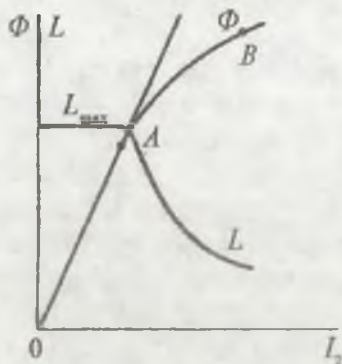
bunda  $\omega L$  va  $L$  — tegishlicha ish chulg'amining induktiv qarshiligi va induktivligi;  $R_n$ ,  $X_n$  — tegishlicha yuklamaning aktiv va induktiv qarshiliklari. Ma'lumki, po'lat o'zakka o'ralgan chulg'amning induktivligi uning to'yinish darajasiga bog'liq bo'lib, quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$L = W_2 \frac{d\Phi}{dI_2} 10^{-8} [\text{H}], \quad (3.11)$$

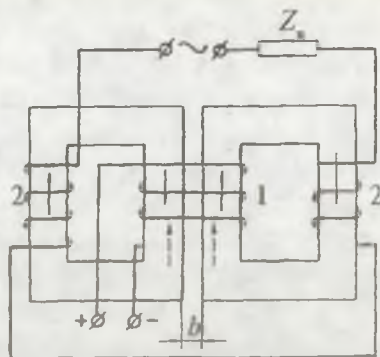
bunda  $W_2$  — ish chulg'amining o'ramlar soni;  $\Phi$  — o'zakdagi magnit oqimi, mks;  $I_2$  — chulg'amdan o'tayotgan tok, A.



3.36- rasm. To'yinish drosselining ulanish sxemasi.



3.37- rasm. Drosselning to‘yinishi bilan uning induktivligining o‘zgarishi.



3.38- rasm. Ikki po‘lat o‘zakli to‘yinish drosseli — magnit kuchaytirgichning ulanish sxemasi.

3.37- rasmda po‘lat o‘zakka o‘ralgan chulg‘amdagi tok bilan u hosil qilgan magnit oqimi orasidagi bog‘lanish, ya‘ni magnitlanish egri chizig‘i ko‘rsatilgan.

Bu egri chiziqqa binoan, po‘lat o‘zakning to‘yinmagan holatida ( $OA$ ) ish chulg‘ami induktivligi o‘zgarmas va o‘zining maksimal qiymatiga ega bo‘ladi, to‘yinish boshlanishi bilan esa ( $AB$ ) uning qiymati kamaya boshlaydi (3.37- rasm).

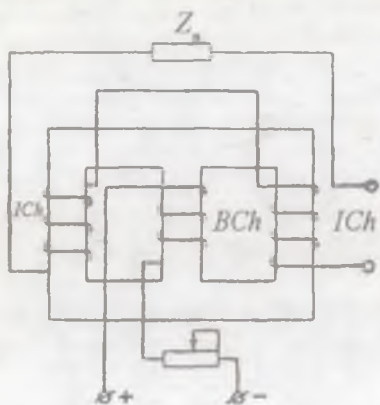
Agar to‘yinmagan holatdagi o‘zakning 1- chulg‘amiga o‘zgarmas tok berilsa, u holda o‘zgarmas magnit oqimi ta‘sirida o‘zak to‘yinish holatiga o‘tib qolishi mumkin. Bunda 2- chulg‘amning induktivlik qiymati kamayib, undan o‘tadigan tok qiymati ortadi. Demak, 2- chulg‘am zanjiriga ulangan yuklamadagi  $I_2$  tok va  $U_{yuk}$  kuchlanishning qiymati ham ortadi. Shunday qilib, 1- chulg‘amdagi o‘zgarmas tok miqdorini o‘zgartirish bilan 2- chulg‘amdagi yuklama tokini roslash mumkin. Bunda quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$k_p = \frac{I_2 U_{yuk}}{I_1 U}$$

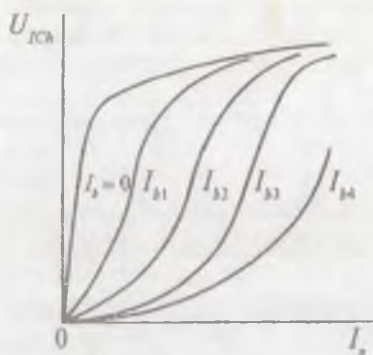
Turli tipdagi  $MK$  lar uchun

$$k_p \cong 20 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^5$$

va undan ham ko‘p bo‘lishi mumkin. 3.36- rasmdagi to‘yinish drosseli sxemasida o‘zgaruvchan oqim  $\Phi$  orqali 1- chulg‘amda e.y.k. hosil bo‘lib, undagi o‘zgarmas kuchlanishni ancha o‘zgartirishi mumkin. Bunday kamchilikdan qutulish uchun magnit



3.39- rasm. Oddiy magnit kuchaytirgichining ulanish sxemasi.

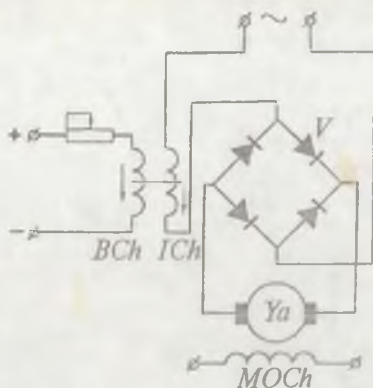


3.40- rasm. Magnit kuchaytirgichi ish chulg'amidagi kuchlanish pasayishi-ning yuklanish tokiga ko'ra o'zgarishi (boshqaruvchi chulg'amidan turli toklar o'tkazilganda).

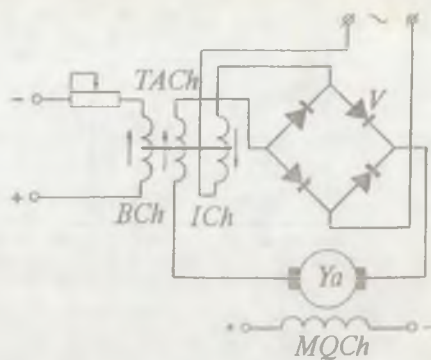
kuchaytirgichda ikkita bir xil o'zak olinib, unga 1 va 2- chulg'amlar 3.38- rasmda ko'rsatilgandek o'raladi. Bunda 2- chulg'am ish chulg'ami ( $ICh$ ) deyiladi va u ketma-ket ulangan ikki qismdan iborat bo'ladi. Ish chulg'ami o'zaklarning ikki chekkasiga shunday o'raladiki, undagi tokdan o'zakning o'rtadagi qismida qarama-qarshi yo'nalgan magnit oqimlari hosil bo'ladi. Buning natijasida o'zakning o'rta qismlarida o'zgaruvchan magnit oqimi deyarli bo'lmaydi. Shuning uchun o'zakning bu qismiga o'zgarimas tok bilan ta'minlanadigan chulg'am  $I$  o'raladi. Bu chulg'amni boshqarish chulg'ami ( $BCh$ ) deyiladi. 3.39- rasmda  $MK$  ning amalda qo'llaniladigan sxemasi ko'rsatilgan bo'lib, unda ikkita alohida olingan o'zak o'rniga bitta yaxlit o'zak ishlatilgan. Ma'lumki,  $BCh$  ga o'zgarimas tok berilmaganda  $ICh$  ning induktivligi maksimal qiymatga ega bo'ladi. Shunga ko'ra, o'zgaruvchan tok manbayidan berilgan kuchlanishning katta qismi ( $ICh$ ) ga, kichik qismi esa yuklamaga to'g'ri keladi. 3.40- rasmda turli qiymatdagi boshqarish toklari uchun ish chulg'amidagi kuchlanish tushuvining yuklama tokiga bog'lanishini ifodalovchi egri chiziqlar ko'rsatilgan. Bunda

$$I_{b1} < I_{b2} < I_{b3} < I_{b4}.$$

Demak,  $I_b$  ni oshirib,  $U_{сh}$  ni kamaytirish,  $U_{nagr}$  ni esa oshirish mumkin. Shunga ko'ra  $MK$  ni chala o'tkazgichli diodlar bilan birgalikda boshqariladigan to'g'rilagich sifatida qo'llash mumkin. 3.41- rasmda mustaqil qo'zg'atishli motor tezligini  $MK$  li o'zgaritgich bilan rostdash eng oddiy sxemada ko'rsatilgan.



3.41- rasm. Mustaqil qo'zg'atishli motor tezligini magnet kuchaytirgichli o'zgartgich bilan roslash sxemasi.



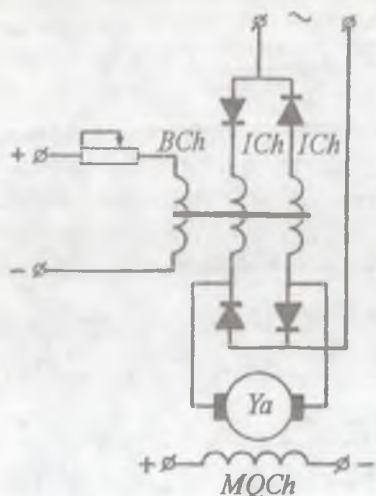
3.42- rasm. Teskari bog'lanish zanjiriga ega bo'lgan magnet kuchaytirgichli o'zgartgich bilan mustaqil qo'zg'atishli motor tezligini roslash.

Bunda boshqarish chulg'amidagi tok qiymatini o'zgartirish bilan yakorga beriladigan to'g'rilangan kuchlanishni va, demak, motor tezligini roslash mumkin. Ammo bu sxemada motorning mexanik tavsifining qattiqligi ancha past bo'ladi. 3.42- rasmdagi sxemada qo'llanilgan tok bo'yicha teskari bog'lanish chulg'ami (*TACH*) tufayli, motorning mexanik tavsifining qattiqligi ancha ko'tariladi. Bunda teskari bog'lanish chulg'ami ham boshqarish chulg'ami o'raladigan *MK* ning o'zagiga o'ralib, undan to'g'rilangan yuklanish toki o'tishi lozim. Mexanik tavsifning qattiqligini bir oz ko'tarish uchun tok bo'yicha musbat bo'lgan ichki teskari bog'lanishdan foydalanish mumkin.

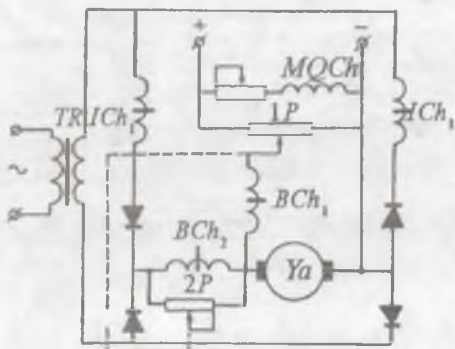
Bunda teskari bog'lanish chulg'ami sifatida *MK* ning ish chulg'amidan foydalaniladi (3.43- rasm). Ish chulg'ami bo'laklaridan bir tomonlama o'tadigan tokning o'zgarish qismi tufayli yuklama toki bo'yicha musbat bo'lgan teskari bog'lanish signalini ichki teskari bog'lanish signali deyiladi.

Quvvati 0,1÷4,5 kW gacha bo'lgan mustaqil qo'zg'atish chulg'amli motor tezligini keng diapazonda roslash uchun 3.44- rasmda ko'rsatilgan teskari bog'lanishli magnet kuchaytirgich-motor sistemasidan foydalanish mumkin.

Bunda  $ICh_1$  va  $ICh_2$  ish chulg'ami bo'laklari. *MK* ning  $BCh_1$  chulg'amiga tashqi manbadan va yakordagi e.y.k. bo'yicha manfiy bo'lgan,  $BCh_2$  ga esa yakor toki bo'yicha musbat bo'lgan teskari bog'lanish signallari kiritiladi. Demak, bu sxemada yuklamaning o'zgarishiga qaramay motor tezligini bir miqdorda saqlab turish mumkin.



3.43- rasm. Ikki teskari bog‘lanish zanjiriga ega bo‘lgan magnit kuchaytirgichli o‘zgartgich bilan mustaqil qo‘zg‘atishli motor tezligini rostdlash.



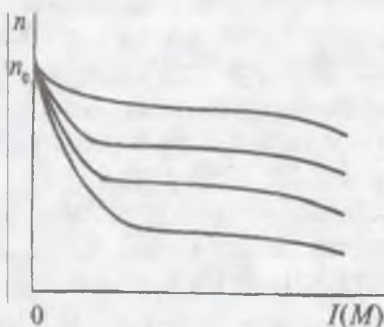
3.44- rasm. Tok va kuchlanish bo‘yicha teskari bog‘lanish zanjiriga ega bo‘lgan magnit kuchaytirgichli o‘zgartgich bilan mustaqil qo‘zg‘atishli motor tezligini rostdlash.

Bunda yuqorida ko‘rsatilgan teskari bog‘lanish signallari bilan birgalikda  $ICh_1$  va  $ICh_2$  da hosil bo‘lgan tok bo‘yicha musbat bo‘lgan ichki teskari bog‘lanish signallari ham motorning mexanik tavsifini qattiqlashda ishtirok qiladi.

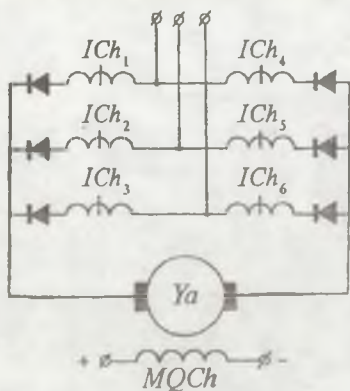
Shunday qilib, bu sxemada motorning mexanik tavsiflari nisbatan qattiq bo‘lib, aylanish tezligining rostdlanish diapazoni  $D = (10 \div 12) : 1$  atrofida bo‘ladi (3.45- rasm).

Demak, mexanik tavsif yuklama tokining qiymati kam bo‘lgan qismida yumshoq bo‘lib, yuklama ortishi bilan u qattiqlasha boradi.

Aylanish tezligining rostdlanish diapazonini yanada kengaytirish uchun  $MK$  ni boshqarish chulg‘amlaridan biriga taxogenerator bilan tezlik bo‘yicha manfiy bo‘lgan teskari bog‘lanish signalini kiritish kerak. Shu bilan birga tok bo‘yicha musbat bo‘lgan teskari bog‘lanish signali ta‘sirini oshirish ham lozim.



3.45- rasm. Magnit kuchaytirgichli o‘zgartgichdan ta‘minlanadigan mustaqil qo‘zg‘atishli motorning mexanik tavsiflari.



3.46- rasm. Magnit kuchaytirgichli o'zgartirich-motor sistemasining ko'priksimon sxemasi.

boshqarish chulg'amlariga (sxemada ko'rsatilmagan) beriladigan tok qiymatini o'zgartirish kerak. Tezlikni oshirish uchun boshqarish chulg'am tokini ko'paytirish, uni kamaytirishi uchun esa tokni kamaytirish lozim.

Motorni magnit kuchaytirgich bilan boshqarish sxemalarida uni reverslash uchun yakor zanjiriga reversiv kontaktorlarning kontaktlari kiritiladi. Agar kontaktorlar yordamida reverslash tavsiya qilinmasa, u holda motorni reverslash uchun ikki komplekt magnit kuchaytirgichlarni sxemaga kiritish lozim. Bunda motor yakoriga ulanadigan har bir kuchaytirgich ballast (befoyda) qarshiliklari orqali ulanishi lozim. Bunday sxemani foydali ish koeffitsienti juda past, ya'ni  $\eta \cong 0,5$  bo'ladi. O'zgarimas tok motorlari tezligini  $MK$  li o'zgartirgichlar bilan roslash quyidagi kamchiliklarga ega. Elektromagnit inersiyasi ancha katta, past tezliklarda sistema kichik  $\cos \varphi$  ga ega, kichik yuklamalarda tezlikning keskin o'zgarishi va boshqalar. Uning afzalliklari quyidagilar: kichik quvvatli motorlar tezligini roslash generator-motor ( $G-M$ ) sistemasiga nisbatan ancha yuqori texnik va iqtisodiy ko'rsatkichlarga ega, magnit kuchaytirgich-motor sistemasi sanoat masshtabida chiqariladigan bo'lsa, reversivmas elektr yuritmalarning foydali ish koeffitsienti  $G-M$  sistemasiga nisbatan yuqori bo'lishi, unga nisbatan ancha sodda va ishlatishda ishonchliligi magnit kuchaytirgich-motor sistemasiga istalgancha teskari bog'lanish signallarini osonlik bilan kiritish mumkinligi va boshqalar. Shularga ko'ra, magnit kuchay-

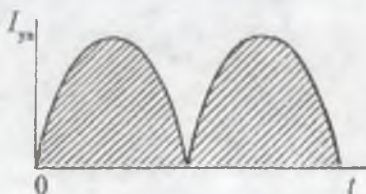
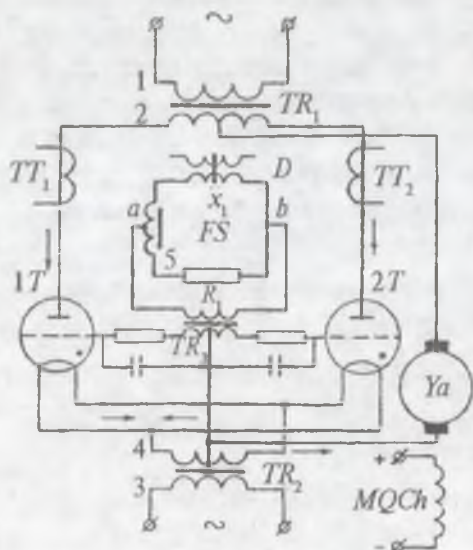
Bunda tezlikni roslash diapazoni  $100 : 1$  va undan ham ortishi mumkin. 3.46- rasmda katta quvvatli motorlarni magnit kuchaytirgich-motor sistemasini bosh zanjiri ko'rsatilgan. Bunda magnit kuchaytirgichning ish chulg'amlari va ventillari uch fazali ko'priksimon sxema bo'yicha ulash yaxshi natijalar beradi (bir fazali sxemalarga nisbatan to'g'rilangan kuchlanishning pulsatsiyalanishi kamayadi). Bu esa motorning past tezliklarda ham stabil ishlashini ta'minlaydi. Bu sxemada ham tezlikni roslash uchun  $MK$  ning ketma-ket ulangan



tirgichlar kuchaytirgich va o'zgartgich sifatida, katta quvvatli avtomatlashtirilgan elektr yuritma sistemalarida keng qo'llaniladi.

**Ion va elektron asboblardan iborat o'zgartgichlarning o'zgar-mas tok elektr yuritmalarida qo'llanilishi.** Boshqariluvchi ventil o'zgartgichi va mustaqil qo'zg'atishli motordan iborat sistema tezligini rostdlash tamoyilini ELIR yuritmasi (электронно-ионное регулирование) misolida tushuntirish maqsadga muvofiq bo'ladi. Elektron va ion asboblardan yordamida yuritma tezligini rostlaydigan sistema ELIR deb ataladi. 3.47- rasmda ELIRning bosh zanjir sxemasi ko'rsatilgan. Bunda parallel qo'zg'atishli motor  $2T$  va  $1T$  tiratronlar orqali ko'priksiz sxemaning diagonaliga ulangan. Tiratron  $1T$  va  $2T$  larni anod zanjiri transformator  $TR_1$ , katod zanjiri esa transformator  $TR_2$ , boshqaruvchi to'r zanjiri transformator  $TR_3$  orqali tok bilan ta'minlanadi. Tiratronlardan tok o'tishi uchun ularning anodiga musbat-potensial berish lozim. Anodi musbat potensialga ega bo'lgan tiratronda yonish jarayoni yuz beradi, ya'ni katoddagi elektronlar ionlashgan gaz orqali anodga tortilib, natijada tiratrondan tok o'ta boshlaydi. Bu tok sxemada ko'rsatilgan yo'nalishda motordan o'tib, yana tiratronga qaytadi va shu bilan tok zanjiri berkitiladi.  $TR_1$  chulg'amida hosil bo'lgan e.y.k. ning ikkinchi yarim davrida boshqa tiratronning anodi musbat potensialga

ega bo'ladi va undan o'tgan tok ham ilgari yo'nalishda motordan o'ta boshlaydi. Shunday qilib, o'zgaruvchan tokning ikkala yarim davrida ham motordan bir xil yo'nalishdagi pulsatsiyalanuvchi tok o'tadi (3.48- rasm).



3.47- rasm. Elektron va ion o'zgartgich-motor (ELIR) sistemasi.

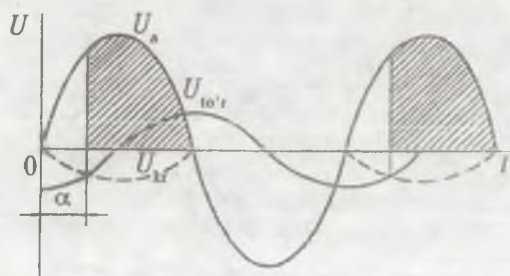
3.48- rasm. Ventillar orqali o'tadigan tokning ikki yarim davrda tog'rilanishi.

Bu to'g'rilangan tok yoki kuchlanishning o'rtacha qiymatini roslash uchun tiratron to'riga beriladigan potensial qiymati va fazasini o'zgartirish lozim.

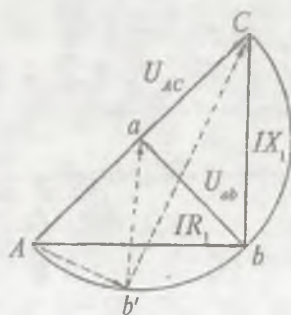
Haqiqatan, tiratron to'riga ma'lum qiymatli manfiy potensial berib, uni yondirmaslik mumkin. Anoddagi musbat potensial qancha katta bo'lsa, uni yondirmaslik uchun to'rga beriladigan manfiy potensial ham nisbatan katta bo'lishi kerak. Shunga ko'ra, anodga sinusoidal kuchlanish berilsa, u holda tiratronni yondirmaslik uchun to'rga beriladigan manfiy potensialning kritik  $U_{kr}$  qiymati 3.49- rasmda ko'rsatilgandek o'zgarishi kerak. Demak, to'rga berilgan kuchlanish  $U_{to'r}$  ning qiymati 3.49- rasmda ko'rsatilgan sinusoida bo'yicha o'zgarsa, u holda tiratron yonishi bilan anoddagi sinusoidaning shtrixlangan qismigina to'g'rilanadi.

Tiratronni yondirish uchun  $U_{to'r} < U_{kr}$  bo'lishi lozim. Demak, to'rga beriladigan potensial fazasini anoddagiga nisbatan ma'lum  $\alpha$  burchakka siljitish bilan tiratrondan o'tgan tok yoki kuchlanishning o'rtacha qiymatini roslash mumkin.

To'rga beriladigan potentsiallar fazasini o'zgartirish uchun, turli tipdagi faza siljitgichlar qo'llaniladi. Faza siljitgich sifatida avvallari induksion mashinadan iborat faza regulyatori qo'llanilgan bo'lsa, hozirgi paytda nisbatan ancha qulay bo'lgan statik faza siljitgichlar qo'llaniladi. 3.47- rasmda induktiv qarshiligi o'zgartiriladigan ko'priksxemali statik faza siljitgich (Fs) ko'rsatilgan. Faza siljitgichning ikki yelkasi  $TR_2$  transformatorning ikkilamchi chulg'ami (5) dan iborat bo'lib, uchinchi yelkasi  $R_1$  aktiv va to'rtinchisi  $X_1$  induktiv qarshiliklardan iborat. Bunda  $X_1$  induktiv qarshilikning qiymati  $D$  - drosselning boshqarish chulg'amidagi magnitlanish tokini o'zgartirish bilan roslanadi. Faza siljitgichning



3.49- rasm. Tiratronning yondirilishi (ochilishi).

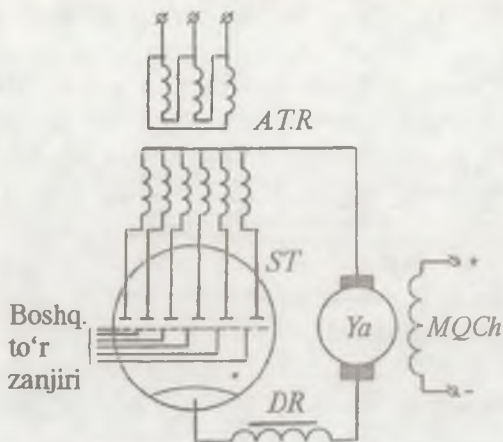


3.50- rasm. Faza siljitgichning vektor diagrammasi.

$ab$  diagonaliga tiratronlar to'ri tok bilan ta'minlovchi  $TR_3$  transformatorning birlamchi chulg'ami ulangan bo'lib, unga  $U_{ab}$  kuchlanishi beriladi. 3.50- rasmda faza siljitgichning vektor diagrammasi ko'rsatilgan, unda  $AC$  — transformator chulg'amidagi kuchlanish vektori.  $IX_1$  ning o'zgarishi bilan 3.50- rasmdagi  $b$  nuqta  $U_{ab}$  vektordan iborat radiusda yarim doira bo'yicha siljiydi, chunki  $U_{AC} = IR_1 + IX_1 = \text{const}$ . Demak,  $U_{ab}$  kuchlanish qiymat jihatidan o'zgarimas, faza jihatidan esa  $U_{AC}$  ga nisbatan mos yoki  $180^\circ$  gacha teskari siljigan bo'ladi.  $TR_2$  ning 5 chulg'amidagi kuchlanish faza jihatidan  $TR_1$  ning ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanishga mos bo'lgani tufayli, tiratron to'riga beriladigan kuchlanishni ham, anoddagiga nisbatan mos yoki  $180^\circ$  gacha teskari siljitish mumkin. Agar  $U_{\text{to'r}}$  bilan  $U_{\text{anod}}$  fazasi mos yo'nalishga ega bo'lsa, to'g'rilangan kuchlanish eng katta qiymatga ega bo'ladi, aks holda esa, ya'ni ular faza jihatidan  $180^\circ$  ga farq qilsa, u holda tiratron butunlay yonmaydi. Faza siljitgich zanjiridagi drosselning boshqarish chulg'ami elektron lampaning (triode) anod zanjiriga kiritilgan bo'lib, uning to'riga esa boshqa triodning anod zanjiridan signal beriladi. Potensiometr orqali bu triod to'riga tashqi doimiy tok manbayining o'zgarimas qiymatli kuchlanishi va motor tezligi bo'yicha manfiy bo'lgan teskari bog'lanish signallari yig'indisi beriladi (rasmda ko'rsatilmagan).

Demak, potensiometr orqali birinchi triod to'ridagi potensialni o'zgartirib, ikkinchi triod zanjiridagi drosselning boshqarish chulg'amidagi tok qiymatini rostdash mumkin. Natijada, tiratron to'riga beriladigan potensial fazasi turli qiymatlarga ega bo'ladi va motorga beriladigan kuchlanish va, demak, uning tezligini keng diapazonlarda rostdab turish mumkin. Tezlik bo'yicha teskari bog'lanish signali ta'sirida esa, motorning mo'tadilligi avtomatik ravishda o'zgartirilmay saqlanib turadi.

Quvvati 250 W gacha bo'lgan motorlar tezligini  $(20 \div 30) : 1$  diapazonda rostdash uchun ELIR sistemasidan foydalanish mumkin. Ammo tezlik pasayishi bilan quvvat koeffitsienti pasayadi. Bunda tiratron tez ishdan chiqadi. Texnik iqtisodiy ko'rsatkichlari  $G - M$  sistemasinikidan yuqori bo'lmaganligi uchun ELIR sistema qo'llanilmay qoldi. Ion asboblardan iborat boshqariluvchi simobli to'g'rilagich ( $BST$ ) o'zining ishlashdagi ishonchiligi bilan  $BST - M$  sistemasida keng tarqalgan. Boshqariluvchi simobli to'g'rilagich va motordan iborat elektr yuritma sistemasiga  $BST - M$  deb aytiladi. Bu sistema o'zgarimas tok motoriga beriladigan kuchlanish simobli



3.51- rasm. Boshqariluvchi simobli to'g'rilagich-motor sistemasining bosh zanjiri.

to'g'rilagichning to'riga beriladigan signal orqali rostlanadi. 3.51- rasmda olti fazali simobli to'g'rilagich-motor sistemasini ulanish sxemasining bosh zanjiri ko'rsatilgan.

*BST-M* sistemasida simobli to'g'rilagich (*ST*) to'riga beriladigan potensialni anod transformatori (*ATR*)ning ikkilamchi chulg'amidagi potensialga nisbatan faza bo'yicha siljitish uchun turli tipdagi faza siljitgichlar qo'llaniladi.

*BST-M* sistema quyidagi afzalliklarga ega: kuchlanish 220 volt dan yuqori bo'lganida *G-M* ga nisbatan foydali ish koeffitsienti (f.i.k.) katta bo'ladi, *BST-M* ning inersiyasi kichik bo'lgani sababli uni bir onda ishga tushirish mumkin, quvvat 1000 kW dan ortiq bo'lganda *BST-M* sistemasini *G-M* ga nisbatan 45÷50% gacha arzon va yengil bo'ladi. 500÷850 voltli *BST-M* larda foydali ish koeffitsienti, yuklama o'zgarishiga qaramay, yuqori bo'ladi.

Shunga ko'ra, katta quvvatli *BST-M* sistemalar prokat stanlari yuritmalarida ko'p tarqalgan, o'rta va kam quvvatli *BST-M* lar esa metall qirquvchi dastgohlarning elektr yuritmasida uchraydi. *BST-M* ning kamchiliklari: xususan, past tezliklardan uning quvvat koeffitsienti juda pasayib ketadi, motorni reverslash uchun ikki komplekt boshqariluvchi ventill kerak bo'ladi. *BST-M* sistemali elektr yuritmalarda *BST* ning quyidagi turlarini uchratish mumkin: *RMNV-500-U* va *RMNV-1000-U* ko'p anodli, vakuum nasos va metall korpusli suv orqali sovitilib turuvchi 500 va 1000 amperli boshqariluvchi simobli to'g'rilagichlar.

*RMNV - 500X6*

*RMNV - 500X12*

*RMNV - 1000X6*

*RMNV - 1000X12*

vakuum nasosli, bir anodli 500 va 1000 amperli va har bir qurilmada 6-12 tagacha bo'lgan bir anodli ventillar gruppasidan iborat *BST*.

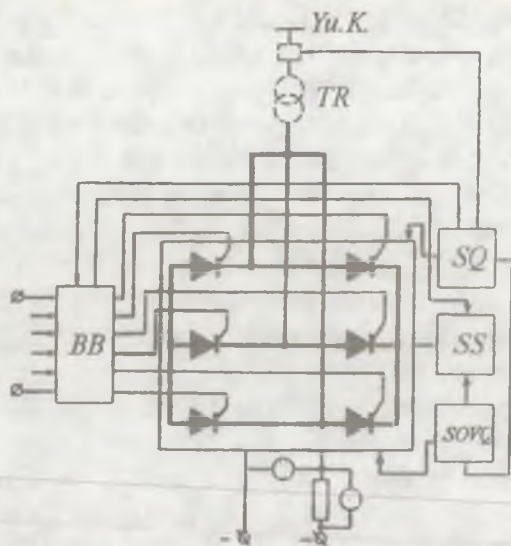
Bu to'g'rilagichlar ko'p anodlilarga nisbatan ancha qulayliklarga ega. Xususan, ularni turli ko'p fazali sxemalar bilan ulash va ulardan har xil quvvat olish mumkin. *PM-200* – vakuum nasosi bo'lmagan, uch anodli 200 A va 600 voltga hisoblangan *BST*; *PM-500* esa yuqoridagiga o'xshash, lekin 500 A tokka hisoblangan.

**Yarim o'tkazgichli o'zgartirgichlar va ularning elektr yuritmalarda qo'llanilishi.** Boshqariladigan va boshqarilmaydigan yarim o'tkazgichli ventil o'zgartirgichlar elektr yuritma va, umuman, elektr energiya bilan ta'minlash sistemalarida alohida o'rin tutadi. Xususan, tiristorning o'zlashtirilishi hamda uni to'g'rilagich va invertordan tashqari, elektr zanjirlarini kontaktsiz tutashtiradigan, ularni saqlab qoladigan asboblarning sifatida qo'llanish imkoniyati texnikada katta o'zgartirishlarga olib keldi. Yarim o'tkazgichli o'zgartirgichlarni to'g'rilagich (bir, uch va ko'p fazali tokni o'zgarmas tokka aylantirib beradigan qurilma), inverter (o'zgarmas tokni berilgan yoki rostlanuvchi chastotali tokka aylantirib beradigan qurilma); diskreter (uzluksiz tokni ma'lum formalı impuls larga aylantirib beradigan qurilma) sifatida qo'llash mumkin. Tiristorning boshqariladigan to'g'rilagich sifatida ishlash prinsipi ion to'g'rilagichlar kabi bo'lsa ham, ammo u yuqori ko'rsatkichlarga ega, xususan ochiq holatda ishlab turgan tiristordagi kuchlanishning tushuvi  $1 \div 2$  bo'lsa, ion asboblarida  $10 \div 20$  V bo'ladi. Ion asbobini ishlatish uchun dastavval bir necha sekundlar davomida uning katodini elektr toki bilan qizitib erkin elektronlarni hosil qilish (elektron emissiyasi) zarur bo'lsa, tiristorni ishlatish uchun esa, elektron emissiyasining keragi bo'lmaydi. Shu sababli tiristorlarni bir onda ishga tushirish imkoni bo'lib, ularni foydali ish koefitsienti  $\eta = 0,97$  va undan yuqori bo'ladi.

Tiristorli o'zgartirgichlar ion o'zgartirgichlariga nisbatan ishlashda ishonchliroq. 3.52- rasmda to'g'rilangan kuchlanishi rostlanuvchi tiristorli to'g'rilagichning uch fazali ko'prik sxemasi ko'rsatilgan: bunda *SQ* – saqlash qurilmasi, *SS* – signal sistemasi, *SOVQ* – sovitish qurilmasi, *BB* – boshqaruvchi blok, *TR* – elektr tarmog'idagi kuchlanishni tiristorlarga xavfli bo'lmagan qiymatgacha pasaytirib beruvchi transformator.

Bunday to'g'rilagich chastotasi 50 Hz bo'lgan o'zgaruvchan tokni to'g'rilangan kuchlanishi silliq rostlanuvchi o'zgarmas tokka aylantirish imkonini beradi.

Tiristorli va umuman yarim o'tkazgichli boshqariluvchi to'g'rilagichlarning asosiy kamchiliklari quyidagilardan, ya'ni ular



3.52- rasm. Reversivmas tiristorli o'zgartichning tuzilish sxemasi.

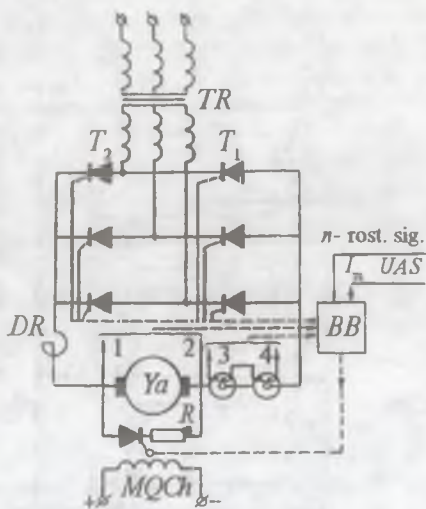
parametrlarining haroratga bog'liqligi hamda ularning teskari o'ta kuchlanishlarga va tok bo'yicha o'ta yuklanishlarga chidamsizligidan iborat.

**Tiristorli boshqariluvchi to'g'rilagich va o'zgarmas tok motoridan iborat elektr yuritmalar.** O'zgarmas tok motorini ishga tushirish, reverslash, tormozlab to'xtatish kabi boshqarish jarayonlarini texnologiya talabiga eng muvofiq ravishda o'tkazish va motor tezligini keng diapazonda silliq va tejamli rostlashda tiristorli boshqariluvchi to'g'rilagichlardan foydalanish mumkin. Bunda to'g'rilagichga o'zgaruvchan tok berib, undan o'rtacha qiymati rostlanuvchan to'g'rilangan kuchlanish olinadi va uni motor yakoriga beriladi. To'g'rilangan kuchlanishni rostlash uchun tiristorlarning ochilish burchagi  $\alpha$  ni o'zgartirish kifoya. Bir yelkasi magnit kuchaytirgichining ish chulg'amidan iborat faza siljitgichlarda  $\alpha$  burchakni rostlash uchun magnit kuchaytirgich (*MK*) ning boshqarish chulg'amiga mustaqil manbadan beriladigan tok qiymatini o'zgartirish kerak.

Agar motorning tezligini yuklama o'zgarishiga qaramay bir me'yorda saqlab turish yoki uni ishga tushirish jarayonida yakordagi tokni berilgan qiymatdan oshirmaslik talab qilinsa, u holda magnit kuchaytirgichning boshqa boshqarish chulg'amlariga tezlik, tok va shu kabi parametrlar bo'yicha turli teskari bog'lanish signal-larini kiritish kerak. Bunda tiristorning ochilish burchagini avtoma-

tik ravishda o'zgartirib, yuqoridagi talablarni bajarish mumkin. 3.53- rasmda sim prokatlash stanidagi sim o'rovchi mexanizm (g'altak) elektr yuritmasida qo'llanilgan tiristor-motor ( $T-M$ ) sistemasining bosh zanjiri ko'rsatilgan.

Bunda motorni ishga tushirish paytidagi tokni berilgan qiymatdan oshirmaslik uchun tok bo'yicha kechiktirilgan teskari bog'lanish zanjiridan foydalanilgan. Bu zanjir o'zgar-mas tok transformatori (magnit kuchaytirgich) va stabilitron-dan iborat bo'lib, uning signali boshqarish blokiga kiritiladi.



3.53- rasm. Tiristor-motor sistemasining bosh zanjir sxemasi.

Motorni elektrodinamik usul bilan tormozlash uchun elektr tarmog'idan ajratilgan yakorni tiristor  $T$  orqali  $R$  qarshilikka ulanadi.

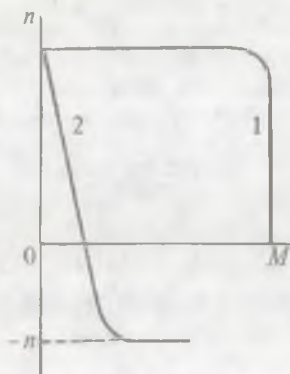
Demak, motorni 3.53- rasmdagi  $T-M$  sistema bo'yicha ishga tushirish, tormozlash va tezligini rostlash jarayonlari kontakt-siz apparatlar orqali ijro etilgan bo'lib, uning texnik va iqtisodiy ko'rsatkichlari kontaktli asboblardan orqali boshqarish sxemalariga nisbatan ancha yuqori bo'ladi. 3.54- rasmda domna pechini ruda bilan to'ldirish darajasini nazorat qilib turadigan taqlidchi «Zond» elektr yuritmasida qo'llanilgan  $T-M$  sistemasining ulanish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda tiristorlarning anod zanjiri avtotransformator orqali (sxemada ko'rsatilmagan) uni boshqaradigan faza siljitgich zanjiri esa uch chulg'amli  $TR_1$ ,  $TR_2$  va  $TR_3$  transformatorlar orqali tok bilan ta'minlanadi.

Zondni ko'tarishda va tushirishda 1 ham 2 mexanik tavsiflarga (3.55- rasm) ega bo'lish uchun  $T-M$  sistema yakor toki va undagi kuchlanish bo'yicha kechiktirilgan va oddiy teskari bog'lanish zanjirlariga ega bo'lishi kerak.

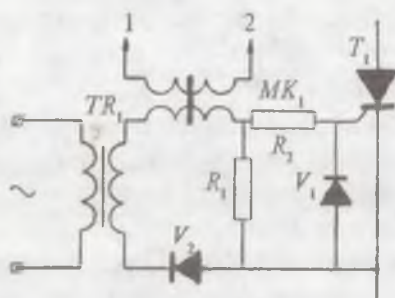
3.54- rasmdagi sxemada kechiktirilgan teskari bog'lanish signallari magnit kuchaytirgichining boshqarish chulg'am-lari va stabilitronlar orqali kiritiladi. Bunda magnit kuchaytirgichining har bir boshqarish chulg'ami ketma-ket ulangan olti qismdan







3.55- rasm. «Zond» elektr yuritmasida qo'llanilgan tiristor-motor sistemasining mexanik tavsifi.

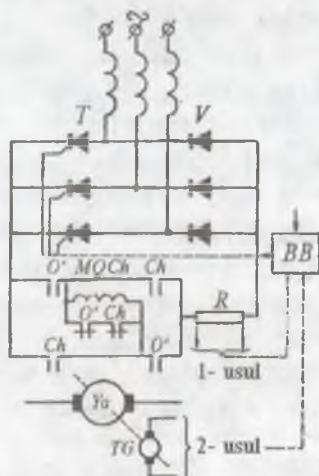


3.56- rasm. Faza siljtigich sxemasi.

digan 1–2 magnitlovchi chulg'amidagi magnit oqim qiymatini o'zgartirish bilan ish chulg'ami  $X_1$  qarshiligi qiymatini rostdash mumkin. Shunga ko'ra,  $R_1$  dagi kuchlanish pasayishini  $T_1$  ning boshqarish elektrodiga berib, uning ochilishini boshqarib turish mumkin. Haqiqatan, 3.50- rasmdagi faza siljtigichning vektorli diagrammasiga binoan,  $IX$  vektorni qiymat jihatidan o'zgarishi bilan  $IR$  vektorning qiymati va fazasi tiristor anodiga kuchlanishga nisbatan o'zgaradi.

Demak,  $MK$  ning mustaqil boshqarish chulg'ami  $MBCh$  dagi tok qiymatini o'zgartirish bilan tiristorning ochilish burchagini rostdash mumkin. Bu esa motorni ishga tushirish jarayonini boshqarish va tezligini rostdash imkonini beradi. 3.56- rasmdagi  $R_2$  qarshilik boshqarish elektrodiga beriladigan tok qiymatini chegaralash,  $V$  ventill esa unga tasodifan berilishi mumkin bo'lgan manfiy kuchlanishni chegaralash va bu bilan tiristorning teshilish hodidasidan saqlash uchun qo'llaniladi.

3.57- rasmda tiristorli boshqariluvchi to'g'rilagich bilan o'zgarimas tok motori qo'zg'atuvchi chulg'ami zanjiridagi tokni o'zgartirib uning magnit oqimini rostdash sxemasi ko'rsatilgan.



3.57- rasm. Motoring qo'zg'atish chulg'amidagi tok qiymatini tiristorli o'zgartigich bilan rostdash.

Bunday tiristorli qo'zg'atgichlar 220 V, 200 A ga hisoblangan bo'lib, ular bir necha ming kW li reversivmas prokat standidagi motor tezligini 2 : 1 diapazonda rostlash uchun qo'llaniladi. Agar motorni inverter rejimida tez sekinlatish talab qilinsa, u holda o'zgartgich sxemasiga tiristorlarni simmetrik ulash lozim. Bunday motorni faqat sozlash rejimlaridagina reverslash talab qilingani uchun reverslash jarayonini kontaktorlar bilan bajarish tavsiya qilinadi. Motor tezligini uning mustaqil qo'zg'atish chulg'ami zanjiridagi tok (1- usul) yoki tezlik bo'yicha olingan teskari bog'lanish signallari (2- usul) bilan mo''tadillash mumkin.

### 3.10. O'zgaruvchan tok motorlari tezligini rostlash usullari

Konstruksiya jihatidan o'zgaruvchan tok motorlariga nisbatan ancha oddiy, ishda ishonchli va arzon bo'lgan asinxron motorlarning tezligi keng diapazonda silliq rostlanadigan elektr yuritmalarda qo'llanilishi yuqori texnik va iqtisodiy ko'rsatkichlar beradi. Ammo bunday elektr yuritmalarda asinxron motorlar keng tarqalmagan. Hozirgi paytda o'zimizda va ko'pgina chet mamlakatlarda asinxron va hatto, sinxron motorlar tezligini keng diapazonda tejamli va silliq rostlash uchun qo'llaniladigan turli tipdagi statik ventil, xususan, tiristorli chastota o'zgartgichlarini yaratish ustida juda katta ishlar qilinmoqda. Iqtisodiy va texnik jihatdan tejamli va mukammal bo'lgan chastota o'zgartgichlarining yaratilishi bilan o'zgaruvchan tok motorlari, tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarda yetakchi o'rinni egallab oladi. Haqiqatan, motorga beriladigan kuchlanish chastotasini o'zgartirish bilan har qanday kichik yoki katta quvvatli elektr yuritmalar tezligini eng yuqori ko'rsatkichlar bilan rostlash hamda boshqa usullar bilan olinishi mutlaqo mumkin bo'lmagan juda yuqori tezliklarga ega bo'lish imkoniyatlari yaratiladi. Masalan, ko'pgina metallarni silliqlash (pardozlash) jarayoni sekundiga 30÷50 m chiziqli tezlik bilan bajarilishi kerak. Shunga ko'ra, kichik diametrlil (bir necha mm bo'lgan) buyumlarni silliqlash uchun motor rotoriga o'rnatilgan ishlov berish

asbobini  $n = 100000 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$  va undan ham katta tezlik bilan aylantirish kerak. Statik chastota o'zgartgichidan ta'minlanadigan elektroshpindel deb ataladigan silliqlash dastgohida qo'llanilgan elektr yuritma katta aylanish tezliklari bilan ishlaydi. Asinxron motorining tezligi

quyidagi formula bilan aniqlanadi:  $n_2 = n_1(1 - S) = \frac{60f_1}{p}(1 - S)$ . Bu formulaga ko'ra, uning tezligini sirpanish  $S$ , juft qutblar soni  $p$  va statorga beriladigan kuchlanish chastotasi  $f_1$  ni o'zgartirish bilan rostdash mumkin.

### Sirpanishni o'zgartirish yo'li bilan asinxron motor tezligini rostdash.

Tezlikni sirpanish orqali rostdash ko'pincha faza rotorli motorlarda uchraydi. Sirpanishning qiymati  $S = \frac{3(I_2^k)^2 R_2^k}{\omega_0 M}$  bo'lganligi uchun rotor zanjiriga kiritiladigan  $R_2$  tashqi aktiv qarshilikni o'zgartirib, motor tezligi rostdanadi. Qarshilikni oshirish bilan motorning tezligini nominalga nisbatan faqat past tomonga rostdash mumkin. Bunda tezlikning rostdanish diapazoni tashqi qarshilikning ma'lum qiymatida yuklama ko'payganda katta, kamayganda esa kichik bo'ladi (mexanik tavsiflarga qarang). Tezlikning sirpanish orqali rostdanish diapazoni oshsa, unda rotor zanjiridagi quvvat isrofi ham ko'payadi. Xususan, motor tezligi nominalga nisbatan 30% ga kamaytirilsa, u holda uning 30% ga yaqin quvvati tashqi qarshilikni qizdirish uchun isrof bo'ladi.

Bundan tashqari, past tezliklarda mexanik tavsifning qattiqligi ham ancha pasayib, motor mo'tadil tezlikda ishlay olmaydi. Shunga ko'ra, motor tezligini bu usul bilan faqat nominaldan 20÷30% past tomonga rostdash tavsiya qilinadi. Sirpanishni o'zgartirib faza rotorli motor tezligini rostdash, ko'pincha, kran elektr yuritmalarida qo'llaniladi.

Sirpanishni o'zgartirish yo'li bilan tezlikni rostdash diapazonini kengaytirish va har bir tezlikda motor ishini mo'tadillash, ya'ni qoniqarli qattiqlikka ega bo'lgan mexanik tavsif hosil qilish uchun 3.58-a rasmda faza rotorli motor tezligini yangi usulga binoan rostdashda qo'llanilgan sxema va olingan mexanik tavsifi ko'rsatilgan.

**Asinxron ventil kaskadi.** Faza rotorli motorlarning rotor zanjiriga tashqi qarshilik o'rniga tashqi manba e.y.k. ni kiritish bilan faza rotorli motorlarning sirpanishini rostdash mumkin. Tashqi e.y.k.  $E_{21}$  ning rotordagi e.y.k.  $E_{2s}$  ga nisbatan mos yoki teskari fazada bo'lishiga ko'ra, zanjirdagi tok quyidagi ifodaga binoan topiladi:

$$I_2 = \frac{E_{2s} \pm E_{21}}{\sqrt{3R_{2\Sigma}}}, \quad (3.12)$$

bunda  $R_{2\Sigma}$  – rotor zanjiridagi umumiy aktiv qarshilik.

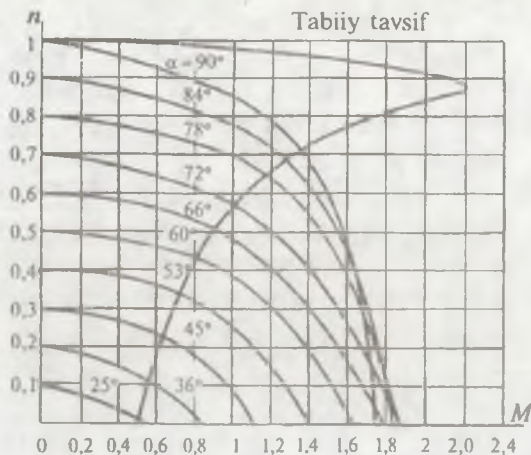


Demak, ma'lum yuklamada  $E_{21}$  ning qiymati va fazasini o'zgartirish bilan rotordagi tok  $I_2$  va, demak, motorning aylantirish momenti  $M = S\Phi I_2 \cos\psi_2$  ni  $M_s$  ga nisbatan o'zgartirish, ya'ni  $M < M_s$  qilish mumkin. Shuning uchun hosil bo'lgan dinamik moment  $\pm M_{\text{din}} = M - M_s$  bo'lib, motor tezligi momentlarning yangi muvozanat holati tiklangunga qadar o'zgaradi va yangi turg'un qiymatga ega bo'ladi. Rotor zanjiriga kiritiladigan qo'shimcha e.y.k. orqali motor tezligini rostdash ancha tejamli o'tadi. Bunda tezlik pasayishi bilan sirpanishga mutanosib bo'lgan rotor energiyasi turli tipdagi o'zgartgichlar orqali motor ulangan elektr tarmog'iga qaytariladi. Yuqoridagi tamoyil asosida turli sistemadagi asinxron kaskad sxemalarini olish mumkin. Bu sistemalar orqali tezlikni 2 : 1 diapazonda rostdash ham tejamli o'tadi. Kaskad sistemalar ichida asinxron ventil kaskadi texnik va iqtisodiy jihatdan eng yuqori ko'rsatkichlarga ega. Bunda o'zgartgich sifatida boshqariladigan va boshqarilmaydigan ventillar gruppasidan iborat statik qurilma ishlatiladi. Simob ventilli asinxron kaskadlari faqat katta quvvatli (bir necha yuz va ming kW li) elektr yuritmalarda yaxshi natijalar beradi.

Yarim o'tkazgichli ventillarning yaratilishi bilan asinxron ventil kaskadlarini kichik quvvatli yuritmalarga qo'llash mumkin bo'lib qoldi. Bunday kaskadlarning tezligi kichik diapazonda (2 : 1 gacha) rostdanadigan va uzoq muddatli ish rejimiga ega bo'lgan mexanizmlarda (masalan, ventilyator, nasos, kema vintlari va kompressorlarda) qo'llanilganda ayniqsa yuqori iqtisodiy natijalarga erishish mumkin bo'ladi.

3.58-*b* rasmda asinxron ventil kaskad sistemasining bosh zanjir sxemasi ko'rsatilgan. Bunda rotordagi tok  $D$  diodlar orqali to'g'rilanib, invertor orqali elektr tarmog'iga qaytariladi. Agar rotor tezligi ikki marta kamaytirilsa, u holda motor quvvatining taxminan 40% ventil o'zgartgichi orqali elektr tarmog'iga qaytariladi.

Diodlar orqali to'g'rilanib  $DR$  drossel orqali tekislangan rotor tokini invertordan o'tkazish uchun  $TR$  transformatoridagi e.y.k. ning fazasi teskari bo'lishi lozim. Bunda invertor orqali to'g'rilangan e.y.k. ning o'rtacha qiymati diodlar orqali to'g'rilangan e.y.k. qiymatidan kichik bo'lishi kerak. Natijada transformator fazasida hosil bo'lgan rotor toki uning e.y.k. iga teskari yo'nalgan bo'ladi. Shunga ko'ra, energiya ikkilamchi chulg'amdan birlamchi chulg'amga uzatiladi. Bunda uzatiladigan energiya chastotasi elektr tarmog'idagi  $f_1$  chastotaga teng bo'lishi lozim. Buning uchun inver-



3.59- rasm. Asinxron-ventil kaskadining mexanik tavsiflari.

torda qo'llanilgan tiristorlarning boshqarish elektrodlariga beriladigan impuls chastotasi  $f_{imp}$  tarmoqdagi  $f_l$  chastotaga teng bo'lishi kifoya. Asinxron ventil kaskadi orqali tashqi e.y.k. qiymatini o'zgartirish uchun invertordagi tiristorlarning ochilish burchaklarini rostdash kerak.

3.59- rasmda inverter tiristorining turli ochilish burchaklari  $\alpha$  ga tegishli ventil kaskadidagi kuchlanishi 380 V va quvvati 100 kW li AK2-92-4 tipidagi asinxron motorning mexanik tavsiflari ko'rsatilgan. Bu tavsiflar hisoblash asosida qurilgan.  $\alpha = 90^\circ$  bo'lganda ( $U_{inv} = 0$ ) mexanik tavsif tabiiy tavsifga nisbatan yumshoqroq bo'ladi (transformator chulg'aming qarshiligi tufayli). Demak, tabiiy tavsifga o'tish uchun rotor zanjirining ventildan oldingi qismini simmetrik tiristorlar bilan qisqa tutashtirish kerak.

Asinxron ventil kaskadi ham qator kamchiliklardan xoli emas: quvvat koeffitsienti past, o'tayuklanish momenti pasayadi (tabiiy tavsifdagiga nisbatan), maksimal tezlikda  $\eta$  kamayadi (rotor qisqa tutashtirilmaganda), kaskadni ishga tushirish uchun tashqi qarshilik zarur (ventillarni o'takuchlanish tufayli teshilish xavfidan saqlash uchun tashqi qarshilik kerak bo'ladi) va hokazo.

**Asinxron motor tezligini stator chulg'aming juft qutblar sonini o'zgartirish bilan rostdash.** Juft qutblar sonini o'zgartirish bilan tezlikni rostdash, asosan qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlarda qo'llaniladi. Buning uchun motor statoriga juft qutblar soni turlicha bo'lgan bir necha chulg'amlar yoki qutblar soni o'zgar-

tirilishi mumkin bo'lgan maxsus chulg'am (fazadagi har bir g'altak uchlari tashqaridagi shchitga chiqarilgan bo'ladi) o'rnatilishi lozim. Bunday motorlarni ko'p tezlikli motorlar deb ataladi. 3.60- rasmda statoridagi har bir fazasi ikkita g'altakdan iborat bo'lgan chulg'amning ulanish sxemasini ketma-ketdan parallelga o'tkazib, juft qutblar sonini o'zgartirish ko'rsatilgan. Demak, faza g'altaklarini ketma-ket ulashdan (a) parallel ulashga (b) o'tkazilsa, juft qutblar soni ikkitadan birga, ya'ni ikki marta o'zgaradi. Shunga ko'ra, motor ham bir-biridan farq qiladigan ikki xil tezlikka ega bo'ladi. Bunda juft qutblar soni ( $p$ ) ning qiymati fazadagi g'altaklar soniga teng yoki undan ikki marta kichik bo'ladi. Agar motor statoriga har biri ikki xil qutblar soniga ega bo'lgan, ya'ni birini  $p = 8$  va  $p = 4$ , ikkinchisidiki  $p = 2$  va  $p = 1$  bo'lgan ikki chulg'am o'rnatilsa, undan quyidagi to'rt xil sinxron tezliklar olish mumkin:

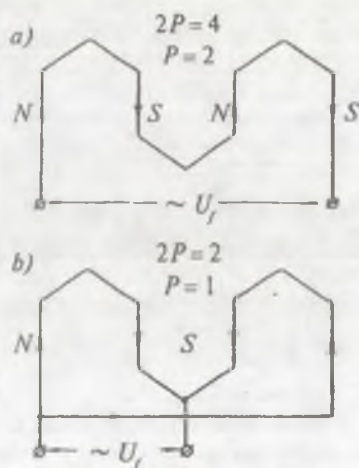
$$n_1 = \frac{60 f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1}, \frac{3000}{2}, \frac{3000}{4}, \frac{3000}{8}.$$

Demak,  $n_1 = 3000; 1500; 750; 375 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ .

Bunda motor tezligining rostlanish diapazoni  $3000 : 375 = 8 : 1$  bo'ladi. Bunday ko'p tezlikli motorlar metall qirqish dastgohlarida keng qo'llaniladi. 3.61- rasmda har bir fazasi ikkita g'altakdan iborat bo'lgan stator chulg'amini  $a$  – uchburchak usulida ulashdan,  $b$  – ikkilangan yulduz usulida ulash sxemasiga o'tkazib, juft qutblar sonini o'zgartirish ko'rsatilgan. Bunda qisqa tutash-tirilgan rotorli asinxron motor tezligining rostlanishi bilan uning validagi quvvat; deyarli o'zgaray qoladi.

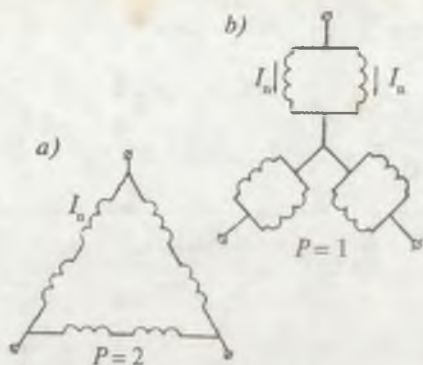
Haqiqatan, uchburchak usulida ulanganda

$$P_{\Delta} = 3 U_r I_n \cos \varphi_{\eta} = 3 U_l I_n \cos \varphi_{\eta}, \quad (3.12)$$



3.60- rasm. Stator chulg'amidagi juft qutblar sonini o'zgartirish sxemalari:

a) stator chulg'amining bir fazasidagi g'altaklarni ketma-ket ulashdan; b) parallel ulashga o'tkazib juft qutblar sonini o'zgartirish.



3.61- rasm. Stator chulg'aminging juft qutblar sonini o'zgartirish bilan asinxron motor tezligini rostdlash:

- a) stator chulg'amini ketma-ket ulangan uchburchak sxemasidan;
- b) parallel ulangan ikkilangan yulduz sxemalarga o'tkazib juft qutblar sonini o'zgartirish.

ketma-ket yulduz, yuqori tezlikda esa ikkilangan yulduz sxemasida ulansa, u holda tezlik o'zgarishi bilan aylantiruvchi moment o'zgarmay qoladi. Haqiqatan,

$$P_Y = 3U_f I_n \cos \varphi \eta; P_{YY} = 3U_f 2I_n \cos \varphi \eta;$$

$$\frac{P_{YY}}{P_Y} = 2 \text{ bo'lib, } \frac{M_{YY}}{M_Y} = \frac{P_{YY}}{n_{YY}} \cdot \frac{n_Y}{P_Y} = 1$$

bo'ladi. Bunday motorni tezligi rostlanishi bilan o'zgarimas aylantiruvchi moment talab qiladigan (yuqorida keltirilgan) mexanizmlarda qo'llash tavsiya qilinadi. 3.62- rasm, a va b larda  $M_s = \text{const}$  va  $P = \text{const}$  bo'lganda motor tezligining rostlanishidagi mexanik tavsiflari ko'rsatilgan. Bu usulda tezlik pog'ona-pog'ona bo'lib rostlansa ham, lekin turli tezliklardagi mexanik tavsifning qattiqligi va quvvat isrofi kichik bo'lgani uchun u metall qirqish dastgohlaridan tashqari nasos, elevator, ventilyator va liftlarning elektr yuritmalarida uchraydi.

**O'zgaruvchan tok motorlari tezligini ularga beriladigan kuchlanish chastotasini o'zgartirish yo'li bilan rostdlash.** Bu usul bilan bir ikki va uch fazali asinxron motorlaridan tashqari, sinxron motorlar tezligini ham yuqori silliqlik bilan keng diapazonda va tejimli rostdlash mumkin bo'ladi. Shuning uchun chastota bilan boshqarish eng katta istiqbolga ega bo'lgan usullardan hisoblanadi.

ikkilangan yulduz sxema bo'yicha ulanganda esa

$$P_{YY} = 3U_f 2I_{ya} \cos \varphi \eta = \sqrt{3}U_1 2I_{ya} \varphi \eta$$

$$\text{Demak, } \frac{P_{YY}}{P_A} = \frac{2\sqrt{3}}{3} = 1,15 \approx 1$$

bo'ladi.

Shunga ko'ra, buni tezlikning o'zgarimas quvvatda rostlanishi deb ataladi. Bunday usulni tezlik rostlanishi bilan o'zgarimas quvvat talab qiladigan (yuqorida keltirilgan) mexanizmlarda qo'llanilishi tavsiya qilinadi. Agar faza g'altaklari past tezlikda ket-



Bunda yuklamaning har qanday o'zgarishi bilan ham tezlikning rostlanishi eng qulay tavsiflar bo'yicha o'tkazilishi mumkin. Ammo buning uchun chastota va kuchlanishni keng diapazonda talabga muvofiq qonun bilan o'zgarishini ta'minlaydigan chastota o'zgartirgichlarini yaratish lozim. Bu masalaning nazariy va amaliy tomonlari bo'yicha katta ishlar qilindi. Asinxron motor tezligini chastotani o'zgartirish yo'li bilan tejimli ravishda rostlash yuzasidan M.P.Kostenko tomonidan quyidagi bog'lanish aniqlangan:

$$\frac{U}{U_n} = \frac{f}{f_n} \sqrt{\frac{M_s}{M_{sn}}} \quad (3.14)$$

bunda  $U$ ,  $f$  va  $U_n$ ,  $f_n$  — statorga berilgan kuchlanish va tok chastotasining o'zgartirilib turiladigan (joriy) hamda nominal qiymatlari;

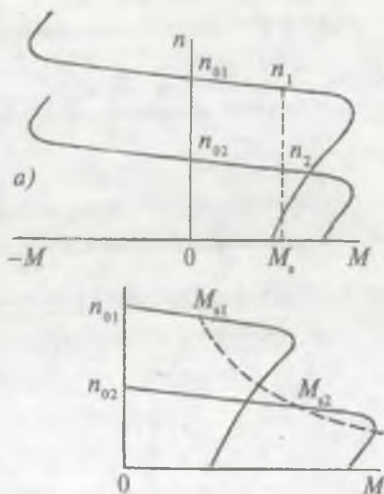
$M_s$ ,  $M_{sn}$  — motor validagi qarshilik yuklanish momentining o'zgarib turadigan va nominal qiymati.

(3.14) ifodaga asosan chastota o'zgartirilishi bilan kuchlanishning optimal o'zgarish qonuni  $M_s$  ning motor tezligiga ko'ra o'zgarishi bilan aniqlanadi. Chastota o'zgarish bilan kuchlanishning optimal o'zgarishi ta'minlansa, u holda motorning  $\cos\varphi$ ,

$\lambda = \frac{M_{max}}{M_n}$  va  $\eta$  qiymatlari o'zlarining  $f_n$  nominal chastotadagi

qiymatlaridan deyarli farq qilmaydilar. (3.14) ifodani olishda motorning magnit sistemasi to'yinmagan holatda va uning stator chulg'amining aktiv qarshiligi  $R_1 = 0$  deb qabul qilingan.

Haqiqatda,  $R_1 > 0$  bo'ladi. Bunda  $R_1$  da kuchlanishning bir oz tushishi tufayli magnit oqimining qiymati  $R_1 > 0$  dagiga nisbatan bir oz kamayadi va (3.14) ifodadagi tezlikning optimal rostlanish sharti to'la ta'minlanmaydi. Natijada past tezliklarda  $\lambda$  ning qiymati ham bir oz kamayadi. Amalda mavjud bo'lgan mexanizmlar o'zla-



3.62- rasm. Juft qutblar sonini o'zgartirish bilan asinxron motor tezligini rostlashdagi mexanik tavsiflar:

- a) tezlik rostlanishi bilan moment;
- b) tezlik rostlanishi bilan quvvat o'z-garmagan holdagi mexanik tavsiflar.

rining mexanik tavsiflari bo'yicha quyidagi sinflarga bo'linadi (IV bobga qarang):

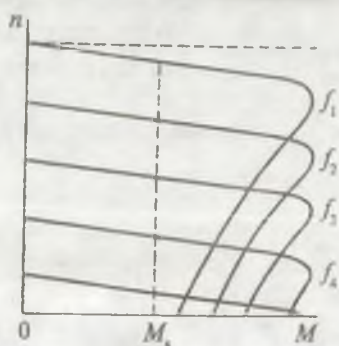
$$M_s = \text{const}; M_s \equiv n; M_s \equiv n^2; P_s = M_s n = \text{const}.$$

Agar motor tezligi  $n_2 = \frac{60f}{p}(1-S)$  va, demak,  $n_2 \equiv f$  deb

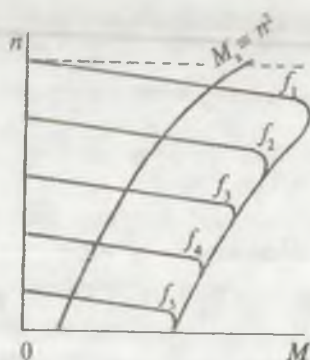
olinsa, u holda  $M \equiv n \equiv f$ ;  $M_s \equiv n^2 \equiv f^2$  va  $M_s = \frac{P_s}{n} = \frac{\text{const}}{f} \equiv \frac{1}{f}$  bo'ladi. Demak, (3.14) ifodada  $M_s = \text{const}$  bo'lganda  $U \equiv f$  bo'lib,  $M_s \equiv n$  bo'lganda  $U \equiv f^{3/2}$ , hamda  $M_s \equiv n^2$  bo'lganda  $U \equiv f^2$ ,  $P_s = \text{const}$  bo'lganda esa,  $U \equiv f^{1/2}$  bo'ladi. 3.63- rasmda kuchlanishni chastotaga to'g'ri mutanosib ravishda o'zgartiradigan o'zgartgichdan ta'minlanadigan asinxron motorning turli chastotalarga ( $f_1 > f_2 > f_3 > f_4$ ) tegishli mexanik tavsiflari ko'rsatilgan. Agar tezlik rostdan bilan qarshilik momenti uning ikkinchi darajasiga mutanosib ravishda, ya'ni  $M \equiv n^2$  o'zgarsa (ventilyator momenti). u holda chastota o'zgarishi bilan kuchlanish ham uning

kvadratiga mutanosib ravishda, ya'ni  $U = U_n \frac{f^2}{f_n^2}$  bo'lib, o'zgarishi kerak. 3.64- rasmda chastota o'zgarishi bilan kuchlanishi  $U \equiv f^2$  bo'yicha o'zgaradigan o'zgartgichdan ta'minlanadigan asinxron motorning turli chastotalar ( $f_1 > f_2 > f_3 > f_4$ ) ga tegishli mexanik tavsiflari ko'rsatilgan.

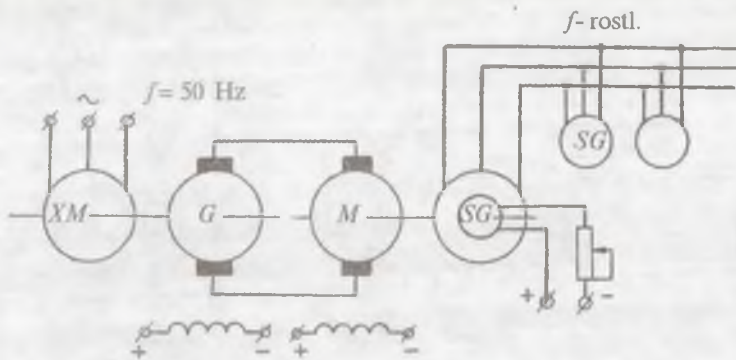
Hozirgi paytda ko'pgina prokat stanlarining rolgang elektr yuritmalarida har bir rolikli aylantiruvchi qisqa tutashtirilgan ro-



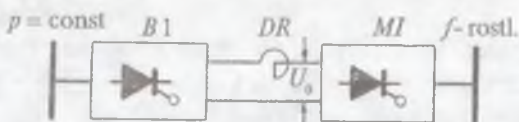
3.63- rasm. Kuchlanish chastotasi o'zgarishi bilan asinxron motor tezligini rostlashdagi mexanik tavsiflar.



3.64- rasm. Kuchlanish  $U \equiv f^2$  bilan rostdan boradigan chastota o'zgartgichdan ta'minlanadigan asinxron motorning mexanik tavsiflari.



3.65- rasm. Elektr mashinali chastota o'zgartgichning sxemasi.

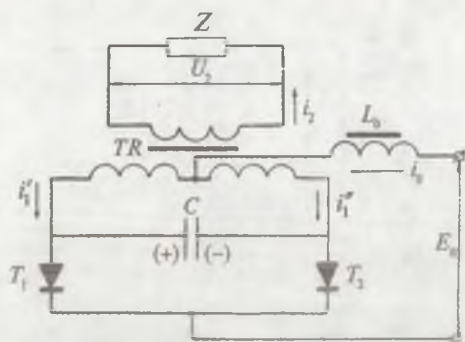


3.66- rasm. Yarim o'tkazgichli ventillardan iborat chastota o'zgartgichning tuzilish sxemasi.

torli asinxron motorlari sinxron generatorlari asosida yaratilgan chastota o'zgartgichda ta'minlanadi. 3.65- rasmda bunday sistemaning ulanish sxemasi ko'rsatilgan.

Bunda o'zgartgich deyarli bir xil quvvatga ega bo'lgan to'rtta elektr mashinasidan iborat. Tok chastotasini o'zgartirib beradigan sinxron generatori, tezligi keng diapazonda silliq rostlanadigan  $G-M$  sistemasidagi motor orqali aylantiriladi. Bunday o'zgartgichdan ta'minlanadigan asinxron motorlarning tezligi  $(10 \div 12) : 1$  diapazonda rostlanadi. Ammo bu sistemani ishga tushirish, teskari ulash yoki elektrodinamik usul bilan tormozlash iqtisodiy va texnik tomondan yarim o'tkazgichli statik o'zgartgich va motordan iborat sistema bilan hech raqobat qila olmaydi. Statik chastota o'zgartgichlari ichida eng istiqbollisi kremniyli yarim o'tkazgich ventillar asosida yaratilgan o'zgartgich hisoblanadi. Bunday o'zgartgichlar (3.14) ifoda talabiga binoan 3.66- rasmda ko'rsatilgan tuzilishdagi sxemaga ega bo'ladi. Bunda boshqariladigan to'g'rilagich ( $BT$ ) orqali o'zgarimas chastotali o'zgaruvchan kuchlanish  $U$  ning o'rtacha to'g'rilangan qiymati boshqariladigan  $U_0$  kuchlanishiga aylantiriladi.

Bu  $U_0$  kuchlanish mustaqil (avtonom) inverter ( $MI$ )ga uzatiladi va u orqali chastotasi rostlanadigan o'zgaruvchan kuchlanish



3.67- rasm. Bir fazali mustaqil inverter (MI) sxemasi.

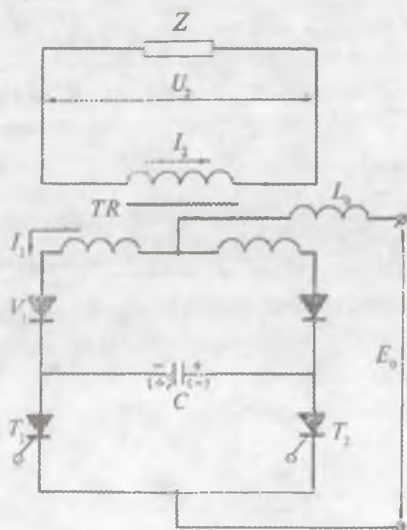
Inverter orqali iste'molchiga chastotasi rostlanib turadigan kuchlanish beriladi. 3.67- rasmda keng tarqalgan bir fazali mustaqil inverter MI ning sxemasi ko'rsatilgan. Inverter sxemasi:  $T_1$  va  $T_2$  — tiristorlar,  $C$  — statik kondensator,  $TR$  — transformator va  $L_0$  — tekislovchi drossellardan iborat bo'ladi. Sxemadagi statik kondensator tok kommutatsiyasini ta'minlash bilan birga, inverter va  $Z$  yuklamaga reaktiv quvvat beradi hamda  $U_2$  ni yuqori garmonikalardan tozalaydi. Tok kommutatsiyasi deb tokni bir ventildan ikkinchisiga uzatish jarayoniga aytiladi. Shunga ko'ra, kondensator orqali kommutatsiyalanuvchi invertorning tashqi o'zgaruvchan tok manbaiga zaruriyati bo'lmaydi. Shuning uchun uni o'z-o'zini qo'zg'atuvchi inverter deb ataladi.  $L_0$  drossel esa MI ga beriladigan o'zgarvas tokni tekislaydi va kondensator bilan reaktiv quvvatning o'zaro almashib turishi tufayli uni normal sharoitda zaryadlanib turishini ta'minlaydi.

**Mustaqil invertorning ishlash prinsipi.** Birinchi ventil ochilganda elektr yurituvchi kuchi  $E_0$  bo'lgan manbadan drossel  $L_0$ , transformator  $TR$  birlamchi chulg'aming chap tomoni va  $T_1$  orqali  $i_1$  tok o'ta boshlaydi.

Bunda  $TR$  ning ikkilamchi chulg'amida  $i_2$  tok hosil bo'ladi. Shu paytda transformator chulg'aming o'ng qismi orqali kondensatorni zaryadlovchi  $i_1''$  tok o'ta boshlaydi. Bunda kondensatorning  $T_2$  anodi bilan ulangan plastinkasida musbat,  $T_1$  anodi bilan ulangan plastinkasida esa manfiy qutblar hosil bo'ladi. Boshqarish elektrodlariga berilgan signalning ikkinchi yarim davrida  $T_2$  ochiladi. Bunda kondensator  $T_1$  va  $T_2$  lar bilan qisqa tutashib qoladi. Kondensatorning qisqa tutashuvidagi razryad toki (kommu-

olinadi. (3.14) ifodaga binoan chastotaning o'zgarishi bilan kuchlanishni ham ma'lum qonunda o'zgartirish uchun MI ga beriladigan  $U_0$  ning qiymati rostlanadigan bo'lishi kerak. Shuning uchun 3.66- rasm da  $BT$  dan foydalanilgan. Mustaqil inverter deb o'zgarvas tokni o'zgaruvchan tokka aylantirib beradigan ventil o'zgartgichga aytiladi.

tatsiyalovchi)  $T_2$  dagi ish toki tomonga va, demak,  $T_1$  dagi ish tokiga nisbatan teskari yo'nalgan bo'ladi. Shunga ko'ra,  $T_1$  dagi tok tez nolgacha kamayib, u berk holatga o'tib qoladi.  $T_2$  dagi tok esa, o'zining normal qiymatigacha ko'tarilib, keyingi kommutatsiyaga normal sharoit hosil qiladi. Bunda  $TR$  ning ikkilamchi chulg'amida hosil bo'lgan tok ham o'z yo'nalishini o'zgartiradi. Shu paytda kondensator teskari zaryadlana boshlaydi. Tokning bunday o'zgarish jarayoni boshqarish signalining har bir davrida qaytarilib turadi. Shunga



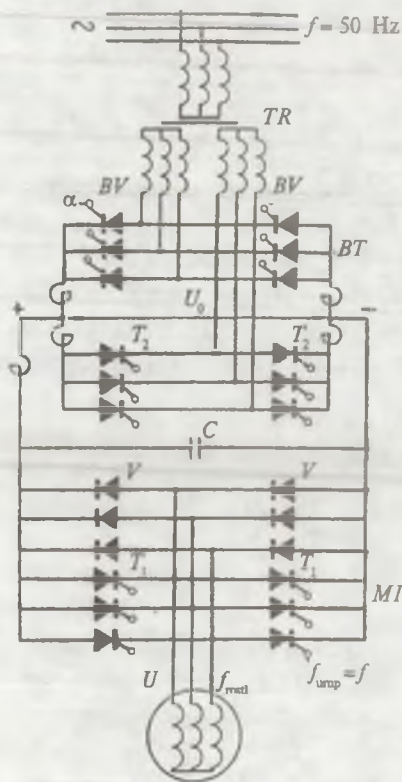
3.68- rasm. Mustaqil invertorning takomillashtirilgan sxemasi.

ko'ra  $MI$  dagi ventillarning ( $T_1$  va  $T_2$ ) boshqarish elektrodlariga beriladigan impuls chastotasi  $f_{imp}$  undan olinadigan o'zgaruvchan kuchlanish  $U_2$  ning chastotasi qiymati  $f$  ni aniqlaydi, ya'ni  $f_{imp} = f$  bo'ladi. 3.68- rasmda  $MI$  dagi kommutatsiya jarayoni turg'unligini ko'tarish va undagi kondensator quvvatidan to'la foydalanish bo'yicha yaxshi natijalar beradigan sxema ko'rsatilgan. Bunda  $MI$  sxemasiga qo'shimcha boshqarilmaydigan ventillar kiritiladi va uning ishlash tamoyili quyidagicha bo'ladi.

$T_1$  va  $V_1$  ventillarning ochiq holatida kondensatoridagi kuchlanish keyingi kommutatsiya jarayoni uchun yetarli bo'lsa, u holda  $T_2$  ning ochilishi bilan kondensator o'zining razryad toki bilan  $T_1$  ni berk holatga o'tkazib, natijada o'zi ham teskari zaryadlanish tufayli teskari qutbli kuchlanishga ega bo'lib qoladi.  $T_2$  dan o'tayotgan ish toki o'zining normal qiymatiga yaqinlashishi bilan kondensatoridagi teskari kuchlanish ham o'zining turg'un qiymatiga ega bo'ladi. Bu paytda  $V_1$  ning katodiga kondensatordan musbat potensial beriladi va uni berk holatga o'tkazib qo'yadi. Natijada kondensator bilan transformatorning chulg'ami  $V_1$  dan uzilib qoladi. Bu esa kondensatorni transformator chulg'amiga razryadlanib, o'zidagi kuchlanishni ancha kamaytirishga yo'l qo'ymaydi. Shunga ko'ra, kondensatoridagi kuchlanish o'zgarmas normal qiymatga ega bo'ladi, natijada kelgusi kommutatsiya jarayonning ham normal

o'tishi ta'minlanadi. Shunday qilib, *MI* sxemasiga boshqarilmaydigan ventillarning kiritilishi uning  $2 \div 50$  Hz gacha bo'lgan diapazonda turg'un ishlashini ta'minlaydi. Bu ventillarni shuntlab yoki sxemadan chiqarib, o'rta va yuqori chastotalarda ham turg'un ishlash mumkin. Bunday sxemalarning asosiy kamchiligi *MI* da olinadigan kuchlanish va tokning sinusoidal shaklga o'xshamasligidadir. Bu kamchilik tekislovchi drosselga maxsus qisqa tutashirilgan chulg'am kiritilishi bilan yo'qotiladi. *MI* ning kommutatsiya jarayonidagi energiyani o'zgarmas tok manbaiga qaytarish uchun boshqariladigan ventillarga parallel va teskari ulangan boshqarilmaydigan ventillar ishlatiladi. Bu ventillarning ulanish sxemasi va soni boshqariladigan ventillariniki singari bo'ladi.

**Tiristorli chastota o'zgartgichi va asinxron motordan iborat elektr yuritma sistemasi.** 3.69- rasmda tiristorli chastota o'zgartgichi va qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motordan iborat elektr yuritma sistemasining bosh zanjiri sxemasi ko'rsatilgan. Bu sistemada motorni ishga tushirish, reverslash, tezligini rostdlash va rekuperatsiya usuli bilan tormozlab sekinlatish kontaktsiz apparatlar vositasida bajariladi. Buning uchun sanoat chastotasi  $f = 50$  Hz ga teng bo'lgan o'zgaruvchan kuchlanish, boshqarish to'g'rilagichi (*BT*) orqali o'rtacha qiymati rostlanuvchan o'zgarmas kuchlanish  $U_0$  ga aylantiriladi.  $U_0$  esa drossel orqali tekislanib mustaqil inverter (*MI*) ga beriladi.  $T_1$  tiristorning boshqarish elektrodiga beriladigan musbat impulslar yordamida *MI* dan motorga turli  $f$  chastotaga ega bo'lgan uch fazali kuchlanish  $U$  beriladi va shu bilan uning tezligi rostlanadi. Motorga beriladigan kuchlanishning



3.69- rasm. Tiristorli chastota o'zgartgichi bilan asinxron motor tezligini rostdlash sistemasining bosh zanjiri.

chastotasi  $f$  tiristor  $T_1$  larni ochadigan musbat impulslarning chastotasiga teng, ya'ni  $f_{\text{imp}} = f$ . Turli chastotali musbat impulslar maxsus impulslar generatorlardan olinadi. Bu chastotalarda motorga beriladigan  $U$  kuchlanishning qiymati  $M_s$  ning o'zgarishi qonuniga bog'liq. Uning qiymatini o'zgartirish uchun boshqariladigan ventillar ( $BV$ ) ning ochilish burchaklari  $\alpha$  ni yoki transformatorning transformatsiya koeffitsientini o'zgartirish kerak. Sxemadagi kondensator  $c$  filtr vazifasini bajarishdan tashqari, motorning generator rejimida unga kerak bo'lgan magnit oqimini hosil qiluvchi manba vazifasini ham o'taydi. Motorning generator rejimidagi elektr energiyasini rekuperatsiyalash uchun uch fazali tok dastavval  $V$  ventillar orqali o'zgarimas tokka aylantiriladi. So'ngra bu o'zgarimas tok  $T_2$  tiristorlar orqali uch fazali o'zgaruvchan tokka aylantirilib, transformator orqali elektr tarmog'iga o'tkaziladi. Ikki fazadagi  $T_1$  tiristorlarning ochilish tartibini o'zgartirib, motorni reverslash mumkin.

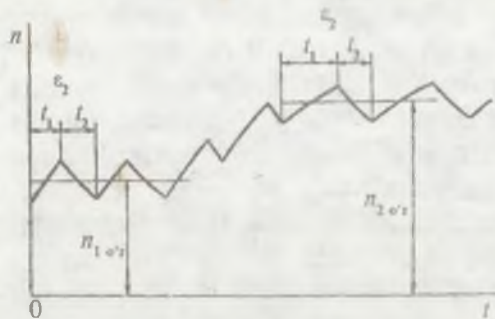
**Impuls usuli bilan o'zgarimas va o'zgaruvchan tok motorlari tezligini rostdash.** Kichik quvvatli elektr yuritmalarni ishga tushirishda va tezligini rostdashda impuls usulidan muvaffaqiyatli foydalanish mumkin. Bu usul motor parametrlarini qisqa vaqt ichida tez-tez va katta tezlik bilan o'zgartirib turishga asoslangan bo'lib, uning aylantiruvchi momenti va, demak, tezligini ma'lum diapazonda rostdab turish mumkin bo'ladi. Bunda tezlikning o'rtacha miqdori motorning tezlanish va sekinlashish davrlarining o'zaro nisbatiga ko'ra aniqlanadi. Motor parametrlarini o'zgartirish uchun katta ulanish soniga ega bo'lgan kontaktor yoki rele, ion yoki yarim o'tkazgich va shu kabi asboblardan qo'llaniladi. Impulsning berilish vaqtini  $t_1$ , olinish vaqtini esa  $t_2$  bilan belgilab, uning nisbiy ta'sir davri  $\varepsilon$  ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\varepsilon = \frac{t_1}{t_1 + t_2}$$

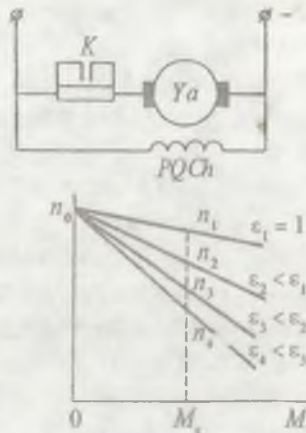
Bunda ma'lum bir o'zgarimas yuklamada  $\varepsilon$  ning ortishi bilan motor tezligining o'rtacha qiymati ham ortadi (3.70- rasm).

3.71- rasmda o'zgarimas tok motori tezligini impuls usuli bilan rostdashning eng oddiy sxemasi va unga tegishli mexanik tavsifi ko'rsatilgan. Bunda elektr tarmog'iga ulangan motor zanjiriga biror qarshilikni tez-tez kiritish va uni  $K$  kontakt orqali shuntlab tezlikni rostdash mumkin.

$K$  kontaktning ochilish va yopilish soni qancha ko'p bo'lsa, tezlik shuncha silliq rostdanadi. Qarshilikning shuntlanish vaqti  $t_1$  ni



3.70- rasm. Impuls usuli bilan motor tezligining o'rtacha qiymatini rostdash.



3.71- rasm. Impuls usuli bilan parallel qo'zg'atishli o'zgar-mas tok motori tezligini rostdash sxemasi. Unga tegishli mexanik tavsifi.

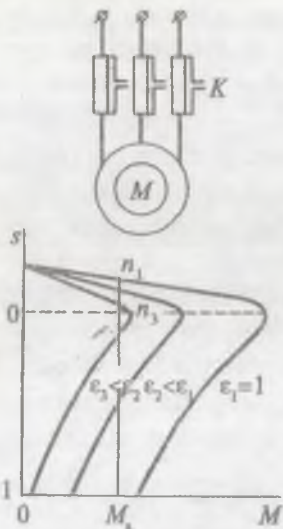
va kiritish vaqti  $t_2$  ni o'zgartirish bilan motordan o'rtacha qiymati turlicha bo'lgan  $n_1, n_2, n_3$  va  $n_4$  tezliklar olinadi. Agar  $\varepsilon = 1$  bo'lsa, motor o'zining tabiiy tavsifida  $n_1$  tezlikda ishlaydi (tashqi qarshilik shuntlangan),  $\varepsilon$  birdan kamayishi bilan o'rtacha tezliklar ham  $n_1$  ga nisbatan kamaya boradi va nihoyat,  $\varepsilon = 0$  bo'lganda (tashqi qarshilik doimo kiritilganda) motor o'zining reostatli tavsif  $n_4$  tezlikda ishlay boshlaydi. O'zgar-mas tok bilan ishlaydigan motor tezligini impuls usulida rostdash, ko'pincha, kichik quvvatli taqlidchi elektr yuritmalarda qo'llaniladi.

3.72- rasmda qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor tezligini impuls usulida rostdash sxemasi va unga tegishli mexanik tavsiflar ko'rsatilgan. Bunda ham  $\varepsilon$  ni o'zgartirib ( $\varepsilon = 1 \div 0$ ) motorni  $n_1, n_2$  va  $n_3$  tezlikda ishlatish mumkin.  $\varepsilon$  kamayishi bilan motorning o'ta yuklanish qobiliyati ham pasaya boradi.

3.73- rasmda faza rotorli motorning yarim o'tkazgichli ventillar orqali impuls usulida boshqarish sxemasi va unga tegishli mexanik tavsiflar ko'rsatilgan.

Bunda  $V$  ventillar orqali to'g'rilangan rotor toki tashqi aktiv qarshilik  $R$  dan o'tadi. Demak, boshqariladigan ventil  $BV$  bilan bu qarshilikni rotor zanjiriga goh kiritib, goh chiqarib turish va shu yo'l bilan rotor toki  $I_r$  ni turli o'tkinchi rejimlarda (ishga tushirish, reverslash) berilgan qiymatda saqlab turish mumkin. Bu ayniqsa takrorlanuvchi qisqa ish muddatli elektr yuritmalarda katta ahamiyatga ega (motorni katta qiymatli boshlang'ich toklar ta'sirida haddan tashqari qizib ketishdan saqlaydi). 3.73- rasmda faza rotorli asinxron motorni ishga tushirish (I va III kvadrantlar va teskari

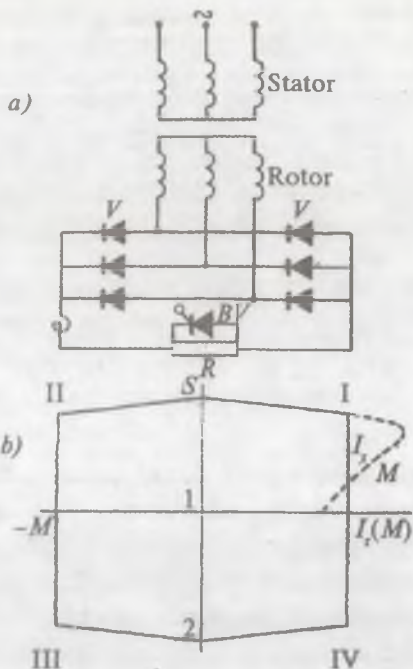




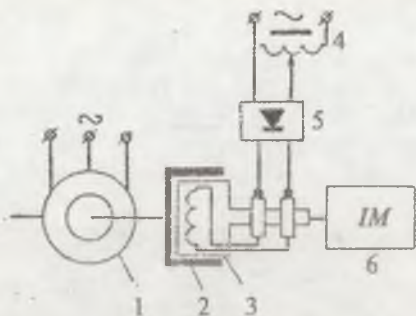
3.72- rasm. Impuls usuli bilan asinxron motor tezligini rostlash sxemasi. Unga tegishli mexanik tavsiflar.

ulash bilan tormozlash (II va IV kvadrantlar) paytlarida rotor tokining o'zgarishi ko'rsatilgan. Bunda tok va moment amplitudalarining minimal qiymatda pulsatsiyalanishini ta'minlash uchun tiristorni mumkin qadar ko'p marta ochib-berkitish kerak. Amalda tiristorlarni sekundiga 500 martagacha ochib-berkitish mumkin.

**O'zgaruvchan tok elektr yuritma tezligini induktorli sirpanish muftasi orqali rostlash.** Motor validagi mexanik harakatni ish mexanizmi valiga o'tkazadigan qurilma mufta deb ataladi. Muftalar ikki valni o'zaro qo'shishdan tashqari, ancha murakkabroq vazifalarni ham bajaradi: ishlayotgan yoki ishlamay turgan motor valining ish mexanizmi vali bilan qo'shilishi va ayrilishini uzoqdan turib tezda boshqaradi, motorni ishga tushirishdagi mexanik siltanishlarni mexanizmga va ishlab turgan mexanizmndagi siltanishlarni motorga o'tkazmaydi, ish mexanizmiga beriladigan aylantiruvchi momentni chegaralaydi, motor tezligini nominal qiymatda o'zgartirmay saqlaydi, mexanizm validagi tezlikni ma'lum diapazonda rostlab turadi va h.k. Turli tipdagi mexanik va hatto elektromagnit muftalar ham bu talablarni to'la qondira olmaydi. Induktorli sirpanish muftasining yaratilishi yuqoridagi talablarni to'la qondirdi.



3.73- rasm. Kontaktsiz impuls usuli bilan faza rotorli asinxron motorni ishga tushirish sxemasi. Unga tegishli tavsiflar.

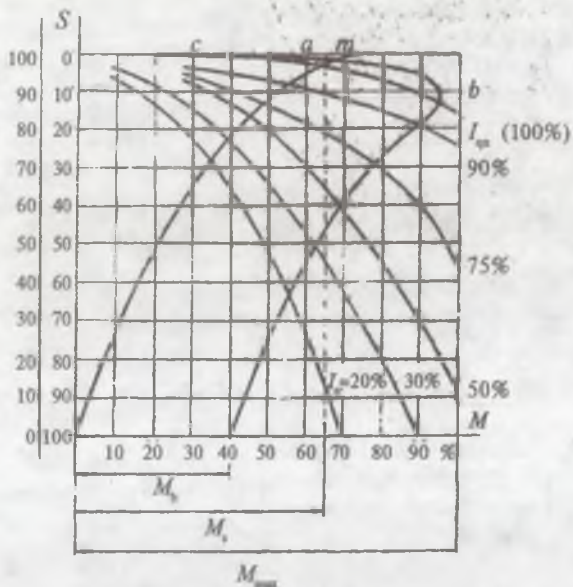


3.74- rasm. Induktorli sirpanish muftasi bo'lgan elektr yuritmaning prinsipial sxemasi.

Bunday mufta o'zaro konsentrik ravishda joylashgan ikki aylanuvchi qismdan iborat bo'ladi. Muftaning yakor deb ataladigan tashqi qismi kovak po'lat silindrdan iborat bo'lib, uning ichki qismiga induktor o'rnatiladi. Induktor esa ikki qator po'lat tishli g'ildiraklardan hosil bo'lgan pazlarga o'rnatilgan va o'zgarmas tok bilan ta'minlanadigan qo'zg'atish chulg'amli elektromagnitdan

iborat bo'ladi. Odatda, yakor induktordan 1 mm dan ham kamroq havo bo'shlig'i bilan ajralib turadi. Shu bilan birga yakor, tezligi rostlanmaydigan asinxron yoki sinxron motorlar valiga mexanik ravishda mahkam bog'lanib, u bilan bir tezlikda aylanadi. Induktor esa ish mexanizmi valiga mahkam bog'lanadi. 3.74- rasmda induktorli sirpanish muftasiga ega bo'lgan elektr yuritmaning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Bunda 1 – qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor, 2 – mufta yakori, 3 – mufta induktori, 4 – avtotransformator, 5 – yarim o'tkazgichli to'g'rilagich, 6 – ish mexanizmi.

Induktorli muftasi bo'lgan elektr yuritmani ishga tushirish uchun dastlab motorni ishga tushirib, so'ngra qo'zg'atish chulg'ami (3) ga tok berish lozim. Bunda aylanib turgan yakor induktorda hosil bo'lgan o'zgarmas magnit oqimni kesib, o'zida uyurma toklar hosil qiladi. Yakordagi uyurma toklar bilan magnit oqimining o'zaro ta'siri natijasida induktorni harakatga keltiruvchi moment hosil bo'ladi va u aylana boshlaydi. Bunda asinxron motor singari, induktorning aylanish tezligi yakorning aylanish tezligidan bir oz kamroq bo'ladi, ya'ni bunda ham sirpanish hosil bo'ladi. Shunga ko'ra, induktorli muftani sirpanish muftasi deb ham ataladi. Qo'zg'atish chulg'amiga beriladigan tok qiymatini o'zgartirish bilan induktorga ta'sir etuvchi momentni va, demak, uning validagi tezlikni rostlash mumkin. 3.75- rasmda induktorli sirpanish muftasining, asinxron motorining va ventilyator momentli ish mexanizmlarining mexanik tavsiflari ko'rsatilgan. Bunda nominal qiymatli qo'zg'atish tokiga ega bo'lgan muftaning mexanik tavsif qattiqligi asinxron motornikidan bir oz past bo'ladi. Qo'zg'atish toki qiy-



3.75- rasm. Induktorli sirpanish muftasining mexanik tavsiflari.

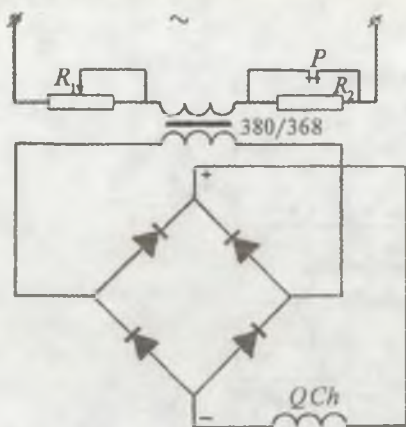
matining nominal  $I_{qn}$  ga nisbatan kamayishi bilan tavsiflarning qattiqligi pasayib boradi. Shunga ko'ra ma'lum bir o'zgarma ( $cd$ ) yuklamada  $I_q$  ni o'zgartirish bilan 1, 2, 4, 5 va 6 tezliklar olinsa, ventilyatorli yuklamada esa 1', 2', 3', 4', 5' va 6' tezliklar olinadi.

Induktorli muftadagi quvvat isrofi, asosan, uning yakorini qizitish uchun sarflanadigan quyidagi quvvat bilan aniqlanadi:  $\Delta P_s = M_s \omega_{ya} S$ , bunda  $M_s$  - qarshilik momenti;  $\omega_{ya}$ ,  $\omega_{ind}$  - tegishli sirpanish muftasining yakori va induktorning burchak tezliklari;

$$S = \frac{\omega_{ya} - \omega_{ind}}{\omega_{ya}} - \text{mufta sirpanishi.}$$

Tezlik pasayishi bilan ventilyatorli yuklamada  $M \approx n^2$  bo'lgani uchun  $M_s$  moment tezda kamaya boradi. Agar induktorli mufta ventilyator momentli mexanizm elektr yuritmalarda, masalan, nasos, ventilyator kema vintlari va shu kabilarda qo'llanilsa, tezlikni rostlash juda tejamli o'tadi. Tekshirishlarga ko'ra, bunday elektr yuritmalarda muftadagi quvvat isrofi  $\Delta P_s$  ning maksimal qiymati nominal tezlikning 66% da sodir bo'lib, u nominal quvvatning 15% inigina tashkil qiladi.

Bizda aylantiruvchi momenti  $7 \div 160$  kGm va undan ham katta bo'lgan ИМС seriyali induktorli sirpanish muftalari ishlab chiqa-



3.76- rasm. Induktorli muftaning qo'zg'atuvchi chulg'amidagi tok qiymatini impuls usulida roslash sxemasi.

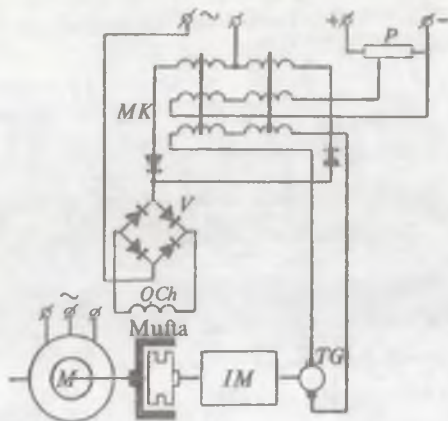
rilmoqda. Bunday muftalarning nominal sirpanishlari  $3 \div 5\%$  atrofida bo'ladi. Bundan tashqari, aylantiruvchi momenti  $0,17 \div 2$  kGm gacha bo'lgan *ИМС* seriyali muftalari ham ishlab chiqarilmoqda.

Mufta mexanik tavsifining qattiqligi past bo'lgani tufayli elektr yuritma tezligini roslashda tezlik bo'yicha manfiy bo'lgan teskari bog'lanishlardan foydalaniladi. *ИМС* seriyali yuritmalarda induktor valiga o'rnatilgan markazdan qochma kuchga asoslangan *r* regulyator orqali mexanik tavsif qattiqligini ancha ko'tarib

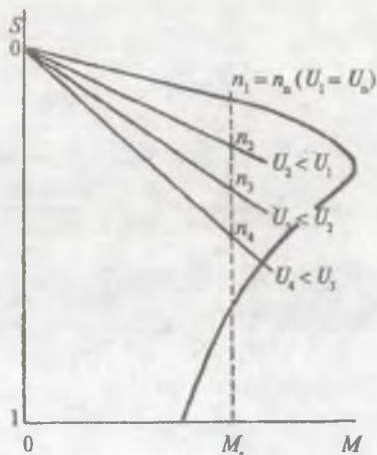
turish mumkin. 3.76- rasmda impuls usuli bilan qo'zg'atish tokini roslab, induktor tezligini avtomatik ravishda mo'tadillash sxemasi ko'rsatilgan. Bunda tezlik qiymati berilgan qiymatdan ortib ketsa, rostlagich ta'sirida transformatorning birlamchi chulg'ami zanjiriga qarshilik kiritiladi. Natijada, qo'zg'atish chulg'amidagi tok va, demak, tezlik qiymati ham kamayadi. Tezlik kamayganda  $R_2$  yana shuntlanishi mumkin.

Shunday qilib,  $R_2$  qarshilikni har bir sekunda  $10 \div 50$  marta zanjirga kiritib va undan chiqarib, elektr yuritma tezligini berilgan o'rtacha qiymatda tutib turish mumkin. Bunda tezlikning rostlanish diapazoni, taxminan,  $6 : 1$  atrofida bo'ladi. Qo'zg'atish tokini uzluksiz ravishda roslash bilan tezlikni mo'tadillash sistemalari, ko'pincha, katta quvvatli elektr yuritmalarda qo'llaniladi. Odatda, bunday sistemalarda EMK yoki *МК* qo'llaniladi.

3.77- rasmda magnit kuchaytirgichning birinchi boshqarish chulg'amiga *P* potensiometr orqali kerakli bo'lgan tezlikni ta'minlovchi signal berib, ikkinchisiga esa taxogeneratordan manfiy teskari bog'lanish signali beriladi. Bunda tezlikning rostlanish diapazoni, taxminan  $50 : 1$  gacha ortadi. Texnik iqtisodiy ko'rsatkichlarning solishtirilish natijasi quvvati  $50 \div 250$  kW gacha va tezlikning rostlanish diapazoni  $5 : 1$  dan katta bo'lmagan ventilyator momentli mexanizmlarda *ИМС* seriyali elektr yuritmalarni qo'llash tavsiya qilinadi.

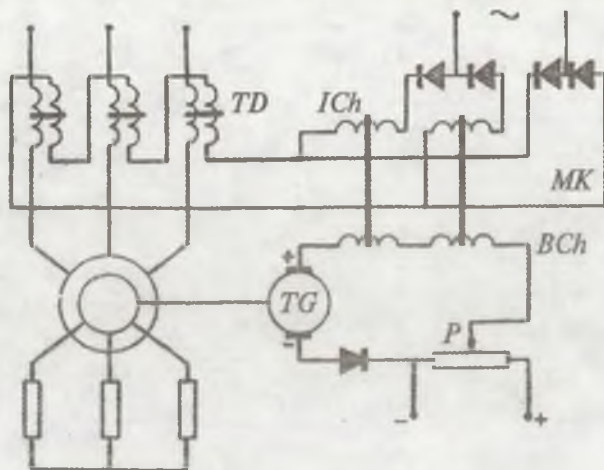


3.77- rasm. Teskari bog'lanish zanjiriga ega bo'lgan sirpanish muftali elektr yuritma sxemasi.



3.78- rasm. To'yinish drosseli bilan tezligi rostlanadigan asinxron motorning mexanik tavsiflari.

**O'zgaruvchan tokli elektr yuritma tezligini to'yinish drosseli yordamida rostlash.** Ma'lumki, asinxron motorning aylantiruvchi momenti uning statoriga beriladigan kuchlanishning kvadratiga mutanosib ravishda o'zgaradi. Shunga ko'ra, elektr tarmoqqa stator chulg'ami to'yinish drosseli (TD) orqali ulansa, u holda unga beriladigan kuchlanish qiymatini silliqqina o'zgartirish mumkin. Bunda ma'lum yuklamada ishlab turgan motor tezligi ham o'zgaradi. Faza rotorli motor tezligini to'yinish drosseli orqali o'zgartirilganda, uning rostlanish diapazonini kengaytirish uchun tezlikni rotor zanjiridagi tashqi qarshilik bilan ham rostlash kerak. Bunda tezlik nominalga nisbatan past tomonga rostlanib, uning pasayishi bilan ishlashdagi mo'tadillik ham pasayib boradi. 3.78- rasmda yuqoridagi usul bilan tezlik rostlangandagi mexanik tavsiflar ko'rsatilgan. Tavsiflarga ko'ra tezlik nominal  $n_1 = n_n$  dan kamayishi bilan ( $n_2$ ,  $n_3$  va  $n_4$ ) mexanik tavsifning qattiqligi keskin pasaya boradi. Tezlik rostlanishi (pasayishi) bilan mexanik tavsifning qattiqligini avtomatik ravishda ko'tarib turish uchun sxemaga, ko'pincha, tezlik bo'yicha teskari bog'lanish signallari kiritiladi. 3.79- rasmda faza rotorli asinxron motor tezligini to'yinish drosseli (TD) orqali rostlash sxemasi ko'rsatilgan. Bunda tezlik bo'yicha manfiy bo'lgan teskari bog'lanish signali taxogenerator orqali magnit kuchaytirgichiga uzatilib, unda kuchaytirilgan signal esa to'yinish drosselining magnitlovchi chulg'amiga beriladi. Natijada, tezlikning rost-



3.79- rasm. To'yinish drosseli bilan faza rotorli motor tezligini rostdash.

lanish diapazoni 30 : 1 va undan ham katta bo'ladi. Ammo bu usul bilan tezlik juda ham tejamisiz ravishda rostdanadi. Shunga ko'ra, bu usulni qisqa ish vaqtli mexanizm bo'lgan elektr yuritmalarda qo'llash tavsiya qilinadi.

### 4.1. Umumiy tushunchalar

Bir turg'un holatdan ikkinchi holatga o'tish jarayonidagi ishlash rejimi elektr yuritmaning o'tkinchi rejimi deb ataladi. Bunda motor ishini tavsiflovchi elektromagnit va mexanik miqdorlarning (tok, e.y.k., magnit oqimi, aylantiruvchi moment, tezlik, tezlanish va boshqalarning) qiymatlari vaqt bo'yicha o'zgaruvchan bo'ladi.

Elektr yuritmani ishga tushirish, tormozlab to'xtatish, harakat yo'nalishini o'zgartirish va motor yuklanishini keskin o'zgarishi kabi jarayonlar uning o'tkinchi rejimini ifodalaydi.

Elektr yuritmaning o'tkinchi rejimiga, elektr tarmog'idagi kuchlanish yoki tok chastotasining keskin o'zgarishi ham sabab bo'la oladi.

Elektr yuritmalar uchun motor, boshqarish apparatlari va uni avtomatik boshqarish sistemasini to'g'ri tanlash uchun ularda bo'ladigan o'tkinchi rejimni yaxshi o'rganish lozim bo'ladi. Kamdan-kam ishga tushiriladigan, uzoq vaqt ishlaydigan yuritmalardagina (nasos, ventilyator va shu kabilarda) o'tkinchi rejim muhim ahamiyatga ega bo'lmaydi.

O'tkinchi rejim davrini o'zgartirish imkoniyatiga erishish, ya'ni motorni ishga tushirish va to'xtatish vaqtlarini rostdash natijasida, texnologiyani takomillashtirish va mexanizm ish unumini ancha ko'tarish mumkin. Elektr yuritmadagi o'tkinchi rejim elektr va mexanik o'tkinchi jarayonlarning birgalikda yoki alohida o'tishi bilan tavsiflanadi.

Bunday rejim elektr motor va ish mexanizmi dinamikasi bilan bevosita bog'langan bo'ladi. Shunga ko'ra, elektr yuritmalardagi o'tkinchi rejimlarni: *elektromexanik*, *elektromagnit* va *mexanik* o'tkinchi rejimlarga bo'lish mumkin.

Elektromexanik o'tkinchi rejimda elektr va mexanik parametrlarning o'zgarishini hisobga olish kerak (umumiy hol).

Ammo, xususiyl hollarda, masalan, motor elektr zanjiriga ulanganda, u darhol harakatlana olmaydi. Haqiqatan, magnit oqimi o'zining nominal qiymatiga erishgunga qadar elektromagnit rejim, yakor aylana boshlagandan keyin esa mexanik o'tkinchi rejim sodir bo'ladi.

O'tkinchi rejimlarni quyidagi usullar bilan hisoblash mumkin:

1. *Analitik usul.* Bunda  $L = \text{const}$ ;  $J = \text{const}$  bo'lib, aylantiruvchi moment bilan qarshilik momentining tezlikka bog'lanishining analitik ifodasi berilgan bo'lishi kerak. Shunga ko'ra, harakat va e.y.k. larning muvozanat tenglamalarini tuzib, ularni birgalikda yechish bilan o'tkinchi rejim parametrlarining o'zgarish qonunlarini analitik usulda hisoblash mumkin.

2. *Grafo-analitik usul.* Bunda  $L$  va  $J$  o'zgaruvchan bo'ladi.

3. *Grafik usul.* Bunda aylantiruvchi va qarshilik momentlarining tezlikka bog'lanishi grafik usulda berilgan bo'ladi.

4. *Fizikaviy modellash usuli.* Bunda murakkab elektr yuritmalarning kichraytirilgan modeli yasilib, unda o'tkinchi rejimlar tekshiriladi va o'xshashlik nazariyasi asosida, modelda olingan bog'lanishlar haqiqiy elektr yuritmalarga o'tkaziladi.

5. *Matematik modellash usuli.* Bunda elektr yuritma uchun tuzilgan differensial tenglamalar sistemasi elektron analog hisoblash mashinasiga berilib, undan elektr va mexanik parametrlarning vaqt bo'yicha o'zgarishlari egri chiziqlar shaklida olinadi.

## 4.2. Elektr yuritma dinamikasi

Ilgarilanma harakat jarayonida aktiv yoki harakatlantiruvchi kuch mexanizmida sodir bo'ladigan qarshilik va elektr yuritma qismlarida hosil bo'ladigan inersiya kuchlari bilan muvozanatda bo'lishi kerak (mexanika qonuniga binoan). Kuchlar muvozanati tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$F - F_s = m \frac{dv}{dt} \quad [\text{N}]. \quad (4.1)$$

Demak, aylanma harakat momentining muvozanat tenglamasi ham quyidagicha ifodalanadi:

$$M - M_s = J \frac{d\omega}{dt} \quad [\text{N} \cdot \text{m}], \quad (4.2)$$

bunda  $F_s$  va  $M_s$  — tegishlicha qarshilik kuchi va momenti;  $F$  va  $M$  — tegishlicha aktiv (harakatlantiruvchi) kuch va moment;  $m \frac{dv}{dt}$  va  $J \frac{d\omega}{dt}$  — tegishlicha inersiya kuchi, ya'ni dinamik kuch va moment;

$J = m\rho^2 = \frac{G}{g} \left( \frac{D}{2} \right)^2 = \frac{GD^2}{4g} \left[ \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^2}{\text{m}} \right]$  elektr yuritma sistemasining



inersiya momenti;  $GD^2$  [ $N \cdot m^2$ ] – elektr yuritma sistemasining siltash momenti;  $G$  va  $m$  – tegishlicha og‘irlik kuchi va uning massasi (kg);  $g$   $\left[ \frac{m}{s^2} \right]$  – tezlanish.  $\rho$  va  $D$  – tegishlicha elektr yuritmadagi harakatlanuvchi qismlarning inersiya radiusi va diametri.

(4.1) va (4.2) ifodalar elektr yuritmaning *harakat tenglamasi* deb ataladi.

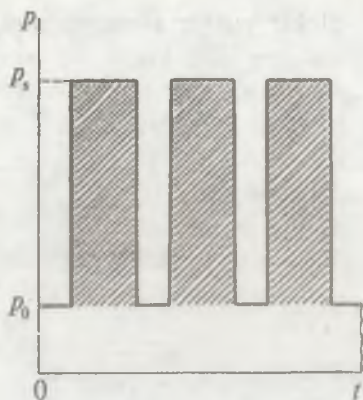
(4.2) da  $J$  ni  $CD^2$  bilan,  $\omega$  ni  $\frac{\pi n}{30}$  bilan belgilab, quyidagi ifodani olamiz:

$$M - M_s = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt}, \quad (4.3)$$

bunda  $\frac{d\omega}{dt}$  va  $\frac{dn}{dt}$  – tegishlicha burchak tezlanish va chiziqli tezlanish.

Elektr motorlarning rotorlari (yoki yakorlari) uchun  $GD^2$  ning qiymati kataloglarda keltiriladi. Siltanish momentining katalogda keltirilgan amaliy sistema birligidagi ( $kgm^2$ ) qiymatidan xalqaro birlikka [ $Nm^2$ ] o‘tish uchun uni 9,81 ga ko‘paytirish lozim.

Motor vali orqali harakatga keltiriladigan turli shakldagi uzatma va mexanizm organlarining siltash momentlari texnik ma‘lumot-nomalarda beriladigan empirik formulalar bilan aniqlanadi. Elektr yuritmaning harakat tenglamasiga ko‘ra, agar  $M > M_s$ , ya‘ni  $\frac{dn}{dt} > 0$  bo‘lsa, u holda yuritmaning aylanish tezligi orta boshlaydi (bu hol motorni ishga tushirishda va yuklamasi kamayganda sodir bo‘ladi), agar  $M < M_s$ , ya‘ni  $\frac{dn}{dt} < 0$  bo‘lsa, motor yuklamasi ko‘paya boshlaganda yuritma tezligi kamaya boshlaydi, agar  $M = M_s$ , ya‘ni  $\frac{dn}{dt} = 0$  bo‘lsa, u holda yuritma tekis harakat bilan turg‘un tezlikda aylanadi yoki qo‘zg‘almas holatda bo‘ladi. Agar motorning aylantiruvchi momenti yuritma harakati tomon yo‘nalgan bo‘lsa, uni musbat (motor rejimi), aks holda esa manfiy (generator rejimi) deb qabul qilinadi. Yuklanish yoki qarshilik momenti metall qirqish, yuk ko‘tarish kabi foydali (4.1- rasmda keltirilgan yuklanish diagrammasining shtrixlangan bo‘lagi) va salt ish rejimidagi foydasiz (yuritmadagi ishqalanishlar, motorning po‘lat qismidagi quvvat isroflari) qismlardan iborat bo‘lib, uning qiymatini analitik



4.1- rasm. Ish mexanikasining yuklanish diagrammasi.

yoki empirik formulalardan foydalanib yoki tajribalardan olingan miqdorlar bo'yicha aniqlash mumkin. Empirik formula deb ko'p marta takrorlanadigan tajriba yoki kuzatishlarga ko'ra tuzilgan formulaga aytiladi. 4.1- rasmda grafikning shtrixlangan qismi foydali ishga tegishli bo'lsa, toza qismi esa salt ish rejimidagi foydasiz ishga tegishlidir.

Foydasiz ishga sarflanadigan quvvat, ko'pincha, mexanik uzatmaning foydali ish koeffitsienti orqali hisobga olinadi.

Qarshilik momentini reaktiv va aktiv (potensial) momentlarga bo'lish mumkin. Reaktiv moment deb qirqish, qisish, ishqalanish va shu kabi ish jarayonlarida hosil bo'lgan va yuritma harakatiga teskari yo'nalgan qarshilik momentlariga aytiladi. Yuk ko'tarish, elastik jismlarning qisilishi va shu kabilardan hosil bo'lgan qarshilik momentlarini aktiv yoki potensial moment deyiladi. Yuritmaning harakat yo'nalishi o'zgarishi bilan aktiv moment o'z ishorasini saqlab qoladi, reaktiv moment esa teskarisiga o'zgaradi.

Demak, aktiv moment bir tomonga aylanishda qarshilik ko'rsatsa, teskari tomonda esa aylantiruvchi moment bilan bir tomonga yo'nalgan bo'ladi.

Shunday qilib, qarshilik momenti  $M_s$  oldidagi manfiy ishora yuk ko'tarish, metall qirqish va shu kabi jarayonlarga taalluqlidir. Manfiy ishora  $M_s$  ning yuritma harakatiga nisbatan teskari yo'nalganligini ko'rsatadi. Demak, yuk tushirishda qarshilik momenti yuritma harakati tomon yo'nalgani uchun, uning oldiga musbat ishora qo'yish kerak.

Dinamik moment tezlikning qiymati o'zgarayotgandagina, ya'ni o'tkinchi rejim paytidagina sodir bo'ladi.

Tezlikning orta borishida dinamik moment yuritma harakatiga teskari yo'nalgan bo'lib, uning kamayishida esa u tomonga yo'nalgan bo'ladi. Dinamik momentning qiymati va ishorasi faqat motor momenti bilan qarshilik momentining algebraik ayirmasiga ko'ra aniqlanadi. Shunday qilib, yuritmaning harakat tenglamasini, umumiy holda, quyidagicha ifodalash lozim

$$\pm M \pm M_s = J \frac{d\omega}{dt} \quad (4.5)$$

Demak, (4.5) ifodadagi  $M$  va  $M_s$  oldiga (+) yoki (-) ning qo'yilishi motorning ish rejimi va yuklama tavsifiga bog'liq bo'ladi. Moment, tok va tezlikning o'tkinchi rejim paytidagi o'zgarish qonunini yuritmaning harakat tenglamasi orqali aniqlash mumkin. Hisoblashlarda, bu tenglamadagi hamma momentlar sistemaning faqat birgina elementiga keltirilishi kerak, chunki harakat tenglamasi yuritmaning ma'lum bir o'qiga, masalan, motor valiga nisbatan tuziladi.

4.3.

### Qarshilik (yuklanish) momenti va siltash momentlarini motor validagi tezlikka keltirish

Odatda, elektr motori ish mexanizmini ma'lum uzatmalar sistemasi orqali harakatga keltiradi. Bunda uzatma sistemasining turli elementlari har xil tezlik bilan aylanishi mumkin. Bir xil tezlik bilan aylanayotgan elementning siltash va qarshilik momentlarini boshqa tezlikka keltirish, sistemaning energiya balansi o'zgarishligi asosida o'tkaziladi.

Bunda uzatmada yo'qolgan quvvat, uning foydali ish koeffitsienti orqali hisobga olinadi.

Shunga ko'ra,  $M_{sm} \omega_{mex} \frac{1}{\eta_u} = M_s \omega_m$  bo'ladi, bundan qarshilik momentining motor valiga keltirilgan qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$M_s = M_{sm} \frac{\omega_{mex}}{\omega_m} \cdot \frac{1}{\eta_u} = \frac{M_{sm}}{i \eta_u}, \quad (4.6)$$

bunda  $M_{sm}$  — ish mexanizmining validagi qarshilik momenti;  $\omega_m$  va  $\omega_{mex}$  — tegishlicha motor va mexanizm vallarining burchak

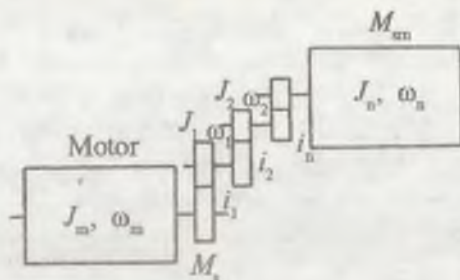
tezligi;  $i = \frac{\omega_m}{\omega_{mex}}$  va  $\eta_u$  — tegishlicha uzatmaning uzatish soni va

foydali ish koeffitsienti;  $M_s$  — motor valiga keltirilgan qarshilik momentining qiymati.

Agar motor va mexanizm orasidagi uzatma sistemasi bir necha elementlardan iborat bo'lsa (4.2- rasm), umumiy holda (4.6) formula quyidagicha bo'ladi:

$$M_s = M_{sm} \frac{1}{i_1 i_2 \dots i_n} \cdot \frac{1}{\eta_{u1} \eta_{u2} \dots \eta_{un}}, \quad (4.7)$$

bunda  $i_1 = \frac{\omega_m}{\omega_1}$ ;  $i_2 = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ .



4.2- rasm. Elektr yuritma kinematikasi.

Agar motor va uning vali bilan bog'langan uzatma va ish mexanizmining qismlari turli tezliklar ( $\omega_m, \omega_1, \dots, \omega_n$ ) va inersiya momentlar ( $J_m, J_1, \dots, J_n$ ) ga ega bo'lsa, u holda bu dinamik sistema uchun quyidagi tenglamani tuzish mumkin:

$$J \frac{\omega_m^2}{2} = J_m \frac{\omega_m^2}{2} + J_1 \frac{\omega_1^2}{2} + J_2 \frac{\omega_2^2}{2} + \dots + J_n \frac{\omega_n^2}{2}, \quad (4.8)$$

bunda  $J$  – yuritma sistemasining motor valiga keltirilgan inersiya momenti;  $J_m$  – motor rotorining (yakorining) inersiya momenti.

(4.8) dan elektr yuritma sistemasining motor valiga keltirilgan inersiya momenti quyidagicha topiladi:

$$\begin{aligned} J &= J_m + J_1 \left( \frac{\omega_1}{\omega_m} \right)^2 + J_2 \left( \frac{\omega_2}{\omega_m} \right)^2 + \dots + J_n \left( \frac{\omega_n}{\omega_m} \right)^2 = \\ &= J_m + \frac{J_1}{i_1^2} + \frac{J_2}{i_1^2 i_2^2} + \dots + \frac{J_n}{i_1^2 i_2^2 \dots i_n^2}. \end{aligned} \quad (4.9)$$

$J$  ni  $GD^2$  orqali,  $\omega$  ni  $n$  orqali belgilab, elektr yuritmaning motor valiga keltirilgan siltash momentini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$GD^2 = GD_m^2 + \frac{GD_1^2}{i_1^2} + \frac{GD_2^2}{i_1^2 i_2^2} + \dots + \frac{GD_n^2}{i_1^2 i_2^2 \dots i_n^2}, \quad (4.10)$$

bunda  $GD_m^2$  – motor rotorining siltash momenti;  $GD^2$  – yuritma sistemasining motor valiga keltirilgan siltash momenti.

#### 4.4.

### Ilgarilama harakatni motor validagi aylanma harakatga keltirish

Ko'pincha, ish mexanizmlarning bir elementi aylanma harakat qilsa, boshqasi ilgarilama harakat qiladi. Bunda hisoblash oson bo'lsin uchun ilgarilama harakat motor validagi aylanma harakatga keltiriladi.

4.3- rasmda yuk ko'targich-ning sxemasi keltirilgan bo'lib, unda og'irligi  $G$  bo'lgan yukni  $v$  tezlikda ko'tarish kerak.

Energiya balansiga binoan quyidagi tenglamani tuzish mumkin:

$$F_{sm} v \frac{1}{\eta_u} = M_s \omega_m.$$

Bu ifodadan motor valiga keltirilgan yukning qarshilik momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$M_s = \frac{F_s v}{\omega_m \eta_m}, \quad (4.11)$$

yoki

$$M_s = 9,55 \frac{F_{sm} v}{\eta_u n_m}, \quad (4.12)$$

bunda  $F_{sm}$  — og'irligi  $G$  bo'lgan yukning qarshilik kuchi;  $M_s$  — motor valiga keltirilgan qarshilik momenti.

Yuqorida keltirilgan prinsipga binoan,  $\frac{mv^2}{2} = J \frac{\omega_m^2}{2}$ . Bundan motor valiga keltirilgan inersiya momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$J = m \left( \frac{v}{\omega_m} \right)^2, \quad (4.13)$$

bunda  $m$  — ilgari lama harakatdagi jismning massasi;  $J$  ni  $GD^2$  va  $\omega$  ni  $n$  orqali belgilab, quyidagi formulani olamiz:

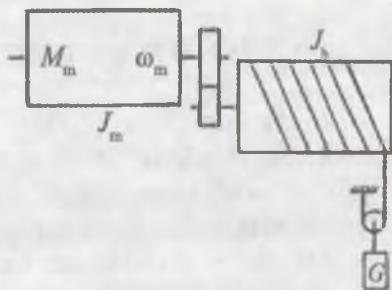
$$GD^2 = \frac{365 G v^2}{n_m^2} = 365 G \left( \frac{v}{n_m} \right)^2. \quad (4.14)$$

Demak, mexanizm aylanma va ilgari lama elementlardan iborat bo'lsa, u holda motor valiga keltirilgan inersiya momentining umumiy qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$J = J_m + J_1 \frac{1}{i_1^2} + J_2 \frac{1}{i_1^2 i_2^2} + \dots + J_n \frac{1}{i_1^2 i_2^2 \dots i_n^2} + m \left( \frac{v}{\omega_m} \right)^2. \quad (4.15)$$

Shunga ko'ra

$$GD^2 = GD_m^2 + \frac{GD_1^2}{i_1^2} + \frac{GD_2^2}{i_1^2 i_2^2} + \dots + \frac{GD_n^2}{i_1^2 i_2^2 \dots i_n^2} + \frac{365 G v^2}{n_m^2}. \quad (4.16)$$



4.3- rasm. Yuk ko'targich kinematikasi.

Elektr yuritmaning o'tkinchi rejimi qanday o'tishi, dastavval motorning mexanik tavsifi bilan mexanizm qarshilik momentining o'zgarish xususiyatiga bog'liq bo'ladi.

Motorlarning mexanik tavsiflari bilan yuqorida batafsil tanishib chiqildi. Bu yerda aylanish tezligining qarshilik momentiga qarab o'zgarish qonunlari, ya'ni ish mexanizmining mexanik tavsifi deb ataladigan quyidagi bog'lanish  $n = f(M_s)$  o'rganiladi va bu tavsiflarga ko'ra ish mexanizmlari har xil sinflarga ajratiladi.

Ish mexanizmlarining turiga qarab, ularning mexanik tavsiflari ham turlicha bo'ladi. Mexanizmning mexanik tavsifi uchun topilgan quyidagi empirik formuladan foydalanib ularni ma'lum sinflarga ajratish mumkin:

$$M_x = M_0 + (M_{sn} - M_0) \left( \frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (4.17)$$

bu yerda  $M_x$  – ish mexanizmining  $\omega$  tezlikdagi qarshilik momenti;  $M_0$  – salt ish rejimida mexanizmning harakatlanuvchi qismlarida hosil bo'lgan qarshilik momenti;  $M_{sn}$  – mexanizmning nominal tezlikdagi qarshilik momenti;  $x$  – tezlik o'zgarishi bilan qarshilik momenti o'zgarishini tavsiflaydigan koeffitsient.

Bu formulaga binoan ish mexanizmlarining mexanik tavsiflarini, taxminan, quyidagi asosiy sinflarga ajratish mumkin:

1. Tezlikka bog'liq bo'lmagan mexanik tavsif (4.4- rasm, 1 chiziq).

Bunda  $x = 0$  bo'lib,  $M_s$  ning qiymati tezlikka bog'liq bo'lmaydi, ya'ni  $M_s = \text{const}$ . Bunday tavsifga, masalan, yuk ko'taruvchi kranlarning ish mexanizmlari ega bo'ladi. Ularning qarshilik momenti faqat ilgakka osilgan yuk og'irligi va baraban-ning radiusiga bog'liq bo'ladi. Agar ish mexanizmlari qarshilik momentlarining asosiy qismi salt ish rejimidagi momentdan iborat bo'lsa, u holda bunday mexanizmlarning qarshilik momentlari ham tezlikka bog'liq bo'lmaydi (bunga vint yoki chervyakli uzatmalardan iborat dastgohlardagi support yuritmalari misol bo'la oladi).

2. Qarshilik momenti tezlikka to'g'ri mutanosib ravishda o'zgaradigan mexanik tavsif (4.4- rasm, 2 chiziq).

Bunda  $x = 1$  bo'ladi. Tezlik ortishi bilan qarshilik momenti ko'paya boshlaydi. Bunday tavsifga, masalan, mustaqil qo'zg'atishli

o'zgarimas tok generatori ega bo'ladi (agar bu generator o'z energiyasini o'zgarimas qarshilikli yuklamaga sarflasa).

3. Qarshilik momenti parabola singari egri chiziq bo'yicha oshib boradigan mexanik tavsif (4.4- rasm, 3 chiziq).

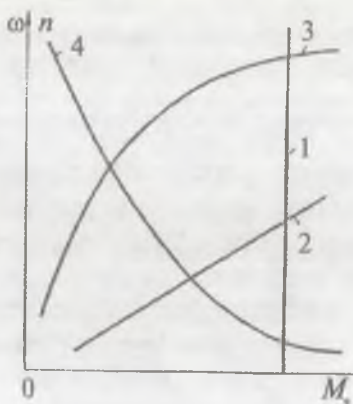
Bunda  $x = 2$  bo'ladi, qarshilik momenti tezlikning kvadratiga mutanosib o'zgaradi. Bunday tavsifga ega bo'lgan mexanizmlarni ko'pincha, ventilyatorli momentga ega mexanizmlar deb ham ataladi. Demak, bu sinfga ventilyator, markazdan qochma kuchga asoslangan nasos kabi parrakli mexanizmlar misol bo'la oladi.

4. Qarshilik momenti 4 egri chiziq bo'yicha kamayib boruvchi mexanik tavsif (4.4- rasm, 4 chiziq).

Bunda  $x = -1$  bo'ladi,  $M_s$  ning qiymati tezlikka teskari mutanosib ravishda o'zgaradi, ish mexanizmi validagi quvvat esa o'zgarimas, ya'ni  $P_s = \text{const}$  bo'ladi. Bunday tavsifga, masalan, tokarlik, frezer, yo'nish dastgohlari va elektr poyezdlari ega bo'lishi mumkin.

Ayrim mexanizmlarning qarshilik momentlari tezlikdan tashqari, boshqa parametrlar ta'sirida ham o'zgaradi. Masalan, kriovoshpshatun mexanizmlarining  $M_s$  momenti tezlik va burilish burchagiga bog'liq bo'lsa, elektrovozlarda esa tezlik va yo'l profiliga (yo'lining baland, pastligi, egriligi) bog'liq bo'ladi.

Bunday tavsiflarni analitik formulalar bilan ifodalash ancha murakkab bo'lganligi uchun ularning o'zgarish grafigi ham muayyan holda alohida keltiriladi.



4.4- rasm. Ish mexanizmlarining mexanik tavsiflari: 1 – tezlikka bog'liq bo'lmagan; 2 – tezlikka proporsional ravishda o'zgaradigan; 3 – tezlik ortishi bilan parabola singari egri chiziq bo'yicha ko'tariladigan va 4 – rasmdagi singari egri chiziq bo'yicha pasayib boruvchi mexanik tavsiflar.

## 4.6. Elektr yuritmaning turg'unligi

Elektr yuritmaning turg'un ishlashi uchun berilgan tezlikda aylantiruvchi moment qarshilik momentiga teng bo'lishi lozim. Qarshilik momentning o'zgarishi bilan bu tenglik buziladi. Bunda

elektr motori avtomatik ravishda o'z aylantiruvchi momenti qiymatini o'zgartirib, boshqa bir tezlikda yana turg'un holatga o'tib ishlay boshlaydi.

Elektr yuritmadan boshqa hamma yuritmalarda ham momentlarning muvozanatini tiklash uchun maxsus rostlagich ishlatiladi. Bu rostlagichlar suv, yoqilg'i va boshqa energiya manbalariga ta'sir etib, ya'ni ularni ko'paytirib yoki kamaytirib, aylantiruvchi moment bilan qarshilik momentini tenglashtiradi.

Elektr motorlarida bunday rostlagich vazifasini e.yu.k. bajaradi.

Ko'pincha  $M_g$  ning qiymati o'zgarib turadi. Bunda elektr motori momentlar muvozanatini avtomatik ravishda to'g'rilab turadi. Elektr motorning bunday xususiyati uning eng katta afzalliklaridan hisoblanadi. Elektr yuritma turg'unligi statik va dinamik bo'lishi mumkin. *Statik turg'unlikda* tezlik va momentlarni qiymati asta-sekin o'zgaradi. O'tkinchi rejim paytida saqlanadigan momentlar muvozanati *dinamik turg'unlik* deb ataladi. Yuqorida ko'rilgan turg'unlik – statik turg'unlikka kiradi.

Odatda, ish mexanizmining mexanik tavsifi berilgan bo'ladi.

Demak, berilgan mexanizmning mexanik tavsifida motor turg'un ishlashi uchun u shunga muvofiq mexanik tavsifga ega bo'lishi kerak. Buning uchun yuritmaga motor tanlanadi yoki mavjud motor zanjiridagi parametrlar hamda uning ulanish sxemalari o'zgartiriladi.

## 4.7. O'tkinchi jarayon vaqtini hisoblash usullari

O'tkinchi jarayonni analitik usul bilan hisoblash. O'tkinchi

rejim vaqtini aniqlash uchun harakat tenglamasidan  $dt = \frac{Jd\omega}{\pm M \pm M_g}$  ni topib, uni integrallash kerak. Bunda yuritmaning tezligi  $\omega_1$  dan  $\omega_2$  gacha o'zgarishiga ketgan vaqtni quyidagi ifodadan topiladi:

$$t_{1,2} = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{Jd\omega}{\pm M \pm M_g}. \quad (4.18)$$

Bu integralni yechish uchun aylantiruvchi va qarshilik momentlarining tezlikka ko'ra o'zgarishining analitik ifodasi ma'lum bo'lishi lozim.  $M = \text{const}$  va  $J = \text{const}$  deb qabul qilinganda, o'tkinchi davr vaqti quyidagicha aniqlanadi:

$$t_{1,2} = J \frac{\omega_2 - \omega_1}{\pm M \pm M_g} = \frac{GD^2(n_2 - n_1)}{375(\pm M \pm M_g)}, \quad (4.19)$$



bu yerda  $GD_2$  – yuritma sistemasining motor valiga keltirilgan siltash momenti;  $n_1$  va  $n_2$  – boshlang'ich va oxirgi tezliklari.

(4.19) ifodaga binoan motorlarni reostat bilan ishga tushirish, tormozlab va tormozlamay to'xtash vaqtlarini aniqlash mumkin bo'ladi.

Yuklamaga ko'ra, motor tezligining nominal qiymatini  $n_{sn}$  gacha ko'tarib, ishga tushirish uchun ketgan vaqt quyidagicha topiladi:

$$t_{ish} = \frac{GD^2 n_{sn}}{375(M_{o'r} - M_s)}, \quad (4.20)$$

bunda  $n_1 = 0$ ;  $n_2 = n_{sn}$ ,  $M_s = \text{const}$  deb qabul qilinadi;  $M_{o'r}$  – motorni ishga tushirish paytidagi o'rtacha aylantiruvchi moment.

4.5- rasmda ikki pog'onali reostat bilan ishga tushirilgan motorning o'tkinchi rejimi ko'rsatilgan. Unga binoan  $M_{o'r}$  qiymati taxminan quyidagicha aniqlanadi:

o'zgaras tok motorlari uchun

$$M_{o'r} \equiv \frac{M_{max} + M_{min}}{2}; \quad (4.21)$$

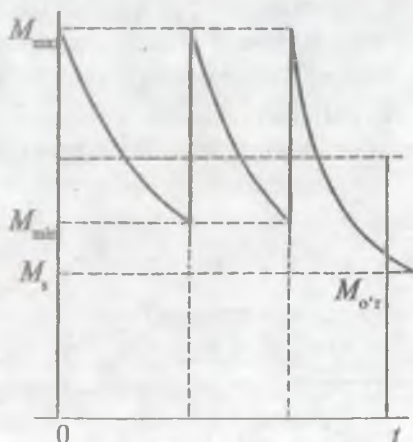
asinxron motorlar uchun

$$M_{o'r} \equiv \frac{M_b + M_{max}}{2}, \quad (4.22)$$

bunda  $M_b$  – motorni ishga tushirish paytidagi boshlang'ich moment qiymati.

Elektr yuritmani ishga tushirish vaqtini aniqroq topish uchun 4.18- ifodadan foydalaniladi. Bunda  $M$  va  $M_s$  larning  $n$  ga bog'lanish ifodasi ma'lum bo'lishi kerak. Sistemaning inersiya momenti esa ko'pincha o'zgaras qiymatga ega bo'ladi.

(4.18) formulaga binoan, motorni turg'un tezlikkacha aylantirib ishga tushirish vaqti cheksiz teng bo'ladi. Haqiqatan  $n_2 = n_{sn}$  ga tenglashganda  $M = M_s$  bo'lib,  $t_{ish} = \infty$  bo'ladi.



4.5- rasm. Ikki pog'onali reostat bilan ishga tushirilgan motorning o'tkinchi rejimi.

Bu ideal holga taalluqli bo'lib, unda, yuklama momentining salt ish rejimidagi  $M_0$  qismini kichik miqdor deb hisobga olinmagan. Haqiqatda esa  $M_0 > 0$  bo'ladi. Shunga ko'ra, o'tkinchi rejim jarayoni  $n_2 \equiv 0,95 n_{sn}$  da tugaydi deb ishga tushirish vaqti ( $t_{isht}$ ) topiladi. Elektr tarmog'idan ajratilgan motorning to'xtash vaqti (4.19) ga binoan quyidagicha aniqlanadi:

$$t_t = \frac{GD^2 n_{sn}}{375 M_s}, \quad (4.23)$$

bunda  $n_1 = n_{sn}$ ;  $n_2 = 0$ ;  $M = 0$  deb qabul qilinadi.

Agar tabiiy ishqalanishg ko'ra, elektr yuritmaning to'xtash vaqti uzayib, texnologik talabni qondirmasa, u holda elektr usuli bilan tormozlanadi. Bunda motorning aylantiruvchi momenti qarshilik momenti  $M_s$  tomon yo'nalgan bo'lishi kerak. Shunga ko'ra, elektr yuritmaning tormozlanib to'xtash vaqti quyidagicha aniqlanadi:

$$t_{et} = \frac{GD^2 n_{sn}}{375(M + M_s)}. \quad (4.24)$$

Agar aylantiruvchi moment bilan qarshilik momentlarining tezlikka ko'ra o'zgarishi analitik formulalar bilan ifodalangan bo'lsa, u holda o'tkinchi rejim vaqti analitik usulda (integrallash bilan) topiladi. Agar bunday bog'lanishlar analitik ifodalanmasa, u holda masalani grafik yoki grafoanalitik usullar bilan hal qilinadi.

Ko'pincha, mahsulot unumdorligini oshirish maqsadida ba'zi bir mexanizm yuritmalari (masalan, randalash, taqlidchi yuritmalari dastgohlarda) o'tkinchi davrlarini mumkin qadar kamaytirish lozim. Buning uchun uzatuvchi mexanizm uzatish sonining optimal qiymati aniqlanadi.

Shunga ko'ra, yuritmaning harakat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$iM - M_s = (J_s + kJ_m i^2) \frac{d\omega_s}{dt}, \quad (4.25)$$

bunda  $k$  — uzatma inersiya momentini hisobga oladigan koeffitsient.

(4.25) tenglamada aylantiruvchi moment va motor rotorining inersiya momenti qiymatlari ish mexanizmi valiga keltirilgandir.

Yuqoridagi ifodadan tezlanish qiymati quyidagiga teng:

$$\frac{d\omega_s}{dt} = \frac{iM - M_s}{J_s + kJ_m i^2}. \quad (4.26)$$

Agar (4.26) ifodadan tezlanishning eng katta qiymati topilsa u holda bu tezlanishda ishga tushirish jarayoni eng kam vaqtda o'tadi.

Shunga ko'ra, maksimum qiymatni topish qoidasiga binoan (4.26) ifodadan  $\frac{d\omega_s}{dt}$  ning hosilasini olib, uni nolga tenglash lozim. So'ngra bu ifodadan uzatish sonining quyidagi optimal qiymati olinadi:

$$i_{opt} = \frac{M_s}{M} + \sqrt{\frac{M_s}{M} + \frac{J_s}{kJ_m}}. \quad (4.27)$$

Agar ishga tushirish jarayonida  $M_s$  ning qiymati  $M$  ga nisbatan juda kichik, ya'ni  $\frac{M_s}{M} \equiv 0$  bo'lsa u holda  $i_{opt}$  qiymati ancha sodda bo'lgan quyidagi ifodadan aniqlanadi:

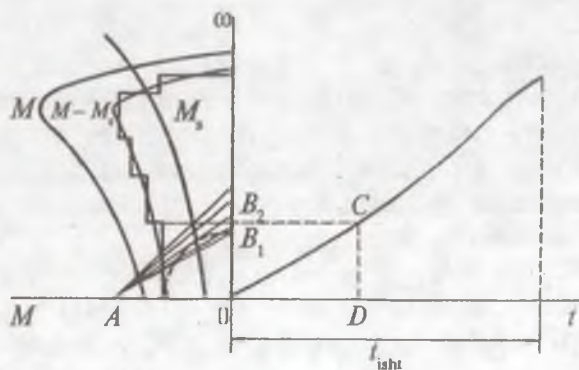
$$i_{opt} = \sqrt{\frac{J_s}{kJ_m}}. \quad (4.28)$$

**O'tkinchi jarayonlar vaqtini grafik usul bilan aniqlash.** Agar harakat tenglamasidagi miqdorlarning o'zgarish qonunlari murakkab bo'lib, analitik formulalar yordamida yechilmasa, grafik usuldan foydalaniladi.

Bunda tezlik va vaqtning cheksiz kichik, ya'ni  $d\omega$  va  $dt$  qiymatlari o'rniga kichik, lekin chekli  $\Delta t$  larni qo'yib, harakat tenglamasining ifodasi birmuncha o'zgartiriladi:

$$M - M_s = J \frac{\Delta\omega}{\Delta t}.$$

Bunda ma'lum  $\Delta t$  vaqt oralig'ida momentlar ayirmasi o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi deb qabul qilinadi. 4.6- rasmda qisqa tutash-tirilgan rotorli asinxron motor orqali harakatlantiriladigan ventilyatorning ishga tushirish vaqtini grafik usulda aniqlash ko'rsatilgan.



4.6- rasm. Motorni ishga tushirish vaqtini grafik usul bilan aniqlash.

Buning uchun harakat tenglamasidan quyidagi proporsiya tuziladi:

$$\frac{M - M_s}{J} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}. \quad (4.29)$$

Bu proporsiyaga binoan, grafik usul bilan motor va mexanizmining mexanik tavsiflari ayirmasi, ya'ni dinamik moment  $M_{\text{din}} = M - M_s$  quriladi. Bu dinamik moment egri chizig'i tezlikning ma'lum  $\Delta\omega$  o'zgarishi oralig'ida o'rtacha qiymati o'zgarmas bo'lgan qismlardan iborat pog'onali chiziqlar bilan almashtiriladi.

Qurilish aniqligi pog'onalar soniga bog'liq bo'lib, ularning soni ko'paysa, aniqlik ham ortadi. Har bir pog'onadagi dinamik moment miqdori ordinata o'qiga o'tkaziladi. Shunday qilib, birinchi pog'ona uchun ordinata o'qida  $OB_1$  kesma olinadi, ikkinchi pog'ona uchun esa  $OB_2$  va boshqa pog'onalar uchun ham shunday kesmalar olinadi. Ordinata o'qidagi  $B_1, B_2$  va h.k. nuqtalarni absissa o'qidagi  $A$  nuqta bilan birlashtiriladi. Bu grafikdagi  $OA$  kesma yuritma sistemasining inersiya momentiga mutanosib miqdor bo'lib, u ma'lum masshtabda olinadi.  $AB_1$  kesmaga parallel qilib  $OC$  chiziq o'tkaziladi. Bu  $OC$  chiziq birinchi pog'onaga tegishli bo'lgan  $\omega = f(t)$  egri chiziqni ifodalaydi. Haqiqatan  $AOB_1$  uchburchagi  $ODG$  uchburchakka

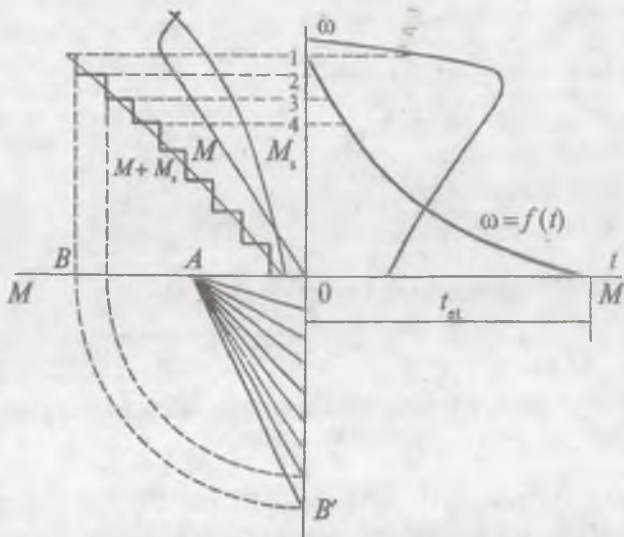
o'xshash bo'lgani uchun, undan  $\frac{OB_1}{OA} = \frac{CD}{OD}$  proporsiya tuzish mumkin. Bu yerda  $OB_1 = M_1 - M_s$ ;  $OA = J$  ga mutanosib miqdorlar bo'lib,  $CD = \Delta\omega_1$  ga teng. Demak, (4.29) ifodaga ko'ra,  $OD$  birinchi uchastkadagi ishga tushirish vaqtini, ya'ni  $OD = \Delta t_1$  ni ifodalaydi.

Shu kabi qurilishlardan so'ng, tezlikning o'tkinchi rejimi, ya'ni  $\omega = f(t)$  bog'lanish topilib, undan  $t_{\text{isht}}$  aniqlanadi. Bunda miqdorlar masshtabi uchun quyidagi proporsiyani tuzish mumkin:

$$\frac{m_M}{m_J} = \frac{m_\omega}{m_t},$$

bunda  $m_M, m_\omega, m_t$  — tegishli aylantiruvchi moment, burchak tezlik va vaqt masshtablari. Ularni berilgan deb, proporsiya orqali inersiya momenti  $J$  ning masshtabi  $m_J$  aniqlanadi va 4.6- rasm quriladi. 4.7- rasmda asinxron motorni elektrodinamik usuli bilan tormozlab to'xtatishdagi o'tkinchi rejim jarayoni  $\omega = f(t)$  ni grafik usulda qurish ko'rsatilgan.

Bunda  $\omega = f(M)$  va  $\omega = f(M_s)$  lar berilgan deb, ular orqali dinamik moment qiymati  $M_{\text{din}} = (M + M_s)$  aniqlanadi.  $M_{\text{din}} = f(\omega)$  egri chizig'i ham, yuqoridagi singari, tezlikning ma'lum  $\Delta\omega$  oralig'i-



4.7- rasm. Motorni tormozlab to'xtatish vaqtini grafik usul bilan aniqlash.

da o'rtacha qiymati o'zgarmas bo'lgan pog'onali chiziq bilan almashtiriladi va  $\omega_{sn}$  boshlang'ich tezlikka tegishli  $OB$  dinamik moment ordinata o'qiga o'tkaziladi. Natijada  $B'$  nuqta olinadi va uni  $A$  nuqta bilan birlashtiriladi. Bunda  $OA$  kesma masshtabda  $J$  inersiya momentini ifodalaydi.

Shunday qilib,  $1$  nuqtadan  $AB'$  chiziqqa parallel bo'lgan va  $2$  nuqtadan o'tgan chiziq bilan kesishguncha davom etgan chiziq o'tkaziladi. Natijada yuqoridagi singari  $\omega = f(t)$  olinadi, undan esa elektr tormozlash bilan motorning to'xtash vaqti  $t_{ct}$  topiladi.

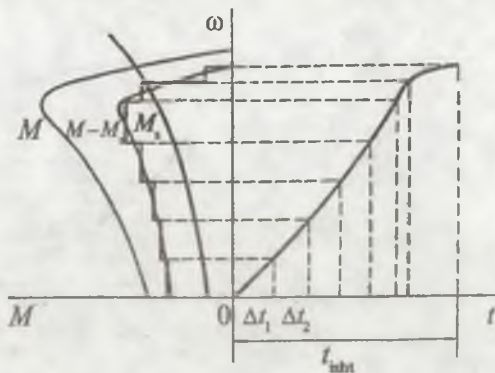
**O'tkinchi jarayonlar vaqtini grafoanalitik usul bilan yechish.**

4.8- rasmida yuzalar metodi deb ataladigan usul bilan motorni ishga tushirish vaqtini aniqlash ko'rsatilgan. Bunda harakat tenglamasining grafoanalitik integrali olinadi. Buning uchun yuqoridagi singari, dinamik moment egri chizig'i, ya'ni  $M_{din} = M - M_s = f(\omega)$  quriladi (4.8- rasm).

So'ngra ordinata o'qi bir xil  $\Delta\omega$  bo'laklarga bo'linadi. Shunga ko'ra, dinamik moment egri chizig'i ham  $\Delta\omega$  oralig'ida o'rtacha qiymati o'zgarmas bo'lgan qismlarga bo'linadi. Natijada har bir qism uchun alohida ifoda olinadi:

$$\Delta t = J \frac{\Delta\omega}{M - M_s}, \quad (4.30)$$

bunda  $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_n$  larni aniqlash mumkin.



4.8- rasm. Motorni ishga tushirish vaqtini grafoanalitik usulda aniqlash.

(4.30) ifodadagi  $\Delta\omega$  ning qiymati har bir qism uchun bir xil bo'lgani tufayli, yuritmani ishga tushirish vaqtining umumiy qiymati quyidagi ifodadan topiladi:

$$t = \sum_1^m \Delta t = J\Delta\omega \sum_1^m \frac{1}{M - M_s}, \quad (4.31)$$

bunda  $m$  – qismlar soni;  $\Delta\omega = \text{const}$  – har bir qismdagi tezlikning o'zgarish qiymati;  $M - M_s$  – har bir qismdagi dinamik momentning qiymati.

#### 4.8.

### Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarish tok motorini ishga tushirish jarayonidagi mexanik o'tkinchi rejim

Ko'pgina hollarda, yuritma sistemasidagi o'tkinchi rejimni tekshirish uchun uning mexanik inersiyasiga hisobga olinadi. Mexanik inersiya esa sistemaning  $GD^2$ ,  $M_s$  larning o'zgarish tavsifi motorning elektromexanik xususiyatlari va uning mexanik tavsiflarining qiyaligi bilan aniqlanadi.

Bunda motor chulg'amlaridagi induktivlik tufayli hosil bo'ladigan elektromagnit inersiya hisobga olinmaydi (u mexanik inersiyaga nisbatan kam foizni tashkil qilgani uchun, nolga teng deb qabul qilinadi).

4.9- rasmda mustaqil qo'zg'atishli motorni rubilnik yordamida ishga tushirish sxemasi ko'rsatilgan.

Motorni ishga tushirish jarayonida yakor zanjiridagi qarshilik qiymati o'zgarish bo'ladi, ya'ni  $R = R_{ya} + R_1 = \text{const}$  deb qabul

qilinadi. Bundan tashqari, motorning magnit oqimi  $\Phi$ , elektr tarmog'idagi kuchlanish  $U$  va qarshilik momenti  $M_s$  lar o'zgarmas deb, yakor chulg'a-mining induktivligi  $L_{ya}$  esa nolga teng deb qabul qilinadi.

Bunda yuritmani ishga tushirish jarayoni uchun quyidagi elektr va mexanik muvozanat tenglamalarini tuzish mumkin:

$$U = C_e \omega + i_{ya} R. \quad (4.32)$$

$$M = C_m i_{ya} = J \frac{d\omega}{dt} + M_s. \quad (4.33)$$

Agar elektromagnit inersiya hisobga olinsa, ya'ni  $L_{ya} = \text{const}$  deb qabul qilinsa, u holda (4.32) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$U = C_e \omega + i_{ya} R + L_{ya} \frac{di_{ya}}{dt}. \quad (4.34)$$

(4.33) dan  $i_{ya}$  ni topib, uni (4.32) ga qo'yiladi, so'ngra tenglamaning chap va o'ng tomonlarini  $C_e$  ga bo'lib, quyidagi ifoda olinadi:

$$\frac{U}{C_e} = \omega + \frac{JRd\omega}{C_e C_m dt} + \frac{M_s R}{C_e C_m}$$

yoki

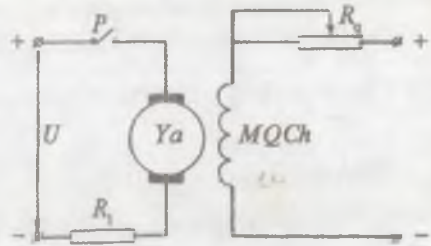
$$\omega_0 = \omega + T_m \frac{d\omega}{dt} + \Delta\omega_s, \quad (4.35)$$

bunda  $\omega_0 = \frac{U}{C_e}$  ideal salt ish rejimidagi burchak tezlik;  $\Delta\omega_s = \frac{M_s R}{C_e C_m}$  yuklama tufayli motor tezligining pasayishi (4.10- rasm);

$T_m = \frac{JR}{C_e C_m}$  - elektromexanik vaqt doimiysi. Bunda  $T_m$  ning o'lchov birligi vaqtniki singari bo'lgani uchun uni vaqt doimiysi deb ataladi.

$$\text{Agar } J \text{ [Nm} \cdot \text{s}^2\text{]}, R \text{ [Om]} \text{ va } C_e = \frac{U}{\omega_0} \left[ \frac{\text{V}}{\frac{1}{\text{s}}} \right], C_m = \frac{M}{I} \left[ \frac{\text{Nm}}{\text{a}} \right]$$

bo'lsa, u holda  $T_m = \frac{JR}{C_e C_m}$  [s] - vaqt o'lchov birligiga ega bo'ladi.



4.9- rasm. Mustaqil qo'zg'atishli motorni ishga tushirish sxemasi.

Agar moment bilan tok orasidagi proporsionallik har doim saqlanib turadi deb qabul qilinsa, u holda ishga tushirishning boshlang'ich paytida  $C_m = \frac{M}{I_q}$  bo'ladi. Demak, elektromexanik

vaqt doimiysini quyidagicha ifodalash ham mumkin:  $T_m = \frac{J\omega_0}{M_k}$ .

Inersiya momentiga teng bo'lgan tinch holatdagi yuklamasiz yuritmaning o'zgarish moment  $M_q$  ta'sirida ideal tezlik  $\omega_0$  gacha aylantirish uchun ketgan davr vaqt doimiysi deb ataladi va  $T_m$  bilan belgilanadi. Shuni aytib o'tish kerakki, yakor zanjirining qarshiligi ortishi bilan  $M_q$  ning qiymati kamayadi, demak vaqt doimiysining qiymati ortadi. Lekin  $T_m$  ning qiymati yuklamaga bog'liq bo'lmaydi.

(4.35) tenglamani yechish uchun uni quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega}{T_m} = \frac{\omega_0 - \Delta\omega_s}{T_m}.$$

Bu tenglamani burchak tezlikka ko'ra yechilsa, quyidagi ifoda olinadi:

$$\omega = \omega_0 - \Delta\omega_s + Ae^{-\frac{t}{T_m}}, \quad (4.36)$$

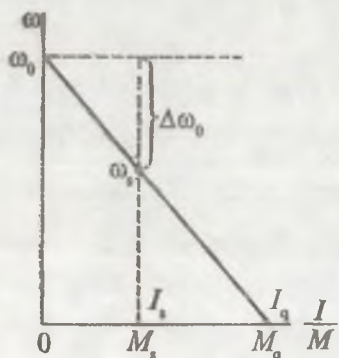
bunda  $A$  — o'tkinchi rejimning boshlang'ich sharoitiga ko'ra aniqlanadigan integrallash doimiysi. Masalan,  $t=0$  bo'lganda tezlik o'zining boshlang'ich qiymatiga, ya'ni  $\omega = \omega_0$  ga teng bo'ladi. Bunda integrallash doimiysi  $\omega_0 - (\omega_0 - \Delta\omega_s) = \omega_0 - \omega_s$  ga teng bo'ladi. Bunda:  $\omega_s$  — motorning yuklamasi  $M_s$  ga tegishli turg'un tezligi (4.10- rasm).

Demak, motorni ishga tushirish paytida uning aylanish tezligi quyidagi qonunga ko'ra o'zgarar ekan (umumiy holda):

$$\omega = \omega_s + (\omega_0 - \omega_s)e^{-\frac{t}{T_m}}. \quad (4.37)$$

Xususan, agar motorni qo'zg'almas holatdan boshlab ishga tushirilsa, u holda tezlikning o'tkinchi rejim tenglamasi yana ham soddalashadi:

$$\omega = \omega_s \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_m}} \right). \quad (4.38)$$



4.10- rasm. Motoring reostatli tavsifi.



Agar motor ideal salt ish rejimida ishga tushirilsa, u holda tezlikning turg'un qiymati  $\omega_0$  bo'lib, uning o'tkinchi rejim tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\omega = \omega_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_m}} \right). \quad (4.39)$$

Agar burchak tezlik aylanish tezligi bilan almashtirilsa, quyidagi tenglamalar olinadi:

$$n = n_s + (n_0 - n_s) e^{-\frac{t}{T_m}}, \quad (4.37')$$

$$n = n_s \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_m}} \right), \quad (4.38')$$

$$n = n_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_m}} \right), \quad (4.39')$$

bunda  $T_m$  ning qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$T_m = \frac{GD^2 R}{375 C_e C_m} = \frac{GD^2 n_0}{375 M_q}.$$

4.11- rasmda (4.38) va (4.39) formulalarga ko'ra tezlikning vaqtga bog'liqligini ifodalovchi egri chiziq (1 va 2) lar ko'rsatilgan.

Tezlikning yuqoridagi tenglamalariga ko'ra, ishga tushirish jarayoni cheksiz katta vaqtda tugaydi.

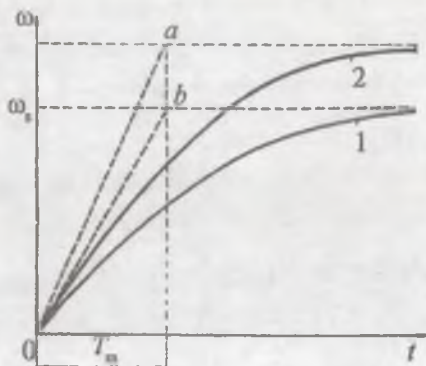
Ammo, amalda bu jarayon  $M_0 > 0$  bo'lgani uchun  $t = (3 \div 5) T_m$  da tugaydi. Bu paytda tezlik  $\omega$  o'zining turg'un  $\omega_s$  qiymatidan faqat  $2 \div 5\%$  kam bo'ladi. Haqiqatan (4.38) tenglamaga binoan quyidagilarni olish mumkin:

$$t = \infty \text{ bo'lganda } e^{-\frac{t}{T_m}} = 0 \text{ va } \omega = \omega_s,$$

$$t = 3 T_m \text{ bo'lganda } e^{-3} \cong 0,05 \text{ va } \omega \cong 0,95 \omega_s,$$

$$t = 4 T_m \text{ bo'lganda } e^{-4} \cong 0,02 \text{ va } \omega \cong 0,98 \omega_s \text{ bo'ladi.}$$

Agar motorning ishga tushirish momenti  $M$  uning qisqa tuta-shish rejimidagi moment  $M_q$  ga teng va  $M = M_q = \text{const}$  bo'lsa, u holda yuklamasiz tezlik  $oa$ , yuklamalisi esa  $ob$  to'g'ri chiziqlari bo'yicha o'zgaragan bo'lar edi (4.11- rasm).



4.11- rasm. Ishga tushirish jarayonida mustaqil qo'zg'atishli motor tezligining o'zgarishi:  
1 – o'zgarmas yuklama va 2 – salt ish rejimi bilan ishga tushirilgan motor tezligining o'zgarishi.

Demak, 1 va 2 egri chiziq'larga koordinata boshidan  $oa$  va  $ob$  urinmalar o'tkazilsa, u holda  $\omega_0 a = \omega_s b$  kesmalar ma'lum masshtabda vaqt doimiysini ifodalaydi. Ishga tushirish (o'tkinchi rejim) paytida motor tokining o'zgarish qonuni (4.33) tenglamadan aniqlanadi:

$$i_{yn} = J \frac{d\omega}{C_m dt} + I_s, \quad (4.40)$$

bunda  $I_s = \frac{M_s}{C_m}$  — yuklama toki.

(4.36) tenglamadan vaqtga nisbatan hosila olib, quyidagini

aniqlaymiz: 
$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{A}{T_m} e^{-\frac{t}{T_m}}.$$

Bu hosila qiymatini yuqoridagi tenglama (4.40) ga qo'yib, yakor tokining ishga tushirish jarayonidagi o'zgarish qonuni topiladi:

$$i_{yn} = -\frac{J}{C_m} \cdot \frac{A}{T_m} e^{-\frac{t}{T_m}} + I_s. \quad (4.41)$$

Agar bu jarayonning boshlanishida ( $t=0$ )  $i_{yn} = I_b$  bo'lsa, u holda integrallash doimiysi  $A = \frac{C_m T_m}{J} (I_b - I_s)$  bo'ladi. Integrallash doimiysini (4.41) ga qo'yib, tokning o'zgarish qonunini ifodalaydigan quyidagi

$$i_{yn} = I_s + (I_b - I_s) e^{-\frac{t}{T_m}} \quad (4.42)$$

tenglama olinadi. Tokning boshlang'ich qiymati quyidagicha

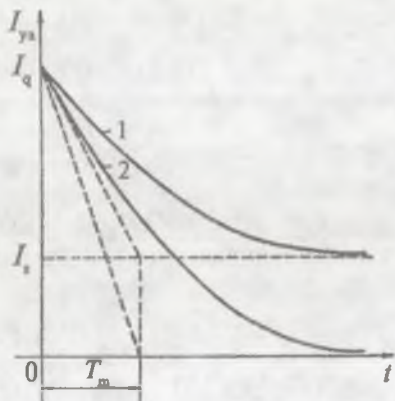
topiladi: 
$$I_b = \frac{U - E}{R}.$$

Xususiyl holda, agar motor qo'zg'almas holatdan ishga tushirilsa, u holda  $E=0$  bo'lib,  $I_b = I = \frac{U}{R}$  ga teng bo'ladi. Shunga ko'ra

$$i_{yn} = (I - I_s) e^{-\frac{t}{T_m}} + I_s. \quad (4.43)$$

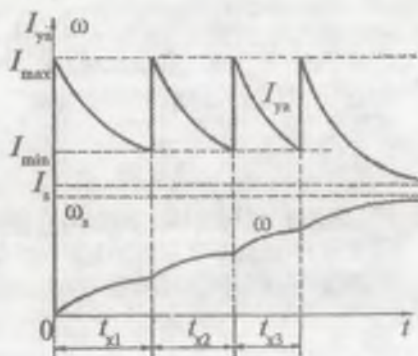
Agar motor yuklamasiz ishga tushirilsa, ya'ni  $I_s = 0$  bo'lsa,  $i_{yn}$  ning ifodasi yana soddalashadi:

$$I e^{-\frac{t}{T_m}}. \quad (4.44)$$



4.12- rasm. Mustaqil qo'zg'atishli motorni ishga tushirish jarayonida tokning o'zgarishi:

1 - o'zgarmas yuklama bilan va  
2 - salt ish rejimida ishga tushirilgan motor tokining o'zgarishi.



4.13- rasm. Uch pog'onali reostat bilan ishga tushirilgan mustaqil qo'zg'atishli motor toki va tezligining o'zgarishi.

4.12- rasmda (4.43) va (4.44) formulalarga ko'ra, motorni ishga tushirish davridagi tok o'zgarishini ko'rsatuvchi egri chiziq (1 va 2) lar ko'rsatilgan.

Demak, agar motorning mexanik tavsiflari to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgarsa va undagi yuklama qiymati o'zgarmas, ya'ni  $M_s = \text{const}$  bo'lsa,  $\omega = f(t)$  va  $i = f(t)$  bog'lanishlar 4.11 va 4.12- rasmda ko'rsatilgandek oddiy eksponensial bog'lanish bilan ifodalanadi. Agar motor ko'p pog'onali reostat orqali ishga tushirilsa, u holda o'tkinchi rejim davrini aniqlash uchun (4.42) formuladan foydalanish qulayroq bo'ladi. 4.13- rasmda mustaqil qo'zg'atishli motorni reostat orqali ishga tushirishdagi tok va tezlikning (4.41) va (4.37) ifodalarga binoan o'zgarishi ko'rsatilgan. Bunda boshlang'ich tokning qiymati maksimal qiymatiga teng bo'lib, ya'ni  $I_b = I_{\text{max}}$  tezlikning ortishi bilan uning qiymati kamaya boradi. Tokning qiymati  $I = I_{\text{min}}$  ga teng bo'lganda qarshilikning birinchi pog'onasi shuntlanib, tokning qiymati yana  $I_{\text{max}}$  gacha ko'tariladi va h.k.

Motor tokining maksimaldan minimal qiymatigacha kamayishiga ketgan vaqtni aniqlash uchun ham (4.42) formuladan foydalaniladi. Bunda u quyidagicha ifodalanadi:

$$I_{\text{min}} = I_s + (I_{\text{max}} - I_s)e^{-\frac{t_x}{T_{\text{max}}}}, \quad (4.45)$$

bunda  $t_x$  — reostatning ma'lum pog'ona qarshiligida motor tokining  $I_{\max}$  dan  $I_{\min}$  gacha o'zgarish vaqti;  $T_{\max}$  — shu pog'onadagi vaqt doimiysi. (4.45) formuladan  $t_x$  quyidagicha aniqlanadi:

$$t_x = T_{\max} \ln \frac{I_{\max} - I_s}{I_{\min} - I_s}. \quad (4.46)$$

Agar ishga tushirish jarayonida  $I_s = \text{const}$  bo'lsa, u holda (4.45) ifodaning logarifm ostidagi soni ham o'zgarmas bo'lib, uni ancha soddalashtirish mumkin:

$$t_x = kT_{\max}. \quad (4.47)$$

Ma'lumki, motor tezligining ortishi bilan yakor zanjiridagi tashqi qarshilik pog'onalarini undan ketma-ket chiqarish kerak bo'ladi. Shunga ko'ra, tezlik ortishi bilan har bir pog'onaga tegishli

$T_{\max} = \frac{JR}{C_e C_m}$  va, demak,  $t_x$  qiymatlar kamaya boradi, ya'ni  $t_{x1} > t_{x2} > t_{x3}$  (4.13- rasm).

Oxirgi pog'ona qarshiligi zanjirdan chiqarilish bilan tezlik turg'un qiymatga ko'tarilguncha o'tgan vaqt formulaga binoan cheksiz bo'ladi, ammo bunda ham yuqoridagi singari  $t = (3 \div 5) T_m$  deb qabul qilinadi. Motorni tormozlab to'xtatish jarayonida ham o'tkinchi rejim tenglamalari  $\omega = f(t)$  va  $i_{ya} = f(t)$  yuqoridagi singari elektr va mexanik muvozanat tenglamalarini yechib topiladi.

Bunda boshlang'ich davr shart-sharoitlari boshqacha bo'lgani uchun, integrallash doimiysi ham o'zgacha bo'ladi.

49.

### Mustaqil qo'zg'atishli motorning o'tkinchi rejimlari energetikasi

Elektr tarmoqdan iste'mol qilinadigan va motor vali orqali beriladigan quvvat quyidagilarga sarflanadi:

1) yuklama uchun:  $P_s = M_s \omega$  (W);

2) yuritmaning aylanuvchan qismlarida kinetik energiya zahirasini hosil qilish uchun, ya'ni dinamik quvvat uchun

$$P_{\text{din}} = M_{\max} \omega = J \frac{d\omega}{dt} \omega \quad (\text{W});$$

3) motorda isrof bo'lgan quvvat ikki qismdan iborat: motordagi ishqalanishlarda isrof bo'lgan quvvat yuklama quvvatiga kiritiladi (hisoblashlarda). Demak, motorda yo'qolgan quvvat, asosan, yakor zanjirida yo'qolgan  $i_{ya}^2 R$  quvvat bilan aniqlanadi.

Motorni ishga tushirishda yakor zanjirida yo'qolgan energiya quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta A_{\text{isht}} = \int_0^{t_{\text{isht}}} i_{\text{ya}}^2 R dt. \quad (4.48)$$

Bundan:

$$i_{\text{ya}}^2 R = U i_{\text{ya}} - E i_{\text{ya}} = M \omega_0 - M \omega, \quad (4.49)$$

bunda  $U i_{\text{ya}}$  – elektr tarmog'idan olinayotgan quvvat;  $E i_{\text{ya}}$  – motor yakorini aylantirish uchun sarflanadigan quvvat. Agar motor yuklamasiz ishga tushirilsa, ya'ni  $M_s = 0$  bo'lsa, u holda quyidagilarni aniqlash mumkin:

$$M = J \frac{d\omega}{dt} \quad \text{va} \quad dt = J \frac{d\omega}{M}. \quad (4.50)$$

Bu ifodalarni (4.48) ga qo'yib quyidagi olinadi:

$$\Delta A_{\text{isht}} = \int_0^{t_{\text{isht}}} M(\omega_0 - \omega) J \frac{d\omega}{M} = \int_0^{t_{\text{isht}}} (\omega_0 - \omega) J d\omega.$$

Agar motor  $\omega_1 = \omega_b$  dan  $\omega_2 = \omega_{\text{oxirgi}}$  tezlikkacha aylantirilsa, u holda

$$\Delta A_{\text{isht}} = \int_{\omega_b}^{\omega_{\text{oxirgi}}} J(\omega_0 - \omega) d\omega$$

bo'ladi.

Xususan,  $\omega_b = 0$  bo'lib,  $\omega_{\text{oxirgi}} = \omega_0$  bo'lsa, u holda quyidagi ifoda olinadi:

$$\Delta A_{\text{isht}} = \frac{J\omega_0^2}{2} [J]. \quad (4.51)$$

Shunday qilib, motorni ishga tushirishda isrof bo'lgan energiya qiymati kinetik energiya zahirasi qiymatiga teng bo'ladi. Motoring ishga tushirish paytida bajargan ishi ham kinetik energiya zahirasi bilan aniqlanadi.

#### 4.10. Asinxron motorlarning o'tkinchi rejimlari

Asinxron motorlarning o'tkinchi rejimlarida elektromagnit inersiya mexanik inersiyaga nisbatan anchagina kichik qiymatga ega bo'lgani uchun uni hisobga olinmaydi.

Agar motorni ishga tushirishda  $M_s = 0$  va elektr tarmoqdagi kuchlanish o'zgarmas bo'lsa, u holda yuritmaning harakat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{2M_{\max}}{\frac{S_{kr} + S}{S} \cdot \frac{S}{S_{kr}}} = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (4.52)$$

bunda  $\omega = \omega_0(1 - S)$  va, demak,  $\frac{d\omega}{dt} = -\omega_0 \frac{dS}{dt}$  bo'lib, (4.52) tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{2M_{\max}}{\frac{S_{kr} + S}{S} \cdot \frac{S}{S_{kr}}} = -J\omega_0 \frac{dS}{dt},$$

$$dt = -\frac{J\omega_0}{2M_{\max}} \left( \frac{S_{kr} + S}{S} + \frac{S}{S_{kr}} \right) dS$$

yoki

$$dt = -\frac{T_m}{2} \left( \frac{S_{kr}}{S} + \frac{S}{S_{kr}} \right) dS, \quad (4.53)$$

bunda  $T_m = \frac{J\omega_0}{M_{\max}}$  elektromexanik vaqt doimiysi. Bunda  $T_m$  deb  $J$  inersiya momentiga ega bo'lgan yuritmaning maksimal qiymatli o'zgarmas moment bilan  $\omega_0$  sinxron tezlikkacha aylantirish uchun ketgan vaqtga aytiladi. (4.53) ifodani integrallab motorni ishga tushirish vaqti aniqlanadi, ya'ni

$$t_{\text{isht}} = \frac{T_m}{2} \int_{S_{\text{oxlagi}}}^{S_b} \left( \frac{S_{kr}}{S} + \frac{S}{S_{kr}} \right) dS, \quad (4.54)$$

Qo'zg'almas holat, ya'ni  $S = 1$  da ishga tushirish uchun ketgan vaqt quyidagicha topiladi:

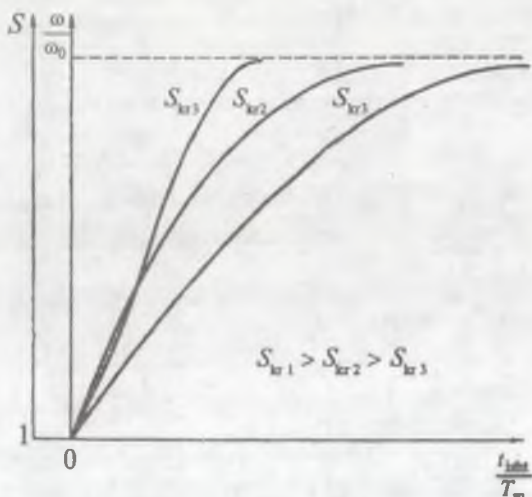
$$t_{\text{isht}} = \frac{T_m}{2} \left( \frac{1-S^2}{2S_{kr}} + S_{kr} \ln \frac{1}{S} \right). \quad (4.55)$$

Agar  $S = 0$  deb qabul qilinsa, u holda  $t_{\text{isht}} = \infty$  bo'ladi.

Amalda sirpanish qiymati o'zining turg'un miqdoridan bir oz, ya'ni 0,05 ga kichik bo'lganda motorni ishga tushirish jarayoni tugaydi, deb qabul qilinadi.

Bunda motorni ishga tushirish vaqti quyidagicha aniqlanadi:

$$t_{\text{isht}} = \frac{T_m}{2} \left( \frac{1-0,05^2}{2S_{kr}} + S_{kr} \ln \frac{1}{0,05} \right).$$



4.14- rasm. Kritik sirpanishi turlicha bo'lgan asinxron motorlarni ishga tushirish jarayonlari.

Bunda 0,05 ni kichik deb hisobga olinmasa, quyidagi ifodani olish mumkin:

$$\frac{t_{\text{isht}}}{T_m} = \frac{1}{4S_{kr}} + 1,5S_{kr}. \quad (4.56)$$

Shunday qilib, ishga tushirish vaqtining nisbiy qiymati sirpanishning kritik qiymatiga bog'liq bo'ladi (4.14- rasm). Yuritmani ishga tushirish va tormozlash vaqtidagi quvvat isrofi o'zgarmas tok yuritmalariniki singari bo'ladi.

#### 4.11.

### Elektr yuritmaning o'tkinchi rejimlaridagi quvvat isrofini kamaytirish yo'llari

Yuqoridagi formulalarga ko'ra o'zgarmas va o'zgaruvchan tok motorlarining o'tkinchi rejimlaridagi quvvat isrofini kamaytirish uchun, dastlab yuritmaning inersiya momentini kamaytirish kerak.

Buning uchun, ayrim hollarda bitta motorni yarim quvvatli ikkita motor bilan almashtirish tavsiya qilinadi. Bunda motorlar rotorlarining diametri qisqarib, ularning umumiy og'irligi ko'paysa ham, umumiy siltanish momenti  $GD^2$  yoki inersiya momenti  $J$  kamayadi. Bundan tashqari, rotori uzunlashtirilgan (ya'ni diametri qisqartirilgan) maxsus motorlarni qo'llab, siltash momentini kamaytirish mumkin.

Ishga tushirishdagi quvvat isrofini kamaytirish uchun motor yakoriga beriladigan kuchlanishni pog'onalab asta-sekin ko'paytirish tavsiya qilinadi.  $G-M$  sistemasida yakor zanjiriga kiritilgan  $R_k = 0$  bo'lgani uchun  $\Delta p$  qiymati kichik bo'ladi.

4.12.

### Elektr yuritmaning o'tkinchi jarayonlarini modellashtirish yo'li bilan aniqlash

Elektr yuritmaning o'tkinchi jarayonlarini tekshirish, ularning boshqarish yo'llarini aniqlash uchun, yuqorida ko'rilgan usullardan foydalanish, doimo qoniqarli natijalar bera olmaydi.

Shuning uchun hozirgi paytda murakkab elektr yuritmalarda sodir bo'ladigan o'tkinchi jarayonlarni ularning modellarida tekshirish va o'rganish keng qo'llanilmoqda.

Elektr yuritmalar modelini fizika yoki matematika asosida yaratish mumkin. Fizik model yaratish uchun elektr yuritma tashkil qiladigan elementlarning quvvati va gabaritini, ko'pincha, kich-raytirib, ayrim hollarda esa kattalashtirib olinadi.

Yuritma modelidagi elementlar parametrlarining o'zaro nisbati haqiqiyning singari bo'lishi kerak. Shunday qilib, fizik modeldagi hamma jarayonlarning fizik xususiyatlari haqiqiyning singari bo'ladi. Bunday model ishini tekshirish natijasida matematik yo'l bilan hisobga olish mumkin bo'lmagan ba'zi bir ikkinchi darajali hodisalar ta'siri ham aniqlanishi mumkin.

Fizik modelning eng muhim tomonlari shundaki, u orqali haqiqiy qurilmaning turg'un va o'tkinchi jarayon rejimlarini, amalda har tomonlama tekshirish, uni sozlash, kamchiliklarini tuzatish, nozik joylarini bilib olish, uni boshqarish mashqini yaxshilab o'rganish mumkin. Bunday tekshirishlarning haqiqiy qurilmada o'tkazilmasligi, modelda aniqlangan kamchiliklarni o'z vaqtida, ya'ni oldindan yo'qotish imkoniyati juda katta iqtisodiy va texnik ahamiyatga ega bo'lgan masalalardan hisoblanadi.

Ammo yuritma modelini yaratishda ham birmuncha qiyinchiliklarni bartaraf qilishga to'g'ri keladi. Masalan, katta quvvatli o'zgarmas tok motori o'rniga nisbatan ancha kichik bo'lgan motor modelini yaratish kerak. Bunda modelning yakor qarshiligi haqiqiylikiga nisbatan ancha katta, qo'zg'atish chulg'ami induktivligi  $L_q$

va, demak, elektromagnit vaqt doimiysi  $T_e = \frac{L_q}{R_k}$  esa ancha kichik bo'ladi.



Model mashinaning yakor qarshiligini birmuncha kamaytirish uchun quvvati talabga nisbatan kattaroq bo'lgan mashina tanlanadi. Bunda model mashinasidan tok bo'yicha to'la foydalanilmaydi.

Qo'zg'atish chulg'ami induktivligini (masalan,  $G-M$  sistemasi-dagi generator qo'zg'atish chulg'ami induktivligini o'zgartirishda) birmuncha ko'paytirish kerak bo'lsa, u holda qo'zg'atish zanjiriga qo'shimcha induktivlik yoki maxsus elektr mashina qurilmalari yordamida qo'shimcha o'zinduksiya e.y.k. ni kiritish tavsiya qilinadi.

Modelda kerakli bo'lgan inersiya momentini hosil qilish uchun motorda yuklama vazifasini o'tovchi generator gabaritini talabga binoan tanlash yoki uning valiga qo'shimcha maxovik o'rnatish kerak.

Matematik model yaratish uchun model tuzilishi shunday elementlardan iborat bo'lishi kerakki, ulardagi jarayon haqiqiy jarayonni ifodalovchi matematik tenglamalar asosida o'tishi kerak. Ammo bu usulda uyurma tok, yakor reaksiyasi kabi matematik tenglamalar orqali ifodalab bo'lmaydigan hodisalar ta'sirini matematik model orqali hisobga olish mumkin bo'lmaydi.

Ko'pincha matematik model  $R$ ,  $L$  va  $C$  elementlardan tashkil topgan elektr zanjiri sxemalaridan iborat bo'ladi.

Haqiqatan, mustaqil qo'zg'atishli motor toki va uning tezligini ( $M_s = 0$  bo'lganda) ishga tushirish paytidagi o'zgarish qonunlari (mexanik va elektromagnit inersiyalarini hisobga olganda)  $R$ ,  $L$  va  $C$  dan iborat elektr zanjiridagi o'tkinchi rejimga o'xshash bo'lib, ularni bir xil tipdagi quyidagi matematik tenglamalar bilan ifodalash mumkin:

$$\frac{d^2 i_{ya}}{dt^2} + \frac{di_{ya}}{T_c dt} + \frac{i_{ya}}{T_m T_c} = 0;$$

$$\frac{d^2 \omega}{dt^2} + \frac{d\omega}{T_c dt} + \frac{\omega}{T_m T_c} = 0.$$

Motor toki va tezligining matematik ifodasi bo'lgan bu tenglamalarni yuqoridagi (4.34) va (4.33) tenglamalar sistemasini birgalikda yechish yo'li bilan topish mumkin. Bu yerda  $T_c = \frac{L_{ya}}{R_{ya}}$  elektromagnit vaqt doimiysi.

$R$ ,  $L$  va  $S$  elementlardan iborat zanjirni kuchlanishi o'zgarmas ( $U = \text{const}$ ) elektr tarmog'iga ulanganida hosil bo'lgan tokning o'zgarish qonuni ham yuqoridagi tenglama singari ifodalanadi, ya'ni

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{di}{T_1 dt} + \frac{i}{T_1 T_2} = 0,$$

bunda  $T_1 = \frac{L}{R}$ ;  $T_2 = RC$  — vaqt doimiylari.

Yuqorida keltirilgan tenglamalarni solishtirish natijasida quyidagi xulosaga kelish mumkin: yuritmaning inersiya momentiga ekvivalent miqdor sifatida  $C_e$  sig'im qabul qilinadi. Demak,

$C_e = \frac{J}{C_e C_m}$  bo'ladi. Hozirgi paytda yuqori darajali differensial tenglamalardan iborat murakkab masalalarni ham tez va katta aniqlik bilan elektron hisoblash mashinalarida yechilmoqda.

Elektr yuritmadagi hodisalarni tekshirish uchun esa, ko'pincha, analog deb ataluvchi elektron hisoblash mashinalari qo'llaniladi. Bunda haqiqiy yuritmaning ba'zi zanjirlarini bu mashinadagi kerakli qismlarga ulab, ulardagi o'tkinchi jarayonlarni bevosita o'rganish va, natijada, korrektorlovchi elementlarning ulanish joylarini aniqlash kabi masalalarni yechish ham mumkin.

Analog mashinalari  $R$ ,  $C$  elementlari va kuchaytirgichlardan tashkil topgan matematik modellardan iborat.

**4.1- masala.** 4.3- rasmda ko'rsatilgan yuk ko'targichdagi motorning quvvatini, uning valiga keltirilgan inersiya va qarshilik moment-

larini aniqlang. Berilgan:  $G = 500$  kg — yukning og'irligi;  $v = 1,5 \frac{m}{s}$  —

yukni ko'tarishdagi chiziqli tezlik;  $n = 980 \frac{ayl}{min}$  — motorning aylani-

nish tezligi;  $D_b = 0,4$  m — baraban diametri;  $J = 0,2$  kg m s<sup>2</sup> — barabanning inersiya momenti;  $\eta = 0,8$  — chig'ir mexanizmining foydali ish koeffitsienti. Bunda po'lat arqon massasi bilan reduktorning inersiya momenti kichik bo'lgani uchun ularni hisobga olmaymiz.

**Yechish.** Yukni ko'tarishda motor validagi qarshilik momenti:

$$M_s = \frac{Gv}{\omega_m \eta} = \frac{500 \cdot 1,5 \cdot 30}{3,14 \cdot 980 \cdot 0,8} = 9,15 \text{ kGm},$$

bunda

$$\omega_m = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 980}{30}$$

Yukni ko'tarishda motordagi quvvat

$$P = \frac{Gv}{102\eta} = \frac{M_s n_m}{975} = \frac{500 \cdot 1,5}{102 \cdot 0,8} = \frac{9,15 \cdot 980}{975} = 9,21 \text{ kW}.$$

Motor valiga keltirilgan yuk massasidan aniqlanadigan inersiya momenti:

$$J_{\text{yuk}} = m \left( \frac{v}{\omega_m} \right)^2 = \frac{G}{g} \left( \frac{v}{\omega_m} \right)^2 = \frac{500}{9,81} \left( \frac{1,5 \cdot 30}{3,14 \cdot 980} \right)^2 = 0,0108 \text{ kGm} \cdot \text{s}^2.$$

Barabanning aylanish tezligi

$$n_b = \frac{K_p v \cdot 60}{\pi D_b} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,4} = 143 \frac{\text{ayl}}{\text{min}},$$

bunda  $K_p$  – polispast koeffitsienti. Bu koeffitsient yuk ko'targich qurilmalarda roliklar sistemasi qo'llanilganda e'tiborga olinishi lozim bo'lgan koeffitsientdir.

Baraban inersiya momentining motor valiga keltirilgan qiymati:

$$J'_b = J_b \left( \frac{n_b}{n_m} \right)^2 = 0,2 \left( \frac{143}{980} \right)^2 = 0,00425 \text{ kGm} \cdot \text{s}^2.$$

Yukli chig'irning motor valiga keltirilgan inersiya momenti

$$J'_1 = J'_{\text{yuk}} + J'_b = 0,0108 + 0,00425 = 0,01505 \text{ kGm} \cdot \text{s}^2.$$

**4.2- masala.**  $v = 0,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  o'zgarmas tezlik bilan chig'ir orqali yukni ko'tarish va tushirish uchun talab qilinadigan motor quvvatini va  $0,5 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan yukni ko'tarish va tushirishda motorning ishga tushirish momentlarini aniqlang.

Motor valiga keltirilgan yukni ko'tarishdagi qarshilik momenti  $M_s = 42 \text{ kGm}$ , tushirishda esa qarshilik momenti aktiv bo'lib, uning qiymati  $M_s = 34 \text{ kGm}$ . Mexanizmning motor valiga keltirilgan inersiya momenti  $J_{\text{max}} = 0,0815 \text{ kGm} \cdot \text{s}^2$ . Motor rotorining inersiya momenti  $J_m = 0,4 \text{ kGm} \cdot \text{s}^2$ . Motorning aylanish tezligi

$$n_m = 1430 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}.$$

**Yechish.** Yukni ko'tarish uchun motordagi quvvat quyidagiga teng bo'ladi:

$$P = \frac{M_s n_m}{975} = 42 \frac{1430}{975} = 61,5 \text{ kW}.$$

Yukni tushirishda, mexanizmdan motor valiga o'tadigan quvvat qiymati

$$P = \frac{M_s n_m}{975} = \frac{34 \cdot 1430}{975} = 50 \text{ kW}.$$

Yukni tushirishdagi qarshilik momenti aktiv bo'lgani uchun, ya'ni u harakat (tushirish) tomonga yo'nalganligi uchun motor tormoz yoki motor rejimida ishlashi mumkin. Buni aniqlash uchun yuritmaning harakat tenglamasini tuzish kerak, ya'ni

$$\begin{aligned} M &= -M_s + M_{\text{din}} = -M_s + J \frac{d\omega}{dt} = -M_s + J \frac{\omega}{v} \frac{dv}{dt} = \\ &= -34 + 0,4815 \cdot \frac{3,14 \cdot 1430}{30 \cdot 0,9} \cdot 0,5 = -34 + 40 = 6 \text{ kGm}, \end{aligned}$$

bunda  $r = \frac{v}{\omega}$  bo'lgani uchun  $\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{r} \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{\omega}{v} \cdot \frac{dv}{dt}$  bo'ladi.

Demak, yukni tushirishda ham motor 6 kGm aylantiruvchi moment bilan motor rejimida ishlashi kerak bo'ladi.

Agar harakat tenglamasidagi natija (-) ishoraga ega bo'lsa, u holda motor tormoz rejimida ishlashi kerak edi.

Yukni ko'tarish uchun kerak bo'lgan aylantiruvchi moment qiymati

$$M = M_s + M_{\text{din}} = M_s + J \frac{\omega}{v} \cdot \frac{dv}{dt} = 42 + 0,4815 \cdot \frac{3,14 \cdot 1430}{0,9 \cdot 30} \cdot 0,5 = 82 \text{ kGm}$$

bo'ladi.

Bunda  $J = J_{\text{mex}} + J_m = 0,815 + 0,4 = 0,4815 \text{ kGm} \cdot \text{s}^2$ .

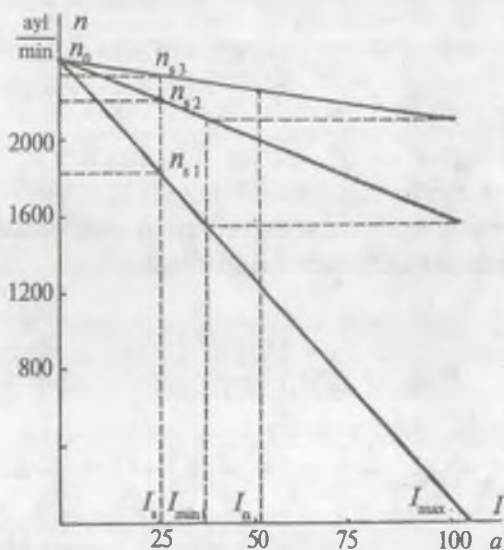
**4.3- masala.**  $P_n = 10 \text{ kW}$ ,  $U_n = 220 \text{ V}$ ,  $I_n = 52,2 \text{ A}$ ,  $n_n = 2250 \text{ ayl/min}$ ,  $R_{ya} = 0,065 R_n$  va  $GD^2 = 4,9 \text{ Nm}^2$  ga ega o'zgarmas tok motori ikki pog'ona qarshilikdan iborat reostat orqali ishga tushiriladi. Ishga tushirish paytidagi  $n = f(t)$  va  $i_{ya} = f(t)$  larni hisoblang va grafisini yasang. Bunda yuklama toki  $I_s = 0,5 I_n$  deb qabul qilinsin.

**Yechish.** Motorning nominal qarshiligi

$$R_n = \frac{U_n}{I_n} = \frac{220}{52,2} = 4,21 \text{ Om}.$$

Demak,  $R_{ya} = 0,065$ ,  $R_n = 0,274 \text{ Om}$  bo'ladi.

Ishga tushiruvchi reostat qarshiligi grafik usulda aniqlanadi (4.15- rasm).



4.15- rasm. Ishga tushiruvchi reostat qarshiligini grafik usulda hisoblash.

Buning uchun  $I_{\max} = 2I_n = 104,4$  A deb qabul qilinadi. Ikki pog'onada ishga tushirish shartidan  $I_{\min}$  ning qiymati 38 A bo'ladi. Rasmda ko'rilgan grafikdan reostatning birinchi va ikkinchi pog'ona qarshiliklari aniqlanadi,  $R_{r1} = 1,35$  Om,  $R_{r2} = 0,49$  Om. E.y.k. koefitsienti

$$C_e = \frac{U - I_n R_{ya}}{n_n} = \frac{220 - 52,2 \cdot 0,274}{2250} = 0,09 \frac{\text{V}}{\frac{\text{ayl}}{\text{min}}}$$

Moment koefitsienti

$$C_m = 9,55 C_e = 9,55 \cdot 0,09 = 0,86 \frac{\text{Nm}}{\text{A}}$$

Demak,

$$n_0 = \frac{U}{C_e} = \frac{220}{0,09} = 2444 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$$

$n = f(t)$  va  $i_{ya} = f(t)$  lar quyidagi formulalar bilan hisoblanadi.

Tezlikning birinchi qarshilik pog'onasida o'zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

$$n = n_{s1} + (n_{b1} - n_{s1}) e^{-\frac{t}{T_{m1}}} = n_{s1} + (0 - n_{s1}) e^{-\frac{t}{T_{m1}}},$$

bunda

$$T_{m1} = \frac{GD^2 R_1}{375 C_e C_m} = \frac{4,9 \cdot 2,11}{375 \cdot 0,09 \cdot 0,86} = 0,35 \text{ s},$$

$$R_1 = R_{ya} + R_{p2} + R_{p1} = 2,11 \text{ Om}.$$

Yuklama toki  $I_s = 0,5 I_n$  ga tegishli turg'un  $n_{s1}$  tezlik qiymati grafikdagi masshtabga ko'ra aniqlanadi.  $n_{s1} = 1812$  ayl/min ga teng bo'ladi.

Demak, ishga tushirishning birinchi pog'onasida  $n = f(t)$  ni hisoblash formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$n = 1812 - 1812 e^{-\frac{t}{0,35}}.$$

Shunga o'xshash,  $i_{ya} = f(t)$  quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} i_{ya} &= I_s + (I_{\max} - I_s) e^{-\frac{t}{T_{m1}}} = 26,1 + (104,4 - 26,1) e^{-\frac{t}{0,35}} = \\ &= 26,1 + 78,3 e^{-\frac{t}{0,35}}. \end{aligned}$$

Birinchi pog'onadagi ishga tushirish vaqti quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$t_1 = T_{m1} \ln \frac{I_{\max} - I_s}{I_{\min} - I_s} = 0,35 \ln \frac{104,4 - 26,1}{38 - 26,1} = 0,65 \text{ s}.$$

Shunday qilib, hisoblash formulalaridagi vaqt o'rniga  $t = 0$  dan to  $t = 0,65$  sek gacha har xil qiymatlar berib, quyidagi jadval tuziladi va undan  $n = f(t)$  va  $i_{ya} = f(t)$  egri chiziqlari quriladi.

№	$t$ , s	$n$ , $\frac{\text{ayl}}{\text{min}}$	$i_{ya}$ , A
1	0	0	104,4
2	0,2	792	70,1
3	0,4	1236	50,9
4	0,6	1491	40
5	0,65	1538	38

Ikkinchi pog'onada

$$n = n_{s2} + (n_{b2} - n_{s2}) e^{-\frac{t}{T_{m2}}},$$

$$i_{ya} = I_s + (I_{\max} - I_s) e^{-\frac{t}{T_{m2}}},$$

bunda

$$T_{m2} = \frac{GD^2 R_2}{375 C_e C_m} = 0,125 \text{ s} \cdot R_2 = R_{ya} + R_{r2} = 0,27 + 0,49 = 0,76 \text{ Om}.$$

Turg'un tezlikning qiymati

$$n_{s2} = 2192 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$$

bo'ladi.

Ikkinchi pog'onadagi vaqt  $t_2 = T_{m2} \ln \frac{I_{\max} - I_s}{I_{\min} - I_s} = 0,236 \text{ s}.$

Demak, hisoblash formulalari:

$$n = 2192 + (1538 - 2192)e^{-\frac{t}{0,125}} = 2192 - 654e^{-\frac{t}{0,125}},$$

$$i_{ya} = 26,1 + 78,3e^{-\frac{t}{0,125}}$$

bo'ladi.

Bu ma'lumotlarga ko'ra, hisoblash natijalari quyidagi jadvalda ko'rsatilgan.

№	$t$ , s	$n$ , $\frac{\text{ayl}}{\text{min}}$	$i_m$ , A
1	0	1538	104,4
2	0,05	1760	78,6
3	0,1	1898	61,3
4	0,15	1995	49,7
5	0,24	2093	38

Uchinchi pog'ona uchun (tabiiy tavsif bo'yicha) yuqoridagi singari hisoblash formulalari olinadi:

$$R_3 = R_{ya} = 0,27 \text{ Om}; T_{m3} = \frac{4,9 \cdot 0,27}{375 \cdot 0,09 \cdot 0,86} = 0,045 \text{ s}.$$

$$n_{s3} = 2330 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}; t_3 \equiv 4T_{m3} = 0,18 \text{ s}.$$

$$n = 2330 - 237e^{-\frac{t}{0,045}};$$

$$i_{ya} = 26,1 + 78,3e^{-\frac{t}{0,045}}.$$

Hisoblash natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan

№	$t, s$	$n, \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$	$i_{ya}, A$
1	0	2093	104,4
2	0,05	2252	51,2
3	0,1	2304	34,6
4	0,18	2326	27,5

4.16- rasmda jadvallardagi raqamlarga binoan  $n=f(t)$  va  $i_{ya}=f(t)$  larning grafiklari chizilgan.

**4.4- masala.** Asinxron motorning ishga tushirish, tormozlash (teskari ulanish bilan) va reverslash vaqtlarini aniqlang. Uning parametrlari quyidagicha:  $P_n = 15 \text{ kW}$ ;  $n_s = 1500 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ ;  $S_n = 2,86\%$ ;

$$\frac{M_{\max}}{M_n} = 2,4 \text{ va } GD^2 = 0,9 \text{ kGm}^2.$$

Mexanizm siltash momentining motor valiga keltirilgan qiymati  $GD_m^2 = 0,4 \text{ kGm}^2$  bo'lib, uning qarshilik momenti esa  $M_s = 3 \text{ kGm}$ .

**Yechish.** Motorning nominal aylanish tezligi

$$n_n = n_s(1 - S_n) = 1500(1 - 0,0286) = 1457 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}.$$

Motorning nominal momenti

$$M_n = \frac{975 P_n}{n_n} = \frac{975 \cdot 15}{1457} = 10,05 \text{ kGm}.$$

Kritik sirpanish

$$S_{kr} = S_n(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,0286 \cdot (2,4 + \sqrt{2,4^2 - 1}) = 0,131.$$

Motorning ishga tushirish momenti ( $S = 1$  ga teng bo'lganda)

$$M_b = \frac{2M_{\max}}{\frac{1}{S_{kr}} + 1} = \frac{2 \cdot 2,4 \cdot 10,05}{\frac{1}{0,131} + 1} = 6,22 \text{ kGm}.$$

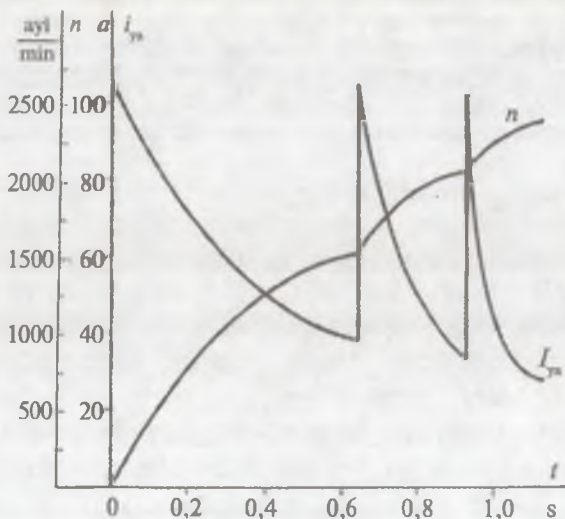
Ishga tushirish paytidagi o'rtacha moment

$$M_{or} \cong \frac{M_{\max} + M_b}{2} = \frac{2,4 \cdot 10,05 + 6,22}{2} = 15,15 \text{ kGm}.$$

Elektromexanik vaqt doimiysi

$$T_m = \frac{J\omega_s}{M_{\max}} \cdot \frac{(GD^2 + GD_m^2)\pi n_s}{4gM_{\max} 30} = \frac{1,3 \cdot 3,14 \cdot 1500}{4 \cdot 9,81 \cdot 2,4 \cdot 10,05 \cdot 30} = 0,216 \text{ s}.$$





4.16- rasm. Ishga tushirish jarayonida motor toki va tezligining o'zgarish grafigi.

#### Motorni ishga tushirish vaqti

$$t_{\text{isht}} = T_m \left( \frac{1}{4S_{kr}} + \frac{3}{2} S_{kr} \right) \frac{M_{o'r}}{M_{o'r} - M_s} =$$

$$= 0,216 \left( \frac{1}{4 \cdot 0,131} + \frac{3}{2} \cdot 0,131 \right) \cdot \frac{15,15}{15,15 - 3} = 0,54 \text{ s.}$$

Teskari ulanish bilan motorni tormozlashda  $S=2$  bo'ladi, demak, tormozlash momenti

$$M_{s=2} = \frac{2M_{\text{max}}}{\frac{2}{S_{kr}} + 2} = \frac{2 \cdot 24,12}{\frac{2}{0,131} + 2} = 3,16 \text{ kGm.}$$

Tormozlash paytidagi o'rtacha moment

$$M_{o'r} = \frac{M_b + M_{s=2}}{2} = \frac{6,22 + 3,16}{2} = 4,7 \text{ kGm.}$$

Tormozlash vaqti

$$t_{\text{et}} = T_m \left( \frac{3}{4S_{kr}} + 0,345S_{kr} \right) \frac{M_{o'r}}{M_{o'r} + M_s} = 0,76 \text{ s.}$$

Reverslash vaqti

$$t_r = t_{\text{isht}} + t_{\text{et}} = 0,54 + 0,76 = 1,3 \text{ s.}$$

### 5.1. Umumiy tushunchalar

Ishlab chiqarish mashinalari va mexanizmlarni tegishli elektr yuritmalar bilan ta'minlash uchun ma'lum quvvat, tip va konstruktiv tuzilishga ega bo'lgan motor va uni boshqarish sistemasini to'g'ri tanlay bilish lozim. Buning uchun, dastavval, bir necha ko'rsatkichlar berilishi kerak. Bu quyidagilardir: motor valiga keltirilgan umumiy siltash momenti ( $GD^2$ ), motorning maksimal va ishga tushirish momentlari, uni tok bilan ta'minlovchi manbaning parametrlari, elektr yuritmaga qo'yilgan texnologik talablar va mexanizm validagi yuklamaning vaqt bo'yicha o'zgarish diagrammasi (yuklanish diagrammasi) va boshqalar. Bu ko'rsatkichlarni hisoblab topish yoki mexanizm elektr yuritmasida ba'zi qiymatlarni o'lchab aniqlash mumkin.

Shunday qilib, berilgan ko'rsatkichlar asosida dastavval katalogdan ma'lum quvvatli motor taxminan tanlanadi. So'ngra bu motorning parametrlari hamda uni ishlatish uchun qabul qilingan boshqarish sistemasiga ko'ra motorning quvvati hisoblanadi va uning to'g'ri yoki noto'g'ri tanlanganligi aniqlanadi.

Tanlangan motor quvvati talab qilinganiga nisbatan kichik bo'lsa, u ish mexanizmining imkoniyatidan to'la foydalanib bo'lmaydi. Agar bunday motor o'ta yuklanish rejimida ishlatilsa, tezda ishdan chiqib qolishi mumkin. Motorning quvvati talabdagiga nisbatan katta bo'lganda elektr yuritmaning iqtisodiy va texnik ko'rsatkichlari pasayadi, motor narxi va undagi quvvat isrofi ortadi. O'zgaruvchan tok motorlarida quvvat koeffitsienti ( $\cos\phi$ )ning qiymati ham pasayib ketadi.

To'g'ri tanlangan elektr yuritmalarda ish mexanizmlaridan, motor quvvatidan to'la va optimal foydalanish mumkin.

Motor chulg'amidan tok o'tganda u qiziydi. Chulg'amlarda isrof bo'lgan elektr energiyasi ( $\Delta pt$ ) dan har sekundda ajraladigan issiqlik miqdori quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Q = 0,24\Delta P \cdot t = 0,24 I^2 R t, \quad (5.1)$$

bunda 0,24 — elektr energiyasini issiqlik energiyasiga o'tkazuvchi koeffitsient.

Demak, o'zgaruvchan yuklamada motor chulg'amida ajraladigan issiqlik miqdori ham turlicha bo'ladi.

Agar texnologiya talabiga ko'ra, motor tez-tez ishga tushirilib va to'xtatilib turilsa u holda bu o'tkinchi rejimlardagi quvvat isrofi va, demak, ajralgan issiqlik energiyasi motorni boshqaruvchi sistemaga ham bog'liq bo'ladi.

Motorning eng nozik elementi, uning chulg'amilarini qoplovchi izolatsiya materiali hisoblanadi. Bu materialning sifatiga, turiga ko'ra motorning normal qizish darajasi aniqlanadi. Agar motor o'ta yuklanish tufayli normadan ortiqroq qizib ketsa, chulg'am izolatsiyasi tezda ishdan chiqadi va natijada motorning xizmat davri keskin kamayadi. Motorning quvvati izolatsiyaning normal qizish darajasiga ko'ra aniqlanadi. Shunga asosan katalogdan tanlangan motorning quvvati hisoblab topilgan quvvatiga teng yoki undan bir oz katta bo'lishi kerak. Bu motor, o'ta yuklanish va ishga tushirish momentlariga ko'ra qayta tekshiriladi. Bunda berilgan yuklanish diagrammasida ko'rsatilgan eng katta qarshilik yuklama momenti va talab qilinadigan ishga tushirish momenti tanlangan motorning katalogda ko'rsatilgan maksimal va ishga tushirish momentlaridan kamroq bo'lishi kerak.

Motorning qizishiga, uning chulg'amlaridagi quvvat isrofidan tashqari, aylanuvchi qismlarning ishqalanishi va po'lat qismlarning qayta magnitlanishi hamda ulardagi uyurma toklardan hosil bo'lgan quvvat isrofi ham ta'sir ko'rsatadi. Motordagi quvvat isrofini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = P_1(1 - \eta) = \Delta P_{=} + \Delta P_{-n} x^2 = \Delta P_{=} + \Delta P_{-}, \quad (5.2)$$

bunda  $P_1$  — motorga berilgan quvvat;  $P_2$  — motor validagi quvvat;  $\eta$  — motorning foydali ish koeffitsienti;  $\Delta P_{=}$  — motordagi quvvat isrofining yuklama tokiga bog'liq bo'lmagan qismi. Bunga motorning po'lat qismlaridagi quvvat isrofi hamda aylanuvchi qismlarining ishqalanishidagi hosil bo'lgan quvvat isrofi kiradi.  $\Delta P_{-n}$  — motor chulg'amlarida hosil bo'lgan quvvat isrofining nominal qiymati. Buning qiymati yuklama tokiga bog'liq bo'lib, yuklanish koeffitsienti  $x$  ning kvadratiga to'g'ri mutanosib ravishda o'zgaradi.

$x = \frac{P_2}{P_n}$  — yuklanish koeffitsienti;  $P_n$  — motor validagi quvvatning nominal qiymati.

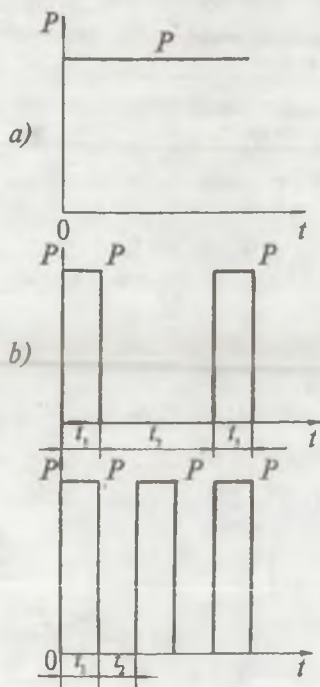
Motor ishlaganda ajraladigan issiqlik energiyasining bir qismi tashqi muhitga tarqaladi. Demak, ma'lum vaqtdan so'ng motorda ajrala-

yotgan issiqlik miqdori tashqi muhitga uzatilayotgan issiqlik miqdoriga tenglashib qolishi mumkin. Bunda motorning qizish jarayoni turg'un holatga o'tib, uning harorati o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi.

Bu haroratning normal qiymati chulg'amlarda ishlatilgan izolatsiya materialining sifati va xili bilan aniqlanadi. Motorning qizish va sovish jarayoni, asosan, elektr yuritmaning ish rejimiga bog'liq bo'ladi.

## 5.2. Elektr yuritmaning ish rejimlari

Elektr yuritma, ko'pincha, o'zgaruvchan yuklama bilan ishlaydi. Ba'zi hollarda esa o'zgarmas yoki o'zgaruvchan yuklamada uzoq muddatli, qisqa muddatli va takrorlanuvchi qisqa muddatli rejimlarda ishlashi mumkin. 5.1- *a* rasmda o'zgarmas yuklamaga ega bo'lgan mexanizmning quvvat bo'yicha ideallashtirilgan yuklanish diagrammasi berilgan. Bunda yuklamaning vaqt bo'yicha o'zgarishi ko'rsatilgan. Bunday yuklamani, ko'pincha, ventilyator, nasos, transportyor kabi mexanizmlarda uchratish mumkin. Bunda  $P$  quvvatga tanlangan motorning qizish darajasi uzoq muddatli ish rejimida o'zining normal haroratigacha ko'tariladi. 5.1- *b* rasmda ideallashtirilgan qisqa muddatli ish rejimiga tegishli yuklanish diagrammasi ko'rsatilgan. Bunda  $t_1$  ish vaqtida  $P$  quvvat bo'yicha tanlangan motorning qizish darajasi bu davr ichida o'zining normal haroratigacha ko'tarila olmaydi. Ammo elektr tarmog'idan ajralgan motorning harorati  $t_2$  davrda (pauza) tashqi muhit haroratigacha pasaya oladi.



5.1- rasm. Elektr yuritmaning ish rejimlari:

*a* – uzoq muddatli; *b* – qisqa muddatli; *d* – takrorlanuvchi qisqa muddatli ish rejimlari.

Tashqi muhit harorati, odatda,  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  ga teng deb qabul qilinadi. Bunday ish rejimi ko'pchilik dastgohlarning yordamchi mexanizmlari va shu kabilarda uchratiladi.

5.1- *d* rasmda ideallashtirilgan takrorlanuvchi qisqa muddatli ish rejimiga tegishli yuklanish diagram-

masi ko'rsatilgan. Bunda  $t_1$  ish davridagi  $P$  quvvat uchun tanlangan motorning qizish darajasi shu davr ichida normal haroratgacha ko'tarila olmay,  $t_2$  vaqtda esa uning harorati tashqi muhitnikigacha pasaya olmaydi. Bunday ish rejimi, ko'pincha, kran va dastgohlarda uchraydi.



### Motorning uzoq muddatli o'zgaras yuklama bilan ishlash rejimidagi qizish va sovish jarayonlari

Motorning ish jarayonida uning turli materiallardan iborat qismlari (cho'yan korpusi, po'latdan iborat magnit sistemasi, mis chulg'ami va izolatsiyalovchi material) har xil haroratda qiziydi. Shuning uchun motorning qizish jarayonini hisoblash juda ham murakkablashib ketadi.

Amalda motor ekvivalent issiqlik sig'imiga ega bo'lgan bir xil materialdan iborat deb hisoblanadi. Shunga ko'ra, motorning qizish jarayonini issiqlik balansining differensial tenglamasi bilan quyidagicha ifodalab hisoblash mumkin:

$$Qdt = A\tau dt + cd\tau, \quad (5.3)$$

bunda  $Q$  — motorga ekvivalent bo'lgan materialda quvvat isrofi tufayli vaqt birligi ichida ajraladigan issiqlikning umumiy miqdori,  $\frac{\text{cal}}{\text{s}}$  yoki  $\frac{\text{J}}{\text{s}}$  birligida;  $\tau$  — motor haroratining tashqi muhit o'rtasidagi harorat farqi  $1^\circ$  ga teng bo'lganda, uning sathidan har sekundda tashqi muhitga tarqaladigan issiqlik miqdori,  $\frac{\text{cal}}{\text{s} \cdot \text{grad}}$  yoki  $\frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{grad}}$ ;  $c$  — motor haroratini  $1^\circ$  ga ko'tarish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori,  $\frac{\text{cal}}{\text{grad}}$  yoki  $\frac{\text{J}}{\text{grad}}$ ;  $t$  — vaqt, s.

Motorning qizish jarayoni  $\tau = f(t)$  bog'lanish bilan tavsiflanadi.

Bu bog'lanish (5.3) ifodadan quyidagicha aniqlanadi:

$$dt = \frac{cd\tau}{Q - A\tau}, \quad (5.4)$$

bundan

$$t = -\frac{c}{A} \ln(Q - A\tau) + k, \quad (5.5)$$

bunda  $k$  — integrallash doimiysi;  $t = 0$  bo'lganda  $\tau = \tau_0$  bo'ladi deb,  $k$  quyidagicha aniqlanadi:

$$k = \frac{c}{A} \ln(Q - A\tau_0).$$

$k$  ning qiymatini (5.5) ga qo'yib, quyidagi ifoda olinadi:

$$t = -\frac{c}{A} \ln \frac{Q - A\tau}{Q - A\tau_0}. \quad (5.6)$$

(5.6) tenglamani  $\tau$  ga nisbatan yechib, quyidagi hosil qilinadi:

$$t = \frac{Q}{A} \left(1 - e^{-\frac{A}{c}\tau}\right) + \tau_0 e^{-\frac{A}{c}\tau}. \quad (5.7)$$

Bundan  $\frac{Q}{A} = \tau_1$  va  $\frac{c}{A} = T_q$  deb, motorning qizish jarayonini tavsiflaydigan tenglama topiladi:

$$\tau = \tau_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_q}}\right) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T_q}}, \quad (5.8)$$

bu yerda  $\tau_1$  — motorning turg'un ish rejimidagi qizish harorati;  $T_q$  — qizishning vaqt doimiysi.

Agar  $t=0$  bo'lganda,  $\tau_0 = 0$  bo'lsa, u holda (5.8) quyidagicha ifodalanadi:

$$\tau = \tau_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_q}}\right). \quad (5.9)$$

5.2- rasmda (5.8) va (5.9) ifodalarga ko'ra qurilgan  $\tau = f(t)$  egri chiziqlari ko'rsatilgan. Bu tenglamalarga binoan, motor o'zining turg'un holatdagi normal harorat  $\tau_1$  ga ega bo'lishi uchun vaqt cheksiz katta bo'lishi kerak.

Amalda esa bu vaqt  $t \cong (3 \div 4) T_q$  ga teng deb qabul qilinadi.

Qizishning vaqt doimiysi  $T_q$  quyidagicha talqin qilinadi. Bu vaqt davomida motor tashqi muhitga issiqlik tarqatmasdan o'z haroratini turg'un qiymatgacha ko'taradi. Haqiqatan, agar  $A = 0$  bo'lsa, (5.3) tenglama quyidagicha ifodalanadi:

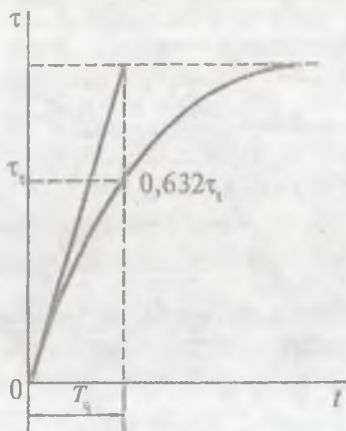
$$Qdt = c d\tau, \quad (5.10)$$

bundan  $\tau_0 = 0$  bo'lganda quyidagi ifoda olinadi:

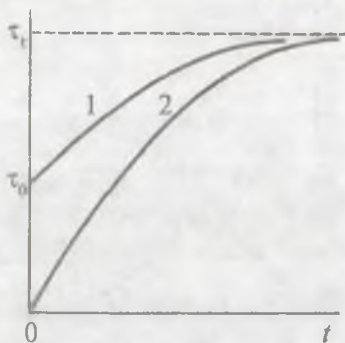
$$t = \frac{c}{Q} \tau. \quad (5.11)$$

(5.11) ifodaga  $\tau = \tau_1 = \frac{Q}{A}$  ni qo'yib, motorni turg'un haroratigacha qizishi uchun ketgan vaqt aniqlanadi:

$$t_1 = \frac{c}{Q} \tau_1 = \frac{c}{A} = T. \quad (5.12)$$



5.3- rasm. Qizish doimiysini grafik usulda aniqlash.



5.2- rasm. Motoring turg'un haroratgacha qizish egri chiziqlari: 1) boshlang'ich harorat  $\tau_0 = 0$  va 2) ma'lum  $\tau_0$  dan boshlangan qizish egri chiziqlari.

Agar real sharoit hisobga olinsa, ya'ni muhitga motordan issiqlik tarqaladi deyilsa, u holda  $T_q$  vaqtda motoring harorati  $\tau = 0,632\tau_1$  gacha ko'tariladi.

Haqiqatan, (5.9) tenglamadagi  $t$  o'rniga  $T_q$  qo'yilsa, yuqoridagi ifoda, ya'ni

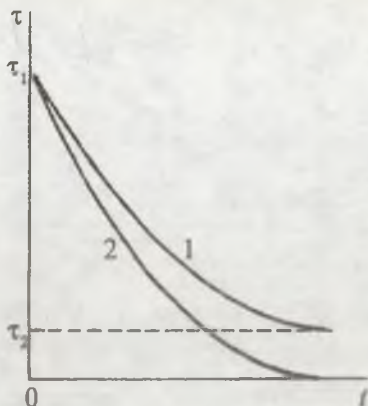
$$\tau = \tau_1(1 - e^{-\frac{T_q}{T_q}}) = 0,632\tau_1$$

chiquadi.

Bu ifodaga binoan tajriba asosida qurilgan  $\tau = f(t)$  egri chizig'idan  $T_q$  ning qiymatini aniqlashda foydalaniladi. 5.3- rasmda ko'rsatilgan va tajriba asosida topilgan  $\tau = f(t)$  egri chizig'iga urinma o'tkazib,  $T_q$  ning qiymatini aniqlash mumkin. Yakor diametri 160÷600 mm bo'lgan o'zgarmas tok mashinalari uchun qizishning vaqt doimiysi taxminan  $T_q = 25 \div 90$  min; yakor diametri 100÷400 mm bo'lgan yopiq MP tipidagi mashinalar uchun  $T_q = 65 \div 270$  min bo'ladi. Qisqa tutashtirilgan rotorining diametri 105÷140 mm bo'lgan asinxron motorlar uchun  $T_q = 11 \div 22$  min, faza rotorli motorlar uchun  $T_q = 25 \div 90$  min (rotor diametri 160÷600 mm).

Elektr tarmog'idan ajratilgan yoki kamroq yuklamaga o'tkazilgan motoring sovish jarayonidagi  $\tau = f(t)$  bog'lanishini topish uchun (5.8) formuladan foydalanish mumkin. Buning uchun  $\tau_0 = \tau_1$  va  $\tau_1 = \tau_2$  deb motoring sovishini ifodalaydigan quyidagi tenglama olinadi:

$$\tau = \tau_2(1 - e^{-\frac{t}{T_q}}) + \tau_1 e^{-\frac{t}{T_q}}. \quad (5.13)$$



5.4- rasm. Motorning sovish egri chiziqlari:

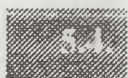
- 1 -  $\tau_1$  dan  $\tau_2 \neq 0$  gacha va  
 2 -  $\tau_1$  dan  $\tau_2 = 0$  gacha sovish egri chiziqlari.

5.4- rasmda (5.13) ifodaga binoan motorning  $\tau_1$  dan  $\tau_2$  gacha sovish egri chizig'i ko'rsatilgan (1 egri chiziq). Agar  $\tau_2 = 0$  bo'lsa u holda (5.13) tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$\tau = \tau_1 e^{-\frac{t}{\tau_q}} \quad (5.14)$$

5.4- rasmda (5.14) ifodaga binoan qurilgan 2 egri chiziq ko'rsatilgan. Shunday qilib, quvvati to'g'ri aniqlangan motorning turg'un ish rejimidagi harorati  $\tau_1 = \tau_{\text{norm}}$  ga teng bo'lishi kerak.

Bunda  $\tau_{\text{norm}}$  - motor chulg'amining izolatsiyasi tipiga ko'ra aniqlangan normal harorati.



### Uzoq muddatli o'zgarmas yuklamada motor quvvatini aniqlash

Uzoq muddatli ish rejimiga ega bo'lgan mexanizm uchun motor quvvati 1) qayd qilib turuvchi ampermetr, vattmetr yoki dinamometr bilan chizilgan yuklanish diagrammasi; 2) mahsulot donasi uchun elektr energiya sarflanishini hisobga olish bilan iste'mol qilinuvchi quvvat me'yorlari; 3) tipik ish sharoitlari uchun qilingan nazariy hisoblashlarga asoslanib topiladi. Qayd qilingan quvvatni motorga tegishli foydali ish koeffitsientiga ko'paytirib hamda nazariy yo'llar bilan yoki jadvaldan topilgan quvvat bo'yicha elektr sanoati tomonidan chiqarilgan kataloglardan motor tanlanadi.

Tanlangan motorni faqat ishga tushirish momentiga ko'ra tekshiriladi, chunki ko'pgina ish mexanizmlarini ishga tushirishdagi qarshilik momentlari birmuncha katta bo'ladi. Uzoq muddatli ish rejimiga ventilyator, nasos va shu kabi mexanizmlar egadirlar. Ventilyator uchun motor quvvati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$P_m = \frac{QH}{102\eta_v\eta_u}, \text{ kW} \quad (5.15)$$

bunda  $P_m$  - uzoq muddat davomida motor validagi o'zgarmas



qiymatli quvvat;  $Q \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$  – ventilyatorning ish unumi;  $H \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$  – ventilyatorning bosimi;  $\eta_v = 0,2 \div 0,75$  – ventilyatorning foydali ish koeffitsienti;  $\eta_u$  – uzatmaning foydali ish koeffitsienti.

Nasos uchun esa motor quvvati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$P_m = \frac{Q \gamma H}{102 \eta_n \eta_u}, \text{ kW}, \quad (5.16)$$

bunda,  $P_m$  – nasos motorining validagi quvvat;  $Q \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$  –

nasosning ish unumi;  $\gamma \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$  – suyuqlikning solishtirma og'irligi;

$H$  [m suv ustuni] – nasosning umumiy bosimi;  $\eta_n$  – nasosning foydali ish koeffitsienti;  $\eta_u$  – uzatmaning foydali ish koeffitsienti.

Shunday qilib, berilgan yoki hisoblangan  $Q$  ish unumi va  $H$  bosim bo'yicha katalogdan kerakli tipdagi ventilyator yoki nasos tanlanadi. Motor validagi  $P_m$  quvvat bo'yicha katalogdan kerakli tipdagi motor tanlanadi. Bunda tanlangan motorning nominal  $P_n$  quvvati motor validagi  $P_m$  quvvatga teng yoki undan bir oz katta, ya'ni  $P_n \geq P_m$  bo'lishi kerak.

**Metall qirqish dastgohlari uchun motor quvvatini aniqlash.**

Dastgohlar uchun motor quvvati tajriba va hisoblash usullari bilan aniqlanishi mumkin. Amalda, ko'pincha, empirik formulalar bilan hisoblash usulidan foydalaniladi. Bu usuldan foydalanilganda buyumni qirqish uchun talab qilinadigan kuch va qirqish tezligi ma'lum bo'lishi kerak.

Qirqish uchun sarflangan quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{\text{qir}} = \frac{F_{\text{qir}} V_{\text{qir}}}{102 \cdot 60} \text{ kW}, \quad (5.17)$$

bunda  $F_{\text{qir}}$  – keskichga ta'sir etuvchi kuch, kG;  $v_{\text{qir}}$  – qirqish tezligi,  $\frac{\text{m}}{\text{min}}$ .

Bu formula aylanma va ilgarilama harakatlanuvchi dastgohlar uchun ham qo'llaniladi. Motor quvvati

$$P_m = \frac{P_{\text{qir}}}{\eta} \text{ kW}, \quad (5.18)$$

bunda  $\eta$  – dastgohning foydali ish koeffitsienti.

Tokarlik, frezer, pardozlash dastgohlari uchun  $\eta = 0,7 \div 0,85$  bo'lib, ilgari lama harakatlanuvchi randalash dastgohlari uchun esa  $\eta = 0,4 \div 0,5$  bo'ladi. Bu quvvatdan ( $P_{qir}$ ) tashqari supportni harakatga keltirishga sarflangan quvvat ham hisobga olinishi kerak edi, lekin uning qiymati kichik bo'lganligi uchun hisobga olinmaydi.

**Tokarlik dastgohi uchun motor quvvatini aniqlash.** Qirqish kuchi juda ko'p omillarga bog'liq bo'ladi. Ulardan faqat ishlov beradigan buyum materiali (cho'yan, po'lat, mis), keskich sifati (qattiq qotishma plastinkasi yopishtirilgan va tez qirquvchi keskichlar), qirqish chuqurligi va kengligi hisobga olinadi:

$$F_{qir} = C_F t^{X_F} S^{Y_F}, \quad (5.19)$$

bunda  $C_F$  – ishlov beriladigan buyum xususiyatiga bog'liq bo'lgan koeffitsient;  $X_F$  va  $Y_F$  – tegishlicha buyum xususiyati va  $S$ ,  $t$  larga bog'liq bo'lgan daraja ko'rsatkichlari;  $t$  – qirqish chuqurligi, mm;  $S$  – keskichning shpindel bir marta aylanishiga to'g'ri kelgan surilishi (mm/ayl).  $C_F$ ,  $X_F$  va  $Y_F$  larning qiymatlari metall qirqish bo'yicha ma'lumotnomalardan olinadi. Qirqish tezligining optimal qiymati ham quyidagi empirik formula bilan aniqlanadi:

$$v_{qir} = \frac{C_v}{t^{X_v} S^{Y_v}} \frac{m}{\text{min}}, \quad (5.20)$$

bundan  $C_v$  – buyum xususiyatiga bog'liq bo'lgan koeffitsient;  $X_v$ ,  $Y_v$  – tegishlicha buyum xususiyati va  $S$ ,  $t$  larga bog'liq bo'lgan daraja ko'rsatkichlari;  $C_v$ ,  $X_v$  va  $Y_v$  larning qiymatlari ham ma'lumotnomalardan aniqlanadi.

Demak

$$P_{qir} = \frac{F_{qir} v_{qir}}{102 \cdot 60} \text{ kW}, \quad (5.21)$$

$$P_m = \frac{P_{qir}}{\eta} = \frac{F_{qir} v_{qir}}{102 \cdot 60 \eta}. \quad (5.22)$$

Shunday qilib, motor quvvatini topish uchun  $S$  va  $t$  larning qiymati ma'lum bo'lishi kerak. Bu usulda  $P_{qir}$  va  $P_m$  lar dastgoh hamda motorning maksimal yuklamasiga hisoblanadi. Boshqa stanoklar uchun ham motor quvvatini, yuqoridagi singari, empirik formulalardan aniqlanadi.

## Uzoq muddatli o'zgaruvchan yuklamada motor quvvatini aniqlash

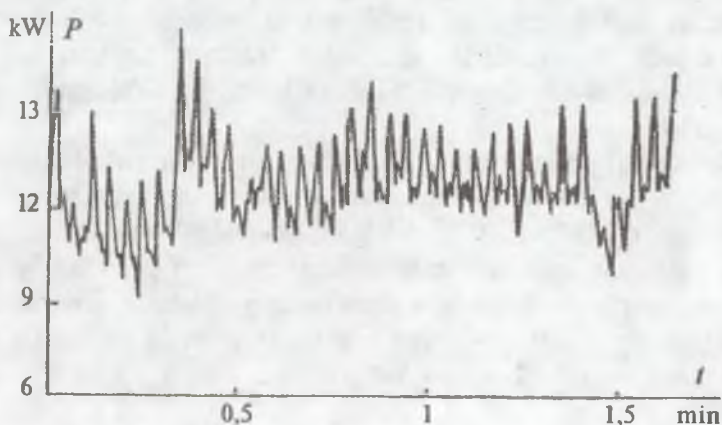
O'zgaruvchan yuklamada motor quvvatini uning qizishiga ko'ra aniqlash ancha murakkablashadi. 5.5- rasmda uzoq muddatli o'zgaruvchan yuklama rejimida ishlaydigan ish mashinasining yuklanish diagrammasi ko'rsatilgan. Bundan, yuklamaning o'rtacha qiymatiga ko'ra motor quvvatini aniqlash noto'g'ri bo'ladi. Haqiqatan (5.1) ifodaga binoan, motorda hosil bo'ladigan quvvat isrofi va, demak undan ajraladigan issiqlik miqdori tokning kvadratiga mutanosibdir. Shuning uchun motor quvvatini quyidagi usullar bilan aniqlash mumkin.

**O'rtacha isrof usuli.** Bu usul motorda ajraladigan quvvat isrofi-ning o'rtacha qiymatini aniqlashga asoslangandir.

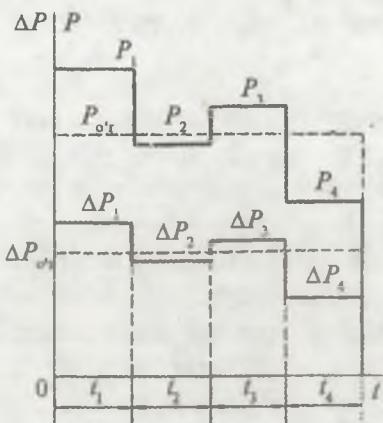
5.6- rasmda pog'onalar o'zgaruvchan davomli yuklama grafigi ko'rsatilgan.

Buning uchun avvalo grafikdagi  $P_{or}$  o'rtacha quvvatni  $1,1 \div 1,3$  ga teng bo'lgan zahira koeffitsientiga ko'paytirib katalogdan motor taxminan tanlanadi. Tanlangan motorning katalogda keltirilgan  $\eta = f(P)$  bog'lanishiga ko'ra  $P_1, P_2, P_3, P_4$  o'zgaruvchan yuklamalarga tegishli  $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3$  va  $\Delta P_4$  quvvat isrofi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\Delta P = P \left( \frac{1-\eta}{\eta} \right). \quad (5.23)$$



5.5- rasm. Uzoq muddatli o'zgaruvchan yuklama bilan ishlaydigan ish mashinasining yuklanish diagrammasi.



5.6- rasm. Pog'onalab o'zgaruvchan davomli yuklama bilan ishlovchi motordagi quvvat isrofining o'zgarish grafigi.

$$\text{Shunga ko'ra, } \Delta P_1 = P_1 \left( \frac{1-\eta_1}{\eta_1} \right)$$

$$\Delta P_2 = P_2 \left( \frac{1-\eta_2}{\eta_2} \right) \text{ va h.k.}$$

5.6- rasmda (5.23) ifodaga asosan qurilgan  $\Delta P = f(t)$  bog'lanish ko'rsatilgan. Demak, quvvat isrofining o'rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P_{or} = \frac{\Delta P_1 t_1 + \Delta P_2 t_2 + \Delta P_3 t_3 + \Delta P_4 t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}. \quad (5.24)$$

Shunday qilib, agar  $\Delta P_{or} \leq \Delta P_n$  bo'lsa, u holda motor to'g'ri tanlangan bo'ladi.

Bunda  $\Delta P_n = P_n \left( \frac{1-\eta_n}{\eta_n} \right)$  – taxminan tanlangan motor quvvati isrofining katalogda berilgan nominal qiymati. Agar  $\Delta P_{or} > \Delta P_n$  bo'lsa, u holda tanlangan motordan bir shkala katta quvvatli boshqa motor olinib, uni yuqoridagi singari, qayta tekshiriladi.

Qizish haroratiga ko'ra, to'g'ri tanlangan motor o'ta yuklanish va ishga tushirish momentlari bo'yicha tekshiriladi va shu bilan motor tanlash tugaydi. Bunda maksimal va minimal qiymatli quvvat isroflari o'rniga o'rtacha qiymat olingan bo'lsa ham, bu usul bilan motor quvvatini hisoblash va tanlash yetarli darajada aniq bo'ladi. Ammo turli yuklamalar uchun  $\eta$  qiymati kataloglarda, ko'pincha, berilmaydi. Shunga ko'ra, bu usul amalda kam qo'llaniladi.

**Ekvivalent miqdorlar usuli bilan motor quvvatini aniqlash.** Amalda motor quvvatini aniqlashda yuqoridagi usulga nisbatan birmuncha sodda va qulay bo'lgan ekvivalent miqdorlar, ya'ni tok, moment va quvvatning ekvivalent miqdori usulidan ko'proq foydalaniladi. 5.6- rasmda ko'rsatilgan yuklanish diagrammasi asosida qurilgan  $\Delta P = f(t)$  ning har bir pog'onasi uchun (5.1) va (5.2) ifodalarga binoan quvvat isrofini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\Delta P_x = \Delta P_{\pm} + \Delta P_{-} = \Delta P_{\pm} + \delta I_x^2, \quad (5.25)$$

bunda  $\delta$  – motor chulg'ami qarshiligini hisobga oluvchi koeffitsient.

Agar motordagi turli yuklamalarda quvvat isrofining  $\Delta P_{\Sigma}$  o'zgarmas qismi hamda  $\delta$  koeffitsienti o'zgarmay qolaveradi deb qabul qilinsa, u holda har bir yuklamadagi quvvat isrofini (5.24) ifodaga qo'yib, quyidagi formula olinadi:

$$\Delta P_{\Sigma} + \delta I_c^2 = \frac{(\Delta P_{\Sigma} + \delta I_1^2)t_1 + (\Delta P_{\Sigma} + \delta I_2^2)t_2 + \dots + (\Delta P_{\Sigma} + \delta I_n^2)t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n} \quad (5.26)$$

(5.26) ifodaga ko'ra, motorning o'zgaruvchan yuklamadagi uzoq muddatli ish rejimini yuklama qiymati o'zgarmas bo'lgan uzoq muddatli ish rejimi bilan almashtirish mumkin. Bunda quvvat isrofi qiymati haqiqiy rejimdagi quvvat isrofining o'rtacha qiymatiga teng bo'lishi kerak. Demak, (5.26) ifodadan foydalanib, ekvivalent tok qiymati topiladi:

$$I_c = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + I_3^2 t_3 + I_4^2 t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}, \quad (5.27)$$

bunda  $I_1, I_2, I_3$  va  $I_4$  taxminan tanlangan motorning turli yuklamalar bilan ishlash rejimlaridagi toklar. (5.27) ifodaga binoan katalogdan motor tanlanib, uning nominal toki hisoblangan ekvivalent tok qiymatiga teng yoki undan bir oz katta bo'lishi lozim, ya'ni  $I_n \geq I_c$ . 5.7- rasmda berilgan egri chiziq  $I = f(t)$  ni unga ekvivalent bo'lgan to'g'ri chiziq qismlardan iborat grafik bilan almashtirish va undan  $I_c$  larni topish ko'rsatilgan. Uch burchakli qismi uchun  $I_{c1}$  quyidagicha aniqlanadi:

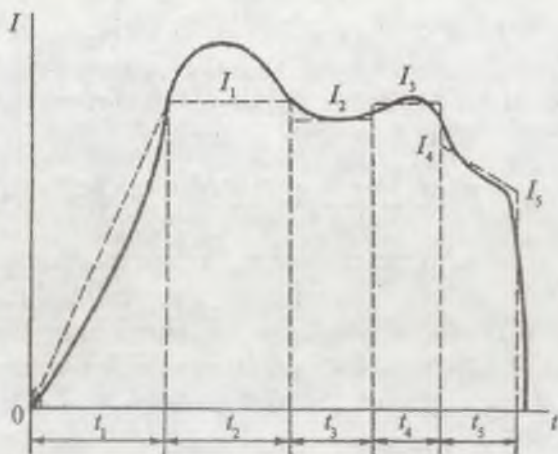
$$I_{c1} = \frac{I_1}{\sqrt{3}}, \quad (5.28)$$

trapetsiya shaklli qismi uchun esa

$$I_{c2} = \sqrt{\frac{I_4^2 + I_4 I_5 + I_5^2}{3}}. \quad (5.29)$$

Ko'pincha, motor quvvatini aniqlashda moment yoki quvvatga ko'ra qurilgan yuklanish diagrammalaridan foydalanishga to'g'ri keladi. Bunda ekvivalent moment yoki quvvatni ekvivalent tok singari ifodadan aniqlash mumkin. Haqiqatan  $\Phi = \text{const}$  bo'lgan motorlar (mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori va boshqalar) uchun  $I \equiv M$  bo'ladi va elektromagnit moment, taxminan, motor validagi momentga teng deb hisoblab, (5.27) ifodadan ekvivalent moment formulasini olish mumkin:

$$M_c = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}. \quad (5.30)$$



5.7- rasm. Egri chiziqli yuklanish diagrammasini unga ekvivalent bo'lgan to'g'ri chiziqli bo'laklardan iborat yuklanish diagrammasi bilan almashtirish.

Bunda o'zgaruvchan tok motori uchun quvvat koefitsienti turli yuklamalar uchun o'zgarmas deb qabul qilinadi.

Agar yuklama o'zgarishi bilan mexanik tavsif qattiqligi tufayli tezlik, deyarli o'zgarmay qolsa, u holda ekvivalent quvvat ifodasini ham (5.30) formula bilan aniqlash mumkin:

$$P_c = \frac{\sqrt{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad (5.31)$$

Demak, bu usul mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok va qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlarida qo'llanilishi mumkin. Ekvivalent miqdorlar usulidan aniqrog'i ekvivalent tok usuli bo'lib, bu usul amalda kam qo'llaniladi, chunki moment va ayniqsa quvvat diagrammalari ko'pincha berilgan bo'ladi.

Ekvivalent miqdorlar usulida qizishning vaqt doimiysi  $T_q = \text{const}$  deb qabul qilinadi (ochiq va o'zini sovitib turuvchi motorlarda). Agar motorni ishga tushirish tormozlab to'xtatish va pauza paytlarida uning sovish jarayoni tezlikdagiga nisbatan yomonlashsa, u holda (5.27), (5.30) va (5.31) ifodalarning maxrajlarini yuqoridagi jarayon vaqtlarining  $\alpha$  va  $\beta$  koefitsientlariga ko'paytirilib, birmuncha kichraytiriladi. Natijada, ekvivalent miqdor nisbatan katta qiymatga ega bo'lib, tanlanadigan motor gabariti kattalashishi mumkin va shu bilan sovish jarayonining yomonlashgani hisobga olingan bo'ladi. Ishga tushirish va tormozlash davrlari  $\alpha$  koefitsientga ko'paytiriladi, o'zgarmas tok motorlari uchun

$\alpha \cong 0,75$ , asinxron motorlar uchun esa  $\alpha \cong 0,5$  olinadi. Pauza vaqti  $\beta$  ga ko'paytiriladi.  $\beta$  ning qiymati o'zgarmas tok motorlari uchun 0,5 va asinxron motorlar uchun esa 0,25 deb olinadi.

5.6.

### Qisqa muddatli ish rejimida motor quvvatini aniqlash

Qisqa muddatli rejimda ishlaydigan ko'pgina mexanizmlarning ishga tushirish momentlari nisbatan katta bo'ladi (nominalga nisbatan). Shunga ko'ra 15, 30 va 60 minutli ish davrlari uchun moment bo'yicha mexanik jihatdan pishiqroq ishlangan maxsus motorlar ishlatiladi.

5.8- rasmda mexanizmni ishga tushirish vaqti  $t_1$  da va turg'un tezlikda qisqa vaqt  $t_2$  da ishlashining yuklanish diagrammasi ko'rsatilgan.

Bu diagrammaga ko'ra, dastavval, ekvivalent quvvat aniqlanadi, so'ngra ekvivalent quvvat va ishlash vaqti  $t_2$  bo'yicha katalogdan motor tanlanadi. Qisqa muddatli rejim uchun uzoq muddatli yuklamaga hisoblangan oddiy motorlardan foydalanish ham mumkin. Ammo bu tavsiya qilinmaydi. Chunki  $P$  yuklama bilan qisqa vaqt ( $t_{\text{ish}}$ ) li rejimda ishlash uchun uzoq muddatli rejimga hisoblangan motor qabul qilinsa, u holda motor o'zining turg'un harorati  $\tau_1$  gacha qiziy olmaydi (5.9- rasm, 1 egri chiziq).

Bunda motordan qizish bo'yicha to'la foydalanish uchun mexanizm talabiga nisbatan kichik quvvatli motor ishlatilsa, u holda qizish 2 egri chiziq bo'yicha o'zgaradi. Natijada bunday motor qisqa muddatli ish davrida o'zining normal haroratigacha qiziy oladi. Agar qisqa muddatli ish rejimiga hisoblangan kichik quvvatli motorning turg'un harorati  $\tau_1$  bo'lib, uzoq muddatli rejimdagisini  $\tau_1'$  bo'lsa, u holda qizish bo'yicha o'ta yuklanish koeffitsientini quyidagicha ifodalash mumkin, ya'ni

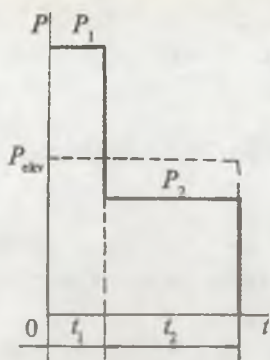
$$p_1 = \frac{\tau_1'}{\tau_1}$$

yoki

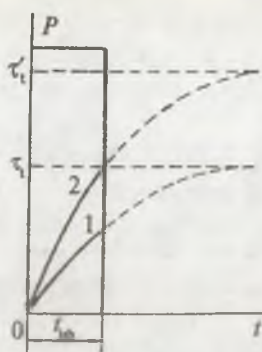
$$p_1 = \frac{\tau_1}{\tau_{\text{norm}}}$$

Ishning oxirida  $t = t_{\text{norm}}$  bo'lgani tufayli, quyidagi ifoda olinadi:

$$t_{\text{norm}} = \tau_1' \left( 1 - e^{-\frac{t_{\text{ish}}}{T}} \right). \quad (5.32)$$



5.8- rasm. Qisqa muddatli ish rejimidagi yuklanish diagrammasi.



5.9- rasm. Motorning qisqa muddatli ish rejimidagi qizish egri chizqlari:  
1 – normal va 2 – o‘ta yuklangan motorning qizish egri chiziq-lari.

Demak,  $p_m$  ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$p_m = \frac{\tau'_i}{\tau_{\text{norm}}} = \frac{1}{1 - e^{-\frac{t_{\text{ish}}}{T}}}. \quad (5.33)$$

5.10- rasmda  $p_m$  ning  $\frac{t_{\text{ish}}}{T}$  ga bog‘lanishini ifodalovchi egri chiziq ko‘rsatilgan,  $p_m$  orqali mexanik o‘ta yuklanish koefitsienti  $p_M$  ni aniqlash mumkin. Motorning qizishi yoki quvvat isrofi tok kvadratiga mutanosib bo‘lsa, quvvatning o‘zi esa tokning birinchi darajasiga mutanosibdir. Shunga ko‘ra, quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$p_M = \frac{P_{\text{qv}}}{P_n} \sqrt{p_m}, \quad (5.34)$$

bunda  $P_{\text{qv}}$  – normal qizish bo‘yicha qisqa vaqtli rejimga tanlangan motor quvvati;  $P_n$  – uzoq muddatli ish rejimiga tanlangan motorning nominal quvvati;  $p_M$  ning aniqroq ifodasini topish uchun motordagi o‘zgarmas  $K(\Delta P_{\text{—}})$  va o‘zgaruvchan  $v_n (\Delta P_{\text{—}n})$  quvvat isrofini hisobga olish kerak.

Bunda

$$p_m = \frac{k + v_n \left( \frac{P_v}{P_n} \right)^2}{k + v_n} = \frac{k}{v_n + 1} + \left( \frac{P_v}{P_n} \right)^2 = \frac{a + p_M^2}{a + 1}. \quad (5.35)$$



(5.35) ifodadan quyidagi olinadi:

$$p_M = \sqrt{(a+1)p_m - a}, \quad (5.36)$$

bunda

$$a = \frac{k}{v_n}.$$

(5.36) ifodadagi  $p_m$  ning o'rniga uning (5.33) formulada keltirilgan qiymatini qo'yib quyidagi ifoda hosil qilinadi:

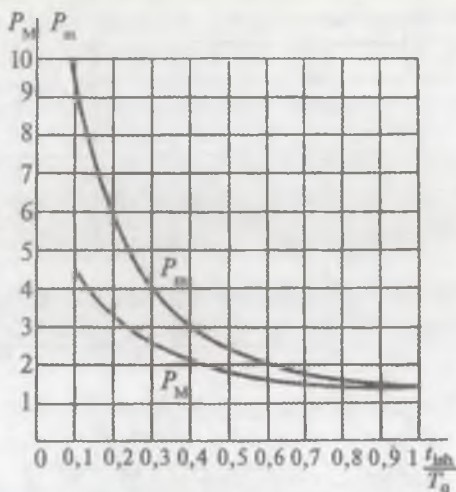
$$p_M = \sqrt{\frac{a+1}{1-e^{-\frac{t_{ish}}{T_q}}} - a}. \quad (5.37)$$

5.10- rasmda (5.37) ifodaga binoan qurilgan  $p_M = f\left(\frac{t_{ish}}{T}\right)$  egri chizig'i ko'rsatilgan.

Demak,  $p_M$  yoki  $\frac{t_{ish}}{T_q}$  va  $a$  koeffitsientlar ma'lum bo'lsa, u holda qisqa muddatli ish rejimiga uzoq muddatliga nisbatan necha marta kam quvvatli motor qabul qilinishi aniqlanadi.

Agar yuklanish diagrammasi 5.8- rasmda ko'rsatilgandek, bir necha pog'onalardan iborat bo'lsa, u holda avvalo ekvivalent miqdor aniqlanadi, so'ngra uni  $p_m$  ga bo'lib, olingan natijaga binoan motor uzoq muddatli ish rejimiga mo'ljallangan motorlar katalogidan tanlanadi.

Agar uzoq muddatli yuklamaga mo'ljallangan motorni qisqa muddatli ish rejimiga qo'llansa, uni birmuncha ko'proq yuklama bilan ishlatish mumkin, lekin bunda motorning o'ta yuklanish bo'yicha zahirasi 1,6 dan kam bo'lmasligi lozim. Ammo bunda ham, motordan, uni qizishi bo'yicha to'la foydalanilmaydi. Shunga ko'ra, qisqa muddatli ish rejimlariga maxsus shu rejimga mo'ljallangan motorni qo'llash tavsiya qilinadi.

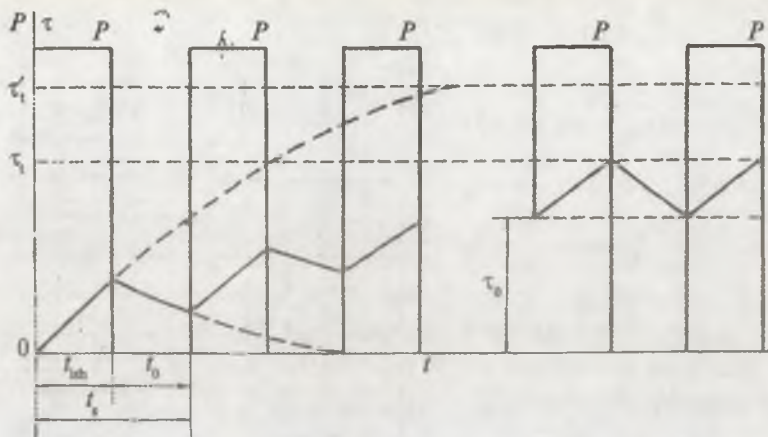


5.10- rasm. Qisqa muddatli ish rejimida ishlash uchun uzoq muddatli rejimga hisoblangan motorni qizish bo'yicha  $P_m$  va mexanik o'ta yuklanish bo'yicha  $P_M$  koeffitsientlarini topish grafigi.

5.7.

### Takrorlanuvchi qisqa muddatli ish rejimi uchun motor quvvatini aniqlash

5.11- rasmda takrorlanuvchi ish rejimli diagramma va bu rejimda motorning qizishi va sovish jarayoni ko'rsatilgan.



5.11- rasm. Motorning takrorlanuvchi qisqa muddatli ish rejimidagi yuklanish diagrammasi va unga tegishli qizish va sovish egri chiziqlari.

Bu rejim ish davrining nisbiy uzoqlik koeffitsienti  $PV$  yoki  $\epsilon$  orqali tavsiflanadi:

$$PV\% = \left( \frac{t_{ish}}{t_{ish} + t_0} \right) \cdot 100 = \frac{t_{ish}}{t_{sikl}} \cdot 100 = \epsilon \cdot 100, \quad (5.38)$$

bunda  $t_{ish}$  — motorning  $P$  yuklama bilan ishlash davri,  $t_0$  — motorning elektr tarmog'idan ajratilgan yoki yuklamasiz ishlash davri.

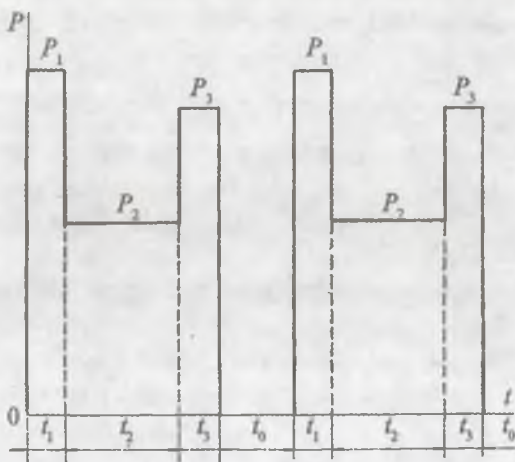
Bunda sikl davri 10 minutdan ortmaydi deb qabul qilingan. Demak, bu rejimda motorni ishga tushirish va uni tormozlash jarayonlari tezda takrorlanib turishi tufayli, uning uchun qo'llaniladigan motor mexanik jihatdan ancha zo'raytirilgan bo'lib, katta qiymatli ishga tushirish va maksimal momentlarga ega bo'lishi kerak.

Bunday maxsus motorlarning parametrlari kataloglarda turli standart  $PV\%$  lar (15, 25, 40 va 60%) uchun keltiriladi.

Agar yuklanish diagrammasidagi ish davri bir necha pog'onalardan iborat bo'lsa (5.12- rasm), u holda dastavval  $\epsilon_x$  va  $P_{ex}$  aniqlanadi, so'ngra standartga yaqin  $PV$  asosida motor quvvati quyidagicha hisoblanadi:

$$P_{15} = P_{ex} \sqrt{\frac{\epsilon_x}{0,15}} \quad \text{yoki} \quad P_{25} = P_{ex} \sqrt{\frac{\epsilon_x}{0,25}}. \quad (5.39)$$

Demak, 5.12- rasmdagi diagrammaga binoan  $\epsilon_x = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + t_0}$ .



5.12- rasm. Takrorlanuvchi qisqa muddatli ish rejimidagi bir necha pog'onalardan iborat yuklanish diagrammasi.

$$P_{ex} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}$$

bo'lsa, u holda bunday rejim uchun motor quvvati (5.39) ga ko'ra aniqlanib, so'ngra o'sha bo'yicha katalogdan tanlanadi. Agar yuklanish diagrammasidan aniqlangan  $E$  qiymati 0,6 dan katta bo'lsa, u holda bunday mexanizmga uzoq muddatli ish rejimiga hisoblangan normal tipdagi motor qabul qilish tavsiya qilinadi. Bunda ekvivalent quvvat qiymati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$P_{ex} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + t_0}}$$

Bu ifodada  $t_0$  ning qiymati ham hisobga kiritilishi kerak. So'ng-

ra (5.39) ifodaga binoan  $P_{100} = P_{ex} \sqrt{\frac{\epsilon_x}{1,0}}$  ya'ni uzoq muddatli ish rejimidagi motor quvvati  $P_{100}$  aniqlanib, u bo'yicha katalogdan motor tanlanadi. Agar  $\epsilon_x < 0,1$  bo'lsa, u holda bunday mexanizmga qisqa muddatli ish rejimiga hisoblangan maxsus motor qabul qilish tavsiya etiladi. Agar yuklanish diagrammasi har xil qiymatga ega bo'lgan  $t_{ish}$  va  $t_0$  lardan iborat bo'lsa, u holda  $\epsilon_x$  qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\epsilon_x = \frac{\sum t_{ish}}{\sum t_{ish} + \sum t_0} \quad (5.40)$$

Bunda umumiy sikl davri bir necha soatlardan iborat bo'lishi mumkin (bu yerda  $t_{sikl} \leq 10$  minut).



## Tokning turi, kuchlanish miqdori, aylanish tezligi va konstruksiyalarga binoan motor tanlash

Ma'lumki, sanoat, qishloq xo'jaligi va boshqa sohalardagi turli korxonalarda, asosan chastotasi 50 Hz bo'lgan uch fazali tokdan foydalaniladi. Shunga ko'ra elektr yuritmalarda asosan asinxron va sinxron motorlar ishlatiladi. Agar elektr yuritma uchun o'zgarmas tok motorini qo'llash lozim bo'lsa, u holda o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirib beruvchi maxsus o'zgartkich bo'lishi shart.

Bundan tashqari, o'zgaruvchan tok motorlari, va, ayniqsa, qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar o'zgarmas tok motorlariga nisbatan ancha arzon, sodda va ishda ishonchliroq bo'ladi.

Ammo elektr yuritma tezligini bir tekis va keng diapazonda rostlash hamda texnologiya talablariga munosib bo'lgan har qanday tipdagi mexaniktafsifni olish o'zgarmas tokmotorlarida osonroqdir. Shuning uchun rostlanuvchi elektr yuritmalarda o'zgarmas tok motorlari ishlatiladi.

Elektr yuritmalardan o'zgarmas tok motorlarini butunlay siqib chiqarish uchun, qisqa tutashtirilgan rotorli motor tezligini chala o'tkazgichli chastota o'zgartkichlari orqali keng diapazonda rostlash va ularni boshqarish imkoniyatiga erishish kerak. Hozirgi paytda katta istiqbolga ega bo'lgan tiristorli chastota o'zgartkichlarni o'zlashtirish ustida katta ishlar qilinmoqda.

Tezligi rostlanuvchi elektr yuritmaga ma'lum boshqarish sistemasi orqali boshqariladigan o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok motorini qabul qilish uchun, dastavval ularning texnik iqtisodiy ko'rsatkichlarini taqqoslab ko'rish kerak. Tezligi rostlanmaydigan elektr yuritmada, ko'pincha, qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar ishlatiladi. Bu motorlar boshqa tip o'zgaruvchan tok motorlariga nisbatan yuqori ko'rsatkichlarga ega. Ammo ularni ishga tushirish toki ancha katta, ya'ni  $I_b = (5 \div 7) I_n$  bo'lib, ishga tushirish momenti nisbatan kichik bo'ladi  $M_b = (0,8 \div 1,5) M_n$ . Bundan tashqari, asinxron motorlarning aylantiruvchi momentlari unga beriladigan kuchlanish kvadratiga mutanosib bo'ladi. Bu asinxron motorning asosiy kamchiligidir.

Qishloq xo'jaligi, irrigasiya inshootlari va boshqa ko'pgina qurilishlarda elektr yuritmalar, ko'pincha, mustaqil tok manбайдan ta'minlanadi. Bunda dizel motor va generatordan iborat tok manbaining quvvati iste'mochi (motor) quvvatidan bir oz katta bo'ladi.

Demak, motorni ishga tushirishda elektr manbaining kuchlanishi keskin kamayishi mumkin. Bunday hollarda, elektr yuritma uchun, dastavval katta o'ta yuklanish momentiga ega bo'lgan maxsus asinxron motor tanlash tavsiya qilinadi.

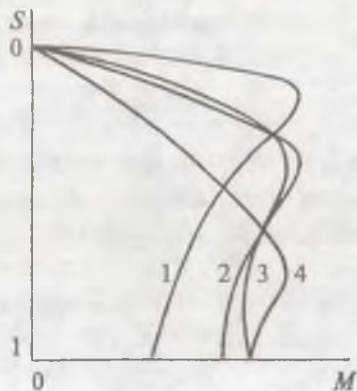
Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar ham rotorining tuzilishiiga qarab turli mexanik tavsiflarga ega bo'ladi. 5.13- rasmda 1 – rotorli me'yorda, 2 – rotorli chuqur pazli, 3 – rotorli ikkita kaktaksimom chulg'amli va 4 – rotorli yuqori sirpanish qiymatiga ega asinxron motorlarning mexanik tavsiflari ko'rsatilgan. Hozirgi paytda chuqur pazli motorlar ko'proq qo'llanilmoqda.

Sinxron motorlarning narxi asinxron motorlarnikiga nisbatan birmuncha qimmatroq. Ammo ularni o'zuvchi cosφ ga ega bo'lib ishlash imkoniyatlari ayniqsa katta quvvatli elektr yuritmalarda muhim ahamiyatga ega.

Shunga ko'ra, 100 kW gacha bo'lgan elektr yuritmalarga asinxron, undan kattaroq quvvatlarda sinxron motorlarni qo'llash tejamlir oq bo'ladi. Faza rotorli asinxron motorlarni katta quvvatli maxovikli elektr yuritmalarda qo'llash tavsiya qilinadi. Tezligi kichik diapazonda (2 : 1) gacha rostlanadigan ventilyatorli tavsifga ega katta quvvatli nasoslar (yer qazish snaryadlari va irrigatsiya inshootlarida qo'llaniladigan nasoslar) va ventilyatorlarga asinxron yoki sinxron motorlar bilan harakatlanuvchi induktorli sirpanish muftalari qo'llash tavsiya qilinadi.

**Kuchlanish miqdoriga ko'ra motor tanlash.** Mashinasozlik sanoati 36÷440 V ga hisoblangan o'zgarimas tok motorlari ishlab chiqarmoqda. Sanoat va qishloq xo'jaligida 380/220 V kuchlanishdan ko'proq foydalaniladi.

Bunda elektr energiyasi to'rt simli sistema orqali uzatilib, motor hamda yorug'lik lampalari uchun qulay kuchlanishlar olinadi, ya'ni nol potentsialli sim bilan faza simi orasidagi kuchlanish nisbatan yuqori bo'lmagan 220 V qiymatga ega bo'lib, uni yorug'lik lampalariga berish mumkin. Kam quvvatli elektr yuritmalar (kommunal va qishloq xo'jaligida uchraydigan) 220/127 V li kuchlanishda ishlaydi.



5.13- rasm. Qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning mexanik tavsiflari.

O'zgarimas tok tarmoqlari, odatda, 220 V ga ega bo'ladi. Mustaqil o'zgartgichga ega bo'lgan katta quvvatli elektr yuritmalarda 440 V li o'zgarimas kuchlanish ishlatiladi. Bir necha ming voltga hisoblangan katta quvvatli elektr motorlari ham ishlab chiqariladi. Ammo bunday motorlar kam qo'llaniladi. Hozirgi paytda sanoatimiz faza chulg'ami 380 V kuchlanishga hisoblangan motorlar ishlab chiqara boshladi (quvvati 3 kW dan yuqori bo'lgan). Bu motorlar 220 V ga hisoblangan motorlarga nisbatan birmuncha afzalliklarga ega. Xususan, ularni normal holda uchburchak, yuklama kamayib ketganda  $[(0,3 \div 0,4)P_n]$  yulduz sxemaga o'tkazib ishlatish mumkin. Bunda kichik yuklamalarda ham motorning energetik ko'rsatkichlari me'yordagidan deyarli farq qilmaydi.

**Aylanish tezligiga ko'ra motor tanlash.** Asinxron motorlarning nominal aylanish tezligi magnit maydonining aylanishi tezligi ya'ni

$n = \frac{60f}{p}$  sinxron tezlik bilan aniqlanadi. 50 Hz chastotali elektr tarmog'iga ulangan asinxron motorlarning sinxron tezliklari quyidagi standart qiymatlarga ega bo'ladi:

$$n = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000; 1500; 1000; 750; 600 \text{ va } 500 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}.$$

Bunda statoridagi juft qutblar soni  $r = 1; 2; 3; 4; 5$  va 6 deb qabul qilingan.

Sinxron tezligi  $n = 600 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$  dan kichik bo'lgan motorlarning  $\cos \varphi$  va  $\eta$  lari kichik bo'ladi. Shuning uchun ularni ishlatish tavsiya qilinmaydi. Bundan tashqari, past tezlikli motorlar katta gabaritli, og'ir va narxi qimmat bo'ladi. Haqiqatan, ma'lum bir quvvatli motorning tezligi kamayishi bilan uning aylantiruvchi momenti  $M = \frac{975P}{n}$  orta boshlaydi. Demak, u og'ir va katta gabaritga ega bo'ladi. Shunga ko'ra, past tezlikli mexanizmlarga, ko'pincha, yuqori tezlikli motor va reduktor birgalikda qo'llaniladi. Ammo ekskavatorlarning ba'zi mexanizmlarida past tezlik

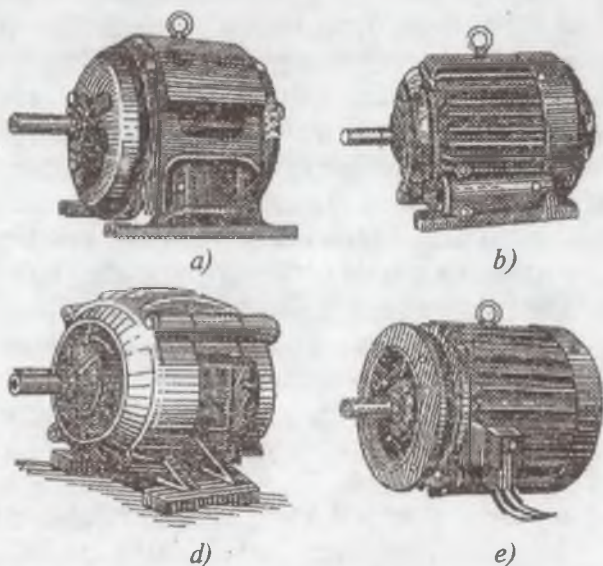
$\left(16 + 25 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}\right)$  talab qilinadi. Bunda past tezlikli motor qo'llash har tomonlama qulay bo'ladi. Katta tezlikli motorlar yengil va yuqori energetik ko'rsatkichlarga egadir.

Shunga ko'ra, yuqori tezlikli mexanizmlarda motor ko'pincha maxsus chastota o'zgartgichlaridan ta'minlanadi. Ularning aylanish

tezliklari bir necha o'ng minglarcha bo'lishi mumkin. O'zgarmas tok elektr yuritmalarida katta  $\left(700 + 1200 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}\right)$  va kichik  $\left(200 + 500 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}\right)$  tezlikli motorlar qo'llaniladi.

**Konstruktiv tuzilishga ko'ra motor tanlash.** Motorlar ishlash joyidagi muhit hamda harakatga keltiriluvchi mexanizmning tuzilishiga ko'ra turli konstruksiyalarda ishlab chiqariladi (5.14- rasm). Xususan, ishlash muhitiga ko'ra, motorlar ochiq, himoyalangan va yopiq konstruksiyali qilib ishlab chiqariladi. Tokli va aylanuvchi qismlari tashqi muhit ta'siridan himoyalangan motorlarga ochiq konstruksiyali motorlar deb ataladi. 220 V ga hisoblangan bunday motorlarni changsiz, quruq va yong'in xavfi bo'lmagan binolarga o'rnatish mumkin.

Tokli va aylanuvchi qismlari yuqoridan yoki gorizontalgacha nisbatan  $45^\circ$  burchak bilan tushadigan suv tomchilari va boshqa qattiq jismlardan himoyalangan motorga himoyalangan konstruksiyali motorlar deb ataladi.



5.14- rasm. Birlashtirilgan seriyali asinxron motorlarning konstruksiyalari: *a* – himoyalangan tuzilishdagi cho‘yan korpusli; *b* – yopiq tuzilishdagi cho‘yan korpusli shamollatib turiluvchi; *d* – yopiq tuzilishdagi aluminiy korpusli shamollatib turiluvchi va *e* – yopiq tuzilishdagi flanesli shamollatib turiluvchi asinxron motor.

Bunday motorlarni usti yopiq joylarga va agar yashindan himoyasi bo'lsa usti ochiq joyga ham o'rnatish mumkin. Lekin bu motorni iflos, chang, yemiruvchi gaz va bug'li sexlarga o'rnatish tavsiya qilinmaydi. Ochiq havoda o'rnatilgan bunday motorlar namga chidamli izolatsiyaga ega bo'ladi.

Yopiq konstruksiyali motorlar korpusida teshiklar mutlaqo bo'lmaydi. Shunga ko'ra, bunday motorlar tashqi muhit ta'siridan, muhit esa motordagi uchqunlardan saqlangan bo'ladi. Demak, bunday motorlar og'ir sharoitli muhitlarda qo'llanishi tavsiya qilinadi. Agar ochiq va himoyalangan motorlar o'zlarining vallariga o'rnatilgan ventilyator bilan sovitilsa, yopiq motorlarni sovitish uchun, ko'pincha, tashqi ventilyator qo'llaniladi.

Harakatlantiriluvchi ish mexanizmining tuzilishiga ko'ra, motorlar flanesli va ikki tomondan chiqarilgan valga ega bo'lishi mumkin.

Elektr yuritmalarda eng ko'p qo'llaniladigan qisqa tutashtirilgan rotorli uch fazali asinxron motorlar 1949- yildan boshlab A va AO seriyalarda ishlab chiqarila boshlandi.

Motor korpusi va podshipnik qalqonlari aluminiy qotishmasidan tayyorlansa, u holda bunday motorlarni AJI yoki AOJI seriyali motorlar deyiladi. Hozirgi paytda A va AO seriyalar o'rniga A 2 va AO 2 seriyali asinxron motorlar chiqarilmoqda. Yangi seriyadagi motorlar 14 xil o'rniga 18 xil nominal quvvatlarga mo'ljallab chiqarilgan, ularning og'irligi o'rtacha olganda 25% ga kamaytirilgan,  $\eta$  va  $\cos\phi$  lari esa birmuncha ko'tarilgan. Yangi seriyali motorlar 9 xil o'lchamda (gabaritda) chiqarilmoqda. Bunda stator temir o'zagining tashqi diametri birdan to'qqizgacha bo'lgan turli raqamlar bilan shartli ravishda belgilangan. Bundan tashqari, har bir o'lcham stator temir o'zagining uzunligi bo'yicha 1 va 2 raqamlar bilan belgilangan ikki xil o'lchamga ega bo'lishi mumkin. Shunday qilib, asinxron motorning markasida uning qaysi seriyaga tegishliligi, o'lchami, uzunligi va qutblar soni ko'rsatiladi. Masalan AO 2-62-4 markasi quyidagicha o'qiladi. AO 2 — himoyalangan konstruksiyali, sovitilib turiladigan yangi seriya ifodasi, 6 — motor o'lchami, 2 — ikkinchi uzunlik, 4 — qutblar soni.

Bunday motorlar 0,6÷100 kW gacha mo'ljallab chiqariladi. Bu seriyali motorlardan tashqari katta (200÷1250 kW) quvvatli A, AK, A3, AK3 va AΠ seriyali motorlar ham chiqariladi. Bu yerda A, A3 va AΠ lar saqlangan, yopiq va portlash ta'sir qilmaydigan qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar. AK va AK3 himoyalangan va yopiq konstruksiyali faza rotorli motorlardir.



Hozirgi paytda ПН va МП seriyali o'zgarmas tok mashinalari ham yangi П seriyali mashinalar bilan almashtirilgan. Yangi seriyali mashinalar ПН seriyali mashinaga nisbatan ancha yengil, siltash momenti ( $GD_{rot}^2$ ) kichik, f.i.k. ( $\eta$ ) yuqoriroq bo'ladi. Bu motorlar 0,3÷200 kW gacha mo'ljallab chiqariladi. Ular 11 xil o'lchamga va har bir o'lchamda ikki xil uzunlikka ega bo'ladi. Bunda ham gabarit va uzunlik o'lchamlari raqamlar bilan belgilanadi. Bunday motorlar himoyalangan va yopiq konstruksiyalarda chiqariladi. Masalan, П11 – birinchi o'lcham va birinchi uzunlikka ega bo'lgan П seriyali motor; П112 – o'n birinchi o'lcham va ikkinchi uzunlikka ega bo'lgan П seriyali motor.

5.9.

### Motorning quvvat koeffitsienti. Quvvat koeffitsientini oshirish yo'llari

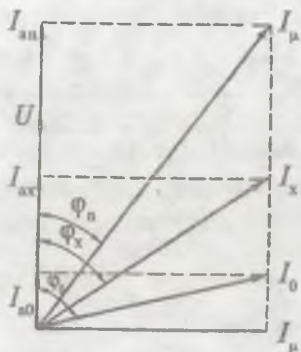
Ishlab chiqarish korxonalarida juda keng tarqalgan asinxron motorlar va shu kabi elektromagnit chulg'amlarga ega bo'lgan qator iste'molchilarda o'zgaruvchan magnit maydonini hosil qilish uchun reaktiv quvvat talab qilinadi. Bu quvvat hech qanday foydali ishga sarflanmay, faqat iste'molchi zanjiri, elektr tarmoq, transformator, generator va o'zgartgichlarni reaktiv tok bilan yuklab, ularning aktiv (foydali ishga sarflanadigan) tok o'tkazish qobiliyatini kamaytiradi. Reaktiv quvvat  $\cos\varphi$  koeffitsient bilan tavsiflanadi. Bu koeffitsientning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3}UI} = \frac{P}{S};$$

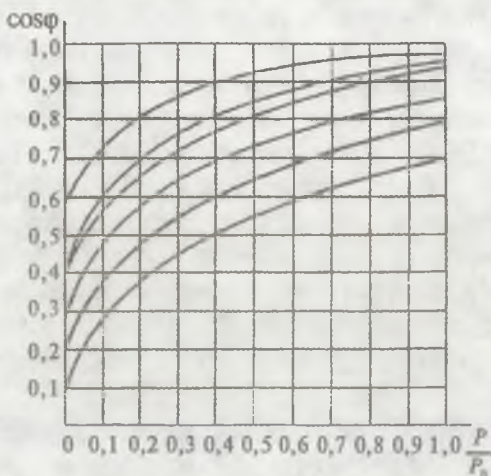
$\cos \varphi$  quvvat koeffitsienti deb ataladi. bunda  $P$  – aktiv quvvat,  $W$ ;  $U$  – fazalararo kuchlanish;  $I$  – liniya toki;  $S = \sqrt{3}UI$  – to'la quvvat,  $W$ .

Tok manбайдan talab qilinadigan reaktiv quvvat qiymatini kamaytirish, ya'ni quvvat koeffitsienti  $\cos\varphi$  ni oshirish muhim masalalardan hisoblanadi. Haqiqatan,  $\cos\varphi$  ning ahamiyatini eng ko'p tarqalgan iste'molchilardan, asinxron motor uchun transformator tanlash misolida ko'rsatish mumkin. Masalan 100 kW aktiv quvvatga ega bo'lgan motor uchun  $\cos\varphi = 0,85$  bo'lganda, quvvati  $P_{tr-r} = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{100}{0,85} = 117 \text{ kW}$  bo'lgan transformator tanla-

nadi; agar  $\cos\varphi = 0,5$  bo'lsa, u holda quvvati  $P_{tr-r} = \frac{100}{0,5} = 200 \text{ kW}$  bo'lgan transformator tanlash kerak. Bunda  $\cos\varphi$  ning kamayishi bilan transformator va generator katta quvvatga tanlanishi kerak.



5.15- rasm. Quvvat koef-fitsientining aktiv yuklama bog'liqligini ko'rsatuvchi diagramma.



5.16- rasm. Turli tipdagi asinxron motorlarning quvvat koefitsientlarining yuklamaga bog'lanishini ko'rsatuvchi egri chiziqlar.

**Quvvat koefitsientining kamayish sabablari.** Buni asinxron motor misolida ko'rsatish mumkin. Motorni ishlatishda magnit maydoni hosil qilish uchun unga berilayotgan tokning bir qismi reaktiv (magnitlanish toki), qolgan qismi aktiv tokdan iborat bo'ladi (5.15- rasm).

5.15- rasmdagi diagrammada yuklama salt ishlash rejimidan nominal qiymatgacha o'zgarishi bilan  $\varphi$  burchagining o'zgarishi ko'rsatilgan. Motorga berilayotgan kuchlanish qiymatini o'zgarmas, ya'ni  $U = \text{const}$  deb qabul qilinsa, u holda  $F$  va  $I_\mu$  lar ham o'zgarmas bo'ladi.

Demak, yuklama o'zgarishi bilan tokning faqat aktiv qismi o'zgaradi. Buning natijasida esa turli yuklamalardagi  $I_x$  tokni kuchlanishga nisbatan siljish burchagi  $\varphi_x$  ham o'zgarib boshlaydi, ya'ni aktiv yuklama kamayishi bilan ( $I_{an}$ ;  $I_{ax}$ ;  $I_{ao}$  va ularga tegishli  $\varphi_n$ ;  $\varphi_x$  va  $\varphi_0$ )  $\varphi$  burchagi orta boradi. Bunda quvvat koefitsienti  $\cos \varphi$  kamayib boradi. Shunga ko'ra, motorni mumkin qadar to'la yuklama bilan ishlashi tavsiya qilinadi. 5.16- rasmda turli tipdagi motorlarning quvvat koefitsientining yuklamaga bog'lanishini ko'rsatuvchi egri chiziqlar ko'rsatilgan.

**Quvvat koefitsientini oshirish usullari.** Asinxron motorlarning  $\cos \varphi$  sini oshirish uchun dastavval ularni to'la yuklama bilan ishlatish lozim. Buning uchun: 1) texnologik jarayonni mukammallashtirish; 2) kam yuklama bilan ishlaydigan motorlarni boshqa

kichik quvvatli motorlar bilan almashtirish; 3) yuklama qiymati  $P \equiv (0,3 \div 0,4) R_n$  bo'lsa, u holda motorni uchburchak shaklida ulashdan yulduz shakliga (iloji bo'lsa) o'tkazib ishlatish; 4) salt ishlash rejim vaqtini iloji boricha kamaytirish; 5) motor ta'mirini sifatli o'tkazish lozim. Bunday tabiiy usullar bilan quvvat koeffitsientini oshirish natijasida motorning foydali ish koeffitsienti ham ortadi, chunki  $\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P}$  bunda  $P_2$  – foydali quvvat,  $\Delta P$  – turli yuklamalardagi quvvat isrofi.

$$\Delta P = \Delta P_{\underline{}} + \Delta P_{\sim} = \Delta P_{\underline{}} + \Delta P_{\sim} x^2; x = \frac{I}{I_n} \equiv \frac{P}{P_n}.$$

Agar tabiiy usullar bilan quvvat koeffitsientini kerakli qiymatga oshirish mumkin bo'lmasa, u holda sun'iy usullar qo'llaniladi. Xususan, bunday usullar ichida eng ko'p tarqalgan kondensator batareyalari bilan  $\cos\varphi$  ni oshirishdir. Asinxron motor o'rniga sinxron motorni qo'llab ham  $\cos\varphi$  ni oshirish mumkin (sinxron motorning o'zuvchan  $\cos\varphi$  bilan ishlash xususiyatiga ega bo'lishi tufayli).

Ma'lumki, statik kondensatordan o'tadigan sig'im toki kuchlanishdan  $90^\circ$  oldinga siljigan bo'lib, reaktiv tokni go'yo kamaytiradi va natijada  $\varphi_2$  burchagi kamayadi, ya'ni  $\varphi_2 < \varphi_1$ ;  $\cos\varphi_2$  esa ko'payadi (5.17- rasm).

Demak, ma'lum qiymatli sig'imda  $I_s = I_n$  bo'lsa,  $\cos\varphi = 1$  ga ham teng bo'lishi mumkin. Shunday qilib, bir tipdagi motorlarni o'rtacha  $\cos\varphi$  ni  $\cos\varphi_2$  gacha oshirishda kondensator batareyalari quvvati quyidagicha aniqlanadi:

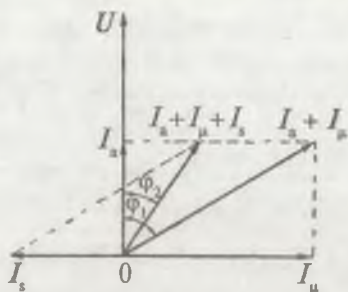
$$P_s = P_s (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2),$$

bunda  $P_s$  – kondensator batareyalari quvvati (kvar);  $P_n$  – bir yoki bir necha motorlarning aktiv quvvati;  $P_{\text{ch1}}, P_{\text{ch2}}$  – tegishlicha kondensator ulangunga qadar va ulangandan keyingi reaktiv quvvatlar;  $P', P''$  – tegishlicha transformatoridan berilayotgan to'la quvvatlarni kondensator ulangunga qadar va ulangandan keyingi qiymatlari (5.18- rasm).

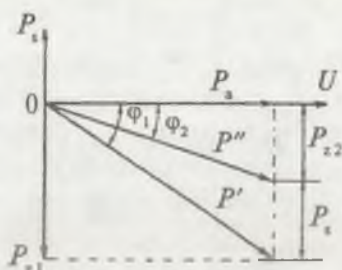
Kondensatorlarning sig'imi quyidagicha aniqlanadi:

$$3C = \frac{P_s 10^9}{\omega U^2},$$

bunda  $C$  – kondensator batareyasining bir fazasidagi sig'im;  $P_s$  – ma'lum sig'im quvvati;  $U$  – kondensator batareyalari fazasidagi kuchlanishi.



5.17- rasm. Induktivli yuklamaga sig'im qarshiligi parallel ulan-ganda quvvat koeffitsientining ko'tarilish diagrammasi.



5.18- rasm. Quvvat koeffitsientini ma'lum qiymatgacha ko'tarish uchun kerak bo'lgan kondensator batareyalari quvvatini aniqlash diagrammasi.

Demak, o'zgarmas sig'imli kondensatorning  $P_s$  quvvati kuchlanish kvadratiga to'g'ri mutanosib bo'ladi. Shunga ko'ra, kondensator batareyalarini yuqori kuchlanish tomonga ulash tavsiya qilinadi. Katta quvvatli motorlarda kondensator batareyalari stator chulg'aminig o'ziga parallel ulanadi. 5.19- rasmda kondensatorlarni uchburchak shaklida ulanish sxemasi ko'rsatilgan. Natijada uning  $P_s$  quvvati yulduz shaklidagiga ko'ra uch marta katta bo'ladi. Demak, ma'lum quvvatda kondensator sig'imini kamaytirish mumkin. Kondensator batareyalari, odatda, oddiy yoritish lampasi yoki aktiv qarshiliklar bilan razryadlanadi (5.19- rasm).

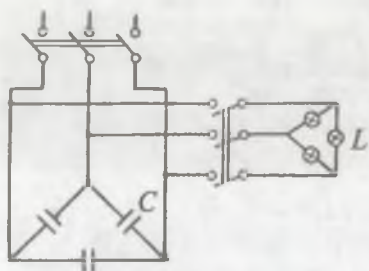
5.1- masala. 5.20- rasmda keltirilgan yuklanish diagrammasi uchun motor quvvati tanlansin. Motor yopiq tipi, 220 V o'zgar-mas kuchlanishga hisoblangan bo'lishi kerak.

Yechish. Bu yuklanish grafigi uchun ulanish muddati

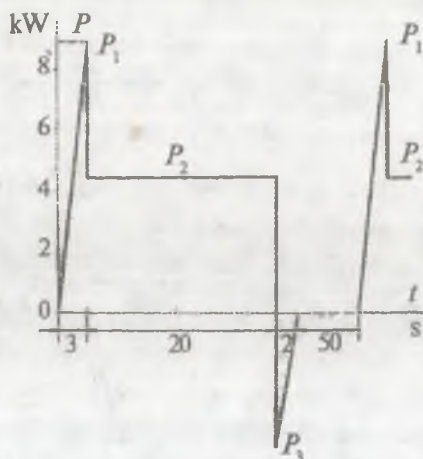
$PV\% = \frac{3+20+2}{3+20+2+50} \cdot 100 = 33,3\%$ .  $PV\% = 100\%$  uchun ekvivalent quvvat qiymati.

$$P_e^{100} = \sqrt{\frac{9^2 \cdot 3 + 4,5^2 \cdot 20 + 4,5^2 \cdot 2}{0,75 \cdot 3 + 20 + 0,75 \cdot 2 + 0,5 \cdot 50}} = 3,8 \text{ kW}.$$

Bu formula maxrajidagi 0,75 va 0,5 sonlari motorni ishga tushirish, tormozlash va pauza vaqtlarida uni sovishi sharoiti og'irlashishini hisobga olish uchun kiritilgan. Topilgan quvvatni grafikdan aniqlangan  $PV\% = 33,3$  ga yaqin va undan katta bo'lgan standartdagi  $PV\% = 40$



5.19- rasm. Quvvat koeffitsientini ko'tarishda kondensator batareyalarining ulanish sxemasi.



5.20- rasm. Uch pog'onadan iborat takrorlanuvchi qisqa muddatli ish rejimining yuklanish diagrammasi.

ga qayta hisoblanadi, ya'ni  $P_e^{40} = \frac{P_c^{100}}{\sqrt{e_{40}}} = \frac{3,8}{\sqrt{0,4}} = 6 \text{ kW}$ . Takrorlanuvchi qisqa muddatli ish rejimi uchun chiqarilgan katalogdan  $PV\% = 40$  va  $U = 220 \text{ V}$ ,  $P_{40} = 6,3 \text{ kW}$  bo'lgan KP-75/1003 tipli motor tanlanadi.

# IKKINCHI QISM

## ELEKTR YURITMANI BOSHQARISH APPARATLARI VA AVTOMATIK BOSHQARISH SXEMALARI

### VI BOB. ELEKTR YURITMANI BOSHQARISH APPARATLARI

Hozirgi zamon avtomatlashtirilgan elektr yuritmalarini boshqarish apparatlari motorni avtomatik ravishda ishga tushirish, berilgan tezlikni o'zgartirmay saqlash, reverslash va tormozlab to'xtatish kabi murakkab vazifalarni bajarishga mo'ljallangan. Bunday apparatlar quyidagi turlarga bo'linadi:

1) dastaki (qo'l bilan) boshqarish; 2) rele-kontaktorli; 3) himoya apparatlari; 4) texnologik datchiklar va avtomatikada qo'llaniladigan ba'zi bir apparatlar.

#### 6.1. Dastaki boshqarish apparatlari

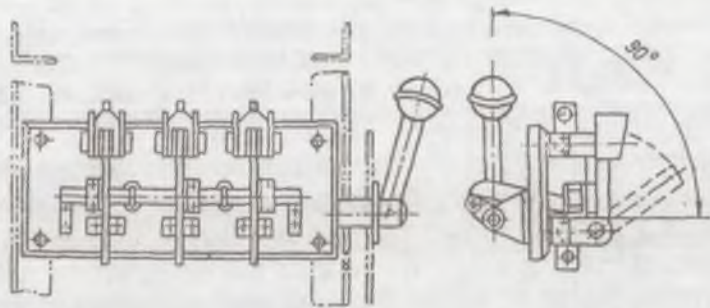
Bunday apparatlar qo'l bilan bevosita yoki mexanik uzatmalar yordamida harakatlantirilib, kuchlanishi 500 V gacha bo'lgan o'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarini uzib-ulab turishda ishlatiladi. Bularga rubilnik, paketli uzgich, barabanli uzgich-ulgich, kontroller va shu kabilarni misol qilib ko'rsatish mumkin.

Bu apparatlar nisbatan katta o'lcham, kichik quvvatga ega bo'ladi. Ularni harakatga keltirish uchun ancha katta qo'l kuchi talab qilinadi.

Nominal toki 1000 A gacha bo'lgan elektr zanjirlarning uzib-ulab turishda qo'llaniladigan eng oddiy asbob *rubilnik* deb ataladi. Rubilniklar bir, ikki va uch qutbli bo'ladi.

6.1- rasmda uch qutbli rubilnik ko'rsatilgan.

Qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan kontaktlari bir-biridan izolyatsiyalangan hamda maxsus paketlar ichiga o'rnatilgan apparatga paketli uzgich deb ataladi (6.2- rasm). Bu apparat bilan kichik va o'rtacha quvvatli qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlarni ishga tushirish, to'xtatish, ularni yulduz sxemasidan uchburchak sxemasiga o'tkazish va boshqarish zanjirlarini uzib-ulash mumkin. Paketli uzgichlar ham bir yoki bir necha qutbli bo'lib, 220 V



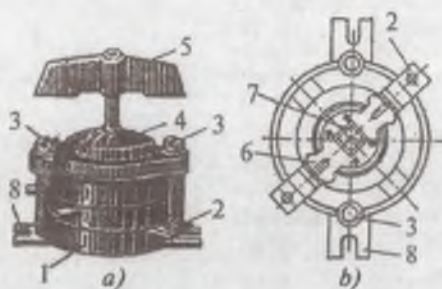
6.1- rasm. Uch qutbli rubilnik.

kuchlanishda nominal toki 400 ampergacha bo'lgan zanjirlarda ishlatilishi mumkin, 380 V kuchlanishda esa apparatning nominal toki 40% ga kamaytirilishi kerak.

**Barabanli almashlab ulagich**, birdaniga bir necha boshqaruvchi zanjirlarni almashlab ulab turish hamda 3 kW gacha bo'lgan asinxron motorlarni boshqarishda qo'llaniladi (6.3- rasm).

**Kontrollerlar**, asosan, barabanli va kulachokli bo'ladi. Barabanli kontroller o'zgaruvchan va o'zgarmas tok motorlarini ishga tushirish va ular tezligini rostdashda qo'llaniladi.

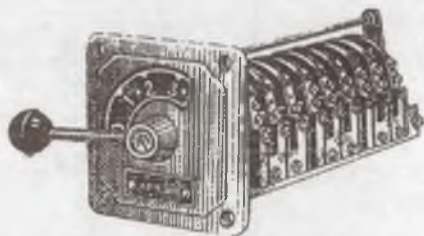
Barabanli kontrollerning tuzilishi 6.4- rasmda ko'rsatilgan. U aylanuvchi va qo'zg'almas qismlardan iborat bo'ladi. Aylanuvchi qism baraban (2) dan iborat bo'lib, uni dasta (1) yordamida harakatlantiriladi. Barabanga mis yoki bronzadan qilingan kontakt (3) lar o'rnatiladi. Qo'zg'almas qism esa



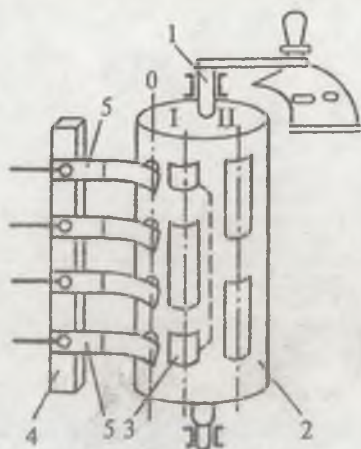
6.2- rasm. Paketli uzgich:

*a* – paketli uzatgichning umumiy ko'rinishi va *b* – yuqoridan ko'rinishi.

- 1 – paket; 2 – liniya kontakti;
- 3 – shpilka; 4 – qopqoq; 5 – dasta;
- 6 – qo'zg'aluvchi kontakt; 7 – valik;
- 8 – skoba.



6.3- rasm. Barabanli almashlab ulagich.



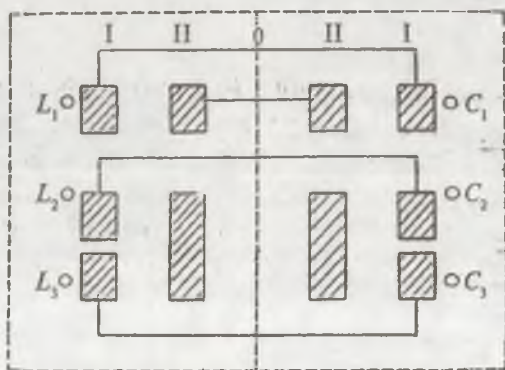
6.4- rasm. Barabanli kontrollerning tuzilishi:

- 1 - dasta; 2 - baraban;
- 3 - segmentsimon kontaktlar;
- 4 - qo'zg'almas kontaktlar o'rnatiladigan ustun;
- 5 - qo'zg'almas kontaktlar.

qo'zg'aluvchi kontaktlar esa asinxron motorning stator chulg'amiga ulangan bo'ladi.

Shunga ko'ra, kontroller 0 holatdan I holatga o'tkazilsa, motor bir tomonga, II holatga o'tkazilganda teskari tomonga aylanadi. Demak, bunday sxemali kontroller bilan motorni reverslash mumkin.

Ko'pincha kontroller sxemasida qo'zg'almas kontaktlarning ulanish jadvali beriladi (6.6- rasm).



6.5- rasm. Barabanli kontrollerning yoyilma sxemasi.

izolatsiyalangan ustuncha (4) dan iborat bo'lib, unga prujinali kontakt barmoqlari (5) o'rnatiladi. Kommutsatsiya paytida kontroller kontaktlari orasida hosil bo'ladigan uchqunlarni (elektr yoyni) tezda o'chirish uchun uchqun o'chiruvchi chulg'am qo'llaniladi. 6.5- rasmda barabanli kontrollerning yoyilma sxemasi ko'rsatilgan. Bunday sxemada kontakt barmoqlari aylana yoki nuqta bilan belgilanadi.

Agar kontroller barabanini I, II yoki 0 holatlarga aylantirib qo'yilsa, unda barabandagi shtrixlar bilan ko'rsatilgan qo'zg'aluvchi kontaktlar qo'zg'almas kontaktlar bilan qo'shilishadi. Bunda  $L_1$ ,  $L_2$  va  $L_3$  qo'zg'almas kontaktlar elektr tarmog'iga ulanilib,  $C_1$ ,  $C_2$  va  $C_3$



Kontaktlar	Uzgich-ulagich holatlari		
	I	0	II
$L_1-C_1$	X	—	X
$L_2-C_2$	X	—	—
$L_3-C_3$	X	—	—
$L_2-C_3$	—	—	X
$L_3-C_2$	—	—	X

6.6- rasm. Kontroller kontaktlarining ulanish jadvali.

Bunda X belgisi kontaktlarning ulanganligini, — belgisi esa kontaktlarning uzilganligini ifodalaydi. Barabanli kontroller yordamida ikki xil tezlikka ega motorlarni ham boshqarish mumkin. Ammo bunday kontrollerlarning ulanish soni soatiga 120 dan ortmasligi kerak, aks holda kontaktlar ustida kuyindilar hosil bo‘lib, ular ishdan chiqishi mumkin. Shunga ko‘ra, ulanish soni yuqori bo‘lganda yuklama tokini birmuncha kamaytirish lozim yoki boshqa tipdagi, ya‘ni kulachokli kontroller ishlatish kerak. Kulachokli kontrollerlarda qo‘zg‘almas va qo‘zg‘aluvchan kontaktlarning bir-biriga nisbatan yumalanib kontakt hosil qilishiga ko‘ra, ulanish soni katta bo‘lganda ham kommutatsiya sharoiti yengil o‘tadi.

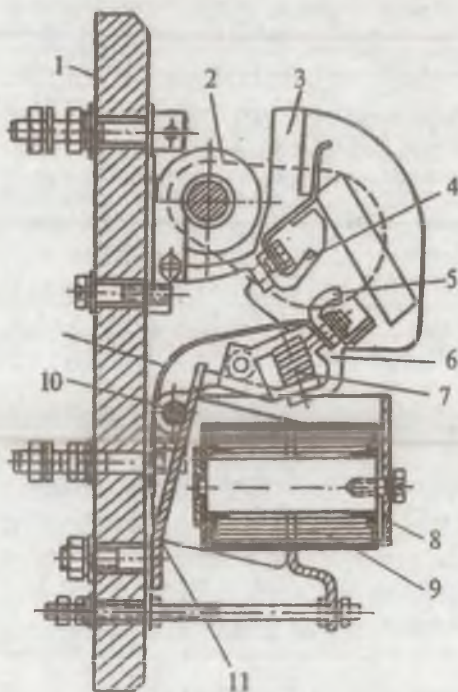
## 6.2. Rele-kontaktorli boshqarish apparatlari

Qo‘l bilan boshqarish apparatlari kontaktlarining mexanik yemirilishi nisbatan katta bo‘lgani uchun ularning xizmat davri juda qisqa bo‘ladi. Masalan, rubilniklarning o‘rtacha xizmat davri 5000 marta ulanish, barabanli uzgich-ulagichlarniki 25000 marta bilan chegaralansa, kontaktorlarniki esa bir necha millionga teng bo‘ladi. Kelgusida eng katta istiqbolga ega bo‘lgan yarim o‘tkazgichli kontaktsiz apparatlar va mantiqiy elementlarning xizmat davri juda katta ulanish sonlari bilan aniqlanishi kerak. Lekin hozirgi paytda, avtomatikada qo‘llanilgan apparatlar ichida rele-kontaktorlar ko‘pchilikni tashkil qiladi.

Bu apparatlar avtomatikada keng qo‘llanilayotgan elektr mashinali va magnet kuchaytirgichlar hamda ventilli kuchaytirgichlar bilan birgalikda ishlatilmoqda. Elektr zanjirini soatiga 1500 marta uzib-ulab turuvchi elektromagnet apparati *kontaktor* deb ataladi.

Bu apparatlarni turli masofadan turib boshqarish mumkin. O'zgarmas va o'zgaruvchan tok kontaktorlari, bir va bir necha qutbli, tutashadigan va ajraladigan kontaktli qilib ishlab chiqarilmoqda. Elektromagnit apparatlarining me'yoriy holati deb ular chulg'amiga tok berilmagan holatga aytiladi.

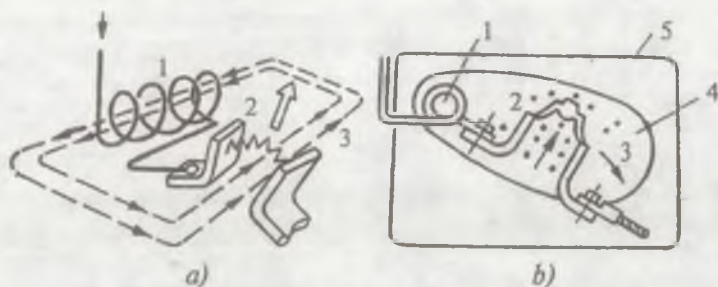
**O'zgarmas tok kontaktorlari.** O'zgarmas tok kontaktorlari, asosan, qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan qismlardan iborat bo'ladi. Kontaktorning qo'zg'almas qismi po'lat o'zak va unga o'rnatilgan o'zgarmas tok beriladigan chulg'am hamda qo'zg'almas kontaktlar sistemasidan iborat bo'lib, qo'zg'aluvchi qism esa, yakor va unga o'rnatilgan qo'zg'aluvchi kontaktlar sistemasidan iborat bo'ladi (6.7- rasm). Bosh zanjirni uzib-ulaydigan (2) va (3) kontaktlar orasida sodir bo'ladigan elektr yoyini tezda so'ndirish



6.7- rasm. O'zgarmas tok kontaktori:

- 1 - asos; 2 - uchqun so'ndirgich chulg'am; 3 - uchqun o'chiruvchi xona; 4 - qo'zg'almas kontakt;
- 5 - qo'zg'aluvchi kontakt va 6 - uning sistemasi; 7 - prujina; 8 - yarmo;
- 9 - chulg'am; 10 - yakor o'qi;
- 11 - yakor; 12 - tok o'tkazgich.

maqsadida zanjirga ketma-ket ulangan uchqun so'ndirgich maxsus chulg'am (2) ishlatiladi. 6.8- rasmda elektr yoyini so'ndiruvchi chulg'am ta'sirini ifodalovchi eskizlar ko'rsatilgan. Elektr yoyi paydo bo'lishi bilan bu chulg'amda hosil bo'lgan elektromagnit kuch ta'sirida chap qo'l qoidasiga binoan yoy kontakt (2) va (3) larni o'z ichiga olgan asbest kamerasiga itariladi va yoy unda so'ndiriladi. Kontaktorning qo'zg'atish chulg'ami o'rnatilgan temir o'zagi bilan yakori o'rtasidagi havo bo'shlig'i magnit qarshiligini kamaytirish maqsadida 10 mm dan ko'p bo'lmasligi lozim. O'zgarmas tok kontaktorlarining kontakt sistemasida bosh kontakt (2) va (3) lardan tashqari, kichik toklarga mo'ljallangan va boshqarish zanjirlariga ulanadigan blok (yordamchi) kontaktlar bo'lishi ham mumkin.



6.8- rasm. Kontaktor kontaktlari orasidagi elektr uchqunini soʻndirgich chulgʻam va uning taʼsirini ifodalovchi eskizlar:

- 1 – uchqun soʻndirgich chulgʻam; 2 va 3 – kontaktlar;  
4 – uchqun soʻndirgich kamera.

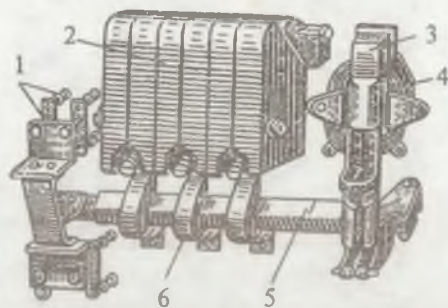
Qoʻzgʻatish chulgʻaming oʻramlar soni katta boʻlganligi uchun, uning induktivligi ham katta boʻladi. Shunga koʻra, bu chulgʻam zanjirida 220 V kuchlanishda 2 A tokni, 440 V kuchlanishda esa 0,5 A tokni uzish mumkin. Induktivlik katta boʻlgani sababli elektromagnit vaqt doimiysi  $T_c = \frac{L}{R}$  ham nisbatan katta qiymatga ega boʻladi. Natijada chulgʻamga tok berilib, 0,1÷0,2 s vaqt oʻtgandan soʻng yakor oʻzak tomon tortiladi. Chulgʻamdagi tok induktivlik tufayli asta-sekin ortganligi uchun yakorning tortilishi ham bir tekisda silliq oʻtadi.

Shunga koʻra, kontaktlarning yemirilishi ham nisbatan oz boʻlib, bunday kontaktorlarning xizmat davri 30 ÷ 50 mln. ulanish soni bilan aniqlanadi. Oʻzgarmas tok kontaktorlari nominal toki 40 ÷ 2500 A boʻlgan elektr zanjirlarini soatiga 1500 martagacha uzib-ulab turishga hisoblab chiqariladi.

**Oʻzgaruvchan tok kontaktorlari.** Oʻzgaruvchan tok kontaktorlarining magnit sistemalari bir-biridan izolatsiyalangan yupqa temir listlardan tayyorlanadi. Buning natijasida poʻlat oʻzakda hosil boʻladigan uyurma toklar kamayadi.

Bu kontaktorlarda ham qoʻzgʻatish chulgʻami qoʻzgʻalmas poʻlat oʻzakka oʻrnatiladi. Chulgʻamga tok berilganda yakor tortiladi va oʻzi bilan qoʻzgʻaluvchi kontaktlar sistemasini harakatga keltirib, ularni qoʻzgʻalmas kontaktlar bilan tutashtiradi (6.9- rasm). Bosh kontaktlar uchqun oʻchiruvchi asbest kamera (2) ichiga joylashtiriladi.

Qoʻzgʻatish chulgʻamiga beriladigan oʻzgaruvchan tokning maʼlum vaqtlarda nol qiymatga ega boʻlishi sababidan magnit sistemasi tebranib, oʻziga xos tovush chiqaradi. Buni susaytirish uchun chulgʻam oʻrnatilgan oʻzak ichiga mis halqacha (qisqa tutash-



6.9- rasm. O'zgaruvchan tok kontaktori:

- 1 – blok kontakt; 2 – uchqun so'ndirgich; 3 – yakor;
- 4 – kontaktorning qo'zg'atuvchi chulg'ami; 5 – val; 6 – o'tkazgich.

tirilgan o'ram) kiygiziladi. Natijada tok nolga teng bo'lsa ham mis halqachada induksiya tokdan hosil bo'lgan magnit oqimi yakorni tortilgan holda ushlab turadi.

Qo'zg'atish chulg'ami-dagi tokning qiymati to'la qarshilikka bog'liq. Ammo induktiv qarshilik yakor bilan o'zak o'rtasidagi havo oralig'iga bog'liq bo'ladi, ya'ni bu oralig' qancha katta bo'lsa, induktivlik shuncha

kichik bo'ladi. Demak, chulg'am tarmoqqa ulanish paytida undagi tokning qiymati yakor tortilgandagi tokka nisbatan  $10 \div 15$  marta katta bo'ladi. Shunga ko'ra, o'zgaruvchan tok kontaktorlarida yakor o'zakka zarb bilan uriladi. Natijada kontaktlarning mexanik yemirilishi ko'proq bo'lib, ularning xizmat davri o'zgarimas tok kontaktorlariga nisbatan ancha kam, ya'ni  $1 \div 7$  mln. ulanishga teng bo'ladi. Bu kontaktorlar  $20 \div 600$  A tokka va  $2 \div 5$  qutbga mo'ljallanib tayyorlanadi. Kontaktor qo'zg'atilgandan so'ng, kontaktlarning tutashish vaqti  $0,05 \div 0,1$  s bo'ladi.

O'zgarimas va o'zgaruvchan tok kontaktorlari kuchlanish  $85 \div 105\%$  gacha o'zgariganda ham normal holda ishlashi lozim.

**Magnitli ishga tushirgich.** Elektr motorini boshqarish uchun mo'ljallangan blok-kontaktli o'zgarimas yoki o'zgaruvchan tok kontaktorlar gruppasi hamda tugmalar stansiyasidan iborat apparat *magnitli ishga tushirgich* deb ataladi.

Ular reversiv va reversivmas bo'lishlari mumkin. Reversivmas magnitli ishga tushirgich orqali faqat bir tomonga aylanadigan motor boshqarilsa, reversiv ishga tushirgich orqali esa ikki tomonga aylanadigan motor boshqariladi. Magnitli ishga tushirgichlardagi kontaktorlar motorning o'tayuklanishi va, demak, motorni haddan tashqari qizib ketishidan himoyalaydigan issiqlik relelar bilan ta'minlanishi mumkin.

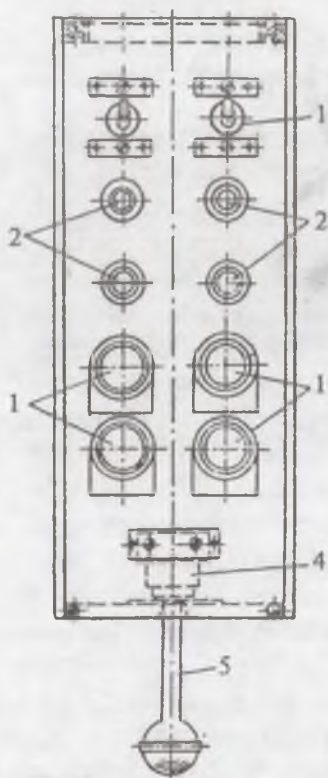
Umumiy korpus ichiga o'rnatilgan bir yoki bir necha tugma elementlari *tugma stansiyasi* deb ataladi (6.10- rasm). Ularni buyruq beruvchi apparat ham deyiladi, chunki bu apparatlar yordamida operator elektr motorni boshqarish uchun turli buyruqlar (koman-

dalar) berishi mumkin. Tugmalar tutashtiruvchi (a), ajratuvchi (b) yoki har ikkala kontaktli qilib tayyorlanishi mumkin. 6.11-rasmda tugma kontaktlarining sxemasi ko'rsatilgan.

**Boshqarish relelari.** Elektr motorni avtomatik ishlatish sxemalarida kontaktorlar bilan birga uni tok, kuchlanish, vaqt va shu kabi parametrlar bo'yicha boshqaruvchi relelar ham qo'llaniladi. Bunday relelar impuls berilganidan so'ng bir onda yoki ma'lum vaqt o'tishi bilan ishga tushadi.

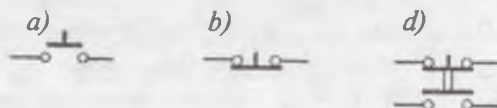
Agar impulsdan so'ng,  $0,1 \div 0,15$  s o'tishi bilan rele ishga tushsa, uni *bir onda ishga tushuvchi rele* deyiladi. Agar berilgan impulsdan so'ng, relening ishga tushish vaqti  $t \geq 0,15$  s bo'lib, bu vaqtni ma'lum chegarada o'zgartirish mumkin bo'lsa, unday rele *vaqt relesi* deb ataladi. Elektr motorni avtomatik boshqarish sxemalarida turli tipdagi vaqt relelari keng ishlatiladi.

**Elektromagnit vaqt relesi.** Bunday 'rele faqat o'zgarmas tok zanjirlarida qo'llaniladi. Rele asosan silindr shaklidagi yaxlit po'lat o'zak va bu o'zakka o'rnatilgan qo'zg'atish chulg'ami hamda qo'zg'aluvchi kontakt sistemasini harakatga keltiruvchi yakordan iborat. Agar qo'zg'atish chulg'amiga tok berilsa, yakor va u bilan birga kontakt sistemasi tortiladi. Bunda yakorni tortuvchi kuch prujina kuchidan katta bo'lib, uni yengishi kerak. Prujining teskari tomonga yakorni tortib turish kuchini gayka bilan o'zgartirish mumkin. Qoldiq magnetizmga ko'ra yakorni o'zakka tortilgan holda qolishini

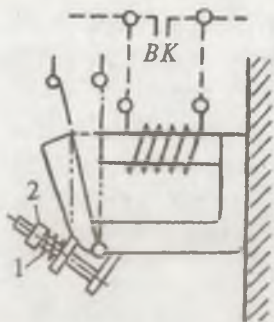


6.10- rasm. Osmo tugma stansiyasi:

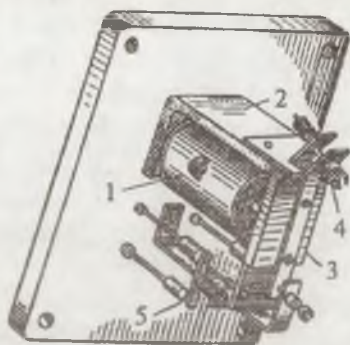
1 - tugmalar; 2 - signal lampalari; 3 - tumbler; 4 - to'xtatuvchi tugma elementi va 5 - tugma richagi.



6.11- rasm. Tugma kontaktlarining sxemasi: a - tutashtiruvchi; b - ajratuvchi; d - ajratuvchi va tutashtiruvchi tugma kontaktlari.



6.12- rasm. Elektromagnit vaqt releining sxemasi.



6.13- rasm. Elektromagnit vaqt releining umumiy ko'rinishi:

- 1 — relening qo'zg'atuvchi chulg'ami;
- 2 — magnet sistemasi; 3 — yakor;
- 4 — rostlovchi gayka; 5 — kontakt.

yo'qotish maqsadida yakorning ichki tomonidan unga yupqa ( $0,1 \div 0,5$  mm) magnetmas materialdan qistirma o'rnatiladi. Qistirmalarning soniga qarab yakor bilan o'zak o'rtasidagi havo bo'shlig'i qiymatini ham o'zgartirish mumkin. Bunday relelarni ishga tushirish uchun dastavval biror boshqaruvchi apparatni tutashtiruvchi BK kontakti orqali qo'zg'atish chulg'ami o'z-o'ziga qisqa tutashtiriladi. Bunda chulg'amdan o'tayotgan tok kamaya boshlaydi. Natijada tokning nol qiymatigacha kamayishiga vaqtincha to'sqinlik ko'rsatuvchi magnet oqimi hosil bo'ladi va rele yakori ma'lum vaqtgacha tortilganicha qoladi (6.12- rasm). Buni relening *vaqt saqlashi* deyiladi. Uning qiymatini prujina ( $I$ ) va siquvchi gayka (2) hamda magnetmas qistirmalarning sonini o'zgartirish orqali rostlash mumkin. Masalan, qistirma soni ko'paytirilsa, havo bo'shlig'i ortib vaqt kamayadi. 6.13- rasmda elektromagnit releining umumiy ko'rinishi ko'rsatilgan. Bunday relelar quyidagi seriyalarda chiqariladi.

PĐ-100; bunda vaqt saqlash qiymatini  $0,1 \div 1$  s gacha; PĐ-580 da esa 16 sek gacha rostlash mumkin. O'zgarmas tok tarmog'i bo'lmaganda bunday relelarni yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar orqali o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulab ishlatish ham mumkin. Bu relelar ishda juda ishonchli bo'lib, ularda soatiga ulanish soni chegaralanmaydi. Relening xizmat davri 10000000 ulanish bilan o'lchanadi. Bunday relelarda ikki juft kontakt bo'ladi. Ko'pincha ular o'zgarmas tok motorini vaqtga bog'liq bo'lgan avtomatik ishga tushirish sxemalarida qo'llaniladi. O'zgarmas tok

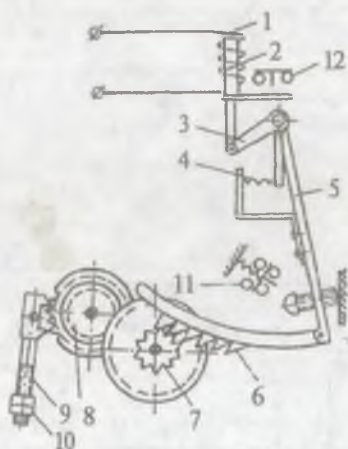
motorini avtomatik ishga tushirishda, bir vaqtda, kontaktor va vaqt relesi vazifasini bajaruvchi apparatlar *taymtaktor* deb ataladi. Taymtaktorlar kontaktor bilan mayatnikli vaqt relesidan iborat bo'ladi.

**Mayatnikli vaqt relesi.** Bu rele o'zgaras va o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatilishi mumkin. U avtomatikada keng tarqalgan. O'zgaras tok zanjirlarida elektromagnit vaqt relesini ishlatish tavsiya etiladi. Mayatnikli vaqt relesini (6.14- rasm) harakatga keltirish uchun chulg'am (1) ni elektr tarmog'iga ulash kerak. Bunda yakor (2) tortilib, richag (3) va (5) lar sistemasi orqali qiyshiq tishli reyka (6) ni kontakt (11) tomon harakatlantiradi. Buning natijasida prujina (4) siqiladi, tishli g'ildirak (7) esa aylana boshlaydi. Bu g'ildirak o'qida boshqa tishli uzatma

o'rnatilgan bo'lib, u orqali xrapovik g'ildiragi va anker (8) harakatga keltiriladi. Natijada, mayatnik tebranadi. Xrapovikning tezligi mayatnikning tebranish davriga bog'liq bo'ladi. Tebranish davri esa mayatnik yelkasining uzunligiga bog'liq bo'lib, yuk (10) ni surish bilan yelka uzunligi o'zgartiriladi. Mayatnikning har bir tebranishida anker xrapovikning faqat bitta tishini o'tkazadi.

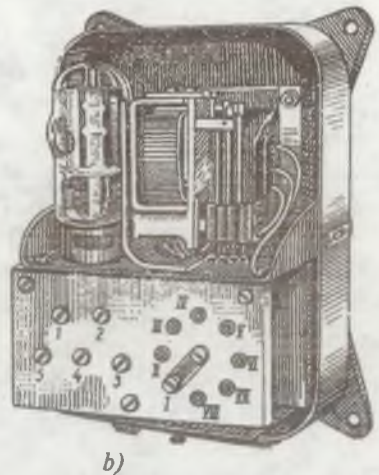
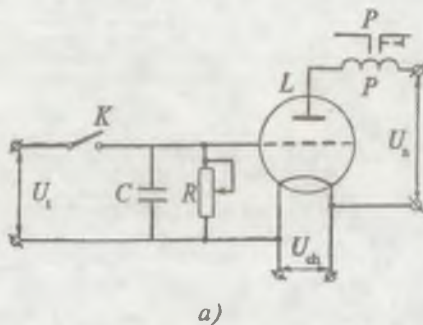
Tishli g'ildirak bilan reykaning ilashishi tugaganda, relening vaqt saqlashi ham tamom bo'lib, uning kontakti (11) tutashadi va natijada avtomatikaga kerak bo'lgan signal uning kontakti orqali o'tadi. Mayatnikli relening vaqt saqlashini sozlash yoki rostlash uchun richag (5) dagi vint orqali reykaning ilashish uzunligini o'zgartirish yoki mayatnik yelkasidagi yukni siljitish kerak. Bunday relening vaqt saqlashi  $1 \div 10$  s atrofida rostlanishi mumkin. Elektromagnit chulg'am tarmoqdan ajralganda, prujina (4) orqali hamma kontaktlar dastlabki holatga qaytariladi.

Yu releda bir onda tutashadigan kontakt (12) ham bo'ladi. Mayatnikli vaqt relesi katta ulanish soni bilan ishlashga yaramaydi, chunki unda mexanik yemirilish nisbatan ko'proq bo'ladi.



6.14- rasm. Mayatnikli vaqt relesining sxemasi:

- 1 – relening qo'zg'atuvchi chulg'ami; 2 – yakor;
- 3 va 5 – richaglar sistemasi;
- 4 – prujina; 6 – qiyshiq tishli reyka; 7 – tishli g'ildirak;
- 8 – ankerli g'ildirak;
- 9 – mayatnik; 10 – mayatnik yuki;
- 11 va 12 – kontaktlar sistemasi.



6.15- rasm. Elektron vaqt releining umumiy ko‘rinishi:  
*a* – prinsipial sxemasi; *b* – umumiy ko‘rinishi.

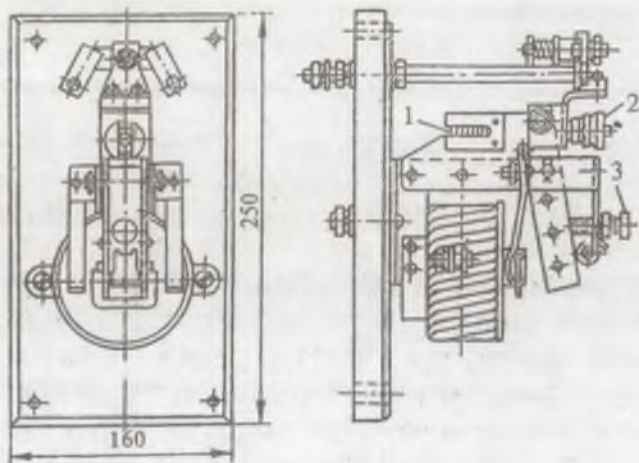
**Elektron vaqt relei.** Elektron vaqt relei, odatda, elektron kuchaytirgichi, ya’ni triod bilan elektromagnit rele *P* dan iborat bo‘ladi (6.15- rasm). Bunda relening ishga tushish vaqti kondensator *C* ni qarshilik *R* ga razryadlanish davri bilan aniqlanadi. Releni ishlatish uchun dastavval triod elektrodlariga kerakli kuchlanishga ega bo‘lgan tok manbalarini (amalda ko‘p chulg‘ami transformator qo‘llaniladi) ulash lozim. Bunda kondensator triod katodiga nisbatan manfiy bo‘lgan kuchlanish bilan zaryadlanadi. Kalit *K* yordamida kondensator tarmoqdan uziladi. Bunda triod to‘riga kondensator orqali manfiy kuchlanish berilib, u berkitiladi, ya’ni undagi anod toki nolga teng bo‘lib qoladi. Demak, bu paytda elektromagnit rele *P* o‘z yakorini tortilgan holatdan qo‘yib yuboradi. Shu paytdan boshlab kondensatorning qarshilikka razryadlanishi boshlanadi. Releni boshqaruvchi impuls berish vaqti kondensatorning razryadlanish vaqti, ya’ni  $t \cong 4T$  bilan aniqlanadi. Bu yerda  $T = RC$  bo‘lib, uni vaqt doimiysi deyiladi.

Shunday qilib, *R* va *C* larning qiymatlarini o‘zgartirib, relening ishga tushish vaqtini (vaqt saqlashini) keng diapazonda rostlash mumkin. Relening ishga tushish vaqti tugagandan so‘ng, lampa *L* yana ochiladi va rele *P* o‘z yakorini tortadi.

Elektron vaqt relei, ko‘pincha, katta ulanish soni bilan ishlash talab qilinganda qo‘llaniladi.

**Motorli vaqt relei.** Bunday relelarda harakatlantiruvchi element sifatida kichik quvvatli reaktiv sinxron motordan foydalaniladi.





6.16- rasm. O'garishli tok kuchlanish releining (PЭ-2100) eskizi.

Motorning vali maxsus elektromagnit orqali uzatish soni juda katta (100000 gacha) bo'lgan reduktor vali bilan ulanadi. Reduktor valiga valiklar ham bog'langan bo'lib, unda o'rnatilgan kula-choklar kontakt sistemalarga ta'sir etadi. Shunday qilib, motorning ulanishidan boshlab, to kontaktlarning tutashish yoki ajralish momentigacha ma'lum vaqt o'tadi. Bunday relelarda 12 tagacha tutashadigan va ajraladigan kontaktlar bo'lib, ular orqali vaqt saqlashni bir necha sekunddan bir necha soatgacha o'zgartirish mumkin.

**Kuchlanish va tok rele si.** Kuchlanish rele si avtomatik boshqarish sxemalarida motorni ishga tushirish, kuchlanish kamayib yoki nolga tenglashib va so'ngra kuchlanish tiklanganda uni o'z-o'zidan ishlab ketish xavfidan saqlash uchun qo'llaniladi. O'zgar mas tok zanjirlarida kuchlanish rele si sifatida elektromagnit vaqt rele lari qo'llanilishi mumkin. Bunda prujina siqilishini o'zgartirish bilan uning tortilish hamda qo'yib yuborish kuchlanishlari qiymatini birmuncha o'zgartirish imkoniyati mavjud bo'ladi. Elektromagnit vaqt rele sini tok rele si sifatida ishlatish mumkin. Bunda qo'zg'atish chulg'ami nisbatan ancha kam o'ramlar soniga ega bo'lish va yo'g'on sim yoki shinalardan iborat bo'lishi lozim.

Bunday rele 15 A dan 600 A gacha toklar uchun tayyorlanib, asosan, maksimal tok rele si vazifasini bajaradi. O'zgaruvchan tok zanjirida ishlaydigan kuchlanish rele si, masalan, PЭ-2100 amalda keng tarqalgandir (6.16- rasm). Bunday rele lar 110, 127, 220, 380 va 500 V kuchlanishlarga tayyorlanib, ularda yakor tortilishi

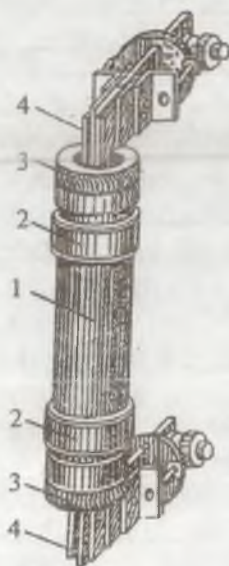
va qo'yib yuborish kuchlanishlari qiymatini ma'lum miqdorda sozlash mumkin. Bu tipdagi relelarga  $5 \div 500$  amper tokka mo'ljallangan chulg'amlar o'rnatilib, ularni tok relesi sifatida ham qo'llash mumkin.

### 6.3. Himoya apparatlari

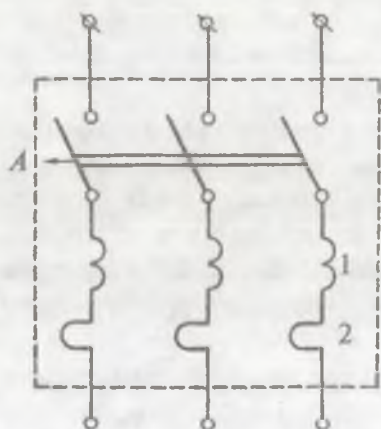
Himoya apparatlarning asosiy vazifasi elektr yuritma va ish mexanizmlari uchun xavfli bo'lgan ish rejimi sodir bo'lishi bilan motorni o'z vaqtida elektr tarmog'idan ajratishdan iborat. Motor qisqa tutashish (masalan, keskin o'tayuklanish natijasida), nol kuchlanish (kuchlanish nol yoki ma'lum miqdorgacha pasayganda motor to'xtab, elektr tarmoqdagi kuchlanish tiklanishi bilan o'z-o'zidan ishga tushishi) va normalga nisbatan kattaroq bo'lgan yuklama bilan uzoq muddatli rejimlarda ishlashi xavfli hisoblanadi. Motorni bunday rejimlardan himoyalash uchun turli saqlagichlar qo'llaniladi.

Elektr motorlari va boshqarish zanjirlarini qisqa tutashish tokidan himoyalash uchun, ko'pincha, eng sodda va arzon apparat hisoblangan eruvchan simli saqlagichlardan foydalaniladi. Kichik va o'rta quvvatli motorlarda probkali, katta quvvatli motorlarda esa trubkali (naychali) saqlagichlar qo'llaniladi (6.17- rasm). Saqlagich simi motorning elektr zanjiriga ketma-ket ulanadi. Motorda qisqa tutashish rejimi sodir bo'lganda, saqlagich simidan o'tadigan qisqa tutashish toki uni kuydirib yuboradi, buning natijasida motor elektr tarmoqdan uzilib himoyalaniq qoladi. Motor zanjirini elektr tarmog'iga qayta ulash uchun dastavval saqlagichdagi eruvchan sim yangilanishi kerak. Saqlagichlardagi simning erish harorati ko'p faktorlarga (simning diametri, uzunligi, ulanish kontakti, muhit harorati, sovish sharoitlariga) bog'liq bo'lgani sababli himoyalash aniqligi juda past bo'ladi.

Reostat bilan ishga tushiriladigan motorlar uchun saqlagich simining nominal toki motorning nominal tokiga teng qilib olinadi. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar uchun esa saqlagich simining nominal toki  $(2,5 \div 3) I_n$  ga teng qilib olinadi. Naychali saqlagichlar  $6 \div 1000$  A ga mo'ljallab chiqariladi.

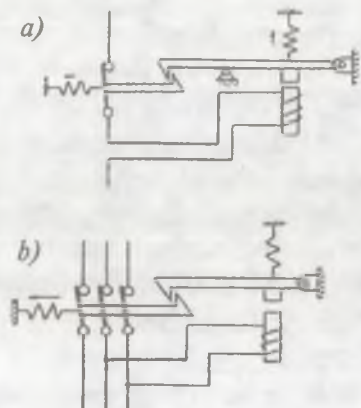


6.17- rasm. Trubkali (naychali) saqlagich.



6.18- rasm. Avtomat uzatgichning ulanish sxemasi:

A – avtomat; 1 – bir onda ajratuvchi elektromagnitli mexanizm; 2 – uzoq muddatli o'ta yuklanish toki ta'sirida qizish bo'yicha ajratuvchi mexanizm.



6.19- rasm. Avtomatlarda qo'llaniladigan ajratuvchi mexanizmlarning ulanish sxemalari:

a – bir onda harakatga keluvchi elektromagnitli maksimal tok va b – nol yoki minimal kuchlanish bo'yicha ajratuvchi mexanizmlarning ulanish sxemasi.

**Avtomat uzgich.** Elektr motorlarni (ayniqsa, katta quvvatli) qisqa tutashish tokidan aniqlik bilan tez himoyalash hamda elektr tarmog'idan ajralgan motorni bir onda qayta ishga tushirish uchun, ko'pincha, avtomat uzgichlar ishlatiladi.

Bunday avtomat, motorni nol kuchlanish paytida ishlash xavfidan ham himoyalaydi. Avtomatdagi kontakt sistemani dasta orqali (qo'l bilan) tutashtirish va ajratish mumkin. Bundan tashqari, motorga xavfli bo'lgan rejimlarda uning kontakt sistemasi o'z-o'zidan harakatga kelib, motorni elektr tarmog'idan ajratish va shu bilan uni himoyalash imkoniyatiga ega bo'ladi. Bunda motorning uchala fazasi elektr tarmog'idan ajratiladi. Eruvchan simli saqlagichlarda esa bir faza ajralib, motor o'ziga xavfli bo'lgan ikki fazada ishlashi mumkin. Avtomatlar esa maxsus ajratuvchi mexanizmlar bilan ta'minlangan bo'ladi. 6.18- rasmda avtomat uzgich (A) elementlarining ulanish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda 1 – elektromagnitli ajratuvchi mexanizm; 2 – uzoq muddatli o'tayuklanish toki ta'sirida motorga xavfli bo'lgan qizishdan ajratuvchi mexanizm.

6.19- rasmda ba'zi bir ajratuvchi mexanizmlarning ulanish sxemalari ko'rsatilgan. Bunda a – maksimal tok ta'sirida bir onda

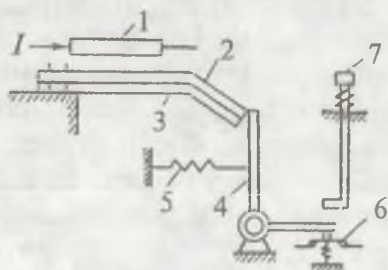
harakatga keladigan elektromagnitli ajratuvchi mexanizm; *b* – nol yoki minimal kuchlanishda bir onda harakatga keladigan elektromagnitli ajratuvchi mexanizm.

**Maksimal tok relesi.** Bunday rele o'zgaruvchan va o'zgarmas tok motorlarini qisqa tutashish tokidan himoyalash uchun qo'llaniladi. Relening tok chulg'ami motor ulangan bosh zanjirga, uning kontaktlari esa boshqarish zanjiridagi kontaktorning qo'zg'atish chulg'amiga ketma-ket ulanadi. Shunga ko'ra tok relesi qisqa tutashish rejimida ishga tushib, kontaktor orqali motorni elektr tarmog'idan ajratadi.

Bu relening ishga tushish toki motorni ishga tushirish va tormozlash tokidan  $30 \div 50\%$  ko'p bo'lishi kerak. O'zgarmas tok motori uchun bu tok kommutasiyaga ko'ra chegaralangan tok qiymatidan ortmasligi kerak. Maksimal tok relesining tuzilishi 6.16-rasmda keltirilgan P $\Theta$ -2100 seriyali tok relesidan deyarli farq qilmaydi.

**Issiqlik relesi.** Bu relening qizuvchi elementlari (*I*) motorning ikkita fazasiga ketma-ket ulanadi (6.20- rasm). Shunga ko'ra, motorni bu rele yordamida uzoq muddatli o'tayuklanish va ayniqsa xavfli bo'lgan ikki faza bilan ishlash rejimidan himoyalash mumkin.

6.20- rasmda issiqlik relesining tuzilishi ko'rsatilgan. Bunda *1* – motor zanjiriga ketma-ket ulangan va motor tokidan qizuvchi element; *2*; *3* – bimetall plastinka (bu plastinka ikki xil qotishmadan iborat bo'lib, qizuvchi element yaqiniga o'rnatiladi).



6.20- rasm. Issiqlik relesining tuzilishi:

- 1 – relening qizuvchi elementi;
- 2 va 3 – bimetall plastinkalar;
- 4 – richag; 5 – prujina; 6 – kontakt sistemasi; 7 – qaytaruvchi tugma.

Qizuvchi elementning harorati undan o'tgan tok ta'sirida ma'lum darajaga ko'tarilganda, bimetall plastinka tepaga tomon egila boshlaydi. Natijada richag (*4*) erkin holatga o'tib, kontakt (*6*) ochiladi va motorni boshqaruvchi kontaktor chulg'ami toksiz qoladi va, demak, motor elektr tarmog'idan ajratiladi. Motorni qayta ishga tushirish uchun dastavval rele kontakti (*6*) ni normal, ya'ni tutashgan holatga keltirish kerak. Buning uchun qaytarish tugmasi (*7*) dan foydalaniladi.

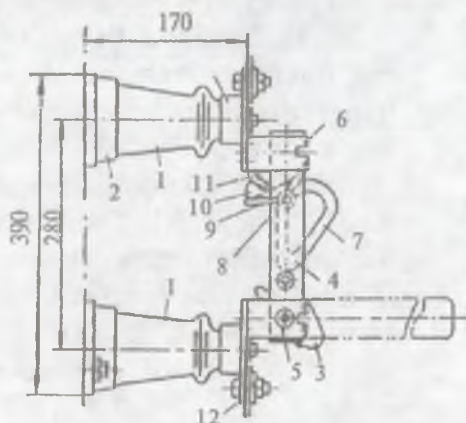
## Yuqori kuchlanish zanjirida ishlatiladigan ba'zi apparatlar haqida qisqacha ma'lumot

Yuqori kuchlanishli motorlarni boshqarish uchun ajratgich apparatlar va yuqori kuchlanishli uzgichlar ishlatiladi. Yuklamasiz yuqori kuchlanish zanjirlarini elektr tarmog'iga ulovchi va undan ajratuvchi uzgichlar *ajratgich apparat* deb ataladi.

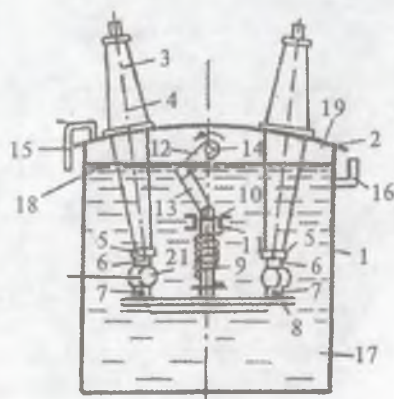
6.21- rasmda bir qutbli ajratgich eskizi ko'rsatilgan. Ajratgich kontaktlari, ko'pincha, chinni izolyatorlarga o'rnatilgan bo'ladi. Ularni tutashtirish va ajratish uchun maxsus izolyasiyalangan ilgakli shtanga qo'llaniladi. Yuqori kuchlanishli zanjirlarni yuklamaga tutashtirish yoki undan ajratish uchun maxsus uzgichlar ishlatiladi. Uzgichlar, odatda, 500 V dan yuqori kuchlanishlarda qo'llaniladi. Ular turli tipda tayyorlanadi. Amalda moyli uzgichlar keng tarqalgan. Bunda uning kontaktlari moy to'ldirilgan bak ichiga o'rnatilgan bo'ladi (6.22- rasm). Uzgich kontaktlarini yuklama tokidan ajratish vaqtida hosil bo'lgan elektr yoyi moy ichida tezda so'nadi.

Moyli uzgichlarni qo'l bilan yoki avtomatik ravishda boshqarish mumkin. Qisqa tutashish rejimida uzgich kontaktlari maxsus ajratuvchi mexanizmlar yordamida avtomatik ravishda ajratiladi.

Bunday uzgichlarni ma'lum masofadan turib boshqarish mumkin.



6.21- rasm. Ajratgich sxemasi.



6.22- rasm. Moyli uzgich sxemasi.

## Texnologik datchiklar. Avtomatikada ishlatiladigan ba'zi tuzilmalar

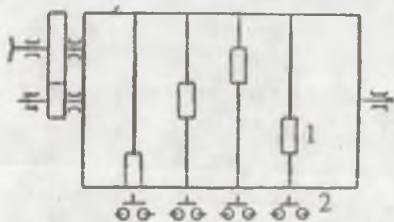
Ma'lum texnologik parametrlar: masofa, tezlik, yuklama, bosim va boshqalar ta'sirida elektr kontaktli yoki kontaktsiz elementi ishga tushadigan apparat texnologik datchik deb ataladi. Bularga misol qilib quyidagi apparat va relelarni ko'rsatish mumkin.

**Yo'l almashlab ulagichlari.** Harakatdagi ish mexanizmining ba'zi qismlaridan ta'sirlanib ma'lum kontaktlari tutashadigan, boshqa kontaktlari esa ajraladigan apparat *yo'l almashlab ulagichi* deb ataladi. Ish mexanizmining ba'zi qismlaridan ta'sirlanishga ko'ra yo'l almashlab ulagichlari, asosan, ikki tipda chiqariladi. Birinchi tipdagi yo'l almashlab ulagichlarning kontaktlari bevosita mexanik ta'sir natijasida harakatga kelsa, ikkinchi tipdagilarning (induktiv yo'l almashlab ulagichlar, fotorele va boshqalar) kontaktlarini ishga tushirish uchun mexanik ta'sir kerak bo'lmaydi. 6.23- a rasmda avtomatika sxemalarida juda keng tarqalgan mikroalmashlab ulagich deb ataladigan yo'l almashlab ulagichining sxemasi ko'rsatilgan.

Bunda (1) va (2) kontaktlar normal holda, ya'ni shtok (4) ga bosilmaganda tutashgan bo'ladi, (2) va (3) kontaktlar esa ajralgan



a)



b)

6.23- rasm. Yo'l almashlab ulagichning sxemasi:

- a – mikroalmashlab ulagich va
- b – barabanli yo'l almashlab ulagichlarning sxemasi.

holda bo'ladi. Ish mexanizmi o'zidagi turtkich bilan shtokni bosganda (1) va (2) kontaktlar ajraladi, (2) va (3) esa tutashadi.

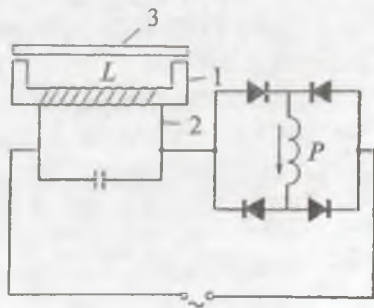
Mikroalmashlab ulagichlarning o'lchami kichik bo'ladi. Uning korpusi og'irligi bir necha o'n grammga teng. Uni 380 V kuchlanishda tok qiymati 3 A gacha bo'lgan zanjirlarda qo'llash mumkin. Mikroalmashlab ulagichning kontakt sistemasi o'z holatini bir onda o'zgartiradi va shunga ko'ra ularning ishlash aniqligi ancha yuqori bo'ladi. Mikroalmashlab ulagichlarning xizmat davri kontakt sistemasi holatini  $(5 \div 10) \cdot 10^6$  marta

o'zgarishi bilan o'lchanadi. Agar ish mexanizmi aylanma harakat qiladigan bo'lsa yoki to'g'ri chiziqli harakat yo'lga almashlab ulagichlarni o'rnatish noqulay bo'lsa, u holda 6.23- b rasmda ko'rsatilgan barabanli yo'l almashlab ulagichlari qo'llaniladi. Bunda baraban (3) biror uzatma orqali aylanuvchi mexanizm vali bilan bog'lanib harakatga keltiriladi. Baraban aylanishi bilan uning pazlariga ma'lum burchak bilan o'rnatilgan kulachok (1) lar kontakt sistemasi (2) ga ta'sir etib, uni harakatga keltiradi. Natijada avtomatik sistema ishga tushadi.

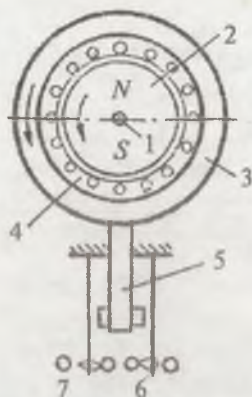
**Induktiv yo'l almashlab ulagichlari.** Bu almashlab ulagich ochiq magnit sistema (1), unga o'rnatilgan chulg'am (2), chulg'amga parallel qilib ulangan kondensator  $C$  va o'zgarimas tok elektromagnit rele si ( $P$ ) dan iborat bo'ladi (6.24- rasm). Bunda kondensator sig'imi tok rezonans hodisasi shartiga, ya'ni  $b_L = b_C$  ga ko'ra tanlanadi, bu yerda  $b_L$  — magnit sistemaning yopiq holatida chulg'am induktiv o'tkazuvchanligi,  $b_C$  — sig'im o'tkazuvchanligi. Harakatlanuvchi mexanizm bilan po'lat plastinka (3) bog'langan bo'lib, u magnit sistema (1) yaqinidan o'tganda zanjirda tok rezonansi ro'y beradi. Natijada zanjirdagi umumiy tok qiymati kamayib, rele o'z yakorini qo'yib yuboradi. Bunda rele yakori bilan bog'langan kontakt sistemasi o'z holatini o'zgartirib, avtomatik sxemaga kerakli bo'lgan zanjirni elektr tarmog'iga ulaydi yoki undan ajratadi.

Induktiv yo'l almashlab ulagichni fotoelement, elektron kuchaytirgich (triud) va elektromagnit rele asosida ham qurish mumkin. Bunday datchiklar kontaktsiz bo'lgani uchun ularning xizmat davri nisbatan ancha katta bo'ladi.

**Tezlik rele si.** Maksimal yoki minimal tezlik, aylanish yo'nalishi hamda aylanishdan to'xtagan holatlarni nazorat qilib turish maqsadida tezlik relelari ishlatiladi. Bunday releni markazdan qochma kuch yoki induksion prinsip asosida tayyorlash mumkin. Bundan tashqari, tezlik rele si sifatida taxogenerator bilan elektromagnit rele sini birgalikda qo'llash mumkin. Asinxron motorni teskari ulab, avtomatik tormozlashda ko'pincha PKC tipli induksion rele qo'llaniladi (6.25- rasm).

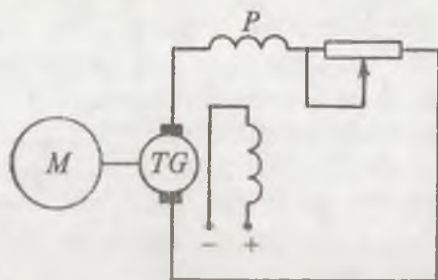


6.24- rasm. Kontaktsiz yo'l almashlab ulagichning sxemasi.



6.25- rasm. Induksion tipli tezlikni nazorat qilish (PKC) releining sxemasi:

- 1 – valik; 2 – o‘zgarmas magnet; 3 – silindr;  
4 – qisqa tutashtirilgan chulg‘am; 5 – richag;  
6 va 7 – kontakt sistemalar.



6.26- rasm. Taxogeneratorli tezlik releining sxemasi.

aylanganda, u bilan birga o‘zgarmas magnet ham aylanadi. Natijada qisqa tutashtirilgan chulg‘amda tok induksiyalanib aylantiruvchi moment hosil bo‘ladi. Bu moment ta‘sirida silindr harakatlanib, kontakt sistemalari holatini o‘zgartiradi. Shunday qilib, bu rele bilan motorni tezlikka ko‘ra boshqarib turish imkoniyati yaratiladi.

**Taxogenerator.** Kuchlanishi yakor yoki rotor tezligiga mutanosib bo‘lgan kichik quvvatli o‘zgarmas yoki o‘zgaruvchan tok generatori *taxogenerator* deb ataladi. Bunday taxogeneratorni elektromagnit rele bilan birgalikda tezlik datchigi sifatida qo‘llash mumkin (6.26- rasm). Bunda taxogeneratorning vali tezligi o‘lchanadigan yoki nazorat qilinadigan motor vali bilan bevosita yoki biror uzatma orqali bog‘langan bo‘ladi. Motor vali ma‘lum tezlikka erishganda shu tezlikka mutanosib bo‘lgan kuchlanishga sozlangan rele ishlay boshlaydi. O‘zgarmas tok taxogeneratori parallel, mustaqil qo‘zg‘atishli yoki o‘zgarmas magnet qo‘zg‘atuvchiga ega generatordan iborat.

Taxogeneratorning e.y.k. quyidagicha ifodalanadi:

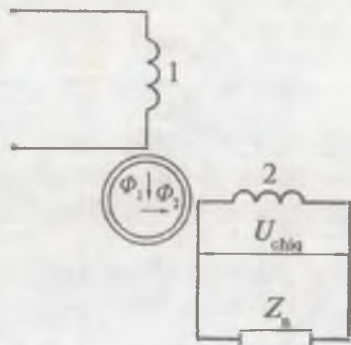
$$E = k_e \Phi n = c_e n, \text{ chunki } k_e \Phi = c_e = \text{const.}$$

Yuklama toki kichik bo‘lganda  $U \cong E = c_e n$  bo‘lib, taxogenerator kuchlanishi uning aylanish tezligiga mutanosib bo‘ladi. Taxogenerator cho‘tkasi bilan kollektor orasidagi kontakt qar-



shiligi mo''tadil qiymatga ega bo'lmaydi va shunga ko'ra, uning ishlashidagi aniqlik ham yuqori emas.

Asinxron taxogeneratori bunday kamchilikdan xolidir. 6.27- rasmda asinxron taxogeneratorning tuzilishi ko'rsatilgan. Bunday generatorning statorida o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulangan qo'zg'atish chulg'ami (1) va yuklama ( $z_n$ ) ga ulanadigan chulg'am (2) lar o'rnatiladi. Chulg'am (2) ning o'qi chulg'am (1) o'qiga nisbatan  $90^\circ$  ga siljigan bo'ladi. Generator rotorini ichki kovak



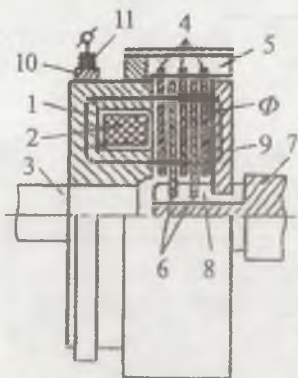
6.27- rasm. O'zgaruvchan tok taxogeneratorining sxemasi.

jez silindrdan iborat. Chulg'am (1) dagi tok pulsasiyalanuvchi  $\Phi_1$  magnit oqimi hosil qilganda, rotorda tok induksiyanib, unda  $\Phi_2$  magnit oqimi hosil bo'ladi. Natijada chulg'am (2) da transformator e.yu.k. induksiyanib, uning chastotasi tarmoqdagi chastotaga teng, amplitudasi esa aylanish tezligiga mutanosib bo'ladi. Rotorning aylanish yo'nalishi o'zgarganda chulg'am (2) dagi e.yu.k. fazasi ham teskarisiga o'zgaradi. Sinxron taxogeneratorlarda esa bu paytda kuchlanish fazasi o'zgarmaydi. Bu esa ularning asosiy kamchiligidir. Shuning uchun sinxron taxogeneratorlar kam qo'llaniladi.

**Elektromagnitlar va elektromagnit muftalar.** Elektromagnit chulg'amga tok berilishi bilan u o'z yakorini tezda tortib oladi. Shunga ko'ra, iskanjali va lentali tormoz mexanizmlarini elektromagnitlar bilan harakatga keltirish mumkin. Motorlarni tormozlab to'xtatishda bunday elektromagnit tormozlar keng qo'llaniladi. Elektromagnitlar bilan pnevmo va gidroventillarni ham avtomatik boshqarish mumkin.

O'zgaruvchan tokda bir va uch fazali elektromagnitlar ishlatiladi. Katta elektromagnitlarning tortish kuchi 140 kg gacha bo'lib, yakori 80 mm gacha ko'tarilishi mumkin. Tormozlovchi elektromagnitlarning tortish kuchi harakat boshlanishida kam bo'lib, harakat oxiriga kelganda esa ko'payadi, ya'ni texnologik talabga teskari bo'ladi. Bu ularning asosiy kamchiligidir.

Elektromagnit muftalar avtomatikada keng tarqalgan qurilmalardan hisoblanadi. Bunday mufta orqali motor bilan ish mexanizmi orasidagi mexanik bog'lanish zanjirlarini ajratib qo'yish yoki



6.28- rasm. Ko'p diskali elektromagnit muftasining sxemasi:

- 1 – yarim mufta; 2 – qo'zg'atuvchi chulg'am;
- 3 – harakat beruvchi val;
- 4 va 6 – friksion disklar;
- 5 va 8 – yo'naltiruvchi disklar;
- 7 – harakat oluvchi val;
- 9 – yakor.

aylanib turgan alohida motor valini kinematik zanjir bilan avtomatik ravishda tutashtirish mumkin. Bunda nisbatan katta siltash momenti  $GD_{\text{rotor}}^2$  ga ega bo'lgan motor yakori yoki rotorni mexanizmdan ajratish bilan uni tez va aniq to'xtatish imkoniyati yaratiladi.

Bundan tashqari, nominal tezlik bilan aylanib turgan motorni mufta orqali ish mexanizmi bilan tutashtirilganda, elektr yuritmaning ishga tushish vaqti birmuncha qisqaradi, chunki bu vaqt, asosan, muftadagi elektromagnit jarayonning o'tishi bilan aniqlanadi (motorni ishga tushirish vaqti hisobga kirmay qoladi). Hozirgi paytda kichik o'lchamli, ko'p diskali elektromagnit muftalar, hatto, dastgohlarning tezlik qutillarida ham qo'llanilmoqda. Shu tufayli tezlikni mexanik usulda ham avtomatik rostdash mumkin. Bunday muftalar  $1,6 \div 160$  kgm gacha bo'lgan momentni uzata oladigan qilib chiqarilmoqda. 6.28- rasmda ko'p diskali elektromagnit muftaning eskizi ko'rsatilgan.

**Selsinlar.** Mexanik bog'lanishlarsiz bir valdagi harakatni ma'lum masofadagi boshqa valga sinxron ravishda uzatuvchi induksion elektr mashinalar selsin deb ataladi. Bunday mashinalar o'z-o'zini sinxronlash qobiliyatiga ega.

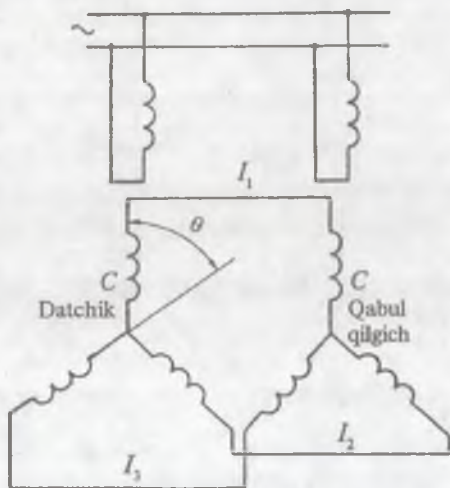
Selsinlarning tuzilishi turlichadir. Masalan, kontaktli selsinning statorida o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulangan bir fazali chulg'am o'rnatilib, rotorida esa ikkilamchi uch fazali chulg'am o'rnatiladi. Yulduz sxemada ulangan rotor chulg'amining uchlari kontaktli halqalarga tutashtiriladi.

Odatda selsinlarning statoriga uch fazali, rotoriga esa bir fazali chulg'am joylashtiriladi. Selsinlar o'z vazifalariga ko'ra quyidagilarga bo'linadi:

a) **selsin datchik** – bunda uning valini dastaki usulda yoki biror mexanizm orqali avtomatik ravishda harakatga keltiriladi. Bu harakatni ma'lum masofadagi valga uzatish kerak.

b) **selsinli qabul qilgich** – bunda uning vali selsin datchik validagi harakatni qabul qilib, uni o'zgartirmay, sinxron ravishda

takrorlaydi. 6.29- rasmda selsin datchik rotorining burilishini ma'lum masofaga uzatish va uni qabul qilgich bilan qabul qilib, yana takrorlash sxemasi ko'rsatilgan. Agar burilish burchagi  $\theta = 0$  bo'lsa, u holda selsin datchik va qabul qilgich statorlaridagi bir fazali chulg'am tokidan hosil bo'lgan pulsasiyalanuvchi magnit oqimlari rotor chulg'ami fazalarida bir xil qiymatli e.y.k., tok hosil qiladi. Demak, bunda umumiy tok  $I_1 + I_2 + I_3 = 0$  bo'ladi, chunki rotor fazasidagi e.y.k. lar bir-biriga teskari yo'nalgan.



6.29- rasm. Selsinli datchik va qabul qilgichning ulanish sxemasi.

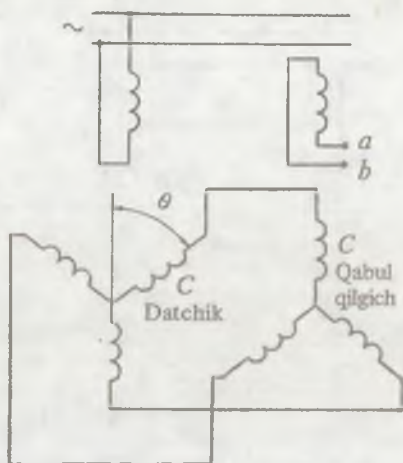
Natijada bu selsinlarda aylantiruvchi moment ham hosil bo'lmaydi. Bunda rotorlar chulg'amidagi e.y.k. qiymatlari quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_1 = E_m; E_2 = E_m \cos 120^\circ; E_3 = E_m \cos 240^\circ = E_m \cos(-120^\circ).$$

Agar datchik vali  $\theta$  burchakka burilsa, uning rotor chulg'amlaridagi e.y.k. qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_1 = E_m \cos \theta; E_2 = E_m \cos(120^\circ + \theta); E_3 = E_m \cos(-120^\circ + \theta).$$

Natijada, datchik va qabul qilgich chulg'am-lari orasida potentsiallar ayirmasi paydo bo'lib, ular ta'sirida selsin chulg'am-larida tenglashtiruvchi  $I_1$ ;  $I_2$ ; va  $I_3$  toklari hosil bo'ladi. Bu toklar bilan statoridagi magnit oqimining o'zaro ta'siri natijasida bir-biriga teskari yo'nalgan aylantiruvchi momentlar hosil bo'ladi. Bunda datchikda hosil bo'lgan moment tashqi momentga, ya'ni uning rotorini  $\theta$  burchakka burgan momentga teskari yo'nalgan bo'lib, qabul qilgichdagi sinxron momenti esa tashqi moment tomon yo'nalgan bo'ladi. Demak, qabul qilgich vali sinxronlash momenti ta'sirida  $\theta$  burchakka teng burchakka burilganda, uning aylantiruvchi momentining qiymati nolga tenglashadi. Agar datchik vali to'xtovsiz aylantirib turilsa, qabul qilgich vali ham to'xtovsiz aylana boshlaydi. Elektr yuritmani avtomatik ishlatishda, xususan, taqlidchi elektr



6.30- rasm. Selsinlarning transformator rejimda ulanish sxemasi.

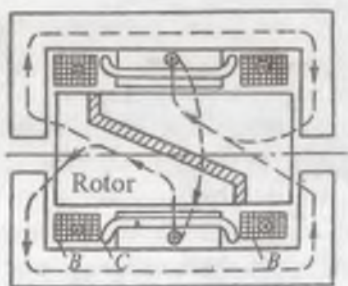
yuritmalarda, ko'pincha, selsinlarning transformator rejimli sxemasini qo'llaydi. Transformator rejimida selsin qabul qilgichning stator chulg'ami o'zgaruvchan tok tarmog'idan ajratilib, rotori esa tormozlab qo'yiladi (6.30- rasm). Bunda datchik e.y.k. ta'sirida ikkala selsin rotorlar chulg'amidan tok o'ta boshlaydi. Bu toklardan qabul qilgichda hosil bo'lgan magnit oqimlari fazoda  $120^\circ$  ga siljigan bo'ladi. Bu magnit oqimi stator chulg'amida e.y.k. hosil qiladi (xuddi transformatorning ikkilamchi chulg'amida induksiya-

lanadigan e.y.k. singari). Bunda kuchlanish qiymati burilish burchagi  $\theta$  bilan quyidagicha bog'langan:  $U_{ab} = U_{max} \cos\theta$ , ya'ni  $\theta = 0$  bo'lganda, kuchlanish maksimal qiymatga erishadi.

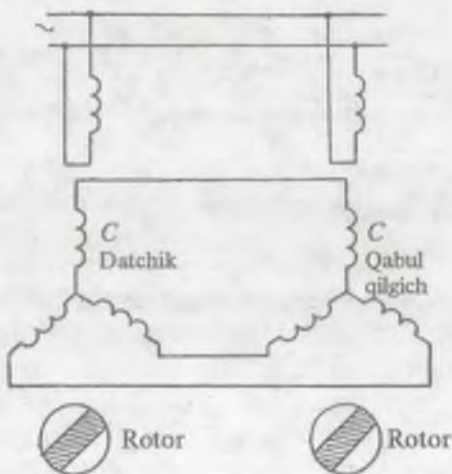
Amalda  $\theta = 0$  bo'lganda kuchlanish ham nol bo'lganligi qulayroqdir. Shuning uchun qabul qilgich valini oldindan datchik valiga nisbatan  $90^\circ$  ga burib, uni shu holatda tormozlab qo'yish kerak. Bunda qabul qilgichning qo'zg'atish chulg'amidagi kuchlanish qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$U_{ab} = U_{max} \sin\theta.$$

6.31- rasmda qabul qilgich olimlar tomonidan yaratilgan kontaktisiz selsinning konstruktiv sxemasi ko'rsatilgan. Bunda selsin statoriga ikkita: a) ketma-ket ulangan ikkita halqasimon birlamchi (bu qo'zg'atish chulg'amlarining o'qi rotor vali tomon yo'nalgan bo'ladi) va b) qo'zg'atish chulg'ami o'qiga perpendikular bo'lgan ikkilamchi uch fazali chulg'am o'rnatiladi. Selsin rotori chulg'am o'rnatilmagan po'lat silindrdan iborat bo'lib, bu silindr qiyalab ketgan magnitmas qatlam bilan ikki bo'lakka bo'lingan. Bu qatlam magnit oqim yo'nalishini  $90^\circ$  ga buradi. Kontaktisiz selsinlar yordamida datchik validagi harakatni qabul qilgich valiga uzatib, uni takrorlash sxemasi 6.32- rasmda ko'rsatilgan. Bunda rotorni ma'lum burchakka burish bilan undagi magnit oqimi ikkilamchi



6.31- rasm. Kontaktsiz selsinning konstruktiv sxemasi.



6.32- rasm. Kontaktsiz selsinlarning ulanish sxemasi.

uch fazali chulg'amda e.y.k. ni induksiya qiladi. Bu e.y.k. qiymati rotorning burilish burchagiga mutanosib bo'ladi. Shunday qilib, datchik rotorini aylantirish bilan qabul qilgich rotorini unga taqlid qilib aylana boshlaydi. Datchik qabul qilgich sistemasi, ko'pincha, qabul qilgich validagi strelkalarni harakatlantirib, avtomatik sistemaga ta'sir ko'rsatishda qo'llaniladi.

## VII BOB. ELEKTR YURITMALARNING AVTOMATIK BOSHQARISH SXEMALARI

### 7.1. Umumiy tushunchalar

Elektr yuklama va ish mashinasidan samarali foydalanish yo'li bilan mehnat unumini oshirish, mahsulot tannarxini kamaytirish uchun elektr motorini ishga tushirish, tormozlab to'xtatish, reverslash kabi o'tkinchi rejimlarni va turg'un chastotada aylanish jarayonlarini eng yaxshi ko'rsatkichlar bilan, ya'ni optimal suratda o'tkazish zarur. Buning uchun elektr yuritmalarini avtomatlashtirish lozim. Elektr yuritmalarini avtomatlashtirish ayniqsa, ularning qisqa muddatli ish rejimlarida katta ahamiyatga ega. Haqiqatan, bunday rejimda ishlaydigan, masalan, bo'ylama randalash stanoklari va prokat stanlari elektr yuritmalari ish siklining 30+ 40% ini o'tkinchi jarayonlar tashkil qiladi. Bunday ish mashinalari uchun avtomatlashtirilgan elektr yuritmadan foydalanilsa, elektr motorining optimal ko'rsatkichlari asosida avtomatik boshqarish natijasida o'tkinchi jarayonlar uchun ketadigan vaqt keskin kamayadi, texnologik jarayonni takomillash-tirishga imkoniyatlar yaratiladi. Elektr yuritmani avtomatlashtirish uchun boshqarish apparatlari asosida tuzilgan boshqarish sxemalaridan foydalaniladi. Avtomatik boshqarishda boshlang'ich buyruq operatorning tugmani bosishi yoki buyruq-kontrollerni berilgan holatga o'tkazish bilan beriladi. Shundan keyin elektr yuritma belgilangan qonun asosida ishlay boshlaydi.

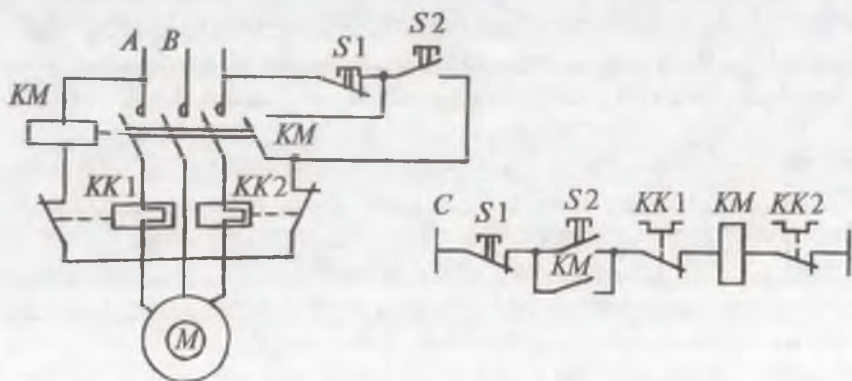
Elektr yuritmalarni avtomatik boshqarish uchun ochiq va berk sistemalar asosida tuzilgan boshqarish sxemalaridan foydalaniladi. Ochiq boshqarish sistemalarida tok manbayi yoki yuklama parametrlari o'zgartiriladi va elektr yuritma yangi ko'rsatkichlar bilan ishlay boshlaydi. Berk boshqarish sistemalarida esa teskari bog'lanish zanjiri bo'lib, shu tufayli elektr yuritma doimo berilgan ko'rsatkichlar bilan ishlaydi.

### 7.2. Avtomatik boshqarish sxemalarining tuzilishi

Murakkab boshqarish sxemalarida juda ko'p asbob-apparatlar ishlatiladi va shu sababli sxema ishini tez va oson tushunib, uni to'g'ri talqin qilish uchun sxema elementlari xalqaro standart-

lashdagi shartli belgilar bilan ifodalanishi lozim. Sxemalarda elementlarning holatlariga tegishli belgilar ko'rsatiladi. Kontaktorning qo'zg'atish chulg'amiga tok berilmagandagi va, demak, bosh kontaktlarining ochiq bo'lmagan holati uning normal holati deb ataladi. Komanda (buyruq) beruvchi apparatlar, masalan, tugma, kontroller va turli datchiklarning kontaktli yoki kontaktsiz sistemalari holatining tashqi ta'sir natijasidan ilgari (dastlabki) holati ularning normal holati deb ataladi. Bir xildagi apparatlarni bir-biridan ajratish uchun ular bir necha bosh harflar bilan belgilanadi. Bunda birinchi harf apparatning nomiga taalluqli bo'lsa, boshqalari uning sxemadagi vazifasiga taalluqli bo'ladi. Masalan, *KM* – magnitli kontaktor va bu kontaktor bilan bosh zanjir liniyasi tutashtiriladi. Agar sxemada bir xil elementlar bir xil vazifalarni bajarsa, ularning harfiy belgilari yoniga sonlar qo'yiladi masalan, *KM1*, *KM2* va hokazo.

Sxemalardagi apparatlarga tegishli turli elementlar shu apparatlar belgisi bilan ifodalanadi. Masalan, magnit kontaktori chulg'ami *KM* bilan belgilangan bo'lsa, u holda bu kontaktorga tegishli bo'lgan bosh va blok kontaktlar ham *KM* bilan belgilanadi. Elektr sxemalarda bosh va boshqarish zanjirlari bo'ladi. Elektr motorlarning yuklanish toki o'tuvchi yakor, rotor va stator chulg'amlari ularning bosh zanjirlari hisoblanadi. Bu zanjirlar boshqarish zanjiriga nisbatan yo'g'on chiziqqlar bilan ifodalanadi; boshqarish zanjiriga esa boshqarish, signallash va nazorat qilish apparatlarining elementlari ulangan zanjirlar kiradi. Boshqarish sxemalari prinsipial (yoyilgan) va montaj sxemalari tarzida berilishi mumkin.



7.1- rasm. Asinxron motorni avtomatik boshqarishning prinsipial sxemalari.

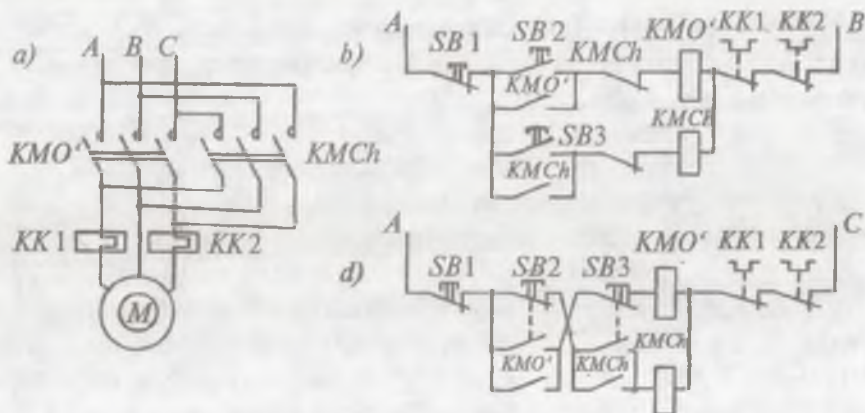
Yoyilgan sxemaning har bir elementi o'zining ulanish tartibiga binoan joylashgan bo'lib, bunda ishlash prinsipini oson tushunish hisobga olinadi, sxema elementlarining turar joyi esa hisobga olinmaydi.

7.1- rasmda asinxron motorni avtomatik boshqarish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda sxemaning ishlash prinsipi, undagi apparatlarning bir-biriga ta'siri yaqqol ko'rinib turibdi. Shu sababli bunday sxema prinsipial sxema deyiladi. Boshqaruvchi apparatlarning panelga o'rnatilish tartibini hisobga olib tuzilgan sxema *montaj sxemasi* deyiladi. Bunday sxemadan boshqarish panelini montaj qilishda foydalaniladi. Montaj sxemasini o'qish prinsipial sxemaga nisbatan ancha murakkab bo'ladi.

### 7.3. Ochiq sistemali avtomatik boshqarish sxemalari

7.1- rasmda qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorni magnit ishga tushirgich bilan bir tomonga boshqariladigan sxema ko'rsatilgan. Bunda xavfsizlik qoidasiga muvofiq, motorni ishlatish paytidagina rubilnik  $R$  ulanadi, boshqa paytlarda esa ajratilib qo'yiladi. Shu sababli motorni ishga tushirish uchun  $S2$  tugmasini bosish kifoya. Bunda quyidagidan iborat boshqarish zanjiri hosil bo'ladi: birinchi faza, issiqlik relelarining ajratuvchi  $KK1$  va  $KK2$  kontaktlari, kontaktorning qo'zg'atuvchi  $KM1$  chulg'ami,  $S2$  tugmasini tutashtiruvchi kontakt, to'xtatish  $S1$  tugmasini ajratuvchi kontakt va ikkinchi faza. Natijada magnitli ishga tushirgichning  $KM$  g'altagi qo'zg'atilib, uning bosh kontaktlari  $KM$  bilan motor elektr tarmog'iga ulanadi. Bunda kontaktorning blok-kontakti  $KM$  bilan  $S2$  tugmasi shuntlanishi sababli, uni bir onda bosib, so'ngra bo'shatilsa ham motorning boshqarish zanjiri elektr tarmog'idan uzilmaydi. Motorni to'xtatish uchun  $S_1$  tugmasini bosish kifoya. Elektr tarmog'idagi kuchlanish biror sababga ko'ra keskin kamayib yoki yo'q bo'lib qolsa, u holda ishlab turgan motor o'z-o'zidan to'xtab qoladi. Ammo kuchlanishning qiymati tiklanganda ham u o'z-o'zidan ishga tusha olmaydi. Motorni ishga tushirish uchun  $S2$  tugmasini qayta bosish kerak. Demak, magnitli ishga tushirgichga ega sxema nol kuchlanish xavfidan himoyalangan bo'ladi. Sxemadagi issiqlik relesi  $KK1$  va  $KK2$  motorni uzoq muddatli o'ta yuklanishi natijasida haddan tashqari qizib ketishdan himoyalaydi. Agar bu relening qizish elementi haddan tashqari qizib ketsa, u holda relening ajratuvchi kontaktlari  $KK1$  va  $KK2$





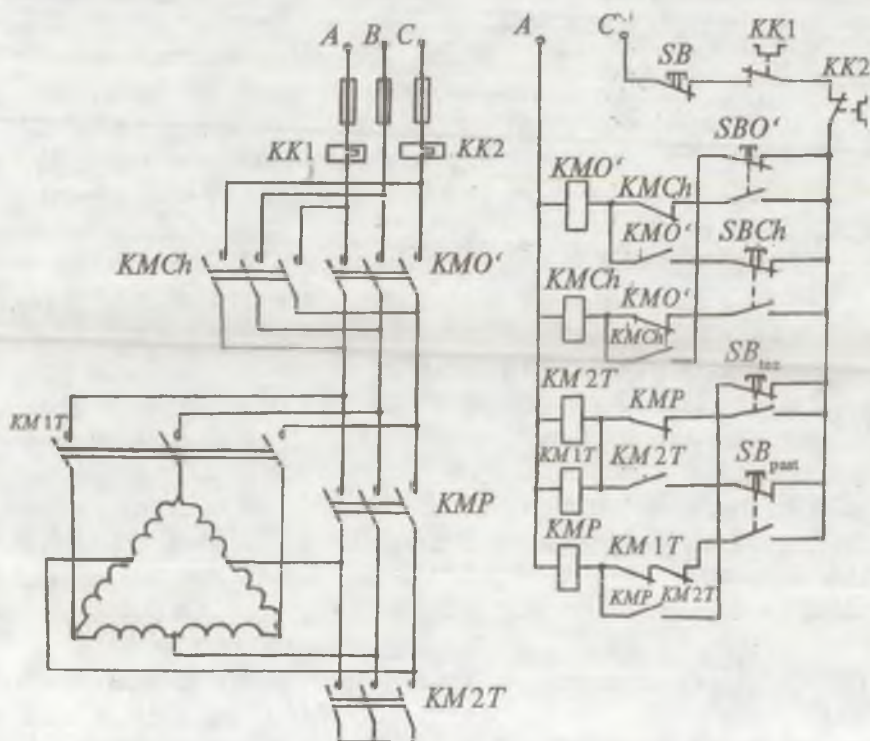
7.2- rasm. Reversiv rejimda ishlaydigan asinxron motori:  
*a* – bosh zanjir sxemasi; *b* va *d* – elektr blokirovkaga ega boshqarish sxemalari.

kontaktor *KM* chulg'amini toksiz qoldiradi va natijada motor elektr tarmog'idan ajratiladi.

7.2- *a* rasmda reversiv rejimda ishlaydigan asinxron motorni avtomatik boshqarish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda *a* – bosh zanjir, *b* va *d* – boshqarish zanjirlarining sxemalari; *KMO'* va *KMCh* motorni o'ng va chap tomonlarga boshqaruvchi kontaktorlar; *SB2* va *SB3* motorni o'ng va chap tomonlarga aylantirish uchun buyruq beruvchi tugmalar.

Motorning aylanish yo'nalishini o'zgartirib boshqarish uchun *KMO'* va *KMCh* kontaktorlaridan iborat reversiv magnitli ishga tushirgichdan foydalaniladi. Reversiv magnitli ishga tushirgichdagi kontaktorlar bir ramaga o'rnatilgan bo'lib, ular mexanik blokirovkaga ega bo'lishi shart. Agar biror sababga ko'ra, bu kontaktorlarning asosiy kontaktlari bir vaqtda tutashib qolsa, u holda bosh zanjirning *A* va *C* fazalari o'zaro qisqa tutashib katta avariya sodir bo'lishi mumkin. Bunga yo'l qo'ymaslik uchun boshqarish zanjiriga elektr blokirovka, ya'ni *KMO'* kontaktori zanjiriga *KMCh* kontaktorining blok kontakti *KMCh*, *KMCh* kontaktorining zanjiriga esa, *KMO'* kontaktorining blok-kontakti *KMO'* kiritiladi (7.2- *b* rasm). Natijada, motorning o'ng yoki chap tomonga aylantirish uchun buyruq berilganda uni teskari tomonga ulab ishga tushiruvchi kontaktor zanjiri *KMO'* va *KMCh* blok kontaktori bilan ochilib qoladi. 7.2- *d* rasmdagi sxemada boshqa xil elektr blokirovka ko'rsatilgan. Bunda o'ng tomonga aylantirish tugmasi bosilganda, uning ajratuvchi *KMO'* kontakti chulg'am

*KMCh* zanjirini ochib qo'yadi va aksincha. Shu sababli bu sxemada ham ikkala tugma tasodifan bir paytda bosilib qolsa, motor elektr tarmog'iga ulana olmaydi va, demak, avariya sodir bo'lmaydi. Bu sxemada bir tomonga aylanib turgan motorni teskari tomonga aylantirish uchun o'sha tomon tugmasini bosish mumkin. 7.2- b rasmdagi sxemada esa, motorni teskari tomonga aylantirish uchun dastavval uni to'xtatish, so'ngra boshqa tomon tugmasini bosish kerak. Elektr blokirovkalarda ajratuvchi kontaktlar biror sababga ko'ra zanjirni ajratmay qo'yishi mumkin. Shuning uchun reversiv magnitli ishga tushirgich bilan boshqariluvchi sxemaning ishi ishonchli bo'lishi uchun elektr blokirovkadan tashqari, mexanik blokirovkadan ham foydalaniladi. Bu ikkala kontaktorning qo'zg'aluvchi kontakt sistemalari bir-biriga maxsus richag bilan bog'langan bo'lib, ular bir vaqtda tutasha olmaydi. Agar boshqarish sistemasi faqat mexanik blokirovkaga ega bo'lsa, u holda bir tomonga aylanib turgan motorni teskari tomonga aylantirish uchun, dastavval, uni



7.3- rasm. Elektr va mexanik blokirovkalariga ega bo'lgan ikki chastotali reversiv asinxron motorni boshqarish sxemasi.

to'xtatish tugmasini bosib to'xtatish, so'ngra teskari tomon tugmasini bosish lozim. Agar yanglishib, motorni to'xtatmasdan turib teskari tomon tugmasi bosilsa, kontaktor chulg'amidan tok o'tishiga qaramasdan, u o'z yakorini torta olmaydi. Teskari tomon tugmasi uzoq vaqt yoki ketma-ket bosilaversa, kontaktorning chulg'amidan katta qiymatli tok o'tib, kuydirishi mumkin. Shu sababli reversiv magnitli ishga tushirgich sxemalarida mexanik blokirovkadan tashqari 7.2- *b* va *d* rasmlarda ko'rsatilgan elektr blokirovkadan ham foydalanish zarur. 7.3- rasmda elektr mexanik blokirovkalariga ega bo'lgan ikki chastotali reversiv asinxron motorni boshqarish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda motorni o'ng tomonga katta chastotada aylantirish uchun *KMO'* va *KTEZ* tugmalarini bosish lozim. Motorni yuqori chastotadan past chastotaga o'tkazish uchun *KPAST* tugmasini bosish kifoya.

Motorni reverslash uchun *KMCh* tugmasi bosiladi. Bunda motorni reverslash uchun *KMCh* tugmasi bosiladi. Bunda motor dastavval teskari ulanish rejimida tezda tormozlanib to'xtaydi va so'ngra teskari tomonga motor rejimida aylana boshlaydi.

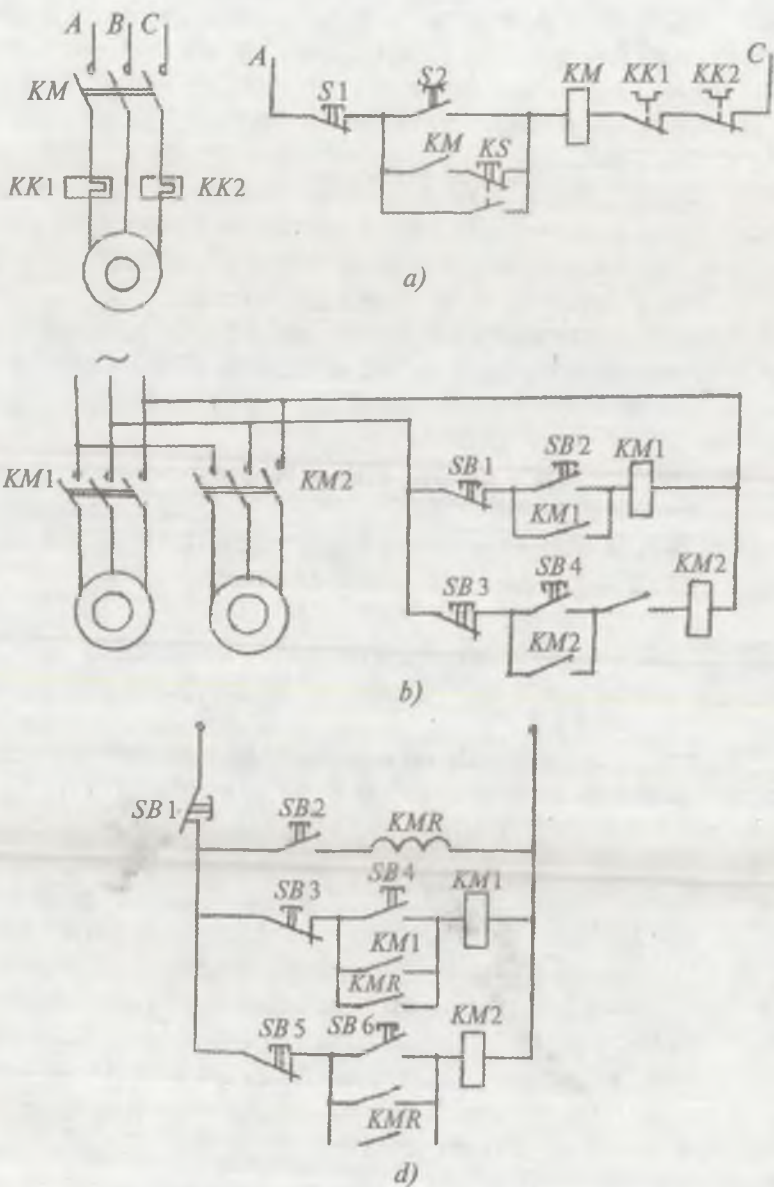
7.4

#### **Elektr yuritmaning avtomatik boshqarish sxemalarida qo'llanadigan blokirovka bog'lanishlari**

Mexanizmning turli ish rejimlarini yoki kompleks avtomatlashtirish sistemalaridagi elementlar harakati tartibini o'zaro bog'lashda blokirovka bog'lanishlaridan keng foydalaniladi.

7.4- *a* rasmda elektr motorini uzoq va qisqa muddatli (sozlash) rejimida boshqarish uchun qo'llaniladigan blokirovka bog'lanishli sxemasi ko'rsatilgan. Bunda uzoq muddatli ish rejimini olish uchun *S2* tugmasini bosish kifoya. Ammo, ko'pincha, uzoq muddatli rejim oldidan ish mashinasin ayrim elementlari past chastotalarda ularning boshlang'ich holatlariga keltirilishi, ya'ni sozlanishi lozim. Buning uchun sozlash tugmasi *KS* ni qisqa vaqt yoki dambadam bosib, motor impulsli rejimda va, demak, past (sozlash) chastotada ishlatiladi. Bunda sozlash tugmasi bosib turilgan paytdagina, motor ishlaydi.

7.4- *b* rasmda elektr motorlarining o'zaro blokirovka bog'lanishli boshqarish sxemasi ko'rsatilgan, Bunda ikkinchi motorni ishga tushirish uchun birinchi motor ishlab turishi shart, aks holda kontaktor *KM1* ning tutashtiruvchi blok-kontakti bilan ikkinchi kontaktor zanjiri uzilgan bo'ladi. Texnologik talabga



7.4- rasm.

*a* – elektr motorni uzoq va qisqa muddatli rejimlarda boshqarish uchun qoʻllaniladigan blokirovka bogʻlanishli sxema; *b* – elektr motorlarning oʻzaro blokirovka aloqali boshqarish sxemasi; *d* – elektr motorlarni birgalikda va mustaqil boshqarish sxemasi.

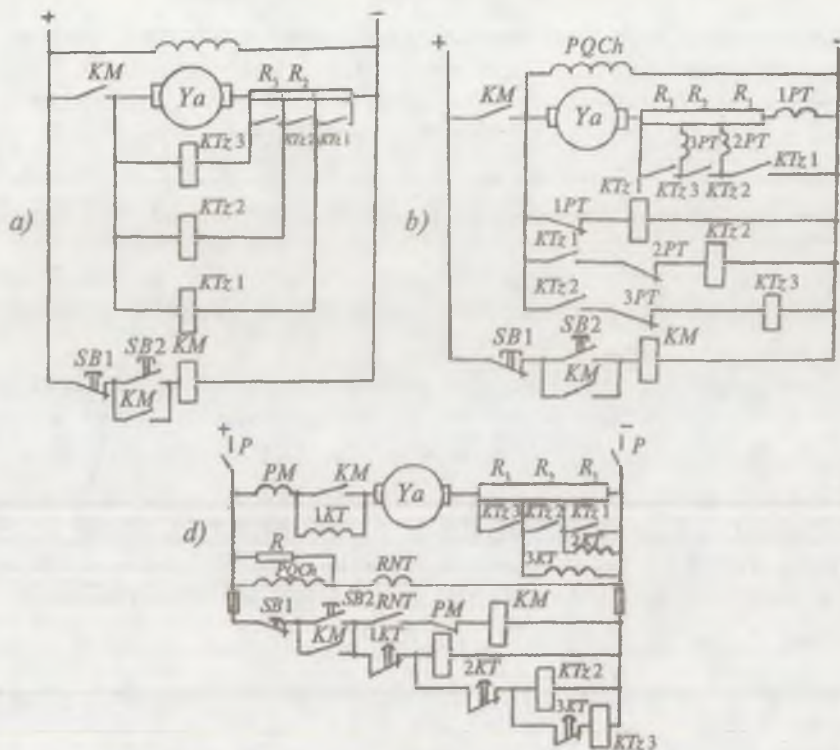
binoan, odatda mexanizmning ishqalanuvchi qismlari moylanganidan keyingina ishga tushiriladi. Demak, asosiy motorni ishga tushirish uchun moylovchi nasos motori  $M1$  ishlab turishi zarur.

Agar ikkinchi kontaktor zanjiridagi tutashtiruvchi kontakt o'rniga ajratuvchi kontakt qo'yilsa, u holda ikkinchi motorni ishlatmay turish zarur bo'ladi. Bunday blokirovka ham, texnologik talabga binoan, elektr yuritmani boshqarish sxemalarida ko'p uchratiladi. Agar bir tugma bilan bir necha motorni birgalikda yoki ularni mustaqil boshqarish zarur bo'lsa, u holda 7.4- d rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalanish mumkin.

Bunday boshqarish sxemasida kontaktorlardan tashqari, ko'p kontaktli rele  $KMR$  ham bo'ladi, motorlarni birgalikda ishga tushirish uchun  $SB2$ , to'xtatish uchun  $SB1$  tugmalarini bosish kifoya. Har bir motorni mustaqil boshqarish uchun  $SB4$  va  $SB6$  tugmalaridan foydalaniladi. Bunday boshqarish sxemalarini avtomatik stanok liniyalarida uchratish mumkin. Avtomatik boshqarish sxemalarida yuqorida keltirilgan blakirovka bog'lanishlaridan tashqari boshqa xillari ham uchraydi.

## 7.5. Elektr yuritmani avtomatik ishga tushirish usullari

Qisqa muddatli takrorlanuvchi ish rejimida elektr yuritmani ko'p pog'onali rezistor qarshiligi bilan ishga tushirish jarayoni ancha murakkab bo'lib, uni operator orqali boshqarilganda qiyinchilik va xatoliklar yuz berishi mumkin. Ishga tushirish jarayoni-ning turli vaqtlarda motorning chastotasi va toki turli qiymatlarga ega bo'lishi sababli bu jarayonni chastota, toki va vaqt asosida avtomatik boshqarish mumkin. Elektr motorini chastota asosida ishga tushirishda markazdan qochma kuch prinsipiga asoslangan murakkab tuzilmali chastota relelaridan foydalaniladi. Amalda ishga tushirish jarayonini chastota asosida avtomatlashtirish o'rniga, unga proporsional bo'lgan e.y.k. asosida avtomatlashtiriladi. 7.5- a rasmda parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini e.y.k. asosida avtomatlashtirib, ishga tushirish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda  $SB2$  tugmasi bosilishi bilan motor uch pog'onali rezistor qarshiligi vositasida avtomatik ravishda ishga tushiriladi. Motorning aylanish chastotasi  $n_1$  ga tenglashganda kuchlanish  $U_{\text{itez}} = C_E n_1 + I_{\text{min}}(R_{ya} + R_3 + R_2)$  ga asoslangan tezlanish kontaktori  $KTZ 1$  ishga tushadi va uning kontakti birinchi pog'ona qarshiligi  $R_1$  ni shuntlaydi. Bunda yakor toki yana  $I_{\text{max}}$  gacha ko'paygani sababli,



7.5- rasm. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorning:  
 a - e.y.k.; b - ishga tushirish toki; d - vaqt asosida avtomatik ishga tushirish sxemalari.

tezlik ikkinchi rezistorli tavsifga binoan ortib boradi. Shunga o'xshash, chastotaning qiymati  $n_2$  ga tenglashganida yakor zanjiridagi kuchlanish  $U_{2tez} = C_n n_2 + I_{min} (R_{ya} + R_3)$  bo'ladi va bu kuchlanishga sozlangan  $KTZ2$  kontaktori ishga tushib,  $R_2$  ni shuntlaydi va hokazo. Shunday qilib, motor o'zining tabiiy tavsifidagi turg'un chastotaga bosqichma-bosqich chiqib ishlay boshlaydi. O'zgaruvchan tok motorni (faza rotorli) rotor zanjirga kiritiladigan qarshilik orqali ishga tushirish jarayoni ham 7.5- a rasmda ko'rsatilgan prinsip asosida avtomatlashtirish mumkin. Bunda kuchlanishga sozlangan kontaktorlar sifatida o'zgaruvchan tok kontaktorlari ishlatiladi.

7.5- b rasmda parallel qo'zg'alishli motorni tok asosida avtomatik ishga tushirish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda ham  $SB2$  tugmasi bosilishi bilan motor to'la qarshilik bilan ishga tushiriladi.

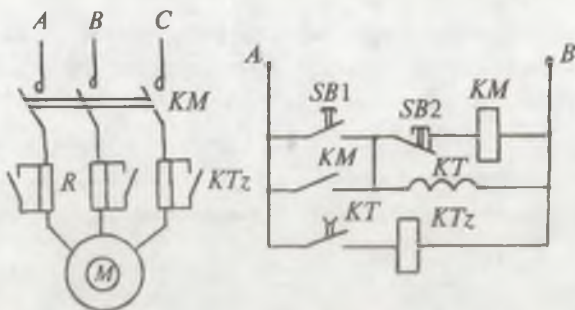
Aylanish chastotasi ortib borishi bilan yakor toki kamayib boradi, shu sababli uning minimal qiymatida birinchi tok relesi  $1RT$  o'z yakorini tortib turolmay, uni qo'yib yuboradi. Bunda uning ajratuvchi kontakti tutashib, birinchi tezlatish kontaktori  $KTZ1$  ni elektr tarmog'iga ulaydi.  $KTZ1$  kontakti birinchi pog'ona qarshiligi  $R_1$  ni shuntlaydi. Shu singari boshqarish jarayonidan so'ng,  $R_2$  va  $R_3$  qarshiliklari ham shuntlanib, motor yuklanish toki  $I_s$  ga tegishli turg'un chastotasi  $n_s$  bilan tabiiy tavsifda ishlay boshlaydi.

Bunday avtomatik boshqarish sxemasi, ko'pincha faza rotorli asinxron motorlarda ham uchratiladi.

### Vaqt asosida avtomatik ishga tushirish

7.5- d rasmda parallel qo'zg'atishli motorni elektromagnit vaqt relesi bilan avtomatik ishga tushirish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda rubilnik  $R$  ulanishi motorning qo'zg'atish chulg'ami  $PQCh$  va nol tok relesi  $RNT$  dan tok o'ta boshlaydi. Shu bilan birga, maksimal tok relesi  $RM$ , birinchi vaqt relesi  $1KT$ , yakor va to'la tashqi qarshilik orqali ham tok o'ta boshlaydi. Ammo vaqt relesi  $1KT$  chulg'amning qarshiligi katta bo'lishi sababli yakor zanjiridan o'tgan tok kichik qiymatga ega bo'lib, motor aylana olmaydi. Vaqt relesi  $1KT$  chulg'amidan tok o'tishi bilan uning kontakti tezlatish kontaktorlari zanjirini elektr tarmog'idan uzib qo'yadi. Agar  $PQCh$  va  $RNT$  nominal qiymatli tezlatish toki o'tib turgan bo'lsa, motorni ishga tushirish uchun  $SB2$  tugmasini bosish kifoya. Bunda birinchi vaqt relesi  $1KT$  ning chulg'ami liniya kontaktorining  $KM$  kontakti bilan shuntlanib, bu rele sozlangan vaqt  $t_1$  hisoblana boshlaydi. O'tkinchi rejim formulasidan topilgan va rele sozlangan  $t_1$  vaqti o'tishi bilan vaqt relesi o'z yakorini qo'yib yuboradi va  $KTZ1$  zanjiri  $1KT$  kontakti bilan elektr tarmog'iga ulanib qoladi. Bunda tezlanish kontaktorning  $KTZ1$  kontakti bilan qarshilikning birinchi pog'onasi  $R_1$  hamda ikkinchi vaqt relesi  $2KT$  ning g'altagi shuntlanadi va, natijada, motorning aylanish chastotasi maksimal moment ta'sirida yana ortib boradi. Shu singari  $2KT$  sozlangan vaqt  $t_1$  dan so'ng  $R_2$  shuntlanadi va hokazo.

Shunday qilib, motor vaqt asosida avtomatik ravishda ishga tushib, tabiiy tavsifda turg'un chastota bilan ishlay boshlaydi.



7.6- rasm. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorli vaqt asosida avtomatik ishga tushirish sxemasi.

Bunday sxema bilan ishlab turgan motorni qisqa tutashish xavfidan maksimal tok releli  $RM$ , qo'zg'atish tokining nominalga nisbatan kamayib yoki nolga teng bo'lib qolish xavfidan esa nol tok releli  $RNT$  himoyalaydi. Motorning boshqarish zanjiri esa qisqa tutashish tokidan, odatda saqlagichlar bilan himoyalanaadi. Vaqt asosida avtomatik ishga tushirish usulining afzalliklari borligidan unga o'zgarimas va o'zgaruvchan tok motorini avtomatlash-tirishda juda keng foydalaniladi. Bunday sxema ishiga elektr tarmog'idagi kuchlanish, rele chulg'ami harorati va yuklanish toki qiymatlarining o'zgarishi ta'sir qilmaydi. Shu sababli bu sxema puxta hamda ishonchlidir. Bundan tashqari, vaqt asosida turli quvvat va kuchlanishga ega motorni avtomatik ishga tushirish uchun bir xil tipdagi vaqt relelaridan foydalanish imkoni bor. 7.6- rasmda qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorni vaqt asosida avtomatik ishga tushirish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda  $SB1$  tugmasi bosilishi bilan motorning stator chulg'ami ishga tushirish tokini kamaytiruvchi tashqi qarshilik orqali elektr tarmog'iga ulanadi. Natijada stator zanjiridagi qarshilik  $KTZ$  kontakti bilan shuntlanib, motor normal rejimida turg'un chastota bilan ishlay boshlaydi.

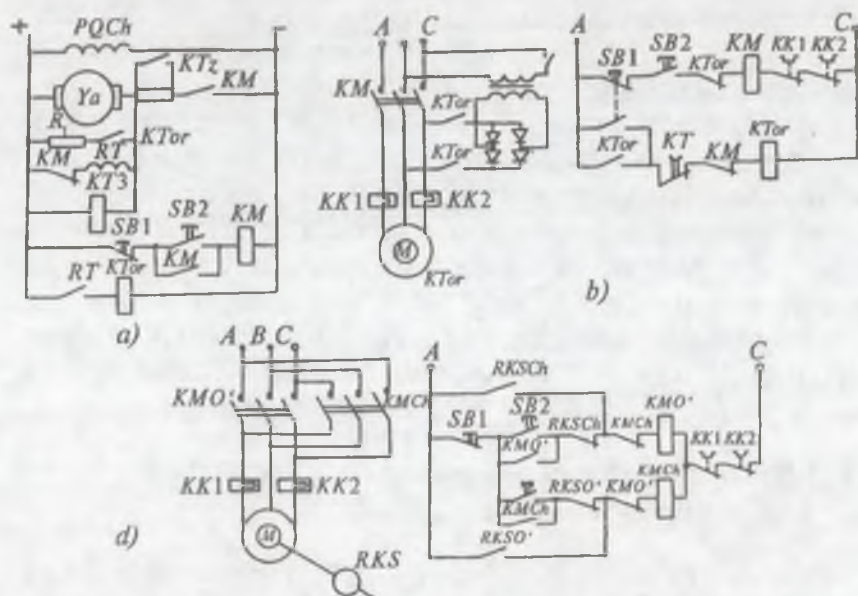
7.6.

### Elektr yuritmani avtomatik tormozlab to'xtatish usullari

Elektr yuritmalarni tormozlab to'xtatishda, ko'pincha elektro dinamik va teskari ulash usullaridan foydalaniladi. Rekuperatsiya usulidan esa faqat generator-motor sistemalarida va ko'p chastotali asinxron motorlardan iborat yuritmalarda foydalaniladi. Elektr



yuritmani tormozlab to'xtatishni avtomatlashtirish prinsiplari, uni ishga tushirishdagi singari e.y.k. chastota va vaqtga asoslangan bo'lishi mumkin. 7.7- a rasmda parallel qo'zg'atishli motorni elektro dinamik usul bilan e.y.k. asosida avtomatik tormozlab to'xtatish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda to'xtatish tugmasi SB1 ni bosish bilan yakor zanjiri elektr tarmog'idan ajratiladi. Shu ondayoq, yakordagi e.y.k. ta'sirida tormozlash relesi RT qo'zg'atilib, u o'z kontakti RT bilan tormozlash kontaktori KTOR ni elektr tarmog'iga ulaydi. Bu kontaktorning KTOR kontakti elektr tarmog'idan ajratilgan yakorni tormozlash qarshiligi  $R_f$  ga ulab motorni dinamik tormozlash rejimiga o'tkazadi. Natijada tormozlash momenti hosil bo'lib, uning ta'sirida chastota, va, demak, e.y.k. kamayib boradi. E.y.k. ning biror kichik qiymatida RT relesining kontakti bilan KTOR kontaktori elektr tarmog'idan ajratiladi va motor faqat ishqalanish momenti ta'sirida asta-sekin to'xtaydi. Tormozlash momentining motor to'xtagunga qadar ta'sir etmasligi bu usulning asosiy kamchiligi hisoblanadi.



7.7- rasm.

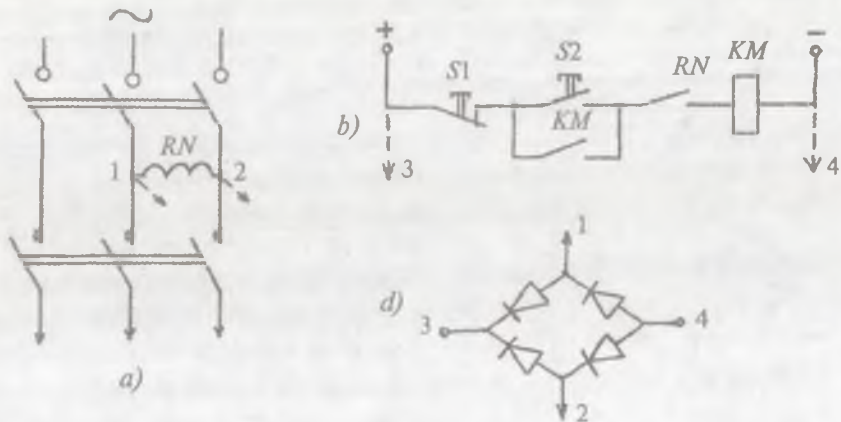
- a – parallel qo'zg'atishli motorni elektrodinamik usul bilan e.y.k. asosida avtomatik tormozlab to'xtatish sxemasi; b – asinxron motorni elektrodinamik usul bilan vaqt asosida avtomatik tormozlab to'xtatish sxemasi; d – asinxron motorni teskari ulanish bilan chastota asosida avtomatik tormozlab to'xtatish sxemasi.

7.7- b rasmda asinxron motorni elektrodinamik usul bilan vaqt asosida avtomatik tormozlab to'xtatish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda to'xtatish *SB1* tugmasi bosilishi bilan motor statori elektr tarmog'idan ajratilib, tormozlash kontaktori *KTOR* esa elektr tarmog'iga ulanadi. Tormozlash kontaktori *KTOR* ning kontakti stator chulg'amini o'zgarmas tok manbayiga ulab, motorni elektrodinamik rejimga o'tkazadi. Bu paytda *KTOR* kontaktori yakoriga o'rnatilgan mayatnikli vaqt relesi *RV* ishga tushib, vaqtni hisoblay boshlaydi va ozgina zaxira bilan hisoblangan to'xtash vaqti tugagach, *RV* ning *KT* kontakti tormozlash kontaktori *KTOR* ni elektr tarmog'idan ajratadi. Demak, bu usulda tormozlash jarayoni motor to'xtatishga qadar davom etadi. 7.7- d rasmda asinxron motorni teskari ulash bilan chastota asosida avtomatik tormozlab to'xtatish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda to'xtatish tugmasi *SB 1* ni bosish bilan o'ng yoki chap tomonga aylanib ishlayotgan motor induksion tezlik relesi *RKS* bilan teskari ulanish rejimiga o'tkazilib, avtomatik ravishda tormozlab to'xtatiladi. Haqiqatan, agar motor o'ng tomonga aylanib ishlayotgan bo'lsa, u holda chastota relesining tutashtiruvchi kontakti *RKSO'* berk holatda bo'lib, chap tomonga aylantirish kontaktori *KMCh* zanjirni elektr tarmog'iga ulashga tayyorlab qo'yadi. Shu sababli, *SB1* tugmasini bosish bilan o'ng tomonga aylantirish kontaktori *KMO'* elektr tarmog'idan ajralib, chap tomon kontaktori *KMCh* esa, elektr tarmog'iga ulanadi va, natijada, motor teskari ulanish rejimiga o'tkaziladi. Tormozlash momenti ta'sirida motor chastotasi keskin ravishda kamayib boradi va nol qiymatga yaqin bo'lgan qiymatga yaqin bo'lgan tezlikda *RKS* relesining *RKSO'* kontakti kontaktor *KMCh* ni elektr tarmog'idan ajratadi. Natijada motor ham elektr tarmog'idan ajratiladi.

7.7.

### **O'zgaruvchan tok motorining boshqarish zanjiriga tok turini tanlash**

Soatiga 300+400 marta ulanib, og'ir rejimda ishlaydigan o'zgaruvchi tok motorlari uchun avtomatik boshqarish zanjiriga o'zgarmas tok apparatlarini qo'llash tavsiya qilinadi. Bu apparatlar o'zgaruvchan tok apparatlariga nisbatan bir muncha ishonchli bo'lib, ularning xizmat davri nisbatan ancha katta ulanish soniga teng bo'ladi. Teatr, muzey, kasalxona va shu kabi joylarda o'rnatilgan elektr yuritmani boshqarishda ishlatiladigan apparatlarining



7.8- rasm.

*a* va *b* – o‘zgaruvchan tok motorini boshqarish uchun o‘zgarmas tok apparaturasidan tuzilgan sxemalari; *d* – o‘zgarmas tok manbai sifatida to‘g‘rilagichdan foydalanish sxemasi.

ishlash paytida qattiq shovqin chiqmasligi uchun uzoq muddatli ishlash rejimlarida ham o‘zgarmas tok apparatlaridan foydalanish tavsiya qilinadi. 7.8- rasmda o‘zgaruvchan tok motorini boshqarish uchun o‘zgarmas tok apparaturasidan foydalanish sxemasi ko‘rsatilgan. Bunda bosh va boshqarish uchun o‘zgarmas tok apparaturasidan foydalanish sxemasi ko‘rsatilgan. Bunda bosh va boshqarish zanjiri sxemalari turli tok manbayidan ta‘minlangani sababli, motorni nol kuchlanish xavfidan himoyalashda kuchlanish relesi *RN* qo‘llaniladi (7.8- *a* rasm).

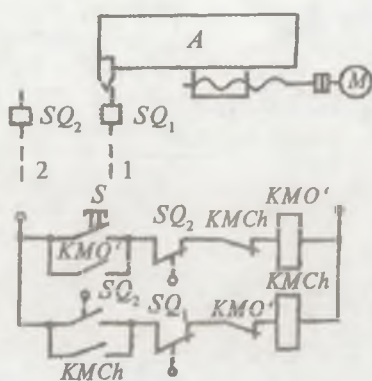
Agar boshqarish zanjiri uchun alohida o‘zgarmas tok manbai bo‘lmasa, u holda uni 7.8- *d* rasmda ko‘rsatilgan to‘g‘rilagichning 3 va 4 nuqtalariga ulanadi. O‘zgarmas tokli boshqarish zanjiriga 220 V dan yuqori bo‘lgan kuchlanishni va, demak, yuqori kuchlanishli apparatlarni qo‘llanilishi tavsiya etilmaydi.

7.8.

### Elektr yuritma bilan texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish usullari

Texnologik jarayonlarni turli parametrlar: masalan, yo‘l, vaqt, chastota va yuklama asosida avtomatlashtirish mumkin.

Yo‘l asosida tuzilgan avtomatlashtirish sxemalarida buyruq beruvchi apparat sifatida turli tipdagi yo‘lakay datchiklar (almashlab–ulagich) dan foydalaniladi.



7.9- rasm. Mexanizm ish siklini yo'lakay datchik asosida elektr yuritma bilan avtomatlashtirish sxemasi.

7.9-rasmda yo'lakay datchiklar  $SQ_1$  va  $SQ_2$  bilan ish mashinasi  $A$  elementini 1 holatdan 2 holatga, so'ngra 2 holatdan dastlabki 1 holatga o'tish jarayonlarini avtomatlashtirish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda  $S$  tugmasi bosilishi bilan motor o'ng tomonga aylanishga ulanib,  $A$  elementining 1 dan 2 holat tomon ilgari harakati boshlanadi.  $A$  elementi 2 holatga kelishi bilan undagi turtgich orqali  $SQ_2$  bosilib, uning ajratuvchi kontakti kontaktor  $KMO'$  elektr tarmog'idan ajratadi, tutashtiruvchi kontakti esa  $KMCh$

kontaktorini elektr tarmog'iga ulaydi. Bunda motor chap tomonga aylanishga ulanib,  $A$  elementining 2 dan 1 holat tomon ilgari harakati boshlanadi.  $A$  elementi dastlabki 1 holatga kelishi bilan  $SQ_1$  bosilib, uning ajratuvchi kontakti  $KMCh$  kontaktorini elektr tarmog'idan ajratadi va natijada  $A$  elementining harakati to'xtatiladi. Agar  $A$  elementi bunday harakatining avtomatik ravishda takrorlanishi zarur bo'lsa, u holda  $SB$  tugmasining  $SQ_1$  ni tutashtiruvchi kontakti bilan shuntlanishi kifoya. Shuningdek,  $A$  elementi 1 dan 2 holatga o'tganidan so'ng  $B$  elementining 3 dan 4 holatga o'tishini hamda  $B$  elementi 4 holatga kelishi bilan  $A$  ning 2 dan 1 ga,  $B$  ni esa, 4 dan 3 holatlar tomon harakatlantirib, bu holatlarga yetishish bilan  $A$  va  $B$  elementlari to'xtashini ta'minlaydigan sxemani tuzish ham yuqoridagi singari amalga oshiriladi.

$A$  va  $B$  elementlari bunday harakat siklini o'z-o'zidan takrorlash uchun  $SQ_1$  va  $SQ_3$  ning ketma-ket ulangan tutashtiruvchi kontaktlarini  $S$  tugmasi bilan shuntlash kifoya. Yuqoridagi sxemalarda minimal yoki nol kuchlanish xavfidan himoyalash uchun ularni elektr tarmog'iga ulashda sxemaga yana bitta kuchlanish relesini kiritish kifoya.

Vaqt asosida tuzilgan avtomatlashtirish sxemalarida buyruq beruvchi apparat sifatida turli tipdagi vaqt relelaridan foydalaniladi. Bunda  $S$  tugmasini bosish bilan  $A$  elementini 1 dan 2 holatga keltirib, so'ngra berilgan vaqt o'tganidan keyin, uni dastlabki holatiga keltirib to'xtatish sxemasi tuziladi.

Bunday avtomatlashtirish sxemalarida vaqt rele si *KT* yo'lakay datchiklar bilan birgalikda qo'llaniladi.

Yuklama asosida tuzilgan avtomatlashtirish sxemalarida buyruq beruvchi apparat sifatida tok relesidan ham foydalanish mumkin. Bunda stanok poperechinasini tepaga, pastga qarab harakatlantirish va to'xtatilishi bilan uni darhol stanok ustunlariga mahkamlab qo'yish sxemasidan foydalaniladi. Bunday avtomatlashtirish sxemalarida tok rele si yo'lakay datchiklar bilan birgalikda qo'llaniladi.

Chastota asosida tuzilgan avtomatlashtirish sxemalarida buyruq beruvchi apparat sifatida taxogenerator (chastota datchigi) dan foydalaniladi. Texnologik jarayon talabiga binoan, elektr yuritmani aniq joyda yoki aniq holatda to'xtatish lozim bo'ladi. Ma'lumki, aniq to'xtatish uchun, dastavval, motorning boshlang'ich aylanish chastotasini mumkin qadar pasaytirish kerak. Bunda texnologik jarayon tugashi bilan, elektr yuritma dastlabki chastotasini impuls usuli bilan pasaytirishi kerak. Bunday avtomatlashtirish sxemalarida ham chastota datchigi yo'lakay datchigi bilan birgalikda qo'llaniladi. Texnologik jarayonning tugashi bilan yo'lakay datchigi bosilib, uning kontakti kontaktor zanjirini elektr tarmog'idan ajratadi. Natijada motor ham elektr tarmog'idan ajrab, chastotasi kamayib boradi. Chastotasining kichik bir qiymatida taxogenerator kuchlanishidan ta'minlanuvchi rele kontakti motorni teskari tomonga aylantiruvchi kontaktorni elektr tarmog'iga ulaydi. Bunda motor tomozlanib, chastotasi nolgacha pasayadi, so'ngra teskari tomonga aylana boshlaydi. Chastota qiymati berilgan kichik qiymatdan ko'payishi bilan taxogenerator yakorga ulangan relening kontakti teskari kontaktorini elektr tarmog'idan uzadi. Bunda motor ham elektr tarmog'idan uzilib, uning chastotasi yana pasaya boshlaydi va hokazo. Natijada motor o'rtacha qiymati past bo'lgan chastota bilan ishlaydi.

7.10- rasmda suv bilan ta'minlovchi nasos stansiyasi ishini elektr yuritma bilan avtomatlashtirish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda nasos stansiyasi avtomatik ravishda ishlashi uchun komanda (buyruq) beruvchi asosiy apparat sifatida qalqovichli reledan foydalaniladi.

Qalqovichli relening simobli kontakt sistemasi *SR* nasos motorini boshqaruvchi kontaktor chulg'ami zanjirga ketma-ket ulanadi. Simobli kontaktning holati bosim baki *BB* dagi suv sathiga bog'liq bo'lib, uning yuqori sathida ochiq, quyi sathida esa berk



bo'shatib, uni boshqa tipdagi stanokka o'rnatish kabi yordamchi harakat jarayonlariga ko'p vaqt ketib, mehnat unumi past bo'ladi.

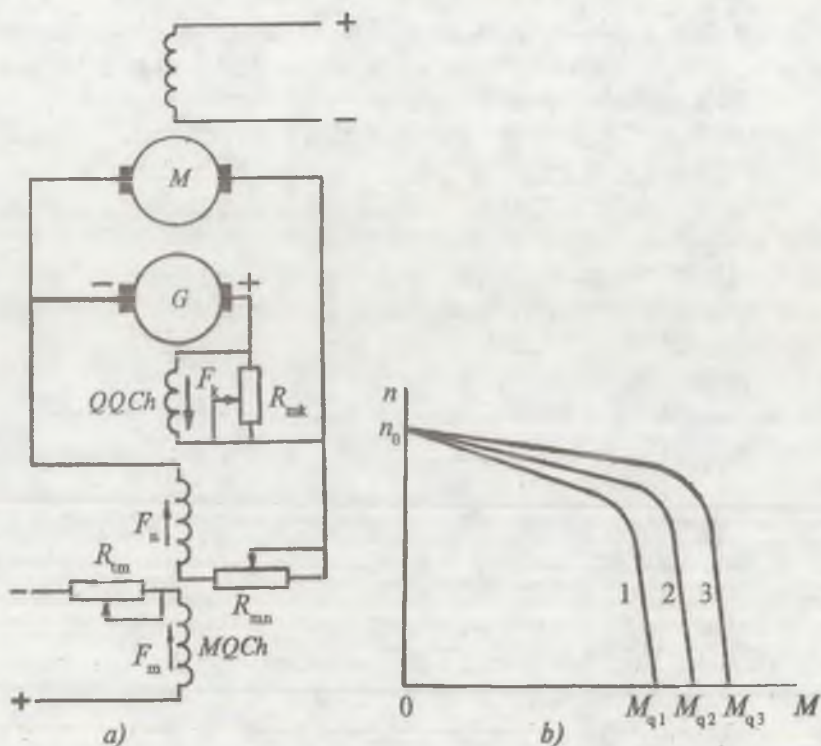
Agar murakkab materialga ishlov berish uchun bir necha agregat stanoklarini texnologik talabga ko'ra bir qatorga o'rnatib, ulardan avtomatik liniya tuzilsa, yordamchi harakatlar vaqti anchagina qisqarib, stanoklar liniyasining ish unumi ortadi, mahsulot sifati yaxshilanadi. Bunda turli xil keskich asboblari o'rnatilgan kallakli shpindel agregat stanoklari, ishlov beriluvchi materialni uzatish transportyori va qisish qurilmalari orqali bir-biri bilan kinematik bog'lanishda hamda o'zaro blokirovka bog'lanishlariga ega bo'ladi.

Avtomatik liniyalarda berilgan buyruqning bajarilishi, asosan, yo'lakay datchiklar bilan nazorat qilib turiladi. Bunday liniyalar avtomotik, yarim avtomatik va sozlash rejimlarida ishlashi mumkin.

Liniyaning avtomatik ish rejimida, ishlov beruvchi material, dastavval, berilgan holatda o'rnatilib mahkamlanadi, so'ngra keskichlar o'rnatilgan shpindel kallagi u tomon katta chastotada yo'naltiriladi va ular orasidagi masofa berilgan qiymatga tenglashganda kallak harakati kichik ish chastotasiga o'tkaziladi. Ishlov berish jarayoni tugagach, hamma kallaklar dastlabki holatlariga katta chastota bilan qaytariladi, material esa bo'shatilib, transportyor yordamida keyingi ishlov berish joyiga uzatiladi va shu bilan avtomatik ish sikli tugab, keyingi sikl boshlanadi. Birov avariya sababli to'xtab qolgan liniyani qaytadan ishga tushurish uchun sozlash tugmalari bilan hamma mexanizmlarni dastlabki holatiga qaytarish lozim, aks holda avtomatik blokirovka liniyani ishga tushirishga yo'l qo'ymaydi. Avtomatik liniyalar ishining ishonchliroq bo'lishini ta'minlash uchun ularda qo'llanilgan boshqarish apparatlari sonini iloji boricha kamaytirish, kichik toklarga mo'ljallangan ixcham va kontaktsiz asbob, apparat va mantiqiy elementlardan foydalanish tavsiya qilinadi.

Stanoklar liniyasida asosiy motor sifatida qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlari qo'llanilib, ular gidravlik moslamalar bilan birgalikda ishlatiladi.

Teskari bog'lanish zanjiriga ega bo'lgan sistemalar berk boshqarish sistemasi deyiladi. Elektr yuritma sistemasini jadal ishga tushirish va tormozlab to'xtatish, uning turg'un chastotasini



7.11- rasm. Uchta qo'zg'atish chulg'amli generatorga ega bo'lgan generator-motor sistemasi:

a - sxemasi; b - ekskavator tipli mexanika tavsifi.

o'zgartirmay saqlash va katta kenglikda rostlash, motorning turli tipdagi mexanik tavsiflariga ega bo'lishini ta'minlash uchun berk sistemali avtomatik boshqarish sxemalaridan foydalaniladi.

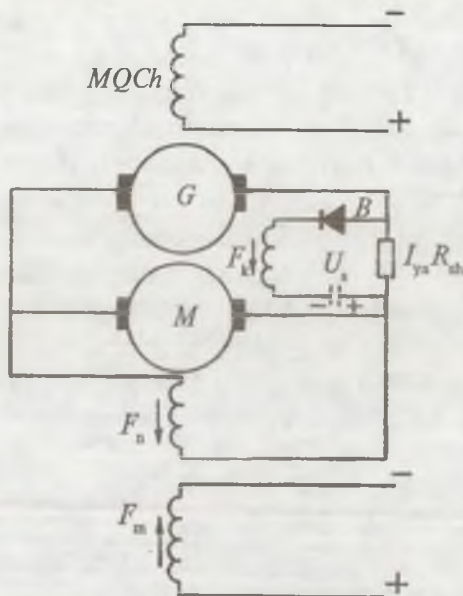
7.11- a rasmda uchta qo'zg'atish chulg'amiga ega bo'lgan berk zanjirli generator-motor sistemasi ko'rsatilgan: bunda  $F_m$ ,  $F_n$  va  $F_k$  - tegishli generatorning mustaqil, parallel va ketma-ket qo'zg'alishli chulg'amlarining magnit yurituvchi kuchlari (amper-o'ramlari);  $R_{tm}$ ,  $R_p$  va  $R_{tk}$  - tegishli mustaqil, parallel va ketma-ket qo'zg'atishli chulg'am zanjirlariga kiritilgan tashqi qarshiliklar. Bu qarshiliklar bilan  $F_m = I_m W_m$ ;  $F_n = I_n W_n$  va  $F_k = I_k W_k$  qiymatlari rostdlanadi. Generator kuchlanishi va demak, motor chastotasini keng diapazonda rostlash uchun  $R_{tm}$  va  $R_p$  qiymatlarini o'zgartirish kerak bo'ladi. 7.11- b rasmda ko'rsatilgan ekskavator tipli mexanik tavsiflarning keskin burilishiga tegishli qisqa tutashish momenti  $M_q$  yoki toki  $I_q$  qiymatlarini rostlash uchun esa  $R_{tk}$  ni



o'zgartirish kerak bo'ladi. Ekskavator va shu kabi ish mashinalarning ba'zi mexanizmlarida tez-tez o'ta yuklanish hollari sodir bo'lib turadi. Bunda yuklamaning qiymati hatto yuritmani to'xtatib qo'yish darajasigacha ortib borishi mumkin. Bunday hollarda elektr yuritmaning mexanik tavsifi keskin burilishga ega bo'lib, motor o'ziga xavfli bo'lgan qisqa tutashish, ya'ni  $n = 0$ ,  $I = I_q$ ,  $M = M_q$  rejimlaridan avtomatik ravishda himoyalaniishi kerak. Keskin burilishli, ya'ni ekskavator tipli deb ataluvchi mexanik tavsifini olish uchun motorni ta'minlovchi tok manbayini tashqi tavsifi keskin burilishga ega bo'lishi lozim. Uchta chulg'amli generatordan keskin burilishli tavsif olish uchun uning magnit yurituvchi kuchning umumiy qiymati  $F_z = F_n + F_m - F_k$  bo'lishi kerak.

### 7.11. Teskari bog'lanish zanjirlari

Biror sistemaning zvenolardan energiya olib, so'ngra bu energiya bilan uning oldingi zvenolariga ta'sir etuvchi zanjir teskari bog'lanish deb ataladi. Teskari bog'lanish zanjiri bir qancha elementlardan iborat bo'lib, uning ta'sirini 7.11- a rasmdagi generator-motor sistemasi misolida ko'rsatish mumkin. Bunda generator mustaqil qo'zg'atish chulg'amini uning boshqaruvchi chulg'ami, parallel va ketma-ket chulg'amlari esa uning *teskari bog'lanish chulg'amlari* deyiladi. Teskari bog'lanish chulg'amlarining ulanish joyi va sxemasiga qarab, ularni tok, kuchlanish yoki chastota asosida tuzilgan teskari bog'lanishlar deb ataladi. Agar teskari bog'lanish zanjiridagi signal asosiy boshqarish chulg'amidagi signalga mos bo'lib, umumiy signalni kuchaytirsa, bunday teskari boshqarishni *musbat*, aks holda *manfiy teskari bog'lanish* deyiladi. Agar teskari bog'lanish zanjiridagi signal qiymati rostlanuvchi miqdorning o'zgarishi chastotaga proporsional bo'lgan taqdirda esa *elastik teskari bog'lanish* deb ataladi. Demak, uch chulg'amli generatorning parallel qo'zg'atishli chulg'ami uning kuchlanishiga binoan musbat va qattiq teskari bog'lanishni ifodalasa, ketma-ket qo'zg'atish chulg'ami yakor zanjiridagi yuklama tokiga binoan manfiy va qattiq teskari bog'lanishni ifodalaydi. Shu sababli biror turg'un rejimda ishlab turgan motorning yuklamasi keskin o'zgarsa, generator qutblarida o'rnatilgan uchta qo'zg'atish chulg'amidagi toklardan hosil bo'lgan  $F_z$  va demak, kuchlanishning qiymati keskin kamayadi. Demak, bunday generatordan ta'min-



7.12- rasm. Kechiktirilgan teskari bog‘lanish zanjirli generator–motor sistemasining sxemasi.

gamas tok manbai orqali ulangan ketma-ket qo‘zg‘atishli chulg‘ami *kechiktirilgan teskari bog‘lanish zanjiri* deb ataladi. Kechiktirilgan teskari bog‘lanish zanjiridan yuklamaga proporsional bo‘lgan tokning o‘tishi uchun  $I_{ya} R_{sh} > U_s$  bo‘lishi lozim, bunda  $U_s$  — kechiktirilgan teskari bog‘lanish zanjiridagi tok manbayining o‘zgarmas qiymatli kuchlanishi. Buni *solishtiriluvchi kuchlanish* deb ham ataladi. Agar ekskavator tipli mexanik tavsif olinishi kerak bo‘lib, uning keskin burilishidagi yuklama toki  $I_{ya} = I = 2I_n$  bo‘lsa, u holda  $2I_n R_{sh} > U_s$  bo‘lishi lozim. Demak, yuklama tokning qiymati chegaraviy qiymat  $2I_n$  ga tenglashgandan so‘ng kechiktiril-

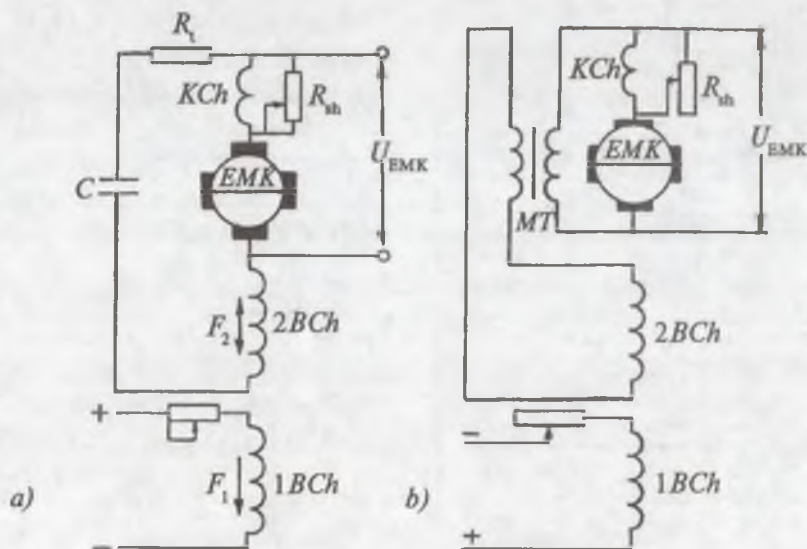
gan teskari bog‘lanish chulg‘amidan  $I_k = \frac{I_{ya} R_{sh} - U_s}{R_k}$  tok o‘tib,  $F_k = I_k W_k$  hosil bo‘ladi. Natija  $F_\Sigma = F_k - F_m - F_p - F_k$  qiymati keskin kamayib ekskavator tipli mexanik tavsif olinadi. Demak, berilgan yuklama qiymatida keskin burilishi aniq bo‘lgan ekskavator tipli tavsifni olish uchun kechiktirilgan teskari bog‘lanish zanjiri bo‘lishi shart. Motor chastotasini o‘zgartirmay saqlash, uni keng diapazonda rostdash hamda ekskavator tipli mexanik tavsifga ega bo‘lish uchun, ko‘pincha, elektr mashina kuchaytirgichli  $G - M$  sistema-

lanuvchi motorning mexanik tavsifi ham uni xavfli yuklamadan avtomatik ravishda himoyalovchi keskin burilishli tavsifga ega bo‘ladi. Agar 7.11- a rasmdagi tok va kuchlanishga binoan olingan teskari bog‘lanish toklari yo‘nalishini teskarisiga o‘zgartirilsa, u holda  $F_\Sigma = F_m + F_k - F_p$  bo‘lib, motorning mexanik tavsifi keskin burilish o‘rniga yuqori qattqlikka ega bo‘ladi va, demak, berilgan turg‘un chastota qiymati o‘zgartirilmay saqlanadi.

7.12- rasmda kechiktirilgan teskari bog‘lanish zanjirli  $G - M$  sistemasi ko‘rsatilgan. Uchta chulg‘amli generatorming ventil va o‘zgar-

laridan foydalaniladi. Bunday sistemalarda ko'ndalang magnet maydonli elektr mashina kuchaytirgich EMK ning qo'zg'atish chulg'amlaridan biri boshqarish, ikkinchisi mo'tadillashtirish, qolganlari esa turli parametrlar bo'yicha teskari bog'lanish vazifa-

larini bajaradi. EMK ning kuchaytirish koeffitsienti  $K_r = \frac{P}{P_{kir}} = 10^4$  bo'lgani uchun kirish parametrlarining ayniqsa o'tkinchi rejim paytida biroz o'zgartirishi chiqish parametrining keskin o'zgartirishi mumkin. Bunda EMK chiqish kuchlanishini o'zgartirmay saqlash uchun qo'zg'atish chulg'amlaridan biri 7.13- a rasmdagi sxemaga binoan ulanib, mo'tadillashtirish vazifasini bajaradi. Bunda EMK chiqish kuchlanishi qiymati asta-sekin o'zgarsa yoki o'zgarmasa, u holda mo'tadillashtiruvchi chulg'am 2BCh zanjiridan tok o'tmaydi, keskin o'zgariganida esa, masalan ko'payganida, kondensator zaryadlana boshlaydi va, demak, undan zaryadlash toki o'tib kamayganida razryadlash toki o'tadi. Demak, mo'tadillashtiruvchi chulg'am zanjiri elastik teskari bog'lanish vazifasini bajarib 2BCh dan o'tgan zaryadlash tokining magnet yurituvchi kuchi  $U_{EMK}$  qiymatini pasaytirish, razryadlash tokiga taalluqlisi esa  $U_{EMK}$  ni ko'paytirish kerak. Natijada  $U_{emk}$  qiymati tezda



7.13- rasm. Ko'ndalang magnet maydonli elektr mashina kuchaytirgichning mo'tadillashtirish sxemalari:

a - kondensatorli; b - mo'tadillashtiruvchi transformatorli sxemalar.

mo'tadillashadi. O'rta va katta quvvatli *EMK* larning mo'tadillash-tiruvchi chulg'ami maxsus transformator orqali ulanadi (7.13- b rasm). Agar o'tkinchi rejim paytida  $U_{EMK}$  qiymati keskin o'zgarsa, mo'tadillashtiruvchi transformator *MT* ning ikkilamchi chulg'a-mida e.yu.k. hosil bo'ladi va natijada *2BCh* dan tok o'tib, undan hosil bo'lgan magnit yurituvchi kuch ta'sirida  $U_{emk}$  qiymati tezda mo'tadillashadi. Bunda *MT* ning transformatsiya koeffitsientini o'zgartirib, *2BCh* ga xavfli bo'lgan kuchlanishni berish hamda unga sistemaning qismlaridan olingan bir necha signallarni kiritish imkoni olinadi.

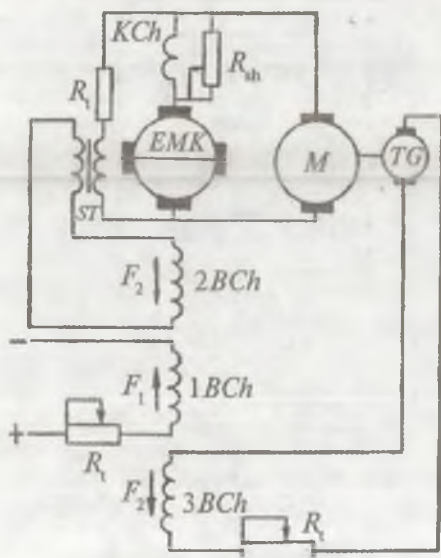
7.13

### Elektr mashina kuchaytirgichli generator—motor elektr yuritma sistemasi

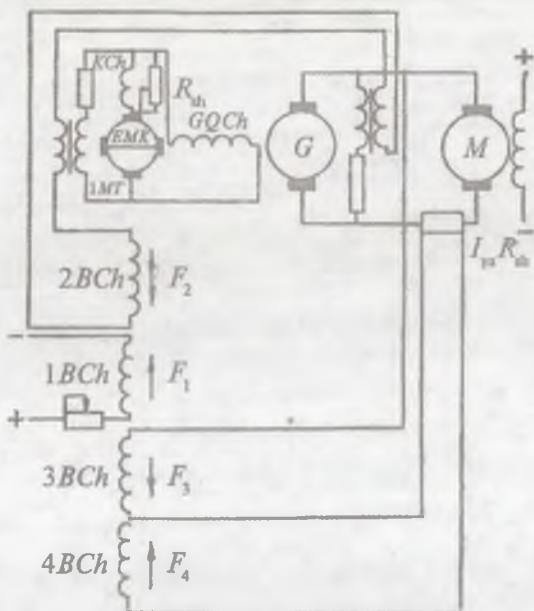
Mamlakatimizda ko'ndalang magnit maydonli *EMK* larning quvvati bir necha vatt dan 25 kW gacha bo'lgan turlarini ishlab chiqarish o'zlashtirilgan. Ularni kichik va o'rtacha quvvatli motorlar uchun bevosita generator sifatida qo'llash mumkin. 7.14- rasmda *EMK* li *G—M* sistemasi ko'rsatilgan. Bu sistema bilan motor mexanik tavsifining qattiqligini va, demak, uning berilgan chastota-

sini o'zgartirmay saqlash, hamda uni keng diapazonda rostlash imkoni olinadi. Buning uchun uchinchi bosh-qarish chulg'amiga motor chastotasi bo'yicha manfiy bo'lgan teskari bog'lanishli signal kiritiladi.

Chastota bo'yicha teskari bog'lanish signalini olish uchun taxogenerator kuchlanishidan foydalaniladi. Bunda teskari bog'lanish chulg'ami ta'minlanadigan taxogeneratoridagi e.y.k.  $E_{tg} = k_c n \Phi$  bo'ladi. Motor chastotasini o'zgartirmay saqlash uchun teskari bog'lanish zanjiridagi magnit yurituvchi kuch  $F_3$



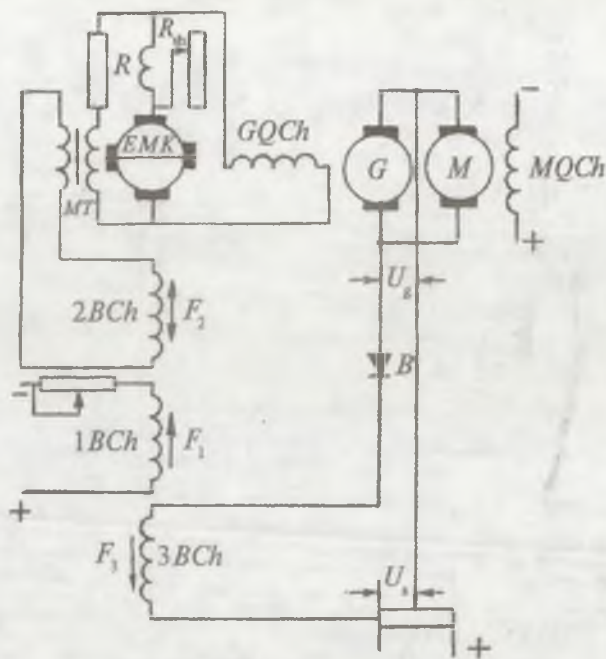
7.14- rasm. Elektr mashina kuchaytirgichli generator—motor sxemasi.



7.15- rasm. EMK li qo'zg'atgichga ega generator-motor sistemasining sxemasi.

ga teskari, ya'ni  $F_{\Sigma} = F_1 - F_3$  bo'lishi lozim. Haqiqatan, yuklamaning ortib borishi bilan motor chastotasini o'zgartirmaslik uchun uning yakoriga beriluvchi kuchlanish qiymatini ham berilgan qonunga binoan ortib borishini ta'minlash kerak. Demak, yuklama ko'payishi bilan chastota va  $F_3$  kamayishi sababli kuchlanishning ortib borishini ta'minlash uchun  $F_2$  ortib borishi kerak. Buning uchun esa teskari bog'lanish manfiy, ya'ni  $F_{\Sigma} = F_1 - F_3$  bo'lishi lozim. Chastota bo'yicha teskari bog'lanish zanjiriga turli tipdagi kuchaytirgichlarni kiritib, bunday sistema chastotani  $D = 1000$  va undan ham yuqorigacha bo'lgan diapazonda rostlash imkoni olinadi. 7.15- rasmda katta quvvatli  $G-M$  sistemasiga EMK ning generator qo'zg'atgichi sifatida ishlatilishi ko'rsatilgan. Bunda EMK dagi mo'tadillashtiruvchi 2BCh chulg'amga  $U_{EMK}$  va  $U_g$  kuchlanishlari bo'yicha 1MT va 2MT orqali elastik bo'lgan teskari bog'lanish signallari kiritiladi.

Shu sababli sistema mo'tadilligi (turg'unligi) yuqori, ya'ni uning o'tkinchi jarayonlardan so'ng o'zining dastlabki ko'rsatkichlariga erishishi tez va aniq bo'ladi. Motordagi e.y.k.  $E_m = k_e n_m \Phi_m = U_g - I_{ya} R$  bo'lib, uning chastotasi  $U_g - I_{ya} R$  ga proporsionalligi sababli 3BCh va 4BCh larga kiritilgan kuchlanish bo'yicha manfiy



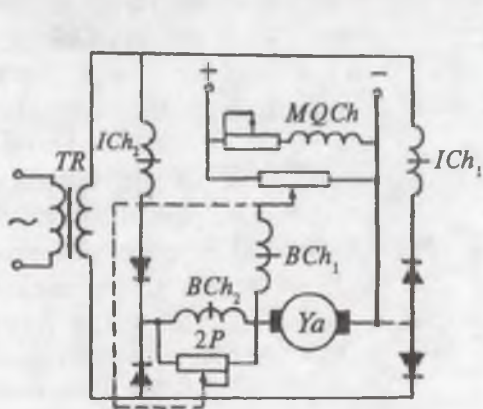
7.16- rasm. Jadallik bilan ishga tushiriluvchi generator–motor sistemasining sxemasi.

va tok bo'yicha musbat teskari bog'lanishlar orqali motor chastotasi bu sistemada ham o'zgartirilmay saqlanadi. EMK ning 1BCh chulg'amiga beriladigan tokning qiymati normal ishlash rejimidagiga nisbatan 6–7 marta katta bo'lsa, bunday elektr yuritma sistemasini jadal ishga tushirish mumkin. Haqiqatan, bunday katta tok ta'sirida EMK ning magnit sistemi tezda to'yinib uning  $U_{EMK}$  kuchlanishi va generatorning qo'zg'atish tokining qiymati keskin ravishda ko'tarila boshlaydi. Generator kuchlanishi  $U_g$  ning bir tekisda ortib borishi sababli yakor zanjiridagi tok va, demak, motor aylantiruvchi momentining qiymati o'zgarmas bo'lib, elektr yuritma jadal ishga tushiriladi. Bunday ishga tushirish jarayonida chastotaning o'zgarishi ham maqsadga muvofiq bir tekis va silliq o'tadi. Ammo chastota ortib borishi bilan  $F_3$  ko'payib  $F_\Sigma = F_1 - F_3 + F_4$  esa kamayib boradi. EMK ning to'yingan holatida  $F_\Sigma$  ning kamayishi sezilarli bo'lmaydi, to'yinmagan holatga o'tib ishlashi bilan esa  $F_3$  ning ko'payishi  $F_\Sigma$  ni keskin kamaytirib yuboradi va, natijada, motorni ishga tushirish jarayonining jadalligi ham pastlashib ketadi. 7.16-rasmda bunday kamchilikdan xoli bo'lgan, ya'ni bir

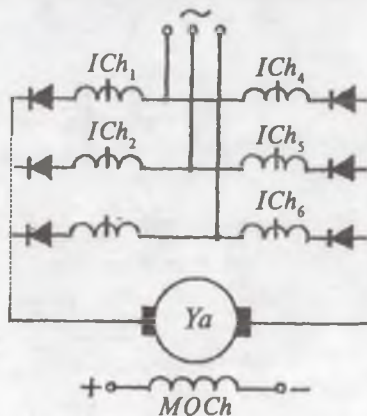
xil jadallik bilan ishga tushiriluvchi  $G-M$  sistemasining sxemasi ko'rsatilgan. Bunda generator kuchlanishi bo'yicha olingan manfiy va kechiktirilgan teskari bog'lanish asosida ishga tushirish jarayoni tugagunga qadar jadallik prinsipidan to'la foydalaniladi.

### 7.13. Magnit kuchaytirgichli elektr yuritma sistemalari

Magnit kuchaytirgichning yarim o'tkazgichli to'g'rilagich bilan birgalikda to'g'rilangan kuchlanishni boshqaradigan o'zgartgich sifatida qo'llash mumkin. 7.17- rasmda berilgan chastotani o'zgartirmay saqlovchi  $G-M$  sistemi singari prinsipda ishlaydigan magnit kuchaytirgich-motor ( $MK-M$ ) sistemasining sxemasi ko'rsatilgan. Bunda  $Ich_1$  va  $Ich_2$  - magnit kuchaytirgich ish chulg'amining qismlari bo'lib,  $BCh_2$  - tok bo'yicha teskari bog'lanish va boshqaruvchi chulg'ami vazifasini bajaruvchi chulg'amlar. Demak,  $BCh_1$  ga potensiometr  $P$  orqali beriluvchi boshqarish toki qiymatini o'zgartirish motor kuchlanishi va, demak, chastotasini 10+12 diapazonda roslash mumkin. Agar  $MK$  ning boshqarish chulg'amiga chastota bo'yicha teskari bog'lanishni taxogenerator orqali berilgunday bo'lsa, u holda bunday sistema bilan tezlikni  $D=100$  va undan ortiq diapazonda ham roslash imkoni olinadi. 7.18- rasmda katta quvvatli motorlarni magnit kuchaytirgich-motor sistemasini bilan boshqarish sxemasining bosh zanjiri ko'rsatilgan. Bunda magnit kuchaytirgichi ish



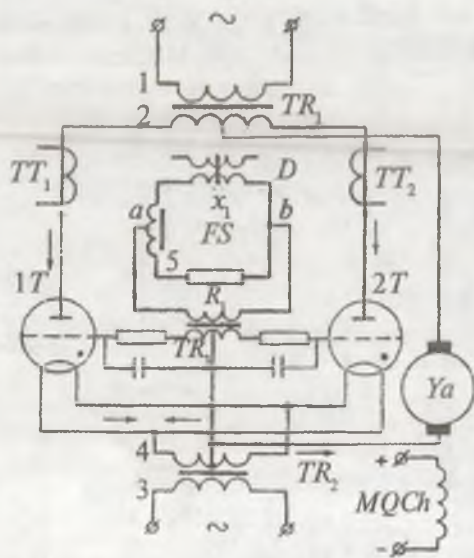
7.17- rasm. Berilgan chastotani o'zgartirmay saqlovchi magnit kuchaytirgich - motor sistemasining sxemasi.



7.18- rasm. Uch fazali ko'prik sxemasida ulangan magnit kuchaytirgich - motor sistemasining sxemasi.

chulg'amlari va ventillarini uch fazali ko'priksimon sxema bilan ulash yaxshi natijalar beradi, ya'ni motorning past chastotalarda ham mo'tadil ishlashi ta'minlanadi (bir fazali sxemalarga nisbatan to'g'rilangan kuchlanishning pulsatsiyalanishi kamayadi). Bu sxemada ham chastotani rostdlash uchun *MK* ning ketma-ket ulangan boshqarish chulg'amlariga (sxemada ko'rsatilmagan) beriladigan tok qiymatini o'zgartirish kifoya. Chastotani ko'paytirish uchun boshqarish chulg'ami tokini ko'paytirish, uni kamaytirish uchun esa boshqarish chulg'ami tokini kamaytirish lozim. Motorni magnit kuchaytirgich bilan boshqarish sxemalarida reverslash uchun yakor zanjiriga reversiv kontaktorlarning kontaktlari kiritiladi. Agar kontaktorlar yordamida reverslash tavsiya qilinmasa, u holda motorni reverslash uchun ikki komplekt magnit kuchaytirgichni sxemaga kiritish lozim. Magnit kuchaytirgich-motor sistemasidan iborat elektr yuritma *G-M* ga nisbatan ancha yuqori texnik va iqtisodiy ko'rsatkichlarga ega bo'ladi.

#### 7.14. Ion va yarim o'tkazgichli elektr yuritma sistemalari



7.19- rasm. ELIR sistemasi bosh zanjirining sxemasi.

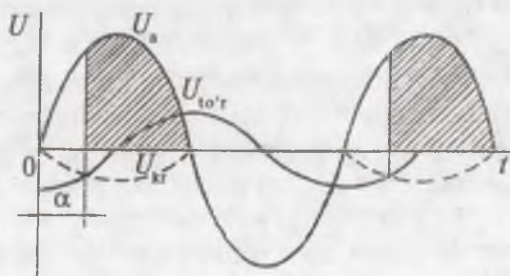
Tiratron yoki boshqariluvchi simobli to'g'rilagichdan ta'minlanuvchi motor sistemasi *ion elektr yuritmasi* deyiladi. 7.19- rasmda elektron va ion asboblari bilan boshqariladigan va *ELIR* deb ataluvchi elektr yuritma sistemasining bosh zanjir sxemasi ko'rsatilgan. Bunda parallel qo'zg'atishli motorga beriladigan rostdlanuvchi elektr yuritma sistemasining bosh zanjir sxemasi ko'rsatilgan. Bunda parallel qo'zg'atishli motorga beriladigan rostdlanuvchi kuchlanish ko'priksimon sxemasi asosida uning *1T* va *2T* tiratronlarining diagonali-



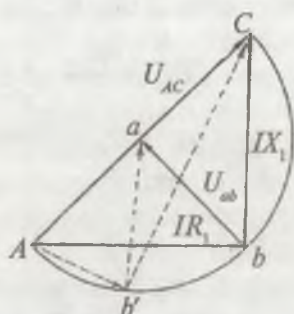
dan olinadi. Tiratronlardan tok bir tomonlama o'tishi uchun ularning anodi katodga nisbatan musbat potensialga ega bo'lishi lozim. Bunda katoddagi elektron ionlashgan gaz orqali anodga tortilib, natijada tiratrondan tok o'ta boshlaydi. Bu tok sxemada ko'rsatilgan yo'nalishda motordan o'tib, yana tiratronga qaytadi va shu bilan tok zanjiri berkiladi. Anod transformatori  $TR_1$  chulg'amida hosil bo'lgan e.y.k. ning ikkinchi yarim davrida ham boshqa tiratronning anodi musbat potensialga ega bo'lib, motordan yana ilgari yo'nalishda tok o'ta boshlaydi. Shunday qilib, o'zgaruvchan tokning ikkala yarim davrida ham motordan bir xil yo'nalishdagi pulsatsiyalanuvchi tok o'tadi. Bu to'g'rilangan tok yoki kuchlanishning o'rtacha qiymatini rostdash uchun tiratron to'riga beriladigan potensialning qiymatini va fazasini o'zgartirish lozim.

Haqiqatan, tiratron to'riga ma'lum qiymatli manfiy potensial berib, uni yondirmaslik, ya'ni undan tokni o'tkazmaslik mumkin. Bunda tirotron anodidagi musbat potensial qancha katta bo'lsa, uni yondirmaslik uchun to'rga beriladigan manfiy potensial ham nisbatan katta bo'ladi. 7.20- rasmda anodiga sinusoidal kuchlanish berilgan tiratronni to'ridagi manfiy potensial kritik qiymati  $U_{kr}$  ning o'zgarishi ko'rsatilgan. Agar to'rdagi potensial qiymati  $U_{to'r} > U_{kr}$  bo'lsa, u holda tirotron yona olmaydi va aksincha.

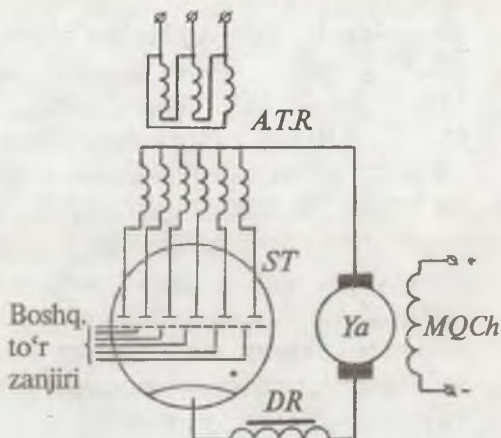
7.20- rasmda tiratrondan o'tgan to'g'rilangan tok yoki kuchlanish qiymati anoddagi kuchlanishning shtrixlangan qismi bilan ko'rsatilgan. Demak, to'rga beriladigan potensial fazasini anoddagiga nisbatan turli  $\alpha$  burchaklarga surish bilan tiratrondan o'tgan tok yoki kuchlanish o'rtacha qiymatini rostdash imkoni olinadi.



7.20- rasm. Tiratron to'riga beriladigan potensialning berilgan fazasida undan o'tuvchi to'g'rilangan tokning qiymati.



7.21- rasm. Boshqariluvchi simobli to'g'rilagich-motor sistemasi bosh zanjirining sxemasi.

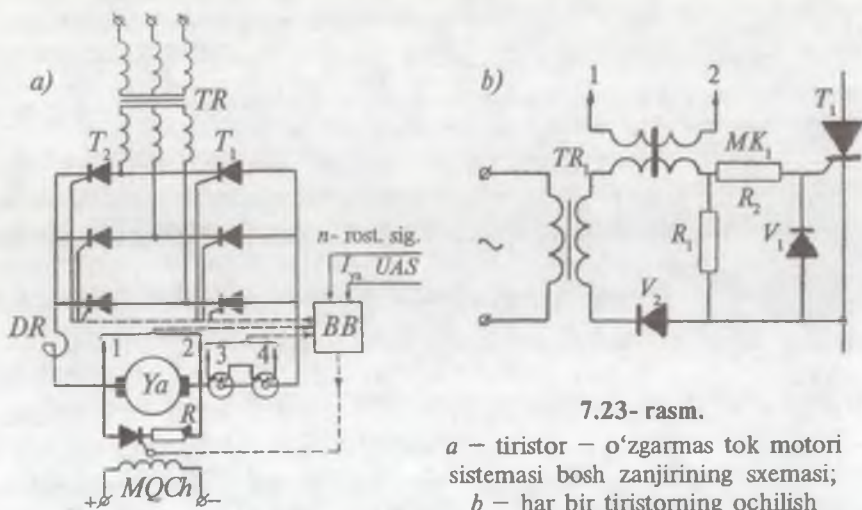


7.22- rasm. Boshqariluvchi simobli to'g'rilagich-motor sistemasi bosh zanjirining sxemasi.

To'rga beriladigan potentsiallar fazasini o'zgartirish uchun turli tipdagi faza siljiticichlar qo'llaniladi. Faza siljiticich sifatida ilgari induksion mashinadan iborat faza rostlagichdan foydalanilgan bo'lsa, hozirgi paytda, ko'pincha, statik faza siljiticichlardan foydalaniladi. 7.19- rasmda induktiv qarshiligi o'zgartiriladigan ko'priksxemali statik faza siljiticichning sxemasi ko'rsatilgan. Faza siljiticichning ikkita yelkasi transformator  $TR_2$  ning ikkilamchi chulg'ami 5 dan iborat bo'lib, uchinchi yelkasi aktiv  $R_1$ , to'rtinchi esa induktiv  $X_1$  qarshiliklardan iborat bo'ladi.

Bunda qiymati rostlanuvchi induktiv qarshilik  $X_1$  sifatida drossel  $D$  ning ish chulg'ami olinadi. Faza siljiticichning  $ab$  diagonaliga tirotronlar to'rini tok bilan ta'minlovchi transformator  $TR_3$  ning birlamchi chulg'ami ulangan bo'lib, unga  $U_{ab}$  kuchlanishi beriladi. 7.21- rasmda faza siljiticichning vektor diagrammasi ko'rsatilgan. Bunda  $U_{AC}$  — transformator chulg'amidagi kuchlanish vektori bo'lib, uning qiymati  $U_{AC} = I_1 X_1 + I_1 R_1 = \text{const}$  bo'lgani uchun  $X_1$  qiymatining o'zgarishi bilan  $U_{ab}$  kuchlanishi vektorning  $b$  nuqtasi  $U_{ab}$  radiusli yarim doira bo'yicha siljiydi.

Demak,  $a$  va  $b$  nuqtalardan olinadigan kuchlanishning qiymati o'zgarmas, fazasi esa  $U_{AC}$  ga nisbatan mos yoki  $180^\circ$  gacha farq qiladi. Shunga binoan tirotron to'riga beriluvchi kuchlanishning fazasiga nisbatan ham  $180^\circ$  gacha farq qilishi mumkin. Elir sistemasining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari  $G-M$  nikiga nisbatan past bo'lgani uchun undan deyarli foydalanilmaydi. Amalda



7.23- rasm.

a – tiristor – o‘zgarmas tok motori sistemasi bosh zanjirining sxemasi;  
 b – har bir tiristorning ochilish burchagini boshqaruvchi zanjirning sxemasi.

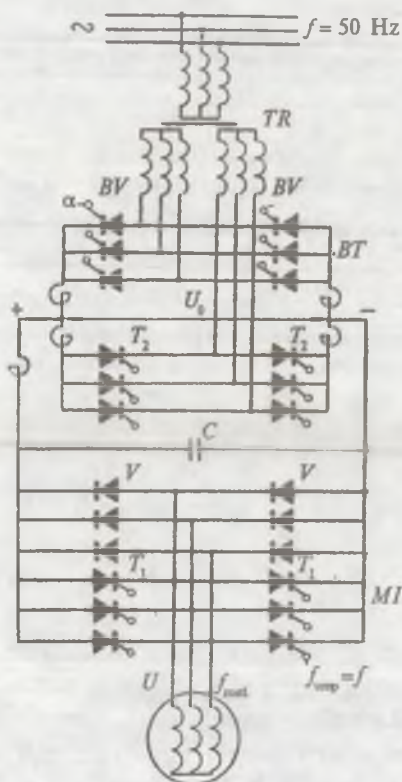
boshqariluvchi simobli to‘g‘rilagich va motordan iborat bo‘lgan BST–M deb ataluvchi ion elektr yuritma sistemasidan keng foydalaniladi. 7.22- rasmda BST–M sistemasining bosh zanjir sxemasi ko‘rsatilgan. Bu sistemada ham simobli to‘g‘rilagich to‘riga beriladigan kuchlanish fazasini anod kuchlanishi fazasiga nisbatan o‘zgartirish uchun turli tipdagi faza siljitgichlardan foydalaniladi.

7.23- a rasmda yuqoridagi sistemalarga nisbatan ancha yuqori texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarga ega bo‘lgan tiristor–motor sistemasi ko‘rsatilgan. Bunda yakor toki bo‘yicha manfiy va kechiktirilgan teskari bog‘lanishga binoan ishga tushirish toki berilgan qiymatda saqlanib, bu bilan jarayonning jadal o‘tishi ta‘minlanadi. Bunday teskari bog‘lanish uchun magnet kuchaytirgichning boshqarish chulg‘ami stabilitrondan foydalanilib, ulardan olingan signal boshqarish blokiga beriladi. Motor elektrodinamik usul bilan tormozlanib, buning uchun elektr tarmog‘idan tiristorlarning bekitilishi bilan (kontaktsiz ravishda) ajratilgan uning yakor zanjiri tormozlash tiristori  $T$  bilan  $R$  qarshiligiga ulanadi. Demak, tiristor-motor  $T$ – $M$  sistemali elektr yuritmani ishga tushirish, chastotasini rostdash va tormozlab to‘xtatish kabi jarayonlarning kontaktsiz apparatlar bilan boshqarilishi sababli uning texnik va iqtisodiy ko‘rsatkichlari ham nisbatan yuqori bo‘ladi. 7.23- b rasmda har bir fazadagi tiristorning ochilish burchagini boshqaruvchi faza siljitgich sxemasi ko‘rsatilgan. Ma‘lumki tiristorlardan

o'tadigan tok yoki kuchlanishi uning boshqarish elektrodiga beriluvchi musbat potensial fazasi  $\alpha$  ni uning anodidagi kuchlanish fazasiga nisbatan o'zgartirish kerak. Buning uchun magnit kuchaytirgich  $MK$  ning boshqarish chulg'ami 1-2 ga beriluvchi o'zgarimas tok qiymatini o'zgartirish kifoya. Agar 1-2 ga tok berilmasa,  $MK$  to'yinmagan holatida bo'ladi. Uning ish chulg'aming induktiv  $X_1$  qarshiligi  $R_1$  ga nisbatan juda katta bo'lib, transformator chulg'amidagi kuchlanish asosan ish chulg'amida hosil bo'lgan kuchlanish tushuviga sarflanadi. Bunda  $R_1$  dagi musbat potensial juda kichik qiymatga ega bo'lib, tiristor berk holda bo'ladi, ya'ni undan tok o'tmaydi. Agar 1-2 ga beriluvchi tok qiymatini ko'paytirilsa, u holda  $MK$  to'yinib ish chulg'aming

induktiv  $X_1$  qarshiligi  $R_1$  ga nisbatan kichik bo'lib qoladi. Bunda  $R_1$  dan olinib tiristorning boshqarish elektrodiga beriladigan musbat potensial katta qiymatga ega bo'lib, tiristor ochiladi. Demak,  $MK$  ning boshqarish chulg'amidagi tokni o'zgartirib uning to'yinish momentini o'zgartirish va, demak, tiristorning ochilish burchagini, ya'ni undan o'tadigan tok qiymatini rostdash imkoni olinadi (7.23- b rasm), bunda:  $TR_1$  - tiristorning boshqarish elektrodi zanjirini tok bilan ta'minlovchi transformator;  $V_2$  - magnit kuchaytirgichning ish chulg'amidan bir tomonlama tok o'tishini ta'minlovchi ventily;  $V_1$  - tiristor boshqarish elektrodi zanjirini unga xavfli bo'lgan teskari, ya'ni manfiy potensial qiymatini chegaralovchi ventily-qarshilik.

7.24- rasmda tiristorli chastota o'zgartirgichli va qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motordan iborat elektr yuritma sistemasi-ning bosh zanjiri ko'rsatilgan. Bu



7.24- rasm. Tiristorli chastota o'zgartirgichi - qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motor sistemasi bosh zanjirining sxemasi.

sistema bilan motorni ishga tushirish, reverslash, aylanishini chastotani o'zgartirish usulida rostlash va rekuperatsiya usulida uni tormozlab sekinlashtirish jarayonlarini kontaktsiz apparatlar vositasida boshqarish imkoni olinadi. Buning uchun dastavval chastotasi 50 Hz bo'lgan elektr tarmog'idagi kuchlanish boshqariluvchi to'g'rilagich  $BT$  bilan to'g'rilanib rostlanuvchi  $U_0$  kuchlanishga aylantiriladi. So'ngra drossel bilan tekislangan va qiymati rostlanish imkoniga ega bo'lgan o'zgarmas tok kuchlanishi  $U_0$  mustaqil inverter  $MI$  ga beriladi. Demak, mustaqil inverterlarni boshqarish elektrodlariga turli chastotadagi musbat impulslarni berib motor uchun chastotasi  $M. P. Kostenko$  ifodasiga binoan rostlanuvchi uch fazali kuchlanishlarni olish mumkin. Bunda motorga beriluvchi kuchlanish chastotasi  $f$  ning qiymati tiristorlarni ochish uchun beriladigan musbat potensial impulslarining chastotasi  $f_{imp}$  bilan aniqlanadi, ya'ni  $f = f_{imp}$  bo'lib, kuchlanish qiymatini o'zgartirish uchun esa boshqariluvchi to'g'rilagich  $BT$  ni ochilish burchaklari yoki transformator transformasiya koeffitsientini o'zgartirish kerak. Sxemadagi  $C$  kondensatori filtr vazifasini bajarishdan tashqari, motorning generator rejimida unga kerak bo'lgan magnit oqimini hosil qiluvchi manba vazifasini ham bajaradi. Motorning generator rejimidagi elektr energiyasini rekuperatsiyalash uchun undan olingan uch fazali tok dastavval ventil  $V$  lar bilan o'zgarmas tokka aylantiriladi. So'ngra bu o'zgarmas tokni  $T_2$  tiristorlari bilan uch fazali tokka aylantirib transformator orqali elektr tarmog'iga uzatiladi. Ikkinchi komplektidagi tiristor  $T_1$  larni ochilish faza ketma-ketligini o'zgartirib, motorni reverslash imkoni ham olinadi.

### 7.15. Taqlidchi elektr yuritma sistemalari

Kichik quvvatli o'lchash organi bilan berilgan mexanik harakatni taqlid etib, uni berilgan aniqlikda takrorlovchi katta quvvatli yuritma *taqlidchi elektr yuritma* deb ataladi.

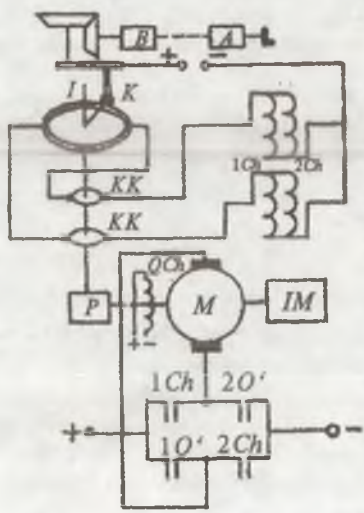
Demak, taqlidchi elektr yuritma, asosan, buyruq beruvchi datchik va uni qabul qilib, takrorlovchi priyomnik elementlaridan iborat bo'ladi. Hozirgi paytda, bunday elektr yuritmadan kopirlash (taqlid qilish) stanoklaridagi keskichni model profili yoki chizmadagi chiziqlar bo'yicha, radiolokatsiya qurilmasidagi antenna va astronomiya qurilmalaridagi teleskopni osmondagi obyekt bo'yicha harakatlantirish va shu kabilarda keng foydalaniladi. Taqlidchi

elektr yuritmalarni o'z-o'zidan va tashqi teskari bog'lanishlar bilan sinxronlanuvchi yuritmalarga bo'lish mumkin. O'z-o'zidan sinxronlanuvchi taqlidchi elektr yuritma bilan mexanik bog'lanishga ega bo'lmagan bir necha vallarni sinxron ravishda aylantirish yoki ularni ma'lum burchaklarga burish imkoni bo'ladi. Bunday sistema turli potensiometr va selsinlardan iborat bo'lib, ularning ish prinsiplari yuqorida ko'rsatilgan. Tashqi teskari bog'lanish bilan sinxronlanuvchi taqlidchi sistemalar uzlukli va uzluksiz (sinxron) yuritmalarga bo'linadi.

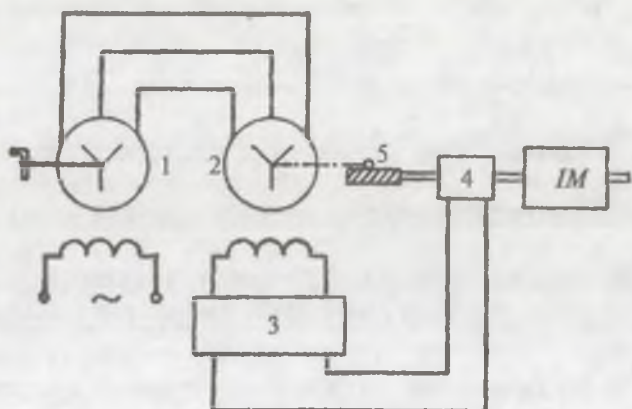
Uzluqli taqlidchi elektr yuritmalarda datchik o'qi priyomnik o'qi oralig'idagi burchak farqi ma'lum qiymatga erishgandagina priyomnik o'qining aylanishiga signal beriladi. 7.25- rasmda kontakt sistemali taqlidchi elektr yuritma sxemasi ko'rsatilgan. *A* – datchik; *V* – priyomnik; *K* – kontakt sistemali taqlidchi elektr yuritma sxemasi ko'rsatilgan. Bunda *A* – datchik; *V* – priyomnik; *K* – kontakt sistemali taqlidchi moslama; *1O'*, *2O'* va *1Ch*, *2Ch* – kuchaytirgich sifatida qo'llanilgan kontaktorlar; *R* – reduktor.

Kontaktli taqlidchi moslama izolatsiya oralig'i *I* bilan ajratilgan ikki bo'lak yarim halqalardan iborat bo'lib, kontakt *K* ning izolatsiya oralig'idagi, ya'ni o'zining nol holatida motor elektr

tarmog'iga ulanmagan bo'ladi. Datchik rotorini berilgan burchakka burish bilan priyomnik rotor ham shu burchakka burilib kontakt *K* ni izolatsiya oralig'idan yarim halqa tomon suradi. Buning natijasida *1O'*, *2O'* lar va, demak, motor ham elektr tarmog'iga ulanib motor bilan reduktor o'ng tomonga aylana boshlaydi. Reduktor aylanishi bilan kontaktli sistema *K* ham dastlabki holatiga qaytarila boshlaydi. Kontakt *K* dastlabki holatlarga qaytarilishi bilan motor o'z-o'zidan elektr tarmog'idan ajraydi, ammo u o'z inersiyasi bilan aylanishni davom ettirib, *K* ni *I* oralig'idan chiqarib yuboradi. Natijada motor teskari



7.25- rasm. Kontakt sistemali (uzlukli) taqlidchi elektr yuritma sistemasi ning prinsipial sxemasi.



7.26- rasm. Uzlüksiz (sinxron) taqlidchi elektrik yuritma sistemasining prinsipial sxemasi.

tomonga aylanib,  $K$  ni yana  $I$  ga kirgizadi. Demak, motor nol holat atrofida birmuncha vaqt tebranma harakatga ega bo'lib, o'tkinchi rejimda ishlaydi. Bu esa sistemaning kamchiligidir. Bundan tashqari, sistemaga buyruq qancha tez berilmasin, uning qayta takrorlanishi bir xil chastotada o'tadi. Bular esa uzlukli sistemaning asosiy kamchiliklari hisoblanadi. Uzlüksiz sistemalar uzlukluga nisbatan, ancha murakkab bo'lsa ham, ammo ularda buyruq aniqroq va turli sinxron chastotalar bilan takrorlanadi.

7.26- rasmda uzlüksiz, ya'ni sinxron taqlidchi sistemaning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Bunday elektr yuritma, asosan datchik 1, priyomnik 2 (taqlidchi organ), kuchaytirgich 3, ish mexanizmi  $IM$  va priyomnik bilan mexanik ravishda bog'langan motor 4 dan iborat bo'ladi. Uzlüksiz sistema datchigi va priyomnigi sifatida transformator rejimida ishlovchi selsinlardan foydalanib, uning kuchaytirgichi sifatida esa elektr, magnit, mexanik, pnevmatik va gidravlik apparatlardan foydalaniladi.

Bunday sistema datchigi rotorini berilgan burchakka burish jarayonida priyomnikning bir fazali chulg'amida e.y.k. hosil bo'ladi. Bu e.y.k. kuchaytirgichga berilib, kuchaytirgich esa motorni elektr tarmog'iga ulaydi. Natijada motor uzatma 5 orqali priyomnikni berilgan chastota bilan aylantira boshlaydi. Priyomnikning rotorini berilgan burchakka burilganida datchik va priyomnik rotorlari burilish burchagining farqi nolga teng bo'lib, motor to'xtatiladi. O'rtacha quvvatli taqlidchi elektr yuritmalarda o'zgarimas tok motorlari qo'llanilib, ular yarim o'tkazgich yoki tirotron, katta

quvvatlarda esa simob ventillari yoki  $G-M$  bilan boshqariladi. Kichik quvvatli taqlidchi elektr yuritmalarida, ko'pincha, ikki fazali qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motori qo'llaniladi.

### 7.16. Dastur bilan boshqariladigan elektr yuritmalar

Bunda rostlanuvchi parametrlarning o'zgarish qonuni aniq bo'lib, u dastur tariqasida berilgan bo'ladi. Sanoat buyumlarining ko'pchiligi kam seriyalab ishlab chiqariladi. Bunday elektr yuritmalarda buyumni ishlab chiqarishdagi bir rejimdan ikkinchisiga o'tish uchun unga yangi dasturni kirgizish kifoya. Shu sababli hozirgi zamon elektr apparatlari va hisoblash texnikasi imkoniyatlariga asoslanib yangi prinsipdagi, ya'ni raqamlar bilan boshqariladigan dasturli sistemalar yaratilmoqda. Bunday sistemalarning tuzilishi ancha murakkab bo'lsa, ham, ammo ularni tez va osongina yangi dasturga o'tkazib ishlatish imkoni bo'ladi.

Dasturli boshqarish sistema (*DBS*)lar ham ochiq va berk zanjirli bo'ladi. Ochiq zanjirli *DBS* lardan olinadigan natija berilgan dastur bilan solishtirilmaydi. Berk zanjirli *DBS* larda esa olinayotgan natija uzluksiz yoki uzlukli ravishda berilgan dastur bilan solishtirilib, sodir bo'lgan xatoliklar o'z vaqtida tuzatilib turiladi.

Demak, berk zanjirli *DBS* larni teskari bog'lanishli sistemalar qatoriga kirgizish mumkin. Berk zanjirli *DBS* lar ochiq zanjirligiga nisbatan murakkabroq bo'lsa ham, ammo ular yuqori aniqlikka ega. Qadamli motor yaratilishi va o'zlashtirilishi natijasida ochiq zanjirli *DBS* larni ham yuqori aniqlik bilan ishlatish imkoni yaratiladi.

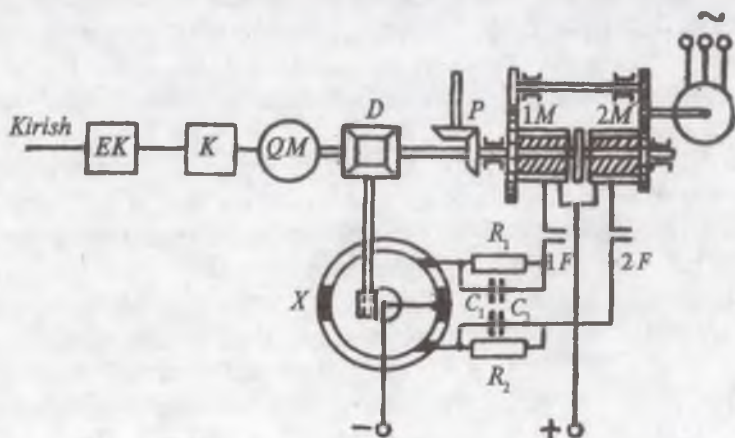
Uzluksiz *DBS* larda dastur uzluksiz ravishda o'zgarib turadigan miqdorlar orqali yozib olinadi. Bunda, ko'pincha, amplituda yoki faza orqali modulyatsiya qilingan sistemalar qo'llaniladi. Demak, yuqoridagi birinchi sistemada dasturlashtiriladigan harakat amplitudasi uzluksiz o'zgarib turadigan miqdor bilan ifodalansa, ikkinchisida esa fazasi o'zgarib turadigan (sinusoidal) miqdor bilan ifodalanadi. Uzluksiz *DBS* larda dastur magnit lentaga yozib olingan bo'ladi. *DBS* lardan ko'proq metall qirqish stanoklarida foydalanib, stanoklardagi ish harakatlariga binoan bunday sistemalarni koordinatalar yoki konturlar asosida boshqaruvchi sistemalarga bo'lish mumkin. Koordinatalar asosidagi sistemada qirquvchi asbob (keskich) yoki ishlov beriladigan buyum o'rnatilgan mexanizmni yangi koordinataga aniq o'tishi katta ahamiyatga ega bo'lsa, uning o'tish yo'li esa ahamiyatga ega bo'lmaydi. Bunday sistemalardan parmalash va randalash stanoklarida ko'proq foydalaniladi.



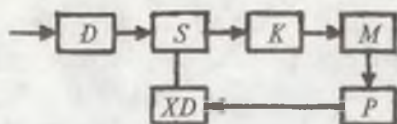
Koordinataga binoan boshqariluvchi sistemalarda harakat diskret (pog'onali-uzlukli) tavsifga ega bo'lib, ularda dasturni teshikli qog'oz lentalari yoki korton varaqlari bilan ifodalash qulay bo'ladi. Konturli DBS sistemalari esa, ko'pincha, frezer va tokarlik stanoklarida qo'llanilib, uni keskich yoki buyumning harakat yo'nalishi yuqori aniqlikda o'tishi kerak.

### DBS larning asosiy elementlari

7.27- rasmda qadamli motor deb ataluvchi maxsus motorcha bilan boshqariluvchi elektromagnit muftali diskret DBS ko'rsatilgan. Bunda elektr kommutatori *EK* orqali berilgan buyruq signali kuchaytirgich *K* bilan kuchaytirilib, qadamli motor *QM* ga beriladi. Qadamli motor differensial uzatma *D* orqali kontaktli halqa *X* surgichni harakatga keltirib, birinchi elaktromagnit muftasi *1M* ni yoki ikkinchisi *2M* ni elektr tarmog'iga ulyadi. Bunda *P* vali asinxron motor bilan u yoki bu yoqqa aylantirib, differensial uzatma orqali halqa *X* surgichi o'zining dastlabki holatiga buriladi. Natijada berilgan buyruq to'la ijro etilib, surgich halqaning izolatsiyalangan oralig'ida to'xtaydi. Elektromagnit mufta esa elektr tarmog'idan ajratiladi. Birinchi mufta tarmoqqa *1F* kontakti bilan ulanganda, ikkinchisi undan *2F* bilan ajralib turadi. Bu sistemada *1M* va *2M* larda aylantiruvchi mamentini kuchaytirgichlari sifatida foydalanilib, kontaktli halqa *X* o'rniga selsinlardan foydalanish ham mumkin. 7.27- rasmda kichik quvvatli qadamli motor qo'llanilgan sistemaning sxemasi ko'rsatilgan bo'lib, katta quvvatli



7.27- rasm. Qadamli motor bilan boshqariluvchi elektromagnit muftali DBS ning sxemasi.



7.28- rasm. DBS ning soddalashtirilgan struktura sxemasi.

qadamli motor bilan stanok supporti yoki stolini ham bevosita harakatga keltirish imkonini bo'ladi. Qadamli motor statorida uch qisimli halqasimon chulg'amlar bo'ladi. Statorning ustki qismida tishlari

bo'lib, bu tishlar soni bilan motor qadami aniqlanadi. Motor statori rotorining ichki qismiga joylashtiriladi. Rotorning ichki qismida ham ferromagnit tishlar o'rnatilgan bo'lib, ular har bir qismda qadamning uchdan biriga surilgan bo'ladi. Demak, stator biror chulg'aming ulanishi bilan rotor qadamining uchdan biriga buriladi. Shu sababli stator chulg'amlarining ketma-ket ulanishi bilan rotor qadamlarining uchdan biriga burilib aylanaveradi. Demak, rotorning aylanishi tezligi stator chulg'amlarining ulanish chastotasi bilan aniqlansa, bu chulg'amlarning ulanish ketma-ketligi esa uning aylanish yo'nalishini aniqlaydi. 7.28- rasmda, DBS larning soddalashtirilgan tuzilish sxemasi ko'rsatilgan. Tuzilish sxemasi quyidagi elementlardan, ya'ni dasturni ishga tushiruvchi dekodlashtiruvchi *D*, solishtiruvchi *S*, kuchaytiruvchi *K*, ish motori *M*, reduktor *R* va holat datchigi *XD* lardan iborat bo'ladi. Dasturni ishga tushiruvchi element sifatida, ko'pincha temir bilan qoplangan plastmassa lentasi (magnit lenta), perfolenta, perfokarta, magnit baraban va kinolentalardan foydalaniladi.

Bunda masalan, magnit lentaga diskret yoki uzluksiz tavsifga ega bo'lgan signallarni uning aktiv qatlamini magnitlash bilan yozish uchun lenta magnitofondagi maxsus elektromagnitli yozish kallagi yaqinidan o'zgarimas chastotada o'tkaziladi. Kallakning qo'zg'atish chulg'amiga dastur asosida olingan modulyatsiyalangan sinusoidal kuchlanish beriladi. Magnit lentaga yozilgan dasturni shu onning o'zida ijro etish yoki uni bir necha marta o'chirib, so'ngra qayta yozish imkonlari bo'ladi. Perfolenta yoki perfokarta asosida tuzilgan dastur esa berilgan tartibda joylashgan va berilgan sondagi teshiklar bilan yoziladi.

Raqamlar bilan boshqariluvchi sistemada biror miqdorni dasturga o'tkazish uchun dastavval uni ikkilik yoki o'nlik sanash sistemasi asosida shartli kod orqali ifodalash lozim.

Quyidagi misolda 1263 soni o'nlik sistemada olingan kodi ko'rsatilgan. 1263 soni o'nlik sistemada  $1263 = 1 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$  bo'lib, ikkilik sistemasida esa  $1263 = 1 \cdot 2^{10} + 0 \cdot 2^9 + 0 \cdot 2^8 + 1 \cdot 2^8 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$  bo'ladi.



2            4            6            7            3            9  
 0010      0100      0110      0111      0011      1001

Demak, 2467,39 soni ikkilik-o'nlik sistemasida 0010 0100 0110 0111, 0011 1001 bo'ladi.

Bu sistemada dekodlash elementi ham ancha soddalashadi, kontaktorlarning ulanish soni esa minimumgacha kamayadi.

O'nlik sistemadan ikkilikka o'tishni osonlashtirish uchun quyidagi 1- va 2- jadvallardan foydalanish mumkin. 1- jadvalda bir xil sonlarning o'nlik va ikkilik sistemalarida yozilishi ko'rsatilgan bo'lsa, 2- jadvalda ikki sonining har xil darajalarining natijasi ko'rsatilgan.

1-jadval

O'nlik sistema	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ikkilik sistema	0	1	10	11	100	101	110	111	1000	1001	1010	1011	1100

2-jadval

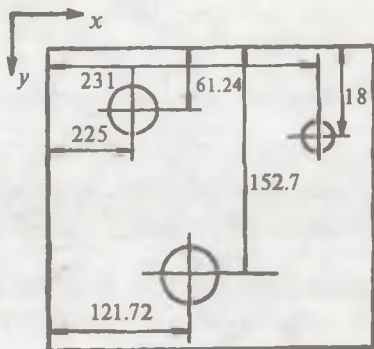
Ikkinchi daraja	2 <sup>0</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>7</sup>	2 <sup>8</sup>	2 <sup>9</sup>	2 <sup>10</sup>	2 <sup>11</sup>	2 <sup>12</sup>
Natija	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096

7.30- rasmda biror buyumni parmalash uchun berilgan chizma ko'rsatilgan. Bu chizmaga binoan, dasturga kiritilishi kerak bo'lgan sonlar quyidagicha aniqlanadi. Texnolog tomonidan  $X$  va  $O'$  o'qlariga nisbatan parmalash koordinatalarini ifodalovchi tegishli raqamlar 3- jadvalga o'tkaziladi. Bu jadvalga keskich o'rnatilgan mexanizm koordinata tomon harakatining tezligi ham kiritiladi. So'ngra jadvaldagi raqamlar kodlar bilan ifodalanib dasturga kiritiladi.

3-jadval

Kadr	$X$	Revers	$Y$	Parmalash
I	0 0 2 2 5 0		0 6 1 2 4	Ø20
II	1 2 1 7 2		1 5 2 7 0	Ø25
III	2 3 1 0 0		0 1 8 0 0	Ø15

Agar kontur asosida tuzilgan boshqarish sistemasiga dastur tayyorlash kerak bo'lsa, u holda murakkab tenglamalarini yechish kerak. Bunda ma'lum kontur bo'yicha harakatlanishni va texnologik shartlarini hisoblash mashinalariga kiritib undan trayektoriya koordinatalariga tegishli raqamlar olinadi. Bu raqamlarga binoan perforator yordamida dastur tuziladi. Bunday masalalarni hisoblash mashinasidan foydalanmasdan yechilsa juda ko'p

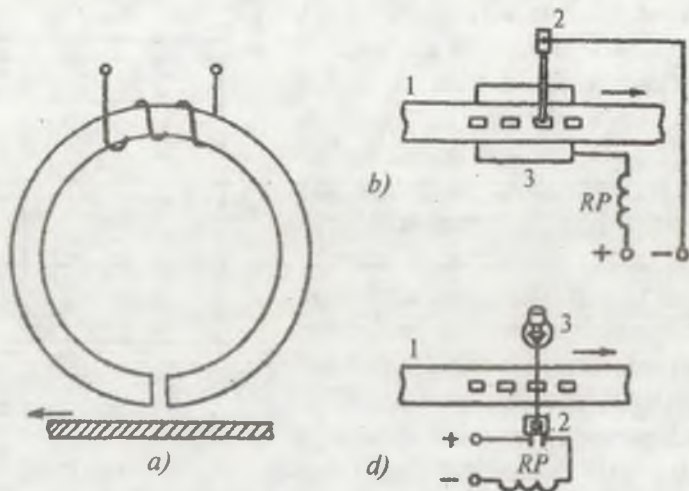


7.30- rasm. Buyumni parmalash uchun chizma.

vaqt talab qilinadi. Hisoblash mashinalari esa bir sekunda 10000 va undan ham ko'p hisob amallarini bajarishi mumkin. Shunday qilib, kiritilgan boshqarish signallari dekodlash elementi  $D$  ga uzatiladi. Dekodlash elementiga dastur asosida berilgan signallarni avtomatik boshqarish uchun qulay bo'lgan elektr signallariga aylantiriladi. Agar dastur magnit lentaga yozilgan bo'lsa, u holda dekodlash elementi faqat sanash mexanizmidan iborat bo'ladi.

Dasturdagi kodni o'qish (rasshifrovkalash) uchun sanash mexanizmidan foydalaniladi. 7.31- a rasmda magnit lentaga yozilgan dasturni o'qib beruvchi sanash mexanizmi ko'rsatilgan. Bunda sanash mexanizmi faqat magnit kallagidan iborat bo'lib, uning yaqinidan magnit lenta o'tkazilganda ochiq zanjirli po'lat o'zagiga o'rnatilgan g'altak chulg'amida e.y.k., ya'ni elektr signali hosil bo'ladi.

Dastur perfolenta yoki perfokartaga yozilgan bo'lsa, uni rasshifrovkalash uchun elektromexanik yoki foto elektr sistemali sanash mexanizmi qo'llaniladi. 7.31- b rasmda elektromexanik sanash mexanizmi ko'rsatilgan. Bunda lenta  $1$  ni ma'lum tezlikda tortib uning teshigi cho'tka  $2$  tagiga kelganida, cho'tka bilan plastinka  $3$  orasida kontakt hosil bo'ladi. Natijada boshqarish sistemasining rele si  $RP$  dan tok o'ta boshlaydi. 7.31- d rasmda foto elektr sanash mexanizmi ko'rsatilgan. Bunda lentadagi teshikdan nurni o'tishi bilan fotoqarshilik  $2$  ning qiymati keskin kamayib  $RP$  reledan boshqaruvchi signal toki o'tadi. 7.31- rasmdagi dekodlash elementidan chiqqan signal solishtirish elementiga beriladi. Solishtirish elementidan chiqadigan signalning qiymati dastur bilan berilgan signalni holat datchigi  $XD$  signalidan ayirish natijasida

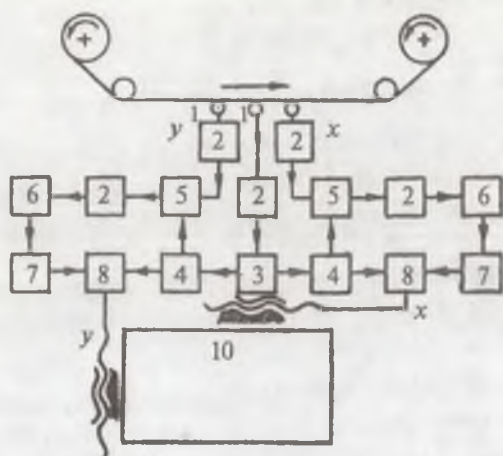


7.31- rasm.

*a* – magnit kallakli sanash mexanizmi; *b* – elektromexanik sanash mexanizmi; *d* – fotoelektrik sanash mexanizmining prinsipial sxemalari.

hosil bo‘lgan signal bilan aniqlanadi. Shunday qilib, olingan boshqarish signali kuchaytirgich *K* da kuchaytirilib, ish motori *M* ga beriladi. Bu motor reduktor orqali holat datchigi bilan bog‘langan bo‘ladi. Demak, bu sistema ham teskari bog‘lanishli berk boshqarish zanjiriga ega bo‘lib, uning ishlashdagi aniqligi asosan holat datchiklarining ishlash aniqligiga bog‘liq bo‘ladi. 7.32- rasmda konturga binoan boshqariluvchi *DBS* li tokarlik stanogining tuzilish sxemasi ko‘rsatilgan.

Bunda magnit lentaning tortuv mexanizmi bilan berilgan chastotada harakatlanayotgan paytda undagi signallar magnit kallaklari *1* orqali sanab boriladi. Bunda kallaklardan biri asos signalini sanab tursa, boshqalari esa stol *10* ni *X* va *Y* o‘qlari bo‘yicha boshqarish hamda yordamchi mexanizmlarni boshqarish uchun yozilgan signallarni sanab turadi. *DBS* ga faza bo‘yicha modulyatsiya qilingan signal beriladi. Rasshifrovkalangan va kuchaytirilgan asos signali kuchaytirgich *2* orqali faza bo‘luvchi *3* ga beriladi. Natijada asos signali *3* fazali kuchlanish signaliga aylantirilib selsin *4* statorlariga beriladi. Bu selsinlarni rotorlari reduktorlar *8* orqali *X* va *Y* o‘qlari bo‘yicha harakatlanuvchi ishga tushuruvchi vintlar *9* bilan bog‘langan bo‘ladi. Buning natijasida holat datchigidan chiquvchi bir fazali signal fazasi stolga o‘rnatilgan buyum holati bilan aniqlanadi. Bu signal solishtirish elementi *5*

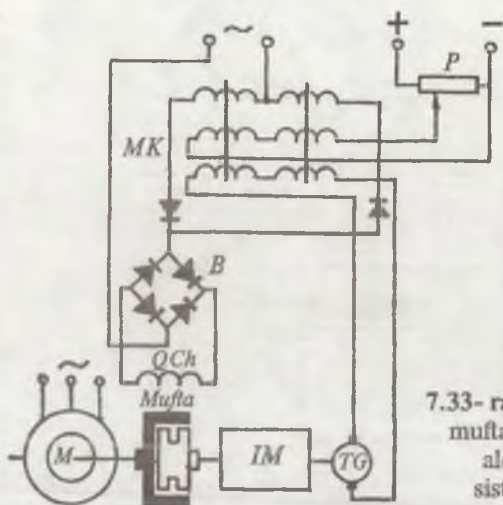


7.32- rasm. Konturga binoan boshqariluvchi DBS tokarlik stanogining struktura sxemasi.

ga beriladi.  $X$  va  $Y$  o'qlari bo'yicha boshqaruvchi signallar ham kuchaytirgichlardan o'tib, solishtirish elementiga uzatiladi. Demak, solishtirish elementidan chiqadigan signal buyumning haqiqiy holati bilan dasturda belgilangan holatlarning ayirmasiga proporsional bo'ladi. Bu signal kuchaytirilib, 2 orqali *EMK* 6 bilan 7 larni boshqaradi. reduktor 8 va ishga tushirish vintlari 9 bilan bog'langan stanok stoli 10 motor orqali harakatga keltiriladi. Shunday qilib, *DBS* lar asosida buyumlarga murakkab trayektoriyalar bo'yicha ishlov berish imkoni olinadi.

### 7.17. Sirpanuvchi muftali elektr yuritma sistemalari

Motor valida mexanik harakatni ish mexanizmi valiga o'tkaziladigan moslama *mufta* deb ataladi. Texnikaning taraqqiy qilishi muftalar zimmasiga ikki valni o'zaro qo'shishdan tashqari ancha murakkabroq bo'lgan talablar qo'ymoqda. Bu talablar ishlayotgan yoki ishlamay turgan motor valining ish mexanizmi vali bilan qo'shilishi va ayrilishini masofadan turib tezda boshqarish, mexanizmni ishga tushirishdagi mexanik siltanishlarni esa motorga o'tkazmaslik, ish mexanizmiga beriladigan aylantiruvchi moment qiymatini cheklash, motor chastotasini nominal qiymatda o'zgartirmay, saqlab, mexanizm validagi chastotani ma'lum diapazonda rostlab turish va h.k. lardan iboratdir. Turli tipdagi mexanik va hatto elektromagnit muftalar ham bu talablarni to'la qondira olmaydi. Induktorli sirpanish muftasi bilan esa yuqoridagi talablarni



7.33- rasm. Induktorli sirpanish muftasiga ega bo'lgan teskari aloqali elektr yuritma sistemasi sxemasi.

to'la qondirish imkoni olinadi. Bunday mufta o'zaro konsentrik ravishda joylashgan ikki aylanuvchi qismdan iborat. Muftaning yakor deb ataladigan tashqi qismi kovak po'lat silindrdan iborat bo'lib, uning ichki qismiga induktor o'rnatiladi. Induktor esa ikki qator po'lat tishli g'ildiraklardan hosil bo'lgan pazlarga o'rnatilgan va o'zgaruvchi tok bilan ta'minlanadigan qo'zg'atish chulg'amli elektromagnitdan iborat. Odatda, yakor induktordan 1 mm dan ham kamroq havo bo'shlig'i bilan ajralib, chastotasi rostlanmaydigan asinxron yoki sinxron motorlari bilan aylantiriladi. Induktor esa ish mexanizmi valiga mahkamlangan bo'ladi. 7.33- rasmda induktorli sirpanish muftasiga ega bo'lgan chastota bo'yicha teskari bog'lanishli elektr yuritmaning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Bu sistema bilan elektr yuritmani avtomatik boshqarish va uning chastotasini D-50 diapazonida rostlash mumkin.

7.18

## Kibernetika va hisoblash texnikasidan ba'zi tushunchalar

Hozirgi paytda turli mexanizmlardagi elektr yuritmalar va avtomatik qurilmalar shunday murakkablashib ketdiki, kishilar tomonidan boshqarish jarayonlarining amalga oshirilishi jada og'ir, ba'zi hollarda esa mumkin bo'lmay qoldi. Shunga ko'ra, asrimizning 40- yillaridan boshlab ilmning yangi sohasi kibernetika yaratila boshlandi. Kibernetika grekcha «boshqaruvchi» ma'nosini anglatib,



elektr, mexanik va boshqa jarayonlarni avtomatik ravishda boshqarish va nazorat qilishning matematik metodlariga asoslangan umumiy boshqarish nazariyasini o'rgatadi. Demak, fanning bu tarmog'i ishlab chiqarish jarayonlarini maksimal darajada avtomatlashtirishga intilish asosida maydonga keldi.

Kibernetikaning matematik asosi boshqaruvchi algoritmlarni o'rganishdan iborat. Algoritm deb masala yoki misol yechishning matematik amallariga (tartibi, yo'llari) aytiladi. Agar kibernetika umuman turli jarayonlar algoritmlarini aniqlash bilan shug'ullansa, bu ma'lum algoritmlarga ko'ra masalani eng sodda va aniq texnik vositalar bilan yechish — texnikaviy kibernetikaning vazifasidir. Boshqacha qilib aytganda, ishlab chiqarish jarayoni va ob'ektlarini avtomatik ravishda boshqarish ishi mashinalar bilan bajarilsa, u holda bu boshqarish mashinalarining nazariyasi va tuzilish prinsiplari bilan texnikaviy kibernetika shug'ullanishi kerak. Odamni logik (mantiqiy) boshqarish ishlariga bevosita qatnashishdan ozod etuvchi mashinalar *kibernetika mashinalari* deyiladi. Bunday mashinalarning ishida ijod bo'lmaydi. Kibernetika mashinasi va sistemalari informatsiyalarni qabul qilish, ularni qayta ishlash va uzatish asosida ishlaydi.

Informatsiya deb ma'lum bo'lgan dastlabki ma'lumot, hodisa va boshqariluvchi obyekt holatini tavsiflovchi parametrlarga aytiladi.

Bunday avtomatik boshqarish mashinasi va sistemalari qatoriga o'z-o'zidan sozlanuvchi sistemalar ham kiradi. Hisoblash texnikasining rivojlanishi va tezlik bilan ishlaydigan avtomatik qurilmalarni boshqarish hamda aqliy mehnatning talaygina turlarini avtomatlash talablari elektron hisoblash mashinalarining yaratilishiga sabab bo'ldi. Elektron hisoblash mashinalari uchta asosiy qurilmalardan iborat bo'ladi:

1) *arifmetik qurilma*. Bunda turli sonlar bilan har xil arifmetik hisob amallari va mantiqiy operatsiyalar bajariladi (sonlarning ishorasi, ularni katta yoki kichikligiga ko'ra tanlash va shu kabilar);

2) *xotira qurilmasi*. Bunda turli sonlar qabul qilinib, ular esda saqlanadi va kerak bo'lganda, ularni ma'lum adreslarga topshirib turiladi;

3) *idora qilish qurilmasi*. Bunda hisoblash mashinasining arifmetik, xotira va boshqa tuzilmalaridagi raqamlari kerakli adresga avtomatik ravishda yuborilib turiladi. Hisoblash mashinalarida bu qurilmalaridan tashqari, unga beriladigan masala shartlari kirgizila-

digan va yechilgan masala natijalari chiqaradigan maxsus tuzilmalar bo'ladi. Hozirgi paytda sanoatimiz turli tipdagi hisoblash mashinalarini ishlab chiqarmoqda.

O'z-o'zidan sozlanuvchi sistemalar deb umuman o'z parametr va strukturasi (tuzilish sxemasini) ish sharoitiga ko'ra o'zgartirish imkoniyatiga ega bo'lgan boshqarish sistemalariga aytiladi. Bunday prinsip bilan boshqarishda ish sharoitini qanday bo'lishidan qat'iy nazar, uni berilgan ma'lum aniqlikda bajarilishi talab qilinadi.

Odatda boshqarish sistemalarining strukturasi va dinamik xususiyatlari o'zgarimas bo'ladi. O'z-o'zidan sozlanuvchi sistemalar esa tashqi va ichki ish sharoitlarni o'zgarishida berilgan aniqlik bilan eng yuqori sifat, ish unimining qulay rejimlarini qidirib, shu rejimlarga o'z-o'zidan sozlanish xususiyatiga ega bo'ladilar. Tavsiflarining o'zgarish qonuni va o'zgarish sabablariga ko'ra, bunday sistemalarni quyidagi turlarga bo'lish mumkin:

1) sistemani sozlashda qo'llanilgan informatsiya tavsifi va uning manbai; 2) sozlash uchun informatsiyadan foydalanish usuli (metodi). Birinchi ko'rsatkichga binoan sistemalarni quyidagilarga ajratish mumkin:

a) tashqi ish sharoitiga ko'ra sozlash sistemalari. Bunda informatsiya manbaiga tashqi sharoit o'zgarishlari: kirish signallarining parametrlari va sistemaga ta'sir qiluvchi boshqa tashqi kuchlar kiradi;

b) o'zidan chiqadigan o'zgaruvchan parametrlarga ko'ra sozlanuvchi sistemalar. Bunda informatsiya manbayi sifatida sistemaning reaksiyasi qo'llaniladi. Bunday sistemalar ekstremal (optimal ish rejimiga sozlanuvchi) sistemalar deb ataladi (obyektni biror parametri, masalan,  $\eta$  yoki  $\cos\varphi$  bo'yicha);

d) universal sistemalar, bunda sistema parametri va strukturasi o'zgartirish uchun tashqi va ichki ish sharoitida hosil bo'lgan informatsiyalardan foydalaniladi.

O'z-o'zidan sozlanuvchi sistemalar turli faktorlardan ta'sirlanishi mumkin. Bu faktorlar ilgari aniq bo'lmasligi yoki ularning faqat taxminiy o'zgarish chegaralari va paydo bo'lish ehtimoli ma'lum bo'lishi mumkin.

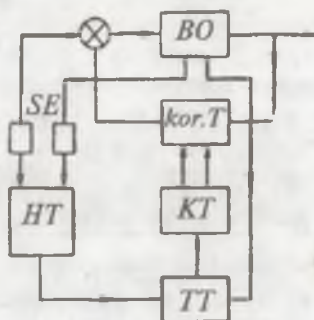
Shunday qilib, bunday sistemalar o'zgaruvchan parametr va strukturalarga ega bo'lib, ularni hisoblash juda murakkab masalalar qatoriga kiradi.

O'z-o'zidan sozlanish imkoniga ega bo'lish uchun bunday sistemalar eng kamida quyidagi tuzilmalardan iborat bo'lishi kerak (7.34- rasm).

Bu rasmda: *BO* – boshqaruvchi obyekt; *SE* – sezgir elementlar; *HT* – hisoblash tuzilmasi; *TT* – taqqoslash tuzilmasi; *KT* – kuchaytirish tuzilmasi, *kor. T* – korrektirlovchi tuzilma.

Har tomonlama, ya'ni kompleks ravishda avtomatlashtirilgan jarayonda yoki obyektning asosiy energetik zvenosi sifatida ko'pincha, turli yo'llar bilan boshqariluvchi elektr yuritma qo'llaniladi. Bunda elektr yuritmani avtomatik ravishda ishlatish bir qancha o'zgaruvchan parametrlar orqali bajariladi. Bu masalani hal etishda tirli avtomatik vositalardan foydalaniladi. Bular qatoriga quyidagilarni kiritish mumkin: 1) informatsiyalarni qabul qilib oluvchi vositalar (turli datchiklar, o'lchov apparatlari, sezgir element va shu kabilar); 2) informatsiyalarni qayta ishlovchi vositalar (hisoblash va boshqarish mashinalari), boshqaruvchi obyektga informatsiyalarning ta'sir kuchini o'tkazuvchi vositalar (taqlidchi sistemalar va boshqa rostlagichlar).

Avtomatik vositalar ichida hal qiluvchisi—hisoblash va boshqarish mashinalaridir.



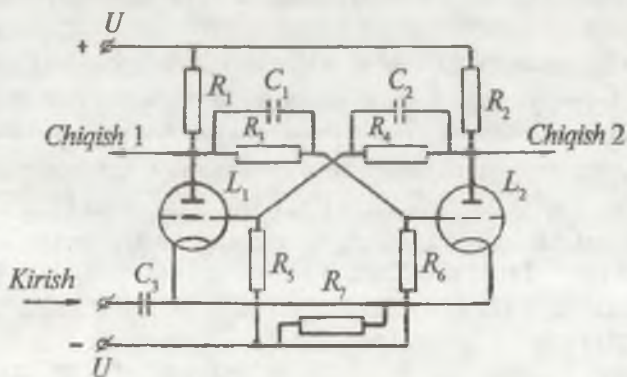
7.34- rasm. O'z-o'zidan sozlanuvchi sistemaning struktura sxemasi.

## 7.19. Kontaktsiz datchiklar va mantiqiy (logik) elementlar

Avtomatikada ishlatilayotgan rele va kontaktor singari apparatlarning ayrim kamchiliklari yuqorida aytib o'tilgan edi. Bunday apparatlarning ulanish soni, ayniqsa, kompleks avtomatlashtirilgan obyektlarda (stanoklarning avtomatik liniyalari va shu kabildan) ko'p bo'lgani uchun, ularni xizmat qilish muddati birmuncha qisqaradi. Haqiqatan, 40 mln. ulanish davriga ega rele minutiga bir marta ulanganda 20 yil xizmat qilsa, sekundiga bir marta ulanganda esa 4 oy xizmat qila oladi. Shunga ko'ra, kontaktsiz apparat va tuzilmalar ancha ishonchli bo'lib, katta istiqbolga ega. Kontaktsiz almashlab ulagich va mantiqiy elementlar elektron asboblar, chala o'tkazgichlar, ferromagnetik va shu kabilar asosida yaratiladi. Kontaktsiz apparatlarning ko'pchiligi (tringer, multivibrator, kuchaytirgich va mantiqiy operatsiyalarni bajaruvchi turli tuzilmalar) releniki singari rejimda ishlaydi. Bunda ikki xil fizik miqdorlarning bir-birlari bilan egri chiziqli bog'lanish prinsipi bilan

foydalaniladi. Yuqorida qayd qilib o‘tilgan kontaktsiz tuzilmalarda qo‘llaniladigan elementlarning volt-ampferli tavsiflari egri chiziqli, ya‘ni ulardan o‘tadigan tok bilan kuchlanish orasidagi bog‘lanish egri chiziqlidir. Bunda tok o‘zgarishi bilan ular zanjirdagi qarshilik ham o‘zgaradi. Shunga ko‘ra, bu elementlarni, ma‘lum sharoitda bir turg‘un holatdan ikkinchisiga keskin ravishda kontaktsiz o‘tkazish mumkin. Keyingi paytlarda bir holatdan ikkinchisiga kontaktsiz o‘tkazish tiristor, tranzistor, ventillar va magnit o‘zaklardan ko‘proq foydalanila boshlandi. Bunga ularning ixchamligi, kichik kuchlanishlarda ishlay olishligi, foydali ish koeffitsientining yuqori bo‘lishi va turli mexanik zarblarga chidamliligi sabab bo‘ldi. Yarim o‘tkazgich va ferromagnit elementlarning asosiy kamchiliklari ularning ayrim nusxalarining turli tavsifga ega bo‘lishlari va parametrlarining temperaturaga bog‘liqligidir.

**Ikki turg‘un holatli trigger sxemalari.** 7.35- rasmda elektron lampalar yordamida yasalgan trigger ko‘rsatilgan. Bir triodning ochiq va boshqasining berk holati triggerning normal holati hisoblanadi. Agar ikkala triod ochiq bo‘lib, tok o‘tkazib tursa, uni triggerning beqaror holati deyiladi. Tashqi signal bo‘lmagan paytda  $L_1$  triod ochiq,  $L_2$  berk yoki  $L_1$  berk,  $L_2$  ochiq vaziyatlarini ishonchli saqlanib turishini ta‘minlash uchun  $R_3$  va  $R_4$  qarshiliklardagi kuchlanishni tushuvidan olinadigan musbat teskari aloqa katta qiymatga ega (kuchli) bo‘lishi kerak.  $L_1$  ochiq bo‘lganda 1 dagi signal  $U_{\text{chiqish}} = U - I_{a1}R_1$  ni qiymati chiqish 2 dagi signalga nisbatan katta bo‘lmaydi, chunki chiqish 2 dagi signal ta‘minlovchi kuchlanishga teng. Triggerning ikkinchi turg‘un holatga o‘tkazish uchun  $L_1$  ning to‘ri yoki anodiga manfiy qutbli yoki uning katodiga musbat qutbli signal berish kerak bo‘ladi.



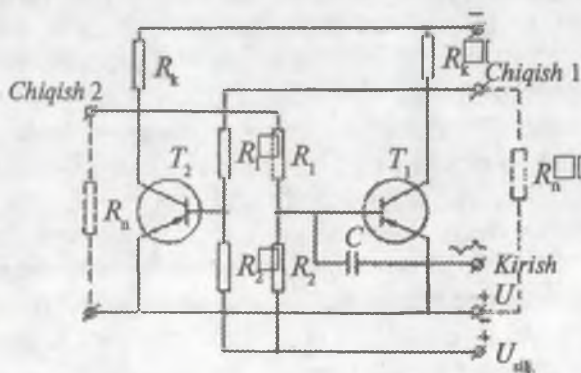
7.35- rasm. Elektron lampali trigger sxemasi.

7.35- rasmdagi sxemada triggerni boshqa holatga o'tkazish uchun  $L_1$  katodiga  $C_3$  sig'imi orqali musbat qutbli signal beriladi. Bunda  $L_1$  ning anod toki kamaya boshlaydi, undagi kuchlanish esa ko'paya boshlaydi.  $L_1$  anodidagi kuchlanishning ko'payishi  $R_3$  va  $C_1$  teskari aloqa zanjirlari orqali  $L_2$  to'riga beriladi va natijada ikkinchi triod ochila boshlaydi.

$L_2$  anodidan o'tgan tok natijasida anoddagi  $I_{a2} R_2$  qiymatga kamayadi. Anoddagi kuchlanishning kamayishi teskari aloqa zanjiri  $R_4$  va  $C_2$  orqali  $L_1$  to'riga berilib, birinchi triod anod tokini yana kamaytiradi. Bu esa uning berk holatini ishonchliroq qiladi. Ikkinchi triod to'riga berilgan musbat teskari aloqa signali kuchli bo'lgani sababli, birinchi holatdan ikkinchi holatga o'tish bir onda bajariladi (bir necha mikrosekundda).

Bunda ikkinchi chiqishdagi signal  $U_{\text{chiqish}} = I_{a2} R_2$  birinchi chiqishdagiga nisbatan kamroq bo'ladi.

7.36- rasmda batareya orqali siljish kuchlanishi berilgan tranzistorli triggerning sxemasi ko'rsatilgan. Bunda ham, masalan,  $T_2$  tranzistorini ochiq,  $T_1$  ni esa berk deb qabul qilinadi. Demak,  $T_1$  bazasiga  $T_2$  kollektoridan  $R_1$  va  $R_2$  orqali musbat potensial berilib,  $T_1$  ning ishonchli berk holati olinadi. Bunda  $T_1$  kollektoridan  $R_1$  va  $R_2$  orqali manfiy potensial (ta'minlash manbaidagi kuchlanishga teng) berilib,  $T_2$  ni ishonchli ochiq holatda saqlanib turiladi. Triggerning holatini o'zgartirish uchun  $T_1$  bazasiga manfiy signal (impuls) yoki  $T_2$  bazasiga musbat signal berish kifoya. Manfiy signalda  $T_1$  orqali tok o'ta boshlaydi va natijada  $T_2$  bazasiga beriladigan kuchlanish ko'payadi. Bunda  $T_2$  toki kamaya boradi va  $T_1$  bazasiga beriladigan manfiy potensial qiymati ko'payadi. Shunday qilib, trigger bir turg'un holatdan ikkinchisiga bir onda o'tadi. Triggerni ishga tushirishda bir necha usullar qo'llaniladi.



7.36- rasm. Tranzistorli trigger sxemasi.

Yuqoridagi trigger sxemasini ishga tushirish uchun biror tranzistor bazasiga har xil qutbli impulslar beriladi. Bunda, impuls qutbining o'zgarishi bilan trigger bir holatdan ikkinchisiga o'tadi.

Bir xil qutbli mustaqil impuls manbayi orqali ham trigger holatini o'zgartirish mumkin. Buning uchun bu impulsni har bir tranzistor bazasiga ketma-ket berish kifoya. Shunday qilib, triggerlarni turli impuls hisoblovchi element, elektron kalit va kommutatorlarning asosi qilib ishlatiladi. Bundan tashqari, trigger xotira elementi sifatida qo'llanishi ham mumkin.

**Mantiqiy elementlar.** Avtomatika va xususan avtomatlashirilgan elektr yuritmalardagi *va*, *yoki*, *yo'q* hamda *xotira* deb ataluvchi funksiyalarni bajaruvchi elementlarni mantiqiy elementlar deb ataladi. Mantiqiy elementlar, ko'pincha, kontaktsiz apparatlar vositasida tuziladi. *Va* mantiqiy funksiyasini bajaruvchi elementlardan chiqadigan signalni olish uchun uning birinchi va boshqa hamma kirish qismlariga signal berilishi shart.

Agar biror kirish qismi signalsiz qolsa, u holda chiqish qismida ham signal bo'lmaydi.

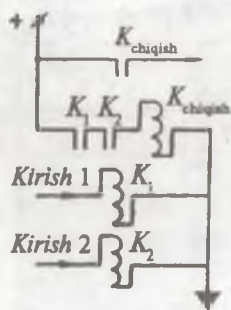
7.37- rasmda rele va kontaktorlardan iborat *va* funksiyasini bajaruvchi mantiqiy element ko'rsatilgan.

Bunda birinchi va ikkinchi kirish qismlarga signallar berilgandagina chiqish kontaktori elektr tarmoqqa ulanib, chiqish qismida signal hosil bo'ladi.

7.38- rasmda tranzistorlar orqali tuzilgan *va* mantiqiy zanjir ko'rsatilgan. Bu tuzilmadan chiqish qismidan musbat signalni olish uchun birinchi va qolgan hamma tranzistorlar bazasiga manfiy qutbli impulslar berish lozim. Bunda hamma tranzistorlar ochilib, ularning chiqish qismida musbat signal bo'lishi mumkin. Agar biror tranzistor bazasiga manfiy signal berilmay qolsa, u holda tranzistor zanjirlari berk holda (toksiz) chiqish qismida signal hosil bo'lmaydi. 7.39- rasmda yarim o'tkazgichli diodlar orqali tuzilgan *va* mantiqiy zanjiri ko'rsatilgan. Bunda sxemaning ishonchli ishlashi uchun  $R$  qarshiligi  $r$  larga nisbatan juda katta bo'lishi kerak. Demak, birinchi va ikkinchi kirish qismlariga musbat signal berilgandagina chiqish qismida signal bo'ladi.

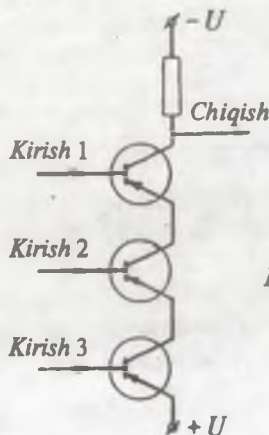
*Yoki* funksiyasini bajaruvchi mantiqiy element qurilmasida bir necha kirish va bitta chiqish qismlari bo'ladi. Bunda chiqish qismidan signal olish uchun kirish qismlarining biri yoki hammasiga signal berish kerak bo'ladi. 7.40- rasmda rele va kontaktorlardan tuzilgan *yoki* zanjiri ko'rsatilgan.

Bu sxemaning ishlashi o'z-o'zidan ko'rinib turibdi.



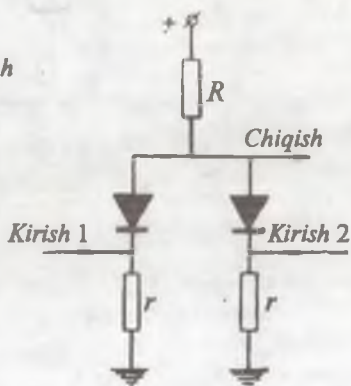
7.37- rasm.

*Va* funksiyasini ijro etuvchi kontaktorli mantiqiy element sxemasi.



7.38- rasm.

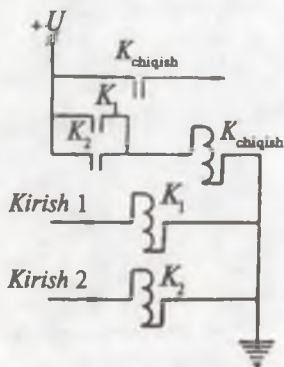
*Va* funksiyasini ijro etuvchi tranzistorli mantiqiy element sxemasi.



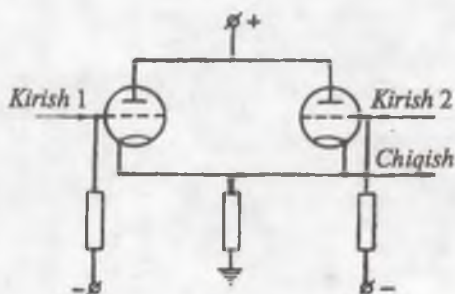
7.39- rasm. *Va* funksiyasini ijro etuvchi diodli mantiqiy element sxemasi.

7.41- rasmda triodlar orqali *yoki* funksiyasi bajariladigan sxema ko'rsatilgan. Bunda normal holatda ikkala triod ham berk va natijada chiqish signali bo'lmaydi. Agar birinchi yoki ikkinchi triod to'riga musbat signal berilsa, undan tok o'ta boshlaydi va natijada chiqish qismidan signal olinadi.

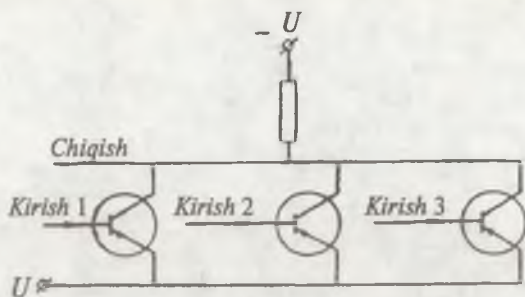
7.42- rasmda tranzistorlar orqali *yoki* funksiyasi bajaradigan sxema ko'rsatilgan. Bunda tranzistor bazalarini bittasiga yoki hammasiga manfiy signal berilsa, u holda chiqish qismida signal bo'ladi.



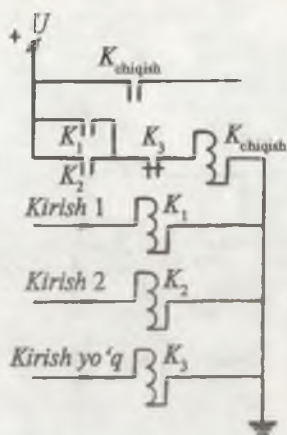
7.40- rasm. *Yoki* funksiyasini ijro etuvchi kontaktorli mantiqiy element sxemasi.



7.41- rasm. *Yoki* funksiyasini ijro etuvchi triodli mantiqiy element sxemasi.



7.42- rasm. Yoki funksiyasini ijro etuvchi tranzistorli mantiqiy element sxemasi.



7.43- rasm. Yo'q funksiyasini ijro etuvchi kontaktorli mantiqiy element sxemasi.

7.43- rasmda rele va kontaktorlar orqali yo'q funksiyasi bajariladigan sxema ko'rsatilgan.

Bunda zanjirning chiqish qismidan signal olish uchun kirish qismlaridan birida signal bo'lib, kirish yo'q qismida signal bo'lmasligi kerak.



### 8.1. Umumiy ma'lumotlar

Vaqtini tejash va uy-ro'zg'or ishlarini yengillashtirish uchun maishiy xizmat elektr asboblardan foydalanish katta qulayliklar tug'diradi. Tajribada sinalgan sovitkichlar, kir yuvish mashinalari, changyutkichlardan tashqari oshxona elektromexanik asboblari: mikserlar, kofe yanchgich, oshxona universal kombaynlari ham hayotimizga asta-sekin kirib kelmoqda. Ko'p oilalarda elektr tikuv mashinalari, metall va yog'ochlarga elektr asboblari bilan ishlov berish asboblardan foydalanilmoqda. Shuningdek, sochni tarash va quritishda ham elektr asbob (fen)lardan keng foydalanilmoqda. Elektr motor maishiy xizmat mashinalarining asosiy elementi bo'lib hisoblanadi. Bu mashinalarning ishonchli ishlashi, asosan, elektr motorni to'g'ri tanlash va uni ishlatish tavsiflari bilan aniqlanadi.

Elektr motorlar o'zlarining turli ko'rsatkichlari, jumladan, tok turi, kuchlanish miqdori, tuzilishi, ishlash tamoyili bilan turli klasslarga bo'linadi. Maishiy xizmat mexanizmlarida ko'pincha 127 yoki 220 V kuchlanishli, o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok hamda universal elektr motorlaridan foydalaniladi. Avtomobil elektr uskunalari va changyutkichi uchun akkumulyatordan olinadigan 12 V past kuchlanishdan foydalaniladi. Tuzilishi bo'yicha elektr motorlar kollektor – cho'tkasi bor va yo'qlarga; ishlash tamoyili bo'yicha esa kollektorli, asinxron va sinxronlilarga ajratiladi.

Kollektorli elektr motorlardan aylanish chastotasi  $3000 \text{ min}^{-1}$  dan yuqori bo'lganda changyutkich, mikser, sharbat siqqich, kofe yanchgich kabilarda, 1500 ... 3000 ayl/min larda ishlaydigan aktivatorlarda, kir yuvish mashinalarida esa, bir fazali asinxron motorlardan foydalaniladi.

8.1-jadvalda maishiy xizmat mexanizmlarida qo'llaniladigan asinxron motorlarning asosiy texnik ko'rsatkichlari keltirilgan. Bir fazali asinxron motorlar o'zining tuzilishi va ishlatilishining soddaligi, ishonchliligi va ishlash davomiyligining yuqoriligi bilan farqlanadi. Ular, ayniqsa, o'lchami kichik va arzon bo'lgan tiristorli chastota o'zgartkichlar yaratilgandan so'ng keng tarqalgandir.

**Maishiy xizmat mexanizmlarida qo'llaniladigan asinxron  
motorlarning asosiy texnik ko'rsatkichlari**

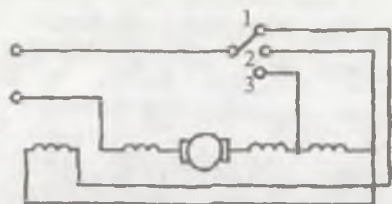
Foydalanish sohasi	$P_n, W$	$n_r, \text{min}^{-1}$	Momentlar karraligi		Bir yilgi ish davomiyligi, soat
Magnitofon, dikt fon, elektr patifonlar elektr yuritmalari	1,6...10	1500	1,8...2	0,6...1	100...500
Ventilyator, issiqlik ventilyatorlari, quritgich (fen)lar, havo tozalagichlar elektr yuritmalari	1,6...10	3000, 1500	1,3	0,3	30...1000
Kino va diaproyektor elektr yuritmasi	2,5...25	3000	1,4...1,8	0,4...1	5...50
Kassa apparatlari, chiqindilar maydalagich, manikyur asboblari, qaychilar el.yuritmasi	6...60	3000, 1500	1,8	0,6	150...2000
Go'sht maydalagich, sharbat siqib chiqarish asboblari elektr yuritmasi	60...120	3000, 1500	1,7	0,6	30
Idishlar yuvish, quritish va dazmollash mashinalari elektr yuritmasi	90...250	3000, 1500	1,7	0,6	100...200
Sovitkich va muzlatkichlar elektr yuritmasi	60...250	3000, 1500	2,3...3,1	1,9...4	3000...5000
Kir yuvish mashinalari elektr yuritmasi	120...180	3000, 1500	1,7	0,55...1,2	100
Konditsionerlar elektr yuritmasi	180...250	3000	3,1...3,2	3	1000...2500



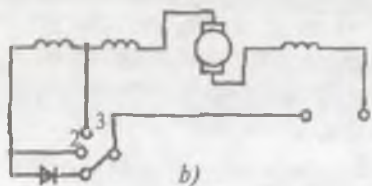
## Oshxona elektr uskunalari

### 8.2.1. Kollektorli universal motorlarni rostdash sxemalari

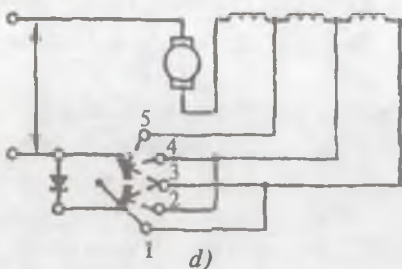
Oshxona asboblari da ko'pincha ketma-ket qo'zg'atishli kollektorli universal motorlar ishlatiladi. Bularning universalligi ularning o'zgarimas, o'zgaruvchan va pulslanuvchi toklarda ham ishlay olishidadir. Universal motor nisbatan kichik massa va yuqori quvvat koeffitsienti ( $\cos\varphi = 0,92 \dots 0,98$ ) ga ega. Bunday motorlarning ijobiy sifatlaridan yana biri ularning boshlang'ich ishga tushirish momentlarining yuqoriligi va aylanish chastotasining nisbatan keng diapazonda, oddiy kuchlanish rostlagichlari vositasida rostdash imkoni borligidadir. Motorda kollektor, cho'tka, yakor chulg'ami-



a)

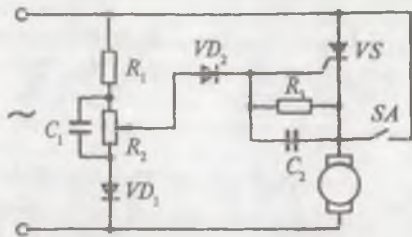


b)



d)

8.1- rasm.



8.2- rasm.

ning mavjudligi va yuqori aylanish chastotasida ishlashi sababli uning ishlash davomiyligi cheklangan.

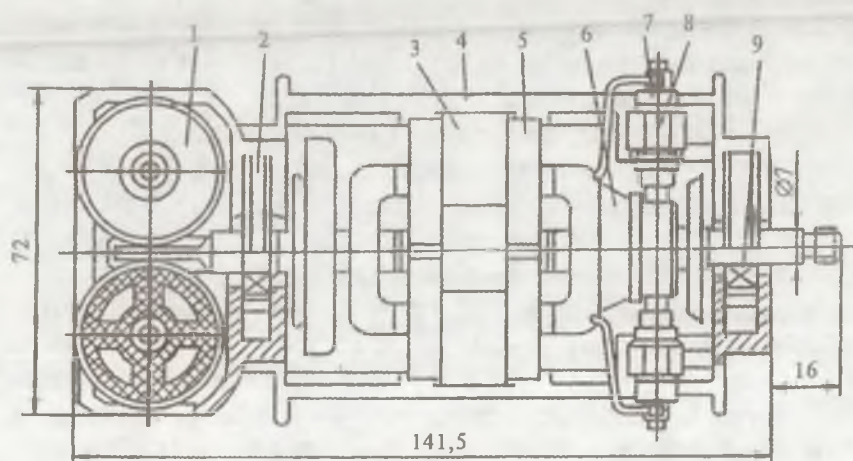
Maishiy xizmat mashinalaridagi motorning aylanish chastotasi bosqichma-bosqich yoki silliq rostlanadi. 8.1- rasmda kollektorli motorning aylanish chastotasi bosqichma-bosqich o'zgartiriladigan sxema ko'rsatilgan. Aylanish chastotasi 2 ta usulda: qo'zg'atish chulg'ami

o'ramlar sonini almashlab ulash (8.1-a rasm) yoki tarmoq kuchlanishini motor zanjiriga diodni ketma-ket ulab, bosqichma-bosqich o'zgartiriladi (8.1-b va d rasmlar). 8.2- rasmda mikser, tikuv mashinasi va boshqa maishiy xizmat elektr yuritmalarida qo'llaniladigan kollektori universal motorning aylanish chastotasini, tarmoq kuchlanishini bir davrli to'g'rilash bilan o'zgartirishni amalga oshirish sxemasi ko'rsatilgan. Rezistorlar  $R_1$ ,  $R_2$  va diod  $VD_1$  kuchlanish bo'lgichini hosil qiladi. Yakor chulg'amiga tiristor  $VS$  ketma-ket ulangan va uning boshqarish elektrodi diod  $VD_2$  orqali kuchlanish bo'lgichi  $R_1$ ,  $R_2$  ga ulangan.  $VS$  ning boshqarish elektrodi,  $VD_2$  tufayli, manfiy potensial (katodga nisbatan) berilishining oldi olinadi. Motor aylanish chastotasi potensiometr  $R_2$  ni rostlash bilan amalga oshiriladi. Bunda tiristor boshqarish elektrodi beriladigan kuchlanish qiymati o'zgartiriladi, ya'ni potensiometr surilgichi yuqoriga surilgan tiristor elektrodi beriladigan kuchlanish amplitudasi ko'payadi. Agar motor tarmoqdagi nominal kuchlanishga hisoblangan bo'lsa, aylanish chastotasining maksimal qiymatini olish uchun  $VS$  ning anod-

katod zanjiri SA kaliti bilan shuntlanishi kerak. Bunda motor yakorining chulg'ami bevosita tarmoq kuchlanishining to'la davri davomida ta'minlanib turadi.

### 8.2.2. Mikserlar va mikser-ko'pirtirgichlar elektr yuritmasi

Tuxumlar, sutli kokteyllar, xamir tayyorlash, tuxumni aralashtirish, boshqa quruq mahsulotlar (kofe, yong'oq, no'xat, ziravorlar)ni maydalab, aralashtirish uchun elektr mikserlardan foydalaniladi. Ularning elektr yuritmasi uchun kollektorli universal motorlar ishlatiladi. Elektr mikserda reduktor bo'lmaydi, uning valiga tez harakatlanuvchi pichoqlar o'rnatiladi. Mikser-ko'pirtirgichning kollektorli motori valiga reduktor o'rnatilgan bo'lib, reduktor validan olinadigan past tezlikda xamir va shu kabilarni tayyorlash, aralashtirishda foydalaniladi. 8.3- rasmda mikser-ko'pirtirgichning tuzilishi ko'rsatilgan. Motorning yakori 6 va induktor 5 korpus 4 ga joylashtirilgan. Induktor, cho'tka tutgich 7 va yakor podshpniklari 9 maxsus prujinalar 2, 3, 8 orqali korpusga mahkamlangan. Motor korpusi bir vaqtda reduktor 1 korpusi bo'lib xizmat qiladi. U aluminiydan tayyorlangan. Motorning aylanish chastotasini roslash bir tekis yoki bosqichma-bosqich amalga oshiriladi. Stolga o'rnatilgan mikserda korpus, unga o'rnatilgan elektr yuritma bo'lib, korpusga ish rejimi almashlab ulagichlari va mikser asboblari: mikser — stakan, kofe yanchgich, sharbat olgich va shu kabilar joylashtiriladi.



8.3- rasm.

Mikserlar, qulaylik darajasiga ko'ra, 8 xil rejimda ishlatilishi mumkin. Bunda quvvati 400 ... 450 W bo'lgan elektr yuritmalardan foydalanilib, ularda go'sht maydalagich kabi katta quvvat talab etadigan asboblardan ham foydalaniladi. 8.2- jadvalda kollektorli motorli mikser-ko'pirtirgichlar elektr yuritmasining texnik tavsiflari berilgan.

8.2- jadval.

### Elektr ko'pirtirgich yuritmasining texnik tavsiflari

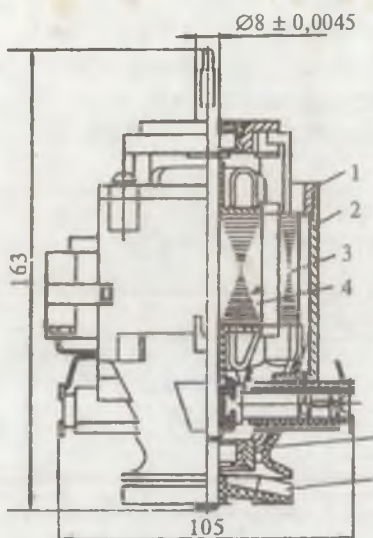
Parametrlari	Elektr yuritma turi				
	PK-58-180-20	DK-58-60-12	EM	UDK	UDK-M
Motor quvvati, W	130	120	120	130	169
Motor aylanish chastotasi, ayl/min	18000	12000	18000	12000	12000
Massasi, kg	0,7	0,72	0,72	0,72	0,9

#### 8.2.3. Kofe yanchgich elektr yuritmasi

Elektr kofe yanchgich bilan kofe donlarini bevosita iste'mol qilish uchun damlashdan oldin yanchiladi, aks holda uning xushbo'y hidi saqlanmaydi. Kofe yanchgich vositasida qand, yong'oq kabilarni ham yanchish mumkin. Kofe yanchgich ikki turda chiqariladi. Birinchi turdasisida kofe donlari 1500 ... 2500 ayl/min tezlikda aylanadigan ikki yoki to'rt qator pichoqlar yordamida yanchiladi. Ikkinchi turdasisida esa tishli gardishlar (qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan) aylanib yanchadi. Ikkinchi turdasisida yanchilish darajasi diskalar oralig'ini roslash bilan o'zgartirilishi mumkin. Kofe yanchgich yuritmasi uchun kollektorli universal motor ishlatiladi.

#### 8.2.4. Go'sht qiymalagich elektr yuritmasi

Tuzilishi va go'shtni qiymalash darajasiga ko'ra go'sht qiymalagich 2 turda chiqariladi: shnekli go'sht qiymalagichda baliq, sabzavot kabi oziq-ovqat mahsulotlari aylanuvchi shnek orqali pichoqlarga uzatiladi va teshikli gardishga bosiladi va maydalanadi. Kutterli go'sht qiymalagichda esa go'sht, baliqlar asbobning aylanuvchi pichoqlari bilan mayda bo'laklarga kesilib ajratiladi. Go'sht keskich yuritmasi uchun kollektorli motorlar ishlatiladi.



8.4- rasm.

## 8.2.5. Oshxona universal mashinalarining elektr yuritmasi

Oshxona universal mashinalari (OUM) yuqorida aytib o'tilgan maishiy jihozlardan turli mahsulotlarni qayta ishlashga mo'ljallanganligi bilan farq qiladi. Ular kofe yanchgich, sharbat olgich, go'sht qiymalagich, sabzavot maydalagich, xamir qorqich, mikser vazifalarini bajaradigan uskunalar bilan ta'minlangani va ko'p operatsiyalarni bajaradiganligi sababli ularning elektr yuritmasiga alohida talablar qo'yiladi, kofe yanchgich uchun 1800 ... 20000 ayl/min tezlik talab

qilinsa, xamir qorishda 10000 ayl/min tezlik kerak bo'ladi. Turli modeldagi universal mashinalarda qo'llaniladigan motorlarning quvvati va massasi ham bir-biridan keskin farq qiladi. 8.4- rasmda DK 90-250-12 modeli OUM ning tuzilishi ko'rsatilgan. U korpus 2, podshipnik shchiti 1, induktor 3, yakor 4, ventilyator 6, diffuzor 5 dan tuzilgan bo'lib, induktor, podshipniklar, yakor va cho'tka tutqichlar korpusida joylashtirilgan. Korpusga diffuzor o'rnatilib, u orqali ventilyator havo oqimi yo'nalishi rostlanadi va motor yaxshi sovitiladi.

## 8.3. Xonalarni tozalash va ta'mirlash elektr mashinalari

### 8.3.1. Changyutkichlar

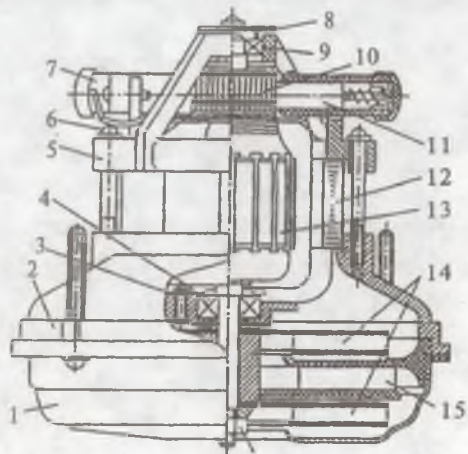
Elektr changyutkichlar xonalarni tozalash va ta'mirlash bo'yicha uy ishlarini mexanizatsiyalashda qo'llaniladi. Shuningdek, ular yordamida kiyimlar, gilamlar, kitoblar va musiqa asboblari changdan tozalanadi. Natijada bu ishlarga sarflanadigan vaqt 2-3 marta kamayadi. Uy xonalari va mebellarini ta'mirlashda ham changyutkichlardan foydalanish mumkin. Buning uchun xona devorlari, shiftrlari yoki mebellarga tegishli suv-bo'yoq aralashmasi changyutkich vositasida sepilib ta'mirlanadi. 8.3- jadvalda changyutkichning texnik ko'rsatkichlari keltirilgan.

## Changyutkichlarining texnik tavsiflari

Changyutkich turi	$P_{\max}$ , kPa, kamida	$N$ , W, kamida	$Q_{\max}$ dm <sup>3</sup> /s, kamida
PR-70	1,6/2	70	5
PR-100	3,5/4	100	9
PR-280	8/9,4	280	14
PR-400	11/11,4	400	19
PN-400	11/11,4	400	19
PN-600	13,5/13	600	25
PN-800	14/15	800	32

Bunda:  $P_{\max}$  (kPa) – so‘rish teshigi berkligida havosizlanishning kilopaskalda o‘lchangan maksimal qiymati (maxrajda – yuqori sifatli buyumlarga oid);  $N$  (W) – so‘rish teshigi ochiq bo‘lgandagi motor quvvati,  $Q_{\max}$  – havo sarfining maksimal qiymati.

8.5- rasmda changyutkichning eng murakkab qismi bo‘lgan havo so‘ruvchi agregatning tuzilishi ko‘rsatilgan. Bu agregatning qo‘zg‘almas (korpusing pastki 1 va yuqorigi 2) qismlari orasida rotor aylanadi; 12 – elektr motor statori, 5 – shchit. Korpusda yo‘naltiruvchi apparat 15 va podshipnik 4 o‘rnatilgan. Ikkinchi podshipnik 9 shchit 5 da joylashgan. Podshipniklarda val aylanib, unga kollektorli motorning yakori va ventilyator turbinachasining ikkita ish g‘ildiraklari 14 qo‘zg‘almas qilib mahkamlangan. Podshipnik 3 va 8 lar qopqoqlar bilan berkitilgan (moylovchi suyuqlik oqib ketmaydi). Shchitga cho‘tkatutqich bilan cho‘tka 11 o‘rnatilib, kollektor plastinalari 10 ga



8.5- rasm.

bosilgan. Ish g'ildiragi ikkita gardishdan tayyorlanib, valga gayka 16 orqali mahkamlangan. Havo so'rish agregati bilan ikkita ish g'ildiraklari yordamida katta havosizlanish jarayoni hosil qilinadi. Ikkita chulg'ami bo'lgan stator 12 shchit 5 va yuqorigi korpus 2 orasiga o'rnatilgan elektr motor yakori 13 valga mahkam o'rnatiladi. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tokdagi kollektorli havosizlantirish motorlarining aylanish tezliklari 18000 ... 26000 ayl/min chegarada bo'ladi.

## **8.4. Kir yuvish mashinalarining elektr uskunasi**

### **8.4.1. Aktivator va baraban turidagi mashinalarda kir yuvish texnologik jarayoni**

Kir yuvish mashinalarida yuvish jarayoni kirni yuvish suyuqligida mexanik aralashtirishdan iborat. Kirni aralashtirish va yuvish suyuqligining aktivatsiyasi parrakli gardishni yoki barabanni aylantirish bilan amalga oshiriladi.

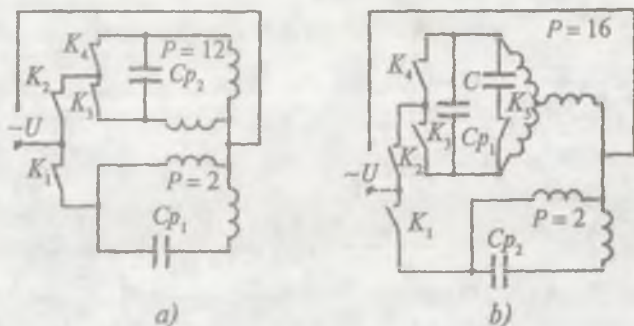
Aktivatsiyaning ma'nosi yuvish suyuqligiga energiya uzatishdan iborat bo'lib, bunda suyuqlik va kir harakatga keltiriladi, yuvish suyuqligi suvda bir xil tarqatiladi hamda yuvish suyuqligini kir tolalari orasiga kirib, uni yaxshi tozalash imkoni yaratiladi. Zamonaviy kir yuvish mashinalarining juda ko'p turi dastur asosida ishlaydigan hamda yuvishdan tashqari quritish jarayonlarini ham bajaradigan avtomatlarga aylantirilmoqda.

### **8.4.2. Baraban turidagi kir yuvish mashinalarining elektr sxemasi**

Baraban yuritmasi uchun ikki tezlikli kondensatorli ДАСМ-2 elektr motori (qutb sonlari 2/12 nisbatda almashlab ulanadi) hamda ikki tezlikli kondensatorli unifikasiyalangan ДАСМ-4 elektr motori (qutb sonlari 2/16 nisbatda almashlab ulanadigan) qo'llanadi.

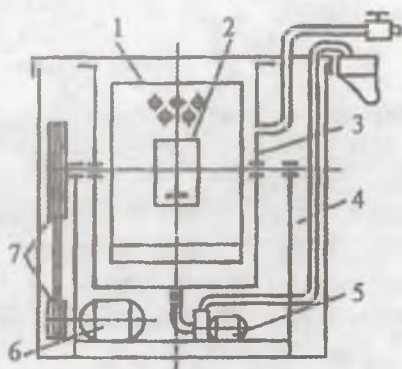
ДАСМ-2 tipidagi motorda 12 va 2 qutb hosil qiluvchi chulg'amlar, bir fazali motordagi singari ish kondensatori bilan birgalikda tayyorlanadi (8.6-a rasm). ДАСМ-4 motorida esa 8 juft qutblar hosil qiladigan chulg'am uch fazali sxemada ulanadi (8.6-b rasm). Shuningdek, ДАСМ-2 motori 3000 va 500 ayl/min sinxron tezlikda va tegishli 400 va 60 W quvvatli qilib, ДАСМ-4 motori esa 3000 va 375 ayl/min sinxron tezlikda va 180 va 60 W quvvatli





8.6- rasm.

qilib ishlab chiqariladi. Sxemadagi kontaktlar  $K_1$  va  $K_2$  berk bo'lganda qutblar soni ko'p, motor esa minimal tezlikda ishlaydi. Uzgichlar  $K_3$  va  $K_4$  motor aylanish yo'nalishini teskariga aylantirish (reverslash) uchun qo'llaniladi. Masalan,  $K_3$  berk va  $K_4$  ochiq bo'lsa, u teskari tomonga aylanadi ( $K_3$  va  $K_4$  lar ochiqligida motor elektr tarmog'idan ajraladi) va aksincha,  $K_3$  ochiq,  $K_4$  esa berk bo'lsa, teskari tomonga aylanadi. Uzgich  $K_5$  qo'shimcha sig'im  $Cp_1$  ni ulaydi va motorning ishga tushirish momenti oshiriladi. Xorijda chiqariladigan avtomatik kir yuvish mashinalarida kirni siqib chiqarish barabanlarining aylanish chastotasi 1000 ayl/min bo'lib, qutblar soni 2/16; 2/18 va 2/24 nisbatda almashlab ulanuvchi motorlar qo'llaniladi. Gabarit o'lchamlarining va massasining kattaligi va murakkabligi qutblar soni almashlab ulanuvchi motorlarning kamchiligi hisoblanadi. Kelgusida bunday asinxron motorlar yarim o'tkazgichli chastota o'zgartkichlardan ta'minlanadigan bo'lsa, ularning aylanish tezliklarini bir tekis rostdash imkoni tug'iladi. 8.7- rasmda baraban turidagi kir yuvish mashinasining tuzilishi ko'rsatilgan. Bunda qopqoq 2 li korpus 4 ichiga barabani (1) bor bak 3 o'rnatilgan. Baraban motor 6 dan ponasimon tasmali uzatma 7 vositasida yuritiladi. Nasos 5 bilan yuvish suyuqligi chiqarib tashlanadi.



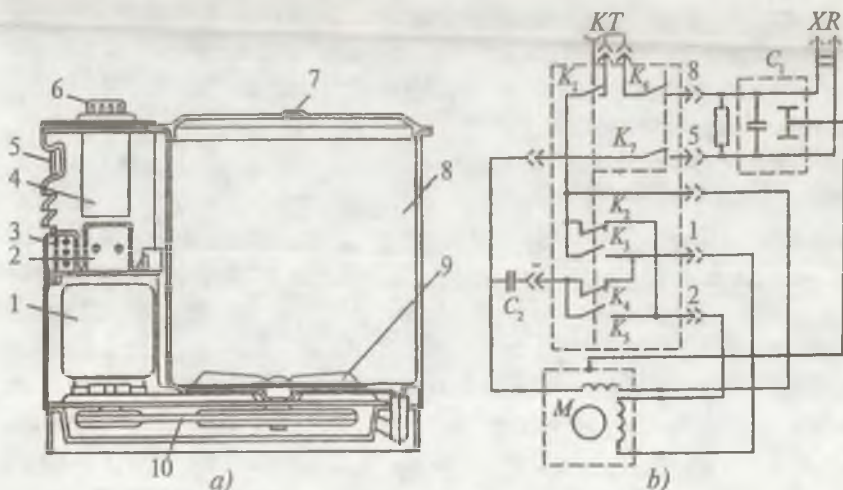
8.7- ra.m.

8.7- rasmda baraban turidagi kir yuvish mashinasining tuzilishi ko'rsatilgan. Bunda qopqoq 2 li korpus 4 ichiga barabani (1) bor bak 3 o'rnatilgan. Baraban motor 6 dan ponasimon tasmali uzatma 7 vositasida yuritiladi. Nasos 5 bilan yuvish suyuqligi chiqarib tashlanadi.

### 8.4.3. «Мини» кир yuvish mashinalari

Hozirgi paytda gabarit o'lchamlari kichik va ishlatishga qulay bo'lgan CM turidagi kir yuvish mashinalari («Мини») keng tarqalmoqda. Bunday mashinalarni tuzilishiga ko'ra: aktivatori vertikal o'rnatilgan («Малютка») va aktivatori gorizontal yoki tubiga joylashtirilgan («Фея») mashinalarga bo'lish mumkin. Sanoatimiz CM-1 va CM-1,5 turidagi kichik o'lchamli kir yuvish mashinalari ishlab chiqarmoqda (bular bir vaqtda 1...1,5 kg kirni yuvishga mo'ljallangan). Jumladan, CM-1,5 turidagi «Фея» mashinasining tuzilishi va elektr sxemasi 8.8- rasmda ko'rsatilgan. U yuvish baki 8, elektr yuritma korpusi 5, bak qopqog'i 7, aktivator 9 va shnurdan iborat. Yuvish baki, elektr yuritma korpusi va bak qopqog'i plastmassadan tayyorlangan. Aktivator elektr motor 1 va tasmali uzatma 10 vositasida aylantiriladi. Elektr yuritma esa motor 1, vaqt releysi 4, kondensatorlar 2 va 3 dan tashkil topgan. Aktivator elektr yuritmasini ishga tushirish va to'xtatish vaqt releysi 4 orqali amalga oshiriladi, bunda dasta 6 tashqariga – boshqarish paneliga chiqarilgan. Yuvish bakining tagida suv chiqarish eshikchasi va unga ulangan shlang joylashgan. Mashinaga solingan kirni yuvish davomiyligi reverslovchi vaqt releysi orqali boshqariladi: ish davrida elektr motor bir tomonga 50 s davomida aylanadi, pauza – 10 s; ish davrida elektr motor 50 s davomida teskari tomonga aylanadi, pauza – 10 s.

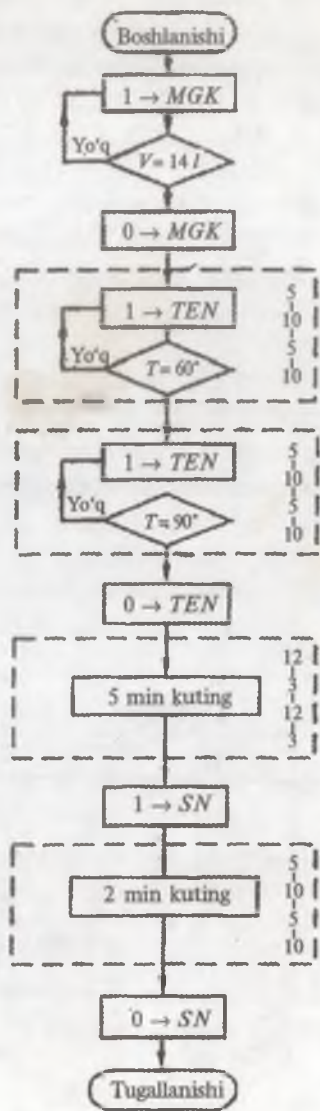
Reverslovchi rele yordamida yuvish vaqtini qo'l bilan boshqarib, 1 ... 6 minut oralig'ida roslash mumkin.



8.8- rasm.

### 8.4.4. Avtomatik kir yuvish mashinalari

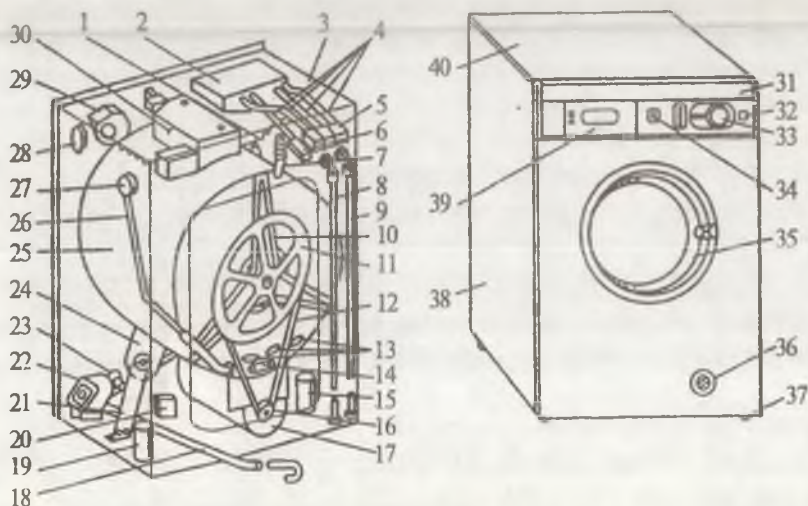
CMA turidagi avtomatik kir yuvish mashinalari berilgan dastur bo'yicha kir yuvishga mo'ljallangan. Tozalash jarayoni, ya'ni kirni suvda ivitish va chayish ishlari yuvish suyuqligi quyilgan teshiklari bor baraban idishda mexanik aralashtirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Yuvilgan kir shu baraban idishda sentrifugalab siqiladi. Bu mashinalar CM, CMP va CMPI tipdagilar-dan tuzilishi va elektr sxemasining murakkabligiga ko'ra farq qiladi. Boshqa kir yuvish mashinalarida ishlatilmaydigan avtomatika elementlari bu mashinalarda keng qo'llanilgan. Jumladan, hamma operatsiyalar uchun suv quyish va to'kish, yuvish suyuqligini kiritish, ivitish, suvni tegishli harorat-gacha ko'tarib kirni yuvish, chayish va siqish jarayonlari to'la avtomat-lashgan. Mashinadagi dasturni tanlash bilan turli darajada kirlangan hamda pishiqligi kimyoviy tarkibi har xil bo'lgan kiyimlarni yuvish imkoni bor. Yuvish jarayonini avtomatik bosh-qarishda nazorat va roslash uchun qator asboblari qo'llanadi. Bular qato-riga: komandoapparat, bakdagi yuvish suyuqligi sathini nazorat etuvchi, yuvish suyuqligi haroratini nazorat etuvchi rele-datchiklarni kiritish mum-kin. 8.9- rasmda kir yuvish avtomatik mashinasining algoritmi sxemasi ko'rsa-tilgan. Dastur ishga tushirilgach, issiq suv magnit klapani ulanadi va bak 14 litr hajmgacha issiq suv bilan to'ldiriladi. Bakdagi issiqlik suv 14 litrga yetgach, issiq suv klapani berkitiladi va naychali elektr isitkich ulanadi. Bunda suv harorati 60 °C gacha ko'tariladi va elektr motor barabanni soat



8.9- rasm.

mili tomon—pauza—soat miliga teskari yoʻnalishda aylantiradi (tegishli 5—10—5 s davrlarda). Soʻngra suv 90 °C gacha isitiladi va baraban aylanishi 10—5—10 s davrlarda reverslanadi, keyin TEN ulanadi; yuvish 5 minut davomida revers bilan 12—3—12 s davrlarda oʻtkaziladi. Yuvish suyuqligini toʻkish, tegishli nasosni 2 minut davomida revers bilan 10—5—10 s davrlarda oʻtkaziladi; dastur oxirida toʻkish nasosi toʻxtatiladi.

8.10- rasmda «Vyatka-avtomat-12» avtomatik yuvish mashinasining tuzilishi koʻrsatilgan. Poʻlatdan yasalgan mashina korpusi 38, korpus qopqogʻi 40; korpus ichiga oʻrnatilgan bak 25; bakka mahkamlangan ikki tezlikli asinxron motor 17 dan iborat. Motor 17 teshikli barabanni aylantiradi. Bak ikkita prujina 1 ga osilgan boʻlib, ular korpusdagi tayanch 3 ga mahkamlangan. Bakning pastki qismiga ikki tomondan metall plastinalar 24 mahkamlangan boʻlib, ular reszor 21 ning ishqalanuvchi kallaklari bilan oʻzaro taʼsirlashadi. Bu sistema bakka oʻrnatilgan posongilar 30 bilan birgalikda mashina tebranishini kamaytiradi. Yuvish suyuqligini isitish va uning haroratini nazorat qilish uchun isitkich 14 va harorat rele-datchigi 13 dan foydalaniladi. Bakdagi bugʻ naycha 7 orqali chiqadi. Kir barabanga eshikcha 35 orqali solinadi. Kir yuvish uchun kerakli dastur komandoapparat dastasi 29 ni burab tanlanadi. Baraban shkivlar 11 va 16 hamda tasmalar 12 orqali motordan harakatga keltiriladi.



8.10- rasmd.

Mashina korpusining yuqori qismida: suv tarmog'iga ulovchi elektromagnit klapanlar 5 va 6 dan iborat blok o'rnatilgan. Klapanlar shlanglar 4 orqali dozator 2 ga ulangan. Sath relesi 27 o'zining pastki qismi bilan shlang 26 ga ulangan.

Korpusning yuqorigi qismida plastmassadan ishlangan panel 31 joylashgan bo'lib, uning ustiga dasta 33, uzgich 34, dozator dastasi 39 chiqarilgan.

Mashinaning pastki qismiga elektr nasos 22, olinadigan filtr 23 qopqog'i 36 bilan, kondensatorlar 15 va 19, kuchlanish relesi 20 o'rnatilgan. Mashina olib o'rnatiladigan shlanglar 8 va 9 ga ham ega. Mashina polda mahkam turishi uchun unga rostlanadigan oyoqlar 37 o'rnatilgan.

## 8.5. Maishiy xizmat sovitkichlari

### 8.5.1. Sovitkichlar va ularning tasnifi

Maishiy xizmat sovitkichlari oziq-ovqat mahsulotlarini qisqa vaqt davomida sovitilgan yoki muzlatilgan holatda saqlashga mo'ljallanadi.

Sovitkichlar sun'iy sovitish usullari (turi), sovitish shkafining ichki hajmi, korpusining shakli va vazifalariga ko'ra tasniflanadi.

Turiga ko'ra: kompression ( $K$ ), absorbsion ( $A$ ) va termoelektr ( $TE$ ) sovitkichlarga ajratiladi. Maishiy xizmat sovitkichlari turli hajmdagi sovitish xonalariga mo'ljallanib ishlab chiqariladi. Bunda ular sovitkich ichki hajmining o'lchamlari ortishi bilan elektr energiya sarfi ham orta boradi. 8.4- jadvalda sovitkichlarning ichki hajmiga va turiga ko'ra elektr energiya sarfi ko'rsatilgan.

8.4- jadval

#### Maishiy sovitkichlar uchun energiya sarfi

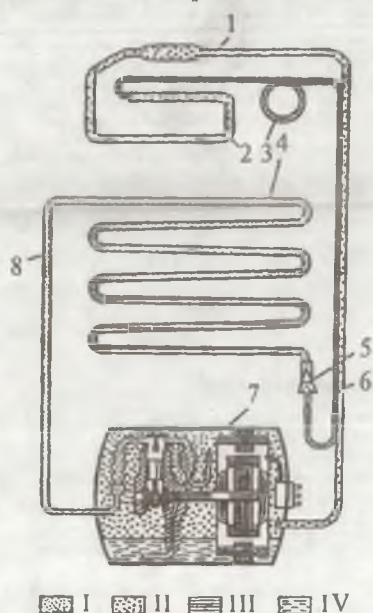
Sovitkichning umumiy ichki hajmi, $\text{dm}^3$	Elektr energiya sarfi (kW soat/sutka)	
	kompression sovitkichlar	absorbsion sovitkichlar
60	1,21	2,20
80	1,28	2,40
100	1,35	2,65

Sovitkichning umumiy ichki hajmi, dm <sup>3</sup>	Elektr energiya sarfi (kW soat/sutka)	
	kompresion sovitkichlar	absorbsion sovitkichlar
60	1,21	2,20
80	1,28	2,40
100	1,35	2,65
120	1,40	2,90
140	1,50	3,15
160	1,57	3,55
180	1,63	3,90
200	1,72	4,10
220	1,82	-
240	1,90	-
260	2,00	-
280	21,0	-

Oddiy sovitkichlarda atrof-muhit harorati 32 °C da, sovitish xonasining harorati +5 °C, muzlatish xonasiniki esa -6 °C ga mo'ljallangan.

### 8.5.2. Kompresion sovitkichning ishlash prinsipi

Sovitkichning asosiy qismi – sovitish agregati bo'lib, u orqali sovitish xonasidan issiqlikni olib, tashqi muhitga uzatadi. 8.11- rasmda bir xonali kompresion turdagi sovitkichning tuzilishi ko'rsatilgan.



8.11- rasm.

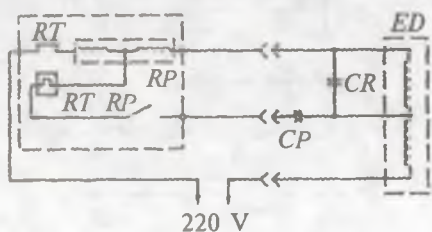
Sovitkich kompressor motori 7, kondensator 4, bug'latgich 2 dan tuzilgan bo'lib, ular naychalar orqali ulangan va sovitish agenti (moddasi) bilan to'ldirilgan berk sistema hosil qiladi. Sovitish moddasi sifatida ko'pincha freon-12 ( $CF_2Cl_2$  – diftordixlormetan) ishlatiladi. Bu rangsiz og'ir gaz bo'lib, havoda 20% dan ko'proq bo'lsagina, uning o'ziga xos kuchsiz hidini sezish mumkin. Sovitish agregatida ish jarayoni quyidagicha kechadi. Kompresor motori 7 ishga tushirilgach, suyuq holatdagi sovitish moddasi bosim ta'sirida bug'latgich 2 ga, so'ngra kapillar naycha 3 dan o'tadi va suyuq freon drossellanadi, bunda uning bosimi

kamayadi, harorat esa pasayadi. Bug‘latkich 2 da suyuq freon past haroratda bug‘ga aylanib, atrof-muhitdan bug‘latishga kerakli issiqlikni oladi va sovitish xonasi haroratini pasaytiradi. Kompresor-motor bilan freon bug‘lari doim so‘rib olinishi sababli, bug‘latkichda bosim hamma vaqt past bo‘ladi. Sovitish moddasi bug‘lari kompressor-motorda siqiladi va kondensator 4 ga o‘tkaziladi. Bug‘larni siqishga sarflangan mexanik ish issiqlikka aylanadi va demak, sovitish moddasi bug‘larining harorati siqish jarayonida ko‘tariladi.

Shunday qilib, sovitish moddasi germetik berk sistema bo‘yicha aylanib turadi, sovuqlikni hosil qilish uchun kompressor motorining mexanik energiyasigina sarflanadi xolos.

Sovitkich elektr motori davriy ravishda ishlaydi, ya‘ni u ma‘lum vaqtlarda elektr tarmog‘iga ulanadi va undan ajraladi. Motorning ishlash vaqti davr davomida qancha ko‘p bo‘lsa, shuncha katta miqdordagi sovuqlik hosil qilinadi va elektr energiya sarfi ham mutanosib ravishda oshadi. Harorat reledatchigi sovitkichning davriy ravishda ishlashini ta‘minlaydi. Germetik kompressorlar yuritmasi uchun rotori qisqa tutashgan bir fazali asinxron motorlar qo‘llaniladi. Ular 127 va 220 V kuchlanishga hamda 600, 90, 120 W nominal quvvatlarga va 1500, 3000 ayl/min tezliklarda ishlashga mo‘ljallab chiqariladi.

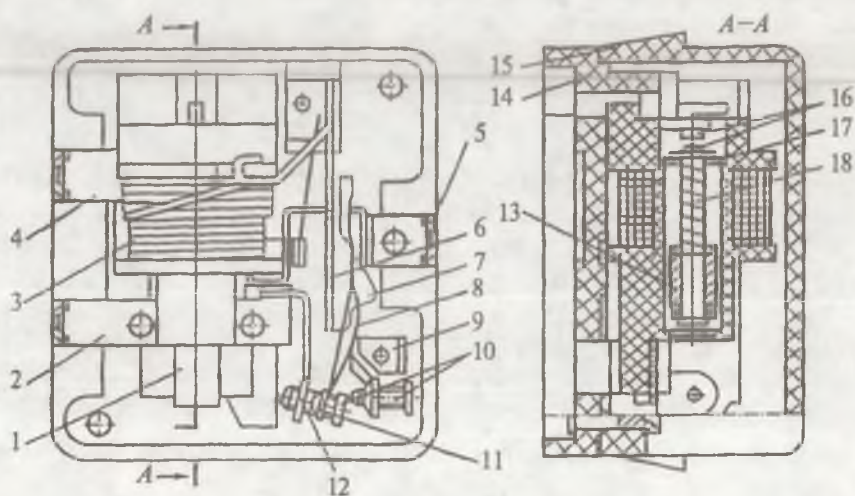
Motor statoriga ish va ishga tushirish chulg‘amlari o‘rnatiladi. Ikkala chulg‘amga tok berilganda, aylanuvchi magnit maydon hosil bo‘lib, motor rotori aylana boshlaydi, uning tezligi sinxron tezlikning 75-80% ga yetganda ishga tushirish chulg‘ami rele bilan tarmoqdan ajratiladi. Bunday motorlar, ayniqsa, tarmoq kuchlanishi pasayganda, ishga tushirish momentiga mutanosib bo‘lishi sababli ishga tushirish vaqti cho‘zilib, ishga tushirish chulg‘ami qizib ketib, kuyib qoladi. Shu sababli sovitkichlarda motorning ish chulg‘ami va ishga tushirish chulg‘amlariga ham tegishli kondensatorlar ulanadi va natijada bunday kondensatorli motorlar tarmoq kuchlanishining 150-250 V qiymatlarida ham ishlaydi. 8.12- rasmda kondensatorli motorning ulanish sxemasi ko‘rsatilgan. Unda: ED – elektr motor, CP va CR – ishga tushirish va ish kondensatorlari; RT – isitkich va himoya relesining kontakti, RP – ishga tushirish relesining kontakti va g‘altagi.



8.12- rasm.

### 8.5.3. Avtomatika asboblari

Elektr motorni ishga tushirish va uning chulg'amlarini o'ta yuklanishlardan saqlash uchun maishiy xizmat sovitkichlarida kombinasiyalashgan ishga tushirish-himoyalash qo'shimcha ДХР, РТП, РТК-Х, РПЗ, РТК-1-00 turidagi relelar qo'llaniladi. Ular tuzilishi, texnik tavsiflari, montaj qilish usullari bilan bir-biridan farq qilsa ham, ishlash prinsipi bir xildir. 8.13- rasmda РТК-1-00 relesining tuzilishi ko'rsatilgan. Rele asos 14 ga o'rnatilgan bo'lib, u (solenoid) elektromagnit turda (kontaktlari ikki marta ajraladigan) ishlab chiqariladi. Kontakt qurilmasi 13 da o'zak bo'lib, u ferromagnit tayoqcha 18 bo'ylab erkin harakatlana oladi. Tayoqchanning yuqori qismida ishga tushirish relesi 16 ning kontaktlari o'rnatilgan plastina 17 joylashgan. Motor tarmoqqa ulanganda o'zak ferromagnit tayoqcha bilan birgalikda ko'tariladi. Bunda plastina 17 tortilib, qo'zg'almas kontaktlarni tutashtiradi. Motorning aylanish chastotasi oshgach, kontakt 16 lar ajraladi. Himoya relesida bimetall plastina 6 o'zining bir uchi bilan ishga tushirish relesi g'altagi simiga, boshqasi bilan esa tayanch orqali kontaktlar tutqichi 8 ga ulanadi. Kontaktlar tutqichiga qarama-qarshi tomonda qo'zg'aluvchan kontakt 11 (uning normal berk qo'zg'almas kontakti 12 bilan birgalikda) o'rnatilgan. Bimetall plastina yonida qizitgich qurilma 7 ning nixromli spirali joylashgan bo'lib, u ishga tushirish chulg'ami zanjiriga ketma-ket ulangan. Bu spiral o'zining bir uchi



8.13- rasm.

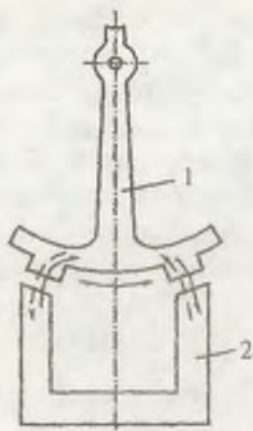


bilan ishga tushirish relesi 16 kontakti, boshqa uchi bilan esa bimetall plastinaga ulangan. Agar elektr motor ish chulg'amidagi tok oshib ketse, bimetall plastina qizib ketib deformatsiyalanadi, agar ishga tushirish chulg'amidagi tok oshib ketse, u holda bimetall plastina qizitkich harorati ta'sirida deformatsiyalanadi. Bunda kontaktlar 11 va 12 ajraladi. Bimetall plastina sovigach, kontaktlar dastlabki holatga qaytadi. Himoya relesining parametrlari vint 10 bilan rostlanadi. Rele faqat vertikal vaziyatda turgandagina ishlaydi.

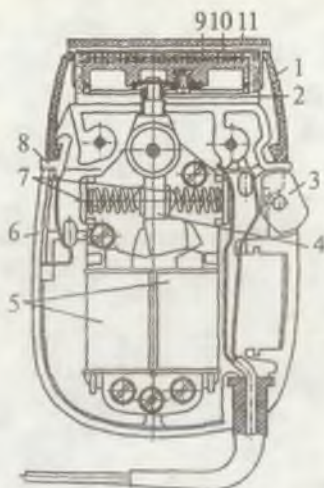
## 8.6. Shaxsiy elektr asboblari

### 8.6.1. Elektr ustara

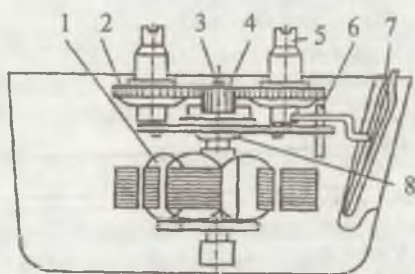
Elektr ustalaralar — elektr motorining turi, pichoq'ining shakli va ta'minlash usuliga ko'ra farqlanadi. Motor turiga ko'ra elektr magnit tebratkichli, kollektor motorli, kulis mexanizmga ega impuls motorli elektr ustalaralar bo'ladi. Pichoq shakliga ko'ra to'rsimon kallakli va pichoqlari ilgarilama-qaytma yoki aylanma harakatlanadigan, aylanma harakat qiladigan ikki yoki uchta yumaloq pichoqli, qaytma-ilgarilama harakat qiladigan taroqsimon pichoqli ustalaralar bo'ladi. Elektr ustalaralar 127 va 220 V o'zgaruvchan yoki 110 va 220 V o'zgarmas kuchlanishlarga mo'ljallab ishlab chiqariladi. (O'zgarmas kuchlanishda almashlab ulash imkoni bo'ladi). Shuningdek, elektr ustalaralar 12 V o'zgarmas kuchlanishga hamda galvanik element yoki akkumulatoridan ta'minlanuvchi mikromotorli qilib ham ishlab chiqariladi. 8.14- rasmda elektromagnit tebratkichning tuzilishi ko'rsatilgan. Stator 2 dagi qo'zg'atish chulg'ami elektr tarmoqqa ulansa, undan o'tgan tokdan hosil bo'lgan magnit oqimi stator 2 va rotor 1 o'zaklari bo'yicha o'tib, rotorni magnitlaydi. Magnit kuch chiziqlari stator qutbidan chiqib, rotor qutbiga kiradi va rotor qutbidan stator qutbiga kiradi. Shunday qilib, stator va rotor o'zaklari bir-biriga turli qutblari bilan qaratilgan holatga kelib, rotor stator qutbiga tortiladi. Kuchlanish qutblanishi o'zgarganda, magnit oqimi ham o'zgaradi. Demak, tortilish kuchi tok yo'nalishiga bog'liq emas ekan, magnit oqimi bir davr ichida o'zgarganda, rotor stator qutblariga musbat va manfiy yarim to'liqlarda tortiladi, ya'ni 1 minutda 6000 marta tortiladi. Elektromagnit tebratkichli elektr ustalaralar uzoq vaqt ishonchli ishlaydi. Shovqin bilan ishlashi va korpusining titrashi ularning kamchiligi hisoblanadi.



8.14- rasm.



8.15- rasm.



8.16- rasm.

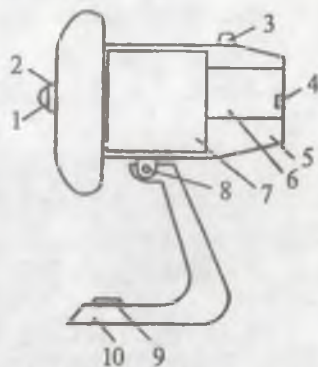
8.15- rasmda elektromagnit titratkichili elektr ustara konstruksiyasi ko'rsatilgan. Ustara korpus 3, yakor 11 va stator g'altaklari bor elektr titratkich, pichoqlar 2 bloki (blok qo'zg'aluvchan pichoq va unga ulangan yakor 6 hamda qo'zg'almas to'rsimon pichoqqa ega) dan tashkil topgan. Tebranish amplitudasi 1,5 ... 3,5 mm.

8.16- rasmda keng tarqalgan kollektorli motorga ega «Xarkov-15 M» elektr ustarasining tishli g'ildiraklari konstruksiyasi ko'rsatilgan. Bu ustara kollektorli universal motor bilan ta'minlangan bo'lib, 127 V yoki 220 V o'zgaruvchan tok va 110 V yoki 220 V o'zgarimas tok manбайдan ta'minlanadi. Podshipnik 8 li elektr motor yakori 1 valiga vint 3 yordamida shesternya 4 mahkamlangan. Shesternya tishli g'ildirak 2 ga harakat uzatadi. Bu harakat richag 6 orqali qo'zg'aluvchan pichoq 7 ga beriladi. Elektr motor yakori yulduz sxemasida ulangan uchta chulg'amga, ustara bloki esa ikkita qo'zg'almas va ikkita qo'zg'aluvchan pichoqlarga ega.

## 8.6.2. Ventilatorlar

Elektr ventilyatorlar binodagi havo almashinishini tezlashtirib, kishilar ish faoliyati uchun qulay sharoit yaratadi. Ular yordamida atrof-muhitdagi zararli aralashmalar to'plami kamayadi, havoning ion tarkibi yaxshilanadi, harorat va namlik rostlanadi. Stolga, devorga, shiftga o'rnatiladigan hamda avtomobillarga joylanadigan, 12 V ga hisoblangan ventilatorlar ishlab chiqariladi.

8.17- rasmda «ПИНГВИН» nomli elektr ventilator tuzilishi ko'rsatilgan. Bu ventilator ustun 10, uzib-ulagich 9, vint 8, asinxron motor 7, krivoship-shatunli reduktor 6 dan tashkil topgan. Motor valiga ventilator parragi o'rnatilgan. Havo oqimi yo'nalishining gorizontaal va vertikal yo'nalishda o'zgartirish mumkinligi hamda korpusni gorizontaalga 60...80° ga burish imkoni borligi «ПИНГВИН»ning o'ziga xos tomoni hisoblanadi. Elektr ventilatorning texnik ko'rsatkichlari: motor kuchlanishi 220 V, quvvati 55 W, ish unumi 18 m<sup>3</sup>/min, aylanish chastotasi 1500 ayl/min.



8.17- rasm.

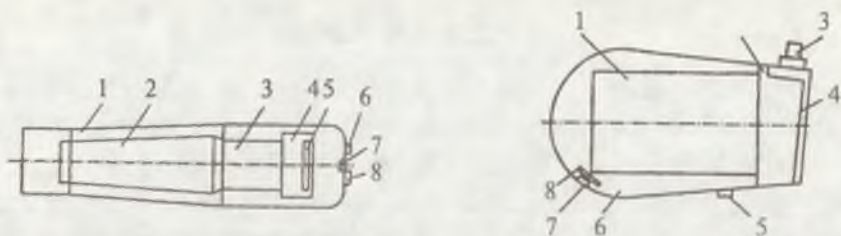
## 8.6.3. Fenlar

Maishiy xizmatda sochlarni tez quritish, tarash va ma'lum shaklga keltirishda elektr fenlardan foydalaniladi. Ular turli o'rnatmalar va kapyushon bilan ta'minlanib, sochlarni murakkab shakllarda ham turmaklashga imkon beradi.

Sochni quritishda elektr qizitkich bilan isitilgan havo oqimi harorati 50-60 °C gacha ko'tariladi va u ventilyator vositasida uzatiladi.

Ventilyatorda asinxron yoki kollektorli motor ishlatiladi. 8.18-rasmda «Alesya» elektr fen konstruksiyasi ko'rsatilgan. Bu fenda fen korpusi 1, uning oldi qismi — soplo bor. Fen ichida isitish elementi 2, motor 3, ventilator 4, parrak 5, ulab-uzgich bloki 6 joylashgan (blokda to'g'rilash diodi ham bor). Elektr fen ikki ish rejimda ishlaydi. Texnik tavsiflari quyidagicha:

tarmoq kuchlanishi — 220 V, iste'mol qiladigan quvvati — 330 W.



8.19- rasm.

Isitilgan havo harorati, °C:

I – rejimda 40 °C;

II – rejimda 60 °C.

Massasi 0,45 kg.

Elektr fenni namlik yuqori boʻlgan joylarda ishlatish mumkin emas.

#### 8.6.4. Uqalash elektr asboblari

Bunday asboblardan davolash va kosmetik maqsadlarda foydalaniladi.

8.19- rasmda «Харковчанка» uqalash asbobining tuzilishi koʻrsatilgan. Asbob ochiladigan korpus 6, korpusning bir tomoniga oʻrnatilgan elektromagnit titrama kallak 1, polietilen oʻq 3 dan tashkil topgan. Polietilen oʻqining bir tomoniga turli shakldagi oʻrnatmalar kiygiziladi.

Korpus 6 vint 7 va skoba 8 bilan mahkamlangan. Uqalash asbobi 127 va 220 V kuchlanishda ishlashga moʻljallangan. Asbob qopqogʻi 4 asos 2 ga prujinalanuvchi kuraklar hisobiga mahkamlanadi.

Uqalash asbobi komplektiga har xil shaklga ega boʻlgan beshta oʻrnatma qoʻshib beriladi.

### 8.7.

#### Elektrlashtirilgan asbob va dastgohlar

##### 8.7.1. Umumiy maʼlumotlar

Bunday asbob va dastgohlar maishiy xizmat doirasidagi ishlarni bajarishda keng qoʻllaniladi. Jumladan, elektr parma, elektr arra, elektr randa, yoʻngich, pardozlagichlar bilan bajariladigan ish 5-8 marta samaraliroq boʻladi. Elektrlashtirilgan asbob bilan metallarga, metallmas materiallar (yogʻoch, plastmassa, tosh)ga ishlov berish mumkin. Shuningdek, avtomobil haydovchilari ishini

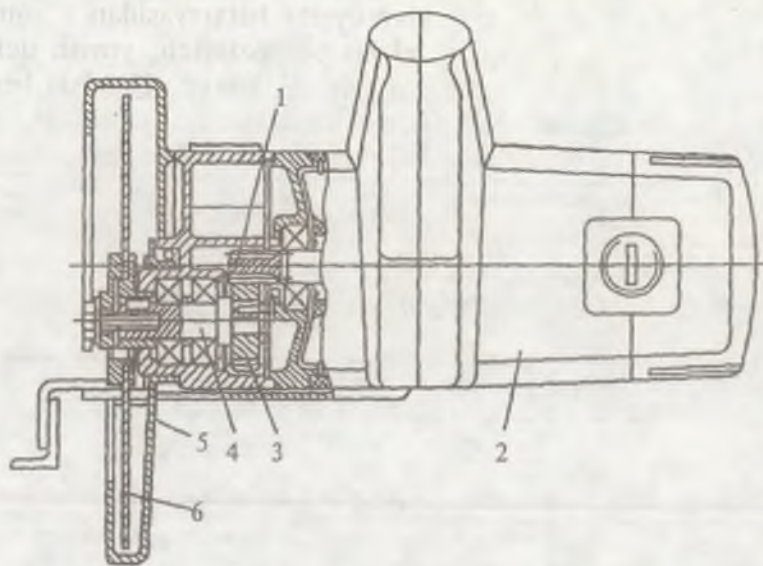
osonlashtirish maqsadida akkumulyator batareyasidan ta'minlanadigan elektr parmalagich, elektr pardozlagich, yuvish uchun elektr nasos, elektr kompressor (g'ildirak kamerasiga dam berish uchun)lar turmushda keng foydalanilmoqda. 8.5- jadvalda 220 V kuchlanish va 50 Hz chastotada ishlovchi ba'zi elektr asboblarning texnik tavsiflari keltirilgan.

8.5- jadval.

### Elektr asboblarning texnik tavsiflari

Parametrlar	Elektr asbob turi	
<i>Dastaki elektr parmalagichlar</i>		
Iste'mol qiladigan quvvati, W	IE1003B 270	IE1032-1 420
Aylanish tezligi, ayl/min	1500	940
Parmaning eng katta diametri, mm	6	9
<i>Dastaki elektr arralar</i>		
Iste'mol qiladigan quvvati, W	IE5106 370	IE5107 1150
Arralash chuqurligi, mm	45	65
Yassi arra diametri, mm	160	200
Aylanish tezligi, ayl/min	2880	2880
<i>Dastaki elektr randalar</i>		
Iste'mol qiladigan quvvati, W	IE5701A 600	IE5706 340
Yo'nish chuqurligi (bir o'tishda), mm	2	2
Porshenli barabanning aylanish tezligi, ayl/min	9500	5800
<i>Elektr arra «Томск 134.2»</i>		
Iste'mol qiladigan quvvati, W	460	
Shpindelning aylanish tezligi, ayl/min	280	

Elektr asboblarda barcha asosiy ishlar elektr motor orqali, yordamchi ishlar esa qo'lda bajariladi. Bu asboblarda ketma-ket qo'zg'atishli, kollektorli elektr motorlar qo'llaniladi. Elektr asboblarda qiyshiq tishli va to'g'ri tishli, shuningdek, tasmali uzatmasi bor bir va ikki bosqichli reduktorlar keng qo'llanadi.



8.20- rasm.

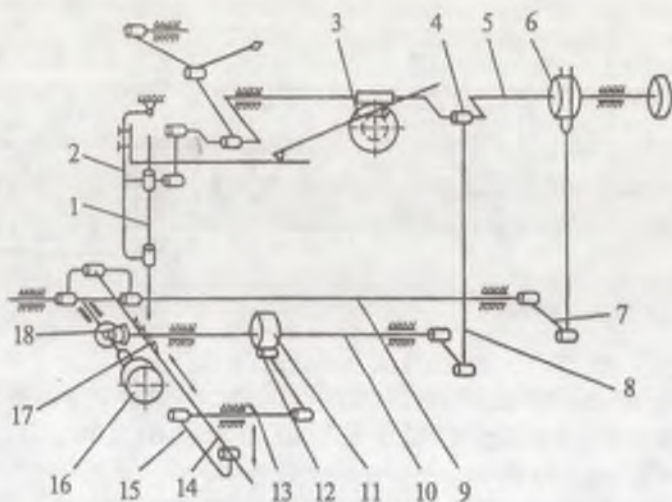
Kelajakda bu asboblarda ko'p tezlikli motorlar qo'llanilib, ular tezligi silliq rostlanuvchan bo'ladi. Demak, ularda tiristorli o'zgartkichlardan foydalaniladi, mikroprosessorlar yordamida ishlov berishning eng qulay rejimlari tanlanadi.

8.20- rasmda elektr arraning tuzilishi ko'rsatilgan. Bu arrada elektr motor 2 ning harakati tishli g'ildiraklar 1, 3 orqali arra 6 ga uzatiladi. 5 — arra korpusi bo'lib, u yassi doira shaklidagi arra 6 ni to'sib turadi.

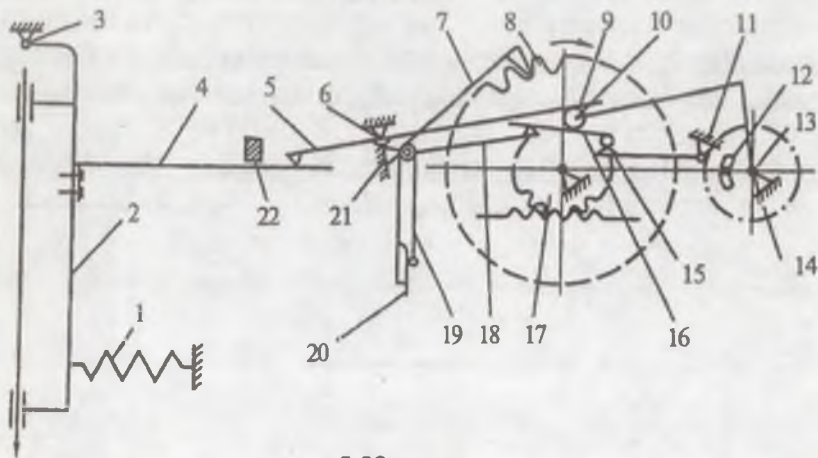
### 8.7.2. Tikuv mashinalarining tuzilishi va ishlashi

Maishiy xizmat tikuv mashinalari 3 xil: qo'lda, oyoqda va elektr bilan yuritiladiganlarga bo'linadi. Ayrim mashinalar, xususan, Podolsk mexanik zavodining barcha modellari, Polshaning «Родом», «Лучник» nomli tikuv mashinalari uchala xil yuritmalarda ishlashga mo'ljallangan.

8.21- rasmda Podolsk zavodining «Чайка-III» tikuv mashinasining kinematik sxemasi ko'rsatilgan. Tikuv mashinasi quyidagi qismlardan tashkil topgan: 1 — igna tutkich, 2 — tebranma ramka, 3 — kopir, 4 — barmoq, 5 — asosiy val, 6 — kulachok, 7 — koromislo, 8 — tortqi, 9, 10 — val, 11 — kulachok, 12 — rolik, 13 — ko'tarish vali, 14 — richag, 15 — koromislo, 16 — moki,



8.21- rasm.



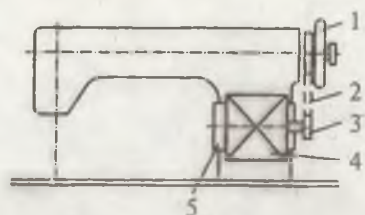
8.22- rasm.

17 – reyka, 18 – shesternya. Bunda asosiy val (o‘q) 5 dan olingan aylanma harakat krivoship, barmoq, shatun va yurgizma orqali ignaning ilgariqlama-qaytma harakatiga aylantiriladi.

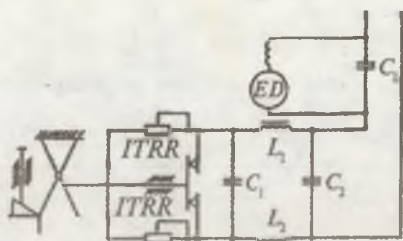
8.22- rasmda ignaning gorizontaal siljitish mexanizmining kinematik sxemasi ko‘rsatilgan.

### 8.7.3. Tikuv mashinalarining elektr yuritmasi

Bunday elektr yuritma kollektorli bir fazali asinxron motor va ishga tushirish-rostlash reostatidan tashkil topgan. Elektr motor tikuv mashinasi ichiga o‘rnatilgan yoki unga osilgan bo‘lishi



8.23- rasm.



8.24- rasm.

mumkin. 8.23- rasmda tikuv mashinasi MIII-2 elektr yuritmasining tuzilishi ko'rsatilgan. Osmo elektr motor 4, kronshteyn 5, bosh o'qqa o'rnatilgan shkiv 3, tasmali uzatma 2 orqali harakatni maxovik 1 ga uzatadi.

8.24- rasmda elektr yuritmaning ulanish sxemasi ko'rsatilgan. Bunda elektr motor (*ED*) va ishga tushirish va rostlash reostati ITRR dan tashqari kondensatorlar  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  va induktivlik g'altaklari  $L_1$ ,  $L_2$  qo'llanilgan. Ular maishiy xizmat elektr tarmog'iga tashqi xalaqitlar kirishiga to'sqinlik qilib, filtr vazifasini bajaradi. ITRR reostati karbolit korpusiga joylangan bo'lib, pedal ko'rinishida ishlangan. Reostat yordamida mashina ishga tushiriladi va ish jarayonida bosh o'qning aylanish chastotasi rostlanadi.



# ILOVALAR

## 1- ILOVA

Amaliy o'lchov birliklarini sistemasidagi ba'zi miqdorlarni xalqaro birliklar sistemasi SI ga o'tkazish

Amaliy sistemada kuchning o'lchov birligi 1 kG bo'lib, SI sistemada esa 1 nyuton (N) dir.

$$1 \text{ kG} = 9,81 \text{ N yoki } 1 \text{ N} = 0,102 \text{ kG}.$$

Moment:

$$1 \text{ kGm} = 9,81 \text{ Nm yoki } 1 \text{ Nm} = 0,102 \text{ kGm}.$$

Quvvat:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ Nm/s} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 0,102 \frac{\text{kGm}}{\text{s}},$$

$$1 \text{ kW} = 1 \text{ kNm/s} = 102 \text{ kG/s}.$$

Energiya:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 0,102 \text{ kGm},$$

$$1 \text{ kGm} = 9,81 \text{ J} = 9,81 \text{ W} \cdot \text{s},$$

$$1 \text{ W} \cdot \text{soat} = 3600 \text{ J},$$

$$1 \text{ kW} \cdot \text{soat} = 3600 \text{ kJ}.$$

Bosim:

$$1 \text{ atm} = 1 \frac{\text{kG}}{\text{sm}^2} = 9,81 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2},$$

$$1 \text{ N/m}^2 = 0,102 \text{ kG/m}^2,$$

$$1 \text{ N/m}^2 = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ atm},$$

1 atm = 1 kG/sm<sup>2</sup> = 104 kG/m<sup>2</sup> = 10 m suv ustuni 10<sup>4</sup> mm suv ustuni bo'lgani uchun 1 kG/m<sup>2</sup> = 1 mm suv ustuni 9,81 N/m<sup>2</sup> bo'ladi.

## 2- ILOVA

Asinxron motorlarda hosil bo'luvchi quvvat isrofi o'zgarmas qismining o'rtacha qiymati ( $\Delta P_{-}$ )

Magnit qutblarining soni	Motor quvvati, $P_n$ , kW gacha	Quvvat isrofining $\Delta P_n$ ga nisbatan protsenti			
		Mexanik quvvat isrofi, $\Delta P_{\text{mech}}$		Po'lat qismlardagi quvvat isrofi, $\Delta P_{\text{pl}}$	
		A, A2	AO, AO2	Haqiqiy qiymat	Hisoblashlarda tavsiya etilgan qiymat
2	10	0,9	3,4	3,1-3,9	3,5
	40			2,0-2,9	2,5
	125			1,4-2,2	1,9
4	10	0,5	0,9	3,0-5,6	4,3
	40			2,2-3,4	2,8
	100			1,4-2,2	1,8
6	10	0,44	0,6	3,0-6,0	4,5
	40			2,1-3,0	2,6
	75			1,8-2,4	2,1
	10			2,5-	4,2
8	40	0,3	0,45	2,0-3,3	2,6
	55			2,0-2,3	2,1
10	10	0,27	0,45	2,9-3,4	3,1

Bunda  $\Delta P = P_{\text{max}} + \Delta P_n$  bo'lib, quvvat isrofining o'zgaruvchan, ya'ni yuklanish tokiga bog'liq qismi  $\Delta P_{-} = \Delta P_n - \Delta P_{\text{mech}}$ ;  $\Delta P_n$  - quvvat isrofining nominal qiymati.

## II seriyali o'zgarimas tok motorlarining texnika ko'rsatkichlari

Turi		$P_n$ dagi		$n, \%$	Magnit oqim $\Phi_{\min}$ dagi $n_{\max}$ ayl/min	Og'ir- ligi, kG	$GD^2$ , kGm
		$n$ , ayl/min	$I_n$ , A				
П12	1,0	3000	11,8	77,0	3450	23	0,015
П21	1,5		18	76,0	3450	35	0,045
П22	2,2		25	80,00		41	0,055
П31	3,2		35	83,0		53	0,085
П32	4,5		48,5	84,0		62	0,105
П41	6		68,5	82,0		72	0,15
П42	8		87	83,5		88	0,18
П11	0,3	1500	4,3	63,5	3000	18	0,012
П12	0,45		5,8	70,0		23	0,015
П21	0,7		8,5	75,0		35	0,045
П22	1,0		12,0	75,0		41	0,055
П31	1,5		17,4	78,5		53	0,085
П32	2,2		24,0	83,5		62	0,105
П41	3,2		37,0	78,5	72	0,15	
П42	4,5		51,0	80,0	88	0,18	
П51	6		65,5	83,5	2250	105	0,35
П52	8,0		85,5	85,0		127	0,4
П61	11		118	84,5		163	0,56
П62	14		147	86,5		195	0,65
П71	19		207	83,5		260	1,0
П72	25		266	85,5		300	1,2
П81	32		342	85,0		340	2,8
П82	42		439	87,0		405	3,2
П11	0,13	1000	2,0	59,0	2000	18	0,012
П12	0,2		2,75	66,0		23	0,015
П21	0,3		3,8	71,5		35	0,045
П22	0,45		5,55	73,5		41	0,055
П31	0,7		8,6	74,0		53	0,085
П32	1,0		11,5	79,5		62	0,105
П41	1,5		18,2	75,0		72	0,15
П42	2,2		26,0	77,0		88	0,18
П51	3,2		37,3	78,0		105	0,35
П52	4,5		50,5	81,0		127	0,40
П61	6		66	82,5		163	0,56
П62	8		86	84,5		195	0,65
П71	11		126,5	79,0	260	1,0	
П72	14		157	81,0	300	1,2	
П81	18		210	82,5	340	2,8	
П82	25		268	85,0	305	3,2	
П91	32		347	84,0	1800	5,9	
П92	42		445	86,0	180	7,0	
П21	0,2	750	2,78	65,5	1500	35	0,045
П22	0,3		3,87	70,0		41	0,055
П31	0,45		5,62	72,5		53	0,085
П32	0,7		8,34	76,0		62	0,105
П41	1,0		12,975	70,0		72	0,15
П42	1,5		18,76	72,6		88	0,18
П51	2,2		27	74,0		105	0,35
П52	3,2		37,3	78,0		127	0,40
П61	4,2		48,9	78,0		163	0,56
П62	5,7		64,3	80,5		195	0,65
П71	8		96	75,5		260	1,0
П72	11		123	81,0		300	1,2
П81	14		160	79,5		340	2,8
П82	19		204	85,0		405	3,2
П91	25		264	82,5		560	5,9
П92	32		333	85,0		660	7,0
П101	42		446	85,5		830	10,3

A2 tipidagi qisqa tutashirilgan rotorli asinxron motorlarning  
asosiy texnika ko'rsatkichlari

Turi	Valdagi nominal quvvat, kW	Nominal yuklamada			$I_n, A$	$I_{\text{inh}}$	$M_{\text{inh}}$	$M_{\text{max}}$	Og'irligi, kg
		aylanish chastotasi, ayl/min	$\eta, \%$	$\cos\varphi$		$I_n$	$M_n$	$M_n$	
A2 61-2	17	2910	87,7	0,91	32,4	5,3	1,5	2,4	125
A2 62-2	22	2920	89,6	0,92	40,5	5,9	1,7	2,6	143
A2 71-2	30	2930	90,3	0,91	55,5	5,8	1,2	2,7	166
A2 72-2	45	2930	90,9	0,9	74,1	5,9	1,2	2,7	198
A2 81-2	53	2935	91,6	0,91	100	5,5	1,1	2,4	292
A2 82-2	75	2935	92	0,91	136	6,2	1,05	2,4	339
A2 91-2	100	2960	93,6	0,92	176	6,4	1	2,9	463
A2 92-2	125	2965	94,2	0,93	217	7,4	1,2	3,3	521
A2 61-4	13	1460	89,6	0,88	25	5,7	1,2	2,7	125
A2 62-4	17	1465	90,4	0,87	32,7	6	1,3	2,7	143
A2 71-4	22	1460	89,9	0,86	43,1	5,1	1,2	2,5	166
A2 72-4	30	1470	91,4	0,88	56,6	5,9	1,2	2,8	198
A2 71-4	40	1475	92,2	0,9	73,1	5,9	1,1	2,7	292
A2 82-4	55	1480	93	0,9	100	6,9	1,3	3,1	339
A2 91-4	75	1480	93,4	0,91	136	6,3	1,2	2,8	463
A2 92-4	100	1480	94	0,91	175	6,3	1,2	2,8	521
A2 61-6	10	970	87,6	0,87	19,8	5,2	1,3	2,5	125
A2 62-6	13	975	89,2	0,87	25,4	5,8	1,5	2,8	143
A2 71-6	17	975	89,3	0,88	32,6	5,4	1,2	2,5	166
A2 72-6	22	980	90,3	0,88	41,8	5,6	1,2	2,6	198
A2 81-6	30	970	89,8	0,91	55,6	5	1,1	2,2	292
A2 82-6	40	975	90,9	0,91	72,9	5,4	1,2	2,4	339
A2 91-6	55	980	91,6	0,92	99	5,5	1,1	2,4	463
A2 92-6	75	985	93	0,91	135	6,9	1,4	3,1	521
A2 61-8	7,5	720	85,8	0,82	16,2	4,3	1,2	2,2	125
A2 62-8	10	730	87,6	0,82	21,2	4,6	1,2	2,3	143
A2 71-8	13	730	88,1	0,81	27,7	4,8	1,2	2,4	166
A2 72-8	17	720	88,9	0,83	35,1	4,7	1,1	2,3	198
A2 81-8	22	730	89,6	0,87	42,9	5	1,2	2,3	292
A2 82-8	30	735	99,4	0,86	58,2	5,4	1,3	2,5	339
A2 91-8	40	735	91,2	0,87	76,4	5,3	1,1	2,4	463
A2 92-8	55	535	91,9	0,88	103	5,4	1,1	2,5	521
A2 81-10	17	530	87,8	0,78	37,8	3,6	1,1	1,8	292
A2 82-10	22	580	89,3	0,78	48,1	3,8	1,1	1,9	339
A2 91-10	30	585	90,4	0,78	64,2	4,5	1,1	2,2	462
A2 92-10	40	585	90,8	0,78	85,3	4,5	1,1	2,2	521

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. S. Majidov. Elektr mashinalari va elektr yuritma. «O'qituvchi», 1970- y., (2- nashri 1979- y., 3- nashri 2002- y.).
2. M. Z. Homidxonov, S. Majidov. Elektr yuritma va uni boshqarish asoslari. «O'qituvchi», 1970- y.
3. S. Majidov. Elektr mashinalari va elektr yuritma atamalarining o'zbekcha-ruscha izohli lug'ati. «Fan», 1971- y.
4. S. Majidov. Elektr mashinalari va elektr yuritmadan praktikum. «O'qituvchi», 1975- y.
5. S. Majidov. Elektrotexnika. «O'qituvchi», 2000- y (3- nashri).
6. S. Majidov, A. Vohidov, R. G'oziyeva, Y. Shoyimov. Elektromexanik uskunalar va ularni avtomatlash asoslari. «O'qituvchi», 2002- y.
7. S. Majidov. Elektr yuritma va elektr mashina atamalarining izohli lug'ati. «Fan», 1971- y.
8. S. Majidov. Elektrotexnika atamalarining ruscha-o'zbekcha lug'ati. «O'qituvchi», 1992- y.
9. A. A. Azimov, S. Majidov. Avtomatik boshqarishga oid atamalarning ruscha-o'zbekcha lug'ati. O'zbekiston fan va texnika qo'mitasi nashriyoti, 1996- y.
10. Хамудханов М.З., Усмонов С.З., Усманходжаев Н.М., Хусанов М.Д. Частотное регулирование скорости электроприводов переменного тока. «Фан»: 1996 г.
11. G. R. Rahimov. Elektrotexnika. «O'qituvchi», 1966- y.
12. Эфендизаде А.А. Электрик интигалларынын автоматик идарэ едилмаси». Баку, 1964 й.
13. Андреев В. П., Сабинин Ю. А. Основы электропривода. Госэнергоиздат, 1963 г.
14. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода. «Энергия», 1965 г.
15. Назаров Г. И., Олейник Н. П. и др. Основы электропривода и применение электрической энергии в сельском хозяйстве. «Колос», 1965 г.
16. Вешеневский С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе. «Энергия», 1966 г.
17. Сиротин А. А. Автоматическое управление электроприводами. «Госэнергоиздат», 1959 г.
18. Соколова Е. М. Электрическое и электромеханическое оборудование. «Мастерство», 2001 г.
19. A. A. Efendizade, S. Majidov va b. Avtomatik boshqarishga oid atamalarning 6- tilli (ruscha-inglizcha, azarbayjoncha, turkmancha, qirg'izcha-o'zbekcha) lug'ati. Baku, 1978- y.
20. A. S. Karimov va b. Elektrotexnika va elektronika asoslari. «O'qituvchi», 1955- y.

# MUNDARIJA

Kirish .....	3
--------------	---

## **BIRINCHI QISM. ELEKTR YURITMA ASOSLARI**

### **I BOB. ELEKTR YURITMANING UMUMIY TAVSIFI**

1.1. Elektr yuritma ta'rifi, turlari va rivojlanishining qisqacha tarixi .....	5
1.2. Elektr yuritmalarda qo'llaniladigan motor turlari .....	6

### **II BOB. ELEKTR MOTORLARINING MEXANIK TAVSIFLARI**

2.1. Umumiy tushunchalar .....	10
2.2. O'zgarmas tok motorlarining mexanik tavsiflari .....	12
2.3. Parallel qo'zg'atishli motorning mexanik tavsifi .....	14
2.4. Mexanik tavsiflarni qurishda nisbiy birliklardan foydalanish .....	17
2.5. Parallel qo'zg'atishli motorning ishga tushirish rejimidagi mexanik tavsifi .....	18
2.6. Parallel qo'zg'atishli motorning ishga tushiruvchi reostati qarshiligini hisoblash .....	21
2.7. Parallel qo'zg'atishli motorning tormoz rejimidagi mexanik tavsiflari .....	22
2.8. Ketma-ket qo'zg'atishli motorlarning mexanik tavsiflari .....	30
2.9. Ketma-ket qo'zg'atishli motorni ishga tushirish .....	33
2.10. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning tormoz rejimida ishlashi .....	38
2.11. Aralash qo'zg'atishli motorning tavsifi .....	39
2.12. Asinxron motorning mexanik tavsifi. Umumiy tushunchalar .....	40
2.13. Mexanik tavsifni qurish .....	45
2.14. Asinxron motorni ishga tushirish .....	48
2.15. Faza rotorli asinxron motorning ishga tushirish rejimidagi mexanik tavsiflari .....	48
2.16. Faza rotorli asinxron motorning ishga tushiruvchi reostati qarshiligini hisoblash .....	51
2.17. Reaktor bilan ishga tushiriladigan faza rotorli asinxron motorning mexanik tavsifi .....	52
2.18. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorni ishga tushirish usullari .....	54
2.19. Tormoz rejimida ishlayotgan asinxron motorning mexanik tavsifi .....	61
2.20. Bir fazali asinxron motorning mexanik tavsifi .....	64
2.21. Bir fazali motorlarni ishga tushirish .....	65
2.22. Uch fazali asinxron motorni bir fazali elektr tarmog'iga ulab ishga tushirish ..	67
2.23. Sinxron motorning mexanik va burchak tavsiflari .....	68
2.24. Sinxron motorni ishga tushirish tavsifi .....	73
2.25. Sinxron motorning tormozlashdagi tavsifi .....	75

### **III BOB. ELEKTR YURITMALARNING AYLANISH TEZLIGINI ROSTLASH**

3.1. Umumiy tushunchalar .....	77
3.2. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining tezligini rostdash usullari .....	79
3.3. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorlarining tezligini rostdash usullari .....	83
3.4. Yakonga beriladigan kuchlanishni silliq o'zgartirish bilan mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori tezligini rostdash .....	85
3.5. Uchta qo'zg'atish chulg'amiga ega bo'lgan generatordan iborat generator—motor sistemasi .....	90
3.6. Teskari bog'lanishli generator—motor sistemasi .....	91
3.7. Kechiktirilgan teskari bo'g'lanishga ega bo'lgan generator—motor sistemalari ..	93

3.8. Elektr mashina kuchaytirgichlari va ularning elektr yuritma sistemalarida qo'llanishi .....	94
3.9. Ventillar, ventil va magnit kuchaytirgichlar, o'zgartgichlar va ularning o'zgarmas tok elektr yuritmalarida qo'llanishi .....	105
3.10. O'zgaruvchan tok motorlari tezligini roslash usullari .....	130

#### **IV BOB. ELEKTR YURITMALARNING O'TKINCHI REJIMLARI**

4.1. Umumiy tushunchalar .....	151
4.2. Elektr yuritma dinamikasi .....	152
4.3. Qarshilik (yuklanish) momenti va siltash momentlarini motor validagi tezlikka keltirish .....	155
4.4. Ilgarilama harakatni motor validagi aylanma harakatga keltirish .....	156
4.5. Ish mexanizmlarining mexanik tavsiflari .....	158
4.6. Elektr yuritmaning turg'unligi .....	159
4.7. O'tkinchi jarayon vaqtini hisoblash usullari .....	160
4.8. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorini ishga tushirish jarayonidagi mexanik o'tkinchi rejim .....	166
4.9. Mustaqil qo'zg'atishli motorning o'tkinchi rejimlari energetikasi .....	172
4.10. Asinxon motorlarning o'tkinchi rejimlari .....	173
4.11. Elektr yuritmaning o'tkinchi rejimlaridagi quvvat isrofini kamaytirish yo'llari .....	175
4.12. Elektr yuritmaning o'tkinchi jarayonlarini modellash yo'li bilan aniqlash ....	176

#### **V BOB. ELEKTR YURITMALAR TANLASH**

5.1. Umumiy tushunchalar .....	186
5.2. Elektr yuritmaning ish rejimlari .....	188
5.3. Motoring uzoq muddatli o'zgarmas yuklama bilan ishlash rejimidagi qizish va sovish jarayonlari .....	189
5.4. Uzoq muddatli o'zgarmas yuklamada motor quvvatini aniqlash .....	192
5.5. Uzoq muddatli o'zgaruvchan yuklamada motor quvvatini aniqlash .....	195
5.6. Qisqa muddatli ish rejimida motor quvvatini aniqlash .....	199
5.7. Takrorlanuvchi qisqa muddatli ish rejimi uchun motor quvvatini aniqlash ....	201
5.8. Tokning turi, kuchlanish miqdori, aylanish tezligi va konstruksiyalariga binoan motor tanlash .....	204
5.9. Motoring quvvat koeffitsienti. Quvvat koeffitsientini oshirish yo'llari .....	209

#### **IKKINCHI QISM. ELEKTR YURITMANI BOSHQARISH APPARATLARI VA AVTOMATIK BOSHQARISH SXEMALARI**

##### **VI BOB. ELEKTR YURITMANI BOSHQARISH APPARATLARI**

6.1. Dastaki boshqarish apparatlari .....	214
6.2. Rele-kontaktorli boshqarish apparatlari .....	217
6.3. Himoya apparatlari .....	226
6.4. Yuqori kuchlanish zanjirida ishlatiladigan ba'zi apparatlar haqida qisqacha ma'lumot .....	229
6.5. Texnologik datchiklar. Avtomatikada ishlatiladigan ba'zi tuzilmalar .....	231

##### **VII BOB. ELEKTR YURITMALARNING AVTOMATIK BOSHQARISH APPARATLARI**

7.1. Umumiy tushunchalar .....	238
7.2. Avtomatik boshqarish sxemalarining tuzilishi .....	238

7.3. Ochiq sistemali avtomatik boshqarish sxemalari .....	240
7.4. Elektr yuritmaning avtomatik boshqarish sxemalarida qo'llaniladigan blokirovka bog'lanishlari .....	243
7.5. Elektr yuritmani avtomatik ishga tushirish usullari .....	245
7.6. Elektr yuritmani avtomatik tormozlab to'xtatish usullari .....	248
7.7. O'zgaruvchan tok motorining boshqarish zanjiriga tok turini tanlash .....	250
7.8. Elektr yuritma bilan texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish usullari .....	251
7.9. Stanoklarning avtomatik liniyalari .....	254
7.10. Berk sistemali avtomatik boshqarish sxemalari .....	255
7.11. Teskari bog'lanish zanjirlari .....	257
7.12. Elektr mashina kuchaytirgichli generator—motor elektr yuritma sistemasi .....	260
7.13. Magnit kuchaytirgichli elektr yuritma sistemalari .....	263
7.14. Ion va yarim o'tkazgichli elektr yuritma sistemalari .....	264
7.15. Taqlidchi elektr yuritma sistemalari .....	269
7.16. Dastur bilan boshqariladigan elektr yuritmalar .....	272
7.17. Sirpanuvchi muftali elektr yuritma sistemalari .....	279
7.18. Kibernetika va hisoblash texnikasidan ba'zi tushunchalar .....	280
7.19. Kontaktsiz datchiklar va mantiqiy (logik) elementlar .....	283

## VIII BOB. MAISHIY XIZMAT MEXANIZMLARINING ELEKTR USKUNASI

8.1. Umumiy ma'lumotlar .....	289
8.2. Oshxona elektr uskunalari .....	290
8.2.1. Kollektorli universal motorlarni rostdash sxemalari .....	290
8.2.2. Mikserlar va mikser-ko'pirtirgichlar elektr yuritmasi .....	292
8.2.3. Kofe yanchgich elektr yuritmasi .....	293
8.2.4. G o'sht qiymalagich elektr yuritmasi .....	293
8.2.5. Oshxona universal mashinalarining elektr yuritmasi .....	294
8.3. Xonalarni tozalash va ta'mirlash elektr mashinalari .....	294
8.3.1. Changyutkichlar .....	294
8.4. Kir yuvish mashinalarining elektr uskunasi .....	296
8.4.1. Aktivator va baraban turidagi mashinalarda kir yuvish texnologik jarayoni .....	296
8.4.2. Baraban turidagi kir yuvish mashinalarining elektr sxemasi .....	296
8.4.3. «Мини» kir yuvish mashinalari .....	298
8.4.4. Avtomatik kir yuvish mashinalari .....	299
8.5. Maishiy xizmat sovitkichlari .....	301
8.5.1. Sovitkichlar va ularning tasnifi .....	301
8.5.2. Kompresion sovitkichning ishlash prinsipi .....	302
8.5.3. Avtomatika asboblari .....	304
8.6. Shaxsiy elektr asboblari .....	305
8.6.1. Elektr ustara .....	305
8.6.2. Ventilatorlar .....	307
8.6.3. Fenlar .....	307
8.6.4. Uqalash elektr asboblari .....	308
8.7. Elektrlashtirilgan asbob va dastgohlar .....	308
8.7.1. Umumiy ma'lumotlar .....	308
8.7.2. Tikuv mashinalarining tuzilishi va ishlashi .....	310
8.7.3. Tikuv mashinalarining elektr yuritmasi .....	311
<b>Ilovalar</b> .....	<b>313</b>
<b>Foydalanilgan adabiyotlar</b> .....	<b>316</b>

**Majidov S.**

**Elektr yuritma va uni avtomatik boshqarish asoslari:**  
Kasb-hunar kollejlari uchun darslik. 2- nashri, qayta  
ishlangan va to'ldirilgan. – T.: «O'qituvchi», 2003. –  
320 b.

BBK 31.261.51–05ya722

**Sapi Majidov**

**Elektr yuritma va uni avtomatik  
boshqarish asoslari**

*Oliy o'quv yurtlari va kasb-hunar kollejlari  
uchun darslik*

*Toshkent «O'qituvchi», «Ziyo-Noshir» KShK, 2003*

Muharrir *F.Oripova*

Musahhih *A.Ibrohimov*

Rasmlar muharriri *F.Nekqadamboyev*

Kompyuterda sahifalovchi *Sh.Rahimqoriyev*

IB № 8256

Original-maketdan bosishga ruxsat etildi 3.11.2003. Bichimi 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Kegli 11, shponli. TimesTAD garn. Ofset bosma usulida bosildi. Shartli b.t. 20,0. Nashr. t. 20,0. 500 nusxada bosildi. Buyurtma № 206.

«O'qituchi» nashriyoti, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30. Shartnoma №01–2003.