

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM  
VAZIRLIGI

BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

Qo‘lyozma huquqida

UDK 621.303

G`afurov Mirzohid Orifovich

TEZLIGI ROSTLANADIGAN ELEKTR YURITMALARNING DINAMIK  
JARAYONLARINI “MATLAB” DASTURIDA TAHLIL QILISH.

**5A 310704** -”Elektrotexnik majmualar va tizimlar” (tarmoqlar bo‘yicha)

Magistr akademik darajasini olish uchun yozilgan dissertatsiya

Ilmiy rahbar:

t.f.d. Sadullaev N.N.

BUXORO -2018 y.

## Mundarija

Kirish.....	6
I bob. Elektr yuritmalarning ishga tushurish jarayonining tahlili.....	11
1.1 O`zgarmas tok motorli elektr yuritmalarni ishga tushurish.....	15
1.2. Asinxron motorli elektr yuritmalarni ishga tushurish.....	19
1.3. Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarni ishga tushurish jarayonining “Matlab” dasturidagi modeli.....	24
II - BOB. Elektr yuritmalarning tezligini rostlash jarayonining tahlili.....	32
2.1. O`zgarmas tok motorli elektr yuritmalarning tezligini rostlash.....	32
2.2. Asinxron motorli elektr yuritmalarning tezligini rostlash.....	37
2.3. Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarni tezligini rostlash jarayonining “Matlab” dasturidagi modeli.....	53
III - BOB. Elektr yuritmalarning tormozlash jarayonining tahlili.....	56
3.1. O`zgarmas tok motorli elektr yuritmalarni tormozlash.....	56
3.2. Asinxron motorli elektr yuritmalarni tormozlash.....	57
3.3 Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarni tormozlash jarayonining “Matlab” dasturidagi modeli.....	62
3.4. Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarning dinamik jarayonlarini xavfsiz o`tish uchun ishlab chiqilgan chora tadbirlar.....	66
IV bob. Sanoatda qo`llaniladigan boshqariladigan elektr yuritmalarni ish samaradorligi ko`rsatkichlari tahlili.....	67
4.1. Tezligi boshqariladigan elektr yuritmalarda tashkil etuvchi isroflarni kamaytirish usullari tahlili.....	71
XULOSA.....	80
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	82

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIIY VA O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI**

**BUXORO MUHANDISLIK – TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

Bo`lim Magistratura

Magistratura talabasi G`afurov Mirzohid Orifovich

Kafedra Elektroenergetika

Ilmiy rahbar t.f.d. N. N. Sadullayev

O`quv yili 2017/18

Mutaxassisligi 5A 310704- Elektr texnik majmualar  
va tizimlar

**ANNOTATSIYA**

Ushbu magistrlik dissertatsiya ishi tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarning dinamik jarayonlarini “Matlab” dasturida tahlil qilish tadqiqotiga bag`ishlangan.

Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarning dinamik jarayonlarini “Matlab” dasturida tahlil qilish orqali har bir usulning o`ziga xos xususiyatlari o`rganilib, jarayonlarni boshqarishda qo`llashning afzalliklari, ko`rsatib o`tilgan.

“Matlab” dasturida tahlil qilish orqali elektr yuritmalarning dinamik jarayonlari o`rganilib, o`tkinchi jarayonning silliq o`tishi va tezlikni rostlashning elektr yuritmalarida energiya tejankor texnologiyalarni qo`llash orqali yuqori samaradorlikni ta`minlash maqsadida fan-texnika rivojining so`nggi yutuqlari bo`lmish eng yaxshi energetik ko`rsatkichlarga ega bo`lgan elektrotexnik majmualarni qo`llashning afzallik tomonlarini yoritib berilgan.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

Отделение: магистратура

Студент магистратуры Гафуров Мирзохид

Кафедра: Электроэнергетика

Научный руководитель: д.т.н.Садуллаев Н.Н.

Учебный год 2017/18

Специальность: 5А 310704- Электротехнические  
комплексы и системы

**АННОТАЦИЯ**

Работа в данной магистерской диссертации посвящена исследованию динамического процесса аранжированного электрического скоростного сбоя в программном анализе " Матлаб ".

Скорость динамического процесса аранжированного электрического сбоя ” Матлаб " особенности каждого метода в программе изучаются путем анализа, показаны преимущества использования в управлении процессами.

“Матлаб” в программе исследования динамических процессов на основе анализа применения электрической неудачу и не сможем регулировать скорость переходного процесса мощность беспрепятственного прохода через применение энергоэффективных технологий в науке и последних достижений технического прогресса для того, чтобы обеспечить высокую производительность для лучших показателей, который в состоянии энергетического комплекса с учетом преимущества использования покрытия электротехнической части.

**THE MINISTRY OF THE HIGHER AND AVERAGE VOCATIONAL  
EDUCATION THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

**BUKHARA INSTITUTE OF ENGINEERING – TECHNOLOGY**

Department Master

The student of the magistracy Gafurov M. O.

Chair Elektroenergy

The supervisor of studies Phd Sadullayev N.N.

Academic year 2017/18

Speciality 5A310704-Elektrotechnical complex  
and systems

**THE SUMMARY**

The work in this master's thesis is devoted to the study of the dynamic process of guaranteed electric speed failure in the software analysis "Matlab".

The speed of the dynamic process of guaranteed electric failure" Matlab " the features of each method in the program are studied by analysis, the advantages of using in process control are shown.

"Matlab" in the program of studies of dynamic processes based on the analysis of the use of electrical failure and will not be able to adjust the speed of the transition process, the power of unimpeded passage through the use of energy efficient technologies in science and the latest achievements of technological progress in order to ensure high performance for the best results, able energy complex taking into account the advantages of using the coverage of the electrical part.

## KIRISH

Sanoat elektr yuritmalari rivojlanishining zamonaviy bosqichi o'zgaruvchan elektr yuritmalarni qo'llanish sohasining sezilarli darajada kengayganligi bilan xarakterlanadi. Ayniqsa bu jarayon, rostlash xususiyati bir muncha yaxshiroq bo'lgan mustaqil qo'zg'atishli o'zgaruvchan tok dvigatelli elektr yuritmalari qo'llanilgan sanoat korxonalarida (masalan, metallarga qayta ishlov beruvchi korxonalar, qog'oz sanoati va h.k.), shunindan texnologik parametrlar elektr yuritma vositalari bilan rostlanmaydigan sohalarda (masalan, nasos stantsiyalari va havo ventilyatorlarida) yaqqollar namoyon bo'la boshladi.

Asinxron dvigatel yaratilishining asosiy omili aylanuvchan magnit maydon hodisasining ochilishi hisoblanadi. Bu hodisa bir vaqtning o'zida va bir-biridan mustaqil ravishda ikki olim G. Ferraris (Italiya) va N. Tesla (AQSH) tomonidan kash qilingan va 1888 yilda chop etilgan. SHu vaqtning o'zida rus elektrotexnigi M.O. Dolivo-Dolbrovskiy tomondan uch fazali asinxron dvigatel konstruksiyasi ishlab chiqildi va 1889 yilda ushbu olim tomonidan rotor cho'lg'amining shakli olmag'on g'ildiragini eslatuvchi qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor ishlab chiqildi. Zamonaviy asinxron dvigatelning konstruksiyasi o'sha paytdayoq ishlab chiqilgan bo'lib shu kungacha saqlanib qolgan va u hozirda eng arzon va uzoq muddat ishlash qobiliyatiga ega bo'lgan elektr motorlardan biri bo'lib hisoblanadi.

Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatel eng keng tarqalgan elektr motorlardan hisoblanadi. Bu undagi kontakt xalqalarning va cho'tkalarining mavjud bo'lmasligi bilan bog'liq ravishda konstruksiyasining soddaligi va yuqori ishonchligi bilan tushuntiriladi. Asinxron dvigatel tezligini rostlash usuli nazariy jihatdan ma'lum bo'lsada, u uzoq muddat asosan rostlanmaydigan elektr eritmalar uchun qo'llanilib kelindi. Bir vaqtning o'zida rostlanadigan o'zgaruvchan elektr yuritmalari yaratish borasida amaliy ishlar olib borildi. Asinxron dvigatelni rostlashning ma'lum bo'lgan barcha usullari ichida (stator cho'lg'amidagi kuchlanish o'zgarishini rostlash, juft qutblar sonini o'zgartirish, faza rotorli dvigatellar uchun rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik yoki qo'shimcha eYUK ulash) faqatgina statoridagi kuchlanish chastotasining o'zgartirish bilan bog'liq bo'lgan rostlanadigan elektr yuritmalari tezlikni keng diapazonda rostlash va uni yuqori aniqlikda ta'minlash talab qiladigan qurilmalarda qo'llanilib kelgan mustaqil qo'zg'atishni o'zgaruvchan tok dvigatelli elektr yuritmalari uchun raqobatbardosh bo'lib qoldi. Asinxron dvigatelning statorida elektrik fazoda bir-biridan  $120^{\circ}$  el.grad.ga siljigan uch fazali stator cho'lg'ami joylashgan bo'ladi. Agar dvigatel faza rotorli bo'lsa rotorda ham uch fazali cho'lg'am, agar dvigatel qisqa tutashtirilgan rotorli bo'lsa rotorda olmaxon g'ildiragi shaklini eslatuvchi cho'lg'am mavjud bo'ladi.

Stator cho'lg'ami uch fazali simmetrik sinusoidal kuchlanish bilan ta'minot oladi

$$\begin{aligned}u_{1A} &= U_{1max} \sin \omega_{0el}t; \\u_{1B} &= U_{1max} \sin(\omega_{0el}t - 2\pi/3); \\u_{1C} &= U_{1max} \sin(\omega_{0el}t - 4\pi/3,\end{aligned}$$

bu yera  $U_{1max}$ -stator ta'minot kuchlanishining amplituda qiymati;  $\omega_{0el}$ - stator ta'minot kuchlanishining burchak chastotasi;  $t$ - vaqt.

Ta'minot kuchlanishining burchak chastotasi

$$\omega_{0el} = 2\pi f$$

bu yerda  $f$ - stator ta'minot kuchlanishining chastotasi, Gts.

$u_{1A}, u_{1B}, u_{1C}$  faza kuchlanishlar vaqt bo'yicha bir-biridan  $2\pi/3$  rad.ga, ya'ni  $120^\circ$  ga siljigan bo'ladi. Cho'lg'amlarning fazoviy joylashuvi va kuchlanishlarning vaqt bo'yicha siljishlarining mos tushishi motorning magnit tizimida aylanuvchan magnit maydonning shakllanishiga olib keladi.

Agar stator cho'lg'amidagi juft qutblar soni birga teng bo'lsa ( $p_n = 1$ ), unda fizik va elektrik fazo bir-biri bilan mos tushadi va cho'lg'amlar fizik fazoda ham, elektrik fazoda ham bir-biridan  $120^\circ$  ga siljigan bo'ladi. Bu holatda ta'minot kuchlanishining bir davriga teng vaqt mobaynida, magnit induksiyaning maksimumi motor o'qiga perpendukulyar bo'lgan tyokislik bo'yicha bir marta to'liq aylanib chiqadi,  $2\pi$  rad.ga buriladi. Bunda fizik fazoda aylanayotgan maydonning burchak tezligi ta'minot kuchlanishining aylanma chastotasi  $\omega_{0el}$  ga teng bo'ladi. Agar juft qutblar soni birdan katta bo'lsa, unda faza cho'lg'amlari elektrik fazoda bir-biriga nisbatan  $2\pi/3$  el.rad.ga, fizik fazoda esa  $2\pi/3 p_n$  rad.ga siljigan bo'ladi. Bu shuni anglatadiki, masalan,  $p_n = 2$  bo'lganda ta'minot kuchlanishining bir davri mobaynida elektrik fazoda  $2\pi$  el.rad.ga burilgan maydon fizik fazoda faqatgina  $\pi$  rad.ga buriladi, ya'ni yarim aylanaga. Maydon tezligi elektrik fazoda  $\omega_{0el} = 2\pi f$  ga teng bo'lgan holatda fizik fazoda ikki marta kam qiymatga ega bo'ladi. Umuman olganda bu tezliklar orasidagi munosabat quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\omega_0 = \omega_{0el}/p_n = 2\pi f/p_n.$$

Stator magnit maydoning kuch chiziqlari rotor faza cho'lg'aming o'ramlari bilan yoki rotor olmog'on g'ildiragining o'zaklari bilan ta'sirlashib, una eYUKni hosil qiladi. Ushbu eYUK ta'siri natijasida rotor cho'lg'amida tok oqib o'tadi va bu tokning stator maydoni bilan o'zaro ta'sirlashish oqibatida (aylanuvchan) elektromagnit moment hosil bo'ladi. Ravshanki, rotor EYUKihanda rotor cho'lg'amidagi tok nolga teng emas, va mos ravishda elektromagnit moment ham noldan farq qiladi faqatgina qachonki statorning maydon tezligi bilan rotor maydonining tezligi teng bo'lmagan holda, ya'ni rotor

va maydon asinxron ravishda aylanganda. Rotor EYUKi  $\omega_p$  chastotasiquyidagi formuladan topiladi:

$$\omega_p = \omega_{0el} - p_n \omega$$

bu erda  $\omega$ - dvigatelning fizik fazodagi burchak tezligi;  $p_n \omega$ - rotorning burchak tezligi, el.rad.

Odatda stator va rotor cho`lg`amlari o`ramlarining soni turlicha bo`ladi. Bu esa ularda kechayotgan jarayonlarni bir vaqtning o`zida qarab chiqish imkoniyani qiyinlashtiradi. SHuning uchun hisoblashlarni amalga oshirish chog`ida rotor cho`lg`ami stator cho`lg`amiga shunday “yaqinlashtiriladi”ki, ularning o`ramlari soni teng bo`lsin va bu stator cho`lg`amining ish rejimiga ta`sir ko`rsatmasin. Buning uchun amalga oshirilgan yaqinlashtirish oqibatida stator va rotor cho`lg`amlarini bog`lovchi magnitlovchi kuch va asosiy magnit oqimi o`zgaras saqlanishi kerak, ya`ni quyidagi tenglik bajarilishi zarur

$$i_2' w_2' = i_2' w_1 = i_2 w_2,$$

bu erda  $i_2$ - rotorcho`lg`amida tok;  $w_1$  va  $w_2$ - mos ravishda stator va rotor faza cho`lg`am o`ramlarining soni (shtrix bilan  $k_T = w_1/w_2$  transformatsiya koeffitsienti orqali statorga yaqinlashtirilgan rotor kattaliklari).

Agar rotorning aktiv va induktiv qarshiliklarini qiymatlarini  $R_{2p}$  va  $L_{2p}$  deb belgilasak, unda ularning statorga yaqinlashtirilgan qiymatlari  $R_2 = k_T^2 R_{2p}$  va  $L_2 = k_T^2 L_{2p}$  kabi aniqlanadi. Rotor cho`lg`amidagi kuchlanish va tokning yaqinlashtirilgan absolyut qiymatlari quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$|U_2| = k_T |U_{2p}|; \quad |I_2| = k^{-1} |I_{2p}|.$$

Ma`lumotnomalarda asinxron dvigatelning rotori uchun keltirilgan parametrlar asosan statorga yaqinlashtirilganlari beriladi. Qisqa tutashtirilgan rotorli dvigatellar uchun statorga yaqinlashtirilgan faza rotorli dvigatelga ekvivalent bo`lgan kattaliklar keltirilgan bo`ladi. SHuning uchun bundan keyingi bayonlarimizda statorga yaqinlashtirilgan dvigatel parametrlarini varotorning statorga yaqinlashtirilgan kattaliklarini shtrix bilan belgilashni qabul qilmaymiz. Ma`lumotnomalarda kuchlanish va tokning effektiv (ta`sir etuvchi) qiymatlari keltiriladi. Lyokin hozirgi kunda o`zgaruvchan tok motorlarida kechadigan elektromagnit jarayonlarni matematik ifodalash uchun kuchlanish, tok va oqim ilashuvlarining fazoviy vektorlaridan keng foydalanilmoqda. Ushbu fazoviy vektorlarning modullari mos kattalalarning amplituda qiymatlariga teng bo`ladi. Ma`lumki, sinusoidal kattaliklarning amplituda va effektiv qiymatlari o`zaro  $\sqrt{2}$  koeffitsient orqali bog`langan bo`ladi. SHuning uchun fazoviy vektotrlarni modullarini  $|\tilde{U}|, |\tilde{I}|, |\tilde{\Psi}|$  kabi belgilab  $|\tilde{U}| = \sqrt{2}U; |\tilde{I}| = \sqrt{2}I; |\tilde{\Psi}| = \sqrt{2}\Psi$ , kabi yozishimiz mumkin, bu erda  $U, I, \Psi$ - kattaliklarning ta`sir etuvchi qiymatlari.



Stator cho'lg'amlari yulduz (Y) yoki uchburchak ( $\Delta$ ) shaklida ulanishi mumkin. Asinxron dvigatelning pasport parametrlarida odatda stator kuchlanish va tokining nominal qiymatlari keltirilgan bo'ladi, masalan:  $U_{nY}/U_{n\Delta} = 380/220 B$ ;  $I_{nY}/I_{n\Delta} = 1,2/2,078 A$ .

**Mavzuning dolzarbligi.** Bugungi kunda o'zgaruvchan tok dvigatelli elektr yuritmalarning eng ko'p tarqalgan turlari o'z tarkibida o'zgarimas tok zvenoli chastota o'zgartirgich va keng impuls modullyatsiyali inverter asosidagi o'zgartirgichlarni oladi. O'zgartirgichda tashqi interfeysli va mikroprotsessor boshqaruvli elektr eritmani boshqarish tizimi o'rnatilgan bo'lib, u foydalanuvchiga elektr yuritmani sanoat korxonalarining turli xil sohalari ishlatishning maksimum imkoniyatini beradi.

O'zgarimas tok zvenoli o'zgartirgichlarda o'zgaruvchan chiqish kuchlanishi avtonom inverter yordamida o'zgarimas tokdan shakllanadi. Odatda ta'minot manbai sifatida o'zgaruvchan tok tarmog'i hisoblanganligi uchun chastota o'zgartirgich tarkibida boshqariluvchi yoki boshqarilmaydigan to'g'rilagichlar kiradi. Bunday o'zgartirgichlar chiqish chastotasining maksimal qiymatiga chelov qo'ymaydi. O'zgarimas zvenoli chastota o'zgartirgich ikkiga: avtonom tok inverteri va avtonom kuchlanish inverteriga bo'linadi. Hozirgi kunda avtonom kuchlanish inverterli o'zgartirgichlar nisbatan eng miqyosda qo'llanilmoqda.

**Ishning maqsadi:** Sanoat korxonalari va ishlab chiqarishda qo'llaniladigan elektr yuritmalardagi dinamik jarayonlarni "Matlab" dasturi orqali tahlil qilish va vujudga kelishi mumkin bo'lgan elektrotexnik nosozliklarning oldini olish uchun o'tkinchi jarayonlarni hisoblash va xavfli holatlarni bartaraf etish chora – tadbirlarini ishlab chiqish.

**Ishning amaliy ahamiyati:** Elektr yuritmalarni ishga tushurish va tormozlash jarayonini modellar orqali tadqiq qilganda ularni boshqarish uchun imkon yaratish bilan birga, o'tkinchi jarayonlarning silliq o'tishiga xizmat qiladi. Pirovardida, ishlab chiqarilgan mahsulot sifatini oshirish va qurilmalarga texnik ta'mir ko'rsatish oralig'ini uzaytirish kabi amaliy ahamiyatini namoyon qiladi.

**Tadqiqot usullari.** Tadqiqotlar jarayonida analitik va tajriba usullari: kuchlanish avtonom inverteri va tok avtonom inverteri tadqiqoti, graf modellari, boshqarish nazariyasi, o'lchov o'zgartirgichlari nazariyasi, modellashtirish,

ehtimolliklar, xatoliklarni tadqiq etish va ishonchlilikni hisoblash usullari qoʻllanilgan.

**Dissertatsiya tadqiqotining ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

- avtonom kuchlanish inverterli va boshqariluvchan toʻgʻrilagichli chastota oʻzgartirgichlarning matematik ifodalanishi ishlab chiqildi;
- kuchlanish avtonom inverteri va keng-impulsi modulyatsiyali chastota oʻzgartirgichning matematik ifodalanishi ishlab chiqildi;
- kuchlanish avtonom inverterli va keng-impulsi modulyatsiya vektorli chastota oʻzgartirgichlarning matematik ifodalanishi ishlab chiqildi;
- tok bilan boshqariladigan avtonom inverterli chastota oʻzgartirgichning matematik ifodalanishi ishlab chiqildi;
- oʻzgarmas tok zvenoli chastota oʻzgartirgichdan taʼminot olayotgan dvigatelning tormoz rejimining matematik ifodalanishi ishlab chiqildi;

**Dissertatsiya tarkibining qisqacha tavsifi.** Dissertatsiya ishi kirish, 4 bob, 11 band, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar roʻyxati va ilovadan iborat boʻlib, 87 betni tashkil etdi. Unda 42 ta rasm va grafiklar, oʻz aksini topgan.

**Chop qilingan maqolalarda dissertatsiya ishining asosiy mazmuni yoritilganligi** dissertatsiya ishining ilmiy natijalari «XXI asrda fan va texnologiyalar» mavzusida respublika ilmiy-amaliy anjumani. Dekabr 2016 yilda Mirxonov Oʻ.Q. bilan hammualliflikda chop qilingan “Asinxron motorning oʻtkinchi jarayonlari: tormozlanish rejimi tahlili” mavzusidagi tezisda, hamda 2017yil 24-25 dekabrda «Problems and prospects of development of innovative cooperation in scientific researches and system of training of personnel» nomli xalqaro konferensiyada “Issiqlik manbai” korxonasida tiristorli chastota oʻzgartirgich yordamida boshqariladigan nasos elektr yuritmasini qoʻllashning afzalliklari nomli maqola, BuxDUning “Taffakkur va talqin” jurnalining 2017yil 1 sonida ” 200 kvtli asinxron elektr yuritmasini tarmoqqa toʻgʻridan – toʻgʻri ulash” nomli maqolada bayon qilingan.

## 1 – bob. Elektr yuritmalarning ishga tushurish jarayonining tahlili.

Mamlakatimizda ishlab chiqarilayotgan elektr energiyaning 60% dan ortiqrog'i ish mexanizmini harakatga keltiruvchi avtomatlashtirilgan elektr yuritmalar tomonidan iste'mol qilinmoqda. Sanoat qishloq xo'jaligi, kommunal va boshqa tarmoqlarning barcha sohalarida, turli mashina va mexanizmlar hamda qurilmalardan keng foydalaniladi. Har qanday mexanik jarayoni amalga oshirish uchun mexanizm va mashinaning ish organini harakatga keltirish darkor. Bu esa yuritma vositasida amalga oshiriladi, xususan, elektr energiya mexanik energiyaga aylantiradi. Yuritma energiyani ma'lum yo'naltirilgan maqsadda o'zgartirishi kerak. Shuning uchun uning tarkibiga bu funktsiya amalga oshiruvchi qurilmalar va boshqaruv vositalari kiritilishi darkor. Bu maqsadga elektr yuritma yordamida avtomatik boshqaruv asosida erishiladi.

Elektr yuritma deb mashinalarning ish organlarini harakatga keltiradigan hamda bu jarayonlarni maqsadga muvofiq boshqariladigan hamda elektr motorli, kuchli o'zgartgich, boshqarish axborot hamda uzatish qurilmalaridan tashkil topgan murakkab elektromexanik tizimga aytiladi.

Yuritmaning «chiqish» koordinatlariga ish mashmasi organlarining me'yorda ishlashi uchun zarur bo'lgan elektromagnet moment  $M$  yoki kuch  $F$  va harakat koordinatlari: burchak tezlik  $\omega$  yoki chiziqli tezlik  $v$  hamda ularga mos harakat yo'nalishi bo'laklari  $\Delta a$ ,  $\Delta S$  kiradi.

Yuritma elementlari quyidagilardan iborat. *Uzatish qurilmasi* harakat shakllarini o'zgartirish va mexanik energiyani motor qurilmasidan mashinaning ish organlariga uzatish uchun mo'ljallangan.

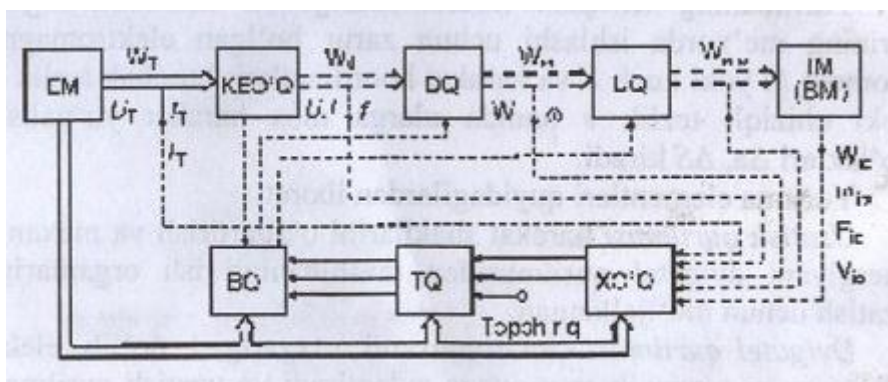
*Motor qurilmasi* elektromexanik o'zgartgich bo'lib, elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantiradi va uzatish qurilmasi bilan birgalikda ish organining berilgan harakat turlarini shakllantiradi.

*Kuchli o'zgartgich qurilmasi* elektr yuritma tizimini elektr manbai bilan bog'lash uchun (masalan, sanoat elektr tarmog'i bilan) elektr energiyani bir turdan ikkinchi turga o'zgartirish uchun (masalan, o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirish) xizmat qiladi. Kuchli o'zgartgich qurilmasining asosiy vazifasi jarayon davomida boshqariladigan energiya oqimini shakllantirishdan iborat. Elektr yuritma tizimlarida ish mashinalari, mexanizmlar va ish jarayonlarida «energiyani tejaydigan» texnologiyalarni qo'llash, tiklanuvchi energiya manbalarini yaratish kuchli o'zgartgich, motori va uzatish qurilmalarining xususiyatlariga bog'liq.

*Boshqarish va axborot qurilmalari* energiya oqimi  $W$  va mashinalarning ishchi organlari harakatlarini boshqarishning berilgan qonuniyatlar bo'yicha shakllantirish uchun mo'ljallangan.

*Avtomatlashtirilgan elektr yuritmam* avtomatik boshqariluvchi elektromexanik tizimning (ABT) keng qo'llaniladigan turi deb qarash mumkin.

Avtomatlashtirilgan elektr yuritmaning funksional sxemasi 1- rasmda ko'rsatilgan. Bu sxema elektr yuritmaning ayrim element- lari va ular orasidagi bog'lanishlarni kengroq o'rganish imkoniyati beradi. Bu yerda ingichka chiziqlar bilan elektr energiyani uzatish kanallari, qo'sh punktir chiziqlar bilan mexanik energiyani uzatish kanallari, punktir chiziqlar bilan esa, elektr yuritma yoki bajaruvchi mexanizmning o'lchanayotgan koordinatlari to'g'risida axborot uzatish kanallari ko'rsatilgan.



1-rasm. Avtomatlashtirilgan elektr yuritmaning funksional sxemasi.

Energiya manbalari (EM) odatda, sanoat elektr tarmog'i yoki maxsus akkumulyator batareyasi, individual generator ko'rinishidagi mustaqil manba bo'lishi mumkin. Bu hol asosan uchish apparatlari va kemalardagi «bort» tizimlarda qo'llaniladi.

*Kuchli elektr o'zgartgich qurilmasi* (KEO'Q) - rostlanmaydigan kuchlanish  $U_t$ , tok  $I_t$  va chastota  $f$  m  $W$  dan (masalan tarmoqdan) olib motorlni ta'minlaydigan  $U$ ,  $I$  va  $f$  ga ega bo'lgan elektr energiya  $W_d$  ga aylantirib beradi.

Avvallari KEO'Q sifatida elektr mashina o'zgartgich qurilmalari ishlatilardi. Hozirda asosan o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirib beradigan kuchli yarim o'tkazgich o'zgartgichlar tiristorli boshqariluvchi to'g'rilagich (BT), tranzistorli - impuls o'zgartgichlar hamda o'zgaruvchan tok kuchlanishi shaklini o'zgartirib beradigan turli tranzistorli va tiristorli invertorlar hamda chastota o'zgartgichlari qo'llaniladi.

*Motor qurilmasi* (MQ) elektr energiyani  $W_d$  rotorni (yakorni) chiziqli yoki aylanma harakatga keltiradigan mexanik energiyaga  $W_m$ , aylantirib beradi. Mexanik energiya  $W$  oqim. mexanik uzatish qurilmasidan o'tib, xuddi shu ko'rinishdagi energiya  $W_m$  ga aylanadi, bu esa ish mashinasi orqali qabul qilinadi.

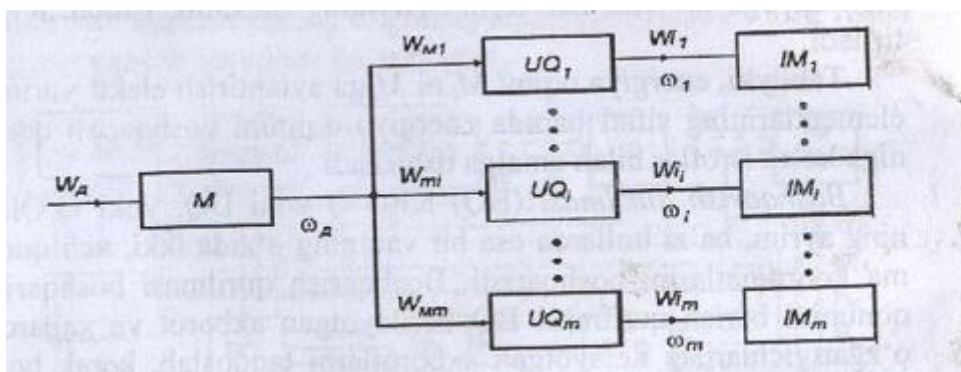
*Boshqarish qurilmasi* (BQ) KEO'Q yoki DQ yoki O'Qlarning ayrim, ba'zi hollarda esa bir vaqtning o'zida ikki, uch qurilma koordinatlarini boshqaradi.

Boshqarish qurilmasi boshqarish qonunini berish qurilmasi BQ berilayotgan axborot va xabarchi o'zgartgichlardan kelayotgan axborotlarni taqqoslashi kerak *Xabarchi - o'zgartgichlar*  $M_r$  yuritmaning turli koordinatlarini (momentlar, kuchlar, burchak va chiziqli tezlik, tok, kuchlanish va h.k.) o'lchashga mo'ljallangan axborot - o'lchov qurilmalari ko'rinishida bo'lib, ular bu koordinatalarni bir turdagi (masalan, kuchlanish) elektr signallariga

Funksional vazifalari bo'yicha elektr yuritmalar bosh va yordamchi elektr yuritmalarga bo'linadi. Bosh elektr yuritma jarayonning asosiy operatsiyasini yoki ish mashinasining ijrochi organini harakatga keltiradi. Yordamchi elektr yuritma esa mashinaning yordamchi organlarining harakatini ta'minlaydi. Masalan tokarlik dastgohi bosh elektr yuritmasi ishlov berilayotgan detalni aylanma harakatga keltiradi, yordamchi elektr yuritma esa kesish asbobini detaining bo'ylamas bo'yicha ilgari lama harakatga keltiradi.

Energiyaning bo'linishi bo'yicha elektr yuritmalar guruhliy, individual, o'zaro bog'langan va ko'p motorlilarga bo'linadi.

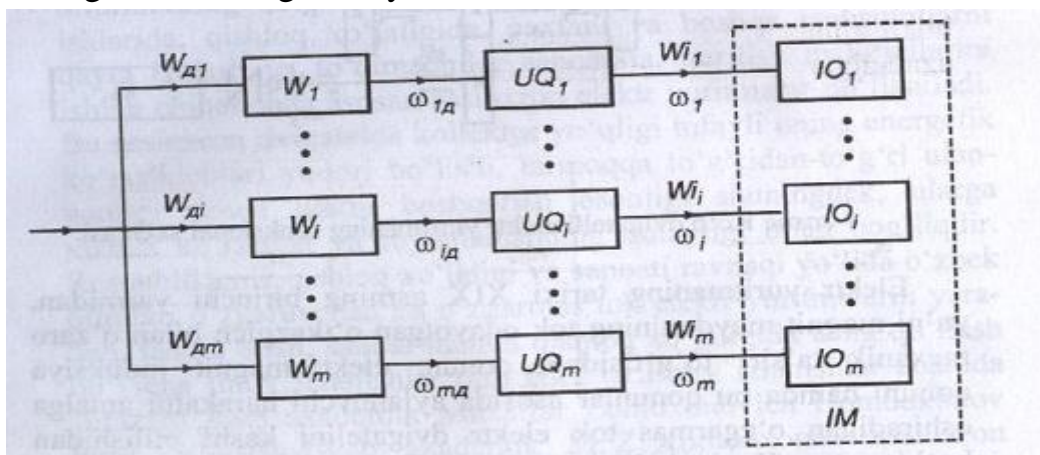
*Guruhli elektr yuritma* sanoatda XIX asr oxinda qo'llanila boshlandi. Bu yuritmada (2-rasm) bug' motorli elektr dvigatel  $M$  bilan almashtirilgan, bir nechta ish mashinalarga ( $IM_m$ ) harakat uzatadigan uzatish qurilmalari  $UQ_m$  holida saqlanib qolgan.



2 -rasm. Guruhli elektr yuritmaning funksional sxemasi.

Muayyan afzalliklarga ega bo'lgan yuritmaning bu turi mashinani maqsadga muvofiq tarzda boshqarib bo'lmasligi, uzatish qurilmalarida energiyani ko'p isrof bo'lishi kabi kamchiliklarga ega. Bundan tashqari bu qurilmalar ko'p sonli uzatish tasmalari va transmissiyalardan tashkil topganligi uchun, ular ishlatish chog'ida ijrochi organining harakatini ta'minlaydi (3-rasm). Shuning uchun, bitta uchun bir nechta individual yuritmalar ishlatiladi. Masalan tokarlik dastgohida individual bosh va ikkita yordamchi yuritmalar ishlatiladi. Individual elektr yuritma tizimida energiya elektr zanjirlarida bo'linadi. Bu yuritma uzatish qurilmalar, va ish mashinasi kinematikasini soddalashtirish imkoniyatini beradi Aksariyat hollarda ish mexanizmining ijrochi organining o'q motori rotor(yakor) bilan umumiy o'q

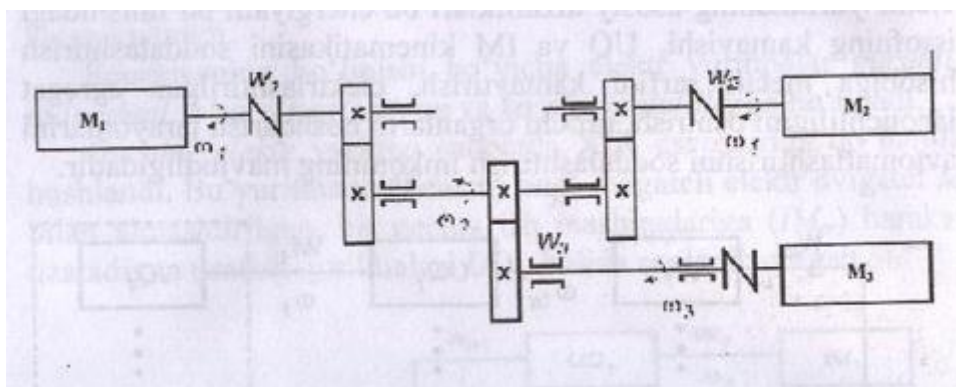
hosil qiladi. Individual elektr yuritmaning asosiy afzalliklari bu energiyani bo'linishidagi isroflarning kamayishi UO va IM kinematikasini soddalashtiradi.



3-rasm. Individual elektr yuritmaning funksional sxemasi.

*O'zaro bog'langan elektr yuritma* ikkita yoki bir nechta (o'zaro mexanik yoki elektr) bog'langan elektr yuritmalarning ish jarayonida berilgan nisbatga ko'ra yoki ijrochi organ harakatini muayyan koordinatalar bo'yicha takrorlash amalga oshiriladi. Hozirda amaliyotda o'zaro bog'langan elektr yuritmalar qog'oz ishlab chiqarish va sanoatning turli tarmoqlarida keng ko'lamda qo'llanilmoqda.

*Ko'p motorli elektr yuritma* deb, elektr motori qurilmasi birgalikda bitta o'qda yoki bitta mashinada o'qlari o'zaro bog'lanmagan yuritmaga aytiladi (4-rasm). Bunday elektr yuritmalarda texnologik yoki texnik imkoniyatlardan kelib chiqqan holda bir emas, balki bir nechta elektr motori qurilmalaridan foydalaniladi.



4-rasm. Ko'p motorli elektr yuritmaning funksional sxemasi.

## 1.1. O`zgaras tok motorli elektr yuritmalarni ishga tushurish.

Ishga tushirish jarayoni quyidagilar bilan. ya'ni:

a) ishga tushirish tokining karrali ( $I_U/1_N$ );

b) ishga tushirish momentining karrali ( $M_M/ M_V$ );

d) ishga tushirish jarayonining ravonligi:

e) ishga tushirish da'vri  $t_M$ : 0 ishga tushirish uskunalarning tannarxi va energiya sarflari bilan bilan xarakterlanadi.

O'TM larini ishga tushirishning quyidagi usullari qo'llaniladi:

1) bevosita ("reostatsiz") ishga tushirish. bunda yakor chulg'ami to'g'ridan to'g'ri, ya'ni reostatsiz elektr tarmog'iga ulanadi.

2) reostatli ishga tushirish. bunda tokning qiymatini cheklash maqsadida yakor zanjiriga ketma-ket qilib maxsus ishga tushirish reostati yoki qo'shimcha qarshilik ulanadi.

3) maxsus ishga tushirish agregati yordamida ishga tushirish (bunda yakor chulg'amiga beriladigan kuchlanishni ravon oshirish ko'zda tutiladi).

**a) O'T mashinasini bevosita ishga tushirish.** Dastlabki paytda motorning aylanish chastotasi  $n = 0$  bo'lganligidan. yakor chulg'ami EYK  $E = 0$  bo'lib, yakor chulg'amining toki quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$I_{i.t.} = U/R. \quad (1.1)$$

Yakor zanjiri qarshiligi  $r_a$  ning qiymati kichik bo'lganligidan ishga tushirish toki nominal tokka nisbatan 10-20 marta katta bo'lib, mashina kollektorida kuchli uchqun chiqishiga olib keladi va zarbiy moment hosil bo'ladi. Bu hol O'TM ulangan tarmoq uchun ham motorning valiga ulangan mexanizm uchun ham zararlidir. Shu sababli O'TM ni bevosita ishga tushirish usuli faqat kam quvvatli elektr motorlarida qo'llaniladi, chunki bunday EMLarida yakor chulg'ami qarshiligi  $r_a$  ning qiymati nisbatan katta bo'ladi (chunki qarshilik  $r_a$  ning qiymati simning kesim yuzasiga teskari mutanosibda bo'lishligidir).

Hozirgi vaqtda ishga tushirish toki nominal tokdan 6-8 marta oshganda ham, quvvati 6 kWgacha bo'lgan O'TM larini reostatsiz (tezkor avtomatlar qo'llash yo'li bilan) ishga tushirish mumkinligi aniqlangan. Bunda aylanish chastotani oshirish jarayoni yakor zanjiriga bir nechta kuchlanish impulsini berib amalga oshiriladi, ya'ni tokning qiymati oldindan belgilangan qiymatga yetganda yoki undan oshganda avtomat yakor zanjirini uzib qo'yadi va bu tok oldindan belgilangan qiymatga kamayganda avtomat yakor zanjirini tarmoqqa qaytadan ulab beradi.

**b) O'TM ni "reostatli" ishga tushirish.** Quvvati  $P > 0.5$  kW bo'lgan O'TMlarida ishga tushirish tokini kamaytirish uchun yakor zanjiriga ketma-ket qilib ishga tushirish reostatini ulaydilar. Ishga tushirish jarayoni silliq o'tishi uchun ishga tushirish reostati qarshiligini, odatda alohida elementlardan iborat bo'lgan ko'p pog'onali (1...4) qilib bajariladi. Bu holda ishga tushirish toki quyidagiga teng bo'ladi:

$$I_{it} = U/(r_a + R_r). \quad (1.2)$$

**bu yerda**  $R_r$ ~ ishga tushirish reostatining qarshiligi.

O'TM ni ishga tushirish davri  $t_{it}$  nisbatan ko'p bo'lmaganligidan, ishga tushirish reostatining qarshiligi shunday tanlanadiki, bunda ishga tushirish toki

$$I \leq (2-3) I_N \text{ bo'lishi kerak.}$$

Quvvati katta bo'lgan O'TM larini ishga tushirish uchun reostatlarni qo'llash maqsadga muvofiq bo'lmaydi, sababi, bunda O'TM aylanuvchi qismlari massasining momenti  $J$  ga to'g'ri mutanosib bo'lgan energiya isroflari katta bo'ladi. Shuning uchun bunday O'TMni ishga tushirishda kuchlanishni kamaytirish yo'li maxsus ishga tushirish agregatidan foydalanib amalga oshiriladi (masalan, elektrovozning tortish O'TM larini ishga tushirishda) yoki elektr motorlarini "generator — motor" sxemasi yordamida ishga tushiriladi.

**d) Parallel qo'zg'atishli motorni ishga tushirish.** Reostatli ishga tushirish amalda eng ko'p qo'llaniladigan usuldir.

1-rasmda uchta (L, Sh, Ya) uchli ishga tushirish reostatining sxemasi ko'rsatilgan. Ko'rilayotgan reostat o'zaro ketma-ket ulangan to'rtta pog'onadan iborat. Bular 6 ta kontaktga ega bo'lib, ulardan boshlang'ichi - nol (0), to'rtta (1- 4) oraliqdagi va oxirgisi (5) - ishchidir. 4 - pog'onaning oxiri 5 - kontakt va "Ya" harfi bilan belgilangan ulanish joyiga birlashtirilgan: "M" harfi bilan belgilangan misdan yasalgan yoy esa "Sh" harfi bilan belgilangan ulanish joyiga birlashtirilgan. Siljiydigan kontaktlari reostatining tutqichiga mahkamlangan va "L" harfi bilan belgilangan ulanish joyi bilan birlashtirilgan bo'lib, bu kontaktlar yordamida tarmoq simining birontasiga ulanadi.

Ishga tushirishdan oldin reostatning tutqichiga mahkamlangan siljiydigan kontaktning uchi "0" kontaktida bo'lishi shart.

Yakor zanjiridagi ishga tushirish tokining cheklangan qiymatida ishga tushirish momentini oshirish maqsadida asosiy qutb magnit oqimining qiymatini ko'paytirish uchun qo'zg'atish sistemasidagi rostlash reostatining qarshiligi

$r_{r \text{ qo'z}} \approx 0$  bo'lishi kerak (1-rasm). Ishga tushirish reostatining tutqichini kontakt "0" dan kontakt "I" ga ko'chirganda qo'zg'atish chulg'amiga, darhol, qiymati  $U_N = U$  bo'lgan kuchlanish beriladi, yakor chulg'amiga esa, uning zanjiri bu holda ishga tushirish reostatining to'la  $R_{ilr} = r_1 + r_2 + r_3 + r_4$  qarshiligiga ulanganligi sababli, pasaygan kuchlanish beriladi. Natijada qo'zg'atish chulg'amidagi tokning qiymati katta bo'lib, yakor zanjiridan esa (1.2) tenglama bilan aniqlanadigan tok o'tadi. Ishga tushirishning boshlanishida yakorning aylanish chastotasi  $n = 0$  bo'lganligidan (1.2) ning suratidagi  $E_u = 0$  bo'ladi.

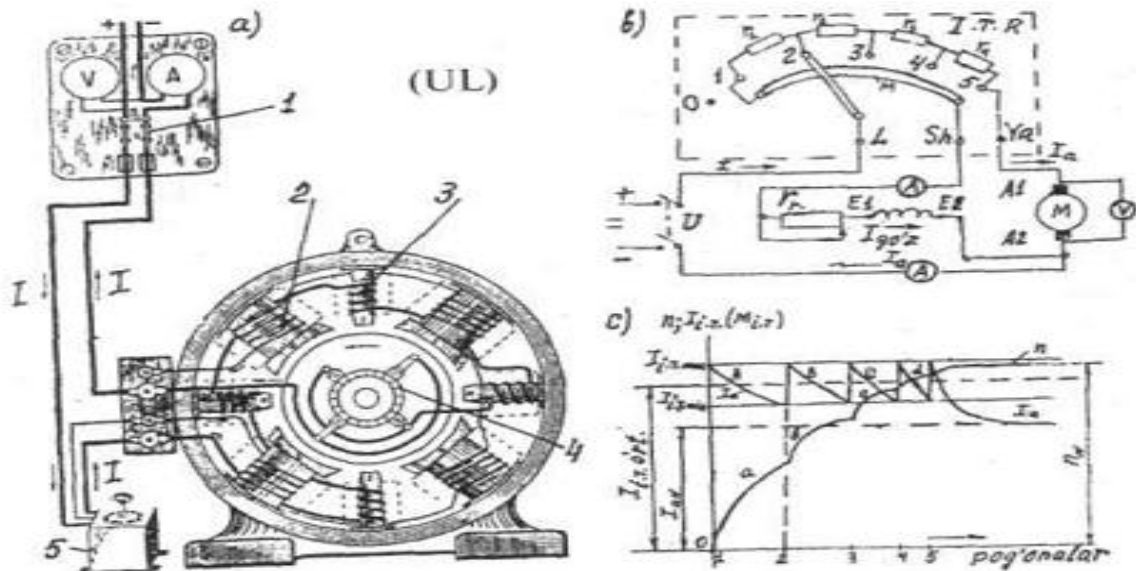
Agar yakor reaksiyasi O'TMning asosiy magnit oqimiga ta'sir qilmaydi deb hisoblasak, unda  $\Phi = \text{const}$  bo'ladi. Tok  $I_{itmax}$  ga boshlang'ich ishga tushirish momenti to'g'ri keladi:

$$M_{i.t.} = C_m \Phi_{i.t.max} \quad (1.3)$$



Agar bu moment  $M_{i.t} > M_{\Sigma} = M_0 + M_2$  bo'lsa, unda O'TM ning yakori aylana boshlaydi. Bunda yakor chulg'amini hosil qiladigan o'tkazgichlar o'zgaras magnit oqimning kuch chiziqlarini kesadi va  $I_{qo'z} = \text{const}$  bo'lganligidan, bu o'tkazgichlarda yakorning aylanish chastotasi  $n$  ga mutanosib bo'lgan teskari EYK vujudga keladi (1,b- rasm."A" egri chizig'i). Shu rasmdagi "A" egri chiziq esa, teskari EYK vujudga kelganligi tufayli (1.2) ifodaga binoan, ishga tushirish tokining va (1.3) ifodaga ko'ra bu tokka mutanosib bo'lgan ishga tushirish momentining kamayishini ko'rsatadi (chunki qo'zg'atish toki  $I_{qo'z} = \text{const}$  bo'lganda qo'zg'atish magnit oqimi ham  $\Phi = \text{const}$  bo'ladi va bitta "A" egri chizig'i orqali har xil masshtabda ifodalangan ishga tushirish toki  $I_{i.t.}$  va ishga tushirish momenti  $M_{i.t.}$  ko'rsatilgan).

Ishga tushirish toki  $I_{i.t.\text{min}}$  qiymatgacha kamayganda reostatining



1.1-rasm. Parallel qo'zg'alishli o'zgaras tok motorda:

*a* – tajriba o'tkazish qurilmasi (bunda: 1 - ulab uzgich (UL); 2 -qo'zg'atish chulg'am; 3 - qo'shimcha qutb chulg'ami; 4 - kollektor; 5 - ishga tushurish reostati)

*b* - motorni ishga tushirish sxemasi (ITR - ishga tushirish reostati. M misyoyi);

*c*- «reostatli» ishga tushirish jarayonidagi tok. moment va aylanish chastotalarining o'zgarish xarakteri.

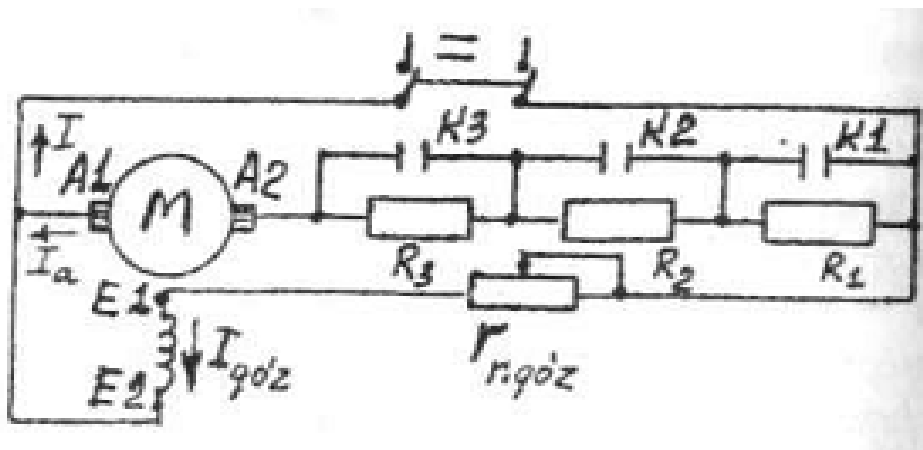
“ T ” tutqichi kontakt "2" ga ko'chiriladi (bunda 1-pog'onaning qarshiligi  $r_1$  keyingi jarayonda qatnashmaydi). Bu holda tok yana  $I_{i.t.\text{max}}$  gacha yetadi va O'TM ning aylanish chastotasi ham "b" egri chizig'i bo'yl o'sadi, bunda ishga tushirish toki va momenti "B" egri chizig'i bo'ylab kamayadi. Bu jarayon 1,b-rasmda ko'rsatilganidek quyidagi tartib boradi, ya'ni aylanish chastotasining o'zgarishini ifodalovchi et chiziqlar a-b-c-d: tok va momentniki esa - A-B-C-D. Bu jarayon reostatning tutqichi 5-kontakt bilan

ulangunga qadar davom qiladi, bundan keyin O'TM, yakor toki  $I_a$  va aylanish chastotasi  $n$  bo'lgan barqaror ish rejimda ishlaydi.

O'TM ni tarmoqdan uzishda yakor tokini kamaytirish maqsadi reostat tutqichini kontakt 5 dan kontakt 0 ga qadar birin-ketin ko'chiriladi; bunda ishga tushirish reostatining to'la qarshiligi yakor zanjiriga ulangan bo'ladi va yakor toki kamayadi. Bundan keyin ulangan uzgich "U1" yordamida O'TM tarmoqdan uziladi (1.1,b-rasm).

Kontakt I va misyoyi "M" orasidagi *tutashmaning mavjudligi katta ahamiyatga ega* bo'lib, u qo'zg'atish chulg'ami, yakor chulg'ami va reostatlardan iborat bo'lgan berk konturni hosil qiladi.

Ishga tushirish vositalari odatda ishga tushirish toki maksimal qiymatining qisqa vaqt ichida o'tishiga mo'ljallangan. Shu sababli ularni O'TM ning normal ish jarayonidagi aylanish chastotasini rostlash maqsadida ishlatib bo'lmaydi, hamda O'TMini ishga tushigandan keyin ishga tushirish reostatining pog'onalarini kuyib qolmasligi uchun oxirgi pog'onalarini ulangan holda qoldirib bo'lmaydi.



1.2 - rasm. Avtomatlashtirilgan elektr yuritmasida parallel qo'zg'atishli O'TM ni ishga tushirishning prinsipial sxemasi.

Avtomatlashtirilgan elektr yuritmasida O'TMini ishga tushirish uchun bir nechta pog'onaga bo'lingan qarshiliklar ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ )dan foydalanadilar (1.2-rasm) bunda ishga tushirish kontaktlari ( $K_1$ ,  $K_2$  va  $K_3$ ) vositasida ular navbatma-navbat shunt qilinadi.

e) **Ketma-ket va aralash qo'zg'atishli motorlarni ishga tushirishning o'ziga xos xususiyatlari.**

Bunday motorlarni ishga tushirish parallel qo'zg'atishli motordagi kabi, ishga tushirish reostati vositasida amalga oshiriladi, lekin o'ziga xos xususiyatlarga ega.

**Ketma-ket qo'zg'atishli motorda ishga tushirish momenti** parallel qo'zg'atishlinikiga nisbatan katta bo'ladi va (31.10) ifoda bilan aniqlanadi:

Bu momentning katta bo'lishiga sabab, yakor chulg'amidan o'tuvchi ishga tushirish tokining oshishi bilan, bu chulg'amga ketma-ket ulangan qo'zg'atish chulg'amining magnit oqimi ham o'sadi. Ketma-ket qo'zg'atishli

motorlarning *bu xossasi* ayrim elektr yuritmalarda, masalan, yuk ko'taradigan moslamalarda, tortish qurilmalarida va boshqa hollarda *katta ahamiyatga ega* bo'ladi.

**Ketma-ket qo'zg'atishli motorlarning quyidagi o'ziga xos xususiyatlarini**, ya'ni bu motorlarni salt ishlash holatida (valiga yuk ulanmagan holatda) va shuningdek, yuklamaning miqdori nominalga nisbatan 25% dan kam bo'lgan hollarda, ishga tushirish qat'iyani mumkin emasligini esda tutish lozim bo'ladi. Chunki bunday hollarda mashina magnit zanjiri to'yinmagan bo'lib, magnit oqimi  $F$  yakor toki  $I_a$  ga to'g'ri mutanosib ( $F = I_a$ ) ravishda o'zgarganligi sababli aylantiruvchi momenti  $M_{cm}$  yakor tokining kvadrati ( $I_a^2$ ) ga to'g'ri mutanosib ravishda o'zgaradi. ya'ni:

$$M = C_m I_a^2 \quad (1.4)$$

(1.1) va (1.2) ifodalardan aniqlangan quyidagi

$$n = (U - I_a R_a) / (C_E \Phi) \quad (1.5)$$

tenglamadan ko'rinishicha, ketma-ket qo'zg'atishli motor mexanik jihatdan zararli (me'yordan katta) bo'lgan aylanish chastotasini hosil qiladi.

**Aralash qo'zg'atishli motorning** parallel va ketma-ket qo'zg'atish chulg'amlari mos ulangan bo'lsa, u xuddi parallel qo'zg'atishli motordek ishga tushiriladi. Agar qo'zg'atish chulg'amlari o'zaro teskari ulangan bo'lsa, O'TMni ishga tushirish qiyinlashib qoladi. Bu holda ketma-ket qo'zg'atish chulg'ami butun ishga tushirish jarayoni davomida shuntlanadi (qisqa tutashtiriladi).

## 1.2. Asinxron motorli elektr yuritmalarni ishga tushurish.

Asinxron motor ishga tushirilganda, quyidagi *asosiy talablar* bajarilishi lozim:

Motorni ishga tushirish mumkin qadar oson va qo'shimcha qurilmalarsiz bajarilishi lozim, ishga tushirish momenti yetarli darajada katta, ishga tushirish toki esa mumkin qadar kichik bo'lishi lozim.

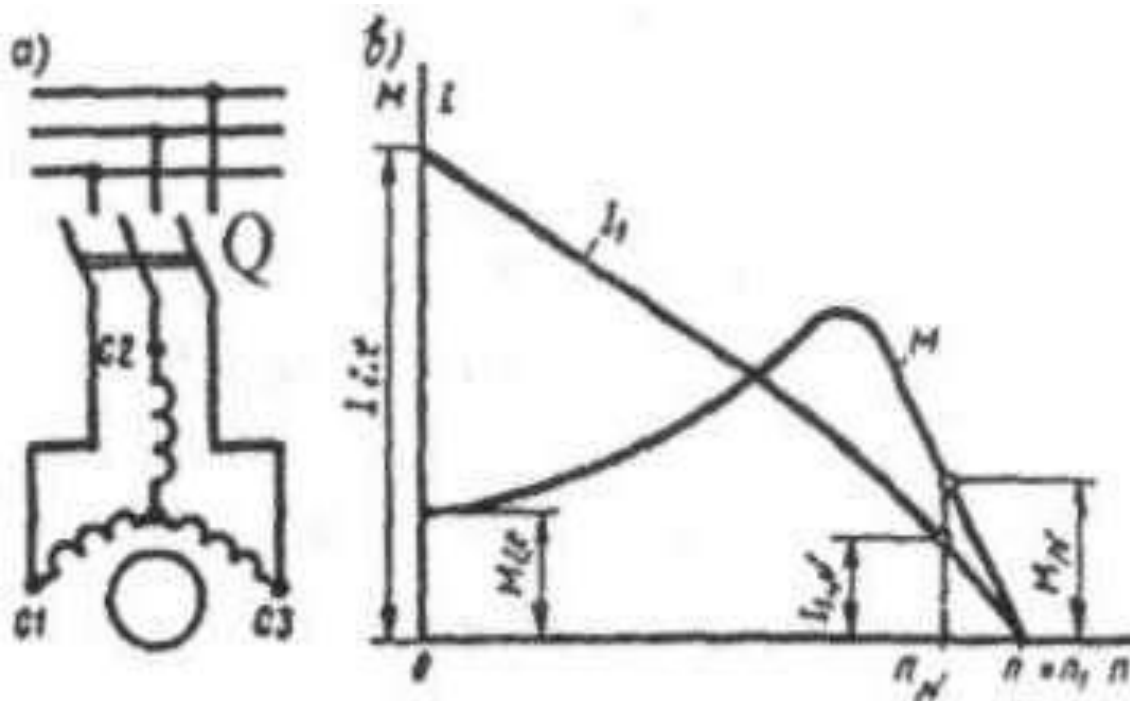
Uch fazali asinxron motorlarni ishga tushirishda amalda *quyidagi usullar* qo'llaniladi:

- Stator chulg'amlarini to'g'ridan to'g'ri tarmoqqa ulash;
- stator chulg'amiga pasaytirilgan kuchlanish berish;
- rotor chulg'amiga reostatni ulab ishga tushirish (oxirgisi faza rotorli motorlarda).

**To'gridan to'g'ri tarmoqqa ulab ishga tushirish.** Kichik va o'rta quvvatli qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlar ana shunday usul bilan ishga tushiriladi. Bunda motorning stator chulg'ami yetarli darajadagi quvvatga ega bo'lgan elektr tarmog'iga magnit ishga tushirgich yoki oddiy ulagich yordamida qo'shiladi va uning tezligi tabiiy mexanik xarakteristikasi bo'yicha o'sib boradi. Ishga tushirish momenti  $M_u$  quyidagicha topiladi (ishga tushirish paytida  $s = 1$  bo'ladi):

$$M_u = (m, U_1 * r'_2) / \{w[(r_1 + r'_2)^2 + (x_1 + x'_2)^2]\}. \quad (1.6)$$

Ishga tushirish toki  $I_{it}$  ancha katta bo'lsa ham motor uchun xavfli bo'lmaydi, chunki ishga tushi - rish qisqa vaqt ichida kechadi. Ishga tushirish tokining nominal tokdan 5÷7 marta katta bo'lishi va ishga tushirish momentining uncha katta bo'lmashligi bu usulning kamchiligi hisoblanadi.



*1.3-rasm. Qisqa tutashgan rotorli asinxron motorni to 'g'ridan to'g'ri tarmoqqa ulab ishga tushirish sxemasi (a) va bunda tok va aylantiruvchi moment  $M$  ning o'zgarish grafiklari (b).*

Motorning stator chulg'amini to'g'ridan to'g'ri elektr tarmog'iga ulab ishga tushirish yuqoridagi kamchiliklarga ega bo'lishidan qat'iy nazar, u sodda, arzon va energetik ko'rsatkichlari ( $\text{FIK} = \cos \phi$ ) kattadir.

**Tarmoq kuchlanishini pasaytirib ishga tushirish.** Bunday usul bilan quvvati katta bo'lgan qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlar ishga tushiriladi. Tarmoq kuchlanishini pasaytirish usullari quyidagidan iborat:

**a) stator chulg'amini yulduz usulidan uchburchak usuliga o'tkazish yo'li bilan ishga tushirish.** Asinxron motorni bunda stator chulg'ami fazalariga berilayotgan kuchlanish  $\sqrt{3}$  marta kamayadi, xuddi shuningdek faza toklari ham  $\sqrt{3}$  marta kamayadi. Liniya toklari esa 3 marta kamayadi. Stator chulg'amlarining ulanish sxemasini o'zgartirish 3 fazali kontaktor yoki ulagich yordamida amalga oshiriladi. (1.4,a-rasm).

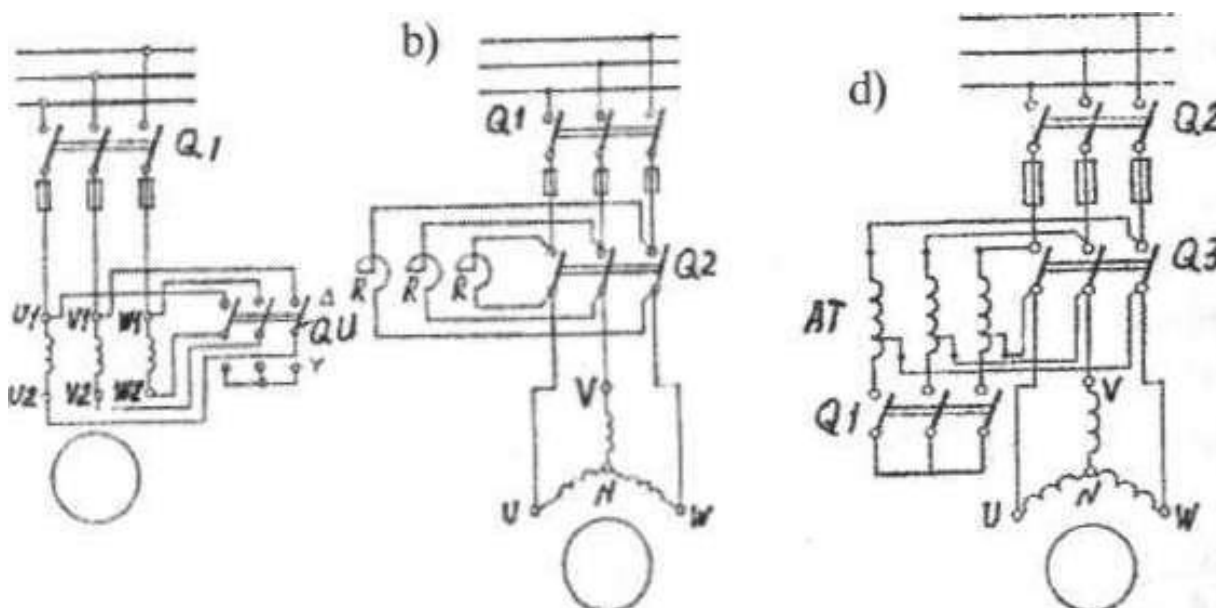
**b) Asinxron motorni reaktor yordamida ishga tushirish.** Bunday usul bilan ishga tushirishda (1.4,b-rasm) reaktiv qarshiliklarda ishga tushirish tokiga to'g'ri mutanosiblikda bo'ladigan kuchlanish pasayishi  $\Delta U$  vujudga kelib, stator chulg'amlariga pasaygan kuchlanish  $U_{\text{Irot}}$  beriladi.

Bu kuchlanishning qiymati quyidagicha topiladi:

$$U_{\text{Iras}} = U_1 - j I_1 x_r$$

$x_r$  - ishga tushirish reaktiv qarshiligi.

BU kuchlanish ta'sirida motorning rotor, aylana boshlaydi. Motorning aylanish chastotasi oshib borgan sari rotor chulg'amida hosil bo'ladigan EYK  $E_2$  kamayib boradi, natijada ishga tushirish toki ham kamayadi.



1.4-rasm. Tarmoq kuchlanishini pasaytirib ishga tushirish sxemalari: stator chulg'amini yulduz ulanish sxemadan uchburchak ulanish sxemaga yo'li bilan ishga tushirish (a); stator chulg'amiga reaktor R (reaktiv qarshilik) ulab (b) yoki AT – avtotrans- formator yordamida kuchlanishni pasaytirib ( d ) ishga tushirish sxemalari (bularda: QU - qayta ulagich; Q1, Q2 va Q3 ~ ishga tushirish kontaktori).

Stator chulg'amlari bilan ketma-ket ulangan qarshi - liklarda kuchlanish pasayishi  $\Delta U$  kamayadi va motorning aylanish chastotasi kamaygan sari unga berilayotgan kuchlanish  $U_1$  avtomatik ravishda ko`payib boradi. So'ngra Q2 ulagich ulanadi va motorga tarmoq kuchlanishi  $U_1$  ulagich ulanadi bunda motor nominal kuchlanish bilan ishlaydi.

**d) asinxron motorni avtotransformator yordamida ishga tushmsh (1.4 d-rasm).**

Dastlab Q3 ulagich ning ulangan holatida Q1 ulagich qo'shiladi. Bunda motorning stator chulg'amiga avtotransformatordan pasaytirilgan kuchlanish ( $U$ ) beriladi. Bunda motor ning dastlabki  $M_u$  moment, quyidagicha topiladi.

$$M_{i,t} = M_{i,t,N_n} (U_1 / U_{1n}) \quad (14.3)$$

Ishga tushirish toki kamayadi va u quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi

$$I_{i,t} = I_{i,t,N_n} (U_1 / U_{1n})^2$$

Rotorning aylanish chastotasi oshgandan keyin Q3 ulagich uzilad. va Q2 ulagich ulanadi. Shu tariqa stator chulg'amiga tarmoqning to'la kuchlanishi beriladi.

Demak, avtotransformator yordamida tarmoqning kuchlanishi  $(0,55 \div 0,73) U_{IN}$  gacha pasaytirilar ekan. Tarmoq kuchlanishini pasaytirib asinxron

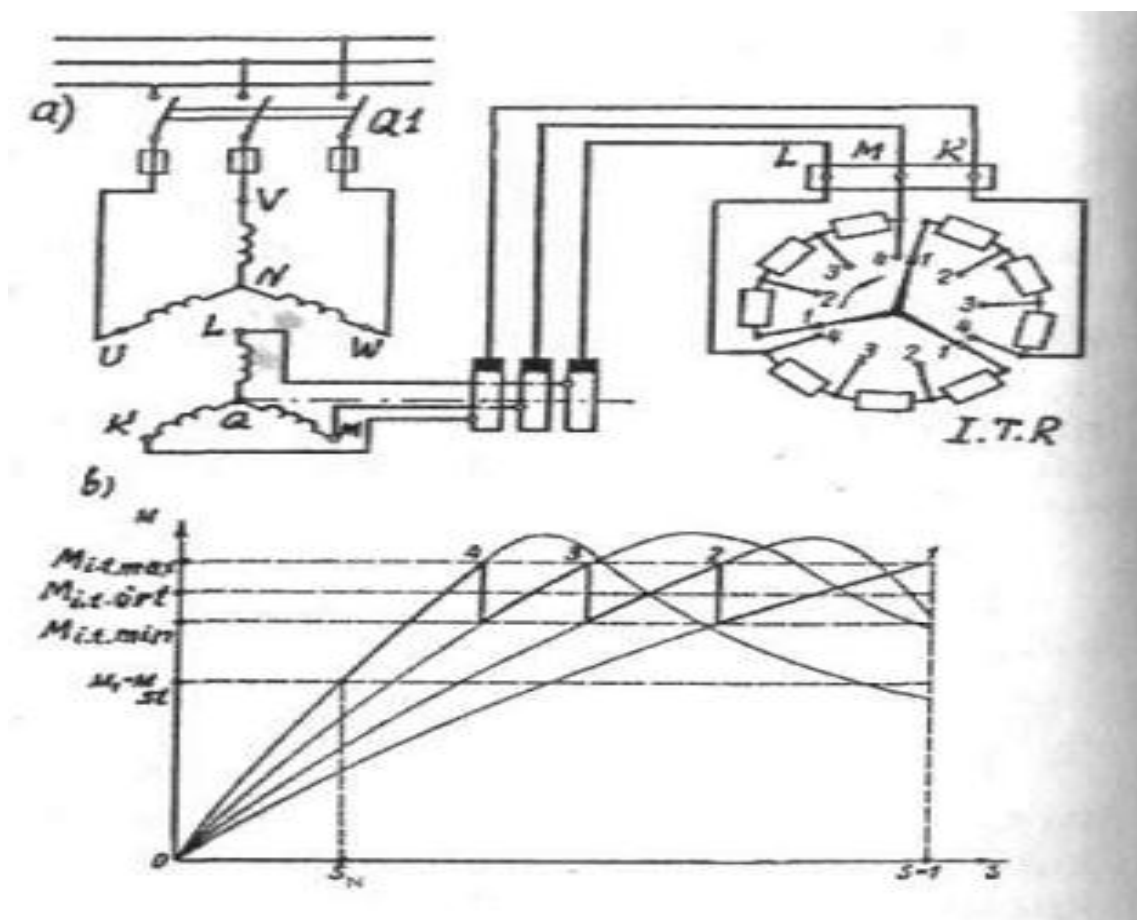
motorlarni ishga tushirishning yuqorida ko'rib o'tilgan usullarida ishga tushirish toki va momentning kichikligi ularning kamchiligidir.

**Faza rotorli asinxron motorlarni ishga tushurish.** Faza rotorli asinxron motorlar maxsus uch fazali ishga tushirish reostati yordamida ishga tushiriladi. Ishga tushirish toki quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$I_{it} = U_1 / \sqrt{(r'_{11} + r'_{22} + r_1)^2 + (x_1 + x'_{22})^2}$$

Ishga tushirish reostati rotor chulg'amiga ketma-ket ulanadi (1.5- rasm). Uning yordamida rotor chulg'a mining aktiv qarshiligi oshirilib, ishga tushirish toki kamaytiriladi, momenti esa oshiriladi. Dastlab motor 1-xarakteristika bo'yicha ishga tushiriladi. Bu holda ishga tushirish reostatining qarshiligi

$R_{i.t.} = r_1 + r_2 + r_3$  bo'lib, aylantiruvchi moment maksimal momentga teng bo'ladi ( $M = M_{i.t.}$ ). Motorning aylanish chastotasi oshib borgan sari aylantiruvchi moment  $M$  ham kamaya boradi va  $M_{i.t.min}$  momentdan kichik  $M_{i.t.min}$  bo'ladi.  $M = M_{i.t.min}$  bo'lganda ishga tushirish reostatining bir qismini ( $r_1$ ) sxemadan chiqariladi. Bunda aylantiruvchi moment birdaniga  $M_{i.t.max}$  qiymatga erishadi, so'ngra aylanish chastotasining oshishi bilan 2-xarakteristika bo'yicha o'zgaradi.

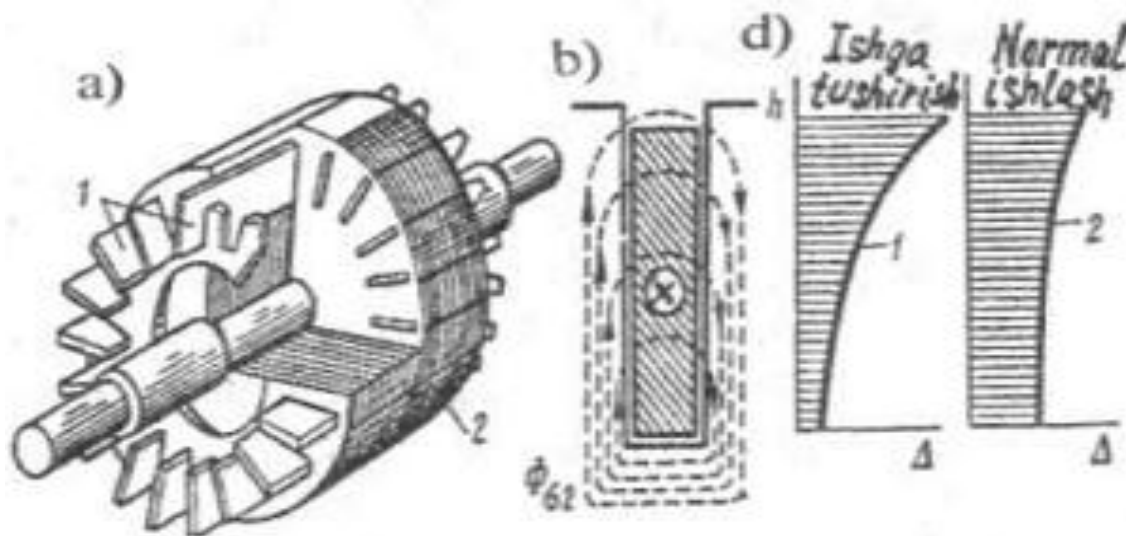


1.5-rasm. Faza rotorli asinxron motorni ishga tushirish sxemasi (a) va ishga tushirish momenti grafigini qurish (b); ITR - ishga tushirish reostati. (Izoh: chulg'am uchlari yangi standart bo'yicha belgilangan.)

Bu holda ishga tushirish reostatining qarshiligi  $r_{i.t.2} = r_2 + r_1$  bo'ladi.

Aylantiruvchi moment  $M_{ilmin}$  gacha kamayib boradi, shu vaqtda  $r_2$  qarshilikni uzadilar, bunda motor 3-xarakteristika bo'yicha ishlaydi. Bunda ishga tushirish reostatining qarshiligi  $r_{ui} = r_3$  bo'ladi. Ishga tushirishning oxirida ishga tushirish reostati sxema dan butunlay chiqariladi va shu bilan rotorning chulg'amlari qisqa tutashtiriladi. Bu holda motor tabiiy xarakteristika (4) bo'yicha ishlaydi. Faza rotorli motorlarni ishga tushirish va ular tuzilishi ning murakkabligi, qimmatligi va boshqalar bunday motorlarning kamchiligi hisoblanadi.

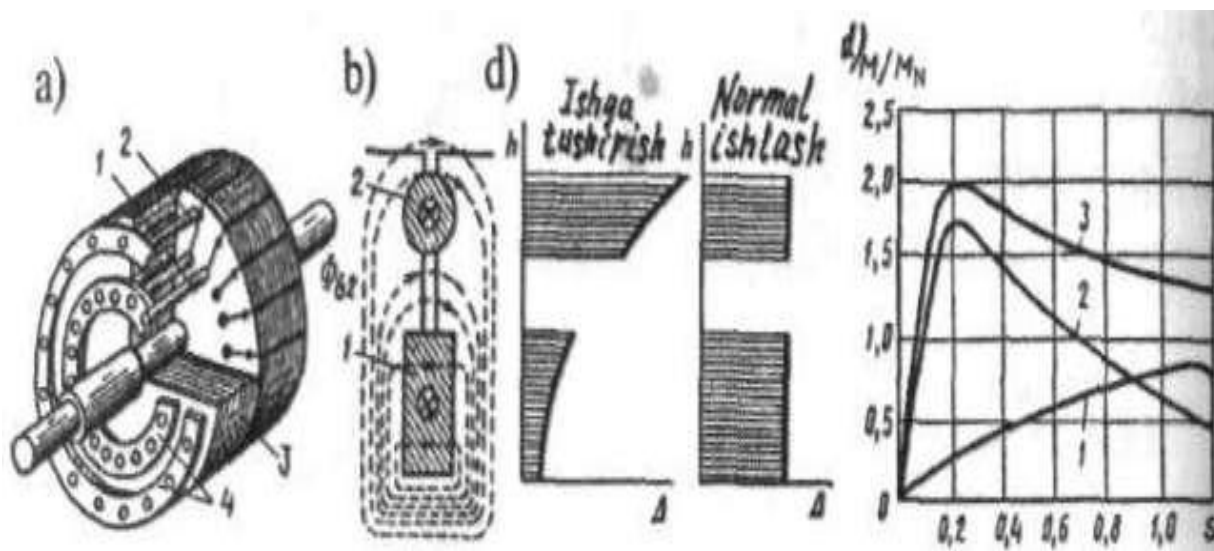
Qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlarning ishga tushirish momentini, rotor chulg'ami aktiv qarshiligini oshirmasdan kattalashtirish bunday motorlarning maxsus konstruksiyali qilib yaratishga olib keladi. Bunday motorlarga *ishga tushirish momenti kattalashtirilgan* motorlar deyiladi. Bu motorlar jumlasiga *rotori qo'sh katakli va chuqur pazli* motorlar kiradi.



1.6-rasm. Chuqur pazli motor rotorining umumiy ko'rinishi (a) (bunda: 1 - «olmaxon katagi»ning sterjenlari, 2 - rotorning po'lat o'zagi); sterjen joylashgan chuqur pazning qirgimi(b) va to  $\kappa$  zichligi  $D$  ning ishga tushirish paytida (1) va normal ishlashida (2) tarqalish diagrammasi (d):  $\Phi_{m1}$  — tarqoq magnit oqimi;  $h$  - paz balandligi.

**1. Chuqur pazli asinxron motor.** Bunday motorlar da rotor pazining balandligi uning enidan  $6 \div 12$  marta katta bo'ladi (1.6-rasm). Bu pazlarda qisqa tutashgan mis yoki aluminiy steijenlar joylashgan bo'ladi. Ishga tutushirishning boshlang'ich paytida ( $s=1$ ) rotordagi tok chastotasining o'zgarishi katta bo'ladi va tokning tarqalishi asosan induktiv qarshilikka bog'liq bo'ladi. Shu sababli sterjenning yuqori qismida tokning siqilishi vujudga kelib, aktiv qarshilik oshishi tufayli ishga tushirish momenti oshadi. Sirpanish  $s = s_N$  bo'lganda rotorning chastotasi  $f_2 = f_1 * s$  kichik bo'lganligidan va uning induktiv qarshiligi ham kichik bo'ladi. Bu holda tokning tarqalishi sterjen balandligi bo'ylab bir xilda bo'ladi (1.6,d-rasm, 2-chiziq). Natijada rotorning aktiv qarshiligi tezda kamayadi va bir vaqtning o'zida rotordagi tarqoq magnit oqimi  $\Phi_{a2}$  ning o'zgarishi  $x_2$  ning o'zgarishiga olib keladi. Chuqur pazli motorlarda ishga tushirish momentining karraligi  $M_{it}/M_N = 1,2 \div 1,4$ , ishga tushirish tokining karraligi esa  $I_U/I_N = 4,5 \div 6,5$  ni tashkil qiladi.

**2. Qo'sh katakli motor.** Bu motorning rotori ikkita qisqa tutashgan chulg'amlardan iborat. Tashqi katak (2) *ishga tushirish chulg'ami* hisoblanib, uning ko'ndalang kesim yuzasi kichik bo'lgan sterjenlardan iborat, shu sababli uning aktiv qarshiligi katta bo'ladi. Ichki katak (1) *ishchi chulg'am* deyiladi va u ko'ndalang kesim yuzasi katta bo'lgan steijenlardan iborat, shu sababli uning aktiv qarshiligi kichik bo'ladi. Ishga tushirish katagi bronza yoki latundan, ishchi chulg'ami esa misdan tayyorlanadi.



1.7-rasm. Qo 'sh katakli motor rotorining umumiy ko'rinishi (a) (bunda: 1- ishchi katak sterjenlari, 2 - ishga tushirish (chulg'ami) sterjenlari, 3- rotorning po 'lat ozagi; 4 - sterjenlarni qisqa tutashiruvchi halqalar); b - 1- va 2- sterjenlar joylashgan pazning qirgimi; d - tok zichligining ishga tushirish paytida (I) va normal ishlashida (2) tarqalish diagrammasi; e - mexanik xarakteristikalari Sterjenlarning pastki qismi tarqoq oqim bilan ularning yuqori qismiga nisbatan ko'proq ilashadi (1.7-rasm). Sterjenlarning induktiv qarshiligi ularning pastki tomonida juda katta bo'ladi. Shu sababli rotor tokining deyarli hammasi ishga tushirish katagidan o'tadi. Rasmda ishga tushirish va normal ishlash toklari zichliklarining taqsimlanishi ko'rsatilgan

### 1.3. Sinxron motorli elektr yuritmalarni ishga tushurish.

Sinxron motorning elektromagnit momenti stator va rotor magnit maydonlari ta'sirlashishi natijasida hosil bo'lib, rotorining va stator magnit maydonining aylanish chastotalari sinxron bo'lsa, elektromagnit moment o'zining ishorasini o'zgartirmaydi.

Agarda sinxron motorning stator chulg'ami bevosita tarmoqqa ulansa, motor ishga tushib keta olmaydi, chunki rotori qo'zg'almas bo'lganda stator magnit maydonining qutblari yarim davrda rotorning bir xil qutblari bilan, davrning qolgan yarmida rotorning boshqa qutblari bilan ta'sirlashadi. Buning oqibatda momentning ishorasi o'zgaradi. Hamda rotorning mexanik inersiyasi hisobiga moment rotorni yarim davrda aylantirib yubora olmaydi. Sinxron motorni ishga tushirishning quyidagi usullari mavjud:



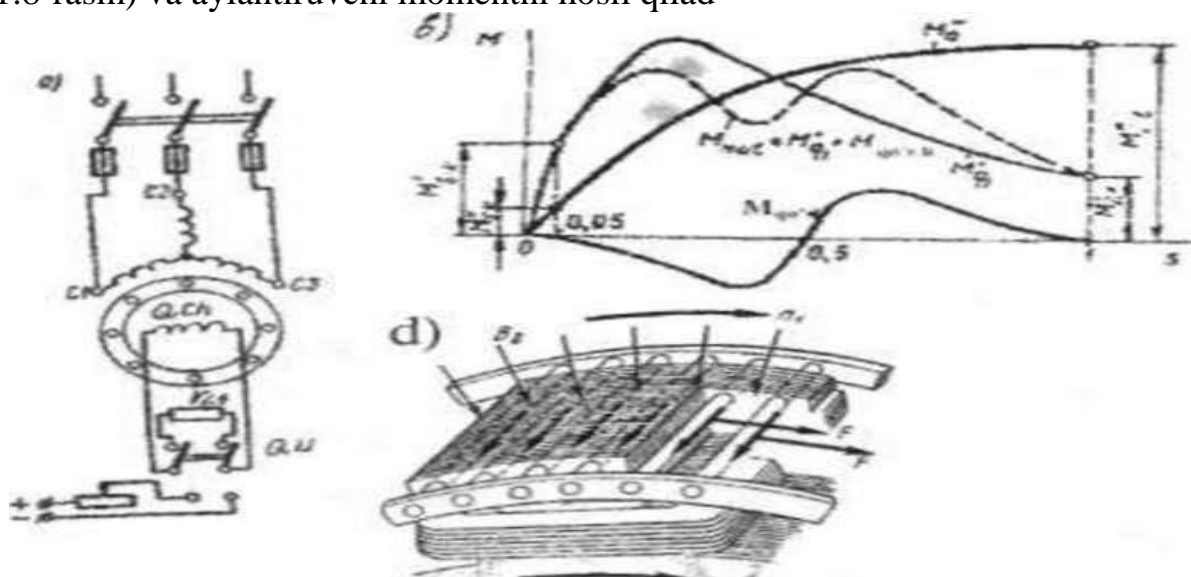
- ✓ yordamchi motor vositasida,
- ✓ tok chastotasini o'zgartirish yo'li bilan
- ✓ asinxron usulda ishga tushirish. Bu usullardan eng ko'p qo'llaniladigani asinxron usulda ishga tushirishdir.

**Yordamchi motor vositasida ishga tushirish.** Dastlab sinxron motorning rotori  $n \approx n_N$  ga yaqin aylanish chastota bilan yordamchi motor vositasida aylantiriladi. Bunda qo'zg'atish chulg'ami o'zgarimas tok manbaiga ulangan, stator chulg'ami esa ochiq bo'lib, sinxron motor salt ishlayotgan generator rejimida ishlaydi. So'ngra generator parallel ulash shartlari bajarilgan holda tarmoqqa parallel ulanadi. Shundan so'ng yordamchi motor ajratiladi va sinxron generator motor rejimiga o'tadi. Yordamchi motor sifatida odatda qutblar soni sinxron motornikidan ikkita kam bo'lgan faza rotorli asinxron motor qo'llaniladi (bu holda sinxron motorning aylanish chastotasini sinxron chastotagacha yetkazish mumkin) valining quvvati sinxron motor quvvatining 10÷20 % ini tashkil etadi.

**Tok chastotasini o'zgartirish yo'li bilan ishga tushirish.** Bu usul chastota o'zgartgich qurilmasi bo'lgan sharoitda amalga oshirilishi mumkin. Bunday chastota o'zgartgich yordamida kuchlanish chastotasi noldan nominal qiymatgacha oshirib boriladi, natijada stator magnit maydonining aylanish chastotasi ham oshib boradi. Rotor esa aylanma magnit maydoni yo'nalishi bo'yicha nominal chastota bilan aylanadi.

**Asinxron usulda ishga tushirish.** Bu usul bilan sinxron motorni ishga tushirishi uchun rotor qutblari uchliklarida ishga tushirish chulg'ami o'rnatilgan bo'lishi lozim. Bu chulg'am asinxron motorning qisqa tutashtirilgan chulg'amiga o'xshagan bo'ladi.

Sinxron motorni asinxron usulda ishga tushirish sxemasi 1.8 a- rasmda keltirilgan. Stator chulg'ami uch fazali tok manbaiga ulanganda undan uch fazali tok o'tib, statorda aylanma magnit maydon hosil bo'ladi. Bu maydon rotordagi ishga tushirish chulg'amini kesib o'tib, unda EYK va tok hosil qiladi. Ishga tushirish chulg'amidagi tok aylanma magnit maydon bilan ta'sirlashib elektromagnit kuch (1.8-rasm) va aylantiruvchi momentni hosil qilad



1.8-rasm. Sinxron motorni: a — asinxron usulda ishga tushirish sxemasi va b — ishga tushirishdagi asinxron momentlar, bunda:  $M$  — asosiy moment;  $M_{qo'z}$  — qo'zg'atish chulg'ami konturida bir o'qli effekt tufayli vujudga keladigan qo 'shimcha moment;  $M_{s.k}$  — sinxronizmga kiritish momenti;  $M_{i.t.}$  — ishga tushirish momenti;  $F_{rm}$  - ishga tushirish chulg'ami sterjenlaridagi elektromagnit kuchlar;  $QCh$  - qo'zg'atish chulg'ami;  $QU$  - qayta ulagich;  $r_{i.t.}$  — asinxron usulda ishga tushirishda qo'zg'atish chulg'amiga ulanadigan aktiv qarshilik;  $d$  — demifer cho'lg'am.

Agar  $M_{cm} > M_t$  bo'lsa rotor aylana boshlaydi, rotorning aylanish chastotasi stator aylanma magnit maydonining sinxron aylanish chastotasiga yaqinlashganda ( $n=0,95 n_1$ ) qo'zg'atish chulg'amiga o'zgarimas tok beriladi. Bu tok sinxronlovchi moment  $M_s$  ni hosil qiladi. Shu moment ta'sirida motor sinxron aylanish chastota bilan ishlay boshlaydi.

Ishga tushirish vaqtida qo'zg'atish chulg'amini ochiq qoldirib bo'lmaydi, chunki statorning aylanma magnit maydoni o'ramlar soni ko'p bo'lgan qo'zg'atish chulg'amida uning izolatsiyasi va sinxron motorni ishga tushiruvchilar uchun juda xavfli bo'lgan katta qiymatli EYK hosil qiladi. Shuning uchun sinxron motorni ishga tushirishda uning qo'zg'atish chulg'ami o'z qarshiligidan taxminan 10 marta katta bo'lgan aktiv qarshilik ( $r_{i.t.} \approx 10 r_{qo'z}$ ) ka ulangan bo'lishi lozim.

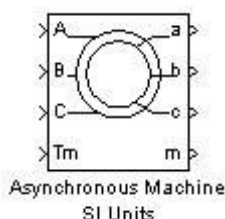
Qo'zg'atish chulg'amini qisqa tutashtirish ham mumkin enms, chunki bu holda u nosimmetrik bo'lgan bir fazali konturni hosil qiladi. Bu kontur qo'shimcha momentni hosil qilib, sinxron motorning mexanik xarakteristikasida aylanish chastotasining  $n = n_s/2$  ga yaqin qiymatida aylantiruvchi moment ning kamayishiga olib keladi (1.8.b- rasm). Buning oqibatida rotor aylanish chastotasi sinxron qiymatigacha yeta olmasligi ham mumkin.

Agar sinxron motor ulanadigan tarmoqning quvati nisbatan kam bo'lsa, motorni asinxron usul bilan ishga tushirishda ishga tushirish tokining ta'siridan tarmoqda juda katta kuchlanish pasayishi hosil bo'ladi. Bunday holda ishga tushirish tokini kamaytirish uchun sinxron motor tarmoqqa avtotransformator, reaktor yoki tokni cheklaydigan boshqa qurilmalar yordamida ulanadi.

#### 1.4. Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarni ishga tushurish jarayonining “Matlab” dasturidagi modeli.

Asinxron mashinaning modeli

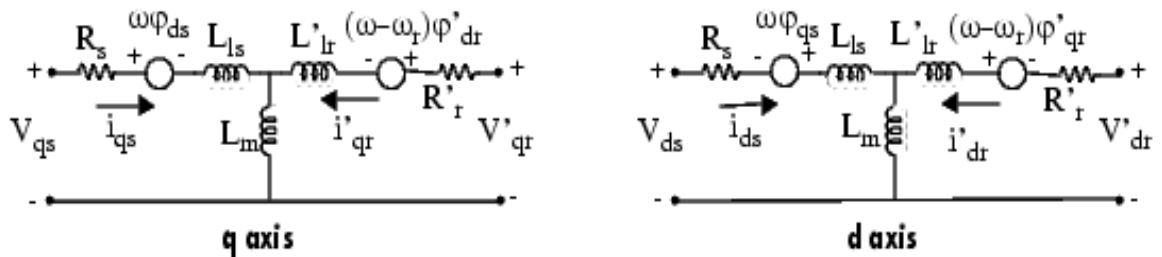
Piktogrammasi:



Vazifasi:

Dvigatel va generator rejimlarida ishlaydigan asinxron elektr mashinasini modellaydi. Mashinaning ishlash rejimi elektromagnit momentning ishorasiga asosan aniqlanadi.

Modelning A, B va S portlari mashina stator cho'lg'aming chiqishlari, a, b va s portlari esa rotor cho'lg'aming chiqishlari bo'lib Hisoblanadi. Modelning Tm porti Harakatlanishga qarshilik momentini boshqarish uchun xizmat qiladi. Modelning m chiqish portida 21 elementdan iborat vektor signal shakllanadi. Ular quyidagilar: Harakatlanmaydigan va aylanuvchi koordinatalar sistemalarida rotor va statorning toklari, magnit oqimlari va kuchlanishlari, elektromagnit moment, valning aylanish tezligi va uning burchak xolati. Mashina elektr qismining boshlang'ich tenglamalari ikki fazali (dq-o'qlar) koordinatalar sistemasi uchun yozilgan. Mashinaning almashtirish sxemasi 1.9-rasmda keltirilgan.



1.9-rasm. Asinxron mashinaning almashtirish sxemasi

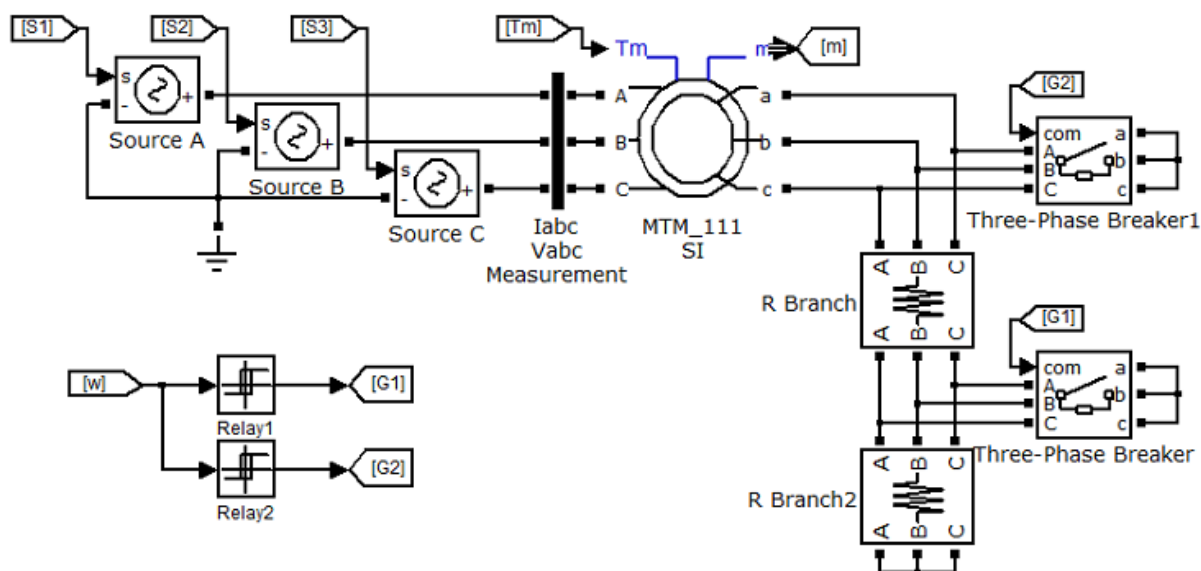
Mashina elektr qismining tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega:

$$\begin{aligned}
 V_{qs} &= R_s i_{qs} + \frac{d}{dt} \varphi_{qs} + \omega \varphi_{ds} & \varphi_{qs} &= L_s i_{qs} + L_m i'_{qr} \\
 V_{ds} &= R_s i_{ds} + \frac{d}{dt} \varphi_{ds} - \omega \varphi_{qs} & \varphi_{ds} &= L_s i_{ds} + L_m i'_{dr} \\
 V'_{qr} &= R'_r i'_{qr} + \frac{d}{dt} \varphi'_{qr} + (\omega - \omega_r) \varphi'_{dr} & \varphi'_{qr} &= L'_r i'_{qr} + L_m i_{qs} \\
 V'_{dr} &= R'_r i'_{dr} + \frac{d}{dt} \varphi'_{dr} - (\omega - \omega_r) \varphi'_{qr} & \varphi'_{dr} &= L'_r i'_{dr} + L_m i_{ds} \\
 T_e &= 1.5 p (\varphi_{ds} i_{qs} - \varphi_{qs} i_{ds}) & L_s &= L_{ls} + L_m \\
 & & L'_r &= L'_{lr} + L_m
 \end{aligned}$$

Tenglamalar sistemasidagi indekslar quyidagi qiymatlarga ega:

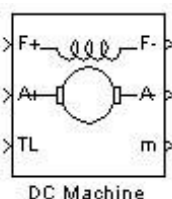
d – o'zgaruvchining d o'qqa proekstiyasi;

- q - o'zgaruvchining q o'qqa proekstiyasi;
- r – o'zgaruvchi yoki rotorning parametri;
- s - o'zgaruvchi yoki statorning parametri;
- L – sochilish induktivligi;
- m – magnitlash zanjirining induktivligi.



1.10 –rasm. Asinxron motorni to'g'ridan – to'g'ri tarmoqqa ulash, ishga tushurish jarayonining “Matlab” dasturidagi modeli

O'zgarmas tok mashinasi DC Machine  
Piktogrammasi:



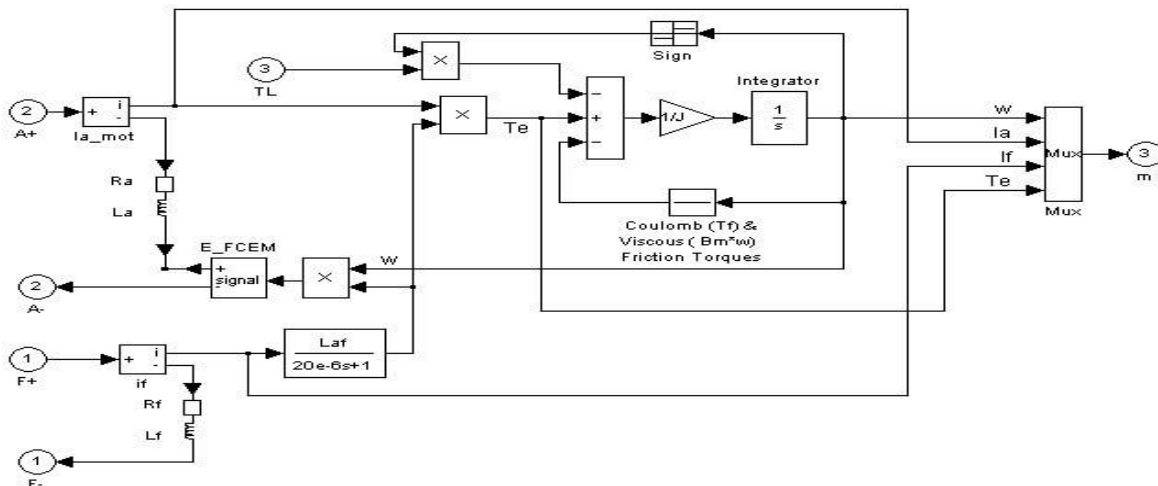
Vazifasi:

O'zgarmas tok elektr mashinasini modellaydi.

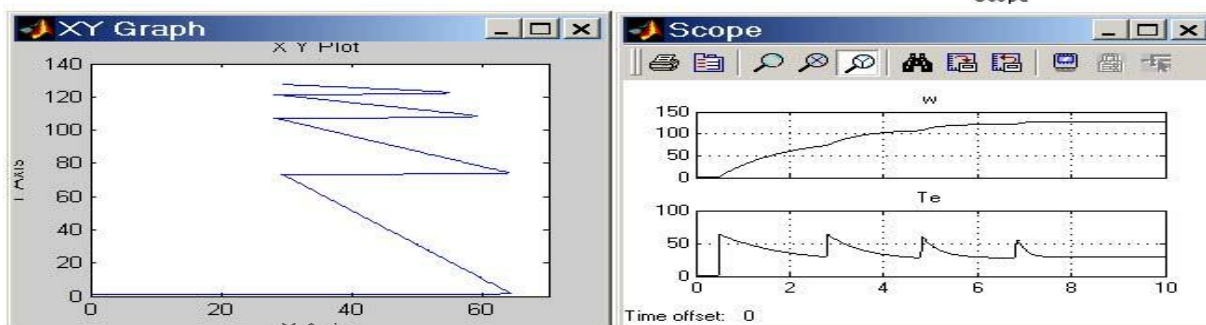
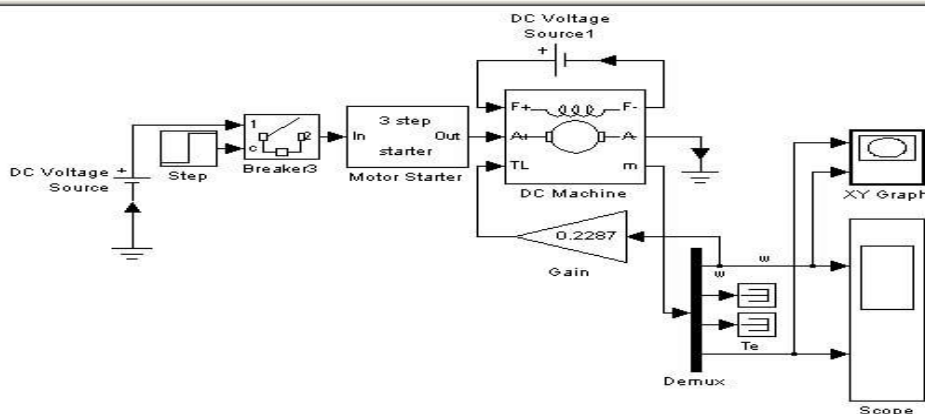
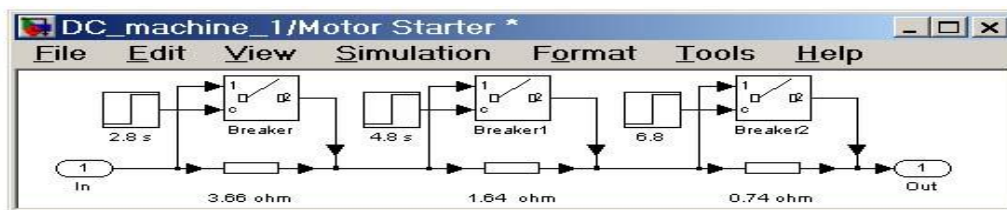
Modelning A+ i A- portlari mashina yakor cho'lg'aming chiqishlari, F+ i F- portlar esa qo'zg'atish cho'lg'aming chiqishlari bo'lib Hisoblanadi. TL porti Harakatlanishga qarshilik momentini uzatish uchun mo'ljallangan. Chiqish porti m

da to'rtta elementdan iborat bo'lgan vektor signal shakllanadi: tezlik, yakor toki, qo'zg'atish toki va mashinaning elektromagnit momenti.

O'zgaras tok mashinasi modelining sxemasi 1.11-rasmda ko'rsatilgan.



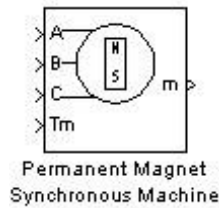
1.11-rasm. O'zgaras tok mashinasi modelining sxemasi



1.12-rasm. Uch pog'onali ishga tushirish qurilmasi (Motor Starter bloki) yordamida dvigatelni yurgizish sxemasining modeli

## Sinxron mashinaning modeli

Piktogrammasi:



Vazifasi:

Doimiy magnitga ega bo'lgan klassik sinxron mashinaning modeli bo'lib Hisoblanadi. Bunday mashinalarda Havoli oraliq katta bo'lganligi sababli, modelda magnit zanjirining to'yinishi Hisobga olinmagan. Modelning A, B va S portlari mashina stator cho'lg'aming chiqishlari vazifasini bajaradi. Kirish porti  $T_m$  orqali qarshilik momenti beriladi. Modelning  $m$  chiqish portida 10 elementdan iborat bo'lgan quyidagi vektor signallar shakllanadi:

1-3: stator cho'lg'aming toklari -  $i_a, i_b, i_c$ , [A];

4-5: stator toklarining q va d o'qlariga proekstiyalari -  $i_q$  va  $i_d$ , [A]; ,

6-7: stator kuchlanishlarining q va d o'qlariga proekstiyalari -  $V_d$  va  $V_q$ , [A];

8: rotorning tezligi  $\omega_r$ , [rad/s];

9: rotorning burilish burchagi  $\theta$ , [rad]

10: elektromagnit moment  $T_e$  [N·m].

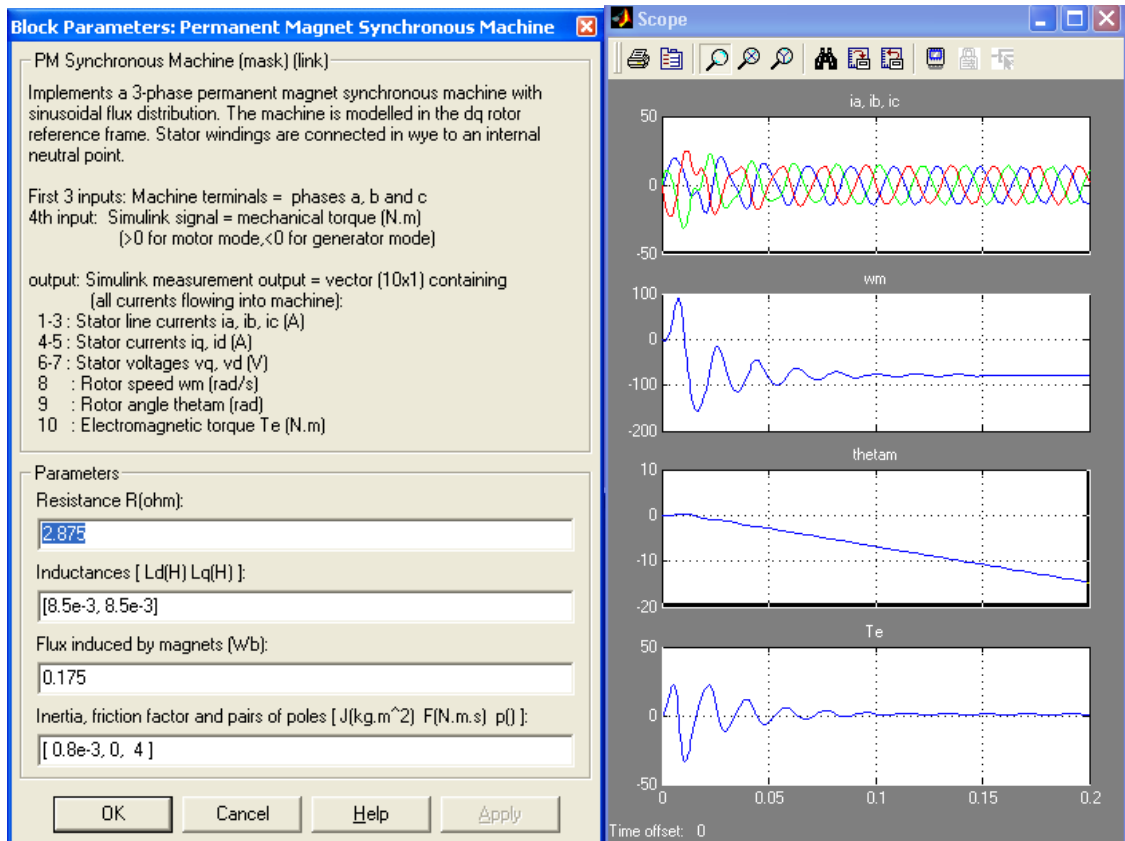
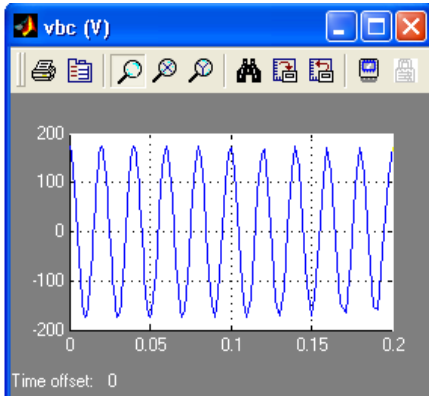
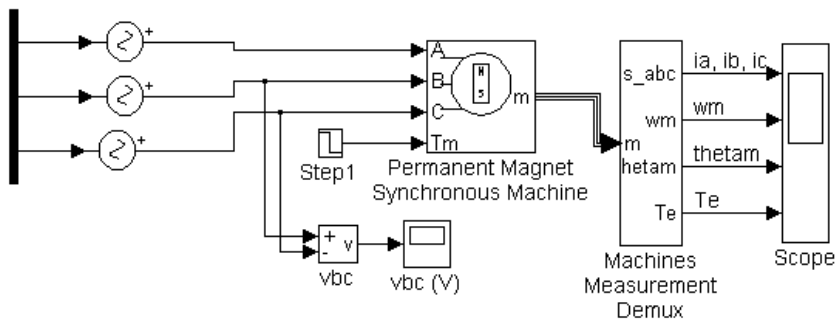
Modelning elektr qismi rotor bilan bog'langan tenglamalar sistemasi bilan ifodalanadi:

$$\frac{d}{dt}i_d = \frac{1}{L_d}v_d - \frac{R}{L_d}i_d + \frac{L_q}{L_d}p\omega_r i_q$$

$$\frac{d}{dt}i_q = \frac{1}{L_q}v_q - \frac{R}{L_q}i_q - \frac{L_d}{L_q}p\omega_r i_d - \frac{\lambda p \omega_r}{L_q}$$

$$T_e = 1.5 p [\lambda i_q + (L_d - L_q) i_d i_q]$$

Doimiy magnitli sinxron mashinaning dvigatel rejimida ishlashiga misol 1.13-rasmda keltirilgan.



1.13-rasm. Doimiy magnitli sinxron mashinaning motor rejimida ishga tushushi

## 2 – bob. Elektr yuritmalarning tezligini rostdlash jarayonining tahlili.

### 2.1. O'zgarimas tok motorli elektr yuritmalarning tezligini rostdlash.

*Dastlabki ma'lumotlar.* O'TM lari nihoyatda xilma-xil va kerak tomonga o'zgartirila olinadigan rostdlash xarakteristikalariga ega. Shu sababli bunday motorlar aylanish chastotasi keng ko'lamda o'zgaradigan qurilmalarda (masalan: metall jo'valaydigan katta dastgohda, elektr transportida va boshqa qurilmalarda) juda ham kerakli hisoblanadi.

O'TM ning rostdlash xarakteristikalari uning aylanish chastotasini o'zgartirishdagi xususiyatlarini aniqlab beradi. Bu xususiyatlaiga quyidagilar kiradi:

- 1)  $n_{m \cdot ix} / n_{mln}$  nisbat bilan aniqlanadigan aylanish chastotani rostdlash chegaralari;
- 2) elektr uskunasi ketgan dastlabki xarajatlar va keyingi ishlatilish jarayonidagi chiqimlar nuqtayi nazardan aylanish chastotani rostdlashning tejamliligi;
- 3) rostdlashning xarakteri, ya'ni tekis yoki pog'onali ekanligi;
- 4) rostdlash asbob-uskunasi va aylanish chastotani rostdlash bo'yicha bajariladigan ishning soddaligi va ishonchliligi.

Tenglamalardan kelib chiqqan holda O'TM EYK lar muvozanat tenglamasiga binoan quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$n = [U - I_e (R_a + R_r)] / (C_E \Phi) \quad (2.1)$$

*bu yerda*  $\Phi = \Phi_{qo'z} - \Delta\Phi$ ;  $\Delta\Phi$  - yakor reaksiyasining magnitsizlovchi ta'siri tufayli magnit oqimi kamayishining kattaligi;

$R_e = r_a + r_c + r_{qo'sh.q} + r_{qo'z} + r_{ch}$  - yakor zanjiriga ketma-ket ulangan barcha chulg'amlarning va cho'tkalardagi o'tish qarshiligi ( $r_{ch}$ ) ning yig'indisi.

(2.1) formuladan ko'rinishicha, O'TM larining aylanish chastotasini uchta usul bilan, ya'ni:

- 1) qo'zg'atish tokini o'zgartirish (bunda magnit oqimi  $\Phi_{qo'z}$  o'zgaradi);
- 2) yakor chulg'ami zanjiriga ulangan reostat vositasida;
- 3) tarmoq kuchlanishi  $U$  ni o'zgartirish bilan rostdlash mumkin ekan.

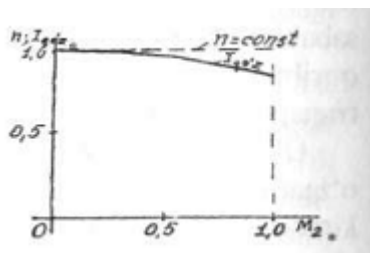
#### **Parallel va mustaqil qo'zg'atishli motorlarning rostdlash xarakteristikalari.**

Parallel qo'zg'atishli motorning  $n = n_N = \text{const}$  va  $U = U_{qo'z} = \text{const}$  bo'lgandagi rostdlash xarakteristikasi -  $I = f(M_2)$ . Shartga ko'ra,  $U = U_{qo'z} = \text{const}$  bo'lganda magnit oqimi kam o'zgariganligidan parallel qo'zg'atishli motorning aylanish chastotasi  $n$  kam o'zgaradi. Shu sababli aylanish chastotasini  $n = \text{const}$  qilish uchun zarur bo'lgan qo'zg'atish toki ning o'zgarishi ham kam bo'ladi (2.1-rasm).



O'TM validagi yuk momenti  $M_2$  oshganda, aylanish chastotasini  $n = \text{const}$  qilish uchun, qo'zg'atish toki  $I_{qo'z}$  ni kamaytirish zarur bo'ladi (bunda  $F$  ham kamayadi).

O'TMning aylanish chastotasini uning qo'zg'atish tokini o'zgartirish yo'li bilan rostlashda energiya isroflari juda ham kam bo'ladi, chunki qo'zg'atish toki  $I_{qo'z}$  yakor toki  $I_a$  ning atigi bir necha foizini tashkil qiladi, xolos.



**2.1-rasm.** Parallel qo'zg'atishli motorning  $n=n_N=\text{const}$  va  $U=U_N=\text{const}$  bo'lgandagi  $n=f(M)$  xarakteristikasi.

Shunday qilib, O'TM aylanish chastotasini rostlashning ko'rib chiqilgan usuli ancha qulay bo'lib, u aylanish chastotani bir tekis, nihoyatda sodda va tejimli o'zgartirish imkoniyatini beradi. *Shu sababli bu usul amalda keng qo'llaniladi.*

Yakor zanjiriga ketma-ket ulangan qarshilikni o'zgartirish yo'li bilan aylanish chastotasini rostlash. *Bu holda yakorga beriladigan kuchlanish ( $U$ ) reostatdagi kuchlanish pasayishi tufayli kamayadi.*

EYK lar muvozanat tenglamasiga:

$$U_a - I_a R_a = E_a \quad (2.2)$$

asosan, yakor zanjiridagi kuchlanish pasayishi  $I_a R_a$  yakor chulg'aming EYK  $E_a$  ni kamaytiradi. Magnit oqimining qiymati  $F = \text{const}$  bo'lganda bu EYK ning kamayishi aylanish chastotasi  $n$  ning kamayishi hisobiga sodir bo'ladi.

Biz tahlil qilib chiqqan usul bilan aylanish chastotasini kamayish tomonga keng ko'lamda o'zgartirish mumkin, lekin yakor zanjiriga ulangan rostlash reostatida energiya isroflari katta bo'lib, bu esa FIK ning kamayishiga olib keladi.

O'TM validan olinayotgan foydali (mexanik) quvvat, burchak aylanish chastota  $\omega$  ga bog'liq bo'ladi:  $P_2 = M_2 \omega$ . Foydali moment  $M_2 = M = \text{const}$  bo'lganda FIK quyidagi mutanosiblikka ega bo'ladi:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{M_2 \omega}{(U_a I_a)} \equiv \omega \equiv n. \quad (2.3)$$

Bundan, FIK aylanish chastotasi  $n$  ga to'g'ri mutanosibda bo'lar ekan, demak, aylanish chastotasi kamaygan sari, FIK ham shuncha kam bo'lar ekan, degan xulosa kelib chiqadi. Shu sababdan yakor zanjiriga qarshilik ulash yo'li bilan aylanish chastotani rostdash usuli tejamli bo'lmaydi va bu usul amalda kam qo'llaniladi (masalan, elektr mikromotorlarida).

*Yakor zanjirining uchlaridagi kuchlanishni o'zgartirish yo'li bilan motorning aylanish chastotasini rostdash.* O'TM larining aylanish chastotasi  $n$  taxminan unga berilayotgan kuchlanish  $U$  ga to'g'ri mutanosib ravishda o'zgaradi, deyish mumkin. Odatda, O'TM larining normal ish rejimi nominal kuchlanish  $U_N$  da kechib, uni kuchlanishning  $U > U_N$  qiymatlarida ishlatish mumkin emas. Shu sababli ko'rilayotgan aylanish chastotani rostdash usuli kuchlanishning  $U < U_N$  qiymatlarida o'zgartirishga imkon beradi. Bu usulni amalga oshirish uchun O'TM mustaqil O'T manbai (masalan, O'T generatori)dan ta'minlanishi lozim bo'ladi. Bunday sistemaga generator-motor (G-M) sistemasi deyiladi. Generator esa birorta boshqa O'TM bilan aylantiriladi.

(G-M) sistemasi murakkab. uning tannarxi qimmat va energiya uch karra o'zgartirilganligi tufayli bu sistemaning FIK nisbatan kam (taxminan  $0,6 \div 0,7$ ) bo'lganligidan, so'nggi vaqtlarda O'T generatori o'rniga boshqariladigan to'g'rilagich (BT) qo'llanilib, masalan, prokat stanlarda BT-M sistemasi ishlatilmoqda.

Parallel qo'zg'atishli motorga beriladigan kuchlanishning har xil o'zgarish ( $U = \text{const}$ ) qiymatlaridagi uning tezlik xarakteristikalari  $n = f(I_a)$  absissalar o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqlardan iborat bo'ladi.

### **Ketma-ket qo'zg'atishli motorning rostdash xarakteristikalari**

*O'T Mining aylanish chastotasini hisoblash formulasi*

$n = (U - I_a R_a) / (C_E \Phi)$  ga magnit zanjiri to'yinmagan hol uchun magnit oqimi  $\Phi = K_\Phi I_a$  ni qo'lib aniqlangan

$$n = U / I_a - (\Sigma r_a + r_{r(a)}) / (C_E K_\Phi) \quad (2.4)$$

tenglamadan ko'rinishicha, ketma-ket qo'zg'atishli motor aylanish chastotasini rostdash quyidagi, ya'ni:

- 1) yakor zanjiriga reostat ulash;
- 2) qo'zg'atish chulg'amini shuntlash, ya'ni bu chulg'amga parallel qilib qarshilik ulash;
- 3) yakor chulg'amini shuntlash usullar bilan amalga oshirilishi mumkin.

Oxirgi ikkila usul. mohiyati jihatidan, O'TM aylanish chastotasi asosiy magnit oqimini (demak, qo'zg'atish tokini) o'zgartirish yo'li bilan rostdanishini ko'rsatib beradi.

*Yakor zanjiriga ketma-ket ulangan reostat vositasida O'TM ning aylanish chastotasini rostlashda uning aylanish chastotasi  $n$  kamayadi. Bu usul tejamsizdir, chunki yakor zanjiriga ulangan reostatda qo'shimcha isroflar bo'ladi.*

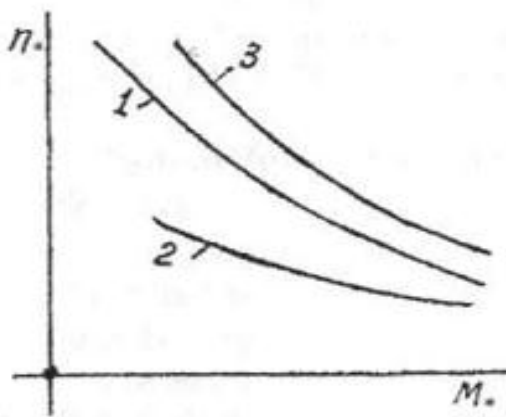
Aylanish chastotasi keng ko'lamda rostlanadigan ketma-ket qo'zg'atishli motorlar uchun yakor va qo'zg'atish chulg'amlarini qarshilik bilan shuntlash sxemasi qo'llaniladi.

*Yakor chulg'amiga reostatni parallel ulash (shuntlash) yo'li bilan O'TMning aylanish chastotasini rostlash. Agar  $U = \text{const}$  va  $M_{yu} = M = C_M \Phi I_B = \text{const}$  bo'lganda, faqat yakor qarshilik bilan shuntlansa, unda yakor toki  $I_a$  kamayadi, chunki yuklama tokining bir qismi ( $I_{sh.a}$ ) qarshilik (shunt) orqali o'tadi va liniyadagi yuklama toki bu ikkala tokning yig'indisidan ( $I = I_a + I_{sh.a}$ ) iborat bo'ladi. Lekin shartga ko'ra, yakor chulg'ami shuntlanmasdan oldin va undan keyin ham aylantiruvchi moment bir xil qiymatga ega bo'lib qolishi kerak. Ammo yakorni shuntlashdan keyin yakor toki  $I_a$  kamayadi, bu holda, moment  $M_{yu}$  o'zgarmasligi uchun, qo'zg'atish chulg'amidagi tok  $I_{qo'z}$  ning oshishi hisobiga oqim  $F$  ko'payishi lozim, demak, aylanish chastota  $n$  kamayadi (31.11-rasm, 2-egri chiziq).*

O'TM aylanish chastotasini bunday usul bilan rostlashda FIK  $n$  juda ham past, shu sababli bu usul cheklangan, ya'ni qisqa vaqt ichida O'TMning aylanish chastotasini keskin kamaytirish kerak bo'lgan hollarda (masalan, metallurgiya zavodining metall quyish sexlarida) foydalanadilar.

Bu usul yordamida aylanish chastotaning rostlash chegarasi taxminan  $1 \div 5$  gacha yetadi.

*Qo'zg'atish chulg'amiga reostatni parallel ulash (shuntlash) yo'li bilan aylanish chastotasini rostlash.  $U = U_N = \text{const}$ ,  $n = \text{const}$  va  $M_o = \text{const}$  bo'lgan ish rejimida qo'zg'atish chulg'amini  $R_{qo'z.sh.}$  qarshiligi (reostat) bilan shuntlanganda qo'zg'atish tokining bir qismi shunt orqali o'tadi. Shu sababli qo'zg'atish oqimi  $F$  kamayadi va O'TMning aylanish chastotasi  $n$  o'sadi (2.2. 1-rasm, 3-egri chiziq).  $M)U = \text{const}$  bo'lganligidan momentlarning muvozanat tenglamasiga asosan magnit oqimi  $F$  ning kamayishida yakor toki  $I_a$  ning qiymati shunchaga ko'payishi kerakki, bunda  $M_m = M = C_M \Phi I_a = \text{const}$  sharti bajarilsin. 2.2-rasmda ketma-ket qo'zg'atishli motorning tabiiy mexanik xarakteristikasi (1-egri chiziq) taqqoslash usullarining ahamiyatini belgilash uchun keltirilgan.*



2.2-rasm. Ketma-ket qo'zg'atishli motorning tezlik (mexanik) xarakteristikalari: 1 - shuntlanmagan normal hol; 2 - qo'zg'atish chulg'amishuntlangan hol.

asosan magnit oqimi  $F$  ning kamayishida yakor toki  $I_a$  ning qiymati shunchaga ko'payishi kerakki, bunda  $M_m = M = C_M \Phi I_a = \text{const}$  sharti bajarilsin. 2.2-rasmda ketma-ket qo'zg'atishli motorning *tabuy mexanik xarakteristikasi* (1-egri chiziq) taqqoslash usullarining ahamiyatini belgilash uchun keltirilgan.

Qo'zg'atish chulg'ami va shuntlovchi reostatning qarshiliklari kam bo'lganligidan bu reostatdagi quvvat isroflari ham kam bo'ladi.

Shunday qilib, tahlil qilingan rostlash usuli ketma-ket qo'zg'atishli motorning aylanish chastotasini oshirishga imkon beradi, hamda bu usul juda ham tejamlidir. Bu usul ko'pincha tortish elektr motorlarida ishlatiladi.

### **O'zgarmas tok motorlari aylanish chastotasini rostlashning zamonaviy usullari**

O'TM larida aylanish chastotasining rostlash quyidagi:

- 1) reostat- kontaktorli;
- 2) boshqariladigan to'g'rilagich-motor (BT-M) sistemasi vositasida;
- 3) impulsli rostlash usullar orqali amalga oshiriladi.

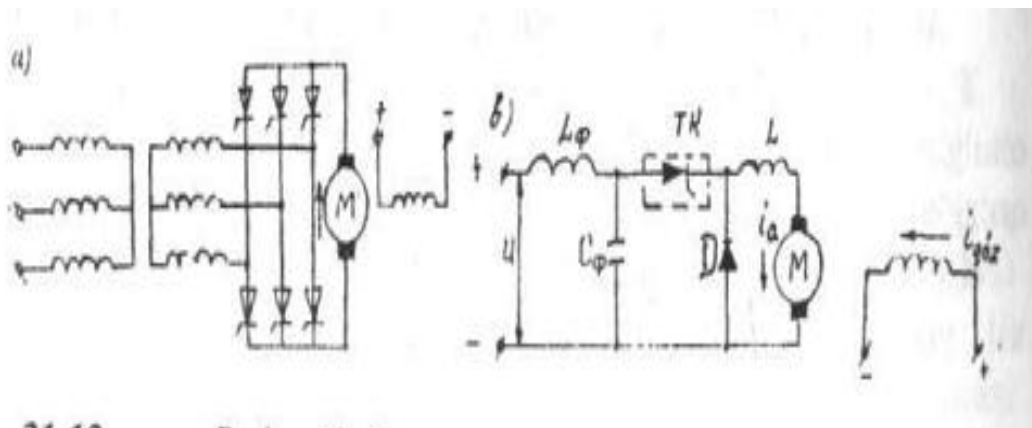
Rostlashning 1-usuli asosan kam va o'rta quvvatli elektr motorlarida keng qo'llaniladi. Reostat-kontaktorli boshqarishda:

- a) aylanish chastotasi nominal qiymatidan kam talab qilingan ( $n < n_N$ ) hollarda yakor zanjiriga qo'shimcha qarshilik ulab rostlanadi;
- b) oshirilgan aylanish chastotalari ( $n > n_N$ ) da qo'zg'atish tokini o'zgartirib rostlanadi.

Reostat-kontaktorli boshqarishni avtomatlashtirishning murakkabligi, ta'mirlash va ishlatishga katta chiqimlar talab qilinganidan, hozirgi vaqtda takomillashgan boshqarish sistemasi bilan almashtirilmoqda.

Tiristorlar asosida tayyorlangan boshqariladigan to'g'rilagichda bir vaqtning o'zida ham to'g'rilash. hamda to'g'rilangan kuchlanishni rostlash

jarayoni amalga oshiriladi. Bu usulni amalda qo'llash natijasida hosil bo'lgan BT-M sistemasining FIK G-M sistemasinikiga nisbatan oshadi.



2.3-rasm. Boshqariladigan to'g'rilagichdan ta' minlanadigan mustaqil qo'zg'atishli motorning aylanish chastotasini roslash sxemasi (a) va o'zgaras tok motorini impulsli roslash (b):  $a_f S_f$  - kirish filtri (tozalagichi); TK - tiristorli kalit; D - teskari diod;  $L_f$  - induktivlik

## 2.2. Asinxron va sinxron motorli elektr yuritmalarning tezligini roslash.

Tezlikni roslashning bu usuli, ko'p tezlikli deb nom olgan maxsus tayyorlangan qisqa tutashuv rotorli AD larda amalga oshiriladi. Ushbu AD larning xususiyati shundaki, ularning stator cho'lg'amlari ikki bir xil sekstiyalardan (yarim cho'lg'amlardan) tuzilgan bo'ladi. Ularning turli ulanish sxemalari hisobiga, AD ning juft qutblari soni  $r$  o'zgartirilishi mumkin. Sinxron tezlik  $\omega_0 = 2\pi f_1 / r$  formulasiga muvofiq, bu magnit maydonining aylanish tezligi  $\omega_0$  ni o'zgartiradi va shu bilan AD tezligini ham roslaydi.

AD ning juft qutblar soni faqat diskret qiymatlarga ega bo'lganligi uchun ( $r=1,2,3,4,\dots$ ) AD ning tezligi ham bunda faqat bosqichli roslanadi.

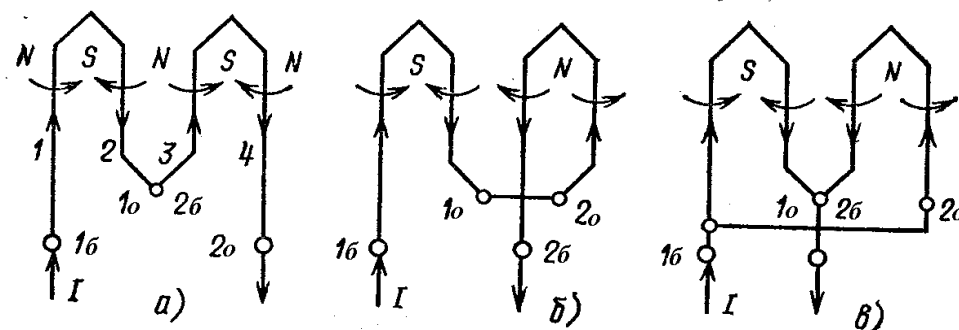
Quyidagi misolda, stator cho'lg'amlarining sekstiyalarini qayta ulash orqali turli juft qutblar sonini olish prinsipini ko'rib chiqamiz.

Faraz qilaylik, stator cho'lg'amining fazasi ikki bir xil sekstiyadan iborat bo'lsin:  $1b - 1o$  va  $2b - 2o$ , ularning har biri ketma ket va to'g'ri ulangan ikki o'tkazuvchiga egadir (2.4, a-rasm).

Stator cho'lg'amidan, ushbu vaqt momentida yoy bilan ko'rsatilgan yo'nalishga ega bo'lgan tok oqib o'tadi. Parva qonunidan foydalanib, o'tkazuvchilardan oqib o'tayotgan tok  $I$  hosil qilayotgan magnit kuch

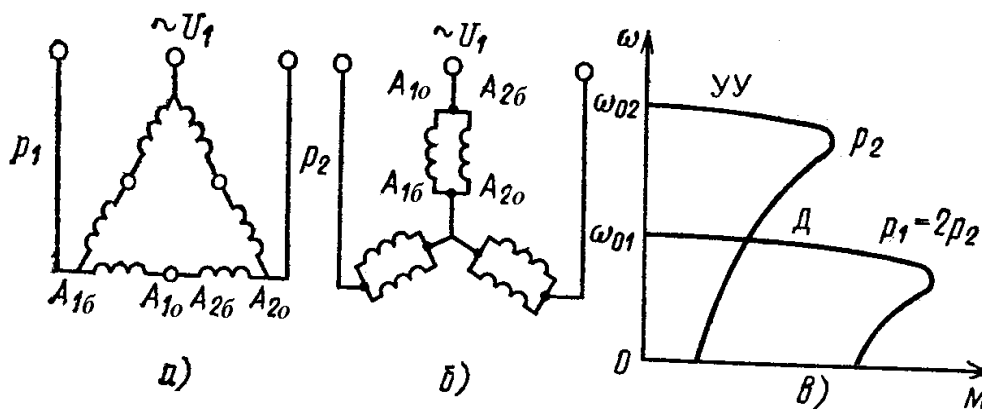
chiziqlarining yo'nalishini aniqlaymiz. Ko'rinadiki, bu holda magnet maydoni to'rtta qutbga ega bo'ladi, ya'ni  $p = 2$ .

Endi, sekstiyalar ulanish sxemasini o'zgartiramiz, ularni ketma-ket va qarama-qarshi ulaymiz (2.4,b-rasm), bunda cho'lg'amlarga beriladigan tokning yo'nalishi o'zgartirilmaydi. Bu holatda stator cho'lg'ami endi juft qutblari soni ikki marotaba kam bo'lgan magnet maydonini hosil qiladi. Juft qutblar sonini ikki marotaba kamayishi 2.4,v-rasmda keltirilgan sxemada ham hosil qilinadi, bunda sekstiyalar parallel ulanadi. Bu ikkala holatda ham juft qutblar sonini kamayishi bir sekstiyadagi (sxemada ikkinchi sekstiyadagi) tokning yo'nalishini teskariga o'zgarishi orqali amalga oshiriladi. Bunda magnet maydonining aylanish tezligini o'zgarish diapazoni ikkiga teng bo'ladi.



2. 4-rasm. AD stator cho'lg'amlarining juft qutblari sonini o'zgartirish

Amaliyotda, ko'p tezliklik AD larning stator cho'lg'amlarini qayta ulashning ikki sxemasi qo'llaniladi: uchburchakdan ( $\Delta$ )-ikkilangan yulduzchaga ( $\lambda$ - $\lambda$ ) va yulduzchadan ( $\lambda$ )- ikkilangan yulduzchaga ( $\lambda$ - $\lambda$ ).



2.5-rasm. AD stator cho'lg'amlarini «uchburchak» (a), «ikkilangan yulduz» (b) ko'rinishida ulash va uchburchak - ikkilangan yulduz sxemalarining mexanik xarakteristikalari (v).

«Uchburchak - ikkilangan yulduz». Katta qiymatdagi juft qutblar sonini  $r_1$  olish uchun statorning har bir fazasidagi sekstiyasi uchburchak sxemasida ketma-ket va to'g'ri ulangan (2.5, a-rasm,  $A_{1b}$  va  $A_{2b}$  - A fazaning mos ravishda birinchi va ikki sekstiyasining boshlari,  $A_{1o}$  va  $A_{2o}$  -ularning oxiri). Sekstiyalarni 1.6,v-rasmga o'xshash holda 2.5,b-rasmdagidek ulash, AD ni juft qutblar soni  $r_2$  ni ikki marotaba kamayishiga olib keladi. 2.5, b-rasmdagi sxema ikkilangan yulduz sxemasi deb nomlanadi va unda stator fazalari ikkita parallel ulangan sekstiyalardan tashkil topadi.

Cho'lg'amlarining uchburchak (2) va ikkilangan yulduz (1) ulanish sxemalari uchun AD ning mexanik xarakteristikalari 2.5,v-rasmda ko'rsatilgan.

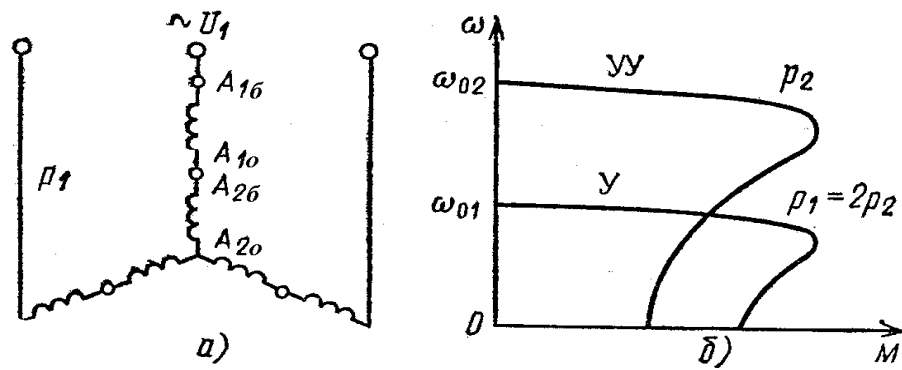
«Yulduz - ikkilangan yulduz». Bu variantda kichik tezlik (katta juft qutblar soni) yakka xoldagi yulduz sxemasida olinadi, unda har bir fazani ketma-ket ulangan sekstiyalar tashkil etadi (2.6. a-rasmga qarang). Ikkilangan yulduzga qayta ulash 2.5,b-rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha amalga oshiriladi, bunda juft qutblar soni  $r_2$  ikki marta kamayadi. Cho'lg'amlari yulduz (2) va ikkilangan yulduz (1) sxemasida ulangandagi ikki tezlikli AD ning olingan mexanik xarakteristikalari 2., b-rasmda ko'rsatilgan.

Ko'rib chiqilgan ikki tezlikli AD lardan tashqari uch va to'rt tezlikli dvigatellar ham ishlatiladi. Ulardan birinchisida, qayta ulanadigan stator cho'lg'amlaridan tashqari, shuningdek, bitta qayta ulanmaydigan cho'lg'am bor bo'ladi. To'rt cho'lg'amli AD larda turli juft qutblar  $r_1, r_2, r_3, r_4$  ga ega bo'lgan ikkita qayta ulanadigan cho'lg'amlarga bor bo'lib, ular to'rtta rostlangan mexanik xarakteristikalarni olish imkoniyatini beradi.

AD tezligini rostlashning o'rganilayotgan usuli bir qator yaxshi ko'rsatkichlarga egadir, shuning uchun u o'zgaruvchan tokli rostlanadigan elektr yuritmalarda keng qo'llaniladi. Bunga, birinchi navbatda tejamlilikni olish mumkin, chunki bunday tezlikni rostlash AD ni ortiqcha qizish va uning f.i.k. ni kamayishiga sabab bo'ladigan rotor zanjiridagi qo'shimcha energiya isroflari bilan kuzatilmaydi.

Ko'p tezlikli AD larning mexanik xarakteristikalari ( 2.5,v- va 2.6, b-rasmlar) yaxshi bikrlilik va yetarli yuklamaga chidamlilik bilan ajralib turadi. "Yulduz - ikkilangan yulduz" ulanish sxemasi - o'zgarmas yuklama moment, "uchburchak - ikkilangan yulduz" sxemasi esa - o'zgarmas quvvat xarakteriga ega bo'lgan elektr yuritma yuklamasida qo'llash maqsadga muvofiqdir.

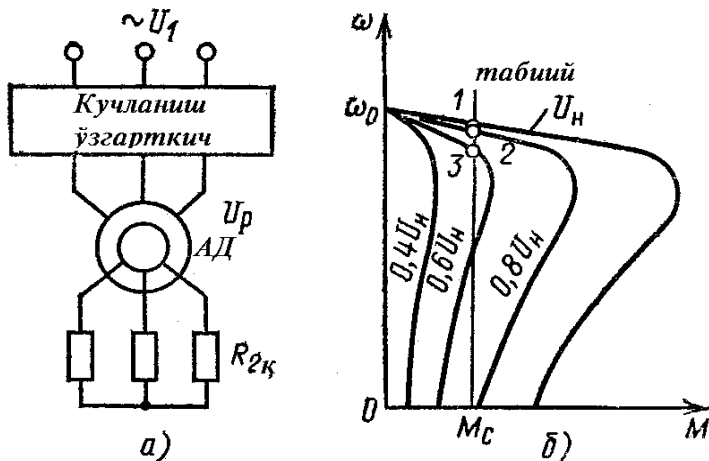
Ko'rib chiqilgan usulning kamchiligi dvigatel tezligi o'zgarishining bosqichligi va uni, odatda,  $D=6\div 8:1$  dan ortmaydigan, nisbatan katta bo'lmagan rostlash diapazonidadir.



2.6-rasm. Asinxron motor stator cho'lg'amlarini «yulduz» ko'rinishida ulash (a) va «yulduz – ikkilangan yulduz» sxemalarining mexanik xarakteristikalari (b).

### Kuchlanishni o'zgartirish yordamida asinxron dvigatelli elektr yuritma koordinatalarini rostdash

AD koordinatalarini rostdashning mumkin bo'lgan usullaridan biri, uning statoridagi kuchlanish qiymatini o'zgartirishdir, bunda ushbu kuchlanishning chastotasi o'zgarmas bo'lib, u o'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasiga teng bo'ladi.



2.7-rasm. AD koordinatalarini statoridagi kuchlanishini o'zgartirish orqali rostdash: a – sxema; b - mexanik xarakteristikalar

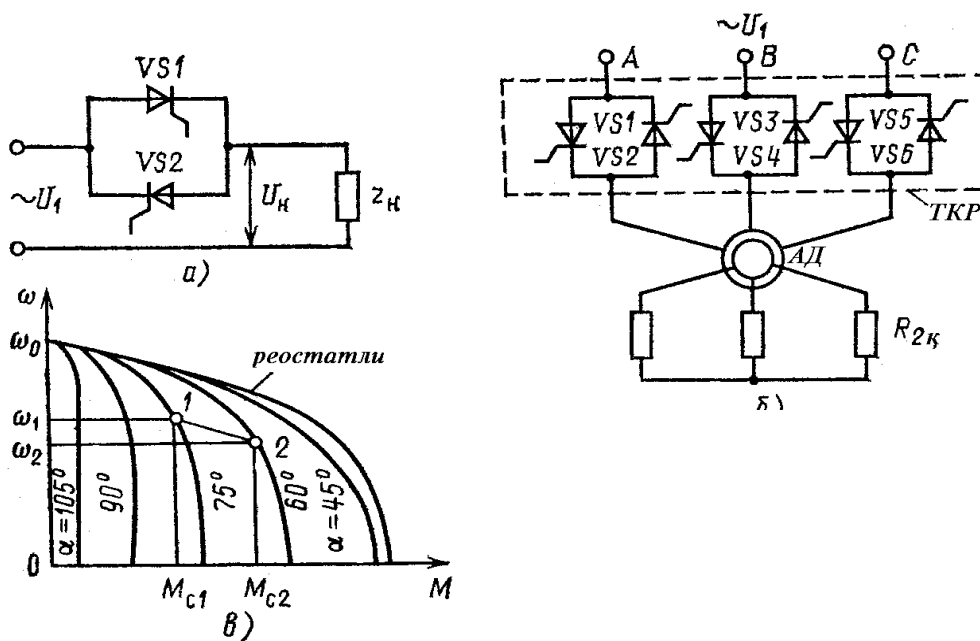
o'zgartirish mumkin va shu bilan birga sunoiy xarakteristikalar olinadi. AD ning kritik sirpanishi va uning sinxron tezligi kuchlanishga bog'liq emas va ular uni rostdashda o'zgarmsdan qoladi.



2.7, b-rasmda AD ni, uning statoridagi kuchlanishni rostlashdagi mexanik xarakteristikalari keltirilgan. Ushbu grafiklardan ko'rinadiki, olingan sunoiy xarakteristikalar tezlikni rostlash maqsadlariga kam to'g'ri keladi, chunki kuchlanishni kamayishi bilan AD ning kritik momenti va uning yuklamaga chidamlilik qobiliyati juda keskin ravishda kamayadi, tezlikni rostlash diapazoni esa juda kichikdir. Shu sabablarga ko'ra, 2.7,a - rasmda ko'rsatilgan ochiq sxema asosan AD ning momenti va uning tokini rostlash uchun foydalaniladi. AD tezligini rostlash uchun esa yopiq tizimlar yaratiladi.

**"Tiristorli kuchlanish rostlagichi (regulyatori) – asinxron dvigatel" tizimi.** AD statoridagi kuchlanishni rostlash uchun turli qurilmalar ishlatiladi; avtotransformatorlar, magnit kuchaytirgichlar (to'yinish drossellari) va tiristorli kuchlanish rostlagichlari, (TKR-TRN). Tiristorli kuchlanish rostlagichlari, Hozirgivaqtda, o'zlarining yuqori f.i.k., xizmat ko'rsatishidagi soddaligi, ishlatishni oson avtomatlashtirish mumkinligi sababli juda keng tarqalgan.

2.8, a-rasmda bir fazali yuklamadagi ( $Z_n$ ) kuchlanishni rostlash sxemasining kuchli tokli qismi keltirilgan.

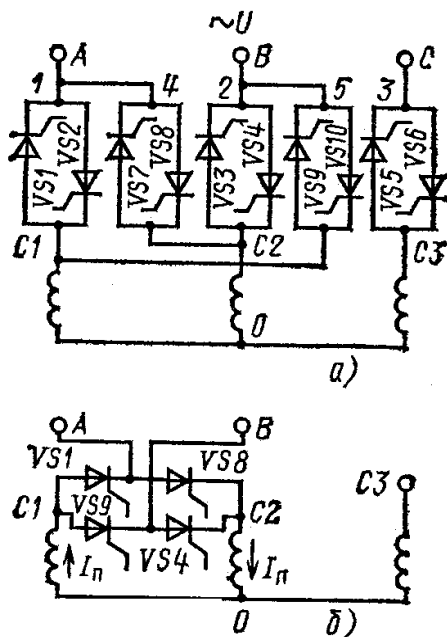


**2.8-rasm. «TKR-AD» tizimida koordinatalarni rostlash: a – bir fazali sxema; b – elektr yuritmaning ochiq sxemasi; v – ochiq sxemaning mexanik xarakteristikalari**

Agar VS1 va VS2 tiristorlarga boshqarish impulslari berilmagan bo'lsa, unda ular yopiq va yuklamadagi kuchlanish nolga tengdir. Tiristorlarga (ularni tabiiy ochilish momentida) boshqarish impulslari berilganda (boshqarish burchagi nolga teng,  $\alpha=0$ ) ular to'la ochilgan va yuklamaga tarmoqning butun

kuchlanishi qo'yilgan bo'ladi. Agar boshqarish impulslari tiristorlarga tabiiy ochilish momentiga nisbatan biroz kechikish bilan berilsa (boshqarish burchagi  $\alpha \neq 0$ ), unda yuklamaga tarmoq kuchlanishning bir qismi qo'yilgan bo'ladi. Boshqarish burchagi  $\alpha$  ni noldan  $\pi$  gacha o'zgartirib, yuklamadagi kuchlanishni tarmoqdagi to'la kuchlanish qiymatidan nolgacha rostlash mumkin bo'ladi.

2.8, a-rasmdagi bir fazali sxema asosida AD ning statoridagi kuchlanishni rostlash uchun uch fazali sxemalar yaratiladi. Bunday oltita tiristor VS1-VS6 dan iborat sxema 2.8, b-rasmda ko'rsatilgan.



**2.9-rasm. TKR dan AD ni teskari aylantirish (a) va dinamik to'xtatish (b) uchun foydalanish**

2.9,a-rasmda AD ni reversiv boshqarish sxemasi keltirilgan bo'lib, u qarama-qarshi va parallel ulangan besh juft tiristorlar orqali amalga oshiriladi. Reversiv TKR ning tiristorlaridan foydalanib, stator zanjiriga o'zgarmas tok berishni Ta'minlash va shu orqali AD ni dinamik to'xtatishni ham amalga oshirishi mumkin. 2.9, b-rasmda, dinamik to'xtatishni amalga oshirishda boshqarish impulslari beriladigan tiristorlar ko'rsatilgan. Qolgan tiristorlarga boshqarish impulslari berilmaydi.

Shunday qilib, TKR yordamida AD ni ishga tushirish, revers qilish, to'xtatish 'amda uning tezligi, toki va momentini rostlash mumkin. Ko'rib chiqilayotgan tizimning asosiy afzalliklari bo'lib uning nisbatan soddaligi, ishonchliligi, avtomatlashtirishni osonligi va boshqarishni qulayligidir. Shu bilan birga, tizim kichik tezliklarda ishlaganda, rotor cho'lg'amlaridagi katta isroflar bilan xarakterlanadi.

### **Elektr yuritma koordinatalarini «chastota o'zgartkich – asinxron dvigatel» tizimida rostlash**

Hozirgi paytda, chastotaviy usul eng istiqbolli usullaridan biri bo'lib, u AD tezligini rostlashda keng qo'llaniladi. Usulning mo'iyati shundaki, AD olayotgan kuchlanishning chastotasi  $f_1$  ni o'zgartirib,  $\omega_0 = 2\pi f_1 / r$  ifodaga muvofiq uning tezligini  $\omega_0$  o'zgartirish va turli sunoiy xarakteristikalarni olish mumkin.

Ushbu usul tezlikni juda keng diapazonda ravon rostdashni Ta'minlaydi, olingan xarakteristikalar katta bikrlilik bilan xarakterlanadi. Chastotaviy usul yana bir muxim xossasi bilan farqlanadi: AD tezligini rostdash uning sirpanishini ortishi bilan olib borilmaydi, shuning uchun tezlikni rostdashdagi quvvat isroflari, unga katta bo'lmaydi.

AD dan samarali foydalanish va uning ishlashidagi yuqori energetik ko'rsatkichlarga - quvvat va foydali ish koeffitsientlari, yuklamaga chidamlilik qobiliyatiga ega bo'lish uchun chastota bilan bir vaqtning o'zida AD ga keltirilgan kuchlanish qiymatini ham o'zgartirishi kerak bo'ladi. Kuchlanishni o'zgartirish qonuniyati bunda yuklama momentining  $M_s$  xarakteriga bog'liq bo'ladi [1].

O'zgarimas yuklama momentida  $M_s = \text{const}$ , statoridagi kuchlanish uning chastotasiga proporsional holda rostdanishi kerak bo'ladi

$$U_1/f_1 = \text{const} . \quad (2.5)$$

Ventilyatorli xarakterdagi yuklama uchun bu bog'lanish quyidagi ko'rinishga ega

$$U_1/f_1^2 = \text{const} . \quad (2.6)$$

Tezlikka teskari proporsional yuklama momentida esa, u quyidagi ko'rinishda yoziladi.

$$U_1/\sqrt{f_1} = \text{const} . \quad (2.7)$$

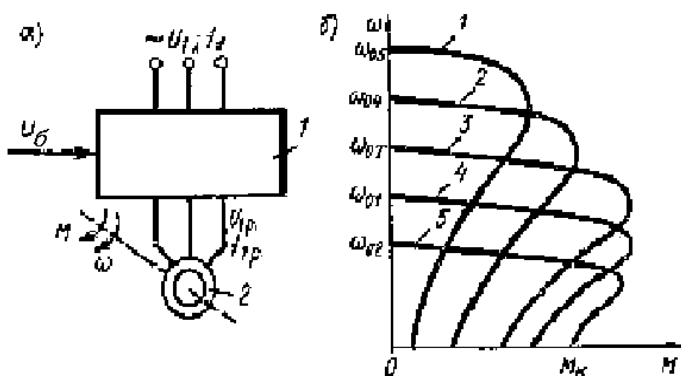
Shunday qilib, AD tezligini chastotaviy rostdash usulini amalga oshirishda, AD statoridagi kuchlanishni ham rostdash imkoni beradigan chastota o'zgartirishni qo'llanishni zarur bo'ladi.

#### **a) AD ning ulanish sxemasi va xarakteristikalari**

Elektr yuritmaning zaruriy elementi chastota va kuchlanish o'zgartirish bo'ladi (chastota o'zgartirish - ChO'), uning kirishiga tarmoqning sanoat chastotali ( $f_1=10$ ) Gst standart kuchlanishi  $U_1$  (220, 380 V va boshqalar) beriladi, chiqishidan esa rostdanadigan chastotali  $f_{1r}$  o'zgaruvchan kuchlanish  $U_{1r}$  olinadi.(2.10,a-rasm ). Chastota va kuchlanish qiymatlari o'zaro (2.5)-(2.7) formulalar orqali aniqlanadigan maolom bir bog'lanishda bo'ladi. Chiqishdagi chastota va kuchlanishni rostdash boshqaruvchi signal  $U_b$  yordamida amalga oshiriladi,  $U_b$  ning o'zgarishi oqibatda, dvigatel 2 tezligini o'zgarishiga olib keladi. AD ning mexanik xarakteristikalarini eng sodda qonuniyat  $U_1/f_1 = \text{const}$  bilan boshqarilgandagi ta'lili ko'rsatadiki, AD ning ideal salt yurish tezligi  $\omega_0 -$

chastota  $f_1$  rostlanganda o'zgaradi, kritik moment  $M_k$  esa o'zgarmasdan qoladi (1.11, ifodaga qarang). 2.10, b-rasmdagi mexanik xarakteristi-kalarni o'zining xususiyatlariga ko'ra ikki guru'ga ajratish mumkin: nominal (tarmoq) chastotasidan quyiga mos keladigan va undan yuqori bo'ladigan xarakteristikalar.

$f_1 < f_{1n}$  chastotalar sohasi. Bu so'ada  $f_{1.3} = f_{1n}$ ,  $f_{1.4} < f_{1.3}$ ,  $f_{1.5} < f_{1.4}$  (3 - 5 xarakteristikalar) chastotalar uchun  $U_1 f_1 = \text{const}$  bog'lanish bajarilishi mumkin, chunki AD ga berilayotgan kuchlanish, nominal (tarmoq) dagiga nisbatan kamayish tomoniga rostlanadi.



**2.10-rasm. Chastotaviy rostlanadigan asinxron elektr yuritmaning sxemasi a) va mexanik xarakteristikalari (b)**

stional holda o'zgar olmaydi.

$f_1 > f_{1n}$  chastotalar sohasi. AD ni normal ishlash shartlari bo'yicha kuchlanishni nominal (pasport) qiymatidan yuqori ko'tarish mumkin emas. Shuning uchun tezlikni ushbu so'ada rostlash o'zgarmas kuchlanishda  $U_1 = U_{1n} = \text{sonst}$  olib boriladi ( $f_{1.1}$  va  $f_{1.2}$  chastotalardagi 1 va 2 xarakteristikalar), bunda (1.11) ifodaga muvofiq kritik momenti  $M_k$  chastotani  $f_1$  ( $f_{1.1} > f_{1.2} > f_{1n}$ ) ortishi bilan kamayib boradi.

**b) Chastota o'zgartkichlarni texnikaviy amalga oshirish**

Chastotaviy rostlanadigan elektr yuritmalarning asosiy kamchiligi nisbatan murakkab sxemalarga ega bo'lgan chastota o'zgartkichlarni qo'llash zarurligidir. Elektr yuritmalarda turli ko'rinishdagi o'zgartkichlar ishlatiladi, ularni ikki guru'ga bo'lish mumkin: elektr mashinali va ventilli.

Elektr mashinali ChO', odatda u ikki mashinali agregatlardan iborat bo'ladi. Rostlanadigan AD, sinxron generatorli o'zgartkichdan quvvat oladigan sxemada, ChO' ikki qismdan iborat bo'ladi: o'zgarmas tezlik agregati. ( AD va dvigatel harakatga keltiradigan o'zgarmas tok generatori) 'amda o'zgaruvchan tezlik agregatidan (o'zgaruvchan chastotali sinxron generatorini aylantiradigan

Shuning uchun,  $M_k = \text{sonst}$  va AD o'zgarmas yuklamaga chidamlilik qobiliyatiga ega bo'ladi. Shuni ta'kidlash kerakki, statorning aktiv qarshiligini  $R_1$  ta'siri ostida [(1.11) formulani chiqarishda bu hisobga olinmagan],  $M_k$  moment AD ning kichik tezliklarida bir muncha kamayadi, shuning uchun  $M_k = \text{sonst}$  ni o'zgarmasdan ushlab turish uchun kuchlanish kichik chastotalarida unga propor-

rostlanadigan o'zgarimas tok dvigateli) iborat bo'ladi. Bu o'zgartkichlar bir qator kamchiliklarga ega, ulardan asosiylari - f.i.k. ning kamligi (energiyani to'rt karra o'zgartirish oqibatida), sershovqinligi va inerstiyaliligidir.

Hozirgivaqtda *ventilli chastota o'zgartkichlar* keng tarqalgan. Shunday o'zgartiruvchi qurilmasi rostlanadigan chastota o'zgartkich bo'lgan ventilli o'zgaruvchan tok elektr yuritmasi "chastota o'zgartkich - asinxron dvigatel" (ChO'-AD) tizimi deb ataladi.

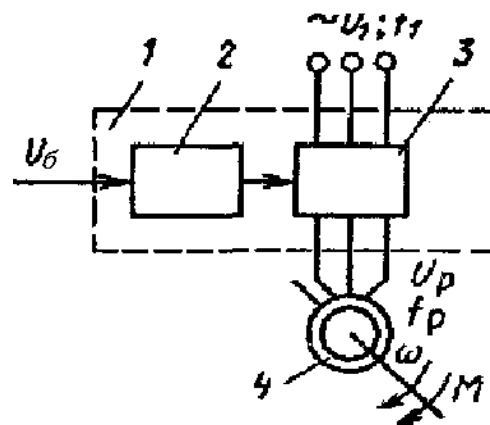
Ventilli ChO' lardan foydalanish rostlanadigan chastotaviy elektr yuritmaning texnikaviy-iqtisodiy ko'rsatkichlarini oshirish (uning f.i.k. va tezkorligini orttirish, shovqinni yo'qotish va xizmat ko'rsatishni soddalashtirish hisobiga) imkoniyatini yaratadi.

Ventilli ChO'lar ikki guru'ga bo'linadi:

1) bevosita bog'lanishli o'zgartkich (stiklokonvertor) unda to'g'rilagich va invertor funkstiyalari birlashtirilgan bo'ladi. Bundan o'zgartkichning chiqish chastotasi olti fazali sxema qo'llanganda ham tarmoq chastotasi 50 gerstda 15 - 16 gerstdan ortmaydi. Chiqishdagi kuchlanish bunda boshqariladigan to'g'rilagichlarga o'xshash holda rostlanadi. Boshqarishning bunday usuli fazaviy boshqarish deb nomlangan.

2) o'zgarimas tok bo'g'inli o'zgartkich (ikki bo'g'inli ChO') Chiqishdagi chastota tarmoq chastotasi bilan bog'lanmagan va u bir necha gerstdan bir necha ming gerstgacha o'zgarishi mumkin

*Bevosita bog'lanishni ChO' ning soddalashtirilgan sxemasi 2.11 - rasmda ko'rsatilgan. O'zgartkich 1 kuchli tokli qism 3 dan va u bilan bog'langan asinxron dvigatel 4 va boshqarish bloki 2 dan tashkil topgan. Ko'rsatilgan bloklar yordamida, standart kuchlanish  $U_1$  va chastota  $f_1$  li o'zgaruvchan tok elektr energiyasini rostlanadigan kuchlanish  $U_r$  va chastota  $f_r$  li o'zgaruvchan tok energiyasiga o'zgartirish amalga oshiriladi. Kuchli tokli qism 3 yarim o'tkazgichli asboblari (tiristor yoki tranzistorlar) asosida, va ba'zi bir hollarda muvofiqlashtiruvchi transformatorlardan ham iborat bo'ladi.*



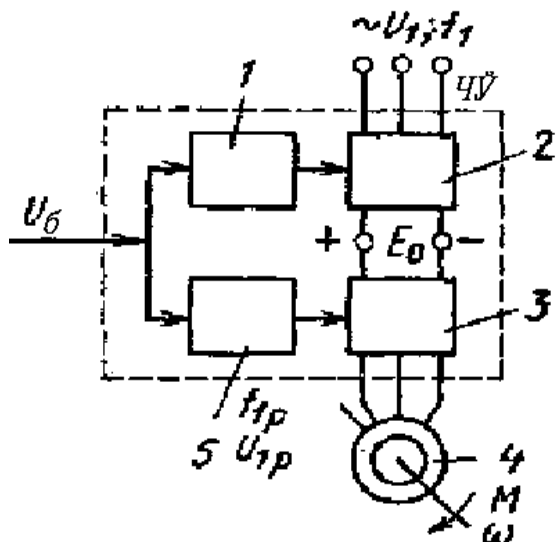
**2.11- rasm. Bevosita bog'lanishli chastota o'zgartkichning blok-sxemasi**

O'zgarimas tok bo'g'inli ChO' ning sxemasi ikki asosiy blokdan iborat bo'ladi: boshqariluvchi to'g'rilagich 2 (2.12 - rasm) va boshqariluvchi invertor 3 dan 'amda boshqarish bloklari 1 va 5 dan tuzilgan bo'ladi. Standart chastota  $f_1$  li tarmoq kuchlanishi  $U_1$  boshqariluvchi to'g'rilagich 2 kirishiga berildi, to'g'rilagich

o'zgaruvchan  $U_1$  ni o'zgarimas kuchlanish  $E_0$  ga o'zgartiradi. Bu kuchlanishni, boshqarish bloki 1 yordamida keng ko'lamda rostdlash mumkin. To'g'rilangan va rostlanadigan  $E_0$  kuchlanish, inverter 3 ning kirishiga beriladi, u esa o'zgarimas tok kuchlanishi  $E_0$  ni rostlanadigan chastota  $f_r$  li uch fazali kuchlanish  $U_r$  ga o'zgartiradi. Inverter 3 chiqishidagi kuchlanish  $U_r$  dvigatel 4 ga beriladi. Invertorning chiqishidagi kuchlanish chastotasi  $f_r$  boshqarish bloki 5 orqali boshqaruv signali  $U_b$  funkstiyasida rostlanadi.

O'zgarimas tok bo'g'inli ChO' ning muxim xususiyati, AD statoridagi kuchlanish chastotasini tarmoqdagiga nisbatan ham quyiga, ham yuqoriga ravon rostdlashni Ta'minlash imkoniyatidir.

Boshqariluvchi inverterlarning ko'rinishlari. hozirda chastotaviy asinxron elektr yuritmalarda tiristorli va kuchli tokli tranzistorli inverterlar ishlatiladi. Tiristorli inverterlar, tiristorlarni kommutastiya qilish ko'rinishlari, ularni ulanish sxemalari, AD dagi kuchlanishning rostdlash usullari bilan farqlanadi.



2.12 – rasm. O'zgarimas tok bo'g'inli chastota o'zgartkichning sxemasi

Tiristorlardagi tokning kommutastiya qilish usuliga ko'ra, inverterlar tarmoqdan boshqariluvchi va avtonom (mustaqil, AI) inverterlarga bo'linadi.

Tarmoqdan boshqariluvchi inverterlarda tokning tiristordan tiristorga kommutastiyasi, Ta'minlovchi manbaning o'zgaruvchan tok kuchlanishi bilan amalga oshiriladi. Avtonom inverterlarda tokning kommutastiyasi uchun maxsus kommutastiya tuguniga (uzeliga) birlashtirilgan elementlar – tiristor, diod, kondensator va induktivlik g'altaklar qo'llaniladi.

Avtonom inverterlar kuchlanish va tok inverterlariga bo'linadi.

Avtonom kuchlanish inverterlari (AKI – AIN) kuchlanish manbasiga, masalan chiqishiga katta sig'imli kondensator qo'yilgan boshqariluvchi to'g'rilagichga ulanadi. AKI biki tashqi xarakteristikaga ega bo'ladi, ya'ni yuklama tokini o'zgarishi bilan, uning chiqishidagi kuchlanishi amaliy ji'atdan o'zgarmaydi. Ushbu xossalari sababli, AKIdan foydalanilganda, dvigatelga boshqaruvchi ta'sirlar sifatida chastota va kuchlanish bo'ladi. Avtonom tok inverterlarini (ATI – AIT) Ta'minlash tok manbasidan, masalan katta

induktivlikka ega bo'lgan reaktor qo'yilgan boshqariluvchi to'g'rilagichdan amalga oshiriladi. ATIdan foydalanilganda, ADga boshqaruvchi ta'sirlar chastota va stator toki bo'ladi.

Hozirgivaqtda, avtonom invertorli asinxron elektr yuritmalar kichik (10 kVtgacha) va o'rta (500 kVtgacha) quvvatli sistemalarning asosiy ko'rinishi bo'lib qoldi. Bunda 50 kVtgacha quvvatlar diapazonida, avtonom kuchlanish invertori sxemasida kuchli tokli tranzistorlar qo'llaniladi. Avtonom tok invertorlari asosan bundan yuqori quvvatlar diapazoni va faol to'xtatish talab qilinadigan yuklamalar (stentrifuga, sinov qurilmasi, kran va boshqalar) uchun ishlatiladi.

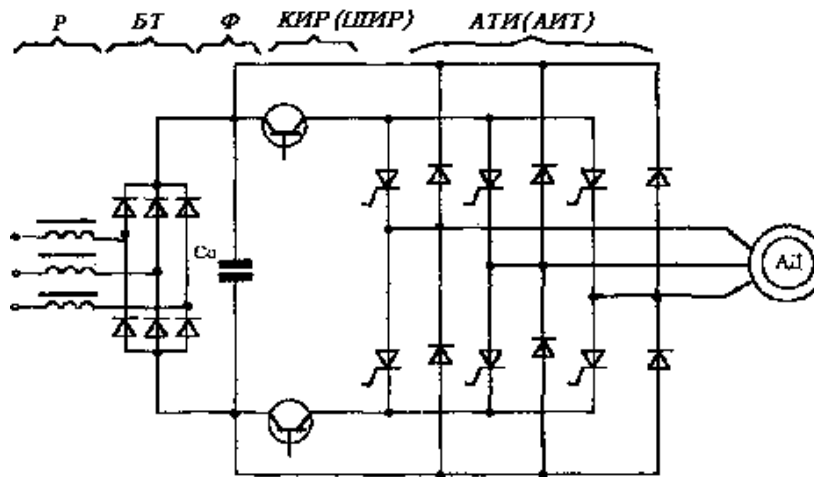
ChO' larda tiristorlar o'rniga kuchli tokli tranzistorlardan foydalanish, elektr energiyasining rostdash va o'zgartirish sxemasini sezilarli soddalashtiradi, chunki ularni tokdan uzish faqat boshqaruv signalini olib tashlash orqali hosil qilinadi. Shu sababli, o'zgartirishning o'lchamlari (gabariti) va massasi kamayadi, u yuqori f.i.k. ga va ishonchlikka, Ta'minlovchi tarmoqqa kam ta'siri 'amda birga yaqin bo'lgan quvvat koeffitsientiga ega bo'ladi. Ushbu qurilmalar raqamli boshqaruv texnikasi, xizmat ko'rsatish va taxshis (diagnostika) sistemalari bilan qulay birikadi.

O'zgarmas tok bo'g'inli ChO' da yuklamadagi (AD statoridagi) kuchlanishni rostdash yoki maxsus kuchlanish rostdagichi (regulyatori) yoki invertorning o'zida amalga oshiriladi.

Birinchi usul, o'z navbatida ikki yo'l orqali amalga oshiriladi - boshqariladigan to'g'rilagichdan foydalanish (fazaviy boshqarish) yoki boshqarilmaydigan to'g'rilagich va u bilan invertor o'rtasiga joylashtiriladigan kuchlanishni impuls kengligi orqali o'zgartiradigan rostdagich (kuchlanishni impulsli rostdagichi, KIR – ShIR) hisobiga. Oxirgi usulning afzalliklariga kuchlanishning rostdash diapazonini kengligi va har qanday ko'rinishdagi invertorlarni qo'llash imkoniyatini borligidir.

Ikkinchi usul, invertorining o'zida chastota va kuchlanishni rostdash funkstiyasini birlashtirish bilan bog'liqdir. U kuchlanish impulsi kengligini modulyastiya (kuchlanishni impulsli modulyastiyasi, KIM - ShIM) qilishga asoslangan bo'lib, invertor ventillarini (tiristor yoki kuchli tokli tranzistorlarni) murakkab boshqarish yordamida amalga oshiriladi.

Misol tariqasida, FarPIning «Elektr yuritma» kafedrasida ishlab chiqilgan chastota o'zgartirishning kombinastiyalashgan sxemasini [7] keltiramiz (2.13 – rasm).



**2.13 – rasm. Chastota o'zgartkichning kombinastiyalashgan sxemasi: R – induktivli reaktor; BT- boshqariluvchi to'g'rilagich; F–sig'imli filtr; KИР – kuchlanishning impuls rostlagichi; АИИ–avtonom tok invertori**

Sxemada avtonom kuchlanish invertorning uch fazali ko'prik sxemasi tiristorlarda, tranzistorlarda esa kuchlanish rostlagichlari bajarilgan. Tranzistorli rostlagichlar (bir vaqtning o'zida) kuchlanishni impuls kengligi orqali rostlashni 'amda inverter tiristorlarini toksiz kommutastiya qilishni Ta'minlaydi.

AD ni boshqarishning chastota usulidagi asosiy ko'rsatkichlarini keltiramiz. Chastotaviy boshqarish tejamlidir, chunki u AD tezligini rostlashni, elektr yuritma f.i.k. ni kamayishiga va ADning quvvatini ortirish zarurligiga olib keluvchi rotor zanjiridagi energiya isroflarini ortirmasdan turib Ta'minlaydi.

Rostlash bunday tizimda ravon va tabiiy xarakteristikaning ikkala tomoniga ham keng diapazonda amalga oshirilishi mumkin, ya'ni AD nominaldan katta yoki kichik bo'lgan tezliklarga ega bo'lish mumkin. Bunda rostlanadigan xarakteristikalar yuqori bikrikka ega, AD esa katta bo'lgan yuklamaga chidamlilik qobiliyatini saqlab qoladi. Tezlikni rostlashning amalga oshiriladigan diapazoni ochiq tizimlarda 1 - 10 ni tashkil etadi, yopiq tizimlarda uning qiymati 1000 va undan ortiq bo'lishi mumkin.

### **Asinxron dvigatel tezligini uni kaskadli sxemalarda ulash orqali rostlash**

Yuqorida ko'rib chiqilgan baosi bir usullardan foydalanib, AD tezligini rostlash (reostatli, TKR dan foydalanib va boshqalar) rotor zanjirida quvvat isroflari bilan olib boriladi, bu esa asinxron elektr yuritmaning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini sezilarli darajada pasaytiradi.



Elektr yuritmalarning quvvati bir necha yuz yoki ming kilovatt bo'lganda, sirpanishdagi isroflar o'zining absolyut qiymati bo'yicha juda katta bo'lishi mumkin. Shuning hisobiga sirpanish energiyasini foydali ishni bajarish uchun qo'llashga intilish paydo bo'lgan.

Energiya isroflari foydali ishlatilgan birinchi sxemalar, AD ning boshqa elektr mashinalari bilan maxsus ulash yo'li orqali yaratilgan. Shuning uchun ushbu sxemalar kaskadli deb nom olgan. Hozirgivaqtda, AD ning sirpanish energiyasini, qo'shimcha elektr mashinalarsiz, yarim o'tkazgichli asboblardan va transformatorlar yordamida ishlatadigan sxemalar to'zilan. Ammo bu sxemalarni ham anoanaga ko'ra kaskadli deb ataydilar.

Umumiy xolatda, kaskadli deb AD ning shunday ulanish sxemasiga aytiladiki, ular AD tezligini rostdash bilan bir qatorda energiya isroflarini ham foydali ishlatish imkonini beradi.

Ushbu energiyadan foydalanish usuliga ko'ra elektromexanik mashina-ventilli kaskad va elektrik kaskad sxemalari farqlanadi.

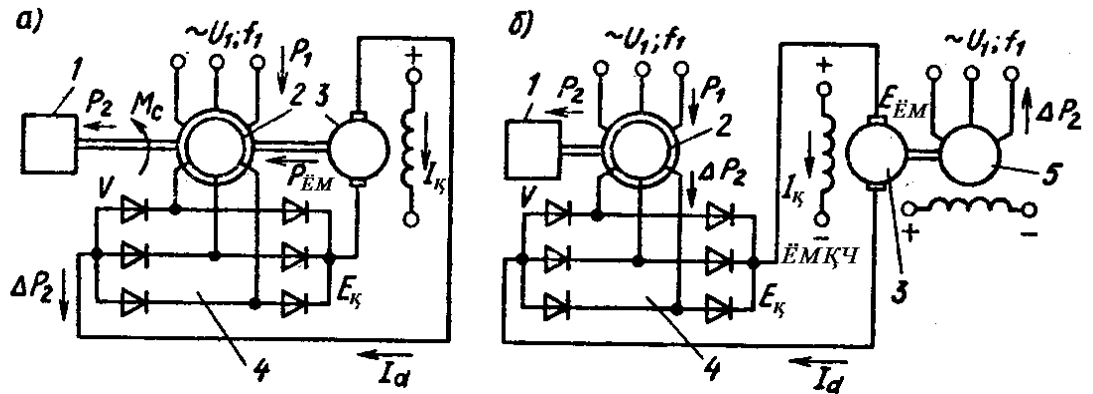
*Elektromexanik va elektrik kaskadlar.* Elektromexanik mashina – ventillik kaskadda (2.14,a-rasm) ishchi mashina 1ni harakatga keltiruvchi AD 2 ning rotor cho'lg'ami uch fazali boshqarilmaydigan to'g'rilagich 4 ga ulanadi. Ventilli to'g'rilagich chiqishiga esa yordamchi o'zgarimas tok mashinasi 3 ning yakori ulangan, uning e.yu.k.  $E_{yom}$  to'g'rilagichning e.yu.k.  $E_t$  ga qarshi yo'nalgan bo'ladi. AD (2) va mashina (3) bitta val orqali birlashtirilgan.

Ushbu sxemadagi quvvat muvozanatini ko'rib chiqamiz. Sirpanish quvvati,  $\Delta R_2$  bunda rotor  $\Delta R_{2el}$ , to'g'rilagich  $\Delta R_t$  va yordamchi mashinadagi  $\Delta R_{em}$  isroflar ayirmasidan so'ng valga mexanik quvvat  $R_{em}$  ko'rinishda keladi:

$$R_{yom} = \Delta R_2 - \Delta R_t - \Delta R_{2el} - \Delta R_{yom} \quad (2.8)$$

Agar sxemadagi isroflar hisobga olinmasa, unda ishchi mashina 1ga to'la elektr magnit quvvati  $R_{em}$  berilayotganligini aniqlash mumkin. 'aqqatdan 'am, valga ADdan  $R_2 = M\omega$  quvvat beriladi, yordamchi mashina 3 dan -  $R_{em} - \Delta R_2 = M\omega_0 s$ , natijada ishchi mashina validagi yig'ma mexanik quvvat  $R_{im}$  quyidagiga teng bo'ladi

$$R_{im} = R_2 + R_{yom} = M\omega + M\omega_0 s = M\omega_0 = R_{em} \quad (2.9)$$



2.14-rasm. Elektromexanik (a) va elektrik mashina - ventilli (b) kaskadlarning sxemalari

Shuning uchun 2.14,a- rasmdagi sxema bo'yicha amalga oshirilgan kaskadlar *o'zgarmas quvvatli kaskadlar* deb ataladi.

Elektrik kaskadda (2.14,b-rasm) elektromexanik kaskaddan farqli ravishda yordamchi mashina (3), AD (2) bilan mexanik bog'lanishga ega bo'lmaydi, u bitta val orqali, o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulangan sinxron generator (1) bilan ulangan. Shuning hisobiga, energiya isroflari, ishchi mashina 1ning valiga emas, balki generator (1) yordamida tarmoqqa beriladi, ishchi mashina 1ga esa faqat mexanik quvvat  $R_2 = M \omega$  uzatiladi.

Ushbu mashinaning kaskadli sxemalarda tezlikni rostdash yordamchi mashina 3 ning e.yu.k.  $E_{yom}$  ni qo'zg'atish tokiga  $I_q$  ta'sir etish orqali o'zgartirish hisobiga amalga oshiriladi.

Faraz qilaylik, elektr yuritma turg'un rejimda ishlayotganda qo'zg'atish tokining  $I_q$  ortishi kuzatilsin. Bu e.yu.k.  $E_{yom}$  ni ortishiga olib keladi, va shuning hisobiga to'g'rilangan tok  $I_t$  kamayadi, bu quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

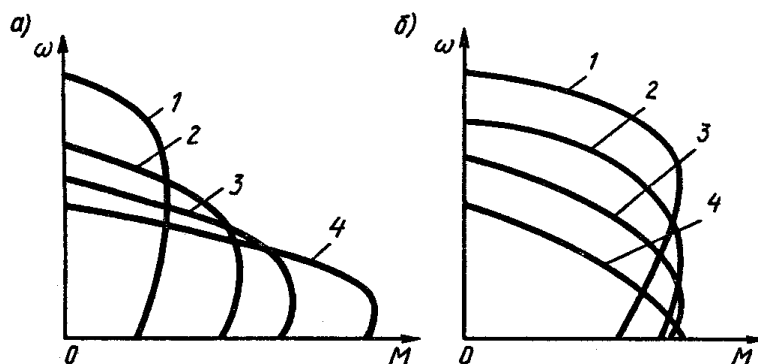
$$I_t = (E_t - E_{em}) / R_{\Sigma} \quad (2.10)$$

bunda  $R_{\Sigma}$  - to'g'rilangan tok zanjirining yig'ma aktiv qarshiligi;  $E_t$ -to'g'rilagich (4) e.yu.k.si.

$I_t$  ning kamayishi va shu bilan AD ning rotor tokini ham kamayishi uning momentini kamayishiga olib keladi, ushbu moment ishchi mashina (1) hosil qilayotgan yuklama momenti  $M_s$  dan kichik bo'lib qoladi. Natijada dvigatel tezligi kamaya boradi, uning sirpanishi va rotor cho'lg'amining  $E_2 = E_{2kS}$  e.yu.k. esa ortib boradi. Rotor e.yu.k.ning ortishi rotor tokini va shu bilan AD momentini ham ortishiga olib keladi, AD momenti yuklama momentiga yana teng bo'lib qoladi va

uning tezligi o'zgarishdan to'xtaydi. Dvigatel yana turg'un rejimda ishlay boshlaydi, ammo uning tezligi pasaygan bo'ladi.  $I_q$  tokini kamayish xolatida esa AD tezligi ortib boradi.

Elektromexanik kaskadning, qo'zg'atish tokini  $I_k$  turli qiymatlari uchun, mexanik



2.15-rasm. Elektromexanik (a) va elektrik (b) kaskadlarning mexanik xarakteristikalari

yaqin qiymatlarida, elektrik kaskadning mexanik xarakteristikasi AD tabiiy xarakteristikasiga yaqin bo'ladi (2.15,b-rasm).

Qo'zg'atish tokini ortishi bilan, sunoiiy xarakteristikalar (2-4) tabiiy xarakteristika 1 dan quyida joylashgan bo'ladi, bunda nominal qo'zg'atish tokiga  $I_{kn}$  - eng quyidagi xarakteristika mos keladi. Faqat AD (2) bilan aniqlanadigan kaskadning, maksimal momenti (2.15, b-rasmga qarang) turli xarakteristikalarda taqriban o'zgarmas saqlanib qoladi. Shuning uchun elektrik kaskad *o'zgarmas momentli kaskad* deb ham ataladi.

Hozirgi vaqtda, kuchli tokli tiristorli o'zgartkichlarning keng tarqalganligi bilan bog'liq ravishda, ular bilan elektr mashinali (aylanuvchi) o'zgartkichlarni almashtirish imkoniyati yaratiladi. Mashinali agregatlar ventilli chastota o'zgartkich bilan almashtirilishi mumkin. U, transformator 2 va invertor 3 dan tuziladi (2.16-rasm).

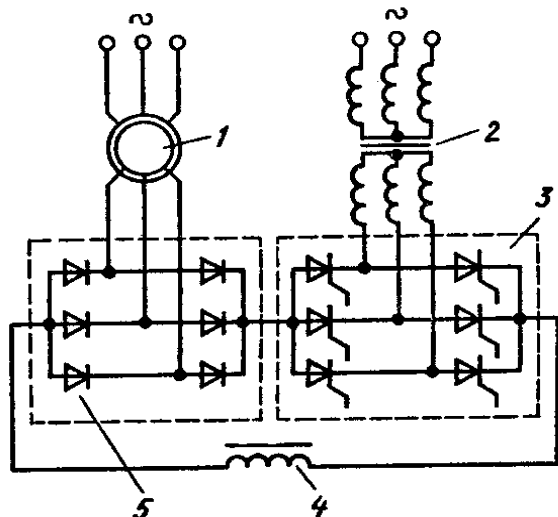
AD ning rotor cho'lg'amiga boshqarilmaydigan to'g'rilagich 5 va invertor 3, shuningdek, to'g'rilangan tokni pulpsastiyasini silliqilashtirish uchun reaktor 4 ulangan. 2.16-rasmdagi asinxron elektr yuritma *asinxron ventill kaskad* nomini olgan. Invertor, bu sxemada o'zgarmas tok energiyasini o'zgaruvchan tok energiyasiga o'zgartkich sifatida bo'ladi.

xarakteristikalaridan (2.15,a-rasm) ko'rinda-diki, kaskadning tezligini kamayishi bilan maksimal moment ortib boradi, chunki yordamchi mashinaning qo'z-g'atish tokini ortirish bilan uning momenti ham ortadi.

Yordamchi mashina qo'zg'atish tokining nol-ga

O'zgarmas tok mashinasi e.yu.k.ni rostlagandek, invertorda ham elektr yurituvchi kuchni rostdash mumkin. Shuningdek, uning mexanik xarakteristikalari mashina -ventilli elektr kaskadning xarakteristikalariga o'xshash bo'ladi.

Kaskadli sxemalarda, AD tezligini rostdashning asosiy ko'rsatkichlari quyidagilardir.



**2.16-rasm. Asinxron ventil kaskadning sxemasi**

asosiy AD - 100%, to'g'rilagich, yordamchi mashina va sinxron generator - 50%dan.

Kaskadli sxemalardagi AD ning tezligini rostdash ravonligi yuqori, va u yordamchi mashinaning yoki chastota o'zgartkichning e.yu.k. ning o'zgarish ravonligi bilan aniqlanadi. Tezlikni rostdash, tabiiy xarakteristikadan quyiga amalga

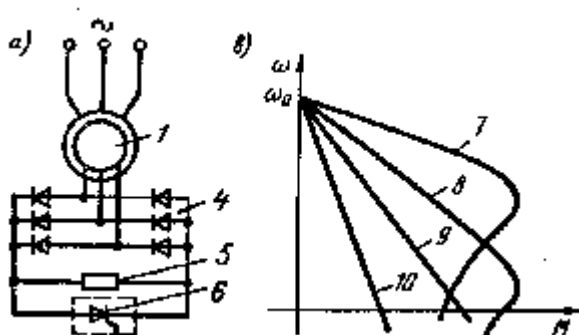
oshiriladi. Ushbu tezlikni rostdash usulini amalga oshirishdagi ancha yuqori bo'lgan kapital sarflarga qaramasdan, kaskadli sxemalarning rostdash diapazoni uncha katta bo'lmagan (2-3 dan ortiq emas) yuqori quvvatli asinxron elektr yuritmalarda qo'llash iqtisodiy ji'atdan maqsadga muvofiqdir. Bularga quvvatli ventilyator, markazdan qochuvchi nasos, kompressor, havo haydovchi va sinov qurilmalarining elektr yuritmalari kiradi.

### **Asinxron dvigatelli elektr yuritma koordinatalarini rostdashning impuls usuli**

Keyingi yillarda, yarim o'tkazgichli texnikaning rivojlanishi AD koordinatalarini rostdashning impuls usulidan keng foydalanishga olib keldi. Uning mo'iyati shundaki, bunda AD zanjirlarining yoki tarmoqning ko'rsatkichlari davriy (impulsli) o'zgartiriladi. Asinxron elektr yuritmada, bu ko'p hollarda AD ga berilayotgan kuchlanishni yoki stator va rotor

zanjirlaridagi rezistorlarning qarshiliklarini impulsli o'zgartirish orqali amalga oshiriladi.

Impulsli boshqarishni to'g'rilagich 4 va to'g'rilangan rotor toki zanjirga ulangan rezistorli 5 sxemada 'al qilish mumkin (2.17-rasm). Rezistor 5 ni shuntlash ventilli kalit (6) yordamida bajariladi, kalit boshqariladigan to'ldirish koeffitsienti  $\gamma$  (impulsning nisbiy kengligi) bilan ishlaydi. Sxemadan foydalanish AD ning,  $\gamma$  koeffitsientni turli qiymatlari uchun sunoiy mexanik xarakteristikalar to'plamini olishini Ta'minlaydi.  $\gamma = 1$  bo'lganda (kalit uzluksiz ochiq) rezistor qisqa tutashtirilgan va AD o'zining tabiiy xarakteristikasi 7 da ishlaydi.  $\gamma = 0$  bo'lganda esa (kalit 6 uzluksiz yopiq) rezistor to'la ravishda rotor zanjiriga kiritilgan va AD sunoiy xarakteristika 10 da ishlaydi. To'lg'azishning oraliq qiymatlari  $0 < \gamma < 1$  da rotor zanjiridagi rezistorning ekvivalent qarshiligi  $R_{2ekv} = (1 - \gamma)R_{2q}$  —  $0 < R_{2ekv} < R_{2q}$



**2.17-rasm. AD rotordagi to'g'rilangan tok zanjiri rezistorlarini impulsli roslash sxemasi (a) va mexanik xarakteristikalari (b).**

oralig`ida o'zgaradi va sunoiy (8,9) xarakteristikalar chegaraviylar (7, 10) oralig`ida joylashadi.

Impulps usuli, o'zining texnikaviy bajarish va AD tezligini roslashning sodda-ligi bilan farqlansada, juda sezilarli kamchilikka egadir - AD ning o'rtacha tezligi uning validagi yuklama momentiga bog'lik bo'ladi.

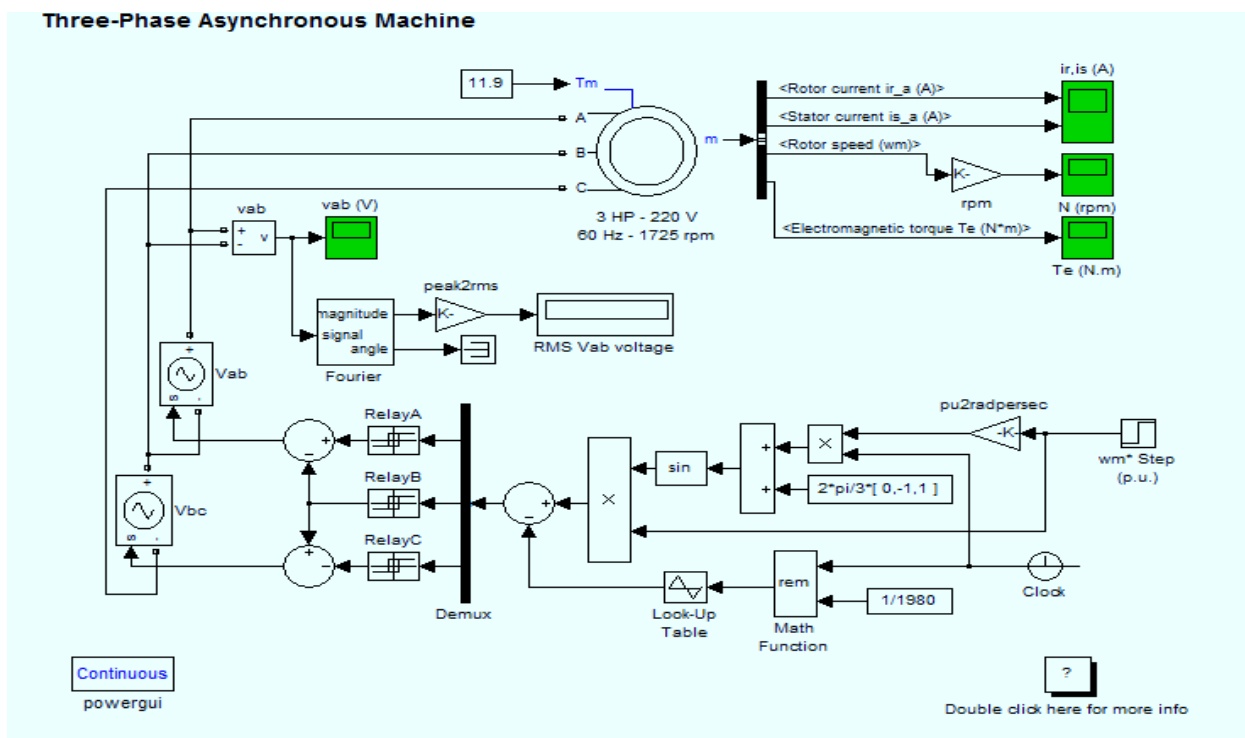
Ochiq sxemada impulsli boshqarishning xarakteristikalari kichik bikrlikka ega bo'lib, tabiiy

xarakteristikadan quyida joylashadi va katta bo'lmagan roslash diapazoniga ega bo'ladi. Energiyaning katta isroflari hisobiga bu, usulning tejamliligi ham yuqori bo'lmaydi. Impulsli yuritmaning imkoniyatlari va uni qo'llash sohasi tiristor yoki kuchli tokli tranzistorlarni 'amda yopiq tizimlarni ishlatish hisobiga kengaytiriladi. Bunday tizimlar, tezlikni 20:1 diapazonda ravon roslashni Ta'minlaydi va transportda, dastgo'sozlikda, kranlarning ko'tarish mexanizmlari va boshqa bir qator ishlab chiqarish mexanizmlarining yuritmalarida tobora keng qo'llanilmoqd

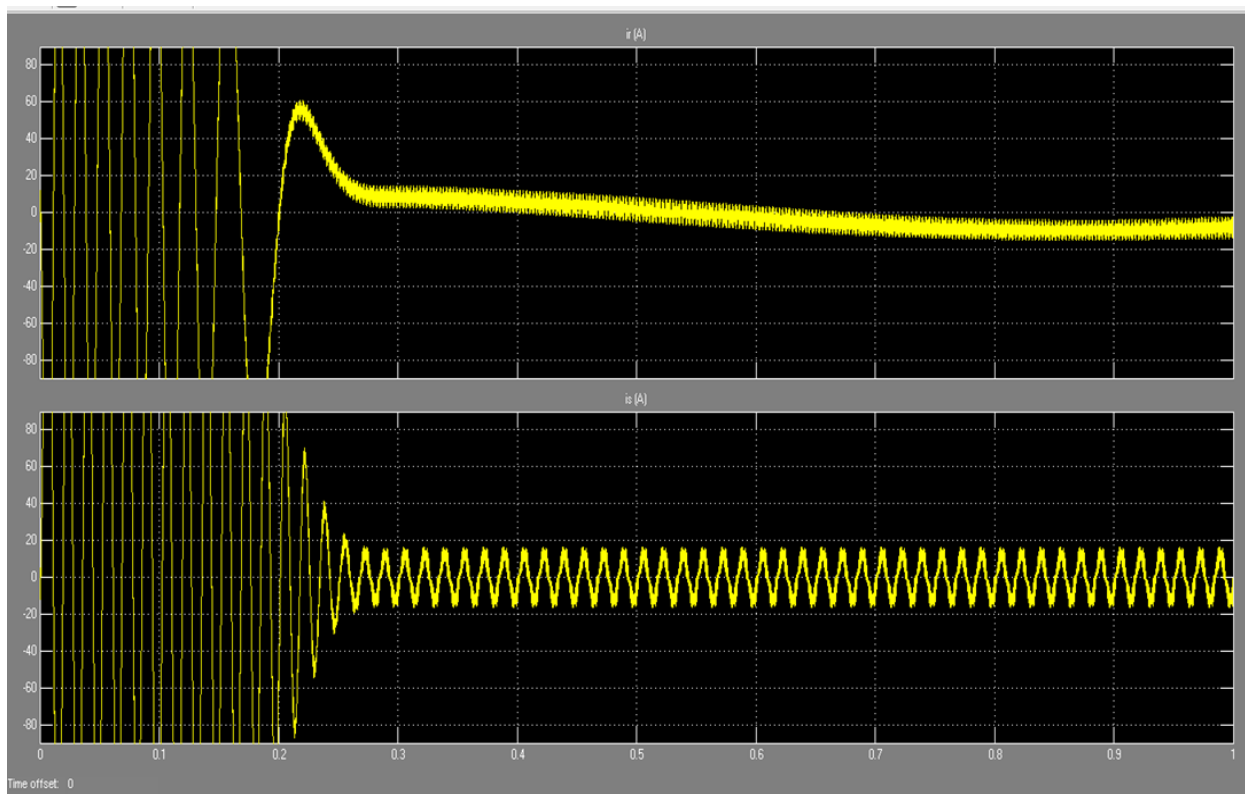
### **1.3. Tezligi roslanadigan elektr yuritmalarni tezligini roslash jarayonining "Matlab" dasturidagi modeli.**

Quyidagi modelda uch fazali asinxron motorning tarmoq kuchlanishi o'zgartirish orqali tezlikni roslashi, va natijada o'zgaradigan vector

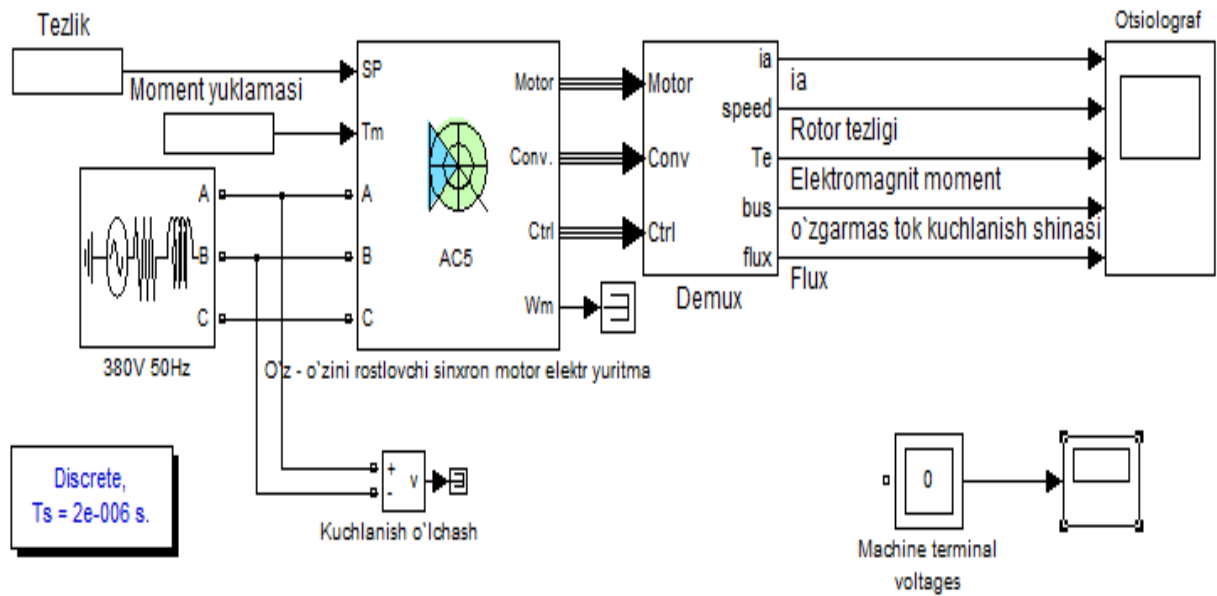
kattaliklarning holati va o`zgarishi grafiklarga ko`rsatilgan. Quyidagi modelda foydalanilgan elementlarning vazifasi tezlikni silliq rostdash imkonini yaratib berishdan iboratdir. Ostsolografdagi rotor tezligi, Elektromagnit moment, stator va rotorda hosil bo`ladigan toklar aks ettirilgan.



Stator va rotor tokining o`zgarishlar grafigi

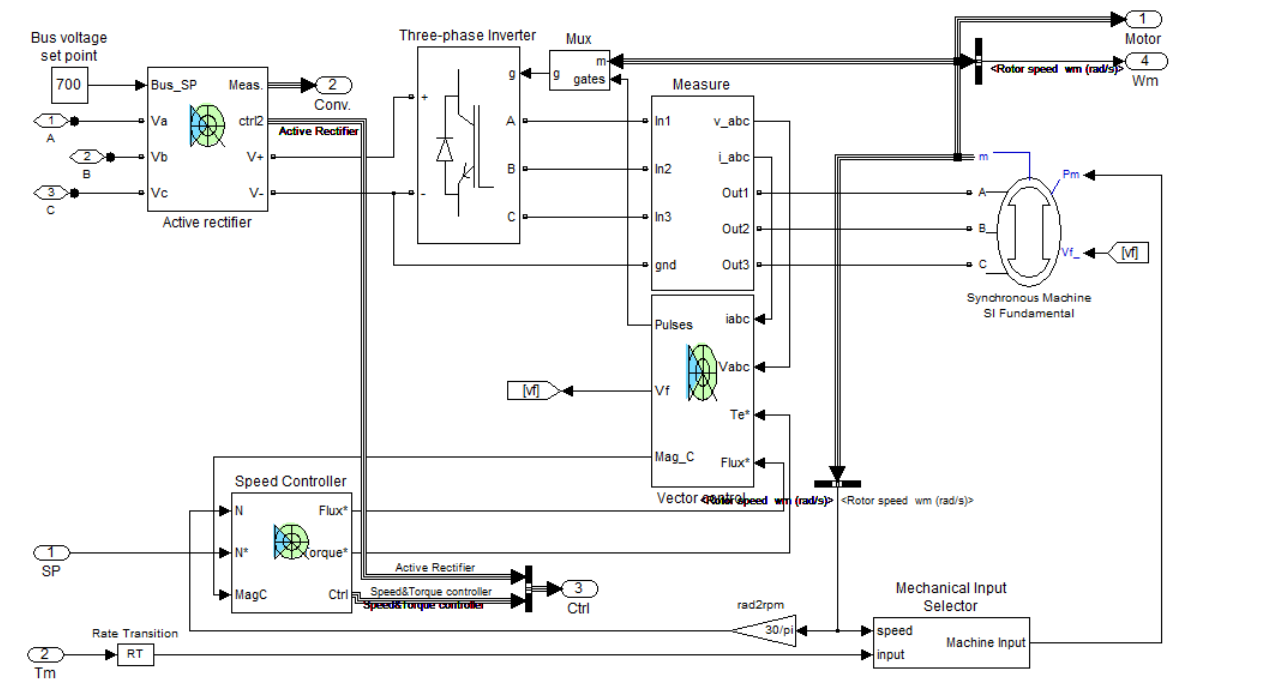


Sinxron motorli elektr yuritmaning tezligini roslash modeli quyidagi rasmda aks etgan.

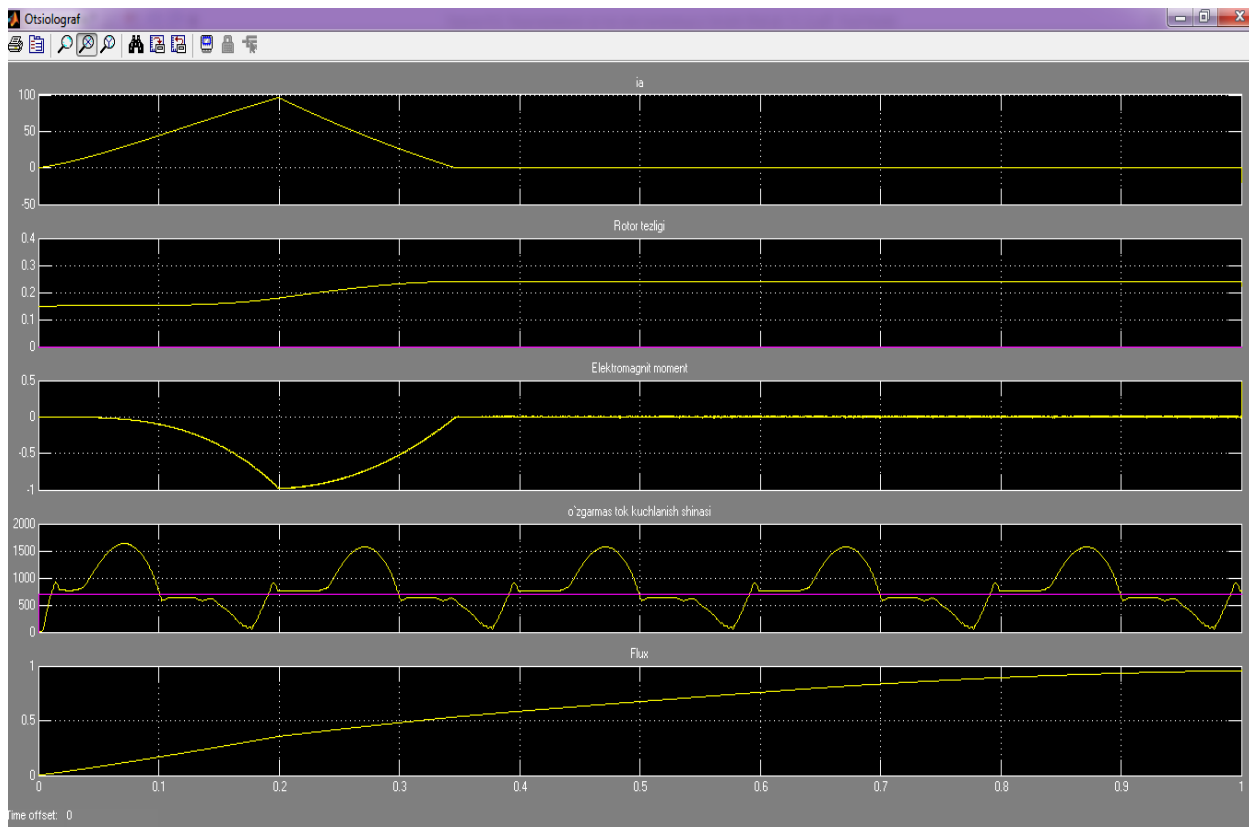


AC5 - O'z - o'zini roslovchi sinxron motor elektr yuritmasi

Modelda aks ettirilgan elektr yuritmaning tarkibiy tuzulishi quyidagi modelda ko'rsatilgan.



Otsiologradagi o'zgaruvchilar grafiklari quyida aks ettirilgan:





### 3 – bob. Elektr yuritmalarning tormozlash jarayonining tahlili.

#### 3.1. O`zgaras tok motorli elektr yuritmalarni tormozlash.

Motorni tez to`xtatish yoki uning aylanish tezligini kamaytirish zarur bo`lganda motor tormozlanAsMi.

Motorni mexanikaviy tormozlar vositasida yoki elektr mashinaning elektromagnitaviy momentidan foldalanib tormozlash mumkin. Ikkinchi usul *elektr yordamida tormozlash* deyilAsMi.

Elektr yordamida tormozlash uch xil:

- ✓ **Rekuperativ;**
- ✓ **Dinamikaviy;**
- ✓ **teskari ulash** yo`li bilan tormozlashga bo`linadi.

**Rekuperativ tormozlash** eng tejamli usuldir, chunki u motorni generator rejimiga o`tkazib, energiyani tarmoqqa berishga asoslangan.

Agar motor validagi tashqi moment aylantiruvchi bo`lib qolsa, aylanish tezligi chegaraviy tezlikdan katta bo`lib qoladi. Bunda EYK  $E_a$  tarmoq kuchlanishidan ortib keta boshlaydi. Bu holda yakor toki  $I_a$  o`z yo`nalishini o`zgartiradi va mashina generator rejimiga o`tadi. Mashinaning elektromagnitaviy momenti ham o`z yo`nalishini o`zgartiradi va mashina valiga ta`sir etuvchi tashqi momentga nisbatan tormozlovchi bo`lib qoladi. Tormozlash momentining kattaligi qo`zg`atish toki bilan rostlanadi.

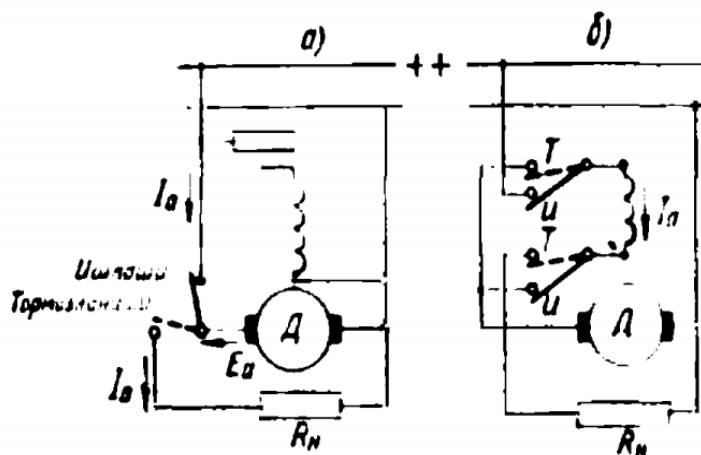
Rekuperativ tormozlashni faqat parallel qo`zgatishli motorlardagina amalga oshirish mumkin. Ketma-ket qo`zg`atishli motorlarda rekuperativ tormozlash mumkin emas. Bunga sabab shuki, mashina ketma-ket qo`zgatilganda, u generator rejimida ishlaganida, chiqish klemmalaridagi kuchlanish ko`p darajada yuklama tokiga bog`liq bo`ladi va shuning uchun yuklama tokining har qanday tasodifiy ko`payishi mashinaning chiqish klemmalarida kuchlanishning ortishiga, binobarin, yuklama tokining yanada ko`payishiga olib keladi. Yuklama toki tasodifan kamayganida mashinaning chiqish klemmalarida kuchlanish kamayadi va mashina generator rejimidan motor rejimiga o`tadi. Ketma-ket qo`zg`atishli motorni rekuperativ tormozlash uchun uni mustaqil qo`zg`atishga o`tkazish kerak, bunda qo`zg`atish chulg`ami maxsus generatorga ulanadi.

**Dinamikaviy tormozlash** motor yakorinng chulg`amini tarmoqdan uzish va yuklama qarshiligi  $R_{yuk}$  ga ulashga asoslangan (3.1-rasm, a). Bunda aylanuvchi massalarning mexanikaviy energiyasi elektr energiyasiga

aylanadi, bu energiya esa, o'z navbatida, qarshilik  $R_{yuk}$  ning va yakor zanjiri boshqa elementlarining isishiga sarflanadi. Dinamikaviy tormozlashda yakor toki o'z yo'nalishini o'zgartiradi, u hosil qilgan elektromagnitaviy moment esa aylanuvchi qismlarga tormozlovchi ta'sir ko'rsatadi. Dinamikaviy tormozlash tezligi qo'zg'atish tokining kattaligini o'zgartirish yo'li bilan rostlanadi.

Ketma-ket qo'zg'atishli motorlarni dinamikaviy tormozlashda mashina magnitsizlanishining oldini olish uchun qo'zg'atish chulg'amini undagi tokning yo'nalishi dinamikaviy tormozlashga o'tilganda o'zgarmay qoladigan qilib teskari ulash lozim (3.1 rasm, b).

**Teskari ulash yo'li bilan tormozlash** usuli motorni tez tormozlash zarur bo'ladigan hollarda qo'llaniladi. Uning mohiyati shundan iboratki, qo'zg'atish chulg'amida yoki yakor cho'lg'amda tokning yo'nalishini o'zgartirish yo'li bilan motor elektromagnitaviy momentining yo'nalishi o'zgartiriladi va bu moment tormozlovchi bo'lib qoladi. Odatda motorning aylanish yo'nalishini o'zgartirish (reversirlash) dan ilgari teskari ulash usuli bilan tormozlanadi.



3.1- rasm Parallel (a) va ketma-ket (b) qo'zg'atish li motorlarni dinamikaviy tormozlash sxemasi.

## 1.2. Asinxron motorli elektr yuritmalarni tormozlash.

Asinxron motorlarni to'xtatishni, uni tarmoqdan quvvat olayotganda ham, stator zanjirini o'zgarms tok manbaiga ulanganda (dinamik to'xtatish) ham, hamda uni o'z-o'zini qo'zg'atish orqali amalga oshirish mumkin.

### a) AsM ni asosiy ulanish sxemasi bo'yicha to'xtatish

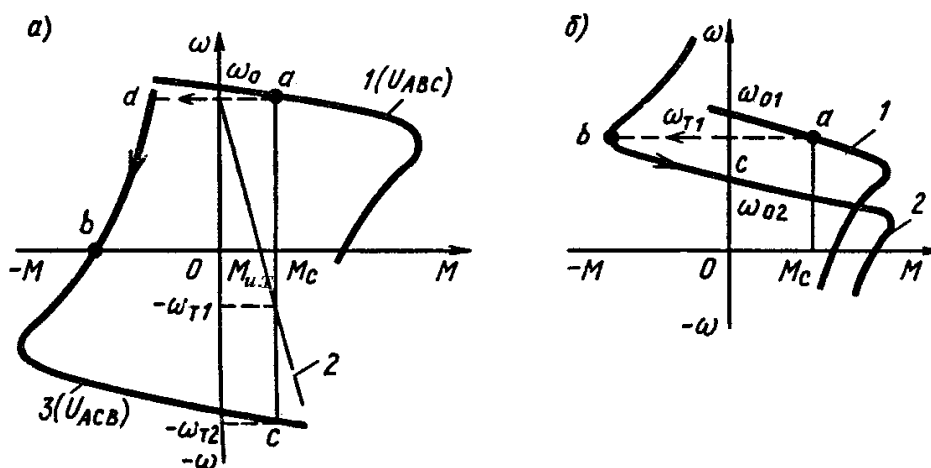
AsM o'zining asosiy ulanish sxemasi bo'yicha ishlaganda (1.1,a-rasmga qarang) teskari ulanishli va rekuperativ to'xtatishlarni hosil qilish mumkin.

**Teskari ulanishli to'xtatish.** Bu rejim ikki yo'l orqali amalga oshiriladi. Ulardan biri AsM olayotgan kuchlanishning ikki fazasini almashtirish bilan bog'liqdir. Faraz qilaylik, tarmoq kuchlanishning  $A, B, S$  stator fazalarining ketma-ketligida AsM (1) mexanik haraktaristikaning  $a$  nuqtasida ishlamoqda (3.2,a-rasm).

Bunda ikki faza almashtirilganda (misol uchun  $B$  va  $S$ ), AsM xarakteristika 3 ning  $d$  nuqtasiga o'tadi va uning  $db$  qismi teskari ulanishli to'xtatishga mos keladi. Ta'kidlash kerakki, to'xtatishni amalga oshirishda, AsM toki va momentni chegaralash kerak bo'ladi va bunga rotor yoki stator zanjiriga qo'shimcha rezistorlarni ulash orqali erishiladi.

AsM ni teskari ulanishli to'xtatishga o'tkazishning boshqa yo'li, yuklama momenti  $M_s$  aktiv xarakterga ega bo'lganda qo'llaniladi. Faraz qilaylik, AsM ni to'xtatishni ta'minlash orqali yukni tushirish talab qilinsin (yukni to'xtatishli tushirish usuli). Buning uchun AsM rotor zanjiriga qo'shimcha rezistorni ulash yo'li orqali bilan sun'iy xarakteristikaga o'tkaziladi (2 chiziq, 3.2,a-rasm). Yuklama momenti  $M_s$  ni ishga tushirish momenti  $M_{it}$  dan ortiqligi va uning aktiv xarakteri oqibatida,  $\omega_t$  - turg'un tezlik bilan yukni pastga tushirish boshlanadi.

**Rekuperativ to'xtatish.** Bu rejim, AsM tezligi sinxron tezlik  $\omega_0$  dan ortganda va u tarmoq bilan parallel ravishda generator rejimda ishlaganda amalga oshiriladi. Ushbu rejim misol uchun, ikki tezlikli AsM ni kattadan kichik tezlikka o'tayotganda hosil bo'ladi (3.2, b-rasmga qarang).



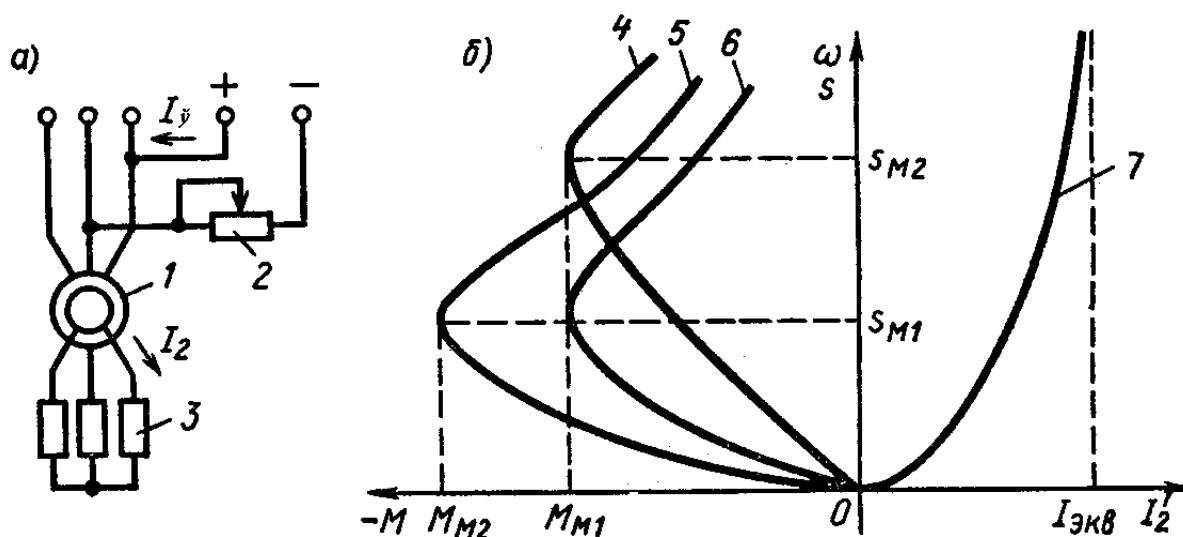
3.2-rasm. ASM ni asosiy ulanish sxemasi bo'yicha to'xtatish: a – teskari ulanish orqali; b – tarmoqqa energiyani rekuperatsiya qilish orqali

Faraz qilaylik, boshlang'ich holatda AsM  $\omega_{t1}$  tezlik bilan aylanib xarakteristika 1 ning  $a$  nuqtasida ishlamoqda, juft qutblar soni orttirilganda AsM xarakteristika 2 ning  $b$  nuqtasiga o'tadi, uning  $bs$  qismida tarmoqqa energiyani rekuperastiya qiluvchi to'xtatish rejimida ishlaydi.

Rekuperativ to'xtatish "ChO' - AsM" tizimida dvigatelni to'xtatishda yoki uni bir xarakteristikadan ikkinchisiga o'tganda, hamda yuk ko'taruvchi mexanizmlarning elektr yuritmalarida yukni tushirish paytida ham amalga oshirilishi mumkin. Rekuperativ to'xtatish AsM ning eng tejamli to'xtatish turiga kiradi.

### *Dinamik to'xtatish.*

Dinamik to'xtatish rejimini hosil qilish uchun AsM ning stator cho'lg'ami o'zgarmas tok manbaiga ulanadi (3.3. a-rasm). AsM 1 ning rotor zanjiri bunda qisqa tutashtiriladi yoki uning zanjiriga qarshiligi  $R_{2q}$  bo'lgan qo'shimcha rezistorlar 3 ulanadi. O'zgarmas tok  $I_0$ , stator cho'lg'amlaridan oqib o'tib, fazada qo'zg'almas bo'lgan magnit maydonini hosil qiladi (AsM ni qo'zg'atadi).



3.3-rasm. ASM ni dinamik to'xtatish sxemasi (a) va xarakteristikalari (b).

Rotorning aylanishida, unda e.y.u.k. hosil bo'ladi va uning ta'siri ostida rotor cho'lg'amidan tok oqib o'tadi, u ham fazada qo'zg'almas bo'lgan magnit maydonni hosil qiladi. Rotor tokini AsM ning natijaviy magnit maydoni bilan o'zaro ta'siri to'xtatish momentini hosil qiladi, buning hisobiga to'xtatish effektiga erishiladi.

Motor, o'zgaruvchan tok tarmog'iga bog'liqmas generator rejimida ishlaydi, elektr yuritmaning va ishchi mexanizmning harakatlanuvchi qismlarining mexanik energiyasini elektr energiyasiga o'zgartiradi, u rotor zanjiridagi issiqlik energiyasi ko'rinishida tarqaladi.

3.3, b-rasmda dinamik to'xtatish uchun elektromexanik  $I_2'(s)$  va mexanik  $M(s)$  xarakteristikalar keltirilgan.

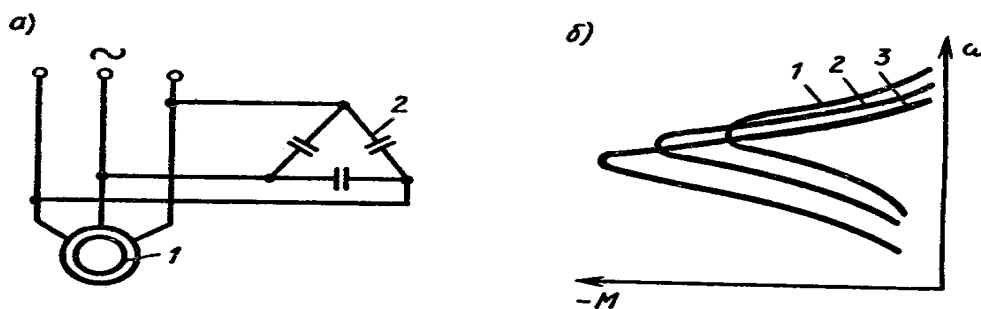
Elektromexanik xarakteristika  $I_2'(s)$  – 3.3, b-rasmning birinchi kvadrantida keltirilgan, unda  $s=\omega/\omega_0$  - AsM ning dinamik rejimidagi sirpanishi. AsM ning mexanik xarakteristikalari 3.3, b-rasmning ikkinchi kvadrantida ko'rsatilgan.

AsM ning dinamik to'xtatishdagi sun'iy mexanik xarakteristikalari rotor va o'zgarmas tok  $I_{o'}$  zanjiridagi qo'shimcha rezistorlar 2 va 3 larni o'zgartirish orqali olinadi (3.3,a-rasmga qarang). 3.3,b-rasmda,  $I_{o'}$  va  $R_{2q}$  larning turli qiymatlari uchun AsM ning mexanik xarakteristikalari ko'rsatilgan 6 xarakteristika  $I_{o'1}$  tokka va  $R_{2k1}$  qarshilikka mos keladi, undagi maksimal moment  $M_{m1}$  ga va unga mos bo'lgan sirpanish  $s_{m1}$  ga teng bo'ladi. Motor xarakteristikasi bunda 5 ko'rinishdagi egri chiziq bo'ladi.  $I_{o'}$  va  $R_{2k}$  qiymatlarini o'zgartirish natijasida istalgan ko'rinishdagi to'xtatish xarakteristikalarini olish mumkin va shu bilan asinxron elektr yuritmani to'xtatishning turli jadalligi (intensivligi) ga erishiladi.

#### ***AsMni o'z-o'zini qo'zg'atish orqali to'xtatish***

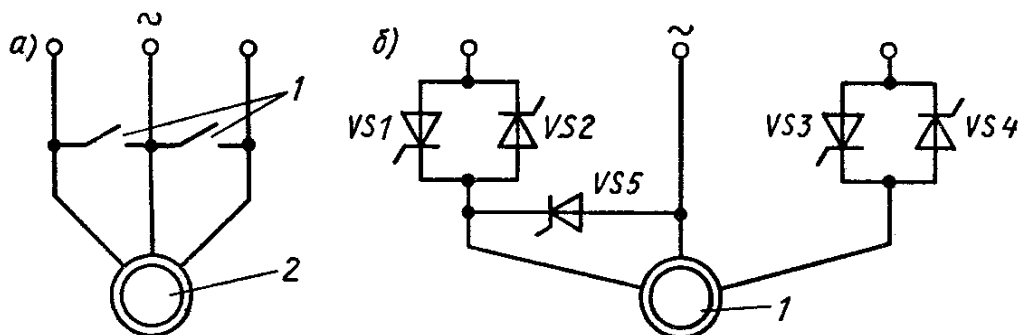
AsM ni to'xtatishning ushbu usuli, AsM ni tarmoqdan uzilgandan so'ng uning elektromagnit maydoni tezda emas, balki uncha katta bo'lmagan interval orasida so'nishiga (yo'qolishiga) asoslangan. Bu so'nmagan maydon energiyasi va AsM ni maxsus ulanish sxemalaridan foydalangan holda uni o'z-o'zini qo'zg'atish va to'xtatish rejimini hosil qilish mumkin. Amaliyotda kondensatorli va magnitli deb nom olgan to'xtatishlar qo'llaniladi.

***Kondensatorli to'xtatishda*** AsM 1ni qo'zg'atish, kondensator 2 lar yordamida bajariladi (3.4, a-rasm). Kondensatorlar AsM statoriga doimiy yoki qo'shimcha kontaktorlar yordamida ulanadi, bunda ular uchburchak yoki yulduz sxemasida bo'lishi mumkin. Sun'iy xarakteristikalarining (3.4, b-rasm) ko'rinishi va joylashishi, shu bilan birga to'xtatish jadalligining intensivligini aniqlovchi asosiy omil (faktor) - bu kondensatorlarning sig'imidir  $S$  ( $S_1 < S_2 < S_3$ ). U qancha ko'p bo'lsa, shuncha to'xtatish momenti katta bo'ladi, xarakteristikalarining o'zi esa AsM ning kichik tezliklari sohasiga siljiydi.



**3.4-rasm. ASM ni kondensatorli to'xtatish sxemasi (a) va xarakteristikalari (b).**

**Magnitli to'xtatish** - to'xtatishning bu turi dvigatel 2 statori tarmoqdan uzilganda (3.5, a-rasm) va uni kontaktor 1 lar vositasida qisqa tutashtirish yordamida amalga oshiriladi. Motorda g`amlangan elektromagnit energiya hisobiga dvigatelni qo'zg`atish hosil qilinadi va uning valida to'xtatish momenti yaratiladi. Ushbu to'xtatish turining xususiyati uning tezkorligidadir, bu dvigatel magnit maydonining so'nish vaqtini unga katta emasligi bilan aniqlanadi. Shunga qaramasdan hosil bo'ladigan to'xtatish momenti kerakli darajada katta bo'lib, u elektr yuritmani jadal to'xtatishni ta'minlaydi.



3.5-rasm. ASM ni magnitli to'xtatishning umumiy (a) va tiristorlardan foydalangan holdagi (b) sxemalari.

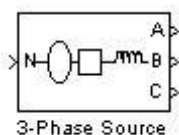
AsM ni amaliy jihatdan to'xtatish imkoniyatlari (dvigatelni ham ishga tushirish va uni to'xtatishni amalga oshiruvchi) tiristorli ishga tushirish - roslash qurilmalaridan foydalanish evaziga ancha kengaydi. Dvigatelni jadal to'xtatish uchun to'xtatishni kombinastiyalashgan usuli ishlatiladi, bunda dinamik to'xtatish qisqa tutashuvli to'xtatish bilan birga olib boriladi. Bu usulni ishga tushiruvchi tiristorli qurilma orqali amalga oshirish mumkin (3.5, b-rasm), qurilma dvigatelni manbaga ulovchi va undan uzuvchi ikki juft qarama-qarshi parallel ulangan VS1-VS4 tiristorlardan va stator cho'lg`amlarini qisqa tutashtirish orqali to'xtatishni ta'minlovchi qo'shimcha VS5 tiristordan iborat bo'ladi.

Hozirda seriyali chiqarilayotgan tiristorli ishga tushirish- roslash qurilmalari AsM ni to'xtatishning boshqa variantlarini, shuningdek, elektromagnit momentini tezkor ortib ketishini pasaytiruvchi to'xtatishlarni ham ta'minlaydi.

### 3.3. Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarni tormozlash jarayonining “Matlab” dasturidagi modeli.

#### Uch fazali kuchlanish manbasi 3-Phase Source

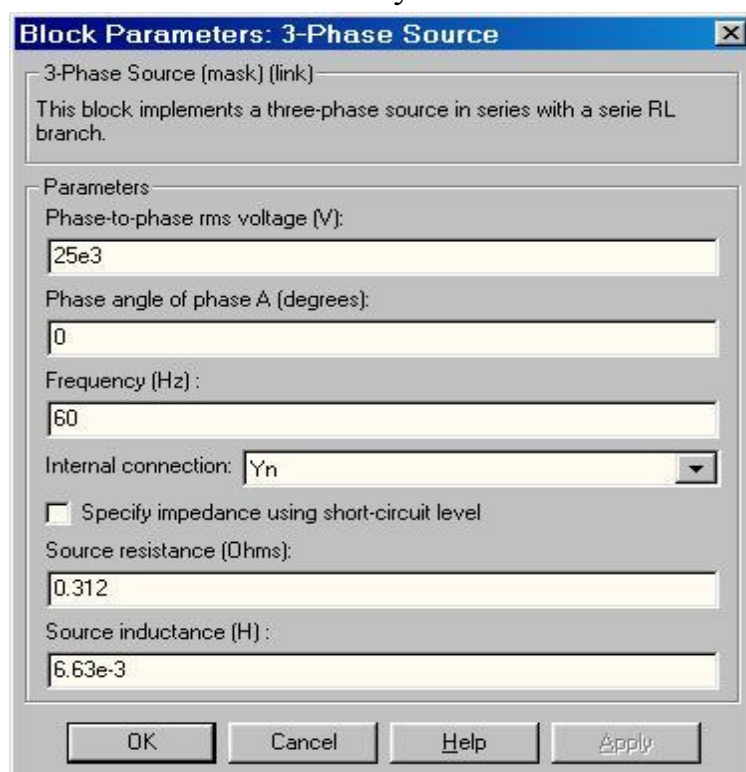
Piktogrammasi:



Vazifasi:

Uch fazali kuchlanishni hosil qiladi.

Parametrlarini o'rnatish oynasi:



Blokning parametrlari:

Phase-to-phase rms voltage (V):

[Liniya kuchlanishining ta'sir etuvchi qiymati].

Phase angle of phase A (deg):

[A fazadagi kuchlanishning boshlang'ich fazasi (grad)].

Frequency (Hz):

[Chastota (Gst)]. Manbaning chastotasi.

Internal connection:

[Manba fazalarining ulanishi]. Ushbu parametarning qiymati quyidagi jadvaldan olinadi:

- Y - yulduz,
- Yn – nol simli yulduz,

- Yg – neytrali erga ulangan yulduz.

Specify impedance using short-circuit level:

[Qisqa tutashuv parametrlaridan foydalanib manbaning xususiy to'la qarshiligini berish]. Ushbu parametr o'rnatilganda manbaning dialog oynasida qisqa tutashuv parametrlarini kiritish uchun qo'shimcha bo'limlar hosil bo'ladi.

Source resistance (Ohms):

[Manbaning xususiy qarshiligi (Om)].

Source inductance (H):

[Manbaning xususiy induktivligi (Gn)].

3-Phase short-circuit level at base voltage (VA):

[Kuchlanishning bazaviy (nominal) qiymatidagi qisqa tutashuv quvvati].

Base voltage (Vrms ph-ph):

[Bazaviy liniya kuchlanishining ta'sir qiluvchi qiymati]. Qisqa tutashuv quvvati aniqlangan bazaviy liniya kuchlanishi.

X/R ratio:

[Induktiv qarshilikning aktiv qarshilikka nisbati].

Manbaning impedansi qisqa tutashuv quvvati orqali berilganda manbaning reaktiv qarshiligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$X = \frac{U_{qt}^2}{Q_{qt}},$$

bu yerda

$Q_{qt}$  – qisqa tutashuv quvvati,

$U_{qt}$  – qisqa tutashuv quvvatini aniqlashda foydalanilgan manbaning kuchlanishi.

Manbaning aktiv qarshiligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$R = \frac{X}{k},$$

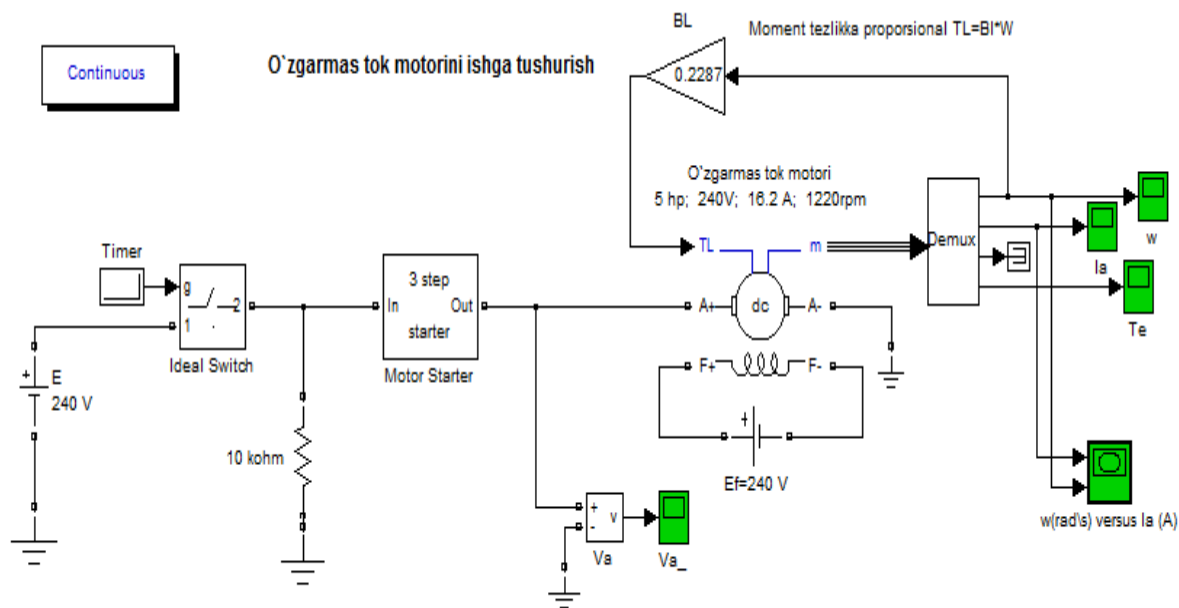
bu yerda

k - X ning R ga nisbati (X/R ratio parametr).

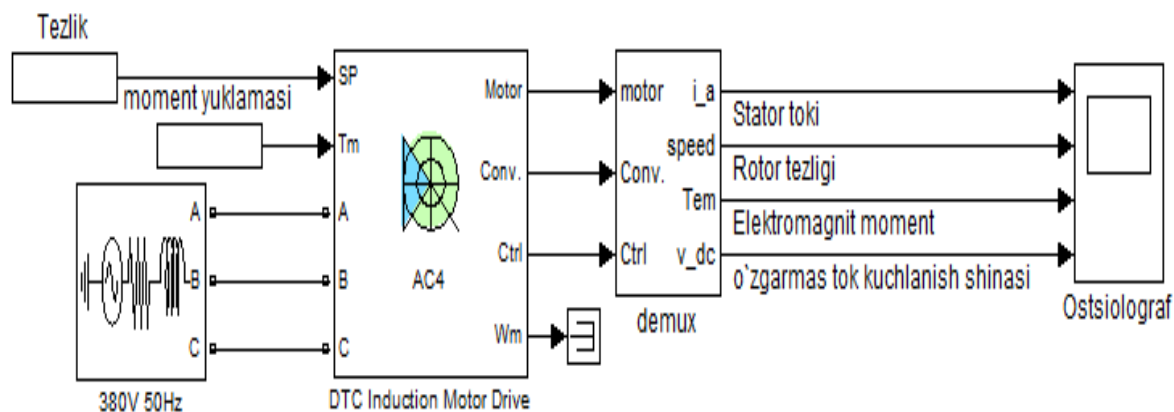
Uch fazali nosimmetrik yuklamaga ulangan uch fazali kuchlanish manbasining sxemasi 3.6-rasmda ko'rsatilgan. Yuklamadagi toklar Multimetr bloki yordamida o'lchanadi.

O'zgaras tok motorining ishga tushurish tormozlash va tezligini oshirish uchun "Matlab" dasturida ishlab chiqilgan modeli



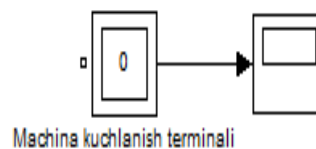


Asinxron motorining ishga tushurish tormozlash va tezligini oshirish uchun “Matlab” dasturida ishlab chiqilgan modeli

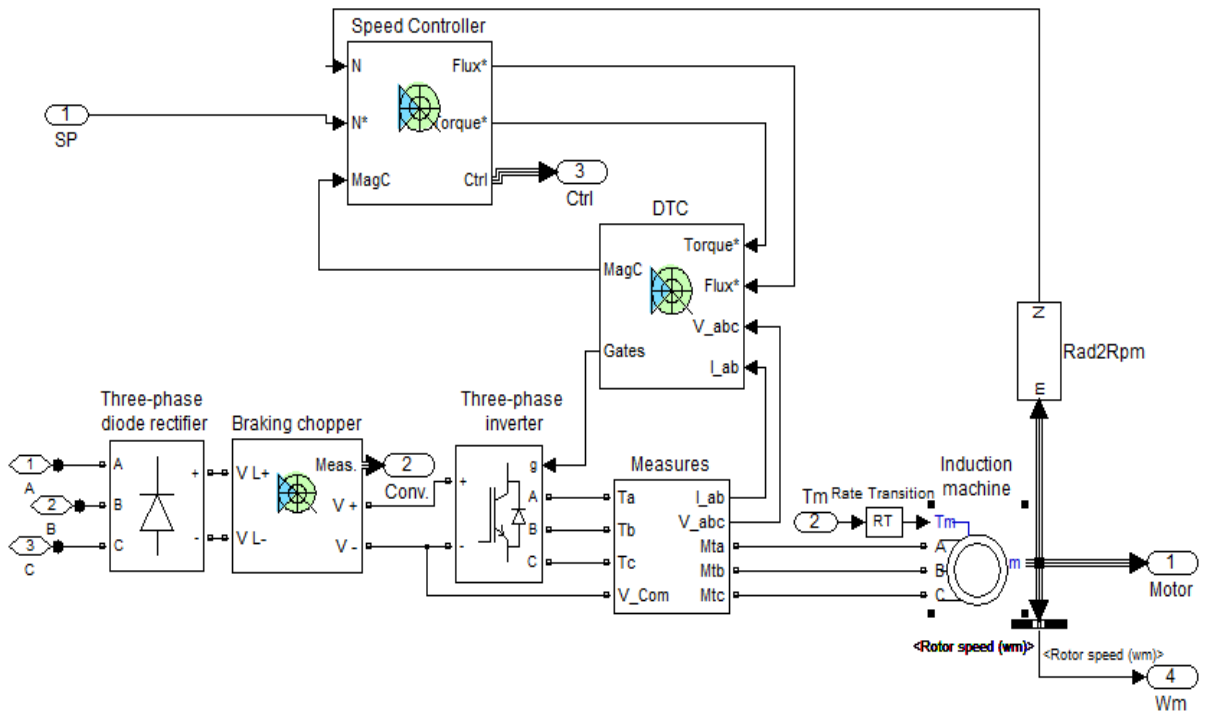


Discrete,  
 $T_s = 2e-006$  s.

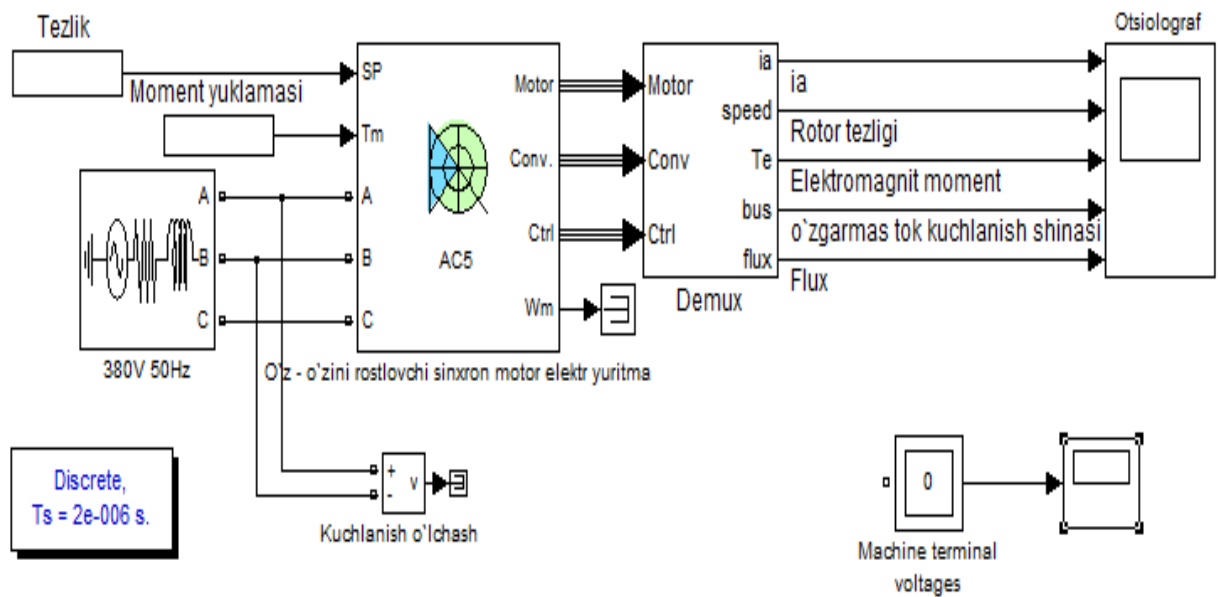
AC4 - Elektr yuritma



Asinxron motorining ishga tushurish tormozlash va tezligini oshirish tanlangan yuritmaning tarkibiy tuzulishi modeli



Sinxron motorining ishga tushurish tormozlash va tezligini oshirish uchun “Matlab” dasturida ishlab chiqilgan modeli



AC5 - O'z - o'zini rostlovchi sinxron motor elektr yuritmasi

### 3.4. Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarning dinamik jarayonlarini xavfsiz o'tish uchun ishlab chiqilgan chora tadbirlar.

Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarning dinamik jarayonlarini ya'ni ishga tushurish, tezlikni rostdash, tormozlash jarayonlarini xavfsiz o'tishi uchun quyidagilar taklif etiladi:

- ✓ Loyihalana yotgan elektr yuritmaning asosiy parametrlarini hisoblashda aniqliligini oshirish uchun zamonaviy vositalar yordamidan foydalanish;
- ✓ Vujudga keladigan shikastlanishlarni oldini olish - Elektr yuritma asosini tashkil etuvchi elektr motorlardagi mexanik va issiqlik shikastlanish natijasida elektrotexnik nosozliklar vujudga keladi. O`tkinchi jarayonlarni silliq o`tishini ta`minlash uchun “Matlab” dasturidagi tahlillardan foydalanish mumkin qadar jarayonni boshqarish imkoniyatini yaratadi. “Matlab” da dinamik jarayonlarning matematik modelini tuzish aniqlilik va ishonchlilik koeffisientini oshiradi.
- ✓ Boshqarish apparatlari, chastota va kuchlanish o`zgartkichlarni tanlash imkoniyati aniqligining va ishonchligining oshishi. Har qanday boshqaruv apparatlari va yarim o`tkazgichli o`zgartgichlarni tanlashda tok kuchi muhim ahamiyat kasb etadi. Ishga tushurish jarayonida tok kuchini oshib ketishi natijasida ba`zan tanlangan apparatlar va o`zgartgichlar ishdan chiqishiga sabab bo`ladi.
- ✓ Tarmoq kuchlanishini pasaytirganda ishga tushurish momentini kamayishini oldini olish;
- ✓ Agar elektr yuritmaning texnologik jarayoniga to`g`ri keladigan bo`lsa ishga tushurish, tezlikni o`zgartirish va tormozlash jarayoni to`g`ri va iqtisodiy samarador variantlar tanlanishi kerak;
- ✓ Chastota o`zgartkichlardan foydalanilsa, dinamik jarayonlarning silliq o`tishiga erishiladi;
- ✓ Mexanik yuklamalarning kamayishi natijasida, elektr motor qismlarining eskirishi sekinlashadi;
- ✓ Ulanib – uzishlar soni va kommutatsiya toklarining kamayishi hisobiga kommutatsion apparatlar eskirishi sekinlashadi;
- ✓ Elektr motorning ishga tushish toki kamayadi;
- ✓ Elektr motorning ishlash muddati 1,5 – 2 marta oshadi;
- ✓ Remontga ajratiladigan xarajatlar kamayadi;
- ✓ Elektr motorlarning o`ta yuklanishdan, faza uzilishidan va kuchlanish pasayishidan (ortishidan) himoyalarning effektivligi ortadi;
- ✓ Elektr energiya iqtisod qilinadi.

#### **4 – bob. Sanoatda qo'llaniladigan boshqariladigan elektr yuritmalarni ish samaradorligi ko'rsatkichlari tahlili.**

Tezligi rostlanadigan elektr yuritmalar asosan yuqori texnologiyali va qimmatbaho mahsulot chiqaruvchi texnologik dastgohlarda ishlatiladi. Ammo, oxirgi yillarda bunday talab qo'yilmagan elektr yuritmalarda enregiya tejamkorlik nuqtai nazaridan boshqariladigan elektr yuritmalar qo'llanilib kelmoqda. Bu elektr yuritmalarda tezlik rostlanmasa ham motor validagi yuklama o'zgarishiga qarab muvofiq ravishda motorga keladigan energiya oqimi o'zgartirilib turiladi. Sanoatda qo'llaniladigan boshqariladigan elektr yuritmalarni elektr mashinalardagi isroflarga ta'siri orqali ko'rib chiqamiz. Dastlab elektr yuritmalarni umumiy tasnifini ko'rib chiqamiz.

Tiristorli elektr yuritmalar eng keng tarkalgan rostlanadigan elektr yuritmalar bulib uning asosan kuyidagi turlari mavjud :

1. Tiristorli o'zgartkich-o'zgarimas tok motori (TP-D ). Bunda tiristorli o'zgartkich o'zgaruvchan tokni o'zgarimas tokka o'zgartirib chikish kuchlanishini noldan nominalgacha o'zgartiradi.

2. Tiristorli kuchlanish o'zgartkichi – asinxron motor (TPN-AD). Bunda tiristorli kuchlanish o'zgartkichi o'zgaruvchan tokni chikish kuchlanishi o'zgaradigan o'zgaruvchan tokga aylantirib beradi. Tezligi rostlanadigan asinxron motorlarni kupchiligi ushbu elektr yuritma tizimida ishlaydi.

3. Tiristorli chastota o'zgartkichi-asinxron motor (TPCh-AD). Bu o'zgartkich sanoat chastotadagi o'zgaruvchan tokni chikish kuchlanishi va chastotasi o'zgaradigan o'zgaruvchan tokka aylantirib beradi. Bu usul eng zamonaviy takomillashgan usul bulib oxirgi paytda keng tarkagan elektr yuritma turidan biridir.

4. O'zgarimas tok generatori-o'zgarimas tok motori (G-D). Bunda o'zgarimas tok generatori kuchlanishi uygotish tokini o'zgartirish orkali rostlanadi. Motor tezligi esa asosan yakor kuchlanishini o'zgartirish orkali amalga oshiriladi. Bu elektr yuritmalar yakin utmishda rostlanadigan elektr yuritmalarni asosini tashkil

etar edi. Xozirgi paytda bu elektr yuritmalarni urniga chastotali boshkariladigan asinxron elektr yuritmalar keng kullanilmokda.

Boshqarish prinstipiga ko'ra elektr yuritmalar 4 turga bo'linadi. Chikish parametrlari bevosita teskari boglanish signallari orkali nazorat kilinmaydigan elektr yuritmaga ochik tizimli boshkariladigan elektr yuritma deyiladi. Kirish (boshkaruv signallari ) teskari boglanish signallari orkali xosil kilinadigan elektr yuritmaga yopiq tizimli boshkariladigan elektr yuritma tizimi deyiladi. Yuklama o'zgarishiga mos signallarni xosil kiluvchi va bu o'zgarishni koplovchi tizimga toydiruvchi ta'sirni koplovchi elektr yuritma deyiladi. Ham toydiruvchi ta'sirni koplovchi ham teskari boglanish signallari da ishlovchi elektr yuritma aralash tizimli elektr yuritma deyiladi.

Agar rostlanuvchi miqdorlar bir nechta bo'lsa bu miqdorlarni rostlanish jarayoniga qarab 2 turga bo'linadi. Agar rostlanuvchi miqdorlar alohida konturlarga ajratilib ular ichma-ich joylashtirilsa va ketma ket rostlash jarayoni tashkil etilsa bunday elektr yuritmaga ketma-ket rostlanadigan yoki bo'ysindirilgan rostlash usuli deb aytiladi. Chunki, oldin ichki konturlar rostlanib so'ngra tashqi konturlarga o'tiladi. Bunda ichki konturlar tashqi konturlar qiymatiga bog'liq ravishda rostlanadi. Ya'ni ichki konturlar tashqi konturlarga bo'ysindirilgan bo'ladi. Bunda har bir konturning o'z rostlagichi bo'ladi va ichki rostlagich signali tashki rostlagich signalidan hosil bo'ladi. Har bir konturni alohida boshqarish imkoniyati mavjud.

Agar rostlash jarayoni barcha konturlarda bir vaqtda davom etsa bunday tizimga parallel boshqariladigan elektr yuritma tizimi deyiladi. Bunday tizimda faqat bitta rostlagich ishlatilib barcha konturlarga bitta boshqaruv signali ishlab chiqiladi. bu tizim o'zining tezkorligi bilan ajralib bturadi. Sanoatda tuzilishining va sozlashning soddaligi tufayli ketma-ket rostlanadigan rostlash tizimi keng qo'llaniladi. Bu tizimning asosiy kamchiligi tezkorligini pastligi, ya'ni rostlash jarayonini uzoq davom etishi hisoblanadi.

Yukoridagi prinstiplar asosan elektr yuritma parametrlarini rostlash uchun ishlatiladi. Ixtieriy konun buyicha elektr yuritma parametrlarini o'zgartirish asosan

taklidiy elektr yuritma vositasida amalga oshiriladi. Andaza ustida xarakatlanaetgan topshiruvchi kurilma xarakatini texnologik mexanizmning ishchi organida kayta yaratadigan elektr yuritmaga taklidiy elektr yuritma deyiladi. Bunda elektr yuritma topshiruvchi kurilmaning xarakatini ishchi organda kayta yaratadi eki takrorlaydi. Murakkab yuzaga ishlov berishda kupincha taklidiy elektr yuritmalardan foydalaniladi. Bunda topshiruvchi elementni andaza detal ustida xarakatlantirib xolat bdatchiklari vositasida boshkaruv signallari xosil kilinadi. Fakat topshiruvchi element bilan ishchi organ sinxron xarakatlanganda boshkaruv signali bulmaydi. Chunki boshkaruv zajirida toshiruvchi va ishchi organlarda gi xolat datchiklari parallel ulangan buladi.

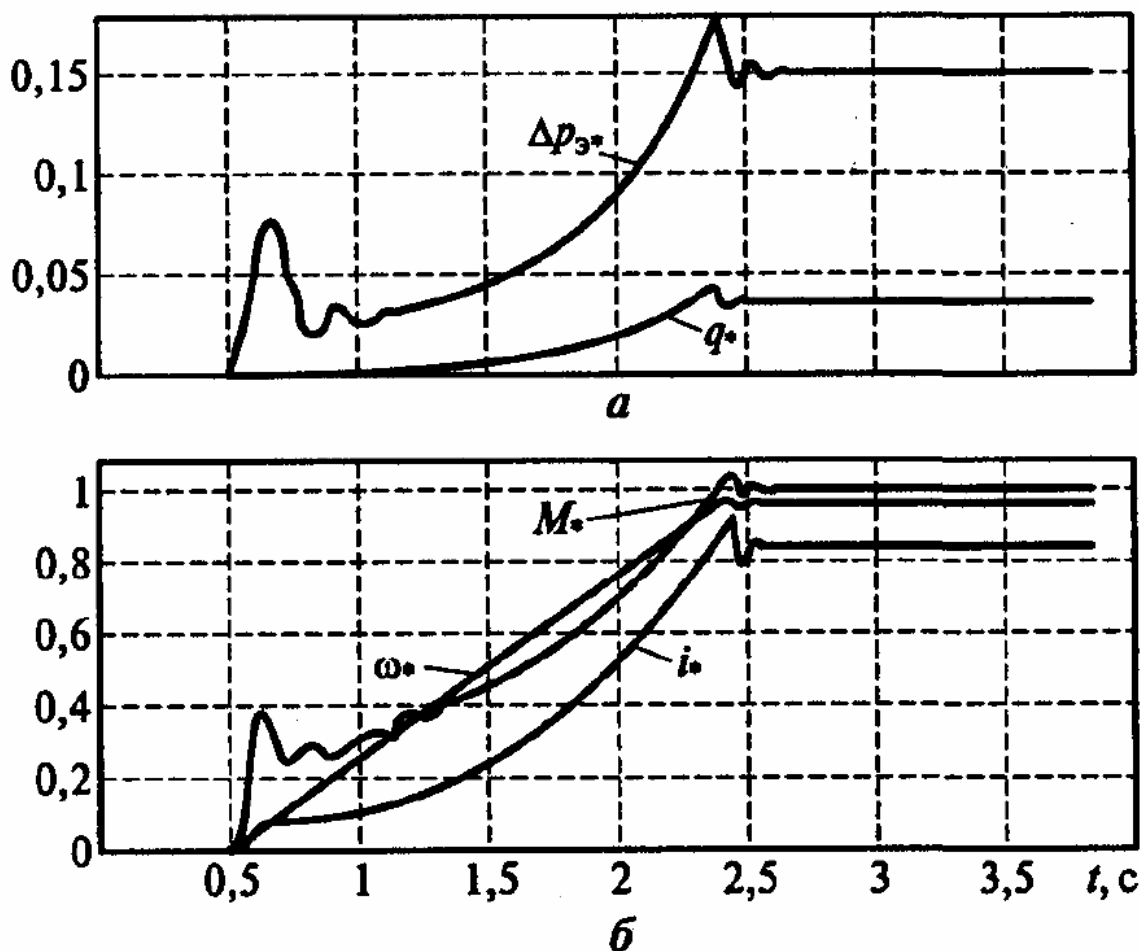
Elektr yuritmaning o'tkinchi jaraeni deb yuritmaning bir barkaror rejimdan ikkinchi barkaror ish rejimiga utishdagi xolatiga aytiladi. Bu jaraenlar asosan yuritmani yurgizish, tormozlash va tezlikni roslash jaraenida vujudga keladi. Yuritmani roslash sifatini belgilaydigan asosiy omillar bu utkinchi jaraenning kursatkichlari xisoblanadi. Bu kursatkichlar kuyidagilar:

O'tish jaraenining vakti bu barkarorlashgan kiymatdan boshka bir barkarorlashgan kiymatga utishga katgan vakt oraligi ga aytiladi.

O'ta roslash koeffistienti deb roslash jaraenida roslanuvchi mikdorning eng katta ogish kiymatini barkarorlashgan kiymatga nisbati bilan aniklanadigan songa aytiladi.

So'nishning logarifmik dekrementi deb ketma-ket keladigan ikki ogish mikdorinig nisbati logarifmiga aytiladi. Bu koeffistien utish jaraening sunish jadalligini belgilaydi.

Statik xato deb rostlanuvchi mikdorning barkarorlashgan rejimdagi kiymat bilan berilgan kiymat orasidagi farkga aytiladi.



4.1-rasm. Asinxron motorni bevosita tarmoqqa ulashdagi yurgizish jarayoni va unda vujudga keladigan isroflar.

Elektr yuritma utkinchi rejimning davom etish vakti va uning utish tezligi uch asosiy fizikaviy protesslar, aylanish tezligining o'zgarishi, motor chulgamlaridagi tokning o'zgarishi va motor aktiv qismlari kizishning o'zgarishi bilan belgilanadi. Motorning qizish sovish protesslari juda sekin o'tadi va o'tkinchi rejimgajiddiy ta'sir kursatmaydi.

Texnologik mexanizmlarning yurgizish paytidagi elektr yuritmalarga qo'yadigan talablari asosida avtomatik yurgizish sxemalari ishlab chikiladi. Eng oddiy yurgizish sxemalari odatda rotori kiska tutashtirilgan asinxron motorlarda kullaniladi. Ular odatda magnitli ishga tushirgich vositasida tarmokga ulab yurgiziladi. rele kontaktli sxemalarda yurgizish reostati karshiliklari birin-ketin ajratilib boshkariladi. Bir kVt dan ortik kuvvatga ega bulgan o'zgarmas tok

motorlari va faza rotorli asinxron motorlar yurgizish reostatlari vositasida ishga tushiriladi.

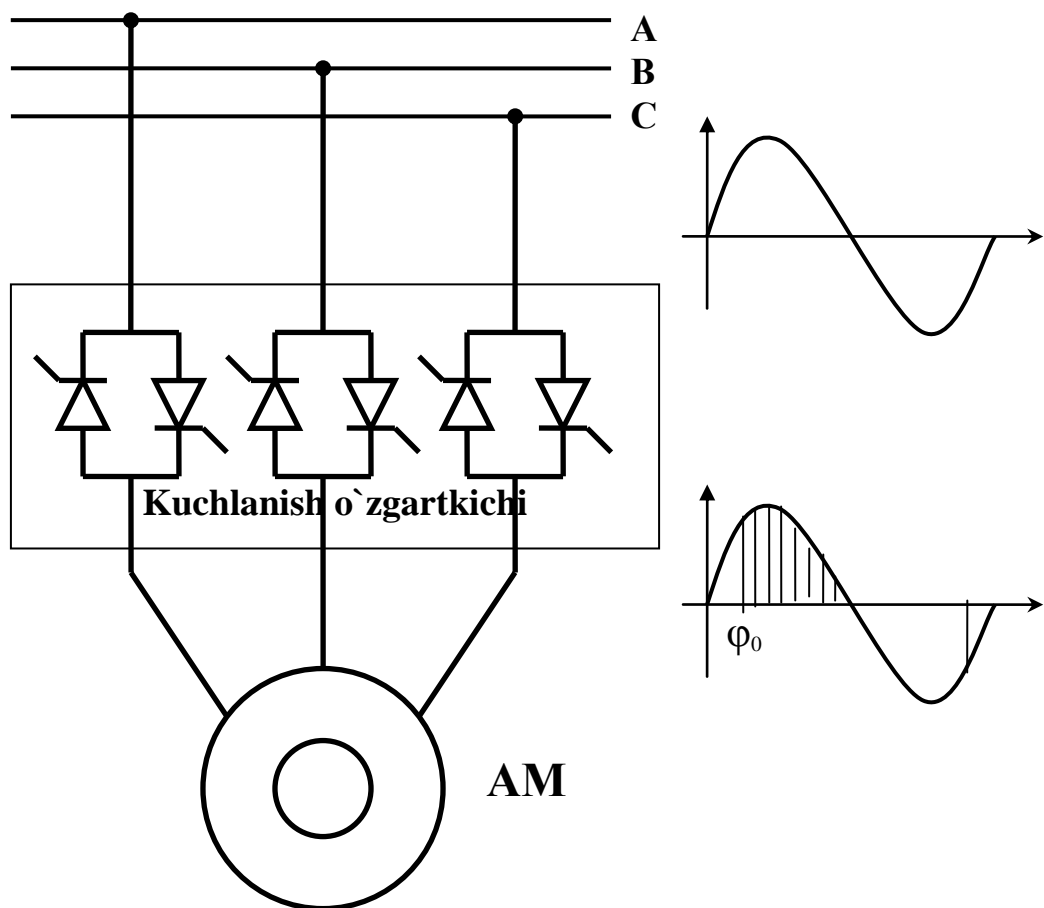
4.1-rasmda asinxron motorni bevosita tarmoqqa ulaganda yurgizish jarayonini o'tishi va unda vujudga keladigan aktiv va reaktiv quvvat isroflarin o'zgarishi ko'rsatilgan. Bu isroflarni kuchlanish qiymati va chastotatsini o'zgartirib kamaytirish mumkin. Buning uchun boshqariladigan elektr yuritma qo'llanilishi lozim bo'ladi.

#### **4.1. Tezligi boshqariladigan elektr yuritmalarda tashkil etuvchi isroflarni kamaytirish usullari tahlili.**

Sanoat korxonalarida asosan tiristorli yoki tranzistorli elektr energiyasi o'zgartkichlari qo'llaniladi. Ular ixcham, tezkor va foydalanishga qulay bo'lib tezligi rostlanadigan elektr yuritmalarda elektr energiyasi oqimini o'zgartirib beradi. Ushbu o'zgartkichlarni elektr mashinalardagi isroflarga ta'sirini o'rganib chiqamiz.

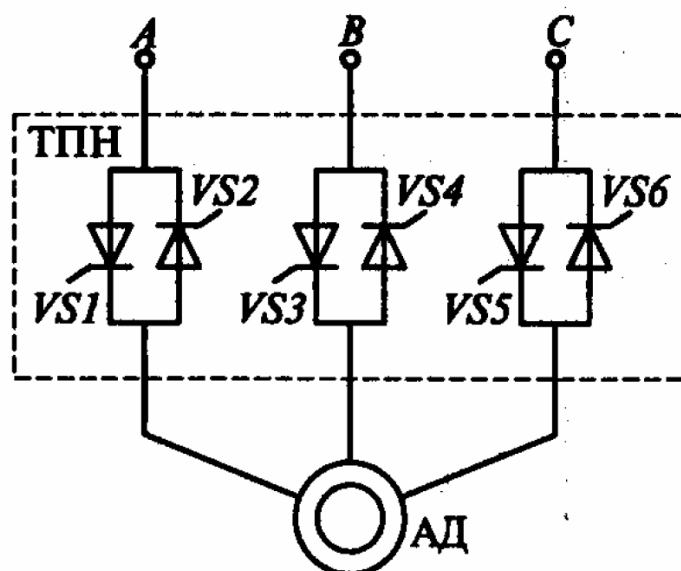
TKO'-AM elektr yuritma tizimi. Ushbu tizimning elektr sxemasi –rasmda ko'rsatilgan. Chiqish kuchlanishi tiristorlarni kechroq (hayallab) ochilgani uchun birqismi o'tkaziladi va kuchlanishning effektiv qiymati kamaytiriladi. Kuchlanish kamayishi bilan motor o'zagidagi magnit isroflar kamayadi. Ammo, shu bilan birga motordagi moment kvadratik bog'liklikda kamayadi. Momentni kamayishi rotor sirpanishi oshishiga olib keladi va rotordagi isroflar ko'payadi. Bundan tashqari "kesilgan" yarim to'lqin tufayli nosinusoidal toklar vujudga keladi. Bu o'z navbatida yuqori garmonikali toklarni va qo'shimcha isroflarni vujudga keltiradi. Kuchlanish kamayishi tufayli kichik yuklamalarda quvvat koefficienti oshiriladi va isroflar kamaytiriladi.



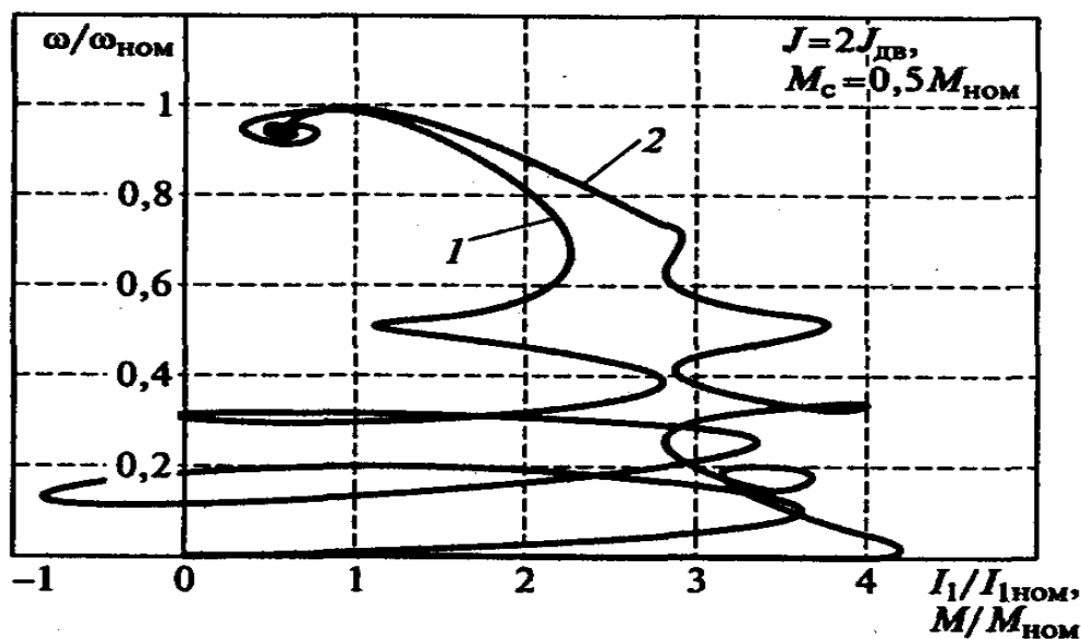


TKO'-AM EYuT elektr energiyasi oqimini yuklamaga muvofiq o'zgartirib turish imkoniyatini beradi va shu orqali isroflarni kamaytirish imkonini beradi. Ushbu EYuT ni isroflarni kamaytirish bo'yicha solishtirma natijalar –jadvalda berilgan.

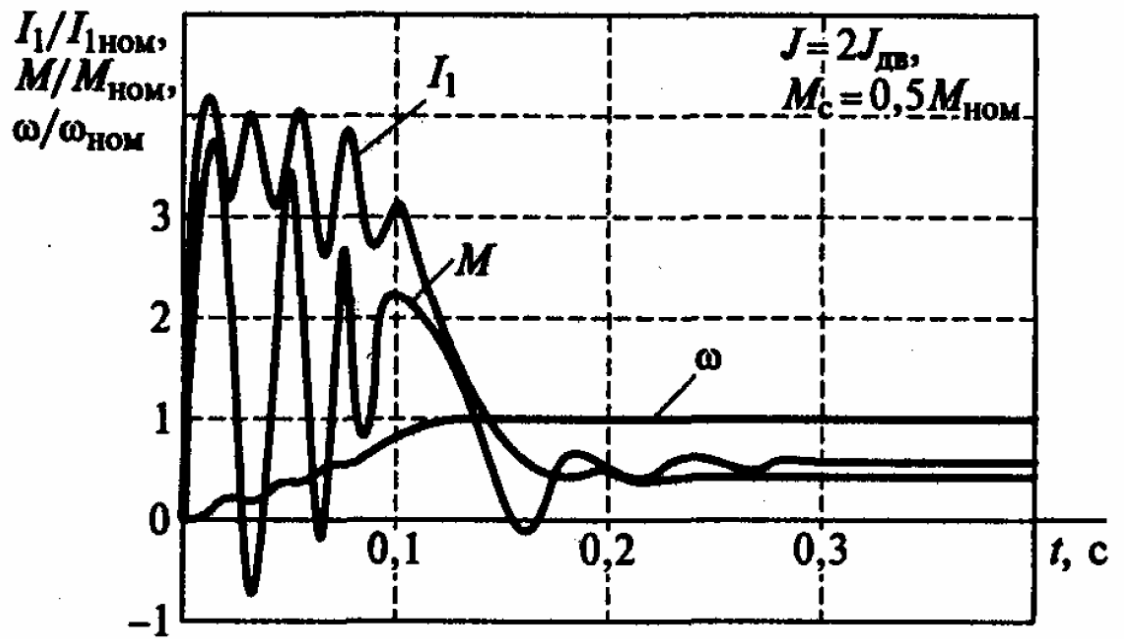
TKO'-AM EYuT rostlash diapazoni kichik uzoq muddatli ishlovchi yoki rostlash diapazoni katta va qisqa muddatli elektr yuritmalarda ishlatiladi. Bundan tashqari, yuritmani tezligini silliq o'zgartirib ishga tushirish yoki dinamik tormozlash uchun ushbu EYuT qo'llaniladi.



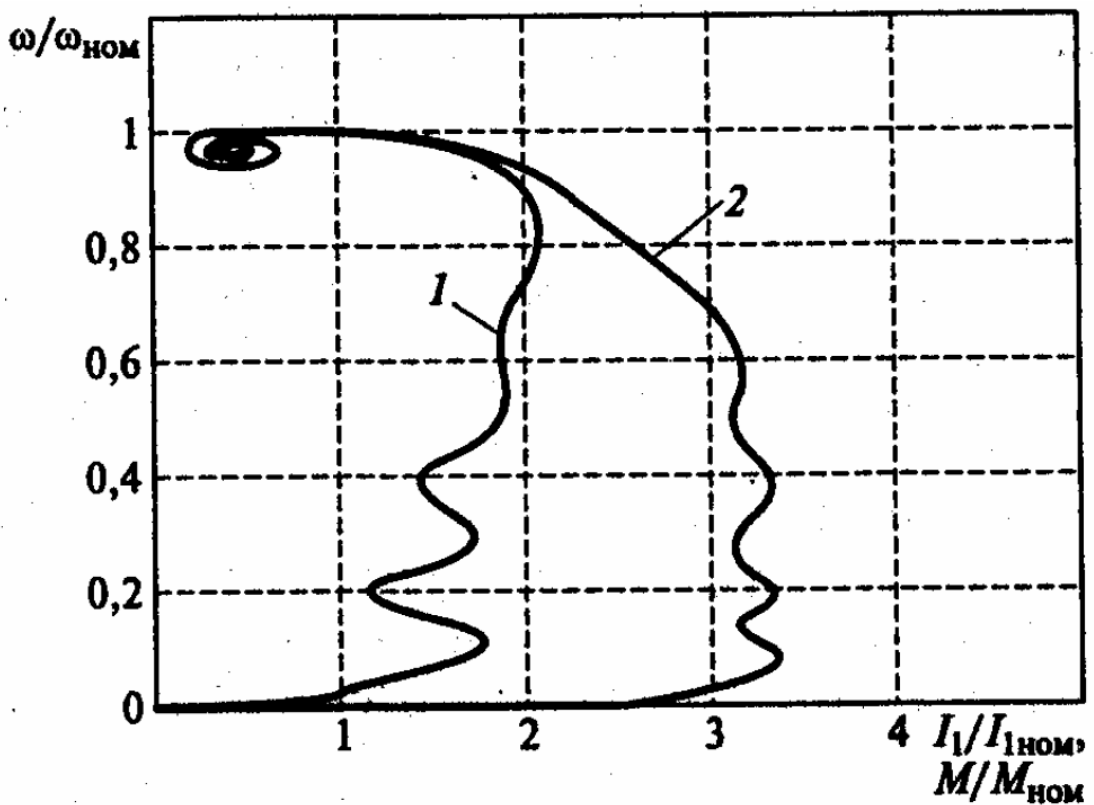
Elektr yuritmani isroflar ko'p vujudga keladigan jarayonlaridan biri bu yurgizish jarayonidagi isroflar hisoblanadi. Yurgizish toklari ishchi toklarga nisbatan 5-7 marta katta bo'lgani uchun ular vujudga keltirgan isroflar salmoqli bo'ladi. Bu isroflarni kamaytirish uchun kuchlanishni silliq oshirib o'zgartirish orqali yurgizish isroflarni kamaytirish iskonini beradi.



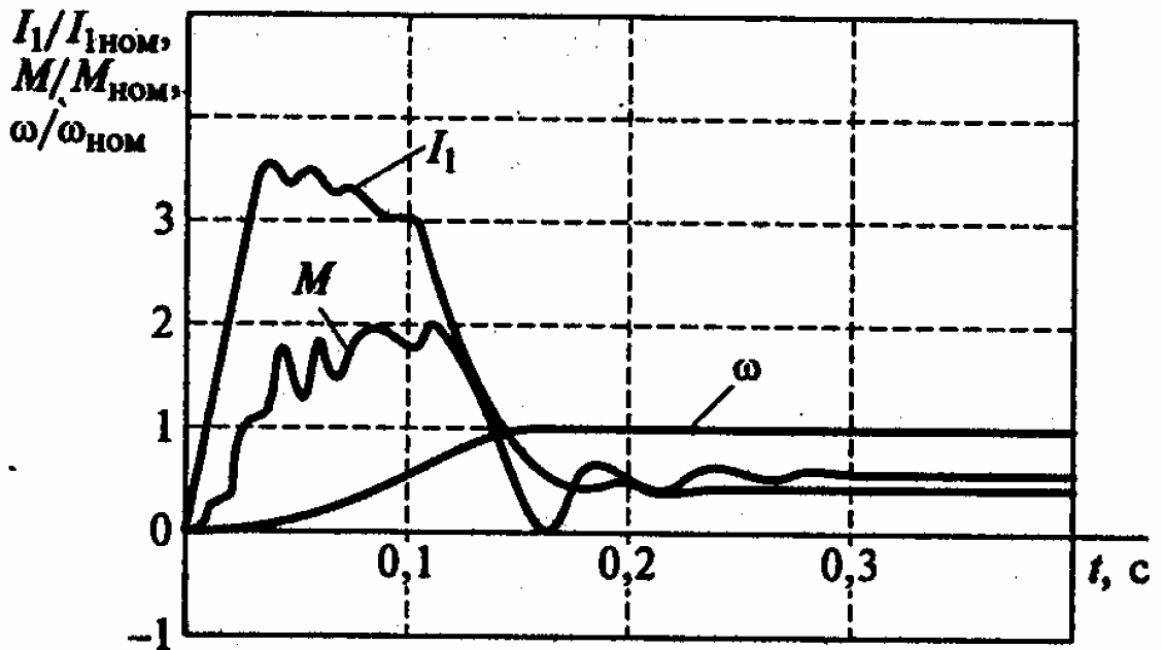
4.2–rasm. Asinxron motorni bevosita tarmoqqa ulashdagi dinamik mexanik va elektromexnik tavsiflar



4.3–rasm. Asinxron motorni bevosita tarmoqqa ulashdagi o'tish jarayonlari.

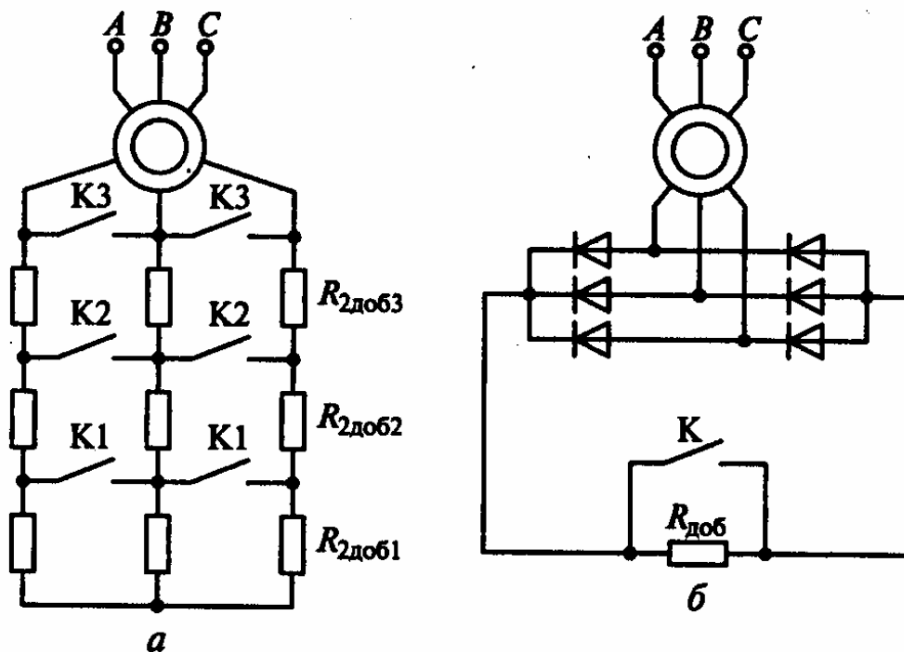


4.4–rasm. TKO'-AM EYuT da kuchlanishni sillik oshirib yurgizishdagi dinamik mexanik va elektromexanik tavsiflar.

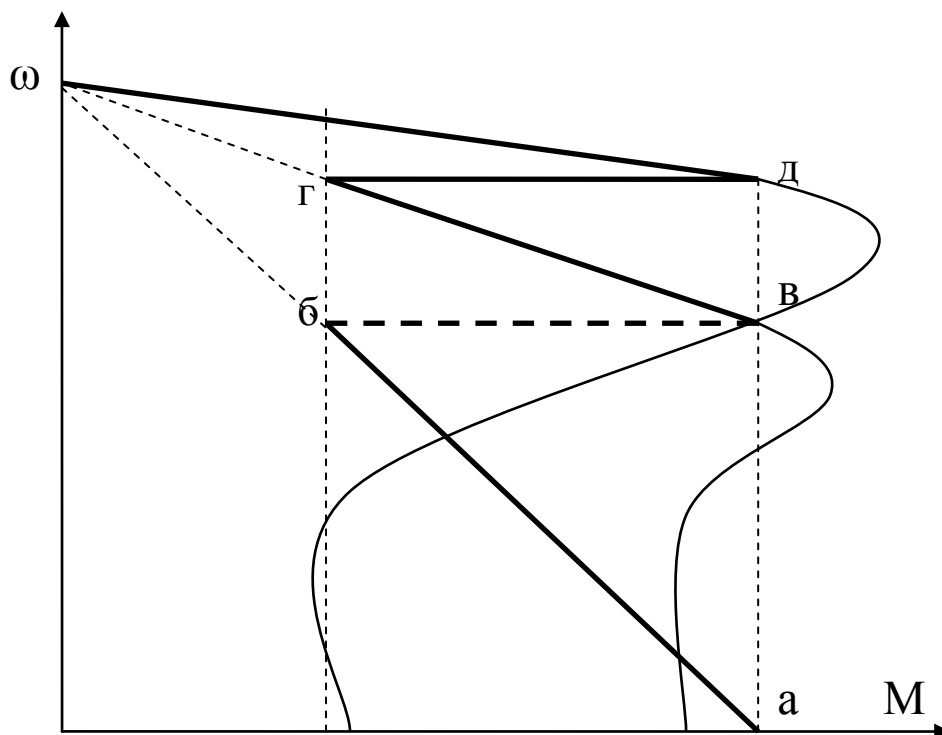


4.5-rasm. TKO'-AD EYuT da yurgizish jarayoni egriliklari.

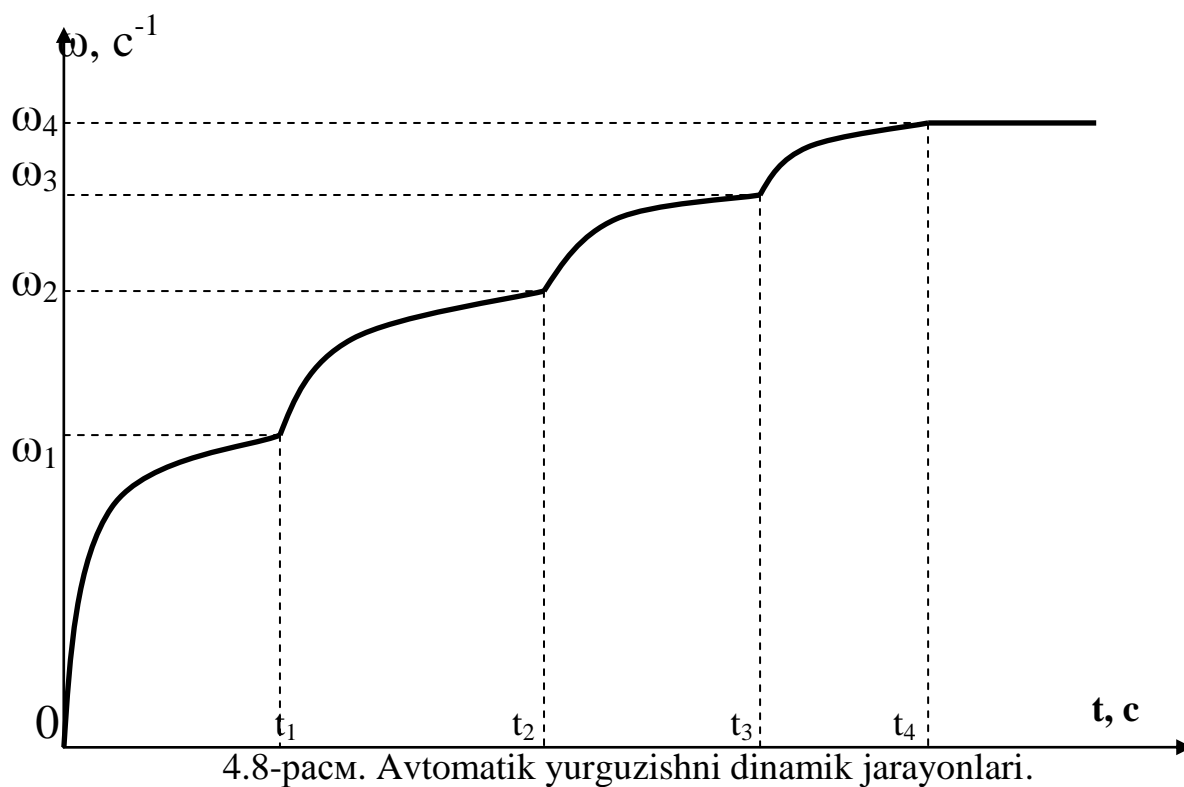
Rostlanadigan reostatli boshqariladigan asinxron motor (RRB-AM) elektr yuritma tizimi. Bu EYuT eng arzon boshqariladigan elektr yuritma bo'lib faza rotorli asinxron motorni rotor chulg'amiga rostlanadigan reostat ulanadi. () ifodaga ko'ramotorning aylantiruvchi momenti oshib yurgizish toklari kamayadi. Kritik sirpanish qiymati oshib kritik moment qiymati o'zgarmaydi.



Korxonalarda qo'llaniladigan elektr yuritmalarda quyidagi yurgizish usullari mavjud:



4.7 rasm. Faza rotorli asinxron motorni yurguzish tavsifi

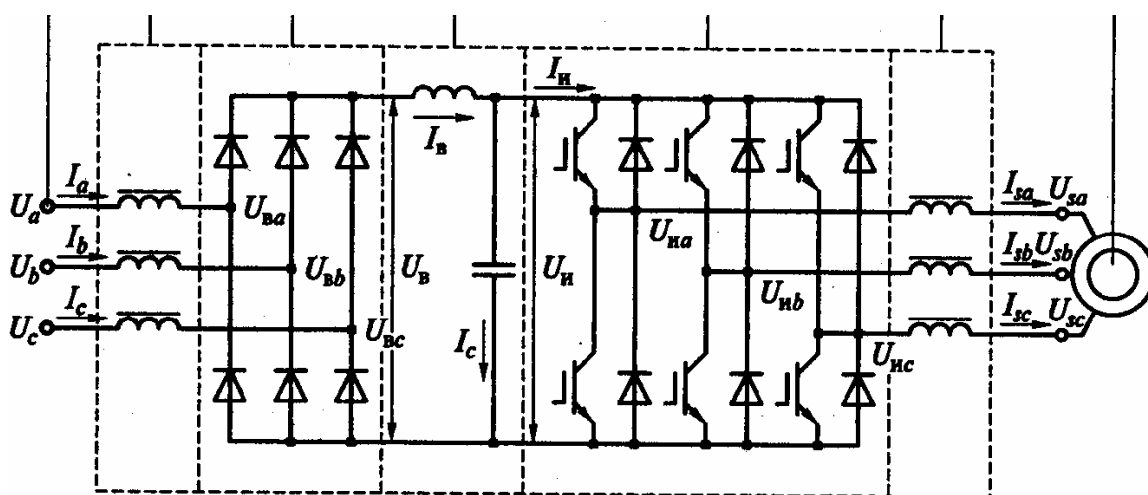


4.8-rasm. Avtomatik yurguzishni dinamik jarayonlari.

Avtomatlashtirilgan o'zgarmas va o'zgaruvchan tok elektr yuritmalarda elektrik tormozlash uchun elektrodinamik tormozlash va karshi ulab tormozlash ko'llaniladi. Energiyani tarmokka kaytarib generator rejimida tormozlash (rekuperativ tormozlash) ko'pincha juft qutblarni sonini o'zgartirib asinxron motorlarda ko'llaniladi.

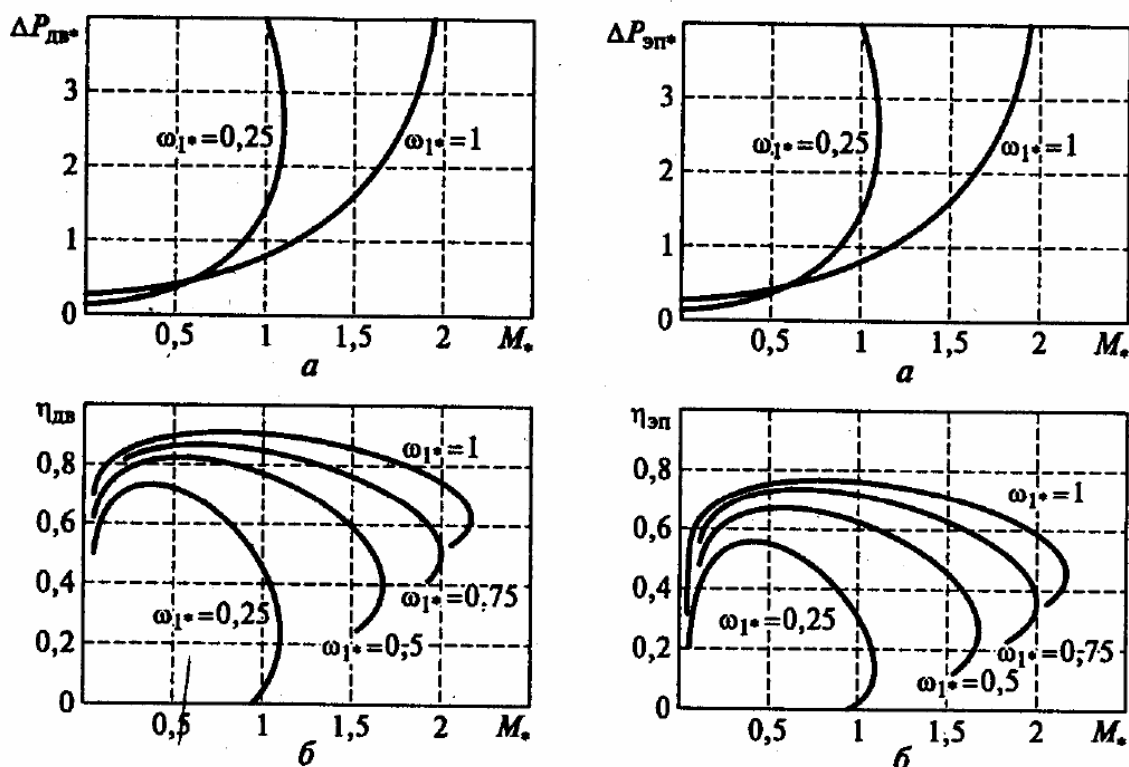
*Elektr mashinalardagi isroflarni tiristorli chastotaviy boshqarish orqali kamaytirish usullari va vositalari.*

Hozirgi kunda rotori qisqa tutashgan asinxron motorni boshqarishning eng samarador usuli chastotaviy boshqarish bo'lib oxirgi yillarda ularning qo'llanishi kengayib bormoqda. Asinxron motor – tiristorli (yoki tranzistorli) chastota o'zgartkichi (AM-TChO') elektr yuritma tizimi (EYuT) tezlikni rostdashda o'zgarmas tok motori tavsiflarini bera oladi va eng energiya tejankor usul hisoblanadi. Ushbu EYuT ning 2 turi mavjud bo'lib chastotani bevosita o'zgartiradigan va o'zgarmas tok bo'g'inli o'zgartiradigan chastota o'zgartkichlari mavjud. Bevosita o'zgartiradigan chastota o'zgartkichlari faqat nominal chastotadan (50 Gst) pastga o'zgartirgani uchun ular kam qo'llaniladi. Shuning uchun asosan o'zgarmas tok bo'g'inli chastotat o'zgartkichlarni (O'TB ChO') ko'rib chiqamiz. Bu o'zgartkichning sxemasi –rasmda ko'rsatilgan.



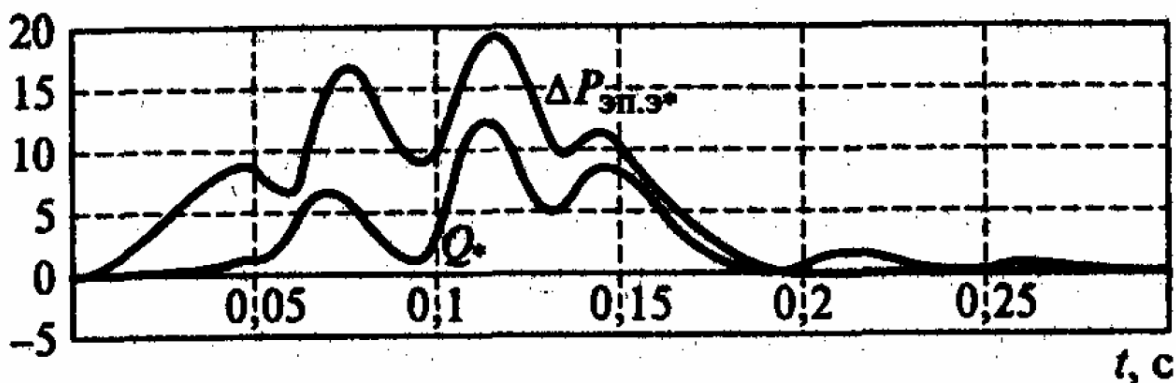
O'zgartkich avval tarmoq chastotasini o'zgarmas tokga aylantiradi va inverterlar yordamida chastotatsi o'zgaradigan o'zgaruvchan tokga aylantiriladi. Quyidagi rasmlarda chastotaviy boshqariladigan asinxron EYuT ning energetik

tavsiflari berilgan. Yuklama va tezlik o'zgarandagi FIK va isroflarning qiymatlarini o'zgarishi keltirilgan.

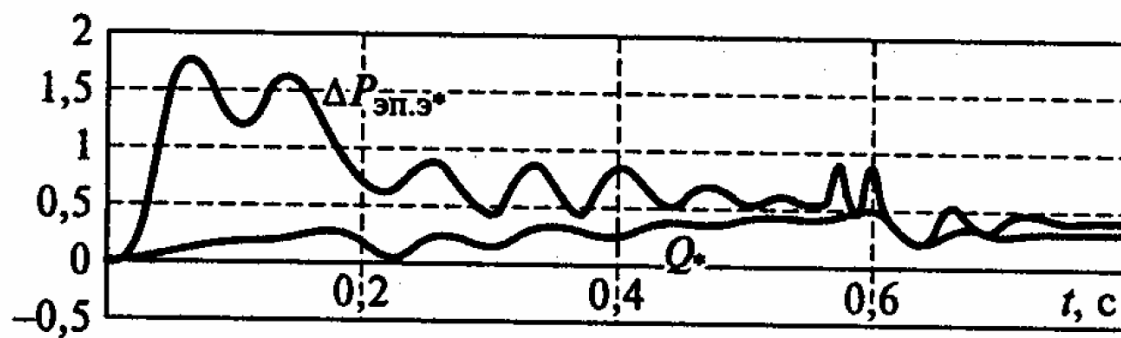


4.9-rasm. Yuklama va tezlik o'zgarandagi FIK va isroflarning qiymatlarini o'zgarishi

AM-TChO' EYuT ning yurgizish tavsiflari quyidagi rasmlarda keltirilgan. Egriliklardan ko'rinadiki yurgizish jarayoni juda silliq va energiya tejamkor o'tadi.



4.10-rasm. Asinxron motorni chastotaviy boshqarishda aktiv va reaktiv quvvat isroflarini o'zgarishi.



4.11-rasm. Asinxron motorni chastotatviy boshqarishda aktiv va reaktiv quvvat isroflarini o'zgarishi.



## XULOSA

Hozirgi kunda yirik quvvatli ishlab chiqarish korxonalari chet elda ishlab chiqarilgan zamonaviy uskunalar va jihozlar bilan ta'minlangan. Bu esa ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifatini va unumdorligini oshirib o'z mahsulotlarini jahon bozorigacha olib chiqish orqali xalq xo'jaligi va Respublikamizning rivojlanishi uchun katta hissa qo'shmoqda. Shu o'rinda zamonaviy uskunalar va jihozlarning talab darajasida ishlashi uchun uzluksiz va sifatli elektr energiya ta'minoti talab qilinadi.

Sanoat korxonalarida jumladan elektr energiyasi sarfi juda yuqori ekanligidan kelib chiqib, bugungi kunda energiyani tejash bo'yicha ko'plab ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ilmiy tadqiqot ishlarida korxonada energetik balansini tashqil etish, ishlab chiqarishdagi energetik ko'rsatkichlarni tahlil qilish, energiya iqtisod qilishning rezerv manbalari kuch transformatorlari, reaktorlar va boshqa elektr qurilmalarni yuklanganlik darajasini aniqlash muhim hisoblanadi. Elektr balans bu iste'mol qilishdagi aktiv quvvat bilan reaktiv quvvat balanslari hisoblanadi, ya'ni bunda tarmoqdagi barcha isroflar yig'indisini e'tiborga olinadi. Korxonaning turli ishlab chiqarish qismlarida energiyadan qanchalik foydalanilayotganligini, energoaudit o'tkazish davomida yig'ilgan ma'lumotlarni tahlil qilish orqali baholanishi mumkin. Aniqlangan energiya iste'moli korxonada oldiga qo'yilgan maqsad va standart ko'rsatkichlari bilan taqqoslab ko'rilishi mumkin. Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish va bu bilan bog'liq elektr ta'minoti tizimining turli elementlarida elektr energiyasi isrofini va elektr energiyasi sifatini oshirish bilan bog'liq muammolarni yechish uchun reaktiv quvvat balansini tuziladi. Energetik resurslardan foydalanishni samaraliligini ortirish va issiqlik isroflari kamaytirish uchun, korxonadagi issiqlik tarmoqlarining xolatini yaxshilash kerak bo'ladi, bunda shuningdek, korxonada asboblarni bo'yicha o'lchovlarni to'g'riligi ustidan doimiy nazoratni, issiqlik manbasi va uni iste'mol qiluvchi joylarda energetik resurslardan rasional foydalanishni tashqil qilish zarur.

Energotizim elektr tarmoqlaridagi reaktiv quvvatning kombinatsiyalangan boshqaruvida qo'llaniluvchi uch fazali tokni kuchlanishga yassi o'lchov chulg'amli

elektromagnit o'zgartgichlarining tuzilish tamoyillari, tadqiqot va loyihalash algoritmlari, tadqiqot modellari, hisoblash usullari, elektromagnit o'zgartirgichlarning qurilmalarini tuzilishini yaratish va ishlab chiqish asoslari amalga oshirildi va ularni mikroprotessorli bloki tarkibida boshkaruv amaliyotga keng joriy etish imkoniyatlari yaratildi.

Tadqiqotlar natijasida energiya va resurs tejamkor energotizimlarni rasional qurish tamoyillarini amalga oshirish, energotizimda reaktiv quvvat manbalarini kombinatsiyalangan boshqaruvi, bir va uch fazali elektr kattaliklarni real vaqt mobaynida o'zgarishlarini simmetrikligini nazorat, elektr tarmoqlar bir va uch fazali birlamchi toklarining adekvat asosda ikkilamchi kuchlanishga o'zgartirish imkonini beruvchi yassi o'lchov chulg'amli elektromagnit o'zgartgichlarining majmuasini yaratildi va ular amaliyotga joriy etildi.

Energotizimlarning reaktiv quvvatlarini kombinatsiyalangan boshqaruvida birlamchi elektr toklarni ikkilamchi kuchlanishga yassi o'lchov chulg'amli elektromagnit o'zgartgichlarini qo'llash orqali iqtisodiy samaradorlikni taminladi.

### Foydalanilgan adabiyotlar:

1. I.A.Karimov. “Buyuk va muqaddassan, mustaqil vatan”, “O`QITUVChI”, nashriyot–matbaa ijodiy uyi, Toshkent, 2011 yil.
2. I.A.Karimov. “O‘zbyokiston mustaqilikka erishish ostonasida”, “O`QITUVChI”, nashriyot–matbaa ijodiy uyi, Toshkent, 2012 yil.
3. S. Majidov “*Elektr mashinalar va elektr yuritmalari*” ushbu darslik elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi generatorlar, bu energiyani uzatish va taqsimlashda ishlatiladigan transformatorlar hamda elektr motor va ular vositasida harakatga keltiriladigan tizim ya’ni elektr yuritmalarni o‘rganishga mo‘ljallangan manba.
4. T. Dadajonov va M. Muhiddinov “*Matlab asoslari*” ushbu manbada “Matlab” tizimining asosiy obyektlari, operatorlari va funksiyalarini tavsifi berilgan va ulardan foydalanish yo‘llari misollar vositasida bayon qilingan elektrotexnik va kuch elektronikasi qurilmalarini modellash va tadqiq qilish batafsil keltirilgan.
5. N. X. Yunusov “*Elektr mashinalar yuritmalarini hozirgi zamon elektron qurilmalari yordamida himoya qilish tizimlarini loyihalash*”.5A 310202 – “Energiya tejamkorligi” mutaxassisligi bo‘yicha magistr darajasini olish uchun magistrlik dissertatsiyasi. Farg‘ona – 2013. Ushbu magistrlik ishida elektr yuritmalarni zamonaviy himoya qurilmalari va ularni modellashtirish masalalari keltirilgan.
6. O.Z. Toirov “*Chastotaviy boshqariluvchi lentali konveyer qurilmasining o‘tish jarayonlarida kuchlanish va chastota o‘zgarish qonunlarining tahlili*”. Respublika Yosh olimlar ilmiy – amaliy konferensiyasi ma’ruza tezislari to‘plami. 2014 yil 18 – dekabr. Ushbu maqolada chastotali boshqariluvchi lentali konveyer qurilmasini ishga tushurish jarayonida usullar to‘g‘risida ma’lumot berilgan
7. Rahimov A.B. “*Angren ko‘mir konlaridagi lentali konveyerlarga tezligi rostlanadigan elektr yuritma qo‘llash*” mavzusidagi maqolasi. O‘zbekiston Konchilik xabarnomasi jurnali 4 – son 2015 yil.
8. M.M. Кацман “*Электрический привод*” 4 – е издание 2011 году

9. И.П.КОПЫЛОВ. *“Проектирование Электрических машин”*.
10. М.Л.КАМНСКИЙ. *“Проверка и Испытание Электрических Машин”*.
11. И.П.КОПЫЛОВ. *“Моделирование электр энергий”*
- 12.Siddikov I.X., Nasritdinov F.J. Issledovanie principov postroeniya elektromagnitnix elementov elektroavtomatiki i zashiti sistem elektrosnabjeniya na osnove grafovoy modeli // Jurnal «Beruniy yulduzlari». - TGTU, Tashkent, 2001. - №1. – s. 87-89.
- 13.Siddikov I.X. Issledovanie osnovnix xarakteristik i principov postroeniya elektromexanicheskix preobrazovateley elektroavtomatiki na osnove grafovoy modeli // Jurnal «Vestnik TashGTU». – Tashkent, 2001. - №1. – s. 11-17.
- 14.Siddikov I.X., Anarboyev M.A., Mirzoyev N.N., Mamatkulov A.N. Elementi upravlenie staticheskimi i dinamicheskimi istochnikami reaktivnoy moshnosti // Jurnal «Problemi energo i resursosberejeniya». - TGTU, Tashkent, 2013. – Spes. vipusk. - №3-4. – s. 183-187.
- 15.Rojkova L.D, Kozulin V.S. "Elektrostansiya va podstansiyalarning asbob–uskunalari". Toshkent, "Fan", 1987 y, 619 b.
- 16.Neklepaev B.N. "Elektricheskaya chast stansiy i podstansiy", M.: 1991
- 17.Spravochnik po elektricheskim ustroystvam visokogo napryajeniya, M.: 1998.
- 18.Pravila Ustroystv Elektrotexnicheskix ustanovok (PUE). M.: Energoatomizdat, 1987.
- 19.Spravochnik po elektrosnabjениyu promishlennix predpriyatij. Promishlennie elektricheskie seti /Pod red. A.A.Fedorova i G.V.Serbinovskogo, M., Energiya, 1980.
- 20.Spravochnik po elektrosnabjениyu promqshlennix predpriyatij. Elektrooborudovanie i avtomatizatsiya /Pod red.A.A.Fedorova i G.V.Serbinovskogo M. Energoizdat, 1981.
- 21.Elektrotexnicheskij spravochnik: 2–tom. Pod obo‘ey red.prof. MEI. M. Energoatomizdat, 1980.
- 22.Elektrotexnicheskij spravochnik: 3 tom. Pod obo‘ey red. prof. MEI. M. Energoatomizdat,1981.

23. Gultpyaev A. K. Vizualnoe modelirovanie v srede MatLab. SPb.: Piter, 2000. 429 s.
24. Dyakonov V. P. SIMULINK-4. Spesialniy spravochnik. SPb.: Piter, 2002, 601 s.
25. V.P. Dyakonov. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Osnovi primeneniya. Polnoe rukovodstvo polzovatelya. SOLON-Press, 2004.
26. V.P. Dyakonov. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 v matematike i modelirovanii. SOLON-Press, 2003.
27. V. I. Karlashuk. Elektronnaya laboratoriya na IBM PC. Laboratorniy praktikum na baze Electronics Workbench i MATLAB. SOLON-Press. 2004.
28. I. Chernix. Simulink: sreda sozdaniya injenernix prilozheniy. Dialog-MIFI. 2003.
29. [http://www.rza001.narod.ru/txt/shabad\\_2/raschet\\_to.htm](http://www.rza001.narod.ru/txt/shabad_2/raschet_to.htm)
30. <http://www.izl.ru/kastv.htm>
31. <http://marketelectro.dsx.ru/upload/File/sprav/sprav8.htm>
32. <http://www.platan.ru/cgi-bin/qwery.pl/id=730&group=10703>
33. <http://detalinadom.narod.ru/nabor/nabTDA2030.htm>
34. Balashov Ye.P., Puzankov D.V. Mikroprotssessori i mikroprotssessornie sistemi. –M.: Radio i svyaz. 1981. –326 s.
35. Bryabin V.M. "Programnoe obespechenie personalnix EVM".
36. Valvachev F.N., Krisevich V.C. "Programmirovaniye na yazyke PASKAL dlya personalnix EVM".
37. <http://www.prom.lru/> Transformatornoe oborudovanie.
38. <http://www.news.elteh.ru/> Forum / «Novosti Elektrotexniki».
39. Shabat M.A. Rascheti releyonoy zashiti i avtomatiki raspredelitelnykh setey. – L: Energoatomizdat 1991 g.
40. Avtomatika elektricheskikh stansiy, i elektroenergeticheskikh sistem Ovcharenko N.I. Izdatelstvo NS ENAS, 2003-01-01, Kniga v pereplete, 504 str., ISBN kod 5-93196-020-1
41. Vibor i ekspluatatsiya silovix transformatorov. Bistriskiy G.F. Izdatelstvo Akademiya, 2003-07-10, Kniga v pereplete, 176 str., ISBN kod 5-7695-1143-5

42. Montaj, ekspluatatsiya i remont elektroustanovok. Kusenko G.F. Izdatelstvo Dizayn Pro, 2003-05-15, Kniga v pereplete, 271 str., ISBN kod 985-452-072-2.
43. [www.scopes.com](http://www.scopes.com)
44. An adaptive sliding mode observer over wide speed range for sensorless control of a brushless DC motor(Article)  
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85047404471&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=simulation+dc+motor&st2=&sid=b609047dc11dc54c66aeca507a09b4ad&sot=b&sdt=b&sl=34&s=TITLE-ABS-KEY%28simulation+dc+motor%29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=>
45. Stator current model reference adaptive systems speed estimator for regenerating-mode low-speed operation of sensorless induction **motor** drives(Article)  
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84883302103&origin=reflist&sort=plf-f&src=s&st1=simulation+dc+motor&st2=&sid=b609047dc11dc54c66aeca507a09b4ad&sot=b&sdt=b&sl=34&s=TITLE-ABS-KEY%28simulation+dc+motor%29&recordRank=>
46. Position and speed control of brushless **dc** motors using sensorless techniques and application trends(Review) <http://www.mdpi.com/1424-8220/10/7/6901/pdf>
47. New single chip **Hall sensor for three phases** brushless **motor** control(Article)  
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0033875379&origin=reflist&sort=plf-f&src=s&st1=simulation+dc+motor&st2=&sid=b609047dc11dc54c66aeca507a09b4ad&sot=b&sdt=b&sl=34&s=TITLE-ABS-KEY%28simulation+dc+motor%29&recordRank=>
48. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)
49. [www.elster.ru](http://www.elster.ru)
50. [www.izmerenie.ru](http://www.izmerenie.ru)
51. [www.alphacenter.ru](http://www.alphacenter.ru)
52. [www.metronica.ru](http://www.metronica.ru)
53. “Merkuriy”. [www.incotex.ru](http://www.incotex.ru)
54. SP OOO “Elektron hisoblagich”
55. [www.uzelex.uz](http://www.uzelex.uz)
56. [www.algorithm.uz](http://www.algorithm.uz)

57. [www.undp.uz](http://www.undp.uz)
58. [www.uzbekenergo.uz](http://www.uzbekenergo.uz)
59. [www.press-service.uz](http://www.press-service.uz)
60. [www.gov.uz](http://www.gov.uz)
61. [www.uzbekcoal.uz](http://www.uzbekcoal.uz)
62. [www.lex.uz](http://www.lex.uz)
63. [www.gismeteo.ru](http://www.gismeteo.ru)