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

M. I. Maxmudov, Z. E. Qo'ziyev

**ELEKTR MEXANIK TIZIMLARDA
ENERGIYA TEJAMKORLIK**

5310700-Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari

ta'lim yo'nalishi talabalari uchun

**BUXORO – 2020
«DURDONA» NASHRIYOTI**

87.4я73

16(075.8)

M 83

Maxmudov M.I.

Elektr mexanik tizimlarda energiya tejamkorlik [Matn]: o`quv qo`llanma / M.I. Maxmudov, Z.E. Qo`ziyev. - Buxoro : "Sadriddin Salim Buxoriy" Durdona nashriyoti, 2020. - 160 b.

KBK 87.4я73

UO`K 16(075.8)

TAQRIZCHILAR:

Jalilov R. B. – BuxMTI “Energetika” kafedrasi mudiri, texnika fanlari doktori, dotsent.

Fayziyev S.S. – “O`zenergoinspeksiya” Buxoro viloyati hududiy bo`limi boshlig`i.

Ushbu o`quv qo`llanma 3 bob 12 paragrafdan iborat bo`lib, unda energiya tejamkorlik haqida umumiy tushunchalar, ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr yuritmalarida energiya tejamkorlikka erishish yo`llari batafsil, aniq va ravon bayon etilgan. O`quv qo`llanma Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari ta`lim yo`nalishi Elektr mexanik tizimlarda energiya tejamkorlik fan dasturi asosida yozilgan bo`lib mazkur yo`nalish talabalariga mo`ljallangan.

Mazkur o`quv qo`llanma Oliy va o`rta maxsus ta`lim vazirligining 2020 yil 07 dekabr 684-sonli buyrug`iga asosan nashr qilishga ruxsat etilgan.

ISBN 978-9943-6894-2-8

© M.I. Maxmudov, Z.E. Qo`ziyev.

ANNOTATSIYA

Ushbu o'quv qo'llanma 5310700-Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari bakalavriat ta'lim yo'nalishi bo'yicha ta'lim olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan.

Qo'llanmada energiya tejamkorlik haqida umumiy tushunchalar, ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr yuritmalarida energiya tejamkorlikka erishish yo'llari bayon qilingan.

SUMMARY

This tutorial is intended for students of bachelor's degree, training in the specialty 5310700-Electrical engineering, electromechanics and electrical technology.

The manual reviews of the energy concepts and energy saving methods in electric drives of production mechanisms.

АННОТАЦИЯ

Это учебное пособие предназначено для студентов бакалавриата, обучающихся по специальности 5310700-Электротехника, электромеханика и электротехнологии.

В пособие рассматриваются основные понятия энергосбережения и методы энергосбережения в электрических приводах механизмов производства.

KIRISH

Butun dunyoda, shu jumladan Respublikamizda energiya resurslar narxini oshib borishi iqtisodiyotning barcha sohalarida energiya tejamkorlik masalalarini ilgari suradi. XX asr oxiri va XXI asr boshida butun dunyoni qamrab olgan energetik inqiroz sanoati rivojlangan mamlakatlarda yoqilg'i va elektr energiyani iqtisod qilish maqsadida davlat dasturlari ishlab chiqilishiga va hayotga tadbqiq qilish bo'yicha ilmiy va amaliy ishlarni rivojlantirish uchun sabab bo'ldi. Energiya resurslarni tejash orqali mahsulot tannarxini kamaytirish ishlab chiqarilayotgan mahsulotimizni tashqi va ichki bozordagi raqobatbardoshligini oshirishni asosiy omillaridan biridir. Respublikamizda ishlab chiqarilayotgan mahsulot birligiga sarflanayotgan nisbiy energiya sarfi rivojlangan Yevropa davlatlari AQSh va Yaponiyaga nisbatan 3-4 marta katta ekanligini ko'rish mumkin. Bu esa elektr energiya nisbiy sarfini kamaytirish bo'yicha imkoniyatlarimiz borligini ko'rsatadi.

O'zbekiston Respublikasi mustaqillikka erishgandan so'ng MDH davlatlari ichida birinchilar qatorida 1997 yil aprel oyida energiyadan samarali foydalanish to'g'risida qonun qabul qildi. Bu qonun yoqilg'i va energetika resurslaridan foydalanish va ishlab chiqarishning barcha sohalarida barcha energiya turlaridan samarali foydalanish uchun huquqiy asos bo'lib xizmat qilmoqda. Qonun 24 moddadan iborat bo'lib energiyadan foydalanish ga oid barcha sohalarni qamrab olgan. Qonunning asosini energiya samaradorlik va energiya tejamkorlikni tashkil etish masalalariga qaratilgan [1].

Energiya tejamkorlik masalalarini ko'rib chiqishda elektr energiya, issiqlikni tejashga doir barcha chora-tadbirlarni qo'llagan holda kompleks yondoshuvdan foydalanish muhimdir. Shuningdek, energiya tejamkorlikni boshqarishning maxsus organlarini tuzish va energiya tejamkorligi sohasida umumiy ma'lumotlarni oshirish bo'yicha har xil tuzilmalarni tashkil etish zarur.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-son «O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni va 2018 yil 27 apreldagi PQ-3682-son «Innovasion g'oyalar, texnologiyalar va loyihalarni amaliy joriy qilish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirish ko'zda tutilgan [2,3].

Ushbu o'quv qo'llanma talabada quyidagi bilim va ko'nikmalarni shakllantiradi:

- sanoatda energiyani boshqarish masalalarni, nazoratning maqsad va mazmuni, energiyani tejash imkoniyatlari haqida bilimlarni berish;

- energiyani tejovchi tadbirlarni tashkil etish, rejalashtirish va boshkarish haqida ko'nikmalarini shakllantirish;

- talabalarga energiyani tejashni iqtisodiy masalarini o'rgatish hamda energiyani tejovchi tadbirlar samaradorligini hisoblash usullari, ko'rsatkichlari va asosiy me'zonlarini o'qitish;

- energiyani tejishni texnik va texnologik masalarini bilan chuqur tanishtirish: iqtisodiyot tarmoqlarida energiyani tejash imkoniyatlarini o'rganish;

- zamonaviy qurilmalarini qo'llash asosida elektr energiyasini tejash masalarini o'rgatish;

- talabalarni elektr yuritmalarda energiyani tejovchi texnik yechimlar bilan tanishtirish;

- sanoat korxonalarida elektr energiyasini tejash yo'llari bilan yaqindan tanishtirish;

- zamonaviy texnika va texnologiyalarni tadbiq etish, energiyani tejash manbalari, turli xildagi guruhlarini potensial resurslari baholashni o'rgatish.

EMTda energiya tejamkorlik fani zamonaviy "Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari" bakalavriat ta'lim yo'nalishi bo'yicha

mutaxassislar tayyorlashning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Energiya tejamkorlik - O'zbekiston respublikasining butun energetika sohasini rivojlantirishning strategik yo'nalishidir.

Hozigi kunda talabalarga bunday adabiyotlarga ehtiyoj katta bo'lgani uchun ushbu qo'llanma ham foydali adabiyot bo'ladi deb umid qilamiz.

1-BOB. ENERGIYA TEJAMKORLIK HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

1.1. Energiya tejamkorlikka oid tushunchalar

Hozirgi vaqtda jadal rivojlanib borayotgan sohalardan biri energiya tejamkorlik hisoblanib, u bir qator tushunchalar bilan tavsiflanadi. Turli xil energetik tizimlarda energiya tejash imkoniyatlarini aniqlashga yo'naltirilgan tadqiqotlarning mohiyatini shu tushunchalar tashkil etadi. Energiya tejamkorlik bo'yicha tushunchalarga quyida to'xtalib o'tamiz [4,8,19,22].

energiyani tejash – energetika resurslaridan samarali foydalanishga yo'naltirilgan huquqiy, tashkiliy, ilmiy, ishlab chiqarish, texnik va iqtisodiy chora-tadbirlarni amalga oshirish;

yoqilg'i-energetika resursi – hozirgi vaqtda foydalanilayotgan yoki istiqbolda foydalanilishi mumkin bo'lgan energiya manbai;

energetika resurslaridan samarali foydalanish – texnika va texnologiyalar rivojlanishining mavjud darajasida va atrof muhitni muhofaza qilishga qo'yiladigan talablarga rioya qilgan holda energetika resurslaridan foydalanishning iqtisodiy o'zini oqlagan samaradorligiga erishish;

ikkilamchi energetika resursi – asosiy jarayonda foydalanilmaydigan, biroq boshqa maqsadlarda foydalanish uchun yetarli bo'lgan ishlab chiqarishning asosiy, oraliq, qo'shimcha mahsuloti va chiqindilarining energetika salohiyoti;

energetika resurslarining noishlab chiqarish sarfi – standartlar, normalar va reglamentlar buzilishi tufayli kelib chiqqan energiya resurslari nobudgarchiligi;

yoqilg'i-energetika resursi iste'molchisi – yoqilg'i-energetika resursidan mahsulot ishlab chiqarishda, xizmatlar ko'rsatishda, shu jumladan qayta ishlash, transportda tashish va saqlash paytida hamda o'z ehtiyojlari uchun foydalanadigan yuridik shaxs;

energetika tekshiruvlari – yoqilg'i-energetika resursidan samarali foydalanish ko'rsatkichlarini aniqlash va foydalanish ko'rsatkichlarini

oshirishning iqtisodiy asoslangan chora-tadbirlarini ishlab chiqish maqsadida yoqilg'i-energetika resursi iste'molchilarini tekshirish;

energiya samaradorlik – energiya resurslar sarflanib olingan samara (mahsulot yoki xizmat ko'rsatish hajmi va sh.o'.) o'lchovini shu samarani olish uchun energiya resurslarga sarflangan xarajatlarga nisbati bilan aniqlanadigan kattalik;

energiya resurslardan oqilona foydalanish – texnika va texnologiyalar taraqqiyotiga asoslangan usullarda va atrof muhitga ta'siri minimal holga keltirilgan holda energiya resurslardan foydalanib maksimal samradorlikga erishish;

energiya va resurslarni tejash – mahsulot ishlab chiqarishda yoki xizmat ko'rsatishda ular sifatiga va atrof muhitga salbiy ta'sirini oshirmasdan energiya sarfini belgilangan meyyoriy qiymatdan kamroq sarflab bajarishga yo'naltirishgan tadbirlar natijasi;

energiya balansi – belgilangan vaqt oralig'ida energiya xo'jalik tomonidan qabul qilingan va sarflangan, qoldiq qolgan energiya resurslarni ko'rsatkichlari qiymatlari umumlashmasi;

aktiv quvvat-o'zgaruvchan tok zanjiridagi o'rtacha quvvat;

aktiv elektr energiyasi – biron-bir boshqa turdagi energiyaga aylanadigan elektr energiyasi;

energiya tejamkor motorlar (FIK yuqori bo'lgan motorlar) – quvvat yo'qolishlarining yig'indisi xuddi shunday quvvatdagi normal FIKli va aylanish chastotadagi motorlardan kamida 20% yuqori bo'lgan umumsanoat vazifali motorlar;

energetika menedjmenti – energiya resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirishga qaratilgan va korxonani boshqarish umumiy tuzilishini qismidan iborat bo'lgan texnik va tashkiliy vositalar majmui;

energetik resurslarni samarasiz ishlatish (resurs yo'qotilishi) – ma'lum bir qurilmaning passport ma'lumotlariga, texnologik qoidalariga,

davlat tomonidan o'rnatilgan me'yorlarga rioya qilmasdan hamda o'rnatilgan normativ hujjatlar talablari buzilishiga energetik resurs yo'qolishi deyiladi.

shartli yoqilg'i – yonish (kalorifik qiymati) past issiqligi 29,3 MJ/kg (7000 kkal/kg) ga teng bo'lgan yoqilg'i.

energiya resurslarni hisoblash va nazorat qilish – energetikada, energoresurslarni hisoblashni ishonchliligini oshirish, tajamkorlik munosabatlarini asosiy tamoyillari.

elektr energiyani solishtirma sarfi – energoresurslarni birlik maxsulot ishlab chiqarishdagi sarfi.

tarif – ko'rilayotgan davlatning ijtimoiy tuzilmasini tavsiflovchi ishlab chiqarish usuli tarif siyosati shakllanishida aks etadi

bir bosqichli tarif – bir bosqichli tariflar maksimal quvvati $S < 750$ kVA bo'lgan, korxona va tashkilot, uy-joy, savdo va umumiy ovqatlanish korxonasi, reklama va boshqalarga ega bo'lgan kichik sanoat korxonalari, firmalar, hamda kichik va o'rta biznes korxonalarida qo'llaniladi.

ikki bosqichli tarif – ikki bosqichli tariflar qabul qilingan maksimal quvvati $S > 750$ kVA dan katta bo'lgan sanoat va unga tenglashtirilgan korxonalarda ishlatiladi.

tarif preyskuranti – preyskurant elektr energiyasi tarifini va issiklik energiyasi tarifini ifodalaydi.

elektr energiya qabul qiluvchisi – elektr energiyasini boshqa turdagi energiyaga aylantiruvchi apparat, agregat va mexanizm.

elektr energiya iste'molchisi – texnologik jarayon bilan birlashgan va ma'lum bir hududda joylashgan elektr qabul qiluvchi yoki bir guruh elektr qabul qiluvchilar.

mustaqil energiya manbai – kuchlanish boshqa energiya manbalarida yuqolganida, yani avariya dan keyingi rejim oraliqda, kuchlanishni saqlab qoluvchi energiya manbai.

apparatlar – barcha turdagi kuchlanish oʻchirgichlari, boʻlgichlar, ajratkichlar, qisqa tutashtirgichlar, saqlagichlar, razryadniklar, tokni chegaralovchi reaktorlar, kondensatorlar.

reaktiv quvvat – transformator, elektr motor, elektr chulgʻamlarida hosil boʻladi.

reaktiv quvvatni qoplash – sinxron motor va statik kondensatorlar ishlashi natijasida amalga oshadi.

toʻla quvvat – aktiv quvvat kvadrati va reaktiv quvvat kvadratini ildiz ostidagi yigʻindisi

energiyani tejash choralari – iqtisodiyot tarmoqlarida energiyani tejash boʻyicha maʼmuri va iqtisodiy chora-tadbirlar ishlab chiqish.

energiya tejovchi tadbirlar – har bir sohada energiya tejovchi tadbirlar tuzishni va samaradorligini hisoblash.

elektr va issiqlik energiyani tejash – iqtisodiyot tarmoqlarida elektr va issiqlik energiyani tejash usullari.

ragʻbatlantirish choralari – energiya tejamkorligiga erishgan korxonalarni ragʻbatlantirish, tejamkorlikka erishishni asosiy omilidir.

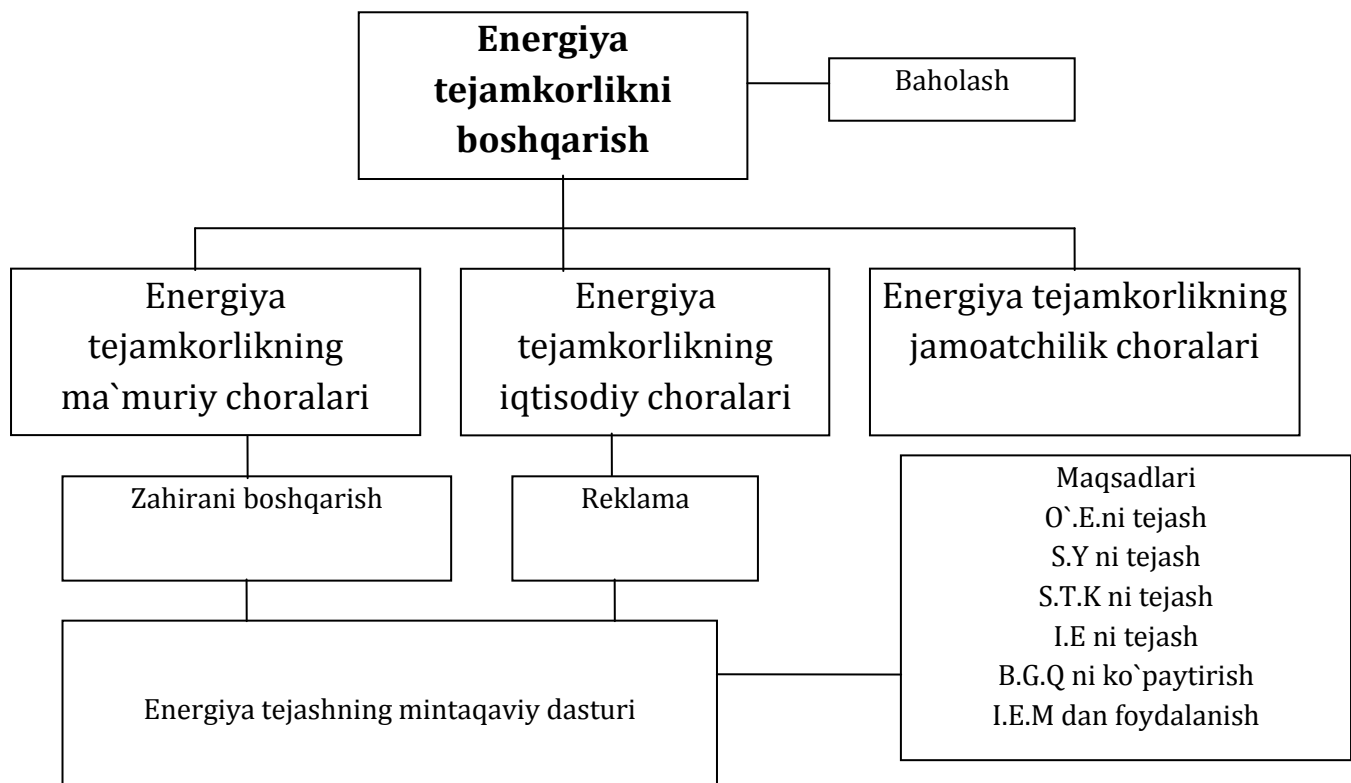
iqtisodiy chora-tadbirlar – har bir sohada energiya tejamkorligiga erishish uchun iqsodiy chora-tadbirlar tuziladi.

1.2. Energiya tejamkorligi va energetika resurslarini boshqarishning asosiy tushunchalari

Butun dunyoda birlamchi energiya resurslarining narxi oshib borishi iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida energiya tejamkorlik masalasi muhim hisoblanadi. Energiya tejamkorlikni boshqarishning maxsus organlarini tuzish va energiya tejamkorligi sohasida umumiy maʼlumotlarni tahlil qilish boʻyicha har xil tuzilmalarni tashkil etish zarur [23].

Energiya tejamkorlikni tashkil etish va boshqarish masalalari oʻzida quyidagi faoliyat turlarini namoyon qiladi:

- energiyani tejash bo'yicha texnik choralarni amalga oshirish,
- yangi texnologiyalarni joriy etish,
- uo'zida rejalashtirishni takomillashtirish,
- energiya tejamkorligi sohasida statistik hisobot tizimini takomillashtirishni qamrab oladigan ma'muriy choralarni tashkil etish,
- maxsus me'yorlar va energetika standartlarini belgilash,
- energiya tejamkorligini boshqaradigan maxsus boshqarmani to'zish,
- energiya tejamkorligini boshqarishni iqtisodiy va ma'muriy choralari qonunchilik hujjatlari bilan mustahkamlash yo'li orqali energiya tejashni huquqiy boshqarishni tashkil etish,
- energiya tejamkorligini davlat va hududiy tizimlar orqali nazorat etish,
- jamoaviy ta'sir choralari qo'llashni tashkil etish.



1.2.1-rasm. Energiya tejamkorlikni boshqarish sxemasi. (O`E- o'z ehtiyojlari, SE- suyuq yoqilgi, STK- sanoat texnologiyasi, IE- issiqlik energiyasi, BGQ-bug-gaz qurilmalari, IEM- ikkilamchi energiya manbalari)

Energiya tejamkorligini boshqarish tizimlari o'zida quyidagi masalalarni qamrab oladi:

- energiya iste'moli bo'yicha raqamli ma'lumotlarni tahlil qilish,
- energiya ta'minotini kelajakda etkazib berish strategiyasi,
- energiya menejmenti bo'yicha tashkiliy ishlar,
- iste'molni rejalashtirish, harakat rejimlarini belgilash,
- energiyani yo'qotilishini kamaytirish va saqlash hisobiga energiyani tejash masalalari,
- energiyani tejash choralarini joriy etish, agar zarur bo'lsa joriy nazoratni va to'g'rilashlarni amalga oshirish.

Energiya tejamkorligi, elektr energiyasi va issiqlikni tejashning iqtisodiy chora-tadbirlariga quyidagilarni kiritishimiz mumkin:

- energiya tashuvchilar uchun har tomonlama narxlar tizimini joriy etish, oqilona narx siyosati yuritish,
- moliyaviy ragbarlantirishni tashkil etish,
- shartnoma intizomiga rioya etmaganlik uchun jazo choralaridan foydalanish.

Buning uchun energiyani tejashning iqtisodiy, ekologik, ijtimoiy va boshqa ustun jihatlarini ommaga keng buicha chora-tadbirlarni amalga oshirish,

- energiya tejamkorligi siyosatini yuritish va energiyani tejash sohasida
- muvaffaqiyatlarga erishish maqsadida umumiy ta'limni ko'chaytirish uchun jamoatni,
- ilmiy-texnik va iqtisodiy tashkilotlarni jalb etish.

Energiya tejamkorligini ragbatlantirish choralariga quyidagilarni kiritish mumkin:

- qaytarilmaydigan ssudalar bilan yordam ko'rsatish tizimi,
- energiya tejamkorligiga erishgan korxonalarga imtiyozli va foizsiz kredit berish,

- energiya tejamkorligi fondlari uchun imtiyozli tulov me'yorlari, energiya tejash qurilmalari uchun amortizasiya muddatlarini qisqartirish,
- davlat byudjetidagi tashkilotlarda iqtisodiy zaxiralarni tejashning yilik summasi miqdorida mukofotlash fondlarini yaratish,
- to'lovlar muddatini uzaytirish,
- shuningdek, energiya tejovchi qurilmalarni ishlab chiqarishni jadallashtirishni ragbarlantirish uchun bunday qurilmadan foydalanish natijasida olingan foydadan soliq tulovlarini kamaytirish yoki butunlay ozod qilish ko'zda tutilishi mumkin.

Ishlab chiqarishda energiyadan tejamkorlik bilan foydalanishni amalga oshirish, odatda ikki yunalishda olib boriladi.

Birinchi yo'nalish – ishlab chiqarilayotgan tayyor mahsulotga to'g'ri keladigan energiya miqdori qiymatini kamaytirish, ya'ni organik va yadro yoqilg'i, elektr va issiqlik energiyalarini iqtisod qilishdan iboratdir. Buning uchun quyidagilarni amalga oshirish maqsadga muvofiq bo'ladi:

- texnologik va ishlab chiqarish intizomini yuqori darajaga ko'tarish va energiya resurslaridan tejamkorlik bilan foydalanish;
- issiqlik va elektr energiyani ishlab chiqarish, uzatish, o'zgartirish, saqlash va iste'molchilarga tarqatishdagi sodir bo'ladigan isrofgarchiliklarni kamaytirish;
- asosiy energetik va texnologik qurilma va majmualarni yangilash, qayta qurish va zamonaviy energiya tejamkor bo'lgan qurilma va majmualar bilan almashtirish;
- sanoatning kam energiya sarf bo'ladigan tarmoqlarini rivojlantirish, mashinasozlik mahsulotlari sifatini hamda ishlash muddatlarini oshirish, materiallar sarfini kamaytirish, energiya tejamkorligiga qaratilgan ishlab chiqarishning ichki boshqaruv tizimlarini takomillashtirish.

Ikkinchi yo'nalish – energetika sohasi ishlab chiqarish tizimlarining o'zini va energetika balansini takomillashtirish, ish unumdorligini oshirish,

shuningdek qimmat va noyob materiallarning o'rnini bosadigan, nisbatan arzon va noyob bo'lmagan materiallar bilan almashtirish natijasida energetika xo'jaliklarida iqtisodiy samaradorlikka erishish. Qo'shimcha energoresurslardan foydalanish natijasida ishlab chiqarilayotgan mahsulotning sifati, ishonchliligi va ishlash muddatining oshishi yoki iste'molchilarning talablarini qondiradigan yangi mahsulotlarni ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish, mehnat muhofazasi va ish sharoitlarini yaxshilash, insonlarning turmushini yaxshilash va ekologik muhitga bo'ladigan salbiy ta'sirlarni kamaytirish kabi natijalarga intilib, iqtisodiy samaradorlikka erishish uchun zarur bo'lgan harakatlar ham shu yo'nalishga kiradi. Iqtisodiy samaradorlik qilinadigan sarflardan yuqori bo'lgan holdagina bunday sa'yi harakatlar energiya tejamkorlik yoki resurs tejamkorlik xarakteriga ega bo'ladi.

Iste'molda bo'lgan mahsulotlar o'rniga qo'shimcha energiya sarf qilib o'rniga – o'rin mos materiallar ishlab chiqarib, bu yangi materiallarni ishlab chiqarishda qo'llash energiya resurs iqtisodiga va ishlab chiqariladigan harajatlarni kamaytirishi natijasida iqtisodiy samaradorlikning oshishi, sarf bo'lgan qo'shimcha energiya narxidan yuqori bo'lsagina, bu harajat energiya tejamkorligiga kiradi.

Energiya tejamkorlik siyosati ishlab chiqarishning umumiy samaradorligini oshirish vositasi sifatida energiya ishlab chiqarish va iste'molchilarning bundan unumli foydalanishlarigacha bo'lgan barcha keng ko'lamdagi harakatlarni o'z ichiga oladi.

Jamiyatning issiqlik va elektr energiyaga bo'lgan haqiqiy ehtiyoji, uning hayot tarzi, iqlimiy sharoiti va texnik rivojlanish darajasi bilan belgilanadi. Energoresurlarning eng oxirgi bo'g'inidagi o'zgartirilgan so'ngi energiyaning bevosita texnologik qurilma va majmualarda, maishiy hayotda va transportda qo'llanishi bilan esa jamiyatning taraqqiy etganlik darajasi belgilanadi.

Ishlab chiqarishning energiyaga bo'lgan ehtiyojini o'zgartirish uchun jamiyatning noenergetik ishlab chiqarish kuchlariga ta'sir qilmoq kerak. Iste'molchilarning energiyani iqtisod qilishi tom ma'nodagi energiya tejamkorligini bildiradi, ya'ni iqtisodiyot tarmoqlarining haqiqiy energiya sarfi miqdorini kamaytirish demakdir.

Ishlab chiqarishning barcha sohalarida energiya tejamkorligiga erishishda fan va texnikaning roli beqiyosdir. Ya'ni energiya tejamkor texnologiya va jarayonlarni ishlab chiqarishda qo'llanilishi, albatta ilmiy izlanishlarning natijasi bo'lmog'i kerak. Jumladan, elektr energiyadan unumli foydalanish avvalambor elektr yuritmalarda energiya tejamkor motorlarni qo'llash, yuklanishlarni rostlash, yuklanish darajasiga qarab iste'mol qilinayotgan aktiv va reaktiv quvvatlarni rostlash, quvvat isrofini kamaytirish, optimal boshqarish va shu kabi o'nlab dolzarb masalalarni yechimini topish faqat ilmiy izlanishlar va konstruktorlik faoliyatlar bilan bog'liqdir.

1.3. Energiya tejamkorlikning asosiy tamoyillari va yo'nalishlari

Sanoatda energiya tejamkorlik tadbirlarida quyidagi energiya tejash tamoyillaridan foydalaniladi [8]:

1. Birinchi navbatda narxi yuqori bo'lgan energiya resursni tejash kerak;
2. Avval kam xarajat bilan amalga oshirish mumkin bo'lgan tadbirlarni bajarish kerak.
3. Isroflarni avvalo meyyoriy qiymatdan katta joyda kamaytirish lozim (energetik teshiklarni topish lozim).
4. Xarajatlarni kamaytirishni avvalo oraliq bo'g'inlardan voz kechish orqali amalga oshirish lozim.
5. Iste'mol qilinayotgan energiya resurslarni miqdorini va qanday taqsimlanishini aniq bilish kerak (Energiya resurslarni qayd qilishni texnik va tijorat tizimini joriy etish).

6. Energiya resurslarni tejash bo'yicha tadbirlarni amalga oshirilishi sanoat korxonasi atrof muhitga salbiy ta'sir ko'rsatmasligi kerak.

7. Chuqur tahlil asosida maqsadlarni aniq belgilash va faqat eng samarador tadbirlarga sarf – xarajat qilish.

Sanoat tarmoqlarida elektr energiyasini asosiy iste'molchisi bo'lib unda sanoat korxonalari muhim o'rinni egallaydi. Energiya resurslarni tejash orqali mahsulot tannarxini kamaytirish ishlab chiqarilayotgan mahsulotimizni tashqi va ichki bozordagi raqobatbardoshligini oshirishni asosiy omillaridan biridir. Bu vazifani hal qilishning asosiy yo'nalishlari bu: yuqori samaradorlikka ega bo'lgan texnologik mashinalarni va energiyani etkazib beruvchi ratsional elektr ta'minoti tizimini qo'llash hamda energiyadan foydalanish jarayonlarini avtomatlashtirish hisoblanadi. Bu o'z navbatida energiya ta'minoti tizimi elementlarini va energiyani uzatish sxemasini to'g'ri tanlashni, elektr energiyasi sifatini nazorat qilish, elektr ta'minoti tizimini ishonchligini oshirish, istemol rejimlarini optimallashtirish va jadallashtirish kabi masalalarni o'z ichiga oladi. Bu esa o'z navbatida iqtisodiyotimizni va energetika tizimini energiya samarador texnologiyalar asosida modernizatsiyalashni talab qiladi.

Energiya tejash tadbirlari asosan ekspluatatsiya jarayonida hal qilinishi kerak bo'lgan muammoli vaziyatlarga qaratilgan bo'ladi.

Respublikamizda ishlab chiqarilayotgan mahsulotning solishtirma energiya sarfini kamaytirish maqsadida energiyani tejash davlat siyosati quyidagi yo'nalishlarda ilgari surilmoqda [8,23].

a) tashkiliy – iqtisodiy yo'nalishlar:

1. Noan'anaviy va tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to'g'risidagi qonunni ishlab-chiqish va qabul qilish;

2. Yoqilg'i-energetika resurslarini ishlab chiqish va foydalanish doirasida me'yoriy huquqiy bazani takomillashtirish;

3. Davlat sektorida energiya tejamlashni moliyalashning yangi bozor mexanizmlarini rivojlantirish;

4. Energiya tejamlashning respublika, soha va rasional dasturlarini ishlab – chiqish va bajarish mexanizmining samaradorligini oshirish;

5. Soha iqtisodiyoti va loyihaviy rivojlantirishning energetik samaradorligini, davlat ekspertizasini takomillashtirish;

6. Energetik ko'rikdan o'tkazish natijalari bo'yicha rejalashtirilgan tadbirlarni o'z vaqtida bajarish ustida nazoratni ta'minlash. YER sarfini rivojlanish - me'yorlash tizimini rivojlantirish.

7. Mahsulotni energiya sig'imdorligi va energiya iste'moli bo'yicha sertifikatlash;

8. Qaytarish asosida innovatsion fond mablag'idan energiya tejamlash tadbirlarini moliyalashtirish ulushini ko'paytirish;

9. Energiya samarador innovatsion loyihalarni tatbiq etish uchun bank kreditlaridan foydalanishni kengaytirish sharoitlarini yaratish;

10. Ilmiy texnik dasturi ko'lamida ishlab-chiqarilgan yangi energiya samarador texnologiyalar, jihoz va materiallarini faol tatbiq etish;

11. Hamma joylardagi tashkilotlarni, energiyadan tejimli foydalangani uchun maxsus rag'batlantirish. Bu rag'batlantirish davlat xo'jalik hisobidagi tashkilotlarni byudjet mablag'lari hisobiga amalga oshiriladi;

12. Noan'anaviy va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini, keng masshtabda tatbiq etish uchun, ularning harajatini qoplash muddatini pasaytirish maqsadida iqtisodiy va institutsional sharoitlarni yaratish;

13. Energiya tejamlash doirasi uchun kadrlar bilimi va tayyorgarligi sifatini oshirish, hamda O'zbekistonda energiya tejash faoliyatini axborot ta'minotini oshirish.

b)texnik yo'nalishlar:

1. Iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida mahsulot ishlab chiqarishning yangi energiya samarador texnologik jarayonlarini tatbiq etish;

2. Elektr generatsiya qiluvchi manbalarni modernizatsiyalash. Qozonxonalarda elektr generatsiya qiluvchi jihozlarni harakatga keltirish, mini (mitti) IEM yaratish;
3. Yuqori va o'rta haroratli ikkilamchi issiqlik resurslarini issiqlik ta'minoti sxemalarida ishlatib, maqsadga muvofiq iqtisodiy samara olishni amalga oshirish;
4. Issiqlik tarmoqlarini ish samaradorligini oshirish, issiqlik ta'minoti sxemasini optimallashtirish, issiqlik yuklamalarini korxona qozonxonalaridan IEMlarga berish. Uzun issiqlik trassalarini bartaraf qilish, issiqlik ta'minotini markazlashtirishdan chiqarish;
5. Elektr qozonxonalar va elektr isitgichlarni qozon qurilmalar bilan iloji boricha almashtirish;
6. Qozonxonalarni ishlash samaradorligini oshirish va modernizatsiya qilish;
7. O'zgaruvchan yuklamali mexanizmlarda rostlanuvchi elektr yuklamalarni tatbiq etish;
8. Siqilgan havo, suyuqlikni ishlab-chiqaradigan va foydalaniladigan energiya samarador qurilmalarni tatbiq etish;
9. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va YER iste'mol qilishni boshqarishning avtomatlashgan tizimini tatbiq etish;
10. Quvvati 50 MW dan ortiq bo'lgan qozonxonalardan havo atmosferasiga chiqarib tashlashni uzluksiz nazorat qilish tizimini tatbiq etish;
11. Energiya samarador yoritgichlarni va yoritishni boshqarishning avtomatik tizimini tatbiq etish;
12. Lokal isitish va texnologik jarayonlar uchun infraqizil nurlarni qo'llash.

2-BOB. ISHLAB CHIQRISH MEXANIZMLARIDAN ENERGIYA TEJAMKORLIK BILAN FOYDALANISH

2.1. Nasos qurilmalarida elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish

Nasos qurilmalari turli xildagi suyuqliklarni bir joydan boshqa joyga uzatish uchun sanoatda juda keng foydalaniladi. Nasos qurilmalari suv uzatuvchili, kanalizatsion, melioratsion va boshqa turlarga bo'linadi.

Nasos qurilmalarida energiya tejamkorlikka quyidagicha erishish mumkin bo'ladi:

- suv sarfini nazorat qilish;
- yangi va yuqori foydali ish koeffisienti(FIK)ga ega nasos qurilmalaridan foydalanish;
- nasos qurilmasini texnik holatini doimo nazorat qilish;
- nasos qurilmasining suyuqlik uzatishi miqdorini rostlashning tejamkor usullarini qo'llash.

Zamonaviy jarayonlar, usullar va uskunalar joriy etish orqali standart oqova suvni tozalash inshootlarida biologik tozalash usulidan foydalanish elektr energiya xarajatlarini kamaytiradi. Biologik tozalash inshootlaridagi aerotenkda oqova suvning sirkulyatsiyasini amalga oshiruvchi nasos qurilmasida oqova suvning texnologik parametrlarini o'lchash orqali asinxron motorni chastotaviy rostlash istiqbolli hisoblanadi. Buning uchun dastlab nasos qurilmasining mexanik quvvatini hisoblash kerak.

$$N_p = \frac{Q_p \cdot H_p}{367,2 \cdot \eta}$$

$$Q_p = R \cdot Q$$

$$R = \frac{x_o}{(1000/J) - x_o}$$

bu yerda: Q_p –sirkulyatsiyalanadigan faol loyqa sarfi, m³/soat; H_p –regerator balandligi, m; η –nasosning FIKi; R –suvning hisobiy oqimidagi

sirkulyatsiyalanadigan aktiv loyqaning ulushi; Q – aerotenkga kiruvchi oqova suvning sarfi, $m^3/soat$; x_o – aerotenkdagi aktiv loyqaning dozasi, mg/l ; J – aktiv loyqa indeksi, sm^3/g [9,21].

Nasos qurilmasining statik momentining chastotaga bog'liq o'zgarishi quyidagi formula bilan hisoblanadi.

$$M_s = M_{bosh} + (M_n - M_{bosh}) \cdot \alpha^2$$

$$M_n = \frac{N_p}{\omega_n}$$

$$M_{bosh} = 0,1 \cdot M_n$$

Bu yerda: M_n – nasos qurilmasining nominal statik momenti, $N \cdot m$; M_{bosh} – nasos qurilmasining boshlang'ich statik momenti, $N \cdot m$; α – nisbiy chastota; s – asinxron motorning sirpanishi; ω_n – motorning nominal tezligi, rad/s [7,8].

Nasos qurilmasi texnik talablarini energiya tejamkorlik nutqai nazaridan qondirish maqsadida tiristorli chastota o'zgartgichini tanlash maqsadga muvofiq.

Katta quvvatli nasos qurilmalarida o'zgarmas tok pog'onali chastota o'zgartgichlari invertorlarga asoslanib ishlab chiqariladi. O'zgaruvchan va o'zgarmas tok rostlanuvchan elektr yuritmalarda tami'not manbai sifatida odatda kichik boshqaruv quvvatiga ega, yuqori FIK va ishonchlilikka ega tiristorli va tranzistorli o'zgartgichlar ishlatiladi.

Rostlash masalasi rostlagichlarning universal blokli tizimi asosida amalga oshiriladi. Bu tizimning yaratilishi mikroelektronikadagi yutuqlar va elektr yuritmani rostlash prinsipi ustida olib borilgan nazariy izlanishlar tufayli sodir bo'ldi.

O'zgaruvchan va o'zgarmas tok komplekt tiristorli elektr yuritmalardan Buxoro viloyati iqtisodiyotining qishloq xo'jaligi tarmog'i va kanalizatsion tizimidagi katta quvvatli nasos qurilmalarida keng ko'lamda foydalanish katta

miqdorda energiya tejash imkonini beradi. Shuning uchun avtomatlashtirilgan elektr yuritmalari, chastotali boshqaruvga ega nasos qurilmasi uchun chastota o'zgartgich – asinxron motor komplekt elektr yuritmani tanlash zarur.

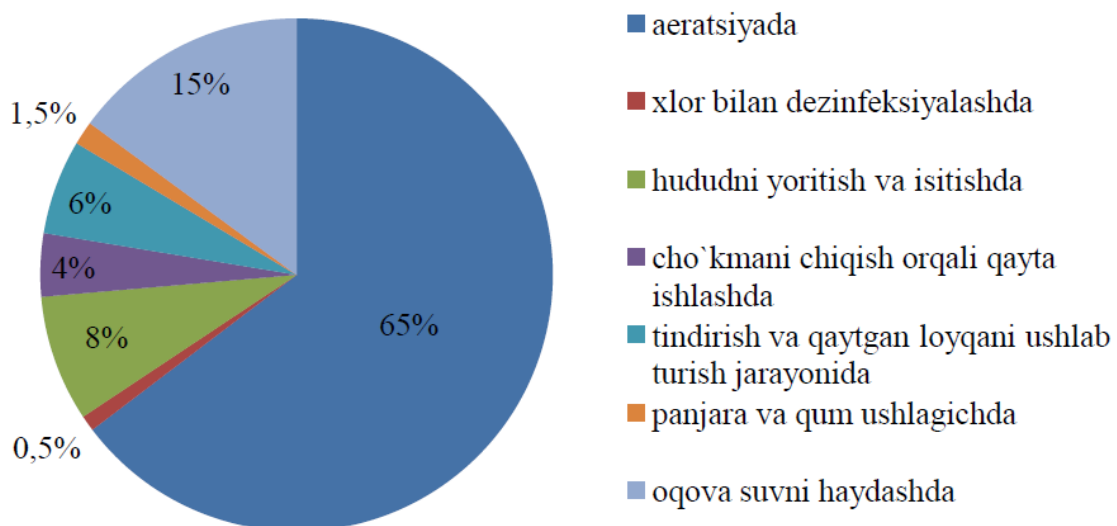
2.2. Kompessor qurilmalarida elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish

Kompessor stantsiyasi bir nechta elektr motorli kompressorlardan iborat. Kompessor stantsiyasining yuklamasi (siqilgan havo sarfi) sutka mobaynida ishlovchi iste'molchining har xil soniga bog'liq o'zgaradi. Eksploatatsiya jarayonida tarmoqdagi teshiklardan havo chiqib ketishi hisobidan siqilgan havo isrofi vujudga keladi.

Kompessor qurilmalarida elektr energiya sarfini kamaytirishda quyidagi tadbirlar amalga oshiriladi:

- kompressorli qurilmaning nominal ishchi bosimini kamaytirish;
- porshenli havo kompressorlarining rezonansli tezligini oshirishni ta'minlash;
- pnevmo qabul qilgichgacha siqilgan havoni isitish;
- eski konstruktsiyali kompressorlarni yangi va yuqori FIKli kompressorlariga almashtirish;
- pnevmo qabul qilgichlarni elektr asboblari bilan almashtirish;
- eksploatatsiya tizimlari texnologiyalarini takomillashtirish.

Oqova suvni standart tozalash jarayonida elektr energiya xarajatlarning asosiy qismini loyqa aralashmasining aeratsiyasi tashkil qiladi (65% yoki undan ko'p) [9,21]. Shunga aosan Buxoro viloyat "Suv ta'minot" mas'uliyati cheklangan jamiyati(MChJ)ga qarashli oqova suvlarni tozalash inshootidagi aerotenkdagi aeratorning havo haydash chuqurligi, erigan kislorodning konsentratsiyasi va haroratini nazorat qilish orqali kompressor qurilmalarining asinxron motorida energiya tejash imkoniyatlari o'rganamiz.



2.2.1-rasm. Bosh nasos stantsiyasini o'z ichiga olgan oqova suvni tozalash inshootlarining standart kompleksi uchun elektr energiya sarfini foiz nisbatida taqsimlanishi

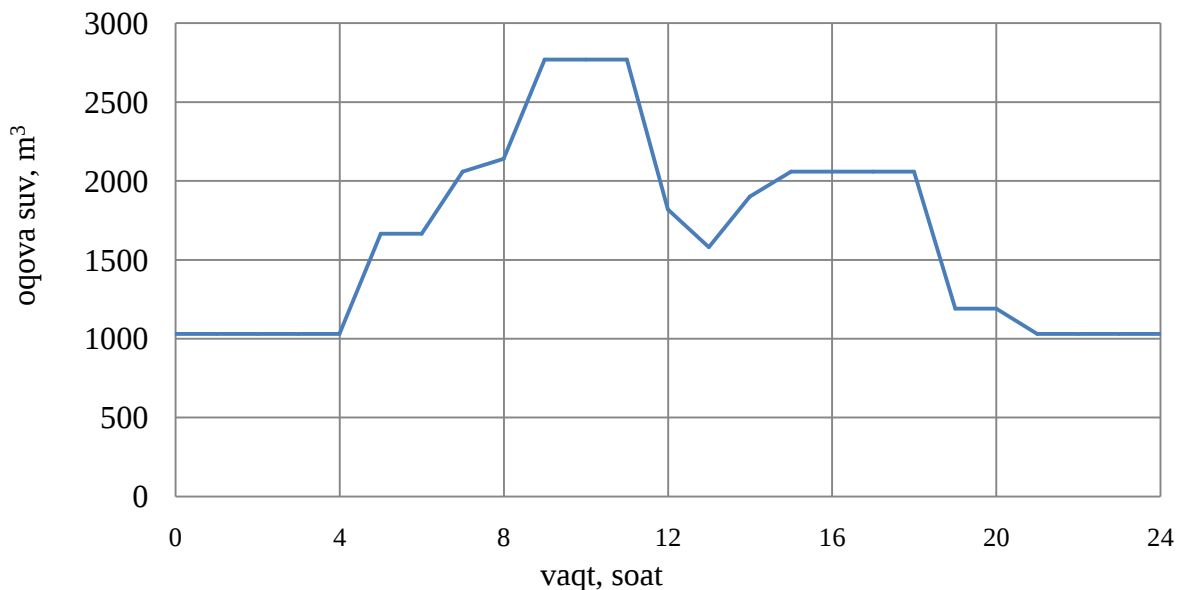
Oqova suvning bir kunlik oqimi hisoblaymiz va tahlil qilamiz. Oqova suvning haroratidan foydalangan holda bir kunlik oqimga nisbatan kislorodning eruvchanligi va aerotenkdagi oqova suvda erigan kislorod konsentratsiyasiga bog'liq aeratsiya jarayonidagi havoning solishtirma sarfi aniqlandi. 2.2.2-rasmda oqova suv oqimining kunlik grafigi keltirilgan. Oqova suvning hisobiy sarfi 2770 m³/soat ni tashkil qildi.

Aeratsiya jarayonidagi havoning solishtirma sarfi quyidagicha aniqlanadi:

$$q_{air} = \frac{q_o(L_{en} - L_{ex})}{K_1 K_2 K_m K_3 (C_a - C_o)}$$

bu yerda: L_{en} va L_{ex} – biologik tozalash tizimiga kiruvchi va tozalangan oqova suvning kislorodga bo'lgan to'liq biokimyoviy ehtiyoji (KBBE_{to'liq}), mg/l; q_o – kislorodning solishtirma sarfi, mg/mg KBBE_{to'liq}; C_a – havo kislorodining suvda eruvchanligi, mg/l; C_o – aerotenkda erigan kislorodning konsentratsiyasi, mg/l; K_1 – aerator turini hisobga oluvchi koeffitsient; K_2 – aeratorning havo haydash chuqurligini hisobga oluvchi koeffitsient; K_m – oqova

suvning haroratini hisobga oluvchi koeffitsient; K_3 – faol loyqa aralashmasidagi kislorodni uzatish tezligining toza suvga nisbati hisobga olingan koeffitsient.



2.2.2-rasm. Oqova suv oqimining kunlik grafigi

Havo kislorodining suvda eruvchanligi va aerotenkda erigan kislorodning konsentratsiyasini quyidagi formuladan aniqlaymiz.

$$C_a = C_T \frac{10,3 + \frac{h}{2}}{10,3},$$

$$C_T = 0,0043 \cdot t_w^2 - 0,358 \cdot t_w + 14,5$$

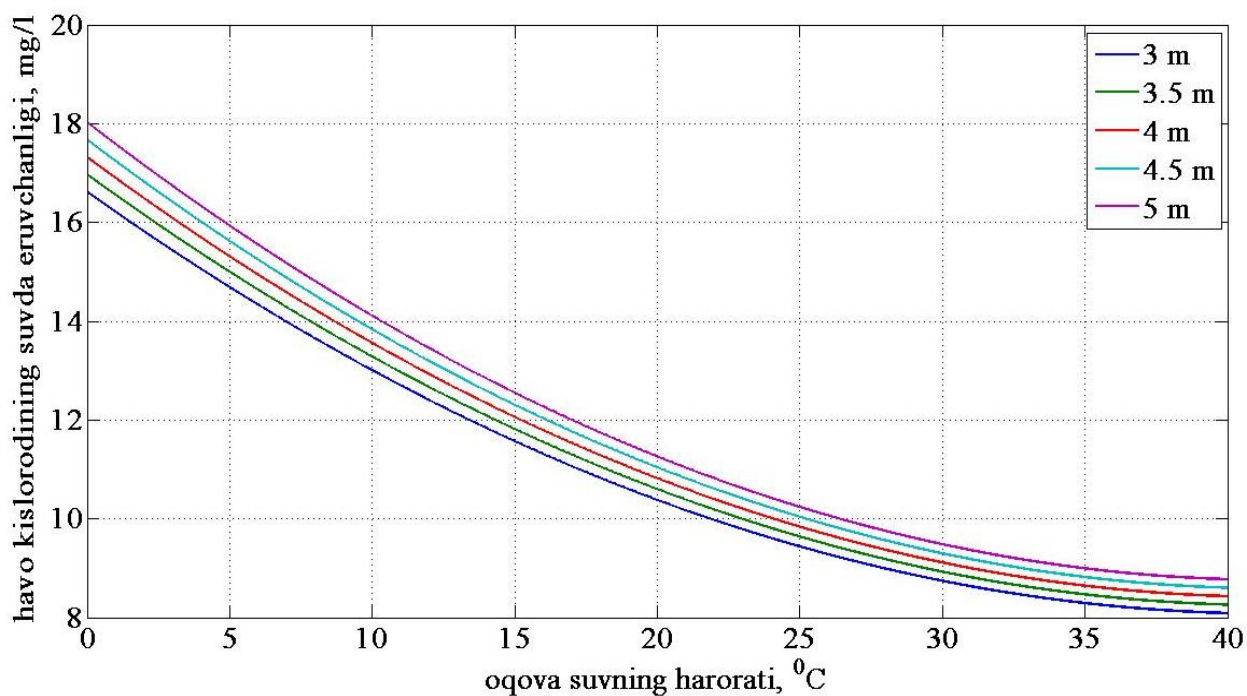
bu yerda: C_T – havo kislorodining harorat va bosimga bog'liq suvda eruvchanligi, mg/l; t_w – oqova suvning harorati, °C; h – aeratorning havo haydash chuqurligi, m.

2.2.3-rasmda oqova suvda aeratorning havo haydash chuqurligiga bog'liq turli haroratlarda kislorodning eruvchanligi grafigi *MatLab* dasturida qurilgan. Korxonadagi aerotenkda oqova suvda aeratorning havo haydash chuqurligi asosan 4,5 m va harorati 20°C bo'lganligi uchun havo kislorodining suvda eruvchanligi 11,2 mg/l ni tashkil qildi.

Kompressor stansiyasining unumdorligini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$Q_{air} = q_{air} \cdot q_w$$

bu yerda: q_w – tozalash tizimiga kiruvchi oqova suvning hisobiy sarfi, $m^3/soat$.



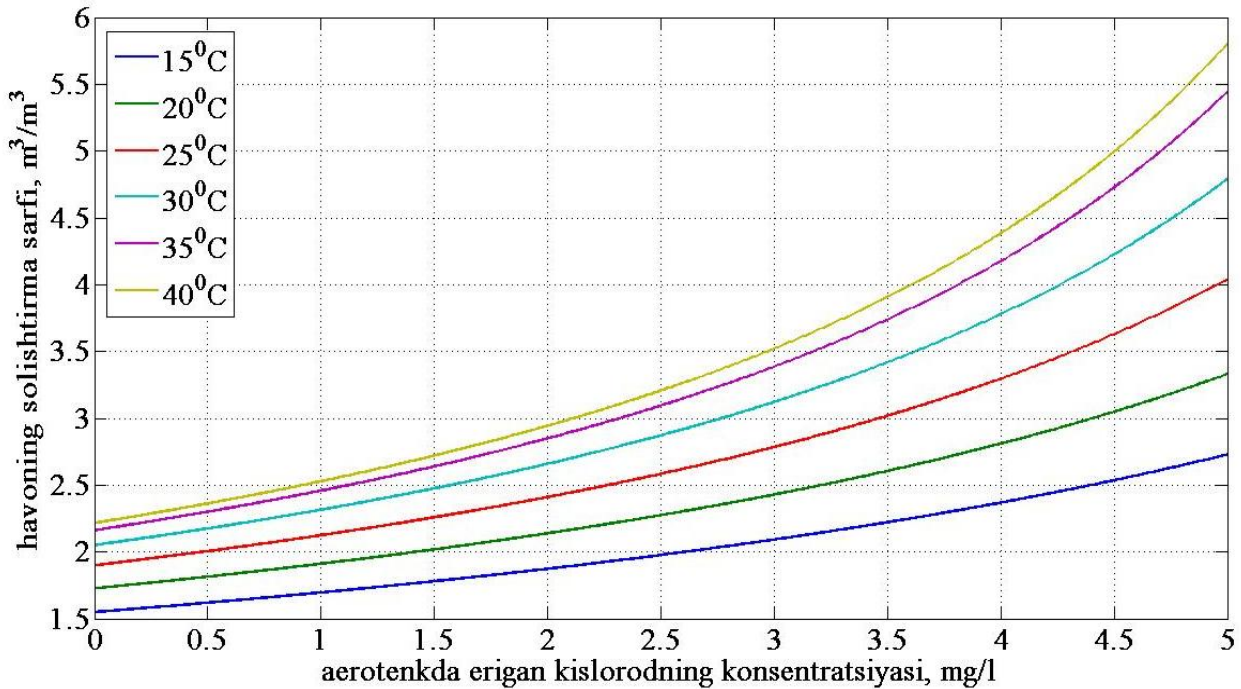
2.2.3-rasm. Oqova suvda aeratorning havo haydash chuqurligiga bogʻliq turli haroratlarda kislorodning eruvchanligi

2.2.4-rasmda aerotenkda turli haroratlarda oqova suvda erigan kislorod konsentratsiyasining aeratsiya jarayonidagi havoning solishtirma sarfiga bogʻliqlik grafigi keltirilgan. Oqova suvda erigan kislorod konsentratsiyasi 2-4 mg/l oraliqda rostlanganda 20°C haroratda havoning solishtirma sarfi oʻrtacha 3 m^3/m^3 ni tashkil qildi. Oqova suvning texnologik muhit parametrlari rostlanmaganda amaliy hisob-kitoblarga qaraganda bu koʻrsatkich 12 m^3/m^3 ni tashkil qiladi.

Kompressorning quvvatini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$N = \frac{13,1(p_2^{0,29} - 26,3) \cdot Q_{air} \cdot 0,278}{1000 \cdot \eta}$$

bu yerda: p_2 – havoning bosimi, kPa; η – qurilmaning foydali ish koeffisienti (FIK).



2.2.4-rasm. Aerotenkda turli haroratlarda oqova suvda erigan kislorod konsentratsiyasining aeratsiya jarayonidagi havoning solishtirma sarfiga bog'liqlik grafigi

Korxonaning kompressor stansiyasida 2 ta 200 kW quvvali qurilma o'rnatilgan. Asinxron motorining rostlashdagi energetik tavsiflari quyidagicha quriladi [5,6,7,11,12]. Asinxron motor chastotaning α nisbiy qiymatida statik momentning μ_s nisbiy qiymati uchun kuchlanishning nisbiy qiymati $\gamma = \alpha \cdot \sqrt{\mu_s}$ ga teng bo'ladi. Shu ko'rsatkichlar asosida asinxron motorning moment bo'yicha maksimal yuklanishini aniqlaymiz:

$$b_s = \frac{b_n}{\mu_s} \cdot \frac{\gamma^2}{\alpha^2}.$$

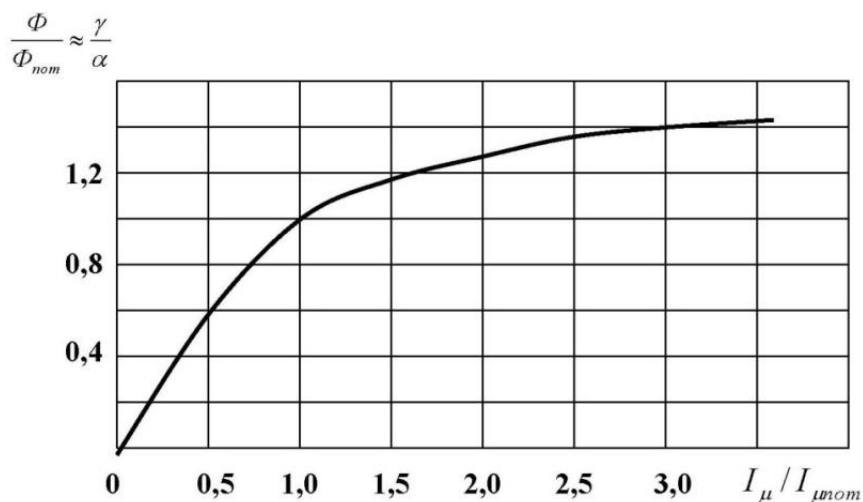
Keltirilgan rotor tokini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$\frac{I_2}{I_{2n}} = \sqrt{\mu_s \frac{b_n + \sqrt{b_n^2 - 1}}{b_s + \sqrt{b_s^2 - 1}}}$$

va haqiqiy qiymati: $I_2 = I_{2n} \sqrt{\mu_s \frac{b_n + \sqrt{b_n^2 - 1}}{b_s + \sqrt{b_s^2 - 1}}}.$

$$\text{Rotor chulg'aming nominal qiymati: } I_{2n} \approx \cos \theta_n \cdot I_{1n} = \frac{P_n}{\eta_n \cos \theta_n \sqrt{3} U_l},$$

bu yerda: I_{1n} – stator chulg'ami fazasi nominal toki.



2.2.5-rasm. Asinxron motorning universal magnitlanish tavsifi (I_{μ} – nominal kuchlanish va chastotadagi magnitlanish toki)

U holda motor magnit tizimi magnitlanish tokining nominal qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{\mu} = \sqrt{I_{1n}^2 - I_{2n}^2}.$$

Magnitlanish tokining chastota va kuchlanishning turli qiymatlari uchun nisbiy qiymati 2.2.5 – rasmda keltirilgan asinxron motorlarning universal magnitlanish tavsifidan aniqlanadi.

Stator toki bilan tarmoq kuchlanishi orasidagi burchakni sinus va kosinus qiymatlarini aniqlaymiz:

$$\sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot b_s (b_s + \sqrt{b_s^2 - 1})}}, \cos \varphi = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi}.$$

Stator fazasi toki qiymatini aniqlaymiz:

$$I_1 = \sqrt{(I_{\mu} + I_2 \cdot \sin \varphi)^2 + (I_2 \cos \varphi)^2}.$$

Asinxron motorning quvvat koefitsientini aniqlaymiz:

$$\cos \theta = \frac{I_2 \cdot \cos \varphi}{I_1}.$$

Asinxron motorning tarmoqdan iste'mol qiladigan to'liq, aktiv va reaktiv quvvatlarini hisoblaymiz:

$$S = \sqrt{3} \cdot \gamma \cdot U_l \cdot I_l, \quad P = S \cdot \cos \theta, \quad Q = S \cdot \sin \theta.$$

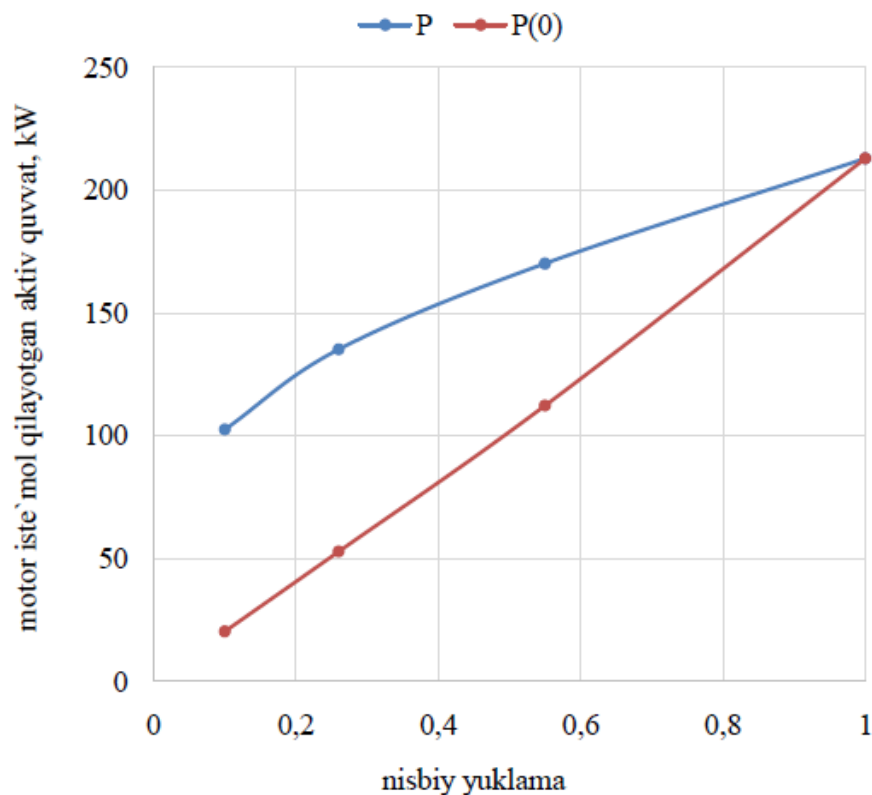
Asinxron motorning foydali ish koeffisientini aniqlaymiz:

$$\eta = \frac{\alpha \cdot \mu_s \cdot P_n}{S}.$$

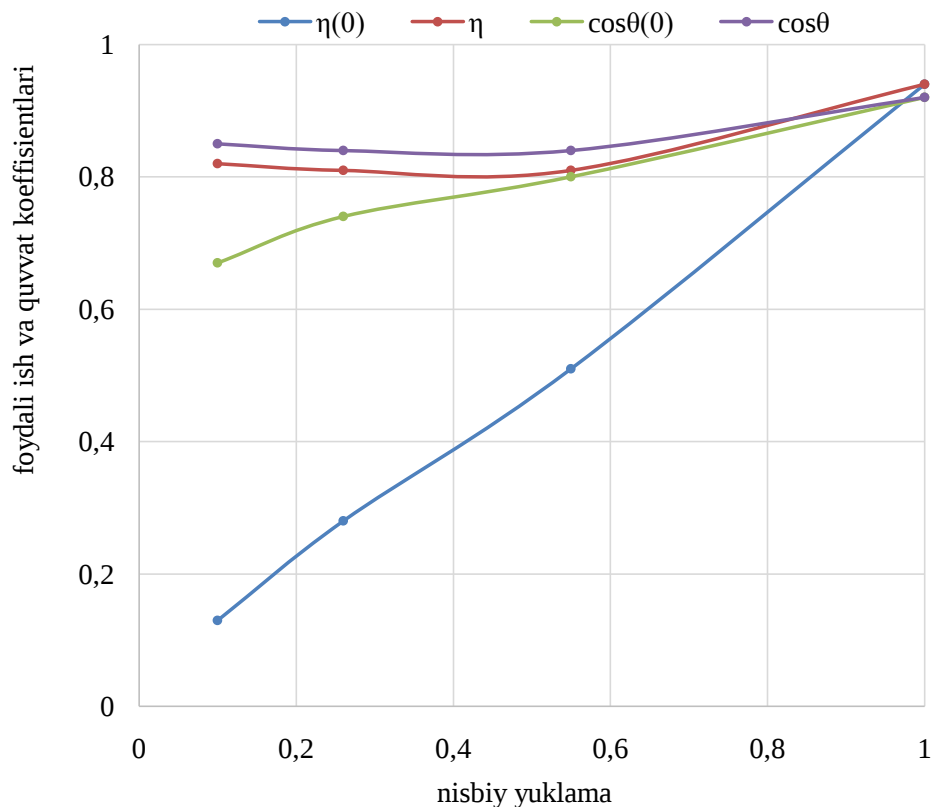
2.2.1-jadval. KompRESSORDAGI asinxron motorning nominal ko'rsatkichlari

P_n, kW	$\omega_o, 1/s$	S_n	b_n	b_{it}	d_{it}	η_n	$\cos \theta_n$
200	157	0,013	2,3	1,3	6,0	0,94	0,92

2.2.6 va 2.2.7 rasmlarda turli yuklamalarda kompressor qurilmasidagi asinxron motor energetik ko'rsatkichlari indeksida (0) – belgisi bo'lgan ko'rsatkichlar asinxron motorning to'g'ridan-to'g'ri tarmoqqa ulanganda va shuningdek bunday indeksi bo'lmagan energetik ko'rsatkichlar esa asinxron motor rostlangan holdagi ko'rsatkichlar keltirilgan.



2.2.6-rasm. Asinxron motor iste'mol qilayotgan aktiv quvvatning qiyosiy tavsiflari



2.2.7-rasm. Asinxron motor foydali ish va quvvat koeffitsientlarining qiyosiy tavsiflari

Tozalash inshootidan aerotenkdagi oqova suvda erigan kislorod konsentratsiyasi 2-4 mg/l oraliqda rostlanganda 20°C haroratda havoning solishtirma sarfi oʻrtacha 3 m³/m³ ni tashkil etgan holatda kompressor stansiyasidagi asinxron motor rostlanganda uning yuklamasi nominalga nisbatan 55% dan 100% gacha oʻzgarganda uning isteʼmol qiladigan aktiv quvvati 27% gacha kamayishi, mos holda FIK 1,6 martagacha va quvvat koeffitsiyenti 1,05 gacha oshishi aniqlandi. Kompressorning asinxron motorida energiya miqdorini 1 sutkada 610 kW soat gacha tejash imkoniyati aniqlandi.

2.3. Ventilyator qurilmalarida energiya tejash

Ventilyatorlar normal sanitar-gigienik sharoitlarni yaratish uchun sanoatda, ishlab chiqarish binolarida hamda turli texnologik jarayonlarda ishlatiladi. Ventilyatorlar turli xil zaharli chang va zarrachalarni ish joyidan

tozalashga ishlatiladi. Ventilyator optimal rejimda va ishonchli ishlash hamda yilning hamma mavsumida va atrof muhitning har xil haroratida ishlashi talab etiladi. Ventilyatorlar tortuvchi, oqimli va kombinirlashgan (birlashtirilgan) turlarga bo'lish mumkin.

Ventilyator qurilmalarida energiya tejash uchun quyidagi tadbirlarni amalga oshiriladi:

- ventilyatsiya qurilmasida energiya tejamkor avtomatik boshqarish tizimini qo'llash
- yangi va yuqori samarador ventilyatorlardan foydalanish;
- tegishli ventilyatsion qurilmani soz holda saqlash;
- ventilyator qurilmasi elektr motor quvvatini to'g'ri tanlash.

Masala. Ventilyator yuklamasi o'zgarmas 7 kW qiymatga ega. FIK -0,88 bo'lgan 10 kW li yoki FIK -0,87 bo'lgan 7,5 kW li asinxron motorni qaysi birini o'rnatish samarali.

Aktiv quvvat isrofini quyidagi ifodadan aniqlash mumkin:

$$\Delta P_a = P \frac{1-\eta}{\eta};$$

Bu erda, P va η - elektr motorni yuklamasi va FIK. YUqoridagi ikkala motorlar uchun aktiv quvvat isrofini hisoblaymiz.

$$\Delta P_a = P \frac{1-0,87}{0,87} = 1,05 \text{ kW};$$

$$\Delta P_a = P \frac{1-0,88}{0,88} = 0,89 \text{ kW};$$

Hisoblashlardan ko'rinadiki katta quvvatli motor kamroq quvvat isrof qiladi.

2.4. Yuk ko'tarish mashinalarida elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish

Iqtisodiyotning deyarli barcha sohalarida xilma-xil yuk ko'tarish mashina va mexanizmlardan foydalaniladi. Bularning samaradorligi yuqori talablar sanoat elektr yuritmalarini avtomatlashtirish asosida ta'minlanadi. Yuk ko'tarish mashinalarida elektr energiya sarfini kamaytirishga quyidagicha erishish mumkin bo'ladi:

- ekspluatatsiya qilishda yuk ko'tarish mashinasi yaxshi texnik holatda saqlash;
- kichik FIK li yuk ko'tarish mashinasini yangi va yuqori FIK li yuk ko'tarish mashinasiga almashtirish;
- yuk ko'tarish mashinasining yuklamasini bir tekisda o'zgarmasligini bartaraf etish;
- yuk ko'tarish mashinasining yuklamasini rostlashning tejamkor usullarini ishlatish. Shu sababli hozirgi zamon yuk ko'tarish mashinalarini boshqarishda qo'llaniladigan mashina va mexanizmlarni harakatga keltiruvchi yopiq tizimli tezligi rostlanuvchan mikroprsesorlar va hisoblash mashinalari yordamida boshqariladigan elektr yuritmalaridan keng foydalanilmoqda.

2.5. Ishlab chiqarish mexanizmlarining quvvat koeffitsiyentini oshirib elektr energiya tejamkorlikka erishish

2.5.1. Reaktiv quvvatni qoplashning asosiy tushunchalari

Reaktiv quvvatni qoplash iqtisodiyot tarmoqlari uchun katta ahamiyatga ega bo'lib, ishlab chiqarish mexanizmlarining foydali ish koeffitsientini oshirish, uning iqtisodiy va sifat ko'rsatkichlarini yaxshilashda asosiy omillardan biri hisoblanadi. Hozirgi vaqtda reaktiv quvvat iste'molining o'sishi aktiv quvvat iste'molining o'sishidan ancha yuqori bo'lib, ayrim mexanizmlarda reaktiv yuklama aktiv yuklamaga nisbatan 130% ni tashkil etadi [5,8,9].

Agar iste'molchi sinusoidal manbaga ulansa, ya'ni $u = \sqrt{2}U \sin \omega t$ bo'lsa, qabul qilinadigan sinusoidal tok $i = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \varphi)$ kuchlanishdan φ burchakka siljigan bo'ladi. U holda iste'mol qilinayotgan oniy quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$p = ui = 2UI \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi) = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi) \quad (2.5.1)$$

Bu yerda quvvat ikki miqdorning yig'indisidan iborat bo'lib, biri vaqt bo'yicha o'zgarmas qiymatni, ikkinchisi esa $2\omega t$ chastota bilan o'zgaruvchan sinusoidal miqdorni tashkil etadi.

Quvvatning o'rtacha qiymatini aniqlash uchun (2.5.1) ifodani manba kuchlanishining to'la davri T oralig'idagi integralining ifodasini topamiz.

$$P_{o'rt} = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T [UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi)] dt = UI \cos \varphi \quad (2.5.2)$$

Quvvatning o'rtacha miqdori foydali ish bajarish uchun sarf bo'ladi.

$$P_{o'rt} = UI \cos \varphi \quad (2.5.3)$$

Bu yerda: $\cos \varphi = \frac{r}{Z}$ ekanligini e'tiborga olsak,

$$P_{o'rt} = \frac{U}{Z} Ir = I^2 r$$

Demak, $I^2 r$ aktiv qarshilikda sarf bo'ladigan quvvat, shuning uchun o'rtacha quvvatni aktiv quvvat deb ataladi va P bilan belgilanadi, ya'ni

$$P = UI \cos \varphi \quad (2.5.4)$$

(2.5.4) munosabatdagi $U \cdot I = S$ miqdorni to'la quvvat deyiladi. Buning ma'nosi shuki, biror liniya orqali iste'molchilar guruhiga normal rejimda energiya uzatilganda, iste'molchilarning qabul qilayotganda aktiv quvvati eng ma'qul sharoitda (iste'molchilar guruhi uchun $\cos \varphi = 1$ bo'lganda), to'la quvvatga teng bo'ladi.

Iste'molchining kirish qismidagi to'la quvvat kompleks ko'rinishda quyidagicha yoziladi

$$S = U I^* = UIe^{j\varphi} = UI \cos \varphi + jUI \sin \varphi = P + jQ \quad (2.5.5)$$

Bu yerda: U - kompleks kuchlanish, I - qo'shma kompleks toki, $Q = UI \sin \varphi$ - reaktiv quvvat. Kompleks quvvatning moduli to'la quvvatni beradi: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$. Iste'molchilar uchun P va S hammavaqt musbat hisoblanadi, reaktiv quvvat musbat ($\varphi > 0$, iste'molchi induktiv xarakterli bo'lsa) yoki manfiy ($\varphi < 0$, iste'molchi sig'im xarakterli bo'lsa) qiymatlarga ega bo'lishi mumkin. Reaktiv quvvatning musbat qiymatlarida reaktiv quvvat iste'mol qilinadi, manfiy qiymatlarida esa reaktiv quvvat ishlab chiqariladi (generatsiya qilinadi). Sanoat korxonalarida reaktiv quvvatning asosiy qismini asinxron motorlar (iste'mol qilinayotgan umumiy reaktiv quvvatning 60-65%), transformatorlar (20-25%), havo elektr liniyalari, reaktorlar, o'zgartgichlar (10% atrofida) iste'mol qiladilar.

Aktiv quvvat elektr stansiyalarining generatorlari tomonidan ishlab chiqilsa, reaktiv quvvat esa stansiyaning generatorlari, sinxron kompensatorlar, sinxron yuritmalar, kondensatorlar batareyasi, liniyalar, tiristorli reaktiv quvvat manbalari tomonidan generatsiya qilinadi.

2.5.2. Asinxron motorning quvvat koeffisientini aniqlash

Asinxron motor (AM) ning quvvat koeffisienti quyidagi ifoda orqali aniqlanadi [13,15].

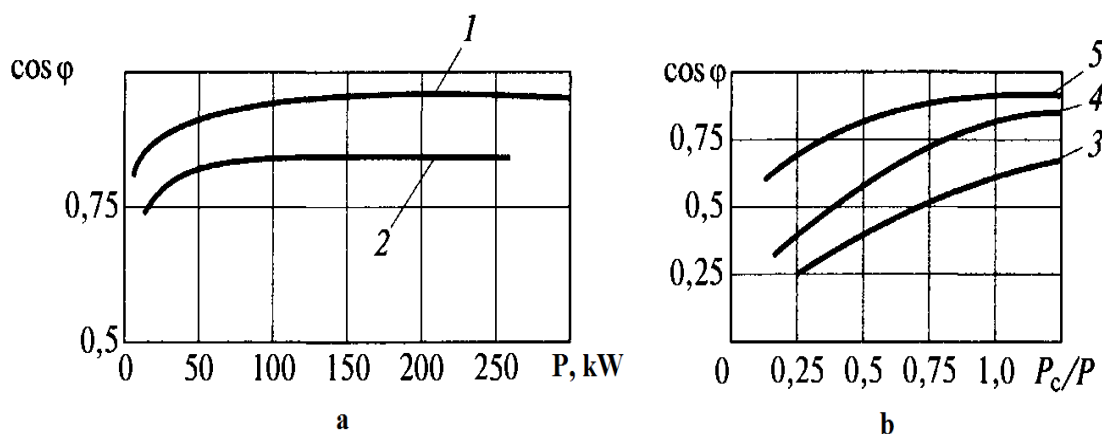
$$\cos \varphi = P / S = P / \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.5.6)$$

$$\text{bunda } P = M \omega_0 + 3 I_1^2 R_1 \quad - \text{ aktiv quvvat;}$$

$$Q = 3 I_\mu^2 x_\mu + 3 I_1^2 x_1 + 3 I_2^2 x_2 \quad - \text{ reaktiv quvvat;}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad - \text{ to'la quvvat.}$$

Ko'pchilik AM lar uchun nominal quvvat koeffisienti $\cos\varphi_n \approx 0,8 \div 0,9$ ga tengdir. Ushbu qiymatlar uchun $Q = (0,1 \div 0,75)P$, ya'ni AM har bir kilovatt aktiv quvvat uchun tarmoqdan $0,1 \div 0,75$ kilovar reaktiv quvvatni oladi. $\cos\varphi$ qanchalik kichik bo'lsa, AM tarmoqdan shuncha ko'p reaktiv quvvatni oladi va uni qo'shimcha tok bilan yuklaydi hamda unda qo'shimcha isroflarini hosil qiladi.

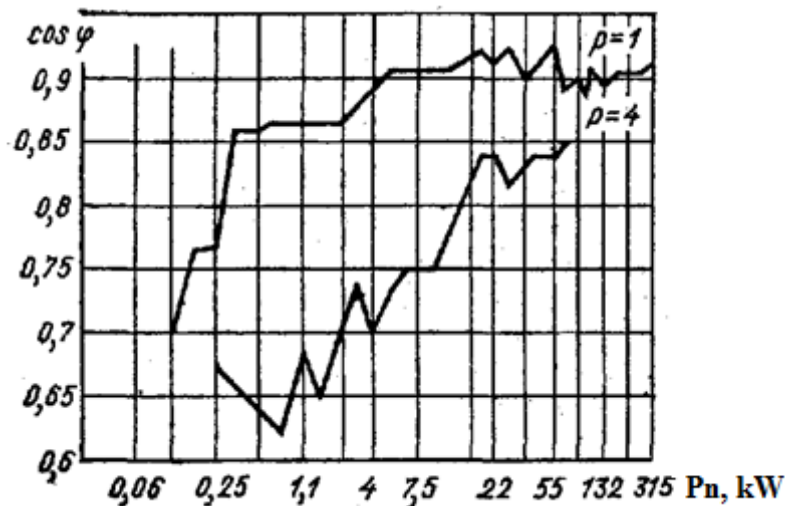


2.5.1-rasm. 4A seriyali AM larning quvvat koeffisientlarini yuklanish darajasiga bog'liqligi

1 — $p = 2$; 2 — $p = 4$; 3 — $\cos\varphi_{HOM} = 0,6$; 4 — $\cos\varphi_{HOM} = 0,8$; 5 — $\cos\varphi_{HOM} = 0,9$

Quvvat koeffisienti, AM ning yuklamasiga ko'p darajada bog'liq bo'ladi. AM ning salt yurish rejimida, quvvat koeffisienti uncha katta bo'lmaydi, chunki bunda to'la quvvatda aktiv quvvatga nisbatan reaktiv quvvatning qismi ko'p bo'ladi. AM yuklamasining ko'payishi bilan uning $\cos\varphi$ si ham ortadi va u o'zining maksimal qiymatiga AM ning nominal yuklama sohasida erishadi. Amlar uchun $\cos\varphi$ ning yuklama bilan bog'lanishi 2.5.1-rasmda keltirilgan.

2.5.2-rasmda turli nominal quvvatlar va juft qutblar soni p bilan nominal quvvat koeffisienti orasidagi bog'lanish keltirilgan. Rasmdan ko'rinadiki, AM ning nominal quvvatini ortishi bilan $\cos\varphi_n$ ham orta boradi. Shuningdek, kichik juft qutbli, ya'ni yuqori tezlikka ega bo'lgan AM lar kattaroq nominal quvvat koeffisientiga ega bo'ladi.



2.5.2-rasm. 4A seriyali AM larning turli tezlik va nominal quvvatlardagi nominal quvvat koefitsientlarining qiymatlari

AM lar elektr ta'minoti tizimida asosiy reaktiv quvvat iste'molchisidir (uning iste'moli umumiy xajmning 60-65% ga teng), shuning uchun ularning quvvat koefitsientini oshirish muhim texnikaviy-iqtisodiy vazifadir.

2.5.3. Quvvat koefitsientini oshirish usullari

Hozirgi paytda, ishlab chiqarish mexanizmlari tizimdan olinadigan reaktiv quvvat iste'molini kamaytirish uchun kuchlanishi 1000 gacha va 1000 dan yuqori kondensator batareyalari (KB), yuqori kuchlanishli sinxron motorlar (SM), sinxron kompensatorlar va reaktiv quvvatning statik manbalari ishlatiladi. Bundan tashqari ishlab chiqarish mexanizmlarning va elektr qurilmalarining ishlash jarayoniga va tuzilishiga ta'sir qilib, reaktiv quvvat iste'molini kamaytirish mumkin. Asosan reaktiv quvvat qoplash uchun ikki xil tadbirlar ishlatiladi:

- 1) Maxsus reaktiv quvvat manbasi ishlatilgan holda uni qoplash;
- 2) Maxsus manba ishlatmasdan texnologik jarayonga, elektr qurilmasi konstruksiyasiga va parametrlariga ta'sir qilib qoplash tadbirlari.

Shu tadbirlarini ko'rib chiqamiz [5,6]:

1. Kam yuklangan AM larni kichik quvvatli motor bilan almashtirish. Kichik quvvatli AM bilan almashtirilganda, motor o'z valida nominal(yoki unga yaqin) quvvat bilan ishlaydi va bunda $\cos\phi$ ham yuqoriroq bo'ladi. Shuni qo'shimcha qilish mumkinki, bunda AM ning foydali ish koeffisienti ham kattaroq bo'ladi.

Hisoblar ko'rsatadiki, agar AM ning o'rtacha yuklamasi uning nominal quvvatining 45% dan kam bo'lsa, unda uni kichikroq quvvatli AM almashtirish maqsadga muvofiqdir, AM ning yuklashishi 70 % dan ortiqroq bo'lsa, uni almashtirish maqsadga muvofiq emas, agar AM ning yuklanishi 45-70% oralig'ida bo'lsa, ularni almashtirishni maqsadga muvofiqligi qo'shimcha texnikaviy-iqtisodiy hisoblar yordamida isbotlash zarur.

2. AM ning salt yurish rejimida ishlash vaqtini chegaralash. Bunday rejimda AM kichik $\cos\phi$ ega bo'lishini hisobga olgan holda, ushbu rejim uzoq davom etsa, unda AM ni tarmoqdan uzgan maqsadga muvofiqdir.

3. Kichik yuklama bilan ishlayotgan AM ning kuchlanishni kamaytirish. AD ni ta'minlovchi kuchlanish kamaytirilganda, u olayotgan reaktiv quvvat ham kamayadi va $\cos\phi$ si ortadi. Bu usulni amalga oshirish imkoniyatlari, motor statori cho'lg'amlarini «uchburchak» sxemasidan "yulduz» sxemasiga qayta ulash bilan bog'liqdir, bu har bir faza cho'lg'amidagi kuchlanishni uch marotaba kamayishiga olib keladi.

4. AM ni sinxron motor(SM) bilan almashtirish (bunga ishchi mashinaning texnologik jarayoni shart-sharoitlari imkon berganda). SD, ma'lumki juda qimmatli xossaga egadir: u $\cos\phi = 1$ rejimida ishlay oladi (ya'ni tarmoqdan reaktiv quvvatni olmaydi) va kerak bo'lgan hollarda esa tarmoqqa reaktiv quvvatni generatsiya qiladi.

5. O'zgaras ish rejimli mexanizmlar uchun (katta quvvatli nasoslar, kompressorlar, ventilyatorlar uchun) yangidan loyihalash davrida SM o'rnatishni ko'zda tutish.

Yuqoridagi tadbirlarni bajarish uchun kapital mablag'lar kam sarflanadi. Shuning uchun ularni birinchi navbatda bajarib, so'ngra zarur bo'lsa reaktiv quvvatning maxsus manbalarini qo'llash mumkin.

Qoplovchi qurilmalar. Sanoat korxonalarida reaktiv quvvat manbalari sifatida kondensator batareyalari, sinxron motorlar sinxron kompensatorlar va reaktiv quvvatning ventilli manbalari ishlatiladi.

Kondensator batareyalarni ko'rib chiqamiz. Kuchlanishi 10 kV gacha bo'lgan kondensator batareyasida kerakli quvvatni olish uchun 3 fazali kondensatorlar, 20 - 35 kV li kondensator batareyada 1 fazali kondensatorlar ketma-ket va parallel ulanib, batareya xosil qilinadi. Kuchlanishi 380 volptli, 6 kV va 10 kV li kondensatorlar mavjud. Ular mineral yog' shimi-tilgan (KM turidagi) va sintetik suyuqlik shimitilgan(KS) turida bo'ladi. 380 V li kondensatorlarning quvvatlar shkalasi $4\div 50$ kVar ga, $6\div 10$ kV li kondensatorlarning quvvatlar shkalasi $10\div 75$ kVar ga teng.

Kondensator batareyalarining iqtisodiy ko'rsatkichlari quyidagicha

1) Solishtirma quvvat yo'qotishlari 380 V da $P_{sol} = 4$ W/kVar; $6\div 10$ kV da $P_{sol}=2\div 2.5$ W/kVar.

2) Yuqori kuchlanishli kondensatorlarning solishtirma qiymati past kuchlanishli kondensatorlarga qaraganda arzonroq.

Hozirgi paytda komplekt kondensator qurilmalari(batareyalari) ishlatiladi. Ularning quvvati bir nechta pog'onada rostlanishi mumkin. Pog'onalar soni 2-5 tagacha bo'ladi. Loyihalarda ko'p ishlatiladigan komplekt qurilmalar quyidagilar:

UKPN-0,38-110	UKLN-0,38-110
UKPN-0,38-150 (160)	UKLN-0,38-150 (160)
UKPN-0,38-220	UKLN-0,38-220
UKPN-0,38-300 (320)	UKLN-0,38-300 (320)

Bu yerda: UK-kondensator qurilmasi; N-kuchlanishni rostdash mumkin; 0,38-kuchlanish (kV); 110,150 (160),220,300(320)-quvvatlari, kVar; P-o'ng tomonga, L-chap tomonga o'rnatiluvchi.

Yoritish yuklamalari uchun UK turidagi batareyalar chiqariladi. UK-40,60,72,110;

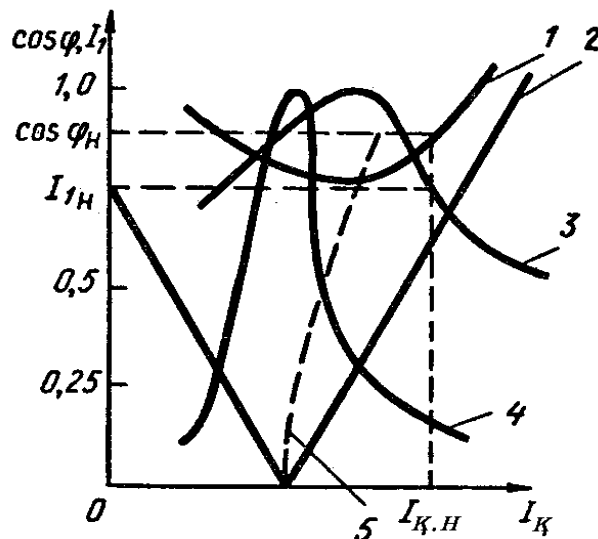
6÷10 kV kuchlanishlarda KU va KUN turidagi komplekt batareyalar ishlatiladi (KU-450,600,900-xona ichida o'rnatish uchun, KUN-450;600;900 tashqarida o'rnatish uchun).

Elektr yuritma uchun ishlatiladigan 6÷10 kVli sinxron motorlarning qo'zg'otish rejimlarini ko'rib chiqamiz.

2.5.3-rasmda keltirilgan xarakteristikalar stator toki I_1 va uning $\cos\varphi$ sini qo'zg'atish toki I_q bilan $U = \text{const}$ va $P = \text{const}$ bo'lgandagi bog'lanishlarni ko'rsatadi.

I_1 (I_k) xarakteristikalari shuni ko'rsatadiki, qo'zg'atish tokini I_k noldan boshlab orttirilganda, stator toki I_1 oldin kamayadi (bu uning reaktiv tashkil etuvchisini kamayishi hisobiga bo'ladi). Ma'lum bir qo'zg'atish tokida, u (I_1) nolga, $\cos\varphi$ esa birga teng bo'lib qoladi ($\cos\varphi = 1$). Qo'zg'atish tokini orttirish bilan stator tokining reaktiv tashkil etuvchisi ham ortib boradi, ammo endi u faza bo'yicha o'zuvchi bo'ladi. SM reaktiv quvvat generatori bo'lib ishlaydi va uni tarmoqqa uzata boshlaydi.

2.5.3-rasmdagi xarakteristikalar, shuningdek, SM ni qoplash qobiliyatini, o'zining validagi quvvat P bilan bog'lanishni ham aniqlash imkonini beradi. Rasmdan ko'rinadiki, P quvvatni ortishi bilan reaktiv quvvatni generatsiya qilish sohasi (o'zuvchi $\cos\varphi$) katta qo'zg'atish toklar tomoniga siljiydi. Boshqacha aytganda, o'zgarish qo'zg'atish tokida, valdagi quvvatni o'zgarishi bilan tarmoqqa berilayotgan reaktiv quvvat ham o'zgaradi. Bundan quyidagi muhim xulosani chiqarish mumkin: agar SM valdagi o'zgaruvchan quvvat bilan ishlayotgan bo'lsa, unda uning qoplash xossasidan to'la foydalanish uchun, qo'zg'atish tokini rostdash talab qilinadi.



2.5.3-rasm. Sinxron motorning U - ko'rinishidagi xarakteristikalar

Shuni ta'kidlash kerakki, SM ni reaktiv quvvat manbasi sifatida qo'llash orttirilgan qo'zg'atish tokini taominlash va SM ning gabarit (to'la) quvvatni ko'paytirishni talab qiladi, ammo bu SM dan shunday manbai sifatida foydalanish uchun chegaralovchi omil bo'la olmaydi. Buni quyidagi uncha murakkab bo'lmagan hisoblardan ham ko'rish mumkin.

To'la (gabarit) quvvat S ni aktiv quvvat P ga nisbatini yozamiz:

$$S / P = \sqrt{P^2 + Q^2} / P = \sqrt{1 + (Q / P)^2} \quad (2.5.7)$$

Misol uchun talab qilinsinki, reaktiv o'zuvchi quvvat aktiv quvvatning 40% ni tashkil etsin, ya'ni $Q/P = 0,4$. (2.5.7) formula bo'yicha hisoblar aniqlaydiki, bunda S/P nisbat 1,08 ni tashkil etadi, ya'ni ko'rsatilgan reaktiv quvvatni generatsiya qilish gabarit quvvatining faqat 8% ga orttirishga olib keladi. Bu SM ni reaktiv quvvatni qoplash uchun ishlatish foydali ekanligini ko'rsatadi.

SM ni elektr tarmog'idagi reaktiv quvvatni qoplash uchun ishlatish, odatda, bir nechta masalalarni kompleks holda ko'rib chiqishni talab qiladi. Asosiy masalalardan biri, ushbu usuldan foydalanishni texnikaviy-iqtisodiy asoslashdir. Ma'lumki, SM dan tashqari bu maqsadlar uchun statik qoplovchi

qurilmalar (kondensatorlar) va sinxron kompensatorlar qo'llanilishi mumkin. To'g'ri keladigan variantlardan iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq'i shu bo'ladiki, u keltirilgan yillik sarflarning minimalligini ta'minlaydi.

Agar bajarilgan texnikaviy-iqtisodiy hisoblar natijasida, SM ni maolom bir reaktiv quvvatni qoplash uchun qo'llash maqsadga muvofiqligi aniqlangan bo'lsa, unda keyinchalik ushbu quvvatni alohida SM lar orasida eng tejamli tarqatishni belgilash kerak bo'ladi. Bu qoplashda ishtirok etuvchi SM lar uchun qo'zg'atishning optimal variantlarini qidirish bilan amalga oshiriladi. SM ni qo'zg'atishning optimal varianti deb, alo'ida SM lar orasidagi reaktiv quvvat Q ni shunday tarqalishi tushuniladiki, bunda reaktiv quvvatni ishlab chiqarish va tarqatish bilan bog'liq bo'lgan aktiv quvvatning yig'ma isroflari minimal bo'ladi.

Amaliyotda, alohida SM lar orasida reaktiv quvvatni tarqatish yoki ularni to'la nominal quvvatiga S_n yoki ularning aktiv quvvatiga P_n proporsional tarzda bo'lib tarqatish orqali amalga oshiriladi. Hisoblar shuni ko'rsatadiki, ushbu prinsip qiymati minimalga yaqin bo'lgan aktiv quvvat isroflarini beradi.

Agar SM ning qo'zg'otish toki o'zining nominal qiymati I_q dan kichik bo'lsa ($I_q < I_{qn}$), u AM singari ishlab, tarmoqdan reaktiv quvvatni istexmol qiladi. Bu kam qo'zg'otish rejimi deyiladi.

$I_q = I_{qn}$ bo'lsa, SM tarmoqdan reaktiv quvvat olmaydi va bermaydi, bunda $\cos\varphi = 1$ ga teng bo'ladi.

$I_q > I_{qn}$ bo'lsa, o'ta qo'zg'atish rejimi kuzatiladi. Bunda SM tarmoqqa reaktiv quvvat beradi va kuchlanishni oshiradi. Agar biror ishlab chiqarish mexanizmda ishlab turgan SM ni reaktiv quvvat manbasi sifatida ishlatilsa, kapital sarflar 0 ga teng deb olinadi. Ammo, SM da qo'shimcha aktiv quvvat yo'qotishlari paydo bo'ladi:

$$\Delta P_{sd} = \frac{D_1}{Q_H} \cdot Q + \frac{D_2}{Q_H^2} \cdot Q^2 \quad (2.5.8)$$

bu yerda D_1, D_2 - Motorning texnik ko'rsatkichlariga bog'liq bo'lgan solishtirma quvvat yo'qotishlari [kVt];

D_1/Q_n - [kW/kVar] va D_2/Q_n^2 [kW/kVar²] - solishtirma quvvat yo'qotishlari ma'lumotnomalarda beriladi.

Q_n - Motorning nominal reaktiv quvvati, kVar (pasport qiymati) ;

Q - Motordan olinayotgan reaktiv quvvat, kVar;

SD dan olinishi mumkin bo'lgan eng katta reaktiv quvvat quyidagicha topiladi:

$$Q_{CD} = \frac{\alpha_m \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_H}{\eta_H} \quad (2.5.9)$$

bu yerda P_n - motorning nominal quvvati; α_m -1.1÷1.4 -motor konstruksiyasiga bog'liq bo'lgan koeffisient, η_n - foydali ish koeffisienti.

SM ni salt rejimda ishlatib, faqat reaktiv quvvat manbasi sifatida qo'llash katta foyda keltirmaydi, salt yurganda aktiv quvvat yo'qotishi ko'p bo'ladi.

Masala. Korxonada 10 ta 82 V 17 markali nasos agregatlarida 10 ta quvvati 12.5 MW bo'lgan VDS-375-130-24 markali sinxron motor o'rnatilgan. Sinxron motorlarni reaktiv quvvatni qoplash imkoniyatlarini aniqlang?

Yechish. Har bir sinxron motorning ishlab chiqaradigan reaktiv quvvati

$$Q_{CD} = \frac{\alpha_m \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_H}{\eta_H} = \frac{1,4 \cdot 12,5 \cdot 0,21}{0,97} = 3,809 \text{ MVar}$$

Bu yerda, VDS-375-130-24 markali sinxron motorning quvvati 12.5 MVt, quvvat koeffisienti 0.9, foydali ish koeffisienti 97%.

$$\operatorname{tg} \varphi_H = \frac{\sqrt{1-0,9^2}}{0,9} = 0,21$$

Nasos stansiyasida ishlab chiqariladigan umumiy reaktiv quvvat

$$\sum Q_{CD} = \frac{n \cdot \alpha_m \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_H}{\eta_H} = \frac{10 \cdot 1,4 \cdot 12,5 \cdot 0,21}{0,97} = 38,087 \text{ MVar}$$

Demak, korxonada barcha nasos agregatlari ishlayotganda 38.087 MVar reaktiv quvvat ishlab chiqariladi. SM ni salt rejimda ishlatib, faqat reaktiv quvvat manbasi sifatida qo'llash katta foyda keltirmaydi, salt yurganda aktiv quvvat yo'qotishi ko'p bo'ladi.

Kondensator qurilmalari. Kondensator qurilmalarning sxemalarini ko'rib chiqamiz. Yuqori kuchlanish(YuK)li kondensator batareyasini uzgich orqali ulanadi. Razryadlash qarshiligi sifatida 2 ta 1 fazali kuchlanish transformatori ishlatiladi. Past kuchlanish(PK)li kondensator batareyasida esa razryad qarshiligi sifatida cho'g'lanma lampalar ishlatilgan.

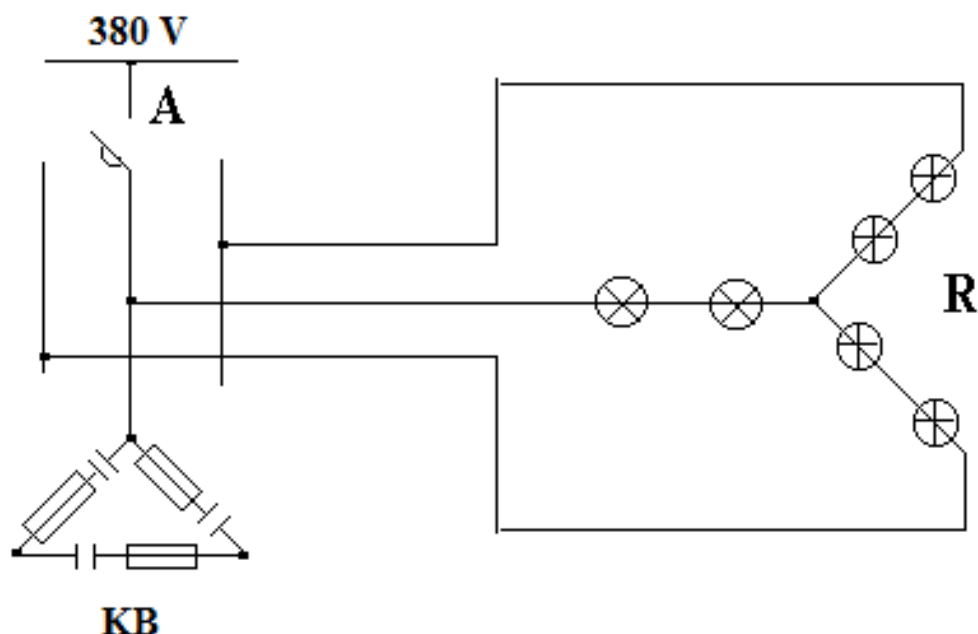
2.5.4-rasmdagi markazlashtirilgan o'rnini qoplash sxemasi keltirilgan bo'lib, R_r sifatida cho'g'lanma lampalar qo'llanilgan. Lampalarni yulduz usulida xar bir fazaga ketma-ket 2 tasini ulash ulardagi kuchlanishni 110 V gacha kamaytirib, ishlash muddatini oshiradi.

Qoplash uskunalarining quvvatini aniqlash maksimal rejimini yuklamasi bajariladi. Lekin yuklama bir tekis emas. Demak qoplash uskunalarini, ya'ni reaktiv quvvat ishlab chiqarishni boshqarish imkoniyatiga ega bo'lishi lozim. Bu masalani qaysi asosida bajarilishi mumkin, ya'ni reaktiv quvvatni qoplash vositalari quyidagicha.

Reaktiv quvvatni qoplash uskunasi sifatida asosan ikki xil uskuna qo'llaniladi.

Birinchi - statik kondensatorlar. Moy qog'ozli kondensatorlar har bir fazada bir-biroviga parallel ulanib, fazalar esa o'zaro uchburchak usulda ulanadi.

Har bir faza saqlagich orqali shikastlanish rejimidan himoya qilinadi. Statistik qoplash uskunalari 6-10 kV li va 0,4 kV kuchlanishlarda ishlab chiqariladi. Sifat korxonalarida ko'pincha 0,4 kV li qoplash uskunalari ishlatiladi. Ular alohida shkaflarda qurilgan bo'lib elektr o'lchash asboblari va sig'imini o'zgartirish avtomatik sxemalari bilan jixozlangan.



2.5.4 - rasm. 380 V kuchlanishda markazlashgan o'rnini qoplash sxemasi

Sig'imni o'zgartirish yoki sutkali grafik funksiyasida yoki kuchlanish funksiyasida bajariladi. Avtomatik sxema AVM avtomatik o'chirgichga ta'sir kilib, yuklanma kamayganda fazalardagi sig'imni kamaytiradi va teskari.

Sig'imning elektr maydonida qandaydir energiya jamg'ariladi. Shuning uchun KU tarmoqdan ajratgan paytda uning birdaniga ajratish o'ta kuchlantirish hodisasi natijasida elektr teshilish xavfi tug'iladi. Shu xodisani olish maksadida, KU tarmoqdan ajratilgan onda, u aktiv qarshilik yoki kuchlanish transformatoriga ulanadi va jamg'arilgan energiya aktiv qarshilik yoki kuchlanish transformatorining chulg'amlariga razryadlantiradi.

Qoplash uskunalarining ikkinchi turi bu sinxron mashinalarining uyg'unlashtirish rejimida ishlash. Elektr mashinalari fanidan ma'lumki, sinxron mashinalari uyg'otish tokiga bog'liq induktiv yoki sig'im xarakterli reaktiv quvvat ishlab chiqarish qobiliyatiga ega.

Uyg'onish toki ma'lum qiymatgacha sinxron mashina induktiv xarakterga ega, reaktiv quvvatlar kirim-chiqim tenglamasining o'ng tomoniga musbat ishora bilan kiradi, ya'ni sinxron mashinasi reaktiv quvvatni iste'mol qiladi. agar uyg'onish toki ma'lum qiymatdan oshgan SM sig'im xarakterga

ega, reaktiv quvvatlar kirim-chiqim tenglamasining o'ng tomoniga, manfiy ishora bilan kiradi, ya'ni SM reaktiv quvvat ishlab chiqaradi. Sinxron mashinani aynan mana shu rejimda ishlashi reaktiv quvvatni qoplash rejimidir. SS qoplash uskunasi sifatida kam ishlatiladi. Faqat qishloq xo'jalik tarmoqlari miqyosida ishlatiladi. O'zbekistonda nasos stansiyalarida aynan sinxron mashinalari elektr motorlar sifatida ishlatiladi. Mana shu imkoniyatdan foydalanib quvvat koeffisientini ko'tarish katta iqtisodiy samaralarga olib kelishi mumkin. Hozirgi vaqtda bu imkoniyatdan to'liq foydalanmayaptilar. SM ni statistik sig'im qoplash uskunalarini texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarni taqqoslab ko'rsak, quyidagilarni qayd qilish lozim:

Bir kVar ishlab chiqaradigan reaktiv quvvat:

Sinxron mashinalar- 105 so`m/kVar .

Statistik sig'im qoplash uskunasi – 65 so`m/kVar

Qoplash uskunalari o'zi iste'mol qiladigan aktiv quvvat:

Sinxron mashinalar – $(1,33-3,2)\% \cdot Q_{ku}$

Statistik sig'im qoplash uskunasi $0,5\% \cdot Q_{ku}$

Ko'rinib turibdiki SM larni qoplash uskunasi sifatida ishlatish xam qimmatga tushadi ham o'z aktiv quvvat iste'moli yukori. Shuning uchun sanoat korxonalarda ko'pincha statistik sig'im qoplash uskunalari qo'llaniladi.

Agar sanoat korxonasida 150-250 kW li kompressor yoki nasos qurilmalari texnologik talablariga muvofiq mavjud bo'lsa, bu qurilmalarning ehtiyoj sinxron motorlarni reaktiv quvvati qoplash uchun ishlatish iqtisodiy nuqtai nazardan qulay tushadi.

SM lari qoplash uskunasi sifatida ishlatishning yana bir ustunligi shundaki, bularni reaktiv quvvatini boshqarish oson va qulay.

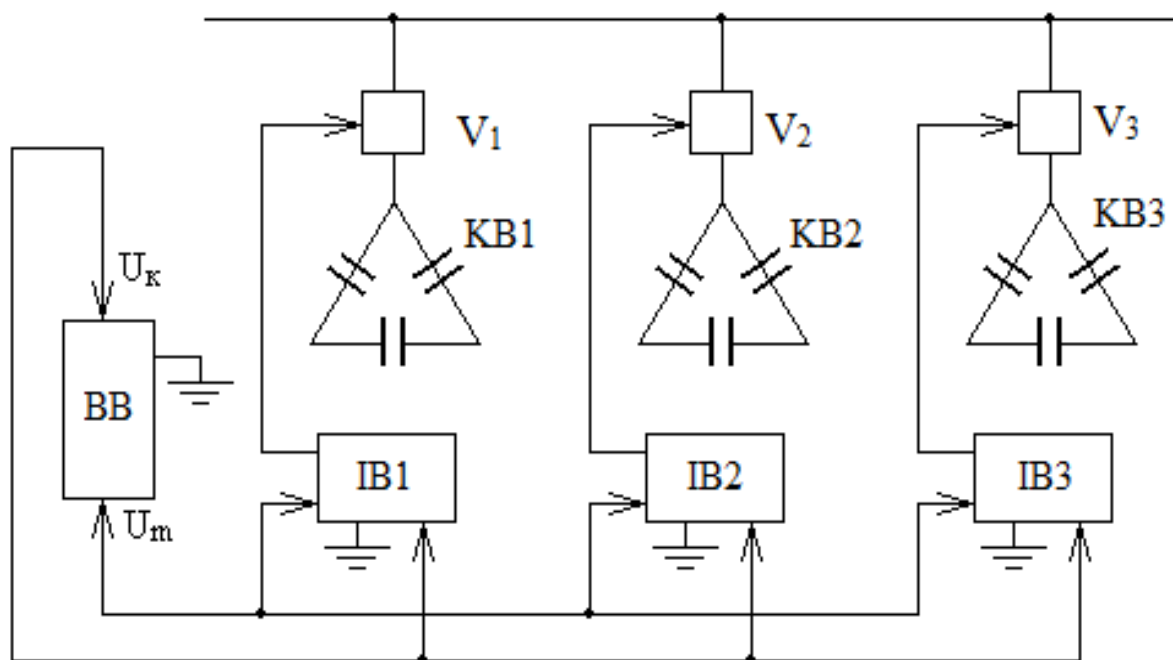
Elektr stansiyalarda sinxron generatorlar me'yoriy yuklamada yuqori quvvat koeffisienti ($\cos \varphi$) bilan ishlaydi, ya'ni nisbatan katta bo'lmagan reaktiv quvvat ishlab chiqaradi, uni iste'moli esa elektr stantsiyalarni parallel ishlashdagi statik turg'unligi bilan chegaralangan.

Sinxron kompensatorlar - an'anaviy reaktiv quvvat generatori hisoblanadi va elektr energetikasi tizimida keng qo'llaniladi. Sinxron kompensatorni ish rejimi, ya'ni reaktiv quvvatni uzatishi yoki iste'mol qilishi uni qo'zg'atishga asoslangan.

Sinxron kompensator nominal tokda qo'zg'atilganda reaktiv quvvat beradi, qo'zg'atish toki bo'lmaganda esa reaktiv quvvat iste'mol qiladi.

Qo'zg'atish toki sinxron kompensatorning qo'zg'atishni avtomatik rostlash qurilmalari bilan boshqariladi. Sinxron kompensatorlarni elektr mashinali qo'zg'atish qurilmali modifikatsiyasi (asosan tiristorli cho'tkasiz qo'zg'atishli) amalda keng qo'llaniladi.

Reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiyalash, ya'ni quvvat koeffitsientini oshirish ishlab chiqarishda kondensator batareyalari (KB) yordamida ham amalga oshiriladi. Ishlab chiqarishda reaktiv quvvatga bo'lgan talab kun davomida o'zgarib turadi, shuning uchun reaktiv quvvatni avtomatik ravishda rostlab turilmasa kuchlanishni kamayib yoki ortib ketishiga, natijada ba'zi qurilmalarni ishdan chiqishiga olib keladi.



2.5.5-rasm.Reaktiv quvvatni ko'p pog'onali avtomatik boshqarish sxemasi

Kuchlanishga bog'liq holda KB quvvatini avtomatik rostlash maksimal va minimal kuchlanish relelari yordamida amalga oshiriladi. Yuklamani kamayishi kuchlanishni oshishiga olib keladi, natijada maksimal kuchlanish relesi KB ni bir qismini uzib qo'yadi. Kuchlanish kamayganda esa minimal kuchlanish relesi KB ni yana ulab qo'yadi. Qisqa vaqt davomida sodir bo'ladigan kuchlanishni o'zgarishini(yolg'on signallar) sezmaslik uchun KB ni boshqarishda vaqt relelaridan foydalaniladi.

2.5.5-rasmda reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiyalashni blok sxemasi keltirilgan.

Bu qurilma o'zgaruvchan tok zanjirlarida KB quvvatini ko'p pog'onali boshqarishga asoslangan. Ko'p pog'onali boshqarish bir pog'onali boshqarishga nisbatan sezgir hisoblanadi.

Bu qurilma buyuruvchi (BB) va ijro bloklari (IB) dan tuzilgan. Buyuruvchi (BB) blokiga manba (U_m) va kirish (U_k) kuchlanishi beriladi. BB da hosil qilingan ta'sir signali $\pm \Delta U = (U_m - U_k)$ ijro bloki (IB)ga beriladi. Ijro bloki kondensatorlarni ma'lum bir qismini uzadi yoki ulaydi.

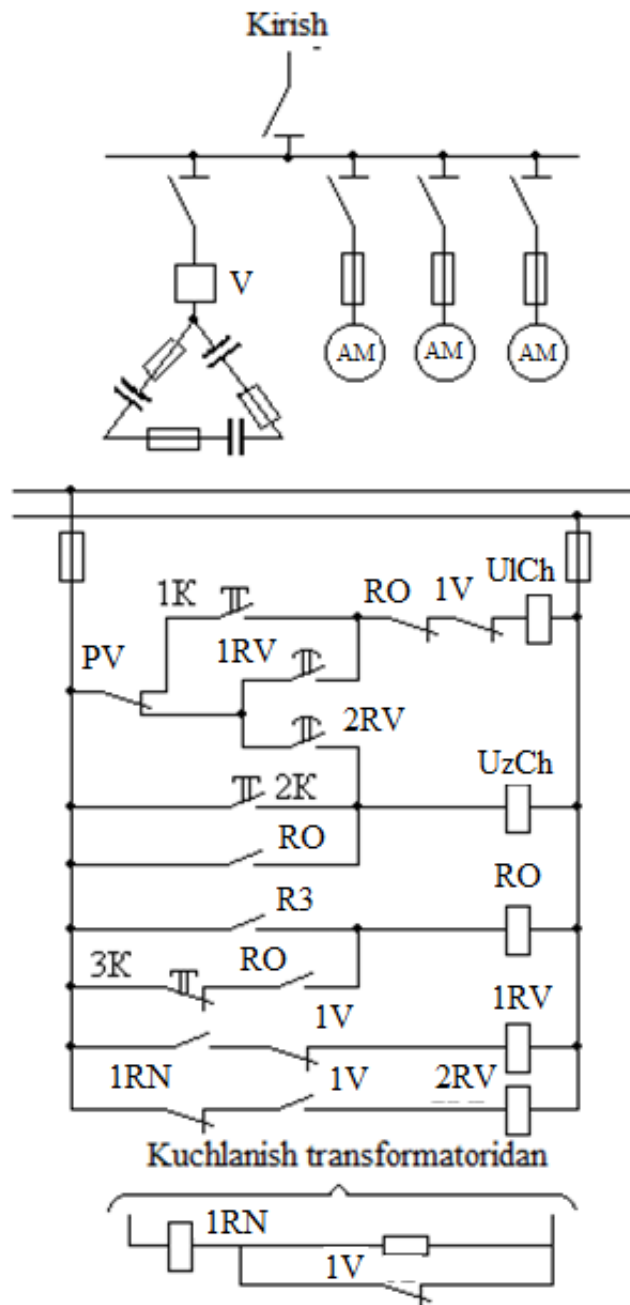
Kuchlanishi 1000 V gacha bo'lgan KB larning o'rnatish joylari quyidagicha tanlanadi:

Markazlashtirilgan o'rnini qoplashda KB sex transformatori (TP) yonida o'rnatiladi va uni 0,4 kV li taqsimlash qurilmasi (TQ) ga ulanadi;

Guruh uchun o'rnini qoplashda KB guruh tarqatish qurilmasi yoki shina yoniga o'rnatiladi va ularga ulanadi;

Individual o'rnini qoplashda KB asinxron motorga (iste'molchi) yaqin joylashtirilib, uning stator chulg'amiga ulanadi.

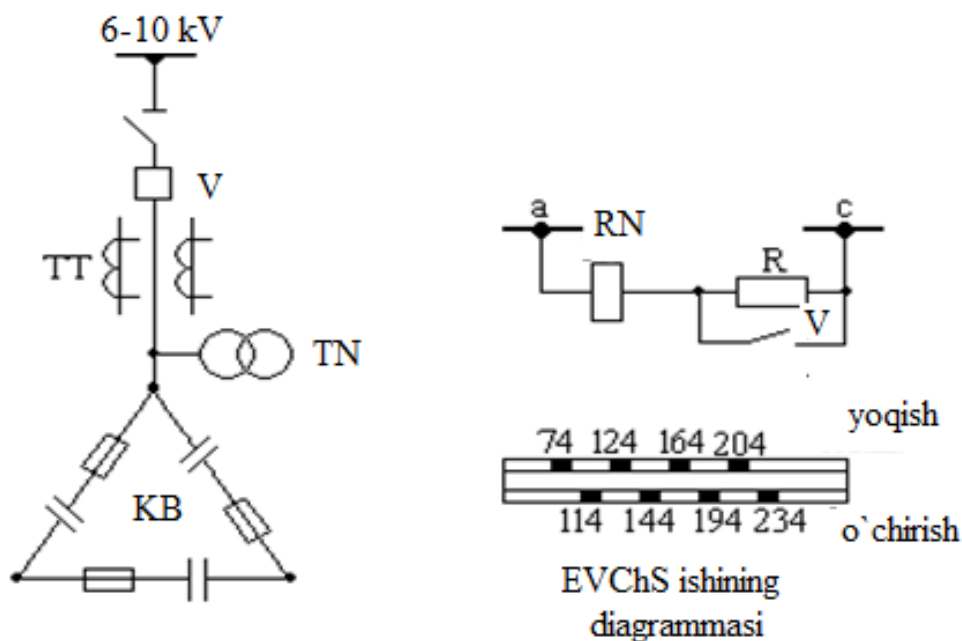
Reaktiv quvvatni rostlash vaqt, tok yoki kuchlanish bo'yicha amalga oshiriladi. Vaqt va tok prinsiplarida to'la (S) va reaktiv quvvatni (Q) sutkalik grafiklaridan foydalaniladi. Kuchlanish prinsipida esa maksimal va minimal kuchlanish relesi signali bo'yicha rostlash amalga oshiriladi.



2.5.6-rasm. Reaktiv quvvatni bir pog'onali avtomatik boshqarish sxemasi

Sxemani ishlash prinsipi quyidagicha: Kuchlanish 1 RN minimal kuchlanish relesi yordamida nazorat qilinadi. Tarmoqda kuchlanish pasayganda bu rele vaqt relesi 1 RV zanjiridagi o'zini kontaktini ulaydi, u ma'lum kechikish vaqtdan so'ng ulanish chulg'ami (UzCh) zanjirini tutashtiradi, natijada uzgich V kondensator batareyasini ulaydi. Kuchlanish belgilangan qiymatdan oshib ketganda 2 RN releni 2 RV vaqt relesi zanjiridagi

kontakti ulanadi, u ma'lum kechikish vaqtidan so'ng o'zish chulg'ami (UzCh) zanjirini ulaydi, uzgich V kondensator batareyasini uzadi. 1 RV va 2 RV vaqt relelari qisqa muddatli kuchlanishni o'zgarishi yuz berganda uzgichni ishlamasligini ta'minlaydi. Kondensator batareyalarini ximoyasi oraliq relesi (RO) orqali amalga oshiriladi, u R3 ximoya relesi kontaktlari orqali impuls oladi.



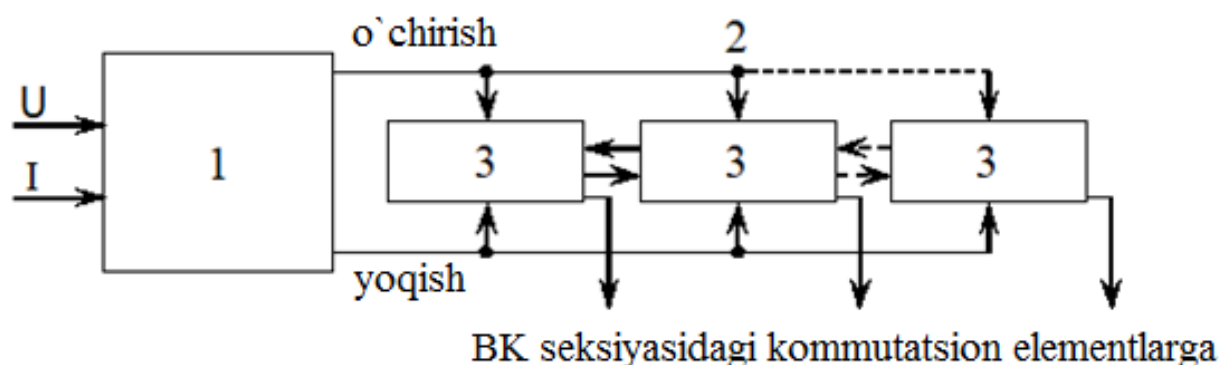
2.5.7-rasm. Reaktiv quvvatni avtomatik rostlashni kombinatsiyalangan sxemasi

Bu sxemada sutkani berilgan vaqtda EVChS soat ta'sirida KB ulangandan keyin tarmoqdagi kuchlanish yuqori bo'lsa, minimal kuchlanish relesi RN o'zining ulanuvchi kontakti bilan KB ni yana o'chiradi, tarmoqni bu bo'limida kuchlanish pasaygan bo'lsa, RN relesi o'zining uzuvchi kontakti bilan KB-ni ulaydi, bunda EVChS soat bo'yicha berilgan vaqtni kutmaydi. Shunday qilib EVChS soatlari sutka vaqti bo'yicha belgilangan dasturga binoan KB-ni ulaydi va o'chiradi, RN relesi esa sutkani usha vaqtlarida tarmoq kuchlanishiga bog'liq xolda EVChS ishiga tuzatishlar kiritadi. Bunday rostlash natijasida tarmoqdagi kuchlanishni U_{nom} qiymati me'yorlangan $\pm 5\%$ -dan chiqmaydi. RN rele zanjirlariga sxemani aniqroq sozlash uchun zarur

bo'ladigan qo'shimcha qarshilik R ulanadi. Kuchlanish bo'yicha rostdash sxemasi kuchlanishni turtki yuklamalar vujudga keltiradigan qisqa vaqtli tebranishlardan ishlamaydigan qilib sozlanishi kerak.

1000 V dan yuqori kuchlanish tomonida reaktiv quvvatni qoplash past kuchlanishli tarmoqlarga qaraganda ancha katta qiyinchiliklar mavjud, chunki kondensatorlarni yoqish va o'chirish jarayonini avtomatlashtirish juda murakkab va qimmat qurilmalarga ehtiyoj bor. Yuqori kuchlanishli iste'molchilarda avtomatik ravishda reaktiv quvvatni qoplash zarurati bilan bog'liq holda kondensatorlar 6-10 kV elektr tarmoqlarida va 1000 V gacha iste'molchlarda alohida kondensator batareyalari bilan birgalikda ishlash uchun mo'ljallangan avtomatik ravishda boshqariladigan arkon qurilmasi ishlatiladi.

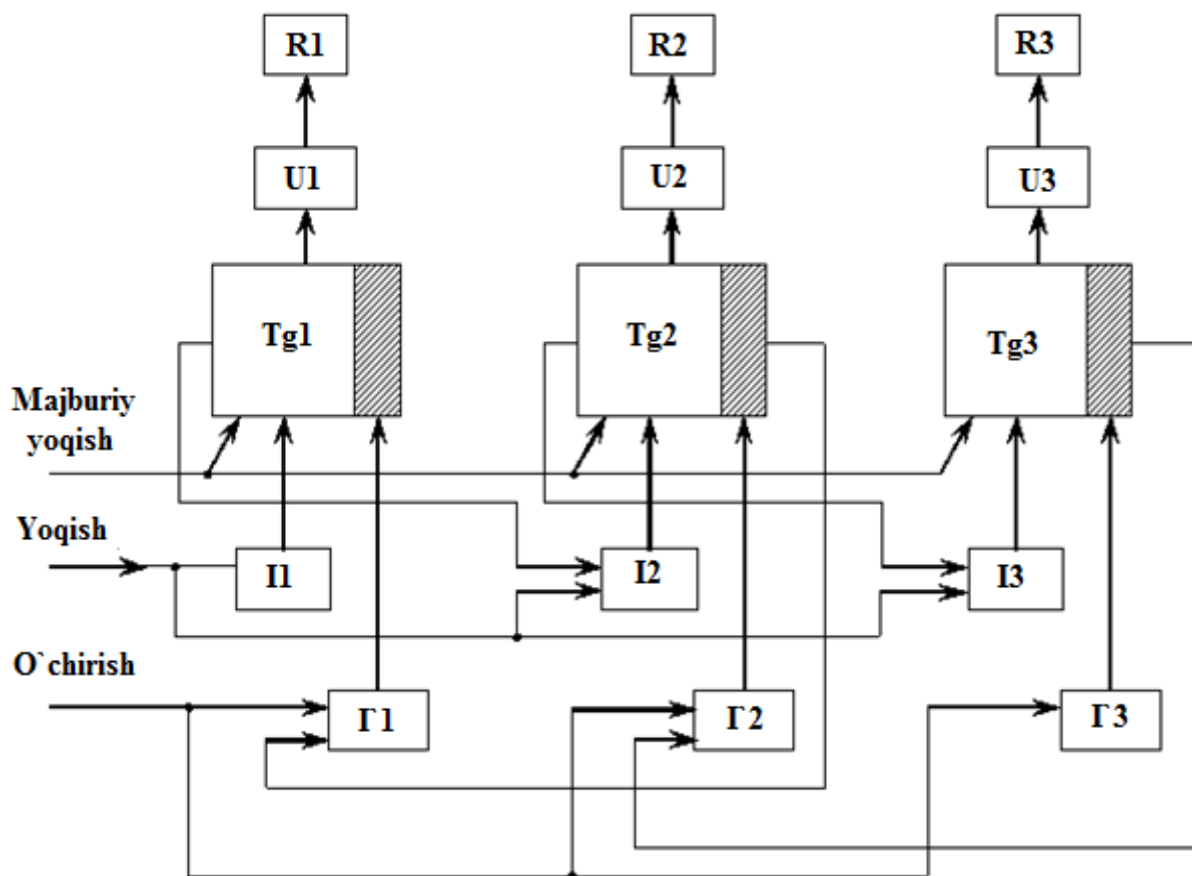
Arkon qurilmasi aktiv va reaktiv iste'molini nazorat qilgan holda avtomatik kuchlanish tartibga solishni amalga oshiradi va uning ishlash harorati -40 va $+40$ °C hamda nisbiy namlik 20% va 80% oraliqda bo'ladi. O'chirishni tartibga solish chegaralari 90-120% nominal kuchlanish va o'rnatish nazorat chegaralari 94-99,5% o'chirish o'rnatish kuchlanish tashkil etadi. Majburiy o'rnatish o'chirish uchun 70-90% o'rnatish kuchlanishida o'rnatiladi.



2.5.8-rasm. Arkon qurilmasining tuzilmaviy sxemasi: 1-buyruq bloki; 2-dasturiy blok; 3-konsollar

2.5.8-rasmda arkon qurilmasining strukturaviy sxemasi ko'rsatilgan. 2.5.8-rasmdan ko'rinib turibdiki, qurilma ikki qismdan iborat: buyruq va nazorat qilinadigan dasturiy blok. Kirish signalining kattaligiga qarab buyruq bloki yoqish va o'chirish buyrug'ining dasturiy blokiga beradi.

Dastur birligi birma-bir miloddan avvalgi bo'limlarni ketma-ket yoqish yoki o'chirishni amalga oshiradi va bir xil prefikslar to'plami bo'lib, ularning soni BK ning ulangan bo'limlari soniga teng. Qurilmani tartibga solish bosqichlarining maksimal soni 15. Tartibga solish-dasturiy ta'minot, bitta yoki ikkilik kod.



2.5.9-rasm. 1:1:1 birlik kodi bo'yicha kiritilgan arkon qurilmasining uchta prefiksining tuzilmaviy sxemasi

Bitta kod bilan tartibga solishda BK bo'limlarining quvvat nisbati 1:1:1 va ikkilik kod 1:2:4 ga teng tanlanadi. Bitta kodga ko'ra, har bir prefiks bitta qurilmani boshqaradi va ikki tomonlama-bitta qurilma bir nechta bo'limlarni o'z ichiga oladi va o'chiradi, bu esa kuchli kontaktorlardan foydalanishni talab

qiladi, shuningdek, oziq-ovqat liniyalari kesimini ko'paytirish uchun rangli metall uchun katta xarajatlarni talab qiladi.

2.5.9-rasmda 1:1:1 yagona kodiga kiritilgan uchta prefiksning strukturaviy diagrammasi taqdim etilgan. Bitta kod bilan siz barcha 15 prefikslarini ulashingiz mumkin, ikkilik-4 prefikslari bilan. Qurilma, bo'limlarning normal kiritilishi bilan bir qatorda, kuchlanish belgilangan darajadan past bo'lgan holda, ularning kuchlanishini ta'minlaydi.

Strukturaviy sxemaning ishlash printsipti quyidagicha. Dastlabki holatda Tg 1, Tg 2 va Tg 3 lar chap qismlari ochiq va o'ng qismlari yopiq. "Yoqish" buyrug'i buyruq blokidan yoki qo'lda boshqarish tugmachasidan har bir konsolning mantiqiy elementlaridan biriga va 1 va 2 va 3 ga kiradi. Mantiqiy elementning boshqa usuli oldingi konsolning trigerni taqiqlangan signal oladi. "Yoqish" buyrug'ining birinchi zarbasi faqat birinchi konsolning tg 1 o'tadi va uni o'zgartiradi. Aniq BK qismini yoqish uchun buyruq beradi, shuningdek mantiqiy element va 2 ikkinchi prefiksga ruxsat beradi. "Incorporation" buyrug'ining ikkinchi zarbasi birinchi konsolning o'zgartirmasdan qoldiradi va ikkinchi konsolning tg 2 o'zgartiradi, bu esa BK ning ikkinchi qismini yoqish uchun buyruq beradi, shuningdek, mantiqiy element va 3 uchinchi prefiksga ruxsat beradi. Uchinchi impuls uchinchi konsolning tg 3 o'zgartiradi, natijada BK ning uchinchi qismi yoqiladi.

BK bo'limlarini o'chirish buyruq blokidan yoki "o'chirish" signallarini qo'lda boshqarish tugmachasidan kelganida sodir bo'ladi. Qurilmaning ishlashi "yoqish" buyrug'iga o'xshash bo'ladi, ammo teskari tartibda. Birinchidan, uchinchi prefiksning triger o'zgaradi, bu mantiqiy elementga va " 2 " ikkinchi konsoliga ruxsat beradi va BK ning uchinchi qismini o'chiradi. Ikkinchi "o'chirish" pulsi ikkinchi konsolning trigerni o'zgartiradi, bu birinchi konsolning elementiga va " 1 " ga ruxsat beradi va ikkinchi BK qismini o'chiradi. Uchinchi impuls "o'chirish" birinchi konsolning trigerni o'zgartiradi, bu birinchi BK qismini o'chiradi.

Arkon qurilmasi yordamida BT bo'limlari tomonidan avtomatik tartibga solish asosan kuchlanish va yuk o'rtasidagi bog'liqlikka bog'liq. O'rnatishlarni tanlayotganda, kuchlanishning qurilmaning o'lchov organiga yuk va tarmoq kuchlanishiga bog'liqligini aks ettiruvchi arkon ish diagrammasidan foydalanish kerak.

Arkon qurilmasi kichik o'lchamlari va massasiga ega: buyruq blokining o'lchami 290x 325x 216 mm, prefiks-130x 160x 210 mm; buyruqlar blokining massasi 10 kg; konsollar-4 kg.

Arkon Riga zavodi "Energoavtomatika" qurilmasi bilan bir qatorda, to'liq yuklamaning o'rtacha qiymati funktsiyasida BK ni avtomatik ravishda yoqish va o'chirishni amalga oshiradigan va korxonalarning ichki elektr tarmoqlarida foydalanishga xizmat qiladigan Waco qurilmasi (avtomatik kondensator kaliti) ishlab chiqariladi.

Waco qurilma bilan jihozlangan tartibga solish rejimi, elektr qabul qiluvchilarning reaktiv yuklari jadvaliga, ularning yuklanish darajasiga va kompensatsiyaga qadar RM qiymatiga bog'liq (zararni qoplash uchun cos yoki tg qiymatlarini bilishingiz kerak). Ushbu ma'lumotlar optimal miloddan avvalgi tartibga solish rejimini ta'minlash uchun regulyatorni yoqish va o'chirishni tanlash imkonini beradi.

Waco qurilma ikki yo'l bilan bir yoki ikki bosqichli tartibga solish beradi.

Birinchi usul yuklamaning to'liq toki bilan tartibga solishni ta'minlaydi, zavod devoriga ko'ra, tok elementi bir xil konvertatsiya stavkalari bilan bog'langan ikkita tok transformatorlariga parallel ravishda ulanadi. Ushbu usulni iloji bo'lsa, ikkita tok transformatorini o'rnatish tavsiya etiladi.

Ikkinchi usul, tok elementi bitta tok transformatoriga ulangan bo'lsa, yuklama toki uchun tartibga solishni ta'minlaydi. Ushbu ijro usuli avvalgisiga qaraganda sodda, ammo tartibga solishning eng yomon sifati va RM kompensatsiyasining kamroq ta'sirini beradi.

Vako qurilmasini yoqish va o'chirish qurilmalari bir-biridan mustaqil ravishda tanlanadi.

Yuk toki uchun RMni avtomatik ravishda tartibga solishdan tashqari, Waco qurilmasi kuchlanish darajasida favqulodda nazoratni amalga oshiradi va nominal qiymatdan 10% dan ortiq tarmoq kuchlanishidan oshib ketganda BK (yoki uni yoqish bloklarini) o'chiradi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan RM avtomatik tartibga solish qurilmalari bir qator kamchiliklarga ega. Shunday qilib, ARCON qurilmasining tajribasi shuni ko'rsatdiki, qurilmani muvaffaqiyatli ishlatish uchun malakali mutaxassislar kerak, chunki uni sozlash qiyin. Arkon muayyan elektr tarmog'iga o'rnatiladi. Qurilmaning yomon sozlashi tufayli tartibga solish sifati kamayadi. Arkon regulyatorini o'rnatish juda qiyin. Vako, shu jumladan, boshqa reaktiv quvvat kompensatsiyasi qurilmalari hech qanday tanqidga dosh berolmaydi.

Yuqorida sanab o'tilgan kamchiliklardan mahrum bo'lgan avtomatik qurilmani ishlab chiqishni boshlashdan oldin, mikrokontroller tizimlarining asosiy kattaliklarini aniqlash kerak.

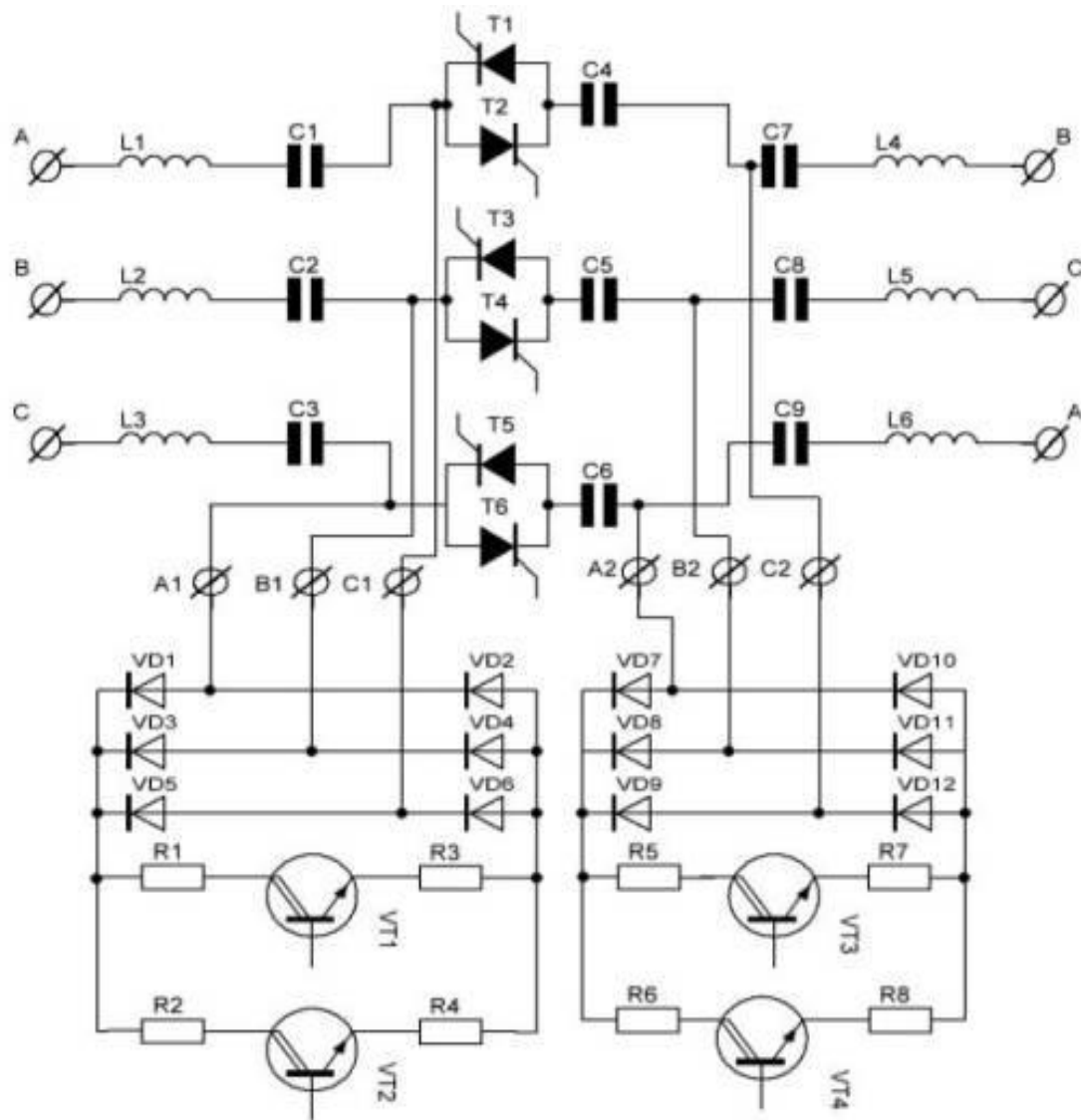
Kondensatorlar yordamida yuqori garmonikali filtr rejimida ishlaydigan tok va kuchlanish o'rtasidagi burchakni tenglashtirishga asoslangan induktiv-sig'imli reaktiv quvvat kompensatorini batafsil ko'rib chiqaylik.

induktiv-sig'imli reaktiv quvvat kompensatorlari uchun standart sxematexnik echimlarini tahlil qilish, statik va dinamik kompensatorlardan foydalanish bir qator muhim kamchiliklarga ega ekanligini ko'rsatdi:

- statik kompensatorlarda juda yuqori kommutatsiya toklarini bo'lishi;
- pog'onali tiristorlar ishga tushganda daydi toklarning kelib chiqishi oqibatida dinamik kompensatorlarning ishonchliligi keskin pasayishi;
- ko'plab filtri garmonikalarining mavjudligi va kommutatsiya elementlarining sonini ko'pligi.

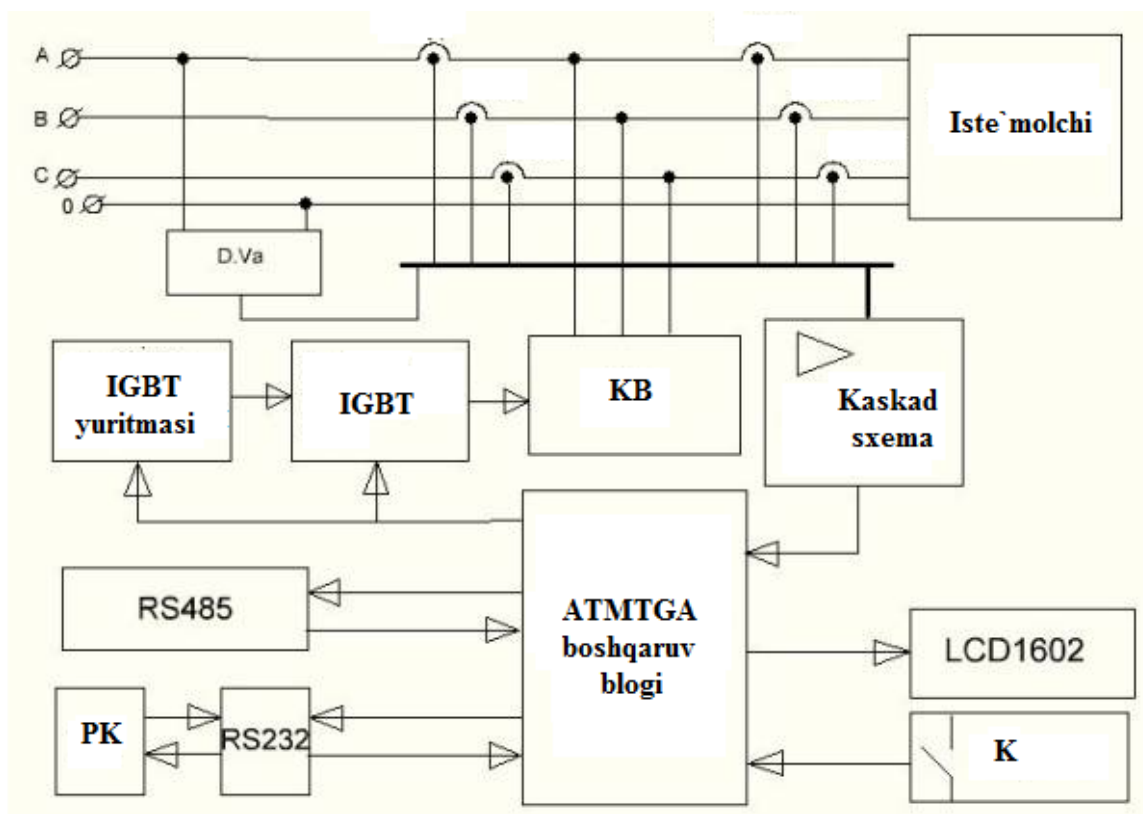
Yuqorida qayd etilgan asosga ko'ra va yuqorida aytib o'tilgan kamchiliklarning bartaraf etish uchun reaktiv quvvatining olti pog'onali kompensatori uchun mikroprotsessor boshqaruv tizimini ko'rib chiqamiz.

2.5.10-rasmda turli quvvatlardagi uchta kondensatorli batareyalar, to'liq nazorat qilinmagan T1-T6 klapanlari va VD1-VD12 va VT1-VT4 elementlarida tayyorlangan diod-tranzistorli kalitlar, yuqori garmonik filtrlardan iborat bo'lgan oltita tezlikli reaktiv quvvat kompensatorining kuch diagrammasi ko'rsatilgan. L1-L6.



2.5.10-rasm. Reaktiv quvvatning olti bosqichli kompensatorining sxemasi

Birinchi bosqich tranzistorli blokni (VD1-VD6, VT1, VT2) faol rejimga o'tkazib, kontaktlarning tartibini o'zgartirishga imkon beradi. Ikkinchi bosqich xuddi shunday tarzda ishlaydi, faqatgina elementlarni almashtirish (VD7-VD12, VT3, VT4). Uchinchi bosqich - T1-T6 tiristorlarini fazali o'tish davrida nolga kiritishga asoslangan. Qolgan uch bosqichda birinchi uchlikni almashtirish kombinatsiyasi.



2.5.11-rasm. Reaktiv quvvat qoplash uchun mikrokontrollerni boshqarish tizimining blok sxemasi

Reaktiv quvvatning olti bosqichli kompensatori uchun quyidagi nazorat algoritmini olish uchun ishlab chiqilgan mikrokontrollerni boshqarish tizimidan foydalanish kerak. 2.5.10-rasmda mikrokontrollerni boshqarish tizimining blok diagrammasi ko'rsatilgan. Bu tizim Atmeldan Atmega128 mikrokontrollerini ishlatadi. O'chirishning asosiy elementlari oqim va kuchlanish sezgichlariga asoslangan, tiristor boshqaruv yuritmalarii va IGBT tranzistorlari, kirish/chiqish qurilmasi va har xil yuklarning kompensatsion

parametrlarini o'rnatish imkonini beradigan kompyuter bilan aloqa qurilmasidan iborat.

Belgilangan blok diagrammasi operatorning yordamisiz va kompyuter yordamida RS232 interfeysi yordamida ikki rejimda ishlashi mumkin, RS485 interfeysi orqali reaktiv quvvat tizimiga masofadan turib kirish mumkin.

Ishlab chiqilgan mikrokontrollerni boshqarish tizimi mavjud tizimlardan bir nechta xususiyatlar bilan farq qiladi:

- mavjud analoglar bilan taqqoslaganda narxi past;
- boshqaruv tizimini joriy etishning qulayligi;
- energiya blokining boshqarish xususiyatlari (bosqichlarni yumshoq kiritish).

Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, ushbu tizimni turli xil AC tarmoqlardagi turli xil yuklarni ishlaydigan mavjud analoglar bilan solishtirganda eng yaxshi parametrlardan foydalanish imkoniyati ko'rsatib berdi.

Bugungi kunda bunday tizimlar hamma joyda qo'llanilmaydi, lekin 6kVdan yuqori kuchlanishli iste'molchilarda qo'llaniladi. Ushbu qurilma past kuchlanishli va yuqori oqimlarga mo'ljallangan reaktiv quvvat kompensatorlaridan foydalanish muammosini hal qilishga imkon beradi. Yaqin va uzoq xoriyda ishlab chiqarilgan analoglar bilan taqqoslaganda, ushbu kompleks elektr texnikasi sohasida va mikroprotsesser nazorat qilish tizimlari sohasida bir qator texnik echimlar bilan ajralib turadi.

Bunday tizimlarni joriy etilishi iqtisodiy samaradorlik darajasini sezilarli darajada oshiradi va iste'molchilarining parametrlarini yaxshilaydi, bu esa ishlaydigan qurilmaning ish vaqtini va uning ishonchliligini oshiradi.

3-BOB. ELEKTR YURITMALARDA ENERGIYA TEJASH

3.1. Elektr yuritmalarda elektr energiya tejash usullari

Korxona elektr energiyasi iste'molining asosiy qismi ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr yuritmalariga to'g'ri keladi. Elektr yuritmalarni ish rejimlarini optimallashtirish va rostlanadigan elektr yuritmalardan foydalanish katta iqtisodiy samaradorlikni ta'minlaydi. Elektr energiyasi isroflarini kamaytirish elektr uskunalari ta'mirlash sifatini yaxshilash orqali ham erishish mumkin. Bu tadbir ayniqsa motorlarni ta'mirlashda yaxshi samara beradi. Bunda ta'mirdan keyin motorning parametrlari pasport parametrlarga yaqinlashtirish lozim. Sifatsiz ta'mirdan chiqqan motorlar reaktiv quvvatni ko'p iste'mol qilishi, chulg'amlar nosimmetrik bo'lishi, salt ishlash tokini oshib ketishi tufayli ko'p isroflarni keltirib chiqaradi. Bunday salbiy holatlar motor chulg'omini nominal kattaliklaridan boshqa kattaliklarga (nominal tezlik, kuchlanish, chastota o'zgarganda) qayta o'raganda qo'shimcha hisoblashlar bajarish talab etiladi [5,8,23].

Asinxron mashina elektr energiyasini mexanik energiyasiga aylantirib beruvchi qurilma bo'lib motor validagi foydali mexanik quvvatdan tashqari energiya o'zgarishlar isrof hisoblanadi. Mashinadagi isroflar fizik mohiyatiga ko'ra, ichki, issiqlik va mexanik energiyalar ko'rinishida yo'qotiladi. aniqlanadi.

Agar elektr motor(EM)ning yuklamasi uning nominal quvvatining 70-100 % oralig'ida ishlasa, u holda EM ni optimal foydali ish koeffitsienti (FIK) li yoki quvvat koeffitsienti bilan ishlaydi. Yuritma vali doimiy aylanish chastotasi bilan ishlaganda uning yuklamasi turli xil qonun bo'yicha o'zgarishi mumkin:

- Nominal va salt yurish rejimining aniq ravishda yuklamaning almashinib turishi;
- Tasodifiy o'zgaruvchan yuklama;
- Determinlashgan qonun bo'yicha yuklamaning o'zgarishi.

Rostlanmaydigan elektr yuritmalarda elektr energiyani tejash maqsadida quyidagi tadbirlarni qilish zarur:

- AM ni nominal quvvatining 70 – 100 % oraliqdagi yuklanishi tashkiliy va texnologik o'lchashda quvvat koeffisienti va FIK maksimal bo'ladi;
- Elektr energiyani iste'mol qilganda elektr yuritmani salt yurish rejimida ishlashini inkor etadi;
- Elektr motor va mexanizmga xizmat ko'rsatishda ogohlik bilan amalga oshirish kerak. Uzatish reduktori va podshipniklarini moylash vaqtida e'tibor bilan uzatish mexanizmlarini tozalash zarur;
- Elektr motorni ta'mirlashda uning chulg'amlarini almashtirish uchun albatta nominal kesim yuzali simdan o'zgaruvchan isrofni kamaytirish uchun ishlatiladi.

Rostlanadigan elektr yuritmalar texnologik jarayonlar talabiga ko'ra ishlatiladi. Bugungi kunda, informatsion va yuqori kuchlanishli elektronika rivojlanishida o'zgartgichlarning ishonchlilikini oshirish uchun rostlanadigan elektr yuritmalar elektr energiyani tejash maqsadida ishlatish masalasi qaralmoqda. Rostlanadigan elektr yuritmalarni ishlatish elektr energiya iste'molini minimallashtirish maqsadida foydalaniladi. Bunga misol sifatida, konveyerlar, ventilyatorlar, nasoslar va boshqa qurilmalarni keltirish mumkin.

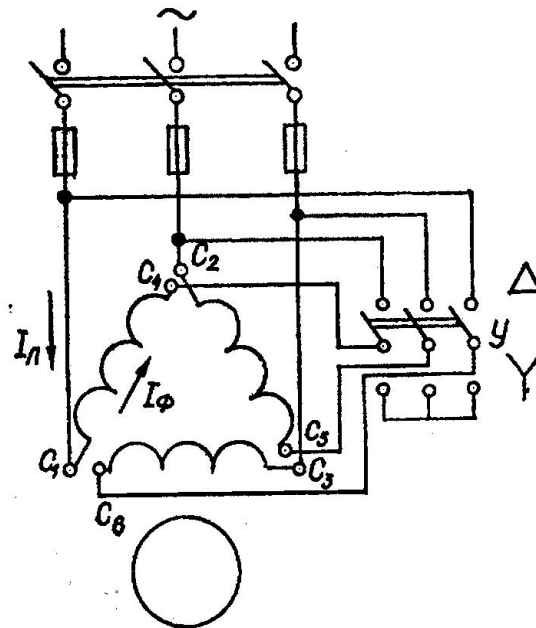
3.2. Asinxron motorlarda energiya tejash

3.2.1. Asinxron motorlarni yulduzdan uchburchakka o'tkazish orqali energiya tejash

Korxonalarda ko'pgina motorlar to'la yuklamada ishlamaydi. Bu holda yuklama 50-60 % bo'lsa motor quvvatini kichikroq quvvatga o'zgartirish maqsadga muvofiq [5,8,9]. O'zgaruvchan yulamada esa motor quvvati ko'pincha hisobiy maksimal yuklamaga qarab tanlanadi. Rotori qisqa tutashtirilgan motorni yulduz sxemasidan uchburchak sxemasiga o'tkazib

ishlatish mumkin. Motorda uchburchak yoki yulduz sxemaning qo'llanilishi stator chulg'aming faza kuchlanishiga va elektr tarmog'idagi fazalararo kuchlanish qiymatiga bog'liq bo'ladi. Masalan, tarmoqdagi kuchlanish 380 V bo'lib, motor pasportida berilgan kuchlanish 220/380 V, ya'ni uning fazasi 220 V kuchlanishga hisoblangan bo'lsa, bu motorni yulduz sxemada ulash kerak. Bunda uning fazasiga 220 V, ya'ni normal kuchlanish beriladi. Agar motorning fazasi 380 V kuchlanishga hisoblangan bo'lib, elektr tarmog'idagi kuchlanish ham 380 V bo'lsa, bunday motorni uchburchaklik sxemada ulash kerak. Agar uchburchaklik sxemada ulanishi lozim bo'lgan motorni yulduz sxemada ulab ishlatilsa, uning fazasiga normal kuchlanishga nisbatan 1,73 marta kam kuchlanish berilgan bo'ladi. Natijada, elektr tarmog'idan motorga berilayotgan tokning qiymati, uchburchak sxemadagiga nisbatan uch marta kamayadi. Ishga tushirish tokining uch marta kamaytirilishi sababli elektr tarmog'idagi kuchlanishning pasayishi ham sezilarli bo'lmaydi. Yulduz sxemada ishga tushirilgan motor tokining uch marta kamayishiga sabab quyidagidan iborat bo'ladi. Om qonuniga binoan $I_l^Y = I_f^Y = \frac{U_l}{\sqrt{3}Z_f}$ bo'ladi, bunda $I_l^Y = I_f^Y$ -yulduz sxema bilan ulangan motorning liniya va faza toklari; Z_f — stator chulg'aming faza qarshiligi. Uchburchaklik sxema uchun esa $I_l^{\Delta} = \sqrt{3}I_f = \sqrt{3}\frac{U_l}{Z_f}$ bo'lib, $\frac{I_l^Y}{I_l^{\Delta}} = \frac{U_l \cdot Z_f}{3 \cdot U_l \cdot Z_f} = \frac{1}{3}$ bo'ladi. Bunda aylantiruvchi moment va quvvat nisbatlari ham $\frac{M^Y}{M^{\Delta}} = \frac{1}{3}$; $\frac{P^Y}{P^{\Delta}} = \frac{1}{3}$ bo'ladi.

Demak, bu usul bilan motorni faqat salt ish rejimida yoki $M = (0,3 - 0,4)M_n$ bo'lgan yuklamalarda qo'llash mumkin. 3.2.1 - rasmda motorni almashlab ulagich u bilan yulduz sxemadan uchburchak sxemaga o'tkazish sxemasi ko'rsatilgan.



3.2.1 -rasm. Rotori qisqa tutashtirilgan motorni yulduz sxemasidan uchburchak sxemasiga o'tkazish sxemasi

Hozirgi paytda bu usuldan keng foydalanish maqsadida faza kuchlanishi 380 Voltga hisoblangan va demak, normal ish rejimida, 380 Voltli elektr tarmog'iga uchburchaklik sxemada ulanadigan, kerak bo'lganida esa yulduz sxemada ishga tushiriladigan motorlar ko'plab ishlab chiqarilmoqda.

Tejab qolingan elektr energiyasi bunda quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta W_s = (\Delta P + k\Delta Q) \cdot \Delta t; \quad (3.5.1)$$

Bu yerda, ΔP va ΔQ - motorlarni aktiv va reaktiv quvvat isroflari farqi, kW; kVar; t-uskunaning «yulduz» sxemada yillik ishlash vaqti, soat

Motor chulg'amlarini «uchburchak» sxemadan «yulduz» sxemaga o'tkazishda aktiv quvvat isrofini kamayishi quyidagi ifodadan aniqlash mumkin:

$$\Delta P_a = \frac{P}{\eta_\Delta} - \frac{P}{\eta_Y} = \frac{P}{\eta_\Delta} \cdot \left(\frac{\eta_Y - \eta_\Delta}{\eta_Y} \right); \quad (3.5.2)$$

Reaktiv quvvat iste'molini kamayishi:

$$\Delta Q = \frac{P}{\eta_\Delta} \operatorname{tg} \varphi_\Delta - \frac{P}{\eta_Y} \operatorname{tg} \varphi_Y; \quad (3.5.3)$$

Aktiv quvvatni umumiy kamayishi:

$$\Delta P_{\Sigma} = k \cdot \Delta Q + \Delta P \quad (3.5.4)$$

Bu yerda k -har bir kVar reaktiv quvvatga to'g'ri keladigan aktiv quvvat isrofi, kW/kVar.

Tejab qolingan elektr energiyasi:

$$\Delta W_e = \Delta P_{\Sigma} \Delta t.$$

Masala. Parametrlari quyidagicha bo'lgan asinxron motorning statorining chulg'amlarini «uchburchak» sxemadan «yulduz» sxemaga o'tkazishda sxemasini almashtirish tufayli olingan samarani aniqlaymiz. $P_n = 7,8$ kW, $\eta_n = 0,86$, $\cos \varphi_n = 0,8$, $k_e = 0,13$. Motor bir yil ichida $\Delta t = 2000$ soatga 25 % ga yuklangan. Bu yuklamada $\cos \varphi_{\Delta} = 0,5$, $\eta_{\Delta} = 0,78$, $\operatorname{tg} \varphi_{\Delta} = 1,42$; bunda motor validagi yuklama $P = 0,25 \cdot 7,8 = 1,95$ kW.

Yechish. «Uchburchak»dan «yulduz» sxemasiga o'tgandan keyin motorni ko'rchatkichlari quyidagicha bo'ladi. $\cos \varphi_Y = 0,85$, $\eta_Y = 0,85$, $\operatorname{tg} \varphi_Y = 0,62$;

Aktiv quvvat isrofini kamayishi quyidagi miqdorni tashkil etadi.

$$\Delta P_a = \frac{P}{\eta_{\Delta}} - \frac{P}{\eta_Y} = \frac{P}{\eta_{\Delta}} \cdot \left(\frac{\eta_Y - \eta_{\Delta}}{\eta_Y} \right) = \frac{1,95 \cdot (0,85 - 0,78)}{0,78 \cdot 0,85} = 0,21 \text{ kW};$$

Reaktiv quvvat istemolini kamayishi:

$$\Delta Q = \frac{P}{\eta_{\Delta}} \operatorname{tg} \varphi_{\Delta} - \frac{P}{\eta_Y} \operatorname{tg} \varphi_Y = 1,95(1,42 / 0,78 - 0,62 / 0,85) = 2,15 \text{ kVar};$$

Aktiv quvvatni umumiy kamayishi:

$$\Delta P_{\Sigma} = k \cdot \Delta Q + \Delta P = 0,13 \cdot 2,15 + 0,21 = 0,48 \text{ kW}.$$

Bu erda k -har bir kvar reaktiv quvvatga to'g'ri keladigan aktiv quvvat isrofi, kW/kVar.

Tejab qolingan elektr energiyasi:

$$\Delta W_e = \Delta P_{\Sigma} \Delta t = 0,48 \cdot 2000 = 960 \text{ kW soat/yil}.$$

3.2.2. Yangi seriyadagi asinxron motorlarni qo'llash orqali energiya tejash

Mamlakatimiz va jahon energetikasining jadal rivojlanishi natijasida elektr energiyasini asosiy iste'molchisi bo'lgan asinxron motorlarning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini oshirish borasida ilmiy va amaliy ishlar olib borilmoqda. Hozirda rivojlangan mamlakatlarning firmalarida servis-faktorli(SF) asinxron motorlar ishlab chiqarilmoqda. Motorning qutblar soni va quvvatiga qarab servis faktor 1,15-1,4 oralig'ida bo'lib, uning quvvati P_n ni SFgacha oshirish imkoni bo'lishini bildiradi. Shuningdek harorat +40 va -15 °C oralig'ida bo'lganda ham motorni nominal quvvat bilan islatish mumkinligini ko'rsatadi. Bundan tashqari, chastota nominal bo'lib tarmoq kuchlanishi 10% oraliqda o'zgarganda, tarmoq kuchlanishi nominal bo'lib chastota 5% oraliqda o'zgarganda ham SF motorlarni ishlatish mumkin bo'ladi. Rossiyaning qator korxonalarida ham 0,55-315 kW li 5A va 6A seriyali asinxron motorlar ishlab chiqarilmoqda. Elektr motorlarni yangi seriyalarini yaratishda jahon standartlariga javob beruvchi hamda foydali ish va quvvat koefitsientlari yuqori bo'lishiga asosiy e'tiborni qaratish lozim. Rivojlangan yetakchi mamlakatlar firmalarida ishlab chiqarilayotgan elektr motorlarni Yevropa SENELEC me'yorlariga moslab ishlab chiqarilmoqda. Bu motorlarning foydali ish va quvvat koefitsientlari yuqori bo'lishidan tashqari shovqinsiz ishlashi, qulay montaj qilish va 40 ming soatgacha ishlash imkoniyatiga ega [9,18,20,23].

Masalan, sanoat korxonasida ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr motorlarini uch fazali rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motorlar tashkil etadi. Ularning umumiy soni 166 ta bo'lib, 3.2.1-jadvalda motorlarning pasport kattaliklari(tipi, nominal quvvati, nominal kuchlanishi, nominal aylanish chastotasi va foydali ish koefitsienti) keltirilgan.

3.2.1-jadval

No	Ishlab chiqarish mexanizmi	Soni	Tipi	P_H kW	η_H %	U_H kV	n_H ayl/ min	$\cos \varphi$ -
1	Tola kondensori	8	A02	7,5	88,3	380	1000	0,84
2	Buruvchi moslama	4	A02	4	85,5	380	1000	0,82
3	Siljituvchi dastgoh	3	A02	1,1	76,4	380	1000	0,75
4	Zichlovchi dastgoh	5	AP	37	91,2	380	1000	0,87
5	Linterlash dastgohi	28	AP	4,5	82,5	380	1500	0,74
6	Jinlash dastgohi	24	A2	75	93,4	380	730	0,91
7	Harakatlantiruvchi lenta	4	A02	7,5	88,3	380	1000	0,84
8	Nasos qurilmalari	12	A02	75	93,2	380	1000	0,93
9	Ochuvchi moslama	5	A02	2,2	80,6	380	1000	0,82
10	Yuklovchi moslama	3	A02	2,2	80,6	380	1000	0,82
11	Chiqindi lentasi	6	AP	4,5	82,5	380	1500	0,74
12	Tola tozalovchi dastgoh	6	A2	13	89,6	380	1500	0,88
13	Aralashtiruvchi dastgoh	10	AP	10	86	380	1000	0,81
14	Urug' ventilyatori	2	AP	37	91,2	380	1000	0,87
15	Ajratuvchi dastgoh	14	A02	3	84,2	380	1000	0,84
16	Tarovchi dasgoh	6	A02	3	84,2	380	1000	0,84
17	Tekislovchi dastgoh	6	A02	7,5	88,3	380	1000	0,84
18	Separator	6	A02	7,5	88,3	380	1000	0,84
19	So'ruvchi moslama	4	A02	55	92,6	380	1000	0,93
20	Ventilyator	8	A02	30	91,7	380	1500	0,89
21	Elevator	2	A2	7,5	85,8	380	1500	0,82

Tola kondensordagi A02 tipidagi elektr motordagi umumiy isroflarni aniqlaymiz. Bunda motorning texnik ko'rchatkichlari quyidagicha bo'ladi:

$P_n=7,5 \text{ kW}$, $\cos\varphi=0,84$, $k_e=0,13$, motor bir yil ichida $t=7500$ soatga ishlagan, $\eta=0,883$;

Aktiv quvvat iste'moli quyidagi miqdorni tashkil etadi.

$$P_a = \frac{P}{\eta} = \frac{7,5}{0,883} = 8,49 \text{ kW};$$

Reaktiv quvvat iste'moli:

$$Q = \frac{P}{\eta} \tan \varphi = 7,5(0,65 / 0,883) = 5,49 \text{ kVar};$$

Aktiv quvvatning umumiy qiymati:

$$P_{\Sigma} = k \cdot Q + P = 0,13 \cdot 5,49 + 8,49 = 9,21 \text{ kW}.$$

Bu yerda k -har bir kVar reaktiv quvvatga to'g'ri keladigan aktiv quvvat isrofi, kW/kVar.

Tola kondensordagi elektr motorda bir yilda iste'mol qilingan elektr energiyasi:

$$W_e = P_{\Sigma} \cdot t = 9,20 \cdot 7500 = 69053 \text{ kW soat/yil}.$$

Korxonada bunday mexanizmlar soni 8 ta ekanligini hisobga olsak ulardagi aktiv quvvat isrofi 73,6 kW va energiya isrofi 552464 kW soatni tashkil qiladi.

Qolgan ishlab chiqarish mexanizmlari uchun ham hisoblashlarni shu tarzda «Microsoft Office Exsel» dasturida bajaramiz.

Mazkur amallarni «Microsoft Office Exsel» dasturida bajarish maqsadga muvofiq. Bunga dasturning quyidagi qulayliklaridan foydalanish mumkin:

1. Ko'p hajmdagi ma'lumotlarni jamlash, saqlash, o'zaro bog'lash va qayta ishlash imkoniyati;

2. Ma'lumotlarni saralab qulay ko'rinishda chiqarish va murakkab matematik hisoblashlarni dasturlash imkoniyati;

3. Avtomatik hisobot tayyorlash va «Microsoft Office» tarkibiga kiruvchi barcha dasturlar bilan bog'lanish imkoniyati.

Microsoft Excel 2014 interface showing a table of electrical equipment data.

№	Ишлаб чиқариш механизми	ΔP кВт	ΔQ кВар	k_e -	Δt соат	P_{Σ} кВт	W_e кВт с
1	Тола конденсори	8,49	5,49	0,13	7500	9,21	69053
2	Бурувчи мослама	4,68	3,27	0,13	7500	5,10	38272
3	Силжигувчи дастгоҳ	1,44	1,27	0,13	7500	1,60	12036
4	Зигловчи дастгоҳ	40,57	22,99	0,13	7500	43,56	326694
5	Линтерлаш дастгоҳи	5,45	4,96	0,13	7500	6,10	45743
6	Жинлаш дастгоҳи	80,30	36,59	0,13	7500	85,06	637919
7	Ҳаракатлантирувчи лента	8,49	5,49	0,13	7500	9,21	69053
8	Насос қурилмалари	80,47	31,80	0,13	4500	84,61	380730
9	Очувчи мослама	2,73	1,91	0,13	1800	2,98	5359
10	Юкловчи мослама	2,73	1,91	0,13	2500	2,98	7443
11	Чикинди лентаси	5,45	4,96	0,13	7500	6,10	45743
12	Тола тозаловчи дастгоҳ	14,51	7,83	0,13	7500	15,53	116452
13	Аралаштирувчи дастгоҳ	11,63	8,42	0,13	7500	12,72	95417
14	Уруғ вентилятор	40,57	22,99	0,13	6000	43,56	261355
15	Ажратувчи дастгоҳ	3,56	2,30	0,13	5500	3,86	21242
16	Таровчи дастгоҳ	3,56	2,30	0,13	7500	3,86	28966
17	Текисловчи дастгоҳ	8,49	5,49	0,13	7500	9,21	69053
18	Сепаратор	8,49	5,49	0,13	4500	9,21	41432
19	Сўрувчи мослама	59,40	23,47	0,13	7500	62,45	468352
20	Вентилятор	32,72	16,76	0,13	4000	34,89	139577
21	Элеватор	8,74	6,10	0,13	5200	9,53	49579

3.2.2-rasm. Korxonadagi ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr motorlari iste'mol qiladigan aktiv quvvat va elektr energiyasi

Максимум

бэкзод-2014

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Вставить Буфер обмена Шрифт Выравнивание

Calibri 11

Ж К Ч

Перенос текста Объединить и поместить в центре

K57

Верхний колонтитул

№	Ишлаб чиқариш механизми	Сони	P_{Σ} кВт	W_{Σ} кВт с
1	Тола конденсори	8	73,66	552420
2	Бурувчи мослама	4	20,41	153086
3	Силжитувчи дастгоҳ	3	4,81	36109
4	Зичловчи дастгоҳ	5	217,80	1633468
5	Линтерлаш дастгоҳи	28	170,77	1280802
6	Жинлаш дастгоҳи	24	2041,34	15310066
7	Ҳаракатлантирувчи лента	4	36,83	276210
8	Насос қурилмалари	12	1015,28	4568762
9	Очувчи мослама	5	14,89	26795
10	Юкловчи мослама	3	8,93	22329
11	Чикинди лентаси	6	36,59	274458
12	Тола тозаловчи дастгоҳ	6	93,16	698714
13	Аралаштирувчи дастгоҳ	10	127,22	954173
14	Уруғ вентилятор	2	87,12	522710
15	Ажратувчи дастгоҳ	14	54,07	297384
16	Таровчи дастгоҳ	6	23,17	173796
17	Текисловчи дастгоҳ	6	55,24	414315
18	Сепаратор	6	55,24	248589
19	Сўрувчи мослама	4	249,79	1873408
20	Вентилятор	8	279,15	1116616
21	Элеватор	2	19,07	99158
			4684,55	30533370

3.2.3-рasm. Korxonadagi ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr motorlari iste'mol qilgan umumiy aktiv quvvat va elektr energiyasi

Elektr mexanik tizimlarda energiya tejamkorlik

Quyidagi jadvalda korxonadagi sanoat mexanizmlari uchun qo'llaniladigan yangi seriyadagi asinxron motorlarning pasport parametrlarini kiritamiz.

3.2.2-jadval

№	Ishlab chiqarish mexanizmi	Soni	Tipi	P_H kW	η_H %	U_H kV	n_H ayl/ min	$\cos \varphi$ -
1	Tola kondensori	8	DSOR	7,5	89,4	380	1000	0,855
2	Buruvchi moslama	4	DSOR	4	88,7	380	1000	0,845
3	Siljituvchi dastgoh	3	DSOR	1,1	81,5	380	1000	0,84
4	Zichlovchi dastgoh	5	DKOK	37	93,0	380	1000	0,895
5	Linterlash dastgohi	28	DSOR	4,5	88,7	380	1500	0,845
6	Jinlash dastgohi	24	DKOK	75	94,0	380	730	0,925
7	Harakatlantiruvchi lenta	4	DSOR	7,5	89,4	380	1000	0,855
8	Nasos qurilmalari	12	DKOK	75	94,0	380	730	0,925
9	Ochuvchi moslama	5	DSOR	2,2	82,8	380	1000	0,835
10	Yuklovchi moslama	3	DSOR	2,2	82,8	380	1000	0,835
11	Chiqindi lentasi	6	DSOR	4,5	88,7	380	1500	0,845
12	Tola tozalovchi dastgoh	6	DKOK	13	91	380	1500	0,88
13	Aralashtiruvchi dastgoh	10	DKOK	10	90	380	1000	0,86
14	Urug' ventilyatori	2	DKOK	37	93,0	380	1000	0,895
15	Ajraturuvchi dastgoh	14	DSOR	3	85	380	1000	0,84
16	Tarovchi dasgoh	6	DSOR	3	85	380	1000	0,84
17	Tekislovchi dastgoh	6	DSOR	7,5	89,4	380	1000	0,855
18	Separator	6	DSOR	7,5	89,4	380	1000	0,855
19	So'ruvchi moslama	4	DKOK	55	94,2	380	1000	0,93
20	Ventilyator	8	DKOK	30	92,7	380	1500	0,895
21	Elevator	2	DSOR	7,5	89,4	380	1000	0,855

Korxonadagi ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr motorlari modernizatsiya qilingandan keyingi iste'mol qilingan energiyani quyidagi tartibda hisoblaymiz.

Tola kondensoridagi Germaniyaning Helmke firmasida ishlab chiqarilgan DSOR tipidagi uch fazali asinxron elektr motordagi umumiy isroflarni aniqlaymiz. Bunda motorning texnik ko'rchatkichlari quyidagicha bo'ladi: $P_n=7,5$ kW, $\cos\varphi=0,855$, $k_e=0,13$, motor bir yil ichida $\Delta t=7500$ soatga ishlagan, $\eta=0,894$;

Aktiv quvvat iste'moli quyidagi miqdorni tashkil etadi.

$$P_a = \frac{P}{\eta} = \frac{7,5}{0,894} = 8,39 \text{ kW};$$

Reaktiv quvvat iste'moli:

$$Q = \frac{P}{\eta} \tan\varphi = 7,5(0,61/0,894) = 5,09 \text{ kVar};$$

Aktiv quvvatning umumiy iste'moli:

$$P_{\Sigma} = k \cdot Q + P = 0,13 \cdot 5,09 + 8,39 = 9,05 \text{ kW}.$$

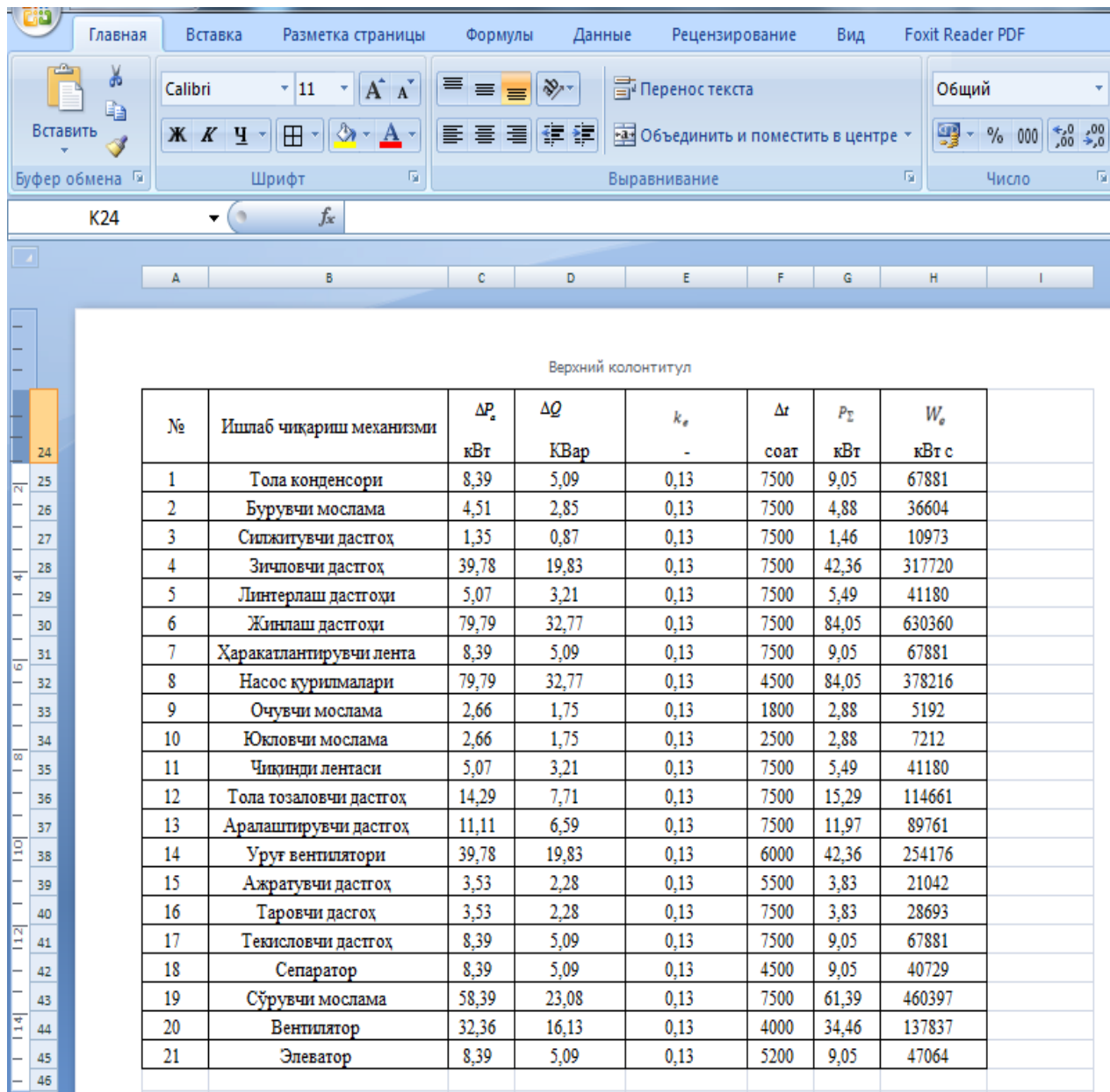
Bu yerda k -har bir kVar reaktiv quvvatga to'g'ri keladigan aktiv quvvat isrofi, kW/kVar.

Tola kondensoridagi elektr motorda bir yilda iste'mol qilingan elektr energiyasi:

$$W_e = P_{\Sigma} \cdot t = 9,05 \cdot 7500 = 67881 \text{ kW soat/yil}.$$

Korxonada bunday mexanizmlar soni 8 ta ekanligini hisobga olsak ulardagi aktiv quvvat isrofi 72,41 kW va energiya isrofi 543048 kW soatni tashkil qiladi.

Qolgan ishlab chiqarish mexanizmlari uchun ham hisoblashlarni shu tarzda «Microsoft Office Exsel» dasturida bajaramiz.



Верхний колонтитул

№	Ишлаб чиқариш механизми	ΔP кВт	ΔQ кВар	k -	Δt соат	P кВт	W кВт с
1	Тола конденсори	8,39	5,09	0,13	7500	9,05	67881
2	Бурувчи мослама	4,51	2,85	0,13	7500	4,88	36604
3	Силжитувчи дастгоҳ	1,35	0,87	0,13	7500	1,46	10973
4	Зичловчи дастгоҳ	39,78	19,83	0,13	7500	42,36	317720
5	Линтерлаш дастгоҳи	5,07	3,21	0,13	7500	5,49	41180
6	Жинлаш дастгоҳи	79,79	32,77	0,13	7500	84,05	630360
7	Харакатлантирувчи лента	8,39	5,09	0,13	7500	9,05	67881
8	Насос қурилмалари	79,79	32,77	0,13	4500	84,05	378216
9	Очувчи мослама	2,66	1,75	0,13	1800	2,88	5192
10	Юкловчи мослама	2,66	1,75	0,13	2500	2,88	7212
11	Чикинди лентаси	5,07	3,21	0,13	7500	5,49	41180
12	Тола тозаловчи дастгоҳ	14,29	7,71	0,13	7500	15,29	114661
13	Аралаштирувчи дастгоҳ	11,11	6,59	0,13	7500	11,97	89761
14	Уруғ вентилятор	39,78	19,83	0,13	6000	42,36	254176
15	Ажратувчи дастгоҳ	3,53	2,28	0,13	5500	3,83	21042
16	Таровчи дастгоҳ	3,53	2,28	0,13	7500	3,83	28693
17	Текисловчи дастгоҳ	8,39	5,09	0,13	7500	9,05	67881
18	Сепаратор	8,39	5,09	0,13	4500	9,05	40729
19	Сўрувчи мослама	58,39	23,08	0,13	7500	61,39	460397
20	Вентилятор	32,36	16,13	0,13	4000	34,46	137837
21	Элеватор	8,39	5,09	0,13	5200	9,05	47064

3.2.4-rasm. Korxonadagi ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr motorlarini almashtirgandan so'ng iste'mol qilgan aktiv quvvat va elektr energiyasi

Верхний колонтитул

№	Ишлаб чиқариш механизми	Сони	P_t кВт	W_t кВт с
1	Тола конденсори	8	72,41	543048
2	Бурувчи мослама	4	19,52	146418
3	Силжитувчи дастгоҳ	3	4,39	32918
4	Зичловчи дастгоҳ	5	211,81	1588601
5	Линтерлаш дастгоҳи	28	153,74	1153040
6	Жинлаш дастгоҳи	24	2017,15	15128628
7	Ҳаракатлантирувчи лента	4	36,20	271524
8	Насос қурилмалари	12	1008,58	4538588
9	Очувчи мослама	5	14,42	25962
10	Юқловчи мослама	3	8,65	21635
11	Чикинди лентаси	6	32,94	247080
12	Тола тозаловчи дастгоҳ	6	91,73	687964
13	Аралаштирувчи дастгоҳ	10	119,68	897615
14	Уруғ вентилятор	2	84,73	508352
15	Ажратувчи дастгоҳ	14	53,56	294585
16	Таровчи дастгоҳ	6	22,95	172160
17	Текисловчи дастгоҳ	6	54,30	407286
18	Сепаратор	6	54,30	244372
19	Сўрувчи мослама	4	245,55	1841588
20	Вентилятор	8	275,67	1102697
21	Элеватор	2	18,10	94128
			4600,40	29948190

3.2.5-rasm. Korxonadagi ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr motorlarini almashtirgandan so'ng iste'mol qilgan aktiv quvvat va elektr energiyasi

Demak korxonada sanoat mexanizmlari uchun xorijiy firmalarda ishlab chiqarilayotgan yangi seriyadagi asinxron motorlardan foydalansak, korxona iste'mol qilayotgan aktiv quvvat miqdori 84,15 kW ga hamda iste'mol qilayotgan elektr energiya 585180 kW soat ga kamayadi.

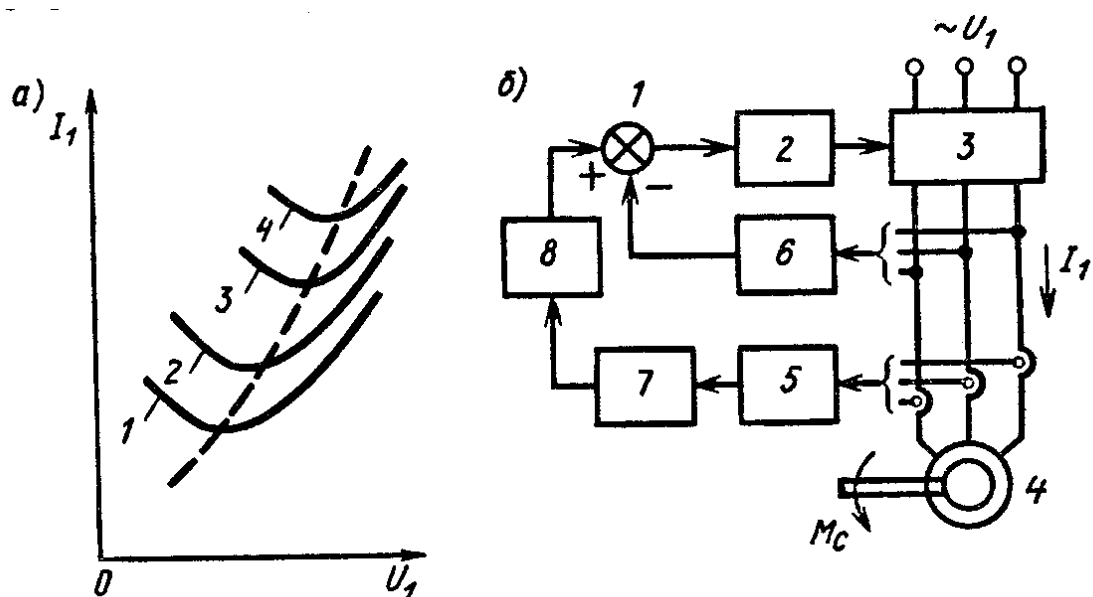
3.3. Asinxron motorlarni elektr energiyani minimal yo'qotish bo'yicha boshqarish

Kam yuklangan AM ning foydali ish koeffisienti va quvvat koeffisienti kichik bo'ladi va u asinxron elektr yuritma ishidagi iqtisodiy ko'rsatkichlarni yomonlashtiradi.

AM statoridagi kuchlanishni rostlash valdagi yuklama o'zgarganda, uning ishlashini eng tejamlor rejimini ta'minlash imkoniyatini beradi. Asinxron elektr yuritmalarni keng tarmoqli ishlab chiqarishdagi sonini ko'pligi hisobga olinsa, unda quvvat isroflarini minimallashtirish maqsadida kuchlanishni rostlashdan olinadigan samara juda sezilarli bo'lishi mumkin.

AM olayotgan tok va shu bilan birga undagi elektr energiyasini yo'qotishni minimallashtiruvchi shunday elektr yuritmani qurish prinsipini ko'rib chiqamiz [13,15].

Stator toki I_1 ni, turli yuklama momentlari M_s dagi kuchlanish U_1 bilan bog'liqligini ta'lil qilamiz (3.3.1,a-rasm).



3.3.1-rasm. AM stator tokini kuchlanishga bog'liqlik grafiklari(a) va tokni minimal iste'mol qiluvchi asinxron elektr yuritma sxemasi(b)

3.3.1-rasmdagi 1-4 egri chiziqlardan ko'rinadiki, AD ning 'ar bir yuklamasi uchun ($M_{s1} < M_{s2} < M_{s3} < M_{s4}$), motorda tarmoqdagi olinayotgan tok minimal bo'lgan kuchlanish qiymatlari bor bo'ladi. Har bir yuklama uchun minimal tok nuqtalaridan o'tkazilgan shtrixli chiziq (3.3.1,a-rasmga qarang), tok funksiyasidagi kuchlanishni rostlash qonunini aniqlaydi. Ushbu qonunni amalga oshirish natijasida har qanday yuklama momenti M_{si} da tarmoqdan imkon darajasidagi minimal tok olinadi.

Motor tomonidan olinayotgan tokni minimallashtiruvchi elektr yuritma sxemasi 3.3.1,b-rasmda keltirilgan. Uning tarkibiga motor 4, kuchlanish rostlagichi (regulyatori) 3, impuls-fazaviy boshqarish tizimi 2, tok 5 va kuchlanish 6 datchiklari, funksional o'zgartkich 7 va inersion zveno 8 lar kiradi.

Elektr yuritmaning talab qilinayotgan boshqarish qonuni tok bo'yicha musbat teskari aloqa orqali amalga oshiriladi. Uch fazaviy datchik 5 tokka proporsional bo'lgan signal ishlab chiqaradi. Signal funksional o'zgartkich 7 kirishiga beriladi va u AM dagi kuchlanish va uning validagi yuklama momenti o'rtasidagi talab qilinayotgan bog'lanishni ta'minlaydi (3.3.1,a-rasmdagi shtrixli chiziq). Tizimda inersion zveno 8 dan ham foydalaniladi, u kuchlanish bo'yicha qo'shimcha manfiy teskari aloqani amalga oshiradi hamda uning yordamida o'tish jarayonlarining kerakli sifati ta'minlanadi.

Nazariy hisoblar va eksperimental ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, kuchlanish rostlagichi 3 dan foydalanish, elektr energiyasining isroflarini bir necha foizga kamaytiradi, bu keng qo'llaniladigan asinxron elektr yuritmalar uchun katta iqtisodiy samara olish imkoniyatini beradi.

3.4. O'zgaruvchan tok elektr yuritma tezligini chastotasini o'zgartirish orqali rostlash tizimlari

3.4.1. Asinxron motorli elektr yuritma tezligini U/f rostlash usuli

U/f rostlashda kuchlanish va tok skalyar kattalik sifatida qaraladi, ya'ni ushbu kattaliklarning modullaridan foydalaniladi. U/f rostlashda mexanik xarakteristikaning shakli, chastota va motor statoridagi kuchlanish qiymati o'zaro qanday nisbatda ekanligi bilan aniqlanadi. Shunday qilib, chastota va kuchlanishni ikki boshqaruvchi ta'sir deb qarash mumkin va ular odatda birgalikda rostlanadi. Faqatgina chastota mustaqqil ta'sir etuvchi sifatida qaraladi. Berilgan chastotada kuchlanishning qiymati esa chastotaning o'zgarishida elektr yuritma mexanik xarakteristikasining shakli qanday o'zgarishi kerakligidan kelib chiqqan holda aniqlanadi, ya'ni eng birinchi navbatda kuchlanishning qiymati, kritik momentning chastotaga bog'liq ravishda qanday o'zgarishi bilan aniqlanadi. Asinxron motorli elektr yuritmaning tezligini rostlashning bunday usuli chastotaviy rostlash deb ataladi, bunda kuchlanish va chastotaning moslanish xarakteri esa chastotaviy rostlash qonuniyati deb ataladi. Bu qonuniyat u yoki bu konkret ob'ektga mo'ljallangan elektr yuritmaga qo'yiladigan talablar asosida aniqlanadi [10,13,14].

Ko'pgina holatlarda rostlash qonuniyati deganda keng diapazonidagi tezlikni rostlash motor o'ta yuklanish xususiyatining doimiysi λ orqali amalga oshirilishi tushuniladi:

$$\lambda = \frac{M_{\max \text{ rux.e}}}{M_n},$$

bu yerda $M_{\max \text{ rux.e}}$ –motorning ishlash sharti bo'yicha ruxsat etilgan maksimal moment; M_n –nomminal moment.

M_n nominal momentli asinxron motor uchun ushbu talab chastotaning o'zgarishi bilan tezlikni rostlashning barcha diapazonlarida kritik momentni o'zgarmas saqlab turish zaruriyatiga olib kelinadi.

Bunday rostdash qonuniyatini tadbqiq qilish uchun ko'pincha $U/f = const$ nisbatni yoki, xuddi shuning o'zi $U_1/\bar{\omega}_0 = const$ nisbatni ta'minlash kerak bo'ladi. Biroq ushbu nisbatlarning o'zgarmas turishini faqatgina stator cho'lg'amlaridagi aktiv qarshilikni hisobga olmaslik bilan ta'minlash mumkin va $R_1 = 0$ deb ko'rsatamiz. Unda motor momenti uchun yozilgan ifoda qo'yidagi ko'rinishga keladi:

$$M_d = 3 \frac{r_p k_1^2}{\omega_{0el.n}} \frac{R_2/\bar{\omega}_p}{(R_2/\bar{\omega}_p)^2 + (\sigma x_2)^2} \frac{U_1^2}{\bar{\omega}_0^2}, \quad (3.4.1)$$

bu yerda $k_1 = x_m/x_1 = L_m/L_1$.

Ushbu ifodani ekstremumlarini aniqlash orqali rotorning kritik chastatosini topish mumkin:

$$\bar{\omega}_{p.kr.} = \pm \frac{R_2}{\sigma x_2}.$$

Bu qiymatni motor momenti uchun yozilgan ifodaga qo'yib, kritik momentni ifodalaydigan formulaga ega bo'lishimiz mumkin:

$$M_{kr} = \pm \frac{3}{2} \frac{r_p k_1^2}{\omega_{0el.n} \sigma x_2} \frac{U_1^2}{\bar{\omega}_0^2}, \quad (3.4.2)$$

Ushbu ifodadan kelib chiqadiki, $U_1/\bar{\omega}_0 = const$ bo'lganda kritik moment chastotaga bog'liq bo'lmay o'zgarmas qoladi. Bu shuni anglatadiki, agar stator cho'lg'amidagi aktiv qarshilikni nolga teng deb qabul qilingan faraz o'rinli bo'lsa, unda chastotaviy rostdashda kritik momentni o'zgarmas saqlash uchun stator cho'lg'amidagi kuchlanishni chastotaga proporsional ravishda o'zgartiish kerak bo'ladi.

Real holatda motor stator cho'lg'amidagi aktiv qarshilik nolga teng bo'lmaydi. Shunga qaramay $R_1 \approx 0$ degan faraz katta quvvatli motorlarning xarakteristiklari qaralayotganda o'rinli bo'lishi mumkin. Bu shu bilan tushuntiriladiki, katta quvvatli motorlarning stator cho'lg'amlarida o'ralgan o'tkazgichlarning ko'ndalang kesim yuzi katta va mos holatda cho'lg'amning omik qarshiligi uning induktiv qarshiligiga qaraganda kichikroq qiymatga ega

bo'ladi. Agar o'rta va kichik quvvatli motor qaralayotgan bo'lsa, unda stator cho'lg'amidagi aktiv qarshilikni hisobga olmaslik, chastotaning o'zgarishi bilan kritik moment qiymatining o'zgarmas turish talabi bajarilmasligigiga olib keladi. Mos ravishda, kuchlanish chastotaga proporsional o'zgaradigan chastotaviy rostlash qonuniyati umuman olganda kritik momentni chastotga bog'liq emasligini ta'minlamaydi.

Shunga qaramay, T-simon almashtirish sxemasidan stator chulg'amidagi aktiv qarshilikni hisobga olmaganda U_1 kuchlanish aktiv qarshilikdagi kuchlanishga E_a teng bo'ladi. Bundan, agarda statordagi kuchlanish U_1 ni statorning aktiv qarshiligidagi kuchlanish E_a ga almashtirsak, $R_1 \neq 0$ bo'lgan holda ham (3.4.1) va (3.4.2) formulalarni qo'llash mumkinligi kelib chiqadi va bu formulalarni quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$M_d = 3 \frac{r_p k_1^2}{\omega_{0el.n}} \frac{R_2 / \bar{\omega}_p}{(R_2 / \bar{\omega}_p)^2 + (\sigma x_2)^2} \left(\frac{E_a}{\bar{\omega}_0} \right)^2 ; \quad (3.4.3)$$

$$M_{kr} = \pm \frac{3}{2} \frac{r_p k_1^2}{\omega_{0el.n}} \frac{1}{\sigma x_2} \left(\frac{E_a}{\bar{\omega}_0} \right)^2 .$$

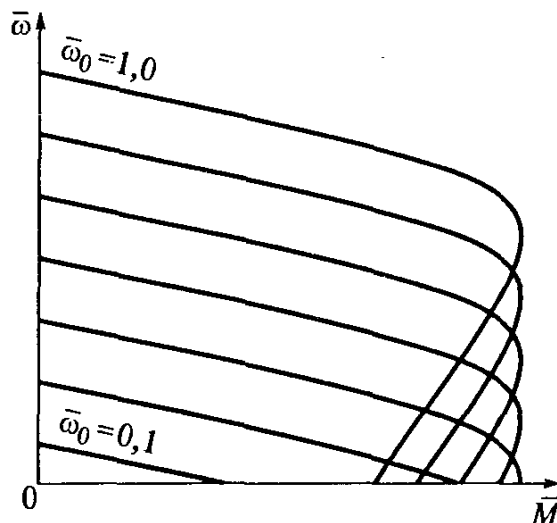
Shunday qilib, umumiy holda chastotaviy rostlashda motorning o'ta yuklanish xususiyatini ta'minlash uchun chastotaviy rostlash qonuniyati quyidagi ko'rinishda bajarilishi kerak:

$$E_a / \bar{\omega}_0 = const. \quad (3.4.4)$$

(3.4.3) formuladan ko'rinib turibdiki, bu holda motorning momenti ta'minot kuchlanishi chastotasining qiymatiga bog'liq bo'lmay, faqatgina rotor chastotasiga bog'liq bo'ladi. Mexanik xarakteristikaning ko'rinishi 3.4.1-rasmda ko'rsatilgan. $\bar{\omega}_0$ chastota faqatgina mexanik xarakteristikaning absissa o'qiga nisbatan balandligi bo'yicha aniqlanadi.

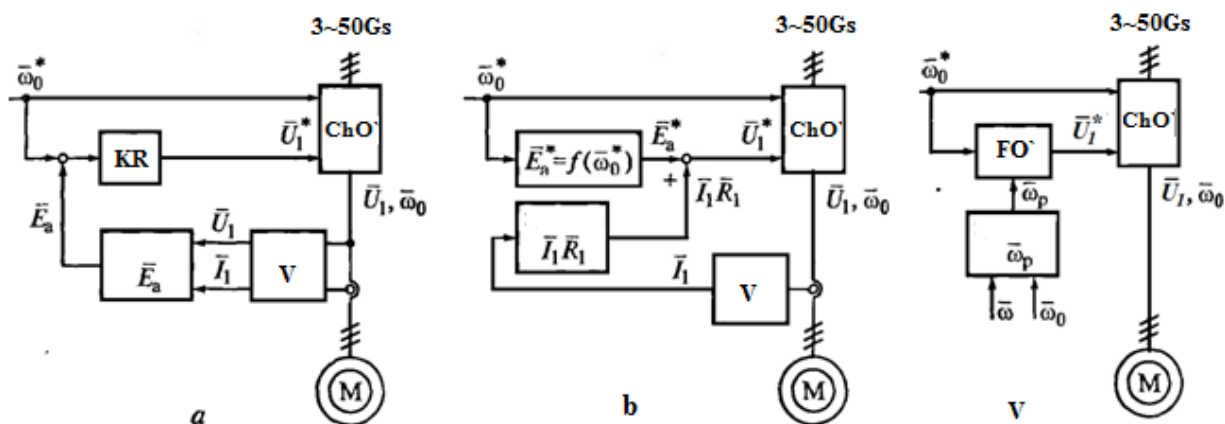
Chastotaviy rostlash qonuniyatini ta'minlash uchun (3.4.4) ifoda bilan aniqlanadigan stator cho'lg'amlaridagi kuchlanishni E_a ga nisbatan stator cho'lg'amidagi kuchlanish tushuvining qiymati $I_1 R_1$ gacha oshirish kerak bo'ladi. Barcha o'zgaruvchan kattaliklar nisbiy birliklarda qaralayotgan 3.4.2-

rasmda $E_a/\bar{\omega}_0 = \text{const}$ rostlash qonuniyati tadbqiqining imkoniyatlarini tushuntirib beruvchi soddalashtirilgan funksional sxemalarining uch varianti keltirilgan. Har bir sxemada asinxron motor M ta'minotni chastota o'zgartirgichdan oladi. Chastota o'zgartirgich (ChO') dagi kiruvchi signallar nisbiy birliklarda tasvirlangan chastotani beruvchi signal $\bar{\omega}_1^*$ va kuchlanishni beruvchi signal $\bar{U}_1^*$ lar hisoblanadi.



3.4.1-rasm. Asinxron motorli elektr yuritmaning $E_a/\bar{\omega}_0 = \text{const}$ chastotaviy rostlash qonuniyatidagi mexanik xarakteristikasi

Birinchi variantda (3.4.2a rasm) to'g'rilagich V yordamida to'g'rilangan statordagi kuchlanish $\bar{U}_1$ va statordagi tok $\bar{I}_1$ qiymatlari bo'yicha $\bar{E}_a = \bar{U}_1 - \bar{I}_1 \bar{R}_1$ sifatida aktiv qarshilikdagi kuchlanishning qiymati hisoblanadi ($\bar{R}_1$ – nisbiy birliklardagi stator cho'lg'aming qarshiligi) va kuchlanish rostlagich (KR) bilan ushbu qiymatni rostlashning yopiq konturi quriladi. $\bar{E}_a$ bo'yicha kontur yopiq bo'lganligi uchun uning kirishidagi signal beriluvchi chastota signali $\bar{\omega}_1^*$ ga proporsional ravishda berilishi kerak. Chastota o'zgartirgich kirishidagi beriluvchi kuchlanish signali $\bar{U}_1^*$ rostlagich chiqishidagi kuchlanish signali hisoblanadi. Rostlagich chiqishidagi ushbu kuchlanish signali statorga shunday kuchlanishni beradiki, bunda stator aktiv qarshilikdagi kuchlanish chastotaga proporsional bo'ladi.



3.4.2-rasm. $\bar{E}_a/\bar{\omega}_0 = const$ rostlash qonuniyati tadbqiqining usullari: a- $\bar{E}_a$ ni hisoblash bo'yicha sxema; b- IR –kompensatsiya rejimi bo'yicha sxema; v- rotor EYK chastotasini hisoblash bo'yicha sxema

Ikkinchi holatda (3.4.2b rasm.) statordagi beriluvchi signal $\bar{U}_1^* = \bar{E}_1^* - \bar{I}_1 \bar{R}_1$ bevosita stator aktiv qarshiligidagi kuchlanishning beriluvchi qiymati va stator cho'lg'aminging aktiv qarshiligidagi kuchlanish tushuviga proporsional qiymatlar yig'indisi sifatida shakllanadi. Ushbu tenglamaning o'ng tomonidagi ikkinchi qo'shiluvchi, stator cho'lg'ami aktiv qarshiligi $\bar{R}_1$ ning berilgan qiymatida to'g'rilangan va o'lchangan stator toki $\bar{I}_1$ bo'yicha aniqlanadi. Zamonaviy o'zgartirgichlarda stator cho'lg'aminging aktiv qarshiligi $\bar{R}_1$ yuritmani birinchi ishga turishganda avtomatik tarzda o'lchanadi. Rostlash qonuniyati tadbqiqining bunday usuli IR –kompensatsiya deb nom olgan. $\bar{E}_a = f(\bar{\omega}_0^*)$ blokning mavjudligi aktiv qarshilikdagi kuchlanishning chastotaga turli xil bog'lanishlarini olish imkoniyatini beradi.

3.4.2,v rasmda ko'rsatilgan variantda kuchlanishning beriluvchi signali funksional o'zgartirgich (FO') orqali rotor chastotasiga bog'liq ravishda shunday hisoblanadiki, bunda $\bar{E}_a$ kuchlanish berilgan chastotaga proporsional ravishda o'zgarsin. Rotor chastotasining qiymati esa o'zgartirgich chiqishidagi kuchlanishning burchak chastotasi $\bar{\omega}_{0el}^*$ va motorning burchak tezligi $\bar{\omega}$ orqali hisoblanadi.

Qaralayotgan chastotaviy rostlash qonuniyatida oqimning o'zgarish xarakterini aniqlash uchun $\dot{U}_1 - R_1 \dot{I}_1 = \dot{E}_a$ ni, ikkinchi tenglamadan esa

$s = \bar{\omega}_p / \bar{\omega}_0 = \bar{\omega}_p \bar{\omega}_{0el.n} / \bar{\omega}_0$ ekanligini hisobga olib $\dot{I}_2$ topamiz. Shuningdek, ifodaning oxirgi ikki tenglamalarini o'ng va chap qismlarini $\omega_{0el} = \bar{\omega}_0 \omega_{0el.n}$ ga ko'paytirib ifodasidagi induktivlik o'rniga induktiv qarshilikni kiritamiz. U holda tenglamalar tizimi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\begin{aligned}\dot{E}_1 &= j\bar{\omega}_0 \omega_{0el.n} \dot{\Psi}_1; \\ \dot{I}_2 &= -j \frac{\omega_{0el.n}}{R_2} \dot{\Psi}_2 \bar{\omega}_p; \quad (6.11)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\omega_{0el.n} \dot{\Psi}_1 &= x_1 \dot{I}_1 + x_m \dot{I}_2; \\ \omega_{0el.n} \dot{\Psi}_2 &= x_m \dot{I}_1 + x_2 \dot{I}_2.\end{aligned}$$

Ushbu tenglamalar tizimining birinchi ifodasidan ko'rinib turibdiki, (3.4.3) rostdlash qonuniyati bajarilganda statorning oqim ilashuvi

$$\dot{\Psi}_1 = E_a / (\bar{\omega}_0 \omega_{0el.n}) \quad (3.4.5)$$

barqarorlashgan rejimda ta'minot manbasi kuchlanishi chastotasi $\bar{\omega}_0$ va rotor chastotasi $\bar{\omega}_p$ ga, ya'ni motor yuklamasiga bog'liq bo'lmay o'zgarmas qoladi. Bu holatda rotor oqim ilashuvi qanday o'zgarishini aniqlaymiz. Buning uchun (3.4.4) tenglamalar tizimining oxirgi ikki ifodasini $\dot{I}_1$ ga nisbatan yechib uning qiymatini tenglamalar tizimining ikkinchi ifodasiga qo'yamiz va ba'zi bir almashtirishlardan so'ng rotor oqim ilashuvi moduli uchun ifodaga ega bo'lamiz:

$$\dot{\Psi}_2 = \frac{k_1 \dot{\Psi}_1}{\sqrt{[1 + (\sigma x_2 / R_2)^2 \bar{\omega}_r^2]}}. \quad (3.4.6)$$

Shunday qilib, $E_a / \bar{\omega}_0 = \text{const}$ bo'lganda rotor oqim ilashuvining qiymati stator kuchlanishi chastotasiga bog'liq bo'lmaydi va rotor EYuK nisbiy chastotasi bilan aniqlanib uning oshishi bilan, ya'ni yuklamaning oshishi bilan kamayadi.

Qaralayotgan chastotaviy rostdlash qonuniyati orqali elektr yuritmaning mexanik xarakteristikasi uchun ixcham ifodaga ega bo'lishimiz mumkin.

Motorning elektromagnit quvvati P_{em} va elektromagnit momenti M_d quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:

$$P_{em} = \frac{3I_2^2 R_2 \bar{\omega}_0}{\bar{\omega}_p}; \quad M_d = \frac{P_{em} r_p}{\omega_{0el.n} \bar{\omega}_0}.$$

P_{em} uchun yozilgan ifodaga (6.11) tenglamalar tizimidan $\dot{I}_2$ tok modulini qo'yib, elektromagnit moment uchun yozilgan ifodani quyidagi ko'rinishda olishimiz mumkin:

$$M_d = 3 \frac{\omega_{0el.n} r_p}{R_2} \bar{\omega}_p \psi_2^2.$$

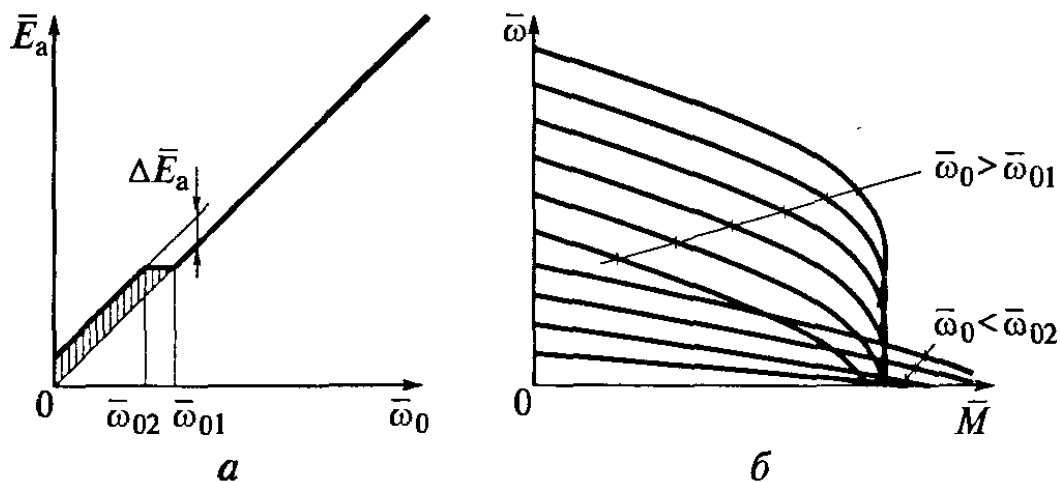
Bundan rotor nisbiy chastotasini aniqlab va $\bar{\omega}_p = \bar{\omega}_0 - \bar{\omega} = (\omega_{0el} - r_p \omega) / \omega_{0el.n}$ ekanligini hisobga olsak, asinxron motorning mexanik xarakteristikasi uchun ifodaga ega bo'lishimiz mumkin:

$$\omega = \frac{\omega_{0el}}{r_p} - \frac{M_d R_2}{3 r_p^2 \psi_2^2}.$$

Bu formula shunisi bilan qiziqqi, u mustaqqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining mexanik xarakteristikasi uchun yozilgan formula bilan tuzilishi jihatidan bir xil. Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi: agar barqarorlashgan rejimda rotor oqim ilashuvining o'zgarmasligi ta'minlanadigan boshqaruv tizimini tashkil qilsak, unda asinxron motor mexanik xarakteristikasining ko'rinishi xuddi mustaqqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining mexanik xarakteristikasining ko'rinishi kabi bo'ladi.

$E_a / \bar{\omega}_0 = const$ rostlash qonuniyatining asosiy kamchiliklardan biri motorning past chastotalarda ishlash imkoniyatining chegaralanganligidir. 3.4.1-rasmda keltirilgan xarakteristikalarda manba chastotasining taxminan 10 marta kamaygan holida yuklama momentning kritik momentdan yetarlicha kichik qiymatlarida mexanik xarakteristikaning ishchi qismi qattiqligining chegaralanganligi bois motor to'xtaydi. Past chastotali qism qattiqligining ko'paytirishni, $\bar{E}_a$ kuchlanishning qiymatni, uning kritik momentning o'zgarmasligini ta'minlovchi qiymatiga nisbatan ko'tarish orqali amalga oshirish mumkin. Buni 3.4.3,a rasmdan ko'rishimiz mumkin. Unda

o'qlar bo'yicha qo'yilgan chastota va statorning aktiv qarshiligidagi kuchlanish nisbiy birliklarda keltirilgan. $\bar{E}_a$ kuchlanish $\bar{\omega}_0 \geq \bar{\omega}_{01}$ bo'lganda chastotaga proporsional ravishda o'zgaradi, chastotaning $\bar{\omega}_{01}$ dan $\bar{\omega}_{02}$ gacha bo'lgan qismida o'zgarmas qoladi, $\bar{\omega}_0 < \bar{\omega}_{02}$ bo'lganda esa $\bar{E}_a = \bar{\omega}_0 + \Delta\bar{E}_a$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Bu esa tezlikning kichik qiymatlarida kritik momentning oshishiga olib keladi, shuningdek rotorning kritik chastotasi $\bar{\omega}_{r.kr} = \pm R_2/\sigma x_2$ kuchlanishga bog'liq bo'lmaganligi bois mexanik xarakteristikaning qattiqligini oshishiga va tezlikni rostlash diapazonining kengayishiga olib keladi (3.4.3,b rasm).

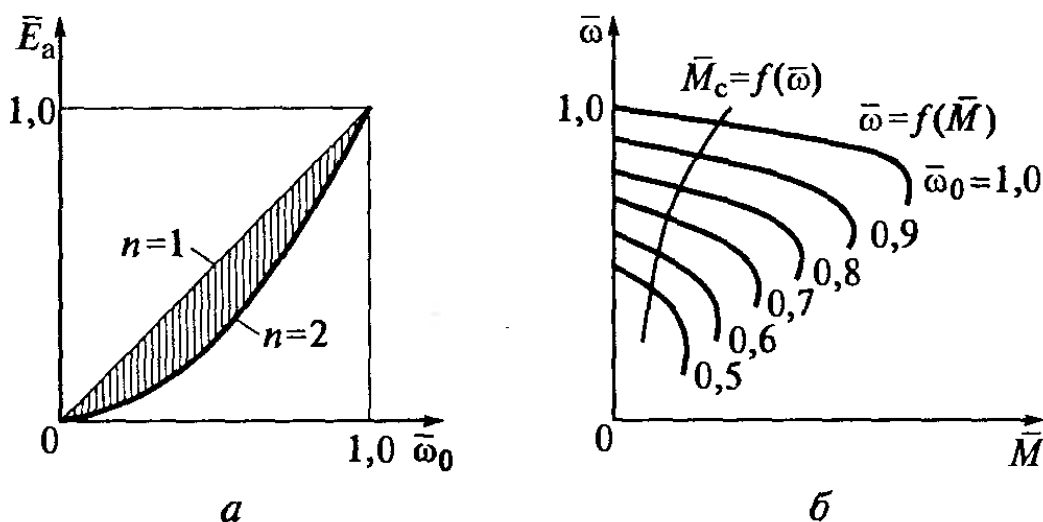


3.4.3-rasm. Tezlikning kichik qiymatlarida mexanik xarakteristika qattiqligining oshishi: a – chastotaviy rostlash qonuniyati; b – mexanik xarakteristikalar

Ma'lum bir elektr yuritma ob'ektining xarakterika bog'liq ravishda kritik momentni hisobga olmaydigan chastotaviy rostlash qonuniyatini qo'llash maqsadga muvoffiq bo'lar edi. Tezlikning oshishi bilan yuklama momenti oshadigan holatlarda kuchlanishni $\bar{E}_a = \bar{\omega}_0^n (n > 1)$ qonun bo'yicha o'zgartirish maqsadga muvoffiq bo'lar edi.

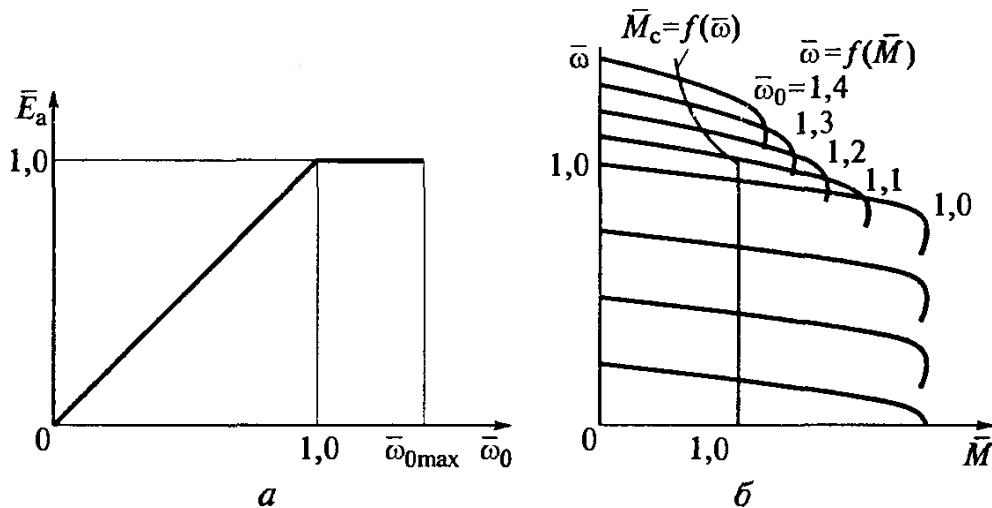
$n = 2$ bo'lgan holatdagi chastotaviy rostlash qonuniyati 3.4.4,a rasmda ko'rsatilgan. Unga 3.4.4,b rasmda ko'rsatilgan mexanik xarakteristikalar oilasi mos keladi. Rasmda shuningdek $\bar{M}_s = f(\bar{\omega})$ yuklama momentining ventilyatorli xarakteristikasi ham ko'rsatilganki, bunda moment, tezlikning

oshishi bilan ortadi. Zamonaviy komplekt elektr yuritmalarda skalyar rostlash deganda odatda 3.4.4,a rasmdagi shtrixlangan qism chegarasida $\bar{E}_s = f(\bar{\omega}_0)$ (yoki $U_1 = f(f)$) bog'liqlikni o'rnatish mumkinligi nazarda tutiladi. $n < 1$ bo'lgan holatda chastotaning kamayishi bilan kritik moment ortadigan mexanik xarakteristikalar oilasini qurish mumkin[10,14].



3.4.4-rasm. $n = 2$ bo'lgan holatdagi chastotaviy rostlash qonuniyati:
 a – chastotaviy rostlash qonuniyati; b – mexanik xarakteristikalari

Asinxron motorli elektr yuritma tezligini ikki zonali rostlash usuli 3.4.5,a rasmda tasvirlangan. Bunday rostlash usuli faqatgina kuchlanishni nominal qiymatdan og'ishiga cheglovlar bo'lgan holatlarida chastotani oshirish yo'li bilan tezlikni nominal qiymatiga nisbatan kattaroq qiymatlarigacha oshirishga zarurat tug'ilganda qo'llaniladi. Chastota o'zining nominal qiymatigacha ($\bar{\omega}_0 = 1$ gacha, nisbiy birliklarda) o'zgaradigan birinchi zonada $\bar{E}_a$ kuchlanish chastotaga proporsional ravishda o'zgaradi, chastota nominal qiymatdan maksimal qiymat ω_{0max} gachao'zgaradigan ikkinchi zonada $\bar{E}_a$ kuchlanish nominal qiymatda qoladi ($\bar{E}_a = 1$). Bu holatga mos mexanik xarakteristilar 3.4.5,b rasmda keltirilgan. Bunday chastotaviy rostlash qonuniyatini, faqatgina yuqori tezliklarda yuklama momenti kamayadigan xolatlarida qo'llash maqsadga muvoffiq bo'ladi.



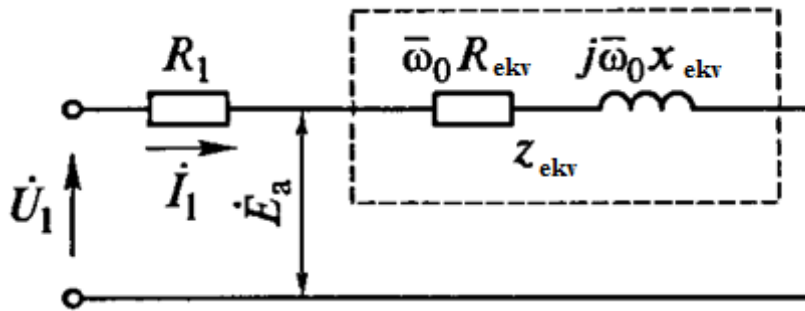
**3.4.5-rasm. Ikki zonali rostlanadigan elektr yuritma xarakteristikasi:
a – chastotaviy rostlash qonuniyati; b – mexanik xarakteristikalari**

Tezlik bo'yicha teskari aloqasi mavjud bo'lmagan U/f rostlashda, chastota o'zgartirgichdan ta'minot olayotgan asinxron motorli elektr yuritmalar tezlikni rostlash diapazonini 20 atrofida ta'minlashishi mumkin. Tezlik bo'yicha teskari aloqani kiritilishi diapazonni 200 gacha oshirish imkoniyatini beradi.

3.4.2. Stator oqim ilashuvi o'zgarmasligini ta'minlovchi asinxron motorli elektr yuritmaning tezlik bo'yicha yopiq rostlash tizimi

Asinxron motorli elektr yuritmada tezlikni U/f –chastotaviy rostlash qonuniyati motor statoridagi kuchlanish va chastota orasidagi bog'lanishlar bilan aniqlanadi. Stator cho'lg'amlaridagidagi qarshilikni hisobga olgan holda esa chastotaviy rostlash qonuniyati sifatida chastota va stator aktiv qarshiligidagi kuchlanish $E_a/\bar{\omega}_0$ orasidagi bog'lanishlarni qarab chiqish kerak bo'ladi. Motor kritik momentini o'zgarmas saqlash uchun $E_a/\bar{\omega}_0$ ni o'zgarmas saqlab turish kerak bo'ladi. Bunda barqarorlashgan (statik) rejimda tezlikga bog'liq bo'lmagan stator oqim ilashuvi ham o'zgarmas qoladi.

E_a va $\bar{\omega}_0$ orasidagi talab qilinadigan bog'lanish shakllanadigan elektr yuritma boshqarish tizimini qurish mumkin bo'lgan tamoyillardan biri 6.5, v rasmdagi tuzulmaviy sxema yordamida tasvirlangan edi. Ushbu sxemada funksional o'zgartirgich (FO') nazarda tutilgan bo'lib, uning yordamida ta'minot kuchlanishi chastotasining $\bar{\omega}_0$ va rotor EYuK chastotasi $\bar{\omega}_r$ ning qiymatlariga bog'liq ravishda, talab qilinayotgan $E_a/\bar{\omega}_0$ bog'lanish ta'minlovchi o'zgartirgichdagi beriluvchi kuchlanish qiymati shakllanadi.



3.4.6-rasm. Asinxron motorning o'zgartirilgan almashtirish sxemasi

Funksional o'zgartirgichning xarakteristikasini aniqlash uchun asinxron motorning T-simon almashtirish sxemasiga murajaat qilamiz va uni 3.4.6-rasmga tasvirlangan ko'rinishga olib kelimiz. Buning uchun almashtirish sxemasida paralel ulangan $(j\bar{\omega}_0 x_{2\sigma} + \bar{\omega}_0 R_2/\bar{\omega}_p)$ va $j\bar{\omega}_0 x_m$ qarshiliklarni qo'yib va ularga statorning induktiv sochilish qarshiligi $j\bar{\omega}_0 x_{1\sigma}$ qo'shamiz va natijada ekvivalent qarshilik uchun $z_{ekv} = \bar{\omega}_0(R_{ekv} + jx_{ekv})$ ko'rinishdagi ifodaga ega bo'lamiz. Bu ifodaga kiruvchi aktiv va reaktiv induktiv qarshiliklar quyidagi tarzda yoziladi:

$$R_{ekv} = R_2 \bar{\omega}_p \frac{x_m^2}{R_2^2 + (\bar{\omega}_p x_2)^2};$$

$$x_{ekv} = x_1(1 - k_1) + x_m \frac{R_2^2 + (1 - k_2)(\bar{\omega}_p x_2)^2}{R_2^2 + (\bar{\omega}_p x_2)^2},$$

bu yerda $x_1 = x_m + x_{1\sigma}; x_2 = x_m + x_{2\sigma}; k_1 = x_m/x_1; k_2 = x_m/x_2$.

Ko'rinib turibdiki, motorning berilgan parametrlarida, R_{ekv} va x_{ekv} qiymatlar faqatgina rotor EYuK chastotasi nisbiy qiymatiga, ya'ni motor yuklamasiga bog'liq bo'ladi. Stator tokining amplituda qiymati uchun yozilgan ifodani statordagi kuchlanishning amplituda qiymati U_{1m} va stator aktiv qarshilikdagi kuchlanish E_{am} qiymatlari orqali yozishimiz mumkin:

$$I_{1m} = \frac{U_{1m}}{\sqrt{(R_1 + \bar{\omega}_0 R_{ekv})^2 + (\bar{\omega}_0 x_{ekv})^2}};$$

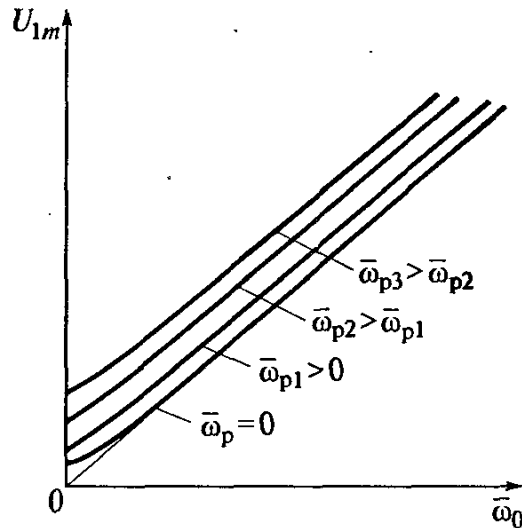
$$I_{1m} = \frac{E_{1m}}{\bar{\omega}_0 \sqrt{R_{ekv}^2 + x_{ekv}^2}}.$$

Ushbu tenglamalarning o'ng qismini tenglashtirgandan so'ng talab qilinayotgan $E_a/\bar{\omega}_0$ chastotaviy rostlash qonuniga bog'liq ravishda stator kuchlanishi uchun ifoda aniqlanadi:

$$U_{1m} = \frac{E_{am}}{\bar{\omega}_0} \sqrt{\frac{(R_1 + \bar{\omega}_0 R_{ekv})^2 + (\bar{\omega}_0 x_{ekv})^2}{R_{ekv}^2 + x_{ekv}^2}}. \quad (3.4.7)$$

Agar elektr yuritmani boshqarish jarayonida chastotaning o'zgarishida kritik momentning o'zgarmasligini ta'minlash talab qilinadigan bo'lsa, unda $E_{am}/\bar{\omega}_0 = 0$ bo'lishini ta'minlash kerak bo'ladi. Unda R_{ekv} va x_{ekv} lar uchun yozilgan ifodalarni hisobga olgan holda $\bar{\omega}_r$ ning bir necha qiymatlari uchun $U_{1m} = f(\bar{\omega}_0)$ bog'lanishni qurishimiz mumkin. Bu bog'lanishlar 3.4.7-rasmda keltirilgan [10,14].

3.4.8-rasmda keltirilgan funksional sxema yuqorida bayon qilingan tamoyillarni qo'llash orqali qurilgan tezlikni boshqarish tizimining tadbqiq qilish usulini tasvirlaydi. Asinxron motor M o'zgarmas tok zvenoli chastota o'zgartirgich va KIM li kuchlanish invertoridan ta'minot oladi.



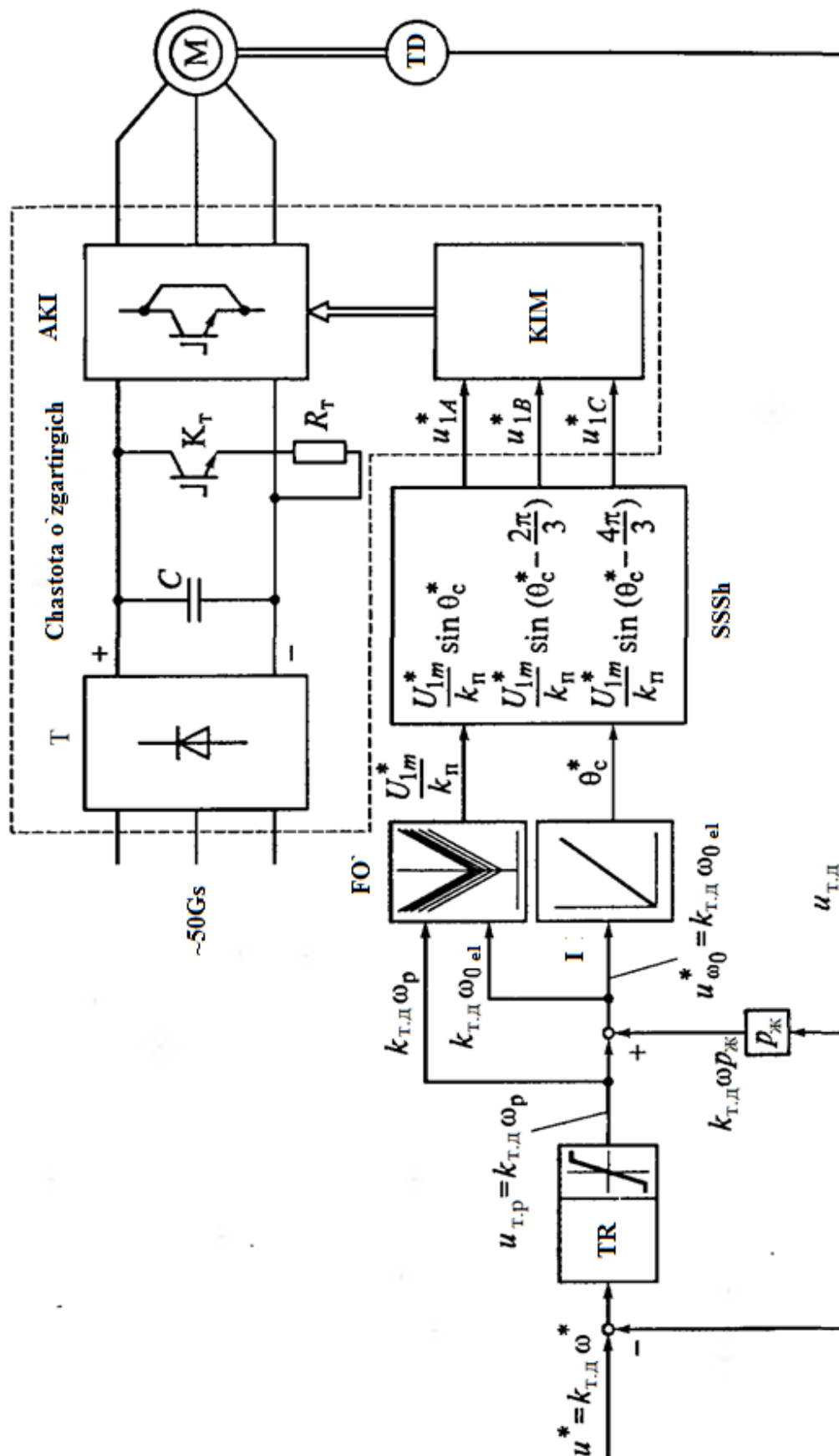
3.4.7-rasm. Barqarorlashgan rejimda stator oqim ilashuvi o'zgarishini ta'minlovchi tezlikni rostdash tizimidagi funksional o'zgartirgich xarakteristikasi

KIM blogi kirishiga beriluvchi kuchlanishning uch fazali tizimi ta'sir qiladi:

$$u_{1A}^* = (U_{1m}/k_p) \sin \theta_s^*; u_{1B}^* = (U_{1m}/k_p) \sin(\theta_s^* - 2\pi/3); u_{1C}^* = (U_{1m}/k_p) \sin(\theta_s^* - 4\pi/3).$$

bu yerda U_{1m} –AKI chiqishidagi kuchlanishning amplituda qiymati; k_p – chastota o'zgartirgichning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffisienti (u stator cho'lg'ami kuchlanishi amplitudasining sinusoidal signallar shakllantirgichi (SSSh) chiqishidagi kuchlanishning amplitudasiga nisbati bilan aniqlanadi); θ_s^* – stator oqim ilashuvi fazoviy vektorining qo'zg'almas koordinata tizimiga nisbatan burilish burchagining qiymati. Bu burchak chastotaning beriluvchi signali $u_{\omega_0}^*$ bo'yicha integratorda (I) hisoblanadi.

Tizim, tezlik bo'yicha tezlik rostdagich (TR) orqali yopilgan. Tezlik rostdagichining kirishida tezlikni beriluvchi signali $u^* = k_{t.d} \omega^*$ ($k_{t.d}$ – tezlik datchigining uzatish koeffisienti, ω^* – tezlikning berilgan qiymati) va tezlik bo'yicha teskari aloqa signali $u_{t.d} = k_{t.d} \omega_{bar}$ (ω_{bar} – barqarorlashgan rejimda motorning tezligi) solishtiriladi. Chastotaning beriluvchi signali quyidagi tarzda shaklanadi: juft qutblar soniga ko'paytirilgan tezlik datchigining signali ($k_{t.d} \omega_{bar} r_f$), tezlik rostdagichi chiqishidagi jamlagichda “plyus” ishora bilan beriladi.



3.4.8-rasm. Barqarorlashgan rejimda stator oqim ilashuvi o'zgarmasligini ta'minlovchi tezlikni rostdash tizimining funksional sxemasi

Integrator kirishiga chastotaning beriluvchi signali qo'yiladi. Bu signal tezlik mashstabida $u_{\omega 0}^* = k_{t.d} \omega_{0el}$ ga teng bo'lishi kerak. Funksional sxemadan ko'rinib turibdiki, integrator kirishida quyidagi tenglik bajariladi:

$$k_{t.d} \omega_{0el} = k_{t.d} \omega_{bar} r_f + u_{t.r}, \quad (3.4.9)$$

bu yerda $u_{t.d}$ –tezlik datchigi chiqishidagi kuchlanish.

Barqarorlashgan rejimda motorning tezligi berilgan qiymatiga teng bo'lishi uchun invertor chiqishidagi kuchlanish chastotasi $\omega_{0el} = r_f \omega_{bar} + \omega_r$, yoki qabul qilingan mashstabda $k_{t.d} \omega_{0el} = k_{t.d} r_f \omega_{bar} + k_{t.d} \omega_r$ ga teng bo'lishi kerak. Ushbu ifodani (3.4.8) tenglama bilan solishtirish natijasida tezlik bo'yicha yopiq tizimda rostlagich chiqishidagi signal rotor EYuK chastotasiga proporsional ekanligi kelib chiqadi: $u_{t.r} = k_{t.d} \omega_r$. Shunday qilib, FO' kirishiga tezlik rostlagichining chiqishidagi signalning qo'yilishi unga rotor chastotasiga proporsional bo'lgan kattalikning qo'yilishini bildiradi.

Integrator quyidagi ifodaga mos ravishda θ_s^* burchakning oniy qiymatini uzluksiz ravishda hisoblashi kerak:

$$\theta_s^* = \int_0^t \omega_{0el} dt = \int_0^t \frac{u_{\omega 0}^*}{k_{t.d}} dt.$$

Barqarorlashgan rejimda $\theta_s^* = (u_{\omega 0}^*/k_{t.d})t$ bo'ladi. $u_{\omega 0}^*$ ning qiymati qancha katta bo'lsa, beriluvchi burchakning o'zgarish tezligi, ya'ni motor tezligi shuncha katta bo'ladi. Har doim qachonki burchakning qiymati 2π ga erishganda, uning qiymati nolga tenglashtiriladi.

Chastota o'zgartirgich chiqishiga kuchlanish beruvchi kiruvchi signal U_{1m}^*/k_p funksional o'zgartirgichda hisoblanadi. Hisoblashlar beriluvchi chastota ω_{0el} ga, ya'ni invertorning chiqishiga kuchlanish chastatosini beruvchi $u_{\omega 0}^*$ signal qiymati va rotor EYK chastotasining qiymatiga ($u_{t.r}$ qiymatiga) bog'liq ravishda amalga oshiriladi. Shunga mos ravishda

o'zgartirgichning kuchaytirish koeffisienti k_p ni va tezlik datchigining uzatish koeffisienti $k_{t.d}$ ni hisobga olgan holda, rotor chastotasining turli qiymatlari uchun, ya'ni $u_{t.r} = k_{t.d}\omega_r$ qiymatlarda FO' xarakteristikalari o'zida quyidagi bog'lanishlar oilasini aks ettirishi kerak:

$$\frac{U_{1m}^*}{k_p} = f(k_{t.d}\omega_{0el})$$

Bu bog'lanishlar jadval ko'rinishida tasvirlanishi mumkin va bu jadvallardan statoridagi kuchlanish chastotasi va rotor EYK chastotasiga bog'liq ravishda talab qilinayotgan stator kuchlanishining qiymati aniqlanadi.

Funksional o'zgartirgichdagi ordinata o'qiga nisbatan simmetrik bo'lgan egri chiziqlarning joylashuvi motorning turli xil aylanish yo'nalishida kuchlanishning ishorasini o'zgarmasligini ta'minlaydi. Revers tezlik rostlagichi kirishidagi signal ishorasini o'zgartirish orqali amalga oshiriladi. Bunda $u_{\omega_0}^*$ signal ishorasi o'zgaradi, bu esa avtonom invertor chiqishidagi kuchlanish fazalarining ketma-ketligini o'zgarishiga olib keladi[10,14].

Xarakteristikasi TR blogida ko'rsatilgan tezlik rostlagichining chiqish kuchlanishi cheklovining blogi, tezlikning beriluvchi signali katta diapozonda o'zgarishida tokni cheklash uchun xizmat qiladi.

(3.4.6) formula bilan ifodalanuvchi kuchlanish xarakteristikasi motor parametrlariga bog'liq bo'lganligi bois, u yoki bu elektr yuritma uchun sxema sozlashni talab qiladi. Sozlash o'rta parametrlarda amalga oshirilishi mumkin, lekin bu holda motor kritik momentining aniqlilik darajasi pasayadi.

3.4.8-rasmda tasvirlangan sxema absolyut birliklarda keltirilgan. Bu esa sxemadagi o'zgaruvchilar o'lchovli kattaliklar ekanligini bildiradi: burchak chastotalar ω_{0el} , ω_r va tezlik ω rad/s da o'lchanadi, yoki agar tizim diskrekt sifatida bajarilgan bo'lsa (kuchlanish – voltlarda va h.k.) vaqt birligidagi diskrektlarda o'lchanadi. Tasvirlangan sxemalarni ancha sodda holga keltirish uchun yuqorida bayon qilingan sinxron motorni matematik ifodalanishi kabi

ushbu sxemalarni ham nisbiy birliklarda ifodalash kerak. Masalan, sxemada (3.4.8-rasmga q.) tezlik datchigi $u_{t.d} = k_{t.d}\omega$ tenglama bilan ifodalanadi. Agar tezlikning baza qiymati ω_b da datchikning chiqishidagi signalning baza qiymati deb $u_{t.d.b} = k_{t.d}\omega_b$ ni qabul qilsak, unda uning ifodalanishi $\bar{u}_{t.d} = \bar{\omega}$ tarzda yoziladi. Soddashtirishni davom ettirish uchun datchik chiqishidagi signalni uning kirishidagi signal qaysi harf bilan belgilangan bo'lsa shu harf bilan belgilaymiz va ushbu harfning ustiga belgi qo'ymaymiz. U holda tezlik rostlagichining kirishidagi signal $\omega^* - \omega$ kabi belgilanadi.

Bunday belgilanish usuli bundan keyingi sxemalarni tahlil qilishda qo'llaniladi.

3.4.3. Rotor oqim ilashuvi o'zgarmasligini ta'minlovchi asinxron motorli elektr yuritmaning tezlik bo'yicha yopiq rostlash tizimi

Rotor oqim ilashuvi o'zgarmasligini ta'minlovchi elektr yuritma tezligini U/f –rostlash tizimining funksional sxemasi 3.4.9-rasmda keltirilgan.

Sxema tok bilan boshqariladigan avtonom invertorni qo'llash bilan bajarilgan. Chastota o'zgartirgich kirishiga beriluvchi kuchlanishning sinusoidal signali shakllanadigan 3.4.8-rasmdagi sxemadan farqli ravishda, bu yerda tok rostlagichlarining kirishida bir-biridan 120 el.grad.ga siljigan $i_{1A}^*, i_{1B}^*, i_{1C}^*$ stator beliluvchi tokining sinusoidal signali shakllanishi kerak [10,13,14].

Ushbu signallarni shakllanish tamoyillarini tushunish uchun elektr yuritma tezligiga bog'liq bo'lmadigan rotor oqim ilashuvi o'zgarmasligini ta'minlaydigan stator tokining o'zgarish qonuniyatini aniqlovchi bog'lanishlarni topish kerak bo'ladi. Qaralayotgan sxemada rotor oqim ilashuvining o'zgarmasligi faqatgina barqarorlashgan rejimda ta'minlangani uchun, qisqa tutashtirilgan asinxron motorning barqarorlashlan rejimi uchun $p = 0$ bo'lganda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\tilde{U}_1 = R_1 \tilde{I}_1 + j\omega_{0el} \tilde{\Psi}_1;$$

$$0 = R_2 \tilde{I}_2 + j\omega_r \tilde{\Psi}_2;$$

$$\tilde{\Psi}_1 = L_1 \tilde{I}_1 + L_m \tilde{I}_2;$$

$$\tilde{\Psi}_2 = L_m \tilde{I}_1 + L_2 \tilde{I}_2.$$

Tok bilan boshqariladigan invertorli tizimda I_1 stator toki bevosita shakllanadi. Shuning uchun, rotor oqim ilashuvini boshqarish masalasi qo'yilganda, stator tokining o'zgarishida stator kuchlanishi qanday o'zgarishini ko'rsatuvchi birinchi tenglamani, hamda stator oqim ilashuvini ifodalovchi uchinchi tenglamani hisobga olmasa ham bo'ladi.

Ikkinchi tenglamadan rotor toki vektorini topib va uni to'rtinchi tenglamaga qo'ysak rotor oqim ilashuvi fazoviy vektorini ifodalovchi tenglamaga ega bo'lamiz:

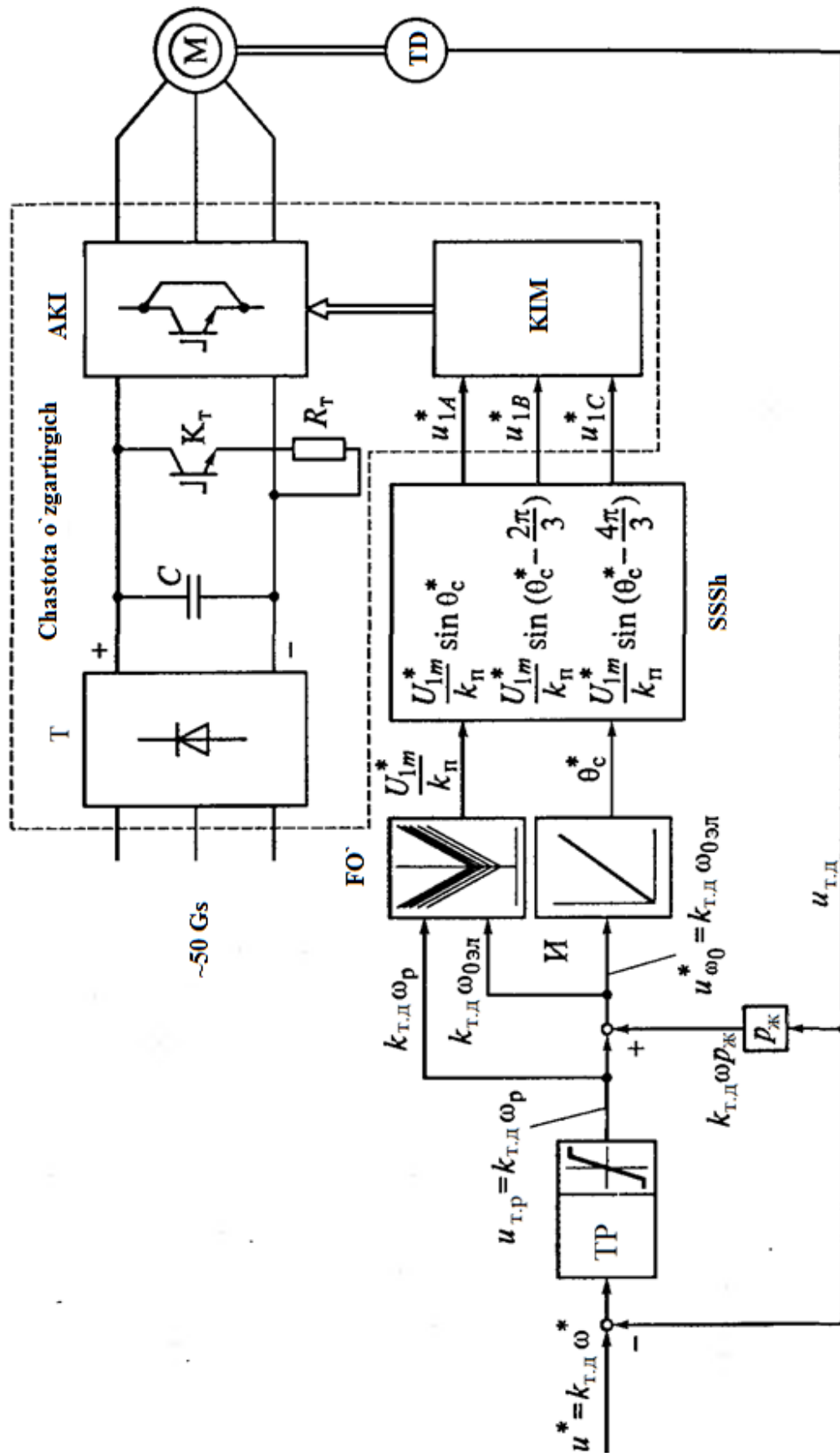
$$\tilde{\Psi}_2 = L_m \tilde{I}_1 - j\omega_p T_2 \tilde{\Psi}_2,$$

bu yerda T_2 –rotorning vaqt doimiysi, $T_2 = L_2/R_2$.

Mos ravishda, stator toki fazoviy vektori va rotor oqim ilashuvini o'zaro bog'lovchi ifodaning ko'rinishi ko'rinishda bo'ladi:

$$\tilde{I}_1 = (1 + j\omega_p T_2) \frac{\tilde{\Psi}_2}{L_m} = \frac{\tilde{\Psi}_2}{L_m} + j\omega_p T_2 \frac{\tilde{\Psi}_2}{L_m}. \quad (3.4.9)$$

Ushbu ifoda yordamida $\tilde{I}_1$ va $\tilde{\Psi}_2$ vektorlarni qo'zg'almas $x - y$ koordinata tizimida qurish 3.4.10,a rasmda ko'rsatilgan. Ikkala vektor ham koordinata tizimiga nisbatan ω_{0el} tezlik bilan aylanadi: $\tilde{I}_1$ vektorning tezligi ta'minot kuchlanishi chastotasi bilan aniqlanganligi uchun, $\tilde{\Psi}_2$ vektor rotorga nisbatan ω_{0r} tezlik bilan aylanganligi uchun, rotorning o'zi esa shu yo'nalishda $r_p \omega$ tezlik bilan aylanadi. Rotor $\omega_{0el} = \omega_{0el}/r_p$ sinxron tezlik bilan aylanadigan, rotor EYK chastotasi nolga teng ($\omega_p = 0$) bo'ladigan ideal salt ishlash rejimida stator toki va rotor oqim ilashuvi vektorlari fazoda mos tushadi va yuklama burchagi δ nolga teng bo'ladi.



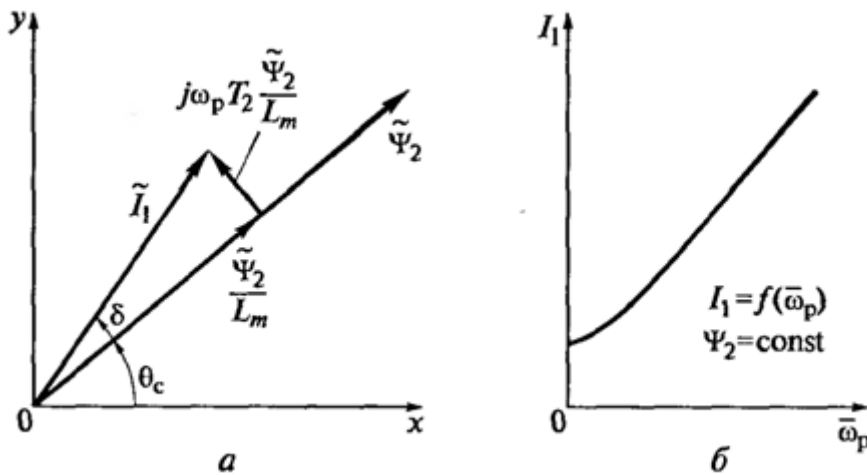
3.4.9-rasm. Barqarorlashgan rejimda rotor oqim ilashuvi o'zgarmasligini ta'minlovchi tezlikni rostdash tizimining funksional sxemasi

Motorning yuklamasi oshishi bilan (ω_p ni oshishi bilan) yuklama burchagi δ oshadi va u quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\delta = \arctg \left[\omega_p T_2 \frac{|\tilde{\Psi}_2|}{L_m} / \left(\frac{|\tilde{\Psi}_2|}{L_m} \right) \right] = \arctg(\omega_p T_2).$$

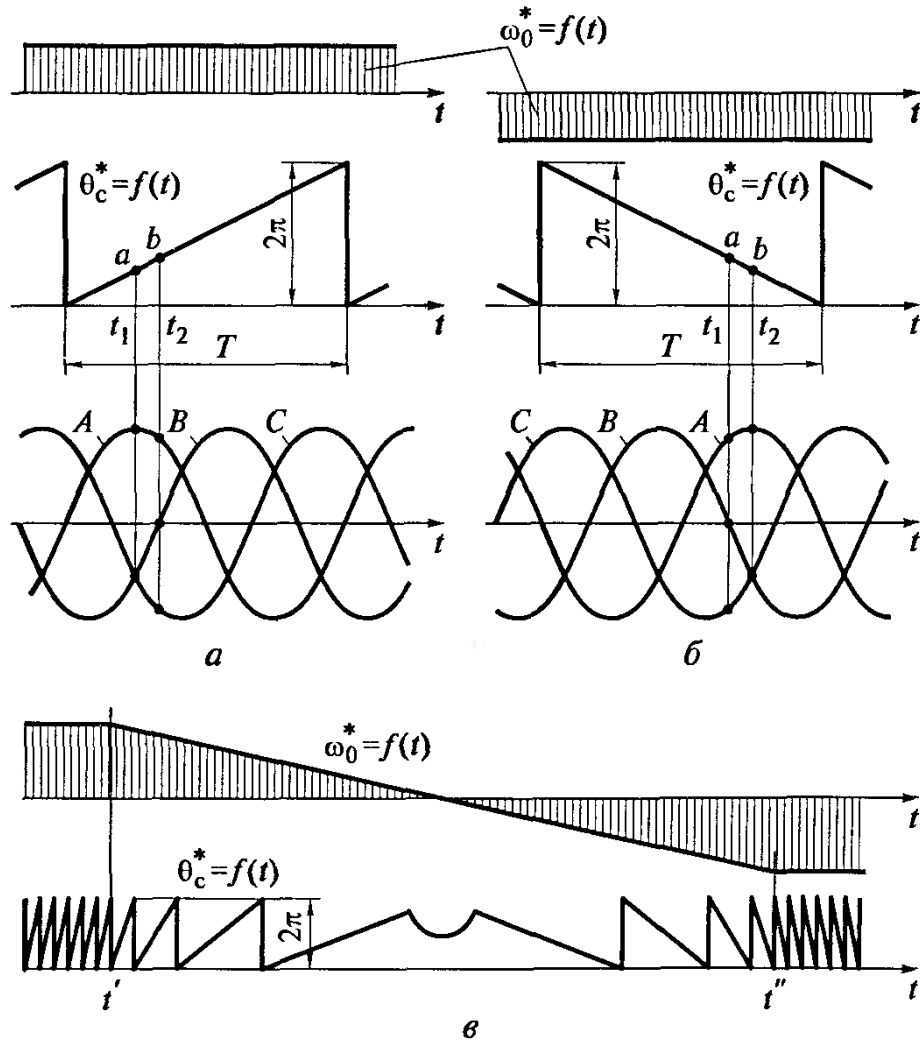
Bundan, $\omega_p = \bar{\omega}_p \omega_{0el.n}$ va $T_2 = L_2/R_2 = x_2/\omega_{0el.n} R_2$ ekanligini hisobga olgan holda, yuklama burchagi uchun nisbiy birliklardagi rotor EYK chastotasi va rotorning aktiv hamda induktiv qarshiliklari orqali yozilgan ifodaga ega bo'lamiz:

$$\delta = \arctg(\bar{\omega}_p x_2/R_2). \quad (3.4.10)$$



3.4.10-rasm. Fazoviy vektorli diagramma (a) va FO'2 funksional o'zgartirgichning xarakteristikasi (b)

Shunday qilib, $\tilde{\Psi}_2$ vektorga nisbatan $\tilde{I}_1$ vektorning siljishi rotor EYK chastotasining qiymati bilan, ya'ni motor momentining qiymati bilan aniqlanadi. 3.4.10,a rasmdan kelib chiqadiki, vaqtning har bir momentida stator toki vektorining qo'zg'almas koordinata tizimiga nisbatan burilish burchagi $\theta_0 + \delta\theta_0 = \int_0^t \omega_{0el} dt$ burchaklar yig'indisi sifatida aniqlanadi.



3.4.11-rasm. Motor harakatida raqamli integrator chiqishidagi signalning o'zgarish xarakteri: a- oldinga; b- orqaga; v- revers

(3.4.9) ifodaga asosan stator toki moduli va rotor oqim ilashuvini o'zaro bog'lovchi ifodani yozish mumkin:

$$I_1 = (\Psi_2 / L_m) \sqrt{1 + (\omega_p T_2)^2},$$

Bu ifodaga rotor EYuK nisbiy chastotasi va induktiv qarshilikni kiritib uni quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$I_1 = \omega_{0el.n} \frac{\Psi_2}{x_m} \sqrt{1 + \left(\bar{\omega}_p \frac{x_p}{R_2} \right)^2}.$$

3.4.10,b rasmda $\Psi_2 = \text{const}$ bo'lgandagi $I_1 = f(\bar{\omega}_p)$ bog'lanishning xarakteri ko'rsatilgan.

3.4.9-rasmdagi sxemada FO'1 va FO'2 funksional o'zgartirgichlar mos ravishda (3.4.10) noxiziq bog'lanishni va 3.4.9,b rasmda tasvirlangan bog'lanishni tadbiq qiladi. Rotor EYK chastotasiga proporsional bo'lgan tezlik rostlagichi chiqishidagi signal, funksional o'zgartirgich uchun kirish signali sifatida qo'llaniladi. ω_{0el}^* signal (I) integratorda saralanadi va integrator chiqishidagi signal o'zida 0 dan 2π gacha oraliqda o'lchanadigan θ_s^* beriluvchi burchak signalini aks ettiradi.

3.4.1-jadval.SSSh shakllantirgichi chiqishida sinusoidal signallar qiymatlari

Harakat yo'nalishi	vaqt	Fazalar		
		A	B	C
Oldinga	t_1	$\sin \frac{\pi}{2} = 1$	$\sin \left(\frac{\pi}{2} - \frac{2\pi}{3} \right) = -0,5$	$\sin \left(\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{3} \right) = -0,5$
	t_2	$\sin \frac{2\pi}{3} = 0,866$	$\sin \left(\frac{2\pi}{3} - \frac{2\pi}{3} \right) = 0$	$\sin \left(\frac{2\pi}{3} + \frac{2\pi}{3} \right) = -0,866$
Orqaga	t_1	$\sin \frac{2\pi}{3} = 0,866$	$\sin \left(\frac{2\pi}{3} - \frac{2\pi}{3} \right) = 0$	$\sin \left(\frac{2\pi}{3} + \frac{2\pi}{3} \right) = -0,866$
	t_2	$\sin \frac{\pi}{2} = 1$	$\sin \left(\frac{\pi}{2} - \frac{2\pi}{3} \right) = -0,5$	$\sin \left(\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{3} \right) = -0,5$

3.4.11,*a,b* rasmda mos ravishda “oldinga” va “orqaga” harakat barqarorlashgan rejimda θ_s^* burchakning o'zgarish xarakteri ko'rsatilgan. Rasmda shuningdek $\delta = 0$ bo'lganda sinusoidal signal shakllantirgichi (SSSh) blogi chiqishiga ta'sir qiluvchi sinusoidal signallar tasvirlangan bo'lib, ularning o'zgarish xarakteridan ko'rinib turibdiki ω_{0el}^* ning ishorasini o'zgarishi SSSh chiqishidagi fazalar ketma-ketligini o'zgarishiga olib keladi. Bunga osongina ishonch hosil qilish uchun θ_s^* qiymatlari bo'yicha ushbu signallarni to'g'ridan-to'g'ri hisoblash kerak bo'ladi. 3.4.1-jadvalda xuddi shunday hisoblashlar natijasi keltirilgan bo'lib, hisoblashlar harakatning “oldinga” va “orqaga” yo'nalishida t_1 va t_2 vaqt momentlariga mos keluvchi ikki *a* va *b* nuqtalar uchun bajarilgan (3.4.11,*a,b* rasmga q.).

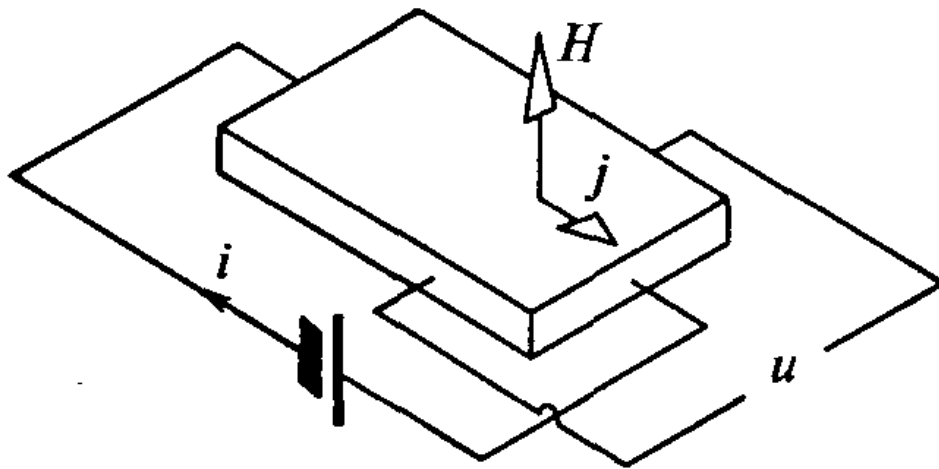
Xuddi shunga o'xshab ko'rsatish mumkinki, θ_s^* burchakka δ^* burchakning qo'shilishi ushbu burchakka fazalar ketma-ketligi o'zgarmagan holatda chiquvchi sinusoidlarning aralashib ketishiga olib keladi. 3.4.11,*v* rasmda motor reversida $\omega_{0el}^* = f(t)$ va $\theta_s^* = f(t)$ bog'lanishlarni ko'rinishi ko'rsatilgan.

3.4.4. Oqim bevosita o'lchanadigan vektorli boshqariladigan asinxron motorli elektr yuritma tezligini rostdlash tizimi

Asinxron motorli elektr yuritma tezligini vektorli rostdlashning birinchi sanoat tizimi XX asrning 60-yillarida Siemens firmasi tomonidan ishlab chiqilgan edi [10,14].

Tizimda motor havo oralig'ida o'rnatilgan datchiklar yordamida asosiy magnit oqimini bevosita o'lchash amalga oshiriladi. Ushbu datchiklarning ishlash tamoyili Xoll effektiga asoslangan bo'lib, u quyidagi tarzda ishlaydi: agar o'tkazgich yoki yarim o'tkazgich materialdan yasalgan plastinkani kuchlanganligi H bo'lgan magnit maydonga joylashtirib va undan itokni o'tkazadigan bo'lsak (3.4.12-rasm), unda plastinkada kuchlanganlik va tok vektoriga perpendikulyar yo'nalishda elektr maydon hosil bo'ladi. Bunda plastinkaning yon qirralarida Xoll EYuK u hosil bo'ladi. Agar tok zichligi

jo'zgarmas bo'lsa, unda bu hosil bo'lgan EYK magnit maydon kuchlanganligiga, ya'ni magnit oqimga proporsional bo'ladi [10,14].



3.4.12-rasm. Xoll datchigining ishlash tamoyili

Qaralayotgan tizimda, motor ko'ndalang kesimi yuzi tekisligida bir-biridan 90 el.grad.ga siljigan ikkita Xoll datchigi motorning statori va rotor oralig'ida o'rnatilgan bo'lib, ular asosiy magnit oqimi (havo oralig'idagi oqim) ta'siri ostida turadi. Oqim vektori fazoda aylanganligi bois, datchik chiqishidagi kuchlanish yuqori garmonikalari filtrlangandan so'ng sinusoidal shaklga ega bo'ladi. Datchiklar orasidagi fazoviy siljishning mavjudligi datchiklardan chiquvchi kuchlanishlar bir-biriga nisbatan 90° siljiygan bo'ladi va o'zida asosiy oqim ilashuvi vektorining qo'zg'almas koordinata tizimi o'qlaridagi ma'lum bir masshtabdagi Ψ_{mx} va Ψ_{mv} proeksiyalarini aks ettiradi.

Tezlikni rostdash tizimini qurishning asosida, α o'qi rotor oqim ilashuvi fazoviy vektori yo'nalishi bo'yicha yo'nalgan aylanuvchan koordinata tizimida asinxron motorning matematik ifodalanishi tamoyillari yotadi.

Ushbu tizimini qurish tamoyillarini 3.4.13-rasmda tasvirlangan funksional sxema yordamida bayon qilamiz. Asinxron motor M o'zgarmas tok zvenoli chastota o'zgartirgich va avtonom kuchlanish invertoridan ta'minot oladi. O'zgartirgichning kirishiga beriluvchi kuchlanishning uch fazali tizimi $u_{1A}^*, u_{1B}^*, u_{1C}^*$ ta'sir qiladi. Rostlash tizimi aylanuvchan koordinata

tizimida bajarilgan. To'g'ri kanaldagi (TKKA) va teskari aloqa kanalidagi (TAKKA) koordinatalar almashinuvi vektorli boshqarish tizimidagi koordinatlar almashinuvi qoidalariga mos holda amalga oshiriladi.

O'zgaruvchilarni aylanuvchan koordinata tizimidan qo'zg'almas koordinata tizimiga va teskarisiga aylantirish uchun $\sin \theta_s$ va $\cos \theta_s$ qiymatlariga ega bo'lish kerak (θ_s – qo'zg'almas koordinata tizimining x o'qi va aylanuvchan koordinata tizimining α o'qi orasidagi burchak). Shuningdek ushbu hisoblashlar bilan bog'liq bo'lgan rotor oqim ilashuvi vektorining modulini aniqlash ham kerak bo'ladi. Rotor oqim ilashuvi vektorining moduli bo'yicha oqimni rostlash konturi tutashadi va ushbu vektor modulni aniqlash FO'2 funksional o'zgartirgichda quyidagi ifodalar bo'yicha amalga oshiriladi:

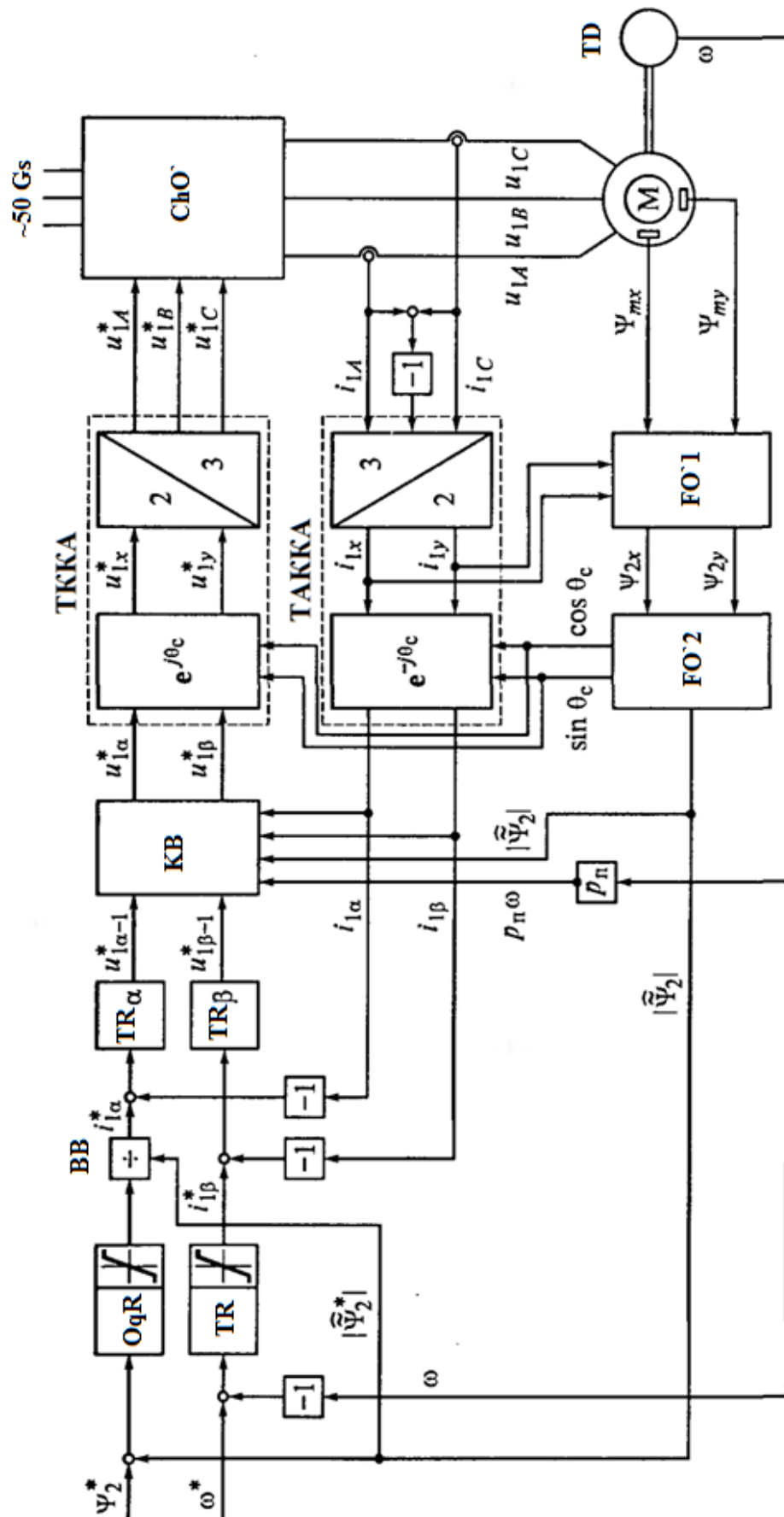
$$|\tilde{\Psi}_2| = \sqrt{\psi_{2x}^2 + \psi_{2y}^2};$$

$$\sin \theta_c = \psi_{2x}/|\tilde{\Psi}_2|;$$

$$\cos \theta_c = \psi_{2y}/|\tilde{\Psi}_2|.$$

Biroq Xoll datchigi yordamida faqatgina asosiy oqim ilashuvi fazoviy vektorining proeksiyasi aniqlanadi, rotor oqim ilashuvi vektorining proeksiyasini esa ushbu datchik bilan aniqlay bo'lmaydi. Shuning uchun oldindan mos holatdagi hisoblashlar bajarilishi kerak.

Asosiy oqim ilashuvining fazoviy vektori stator toki va statorga aniqlashtirilgan rotor toki vektorlarining yig'indisi sifatida aniqlanadi. Rotor oqim ilashuvi asosiy oqim ilashuvidan rotorning sochilish oqim ilashuvi qiymatiga farq qiladi. Bu bog'lanishlarni fazoviy vektorlar uchun yozilgan tenglamalar bilan tasvirlanadi: $\tilde{\Psi}_m = L_m(\tilde{I}_1 + \tilde{I}_2)$ va $\tilde{\Psi}_2 = \tilde{\Psi}_m + L_{2\sigma}\tilde{I}_2$. Bu tenglamalardan rotor toki vektorini chiqarib tashlagandan so'ng rotor oqim ilashuvi vektori uchun $\tilde{\Psi}_2 = \tilde{\Psi}_m/(k_2 - L_{2\sigma}\tilde{I}_1)$ ko'rinishidagi ifodaga ega bo'lamiz.



3.4.13-rasm. Oqimni bevosita o'lchaydigan va vektorli boshqariladigan tezlikni rostdash tizimi

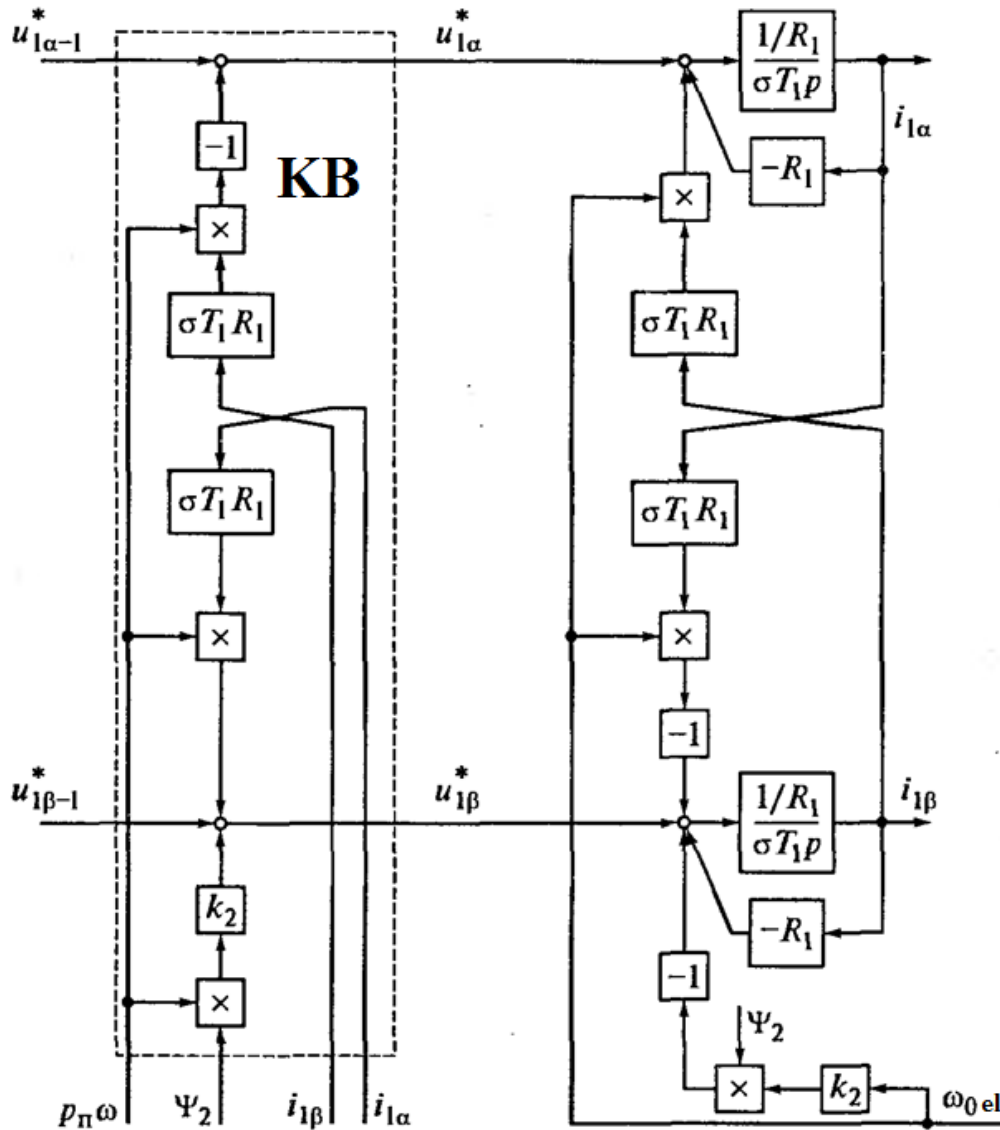
Keyingi ifoda $x - y$ koordinata o'qlaridagi proeksiyalari quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\psi_{2x} = \Psi_{mx} / (k_2 - L_{2\sigma} i_{1x});$$

$$\psi_{2y} = \Psi_{my} / (k_2 - L_{2\sigma} i_{1y}).$$

Ushbu ifodalarga mos keluvchi rotor oqim ilashuvi qiymatini olish uchun zarur bo'lgan o'zgartirishlar FO'1 funksional o'zgartirgichda amalga oshiriladi (3.4.13-rasmga q.). O'zgartirishlarda Ψ_{mx} va Ψ_{my} larning o'lchangan qiymatlari hamda stator toki vektorining qo'zg'almas koordinata tizimi o'qidagi i_{1x} va i_{1y} proeksiyalarining qiymatlari qo'llaniladi. i_{1x} va i_{1y} proeksiyalarining qiymatlari stator faza toklarining o'lchangan oniy qiymatlari bo'yicha 3/2 blokda hisoblanadi.

Oldin ta'kidlanganidek, motorni (tezligini) rotor oqim ilashuvi va elektromagnit moment bilan mustaqqil boshqarishni ta'minlash uchun aylanuvchan koordinata tizimida stator toki i_{1x} va i_{1y} proeksiyalarining o'zaro ta'sirini hisobga olmaslik kerak bo'ladi. Qaralayotgan tizimda ushbu masala maxsus kompensatsiya blogida (KB) yechiladi. KBda chorrahaviy bog'lanishlar kompensatsiyasi, TKKA kirishiga motor tuzulmasi kabi faqat teskari ishora bilan olingan chorrahaviy bog'lanishlar kiritish yo'li orqali amalga oshiriladi. Bayon qilinganlarni 3.4.14-rasm orqali tushuntirish mumkin. Rasmda 2.5-rasmdagi motorning tuzulmaviy sxemasining bir qismi (mayin chiziqlar) va kompensatsiya blogining tuzulmaviy sxemasi (punktir chiziqlar) tasvirlangan. Elektr yuritma sxemasida (3.4.13-rasmga q.) ta'minot kuchlanishining chastotasi ω_{0el} ishtirok etmagani bois, uning o'rniga ma'lum bir xatolik bilan motor tezligi $r_p \omega$ ga proporsional bo'lgan kattalikdan foydalaniladi. Xuddi shu tamoyilga asosan KBda motorning aylanuvchan EYKi $e = k_2 \Psi_2 \omega_{0el}$ bo'yicha teskari aloqa kompensatsiyasi nazarda tutilgan (3.4.14-rasmga q.).



3.4.14-rasm. Kompensatsiya blogi

Elektr yuritmani boshqarish tizimi bo'ysinuvchi rostlash tizimi sifatida bajarilgan (3.4.13-rasmga q.). Sxemaning tarkibida $TR\alpha$ va $TR\beta$ rostlagichlar bilan to'g'ri va kvadraturali $i_{1\alpha}$ va $i_{1\beta}$ o'qlar bo'yicha toklarni rostlaydigan ichki konturlari mavjud. OqR rostlagichli rotor oqim ilashivuning rostlash konturi va TR rostlagichli tezlikni rostlash konturi toklar konturiga nisbatan tashqi kontur hisoblanadi. OqR rostlagichli rotor oqim ilashivuning rostlash konturi FO'2 funksional o'zgartirgichda hisoblangan rotor oqim ilashuvi vektorining moduli bo'yicha yopilgan, TR rostlagichli tezlikni rostlash konturi esa TD tezlik datchigidagi signal tezligi bo'yicha yopilgan. Rotor oqim

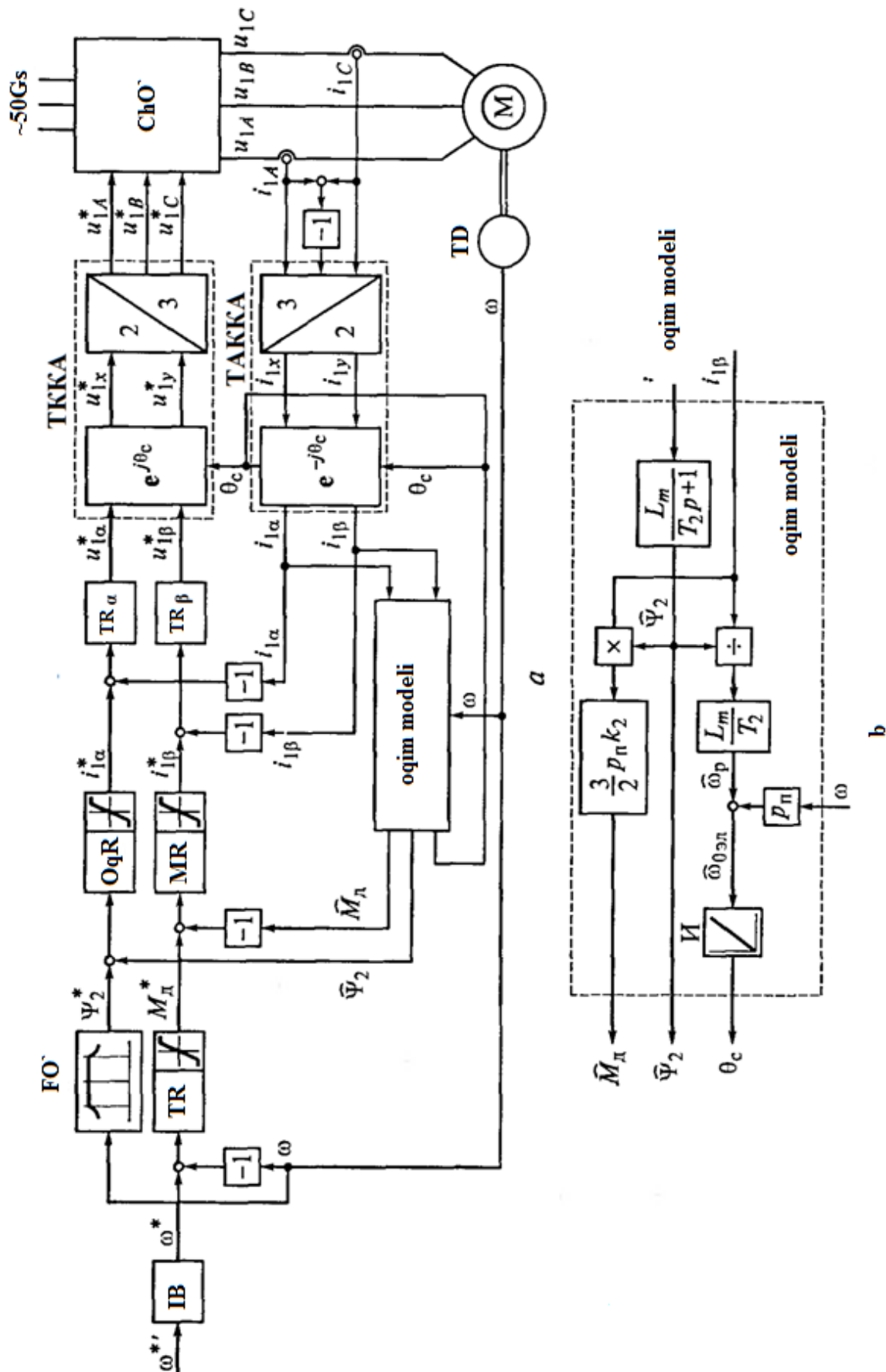
ilashuvining o'zgarishida momentning talab qilinadigan qiymatini, tokning berilgan qiymati $i_{1\alpha}$ ni saqlab qolish uchun TR ning chiqishida rotor oqim ilashuvi vektori moduliga bo'lish blogi (BB) nazarda tutilgan.

3.4.5. Oqim modeli bo'yicha rotor oqim ilashuvini aniqlash va asinxron motorni vektorli boshqarishda elektr yuritma tezligini rostlash tizimi

Yuqorida ko'rib chiqilgan vektorli boshqarish tizimining kamchiligi shundan iboratki, unga havo oralig'idagi magnit oqimni o'lchovchi Xoll datchigi mavjud bo'lgan o'ziga xos konstruktiv xususiyatga ega bo'lgan maxsus motorning qo'llanilishiga zaruriyat borligi hisoblanadi. Shuning uchun vektorli tizimning rivojlanishi oqimni bevosita o'lchasdan, asinxron motordagi elektromagnit jarayonlarni matematik modeli orqali (oqim modeli) oqimni aniqlash yo'li bo'yicha bordi. Elektronika va mikroelektron texnikada erishilgan yutuqlar vektorli tizim rivojlanishining bunday yo'nalishda borishiga asosiy omil bo'lib xizmat qildi.

Oqim modeli bo'yicha rotor oqim ilashuvini aniqlash va asinxron motorni vektorli boshqarishda elektr yuritma tezligini rostlash tizimining funksional sxemasi 3.4.15,a rasmda keltirilgan.

Motorning elektr ta'minoti tok bilan boshqariladigan invertor va o'zgarmas tok zvenoli chastota o'zgartirgich orqali amalga oshiriladi. 3.4.15-rasmdagi sxemaning a variantida tezkor tokli konturlar aylanuvchan koordinata tizimida bajarilgan bo'lib, u qo'zg'almas koordinata tizimida bajarilgan sxemadan farq qiladi. Shuning uchun to'g'ri $i_{1\alpha}$ va kvadraturali $i_{1\beta}$ o'qlar bo'yicha toklarni rostlash konturlari kabi o'zining tarkibida to'ri va teskari aloqa kanallari (TKKA va TAKKA) koordinatalar almashinuvini tashkil qiladi. Tok rostlagichlari $TR\alpha$ va $TR\beta$ larning kirishida toklarning beriluvchi qiymatlari $i_{1\alpha}^*$ va $i_{1\beta}^*$, hamda mos toklarning haqiqiy qiymatlari bir-biri bilan o'zaro solishtiriladi. Tok rostlagichlarning chiquvchi signallari $u_{1\alpha}^*$ va $u_{1\beta}^*$ invertor beriluvchi kuchlanish signali hisoblanadi.



3.4.15-rasm. Asinxron motorni vektorli boshqarishda tezlikning rostdash tizimining funksional sxemasi

Aylanuvchan koordinata tizimida invertor chiqishidagi kuchlanish u_{1A} , u_{1B} va u_{1C} motorning stator cho'lg'amida i_{1A} , i_{1B} va i_{1C} toklarni hosil qiladi. Bu toklar TAKKA da aylanuvchan koordinata tizimiga almashganidan so'ng tok bo'yicha teskari aloqa signali bo'lib xizmat qiladi.

Oqim modeli 3.4.15,b rasmda ko'rsatilgan. Uning tuzulmasini qarab chiqish uchun rotor oqim ilashuvi vektori bo'yicha aylanuvchan koordinata tizimining haqiqiy o'qlar orientatsiyasi holati uchun yozilgan tenglamalarga murojaat qilamiz. Ushbu asosida modelda olinadigan rotor oqim ilashuvining qiymati va rotor EYK chastotasi quyidagi ko'rinishda yoziladi [13]:

$$\hat{\Psi}_2 = \frac{L_m}{(T_2 p + 1)} i_{1\alpha};$$
$$\hat{\omega}_p = \frac{k_2 R_2 i_{1\beta}}{\hat{\Psi}_2} = \frac{L_m i_{1\beta}}{T_2 \Psi_2},$$

bu yerda $T_2 = L_2/R_2$; $k_2 = L_m/L_2$.

Ushbu ifodalarning birinchisidan ko'rinib turibdiki, rotor oqim ilashuvi vektori bo'yicha aylanuvchan koordinata tizimi haqiqiy o'qlar orientatsiyasida oqim ilashuvining qiymati, α to'g'ri o'q bo'yicha stator tokining tashkil etuvchisi bilan aniqlanadi. Ikkinchi tenglama esa oqim ilashuvining berilgan qiymatida, β kvadraturali o'q bo'yicha stator tokining tashkil etuvchisi bo'yicha rotor EYK chastotasining qiymatini hisoblash imkoniyatini beradi. Keltirilgan formulalar bo'yicha rotor oqim ilashuvini va rotor EYK chastatosini hisoblash $\tilde{\Psi}_2$ vektor bo'yicha α o'qning orientatsiyasini ta'minlaydi.

Rotor chastotasi va rotor oqim ilashuvi modulidan tashqari oqim modelida, aylanuvchan koordinata tizimining stator bilan bog'langan qo'zg'almas $x - y$ koordinata tizimiga nisbatan burilish burchagi θ_c ning qiymati, hamda motorning elektromagnit momentining qiymati hisoblanadi. Juft qutblar soniga ko'paytirilgan o'lchangan tezlik qiymatlarining yig'indisi va modelda hisoblangan rotor chastotasining qiymati, statordagi kuchlanish chastotasining qiymati $\hat{\omega}_{0el} = r_p \omega + \hat{\omega}_r$ ni aniqlaydi. Ushbu kattalik integratordan chiqishida θ_c ning qiymatini beradi. Bu qiymat, $\sin \theta_c$ va $\cos \theta_c$

larning zaruriy qiymatlarini hisoblash uchun to'g'ri va teskari aloqa kanali koordinata o'zgartirgichlari $e^{j\theta_c}$ va $e^{-j\theta_c}$ bloklarida qo'llaniladi.

$\tilde{\Psi}_2$ vektor bo'yicha α o'qning orientatsiyasida va rotor oqim ilashuvi amplituda qiymati orqali hamda stator toki vektorining kvadratura o'qidagi proeksiyasi orqali hisoblashlarda elektromagnit moment quyidagi ifoda bo'yicha hisoblanadi:

$$M_d = \frac{3}{2} r_p k_2 \Psi_2 i_{1\beta}.$$

Agarda Ψ_2 va $i_{1\beta}$ lar, modullari kattaliklarning effektiv (ta'sir etuvchi) qiymatlariga teng bo'lgan fazoviy vektorlar proeksiyalarini aks ettirsa, unda moment qiymatini aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalanish kerak bo'ladi:

$$M_d = 3r_p k_2 \Psi_{2ef} i_{1\beta ef}.$$

Elektr yuritmaning boshqarish tizimi aylanuvchan koordinata tizimida bajarilgan va bo'ysinuvchi rostlash tomoyillari bo'yicha qurilgan. α o'q bo'yicha tok konturiga nisbatan OqR oqim rostlagichli rotor oqim ilashuvining rostlash konturi tashqi kontur hisoblanadi. Oqim rostlagichining chiquvchi signali, stator tokining haqiqiy o'qlar bo'yicha tashkil etuvchisi $i_{1\alpha}^*$ ning beriluvchi signalini aks ettiradi. Rostlagichning kirishida Ψ_2^* beriluvchi signal va oqim modelida aniqlangan $\hat{\Psi}_2$ rotor oqim ilashuvining haqiqiy qiymati solishtiriladi. $i_{1\beta}$ tok rostlashg konturiga nisbatan MR rostlagichli momentni rostlash konturi tashqi kontur hisoblanadi. Uning kirishida elektromagnit moment qiymatini beruvchi tezlik rostlagichining chiquvchi signal M_d^* va modelda hisoblangan moment bo'yicha teskari aloqa signali $\hat{M}_d$ solishtiriladi. TR rostlagichli tezlikni rostlash konturi tezlik datchigi(TD) chiqishidagi ω signal bilan yopilgan.

Qaralayotgan sxemadan motorning matematik modelida mavjud bo'lgan chorrahaviy bog'lanishlar ta'sirini yoqotish, tokni rostlash tezkor konturlarini qo'llash yo'li orqali amalga oshiriladi. Bu rotor oqim ilashuvini rostlash

nimtizimini momentni rostlash nimtizimi bilan bog'lanmagan deb qarash imkonini beradi, hamda mustaqqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motoridagi qo'zg'atish oqimini rostlanishi kabi, rotor oqim ilashuvini mustaqqil rostlash imkoniyatini yaratadi. Xususan, motorni oldindan magnitlanish imkoniyati mavjud, ya'ni motor tezligi nolga teng bo'lganda va tezlik konturiga tezlikning beriluvchi signali berilgunga qadar oqimni o'rnatish imkoniyati mavjud.

Agar tezlikni ikki zonali rostlash talab qilinayotgan bo'lsa, unda tizim tarkibida funksional o'zgartirgich (FO') nazarda tutilgan bo'ladi. Uning kirishidagi signal tezlik qiymati bilan aniqlanadi. Tezlik o'zining nominal qiymatidan oshmaguncha FO' chiqishidagi signal nominal oqimni beradi va u o'zgarmas qoladi. Qachonki, tezlik o'zining nominal qiymatidan katta bo'la boshlasa, FO' chiqishidagi signal kamayib boradi va statordagi kuchlanish qiymati o'zgarmagan holda rotor oqim ilashuvini susaytirganda tezlik nominaldan katta qiymatlariga erishishi mumkin.

Tizimning kirishida intensivlik bergich (IB) nazarda tutilgan bo'lib, uning kirishiga tezlikning ixtiyoriy shakldagi beriluvchi signali qo'yilsa, masalan, zinasimon shakldagi, IB chiqishidagi tezlikni beriluvchi signalining o'zgarishi chiziqli yoki berilgan boshqa qonuniyat bilan amalga oshadi va bu elektr yuritmani silliq xarakterdagi ishga tushirish va tormozlash imkoniyatini beradi.

Bo'ysinuvchi rostlash tamoyillariga mos ravishda ichki ("bo'ysinuvchi") konturning chiquvchi kattaliklarini cheklash uchun unga nisbatan tashqi hisoblangan rostlagich konturidagi chiquvchi signallarni cheklash kerak bo'ladi. Shuning uchun to'g'ri va kvadraturali o'qlar bo'yicha stator tokini ruxsat etilgan qiymatlarigacha cheklash uchun, OqR oqim rostlagichida va MR moment rostlagichida $i_{1\alpha}^*$ va $i_{1\beta}^*$ chiquvchi signallarni cheklash blogi nazarda tutilgan. Xuddi shunga o'xshab, motor momentini cheklash uchun tezlik rostlagichida shunday blok ham nazarda tutilgan.

O'tkinchi jarayonlarda beriluvchi signal va teskari aloqa signali orasidagi farqni aks ettiruvchi konturning kirishidagi xatolik signali ruxsat etilgan qiymatdan katta bo'lgandagina tashqi kontur rostlagichi chiquvchi signalining cheklovi amalga oshiriladi. Agar ushbu cheklov mavjud bo'lmasa rostlagich chiqishidagi signal ruxsat etilgan qiymatdan katta bo'ladi va u esa bo'ysinuvchi kontur chiquvchi kattaliklarining ruxsat etilgan qiymatdan katta bo'lishiga olib kelishi mumkin edi. Cheklov blogining mavjudligi tashqi kontur rostlagichining chiquvchi kattaligini ma'lum bir qiymat chegarasida fiksatsiyalaydi va bu jarayon uning kirishidagi xatolik ruxsat etilgan qiymatdan katta bo'lganicha davom etadi. Cheklov blogining mavjudligi nafaqat moment rostlagichida, balki tezlik rostlagichida ham β o'q bo'yicha stator tokini va motor momenti qiymatini mustaqqil cheklash imkonini beradi.

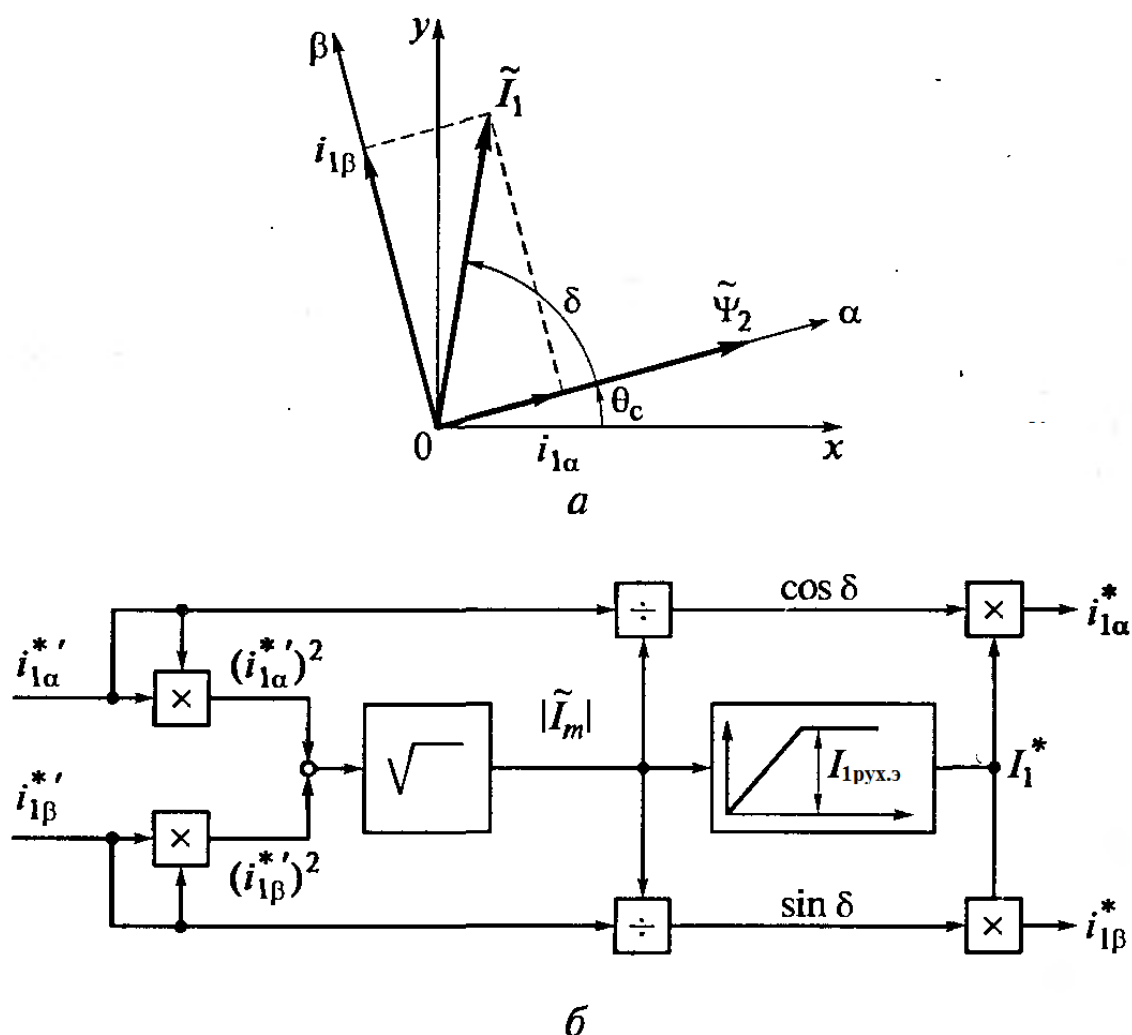
$i_{1\alpha}^*$ va $i_{1\beta}^*$ toklar cheklovining qiymatini tanlashda shuni nazarda tutish kerakki, $I_1 = \sqrt{i_{1\alpha}^2 + i_{1\beta}^2}$ sifatida aniqlanadigan statorning to'la tok moduli o'zining ruxsat etilgan qiymati $I_{1rux.e}$ dan oshmasligi kerak. Buni 3.4.16,a rasmdagi fazoviy vektorli diagramma bo'yicha tushintiriladi. Unda stator tokining fazoviy vektori $\tilde{I}_1$ va to'g'ri va kvadraturali o'qlar bo'yicha stator toki tasvirlangan.

3.4.16,b rasmda stator toklarining to'g'ri va kvadratura bo'yicha beriluvchi signallarining cheklovini ta'minlovchi tokni cheklash blogining tuzulmasi keltirilgan. Bunda to'la tok $I_{1rux.e}$ sathda cheklanadi va bu cheklov $i_{1\alpha}$ va $i_{1\beta}$ toklar orasidagi o'zaro nisbatga bog'liq bo'lmaydi. Sxemaning kirishiga cheklov bloklari mavjud bo'lmagan OqR va MR rostlagichlarning chiquvchi kattaliklari ta'sir qiladi. Ushbu kattaliklari $i_{1\alpha}^{*'} va i_{1\beta}^{*'}$ bilan belgilangan.

Bu kattaliklar kvadrat blokka kirib chiqqanida ayni paytdagi $|\tilde{I}_1^*| = \sqrt{(i_{1\alpha}^{*'})^2 + (i_{1\beta}^{*'})^2}$ stator tokining beriluvchi signalining moduli hisoblanadi.

Shuningdek ushbu blokda stator toki vektorining ayni paytdagi joylashgan holati va aylanuvchan koordinata tizimi α o'qi orasidagi burchakning trigonometrik funksiyasi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi.

$$\sin \delta = i_{1\beta}' / |\tilde{I}_1'|; \quad \cos \delta = i_{1\alpha}' / |\tilde{I}_1'|.$$



3.4.16-rasm. Stator toki modulining cheklovi: *a* – fazoviy vektorli diagramma; *b* – cheklov blogining tuzulmasi

Tok modulining cheklovi zvenosining chiqishidagi signal I_1^* bilan belgilangan. Cheklov blogi chiqishidagi $i_{1\alpha}^*$ va $i_{1\beta}^*$ signallar tokni rostlaydigan konturlar uchun beriluvchi signallari hisoblanadi.

Agar $|\tilde{I}_1^*| \leq I_{1rux.e}$ bo'lsa, unda $I_1^* = |\tilde{I}_1^*|$ bo'ladi va natijada $i_{1\alpha}^* = i_{1\alpha}^*$ va $i_{1\beta}^* = i_{1\beta}^*$, ya'ni cheklov blogi sxemaning ishiga ta'sir ko'rsatmaydi. Agar $|\tilde{I}_1^*| > I_{1rux.e}$ bo'lsa, unda $I_1^* = I_{1rux.e}$ bo'ladi va quyidagi tengliklar bajariladi:

$$i_{1\alpha}^* = I_{1rux.e} \cos \delta = I_{1rux.e} \frac{i_{1\alpha}^*}{|\tilde{I}_1^*|} = I_{1rux.e} \frac{i_{1\alpha}^*}{\sqrt{(i_{1\alpha}^*)^2 + (i_{1\beta}^*)^2}};$$

$$i_{1\beta}^* = I_{1rux.e} \sin \delta = I_{1rux.e} \frac{i_{1\beta}^*}{|\tilde{I}_1^*|} = I_{1rux.e} \frac{i_{1\beta}^*}{\sqrt{(i_{1\alpha}^*)^2 + (i_{1\beta}^*)^2}}.$$

Ushbu ifodalarni hisobga olgan stator toki beriluvchi signalining moduli $i_{1\alpha}^*$ va $i_{1\beta}^*$ toklar kvadratlarining yig'indisidan kvadrat ildiz sifatida aniqlanadi

$$\sqrt{(i_{1\alpha}^*)^2 + (i_{1\beta}^*)^2} = I_{1rux.e},$$

ya'ni, oqim va moment rostlagichlarining chiqishidagi signallar nisbatidan qay'iy nazar to'la tok moduli hamma vaqt $I_{1rux.e}$ sath bo'yicha cheklanadi.

Asinxron motorli elektr yuritmada oldindan magnitlanish rejimi stator tokining to'g'ri tashkil etuvchisini berish orqali ta'minlanadi. Stator tokining to'g'ri tashkil etuvchisi, momentni shakllantiruvchi kvadraturali tashkil etuvchisining berilishidan oldin, rotor oqim ilashuvini shakllantiradi. Qaralayotgan blokda rotor oqim ilashuvini rostlash konturining kirishiga beriluvchi signal Ψ_1^* ning qo'yilishi bilan $i_{1\alpha}^*$ kattalik $I_{1rux.e}$ qiymat bilan cheklanadi va u esa oqim ilashuvining keskin oshishini ta'minlaydi. Shu vaqtning o'zida $i_{1\alpha}$ va $i_{1\beta}$ toklarni alohida cheklashda (3.4.15,a rasmga q.) $i_{1\alpha}^*$ kattalik $I_{1rux.e}$ qiymatdan kichikroq bilan cheklanadi, ya'ni oqimning oshishi sekinlashadi.

Tizimni qurish tamoyillarini qarab chiqish jarayonida (3.4.15-rasmga q.) vaqt davomida motor parametrlari stabil, oqim modeli parametrlari esa motor parametrlariga aniq mos keladi va o'zgarmas qoladi deb nazarda tutilgan. Aslida esa motor parametrlari tashqi ta'sirlarga bog'liq ravishda

o'zgarishi mumkin. Masalan, stator va rotor cho'lg'amlarining aktiv qarshiliklari haroratga bog'liq bo'ladi, harorat esa ulardan oqayotgan tokka va atrof muhit haroratiga bog'liq. Bundan tashqari, induktivlikning o'zgarmas qiymalari bilan xarakterlanadigan motorning magnit tizimini hamma vaqt ham to'yinmagan deb qarab bo'lmaydi. Motorning o'zgaradigan real parametrlari va modelning o'zgarmas parametrlari orasidagi farq elektr yuritmada kechadigan jarayonlarning hisoblashlardan og'ishiga olib keladi va bu vektorli boshqarishning afzalliklaridan to'laqonli foydalanish imkonini bermaydi. Shuning uchun modelni motorning nostabil parametrlari bo'yicha sozlash kerak. Bu, tizimni ishlab chiqishda yuzaga keladigan asosiy masalalardan biri hisoblanadi. Ushbu masalani yechishda bir necha usullardan foydalaniladi. Ulardan, oqim modelida cho'lg'amning qizishi tufayli qarshiligining o'zgarishini va motor magnit tizimining to'yinishini hisobga oladigan nisbatan soddaroq bo'lgan ikkita usulga to'xtalib o'tamiz.

Birinchi masalani yechishda motorda harorat datchiklari orqali cho'lg'am haroratini avtomatik nazorat qilish nazarda tutiladi. Harorat datchigiga bog'liq ravishda cho'lg'amlar qarshiliklari motorning maxsus issiqlik modeliga asosida boshqaruv tizimida hisoblanadi. Real vaqtda olingan natijalar bo'yicha model sozlanadi.

Rotorning vaqt doimiysi uchun yozilgan $T_2 = L_2/R_2$ ifoda va $k_2 = L_2/R_2$ koefitsient asosida to'yinmagan motorda rotor oqim ilashuvi va rotor EYK chastotasi uchun formulani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\begin{aligned} p\hat{\Psi}_2 &= L_m R_2 i_{1\alpha}/L_2 - R_2 \hat{\Psi}_2/L_2; \\ \hat{\omega}_p &= L_m R_2 i_{1\beta}/(L_2 \hat{\Psi}_2) \end{aligned} \quad (3.4.11)$$

Ushbu tenglamaga kiruvchi L_m asosiy induktivlik bevosita yoki rotor to'la induktivligining bir qismi $L_2 = L_m + L_{2\sigma}$ sifatida tenglamalarning o'ng tomonidagi barcha ko'paytuvchilar tarkibiga kiradi. Mos ravishda, agar to'yinish hisobida induktivlikning o'zgarishi hisobga olinsa, unda ushbu

tenglamalarning uchala hadiga ham o'zgartirish kiritish kerak. Masalani soddalashtirish mumkin [10,14].

Oldin ta'kidlanganimizdek L_m deb to'yinmagan motorning asosiy induktivligini nazarda tutamiz, to'yingan motorning induktivligini esa L'_m orqali belgilaymiz. Ushbu induktivliklar qiymatlari orasidagi o'zaro bog'lanishni quyidagi tarzda aniqlaymiz:

$$L'_m = \lambda L_m,$$

bu yerda λ – nochiqiq koeffisient bo'lib uning qiymati $L'_m = f(|\tilde{I}_m|)$ xarakteristikadan aniqlanishi mumkin. Xarakteristikaning to'yinmagan qismida $L'_m = L_m$ tenglik bajariladi. Agar xarakteristika chiziqli bo'lganda rotorning berilgan oqim ilashuvi qiymatiga mos keluvchi tok sifatida i_{m0} kattalikni kiritamiz:

$$i_{m0} = \hat{\Psi}_2 / L_m,$$

bundan rotor oqim ilashuvini quyidagi ko'rinishda aniqlashimiz mumkin:

$$\hat{\Psi}_2 = L_m i_{m0}. \quad (3.4.12)$$

Sochilish induktivligi to'yinishga bog'liq emas deb qarab, to'yingan motorda rotorning to'la induktivligini $L'_2 = L'_m L_{2\sigma}$ ko'rinishida yozish mumkin. Unda (3.4.11) tenglamalarning biinchisi o'rniga quyidagini yozish mumkin:

$$L_m p i_{m0} = L'_m R_2 i_{1\alpha} / L'_2 - R_2 L_m i_{m0} / L'_2.$$

$L'_m \gg L_{2\sigma}$ ekanligini nazarda tutib, ma'lum bir xatolik bilan $L'_2 = L'_m + L_{2\sigma} = \lambda L_m + L_{2\sigma} \approx \lambda L_2$ deb qabul qilish mumkin. Ushbuni hisobga olgan holda oxirgi tenglamaning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$L_m p i_{m0} = L_m \lambda \frac{R_2}{\lambda L_2} - \frac{R_2}{\lambda L_2} L_m i_{m0}.$$

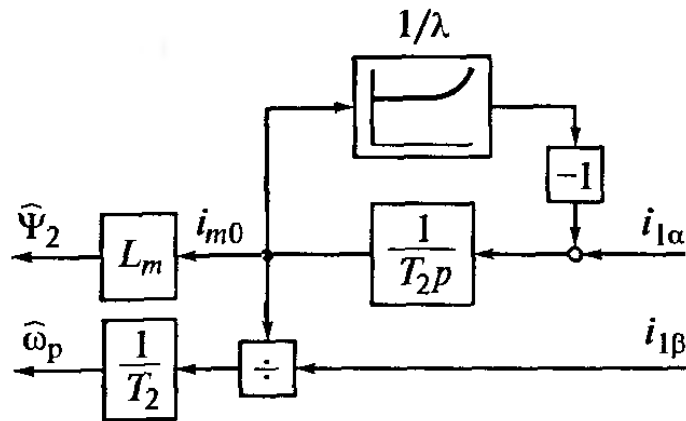
Ushbu tenglamaga $T_2 = L_2 / R_2$ belgilash kiritib va uni L_m ga bo'lsak, modelning matematik ifodalash qismini olishimiz mumkin. Bu modelda rotor oqim ilashuvi (3.4.12) ifoda bo'yicha aniqlanadi:

$$pi_{m0} = \frac{1}{T_2} \left(i_{1\alpha} - \frac{i_{m0}}{\lambda} \right);$$

Xuddi shunga o'xshash o'zgartirishlar orqali hisoblanayotgan modelda rotor EYuK chastotasini ifodalovchi tenglamani olishimiz mumkin:

$$\omega_p = \frac{1}{T_2} \frac{i_{1\beta}}{i_{m0}}.$$

(3.4.12) ni hisobga olgan holda ushbu formulalar bo'yicha qaralayotgan oqim modelining qurilgan tuzulmaviy sxemasi (3.4.17-rasmda) ko'rsatilgan. Magnitlanish xarakteristikasining nochiziqligini hisobga olish uchun modelga, xarakteristikasi $1/\lambda$ nochiziqli blok kiritish kofoya qiladi.



3.4.17-rasm. To'yinishni hisobga oladigan oqim modeli

3.4.6. Ventil motorli elektr yuritmaning boshqaruv tizimi

Keyingi o'n yillikda elektr yuritma ixtirochilar diqqatini asinxron va sinxron motorlar bilan bir qatorda ventil-induktorli motorlar (VIM) ham tortib kelmoqdaki, ular chet el adabiyotlarida Switched reluctance machine (SRM) deb nom olgan. Bunday motorlarga bag'ishlangan birinchi ishlar XX asrning 80-yillariga ta'luqlidir. Shu yillar ichida ventil-induktorli motorlarning nazariyasi takomillashib borib, ularni ishlab chiqarish va elektr yuritmalarda amaliy qo'llanilish tajribalari oshib bordi. VIM larning qo'llanilishiga asosiy mezonlar quyidagilardan iborat [10,14]:

- yuqori tezlikli va kichik isroflari kuch elektron kalitlarning yaratilishi;
- qadamli motorlar yaratilishidagi tajribalar;

-asinxron motorlarni boshqarishda keng-impulsli modulyatsiya prinsiplarini qo'llashdagi tajribalar;

-mikroprotessor texnikasining rivojlanishi, qaysikim bu boshqaruvning murakkab algaritmlarini qo'llanilishidagi cheklovlarni olib tashladi;

VIM ning asosiy afzalliklari:

-konstruksiyasining soddaligi va u bilan bog'liq bo'lgan materialning tejalishi, bu esa motorning tan narxini hattoki qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorga nisbatan ham pastligiga sabab bo'ladi;

-motor ta'minot olayotgan bir tomonlama o'tkazuvchanlik tokiga ega bo'lgan kuch ventelli kommutatorni o'zida aks etiruvchi o'zgartirgichning soddaligi;

Motorning kamchiliklariga quyidagilarni misol qilish mumkin:

-rotor holatining datchigi yoki uni o'rnini bosuvchi elektron sxemadan foydalanishning zaruriyati;

-stator qutblari cho'lg'amlaridagi toklarning murakkab shakllarini shakllantirish orqali erishiladigan silliq harakatni hosil qilishdagi va shovqin darajasini pasaytirishdagi qiyinchiliklar.

Asinxron va sinxron motorlardan farqli ravishda VIM larda elektromagnit moment, statorning aylanuvchan magnit maydoni va rotor toklari orasidagi o'zaro ta'sir natijasida emas, balki magnit tizimning nosimmetrikligi hisobida hosil bo'ladi. Ventil-induktorli motorning ishlash prinsipi to'rt fazali motor misolida 3.4.18-rasm orqali tushuntiriladi. Ayonqutbli statorning bir-biriga qarama-qarshi turgan har qaysi ikki qutbiga ketma-ket ravishda ulangan o'ram joylashtirilgan. Ikkita o'ram stator faza cho'lg'alarini $A_1 - A_2, B_1 - B_2, C_1 - C_2$ va $D_1 - D_2$ hosil qiladi. Ular ta'minotni ventelli kuch kommutatori orqali U_d kuchlanishli o'zgarmas tok manbaidan oladi. Ventelli kuch kommutatorining har bir fazasi yuklamadan manbaning plyusidan munusi tomon tokni oqishini ta'minlaydi. Rotor arrasimon bo'lib, unda cho'lg'am bo'lmaydi. VIMlarning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki,

uning rotoridagi tishlar soni stator qutblar soniga teng bo'lmaydi. Stator qutblar soni quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

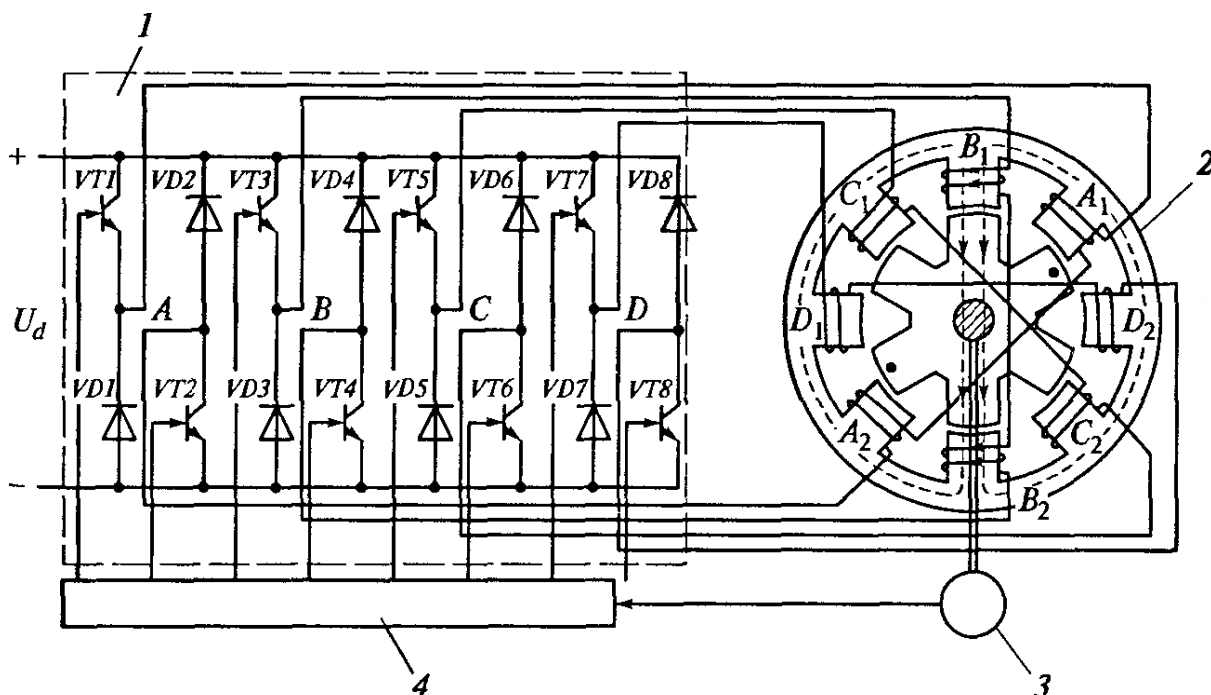
$$z_c = 2k_1m,$$

bu yerda k_1 – butun son; m – fazalar soni.

Rotorning qutblar (tishlar) soni z_p ixtiyariy tanlanmaydi, balki quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi

$$z_p = 2(k_2m \pm 1),$$

bu yerda k_1 – butun son.



3.4.18-rasm. Ventelli-induktorli motorning tuzilishi: 1-kuch kommutatori; 2-motor; 3- rotor holatining datchigi (RHD); 4- boshqaruv tizimi (BT)

3.4.18-rasmda tasvirlangan motorda fazalar soni 4 ga, k_1 va k_2 koeffisientlar esa 1 ga teng deb qabul qilingan, natijada stator qutblar soni 8 ga teng bo'ladi. Rotorning tishlar soni z_p uchun yozilgan formuladagi tanlangan ishoraga bog'liq holda 6 (3.4.18-rasmga q.) yoki 10 bo'lishi mumkin [10,14].

3.4.18-rasmda rotor holati shunday tasvirlanganki, unda tok manbadan tranzistorlar kaliti orqali kommutatorning B fazasidan va stator qutblarining

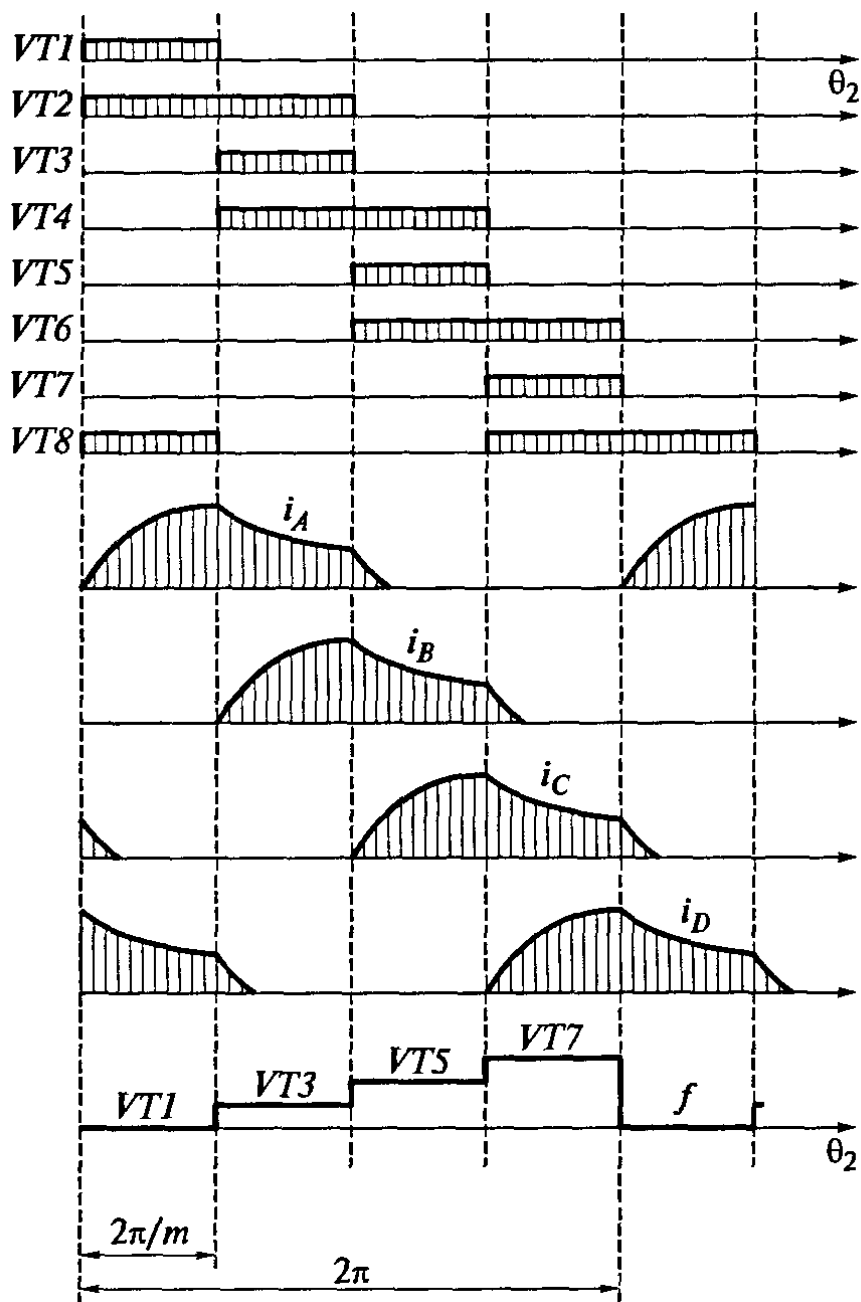
B_1 va B_2 cho'lg'amlari orqali o'tadi, rotor o'qi esa ushbu cho'lg'amlar o'qi bilan mos tushadi. Statorning boshqa fazalari esa tok bo'lmaydi. Magnit kuch chiziqlari statorning cho'lg'amlarida tok bo'lgan ikkita qutbi va rotorning ikki tishi hamda rotor jismi orqali va undan keyin stator magnit tizimi yarmosi orqali tutashadi. Agar kommutatorning B fazasidagi tranzistorlar yopilib A fazadagi tranzistorlar ochilsa, unda tok A_1 va A_2 cho'lg'amlari orqali o'tadi va bu stator oqimining vektorini soat millari bo'ylab 45^0 ga burilishiga sabab bo'ladi. Stator maydoni ta'sirida $A_1 - A_2$ cho'lg'am o'qi yaqinidagi rotor juft tishlarining o'qi $A_1 - A_2$ cho'lg'am o'qi bilan mos tushguniga qadar buriladi. Rasmda rotorning bu juft tishlar nuqta bilan belgilangan. Rotor stator magnit oqimining vektorining burilish yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda 15^0 ga buriladi. Agar kommutatorning B fazasidan keyin S fazadagi tranzistorlar ochilsa, unda magnit oqimi vektori soat millariga qarama-qarshi yo'nalishda 45^0 ga, rotor esa soat millari bo'yicha 15^0 ga buriladi. Shunday qilib, VID elektromagnit reduksiya xususiyatiga ega, ya'ni motor statori maydonining tezligi va rotorining tezligi bir-biriga teng bo'lmaydi. Qaralayotgan hol uchun reduksiya koeffisienti $k_p = 3$ teng. Rotorning aylanish yo'nalishi stator maydonining aylanish yo'nalishiga qarama-qarshi bo'lishi -bu motorning o'ziga xos xususiyatidir bo'lib, motor rotoridagi tishlar soni statoridagi qutblar sonidan kam bo'ladi. Agar $z_p > z_c$ bo'lsa, rotor stator maydoni yo'nalishi bo'yicha aylanadi. Agar rotor tishlar soni uchun yozilgan formulada plyus ishora olinsa, unda rotor tishlar sonini $z_p = 10$ ga teng qilib yasash kerak bo'ladi, ya'ni stator qutblar sonidan ko'p. Unda rotor stator maydoni yo'nalishi bo'yicha aylanar edi, magnit reduksiya koeffisienti esa $k_p = 5$ gacha oshar edi.

Motor rotori uzluksiz aylanishni davom ettirishi uchun stator qutblari cho'lg'amlarini ketma-ket ta'minot manbasiga ulash kerak bo'ladi. Cho'lg'amlarni bunday ulab-uzishlar rotor holatiga bog'liq ravishda amalga oshiriladi.

3.4.19-rasmda kuch kommutatori kalitlarining ulab-uzish algoritmi ko'rsatilgan. Har bir asosiy (toq) tranzistorning ochilish holatining burchagi $2\pi/m$ ni tashkil qiladi, har bir yordamchi (jutf) tranzistorning ochilish holatining burchagi esa $-\pi$. Har bir fazada bir qutbli tokning shakllanishi uchta etapda amalga oshiriladi. Birinchi aktiv etapda, ya'ni motor fazalariga ochiq turgan jutf va toq tranzistorlar orqali o'zgarmas tok manbasidan U_d kuchlanish qo'yilganda (3.4.18-rasmga q.), faza cho'lg'amlaridagi tok oshib boradi. $2\pi/m$ sohaning oxirgi qismida ushbu fazaning asosiy tranzistori keyingi fazaning tranzistori ochilishi uchun yopiladi. Shundan so'ng ikkinchi passiv etap boshlanadi, unda berilgan fazadagi tok, keyingi $2\pi/m$ burchak davomiyligi mobaynida ochiq turgan yordamchi tranzistordan o'tib, kamaya boshlaydi. Qachonki bu tranzistor yopilsa, tok ikki diod orqali o'tib keskin nolgacha pasayadi.

Biroq motor ishlash jarayonida uning silliq aylanishini, moment pulsatsiyasini kamaytirishni va shovqin darajasining kamaytirishni ta'minlash uchun stator toki shakllanishining algoritmini murakkablashtirishga to'g'ri keladi. Tok maxsus qonun bo'yicha shakllanishi kerakki, unda motorda kechadigan elektromagnit jarayonlarni optimallashtirsin. Ushbu qonunni tadbiq etish maqsadida aktiv va passiv etaplardagi tokning shakllanishiga ta'sir ko'rsatish kerak. Buning uchun keng-impulsli modulyatsiya prinsiplarini asosiy tranzistorlarga yoki asosiy va yordamchi tranzistorlariga ta'siri qo'llanilishi mumkin.

Ventelli kuch kommutatorining kalitlarini ulab-uzish funksiyasini bajaruvchi rotor holati rotor holatining datchigi (RHD) orqali o'lchanadi (3.4.19-rasmga q.). Boshqaruv tizimida (BT) datchikdan olingan signallar diskret kommutatsiyali funksiya f aylantiriladi va u kerakli ulab-uzish algoritmini va tranzistorlar ochiq holatining davomiyligini ta'minlaydi [10,13,14].



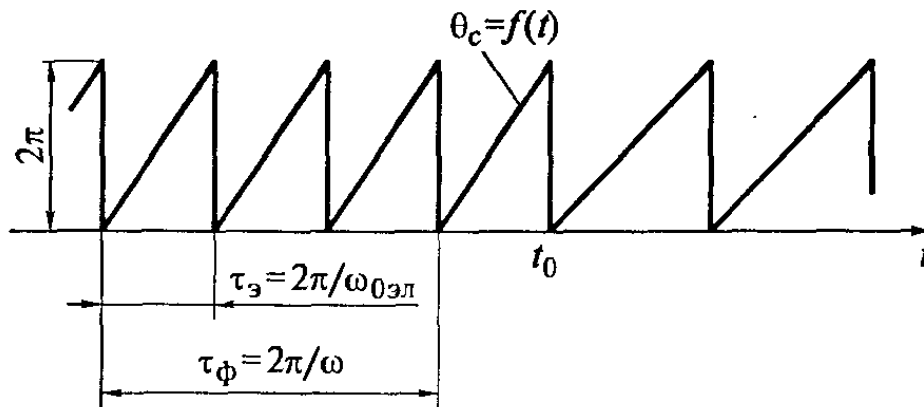
3.4.19-rasm. Ventil-induktorli motor faza cho'lg'amlardagi toklarning shakllanishi

Bayon qilingan kommutatsiya usuli yakka kommutatsiya deb nomlanadi, chunki ixtiyoriy vaqt momentida ta'minot manbasiga motorning bitta fazasi ulanadi. Shu bilan bir qatorda manbaga motorning ikki fazasi ulanadigan juft kommutatsiya ham qo'llaniladi.

Ayonsiz qutbli rotorli sinxron motor asosidagi ventil motorini boshqaruv tizimining aylanuvchan koordinata tizimida bajarilgan matematik

ifodalanishi ga asosan bo'ylanma va ko'ndalang o'qlar bo'yicha tokning beriluvchi signallari i_{1d}^* va i_{1q}^* ni stator toki oniy qiymatlarining beriluvchi signallari i_{1A}^* , i_{1B}^* va i_{1S}^* ga o'zgartirish, asinxron motorda vektorli boshqarish bilan tezlikni rostlash tizimlarida bajarilgani kabi amalga oshiriladi. Faqatgina farqi, stator bilan bog'langan qo'zg'almas $x - y$ koordinata tizimiga nisbatan aylanuvchan koordinata tizimining burilish burchagi θ_c ning qiymatini aniqlash usulidadir. Asinxron motorli tizimda bu θ_c burchak $\hat{\omega}_{0el}$ chastotadan integral olish orqali shakllangan edi. Ushbu chastota $\hat{\omega}_{0el}$ ning o'zi esa o'z navbatida motorning o'lchangan tezligi va oqim modelida hisoblangan rotor chastotasi orqali aniqlangan edi. Ventil motorli sxemada esa θ_c burchak rotorning elektrik fazodagi burilish burchagi sifatida aniqlanadi. Chunki rotor sinxron tezlik bilan aylanadi va rotor oqim ilashuvi vektorining aylanuvchan koordinata tizimi d o'qi bo'yicha orientatsiyasida θ_c burchak va rotorning burilish burchagi bir-biriga teng bo'ladi. Buni amalga oshirish uchun rotor holatining datchigi rotor valiga shunday o'rnatilishi kerakki, rotor bilan bog'langan koordinata tizimining d o'qi stator bilan bog'langan koordinata tizimining x o'qi bir-biriga mos tushganda, rotor holati datchigining chiqishidagi signal nolga teng bo'lsin.

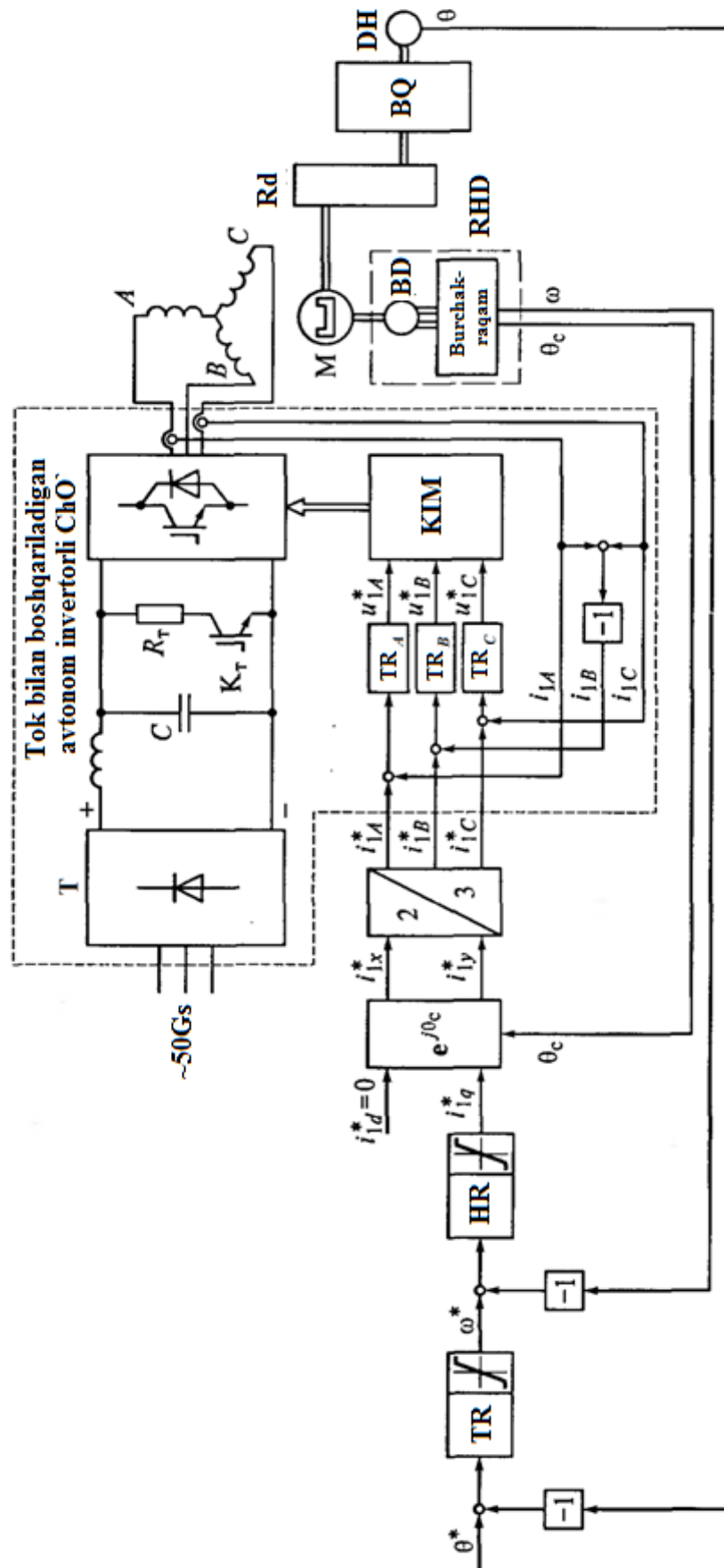
Rotor holatining datchigi (RHD) motor rotorini burilish burchagi θ_c ning 0 dan 360 el.grad. chegaradi o'lchaydi. Juft qutblar soni uchga teng bo'lgan motor uchun RHD chiqishidagi signalning o'zgarish xarakteri 3.4.20-rasmda ko'rsatilgan bo'lib unda abssissa o'qi bo'yicha vaqt o'rnatilgan. Unda belgilangan τ_e va τ_f qiymatlar motor rotorining mos ravishda elektrik va fizik fazodagi burilish davrini aks ettiradi. Rasmning o'ng qismida, agar t_0 vaqt momentida tezlik keskin bir yarim marta kamayganda RHD chiqishidagi signal xarakterining qanday o'zgarishi mumkinligi ko'rsatilgan.



3.4.20-rasm. Juft qutblar soni uchga teng bo'lgan motor uchun RHD chiqishidagi signalning vaqt bo'yicha o'zgarish xarakteristikasi

Ayonsiz qutbli rotorli sinxron motor asosidagi ventil motorli ishchi mashinaning bo'ysinuvchi qismi holatini boshqarish tizimining funktsional sxemasi 3.4.21-rasmda keltirilgan. Motor tok bilan boshqariladigan avtonom invertorli chastota o'zgartirgichdan ta'minot oladi. Tokli konturlar qo'zg'almas koordinata tizimida bajarilgan. Stator toki vektorining q o'q bo'yicha yo'nalishi, koordinatalar almashinuvi blogining kirishida tokni beriluvchi signali i_{1d}^* ni nolga tengligi sharti bilan ta'minlanadi. Sxemada ko'rsatilgan rotor holatining datchigining tarkibida aylanuvchi transformator shaklidagi burchakning birlamchi datchigi hamda chiqishda rotorning burilish burchagi oniy qiymatini raqamli ko'rinishda chiqaruvchi burchak-raqam o'zgartirgichi mavjud. Ushbu signal $e^{-j\theta_c}$ koordinatalar almashinuvi blokiga kiritiladi va shu sababidan motor rotor holatining datchigi orqali beriladigan chastota bilan boshqariladi [10,14].

Qoidaga ko'ra, burchak-raqam o'zgartirgichi burchak bilan bir vaqtda motor tezligining oniy qiymatini aniqlaydi. Bu signal tezlikning haqiqiy qiymatining signali sifatida foydalaniladi va TR rostlagichining kirishida tezlikning beriluvchi signali bilan solishtiriladi. Tezlikning beriluvchi signali esa tashqi kontur rostlagichining – holat rostlagichining chiqishidan olinadi.



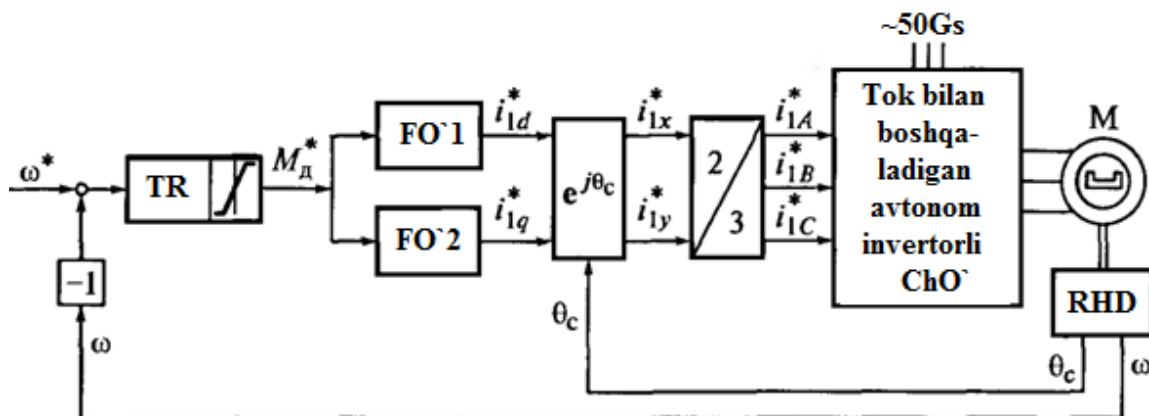
3.4.19-rasm. Ventil motorli ishchi mashinaning bo'ysinuvchi qismi holatini boshqarish tizimining funknsional sxemasi

RHD orqali olingan burchak qiymati rotorning burilish burchagi bo'yicha holat konturini yopish uchun qo'llanilishi mumkin. Agarda, ko'pincha holatni rostlash tizimlarida uchraganidek, tizimni yopilishi rotor holati bo'yicha emas, balki bevosida motor bilan reduktor (Rd) orqali bog'langan ishchi mashinaning bo'ysinuvchi qismi (BQ) holati bo'yicha talab qilinsa, unda kontur bo'ysinuvchi qism valiga o'rnatilgan alohida holat datchigi (HD) orqali yopiladi (3.4.21-rasmga q.).

Holatni boshqarish tizimi bo'ysinuvchi rostlash tamoyillari bo'yicha qurilgan bo'lib tok bilan boshqariladigan invertor tarkibida tok konturlaridan tashqari o'zlarining TR va HR rostlagichlaribilan tezlik va holatni tezlik va holat rostlagichlari ham mavjud. RS ning chiqishidagi signalni cheklovi orqali o'tkinchi jarayotlarda statordagi dinamik tokning cheklovi ta'minlanadi, HR ning chiqishidagi signalni rostlash orqali esa tezlikni ruxsat etilgan maksimal qiymatining cheklovi ta'minlanadi. Tezlik va holat rostlagichlarining parametrlari va tuzulmasi konturlarni standart sozlash shartlari bilan aniqlanadi.

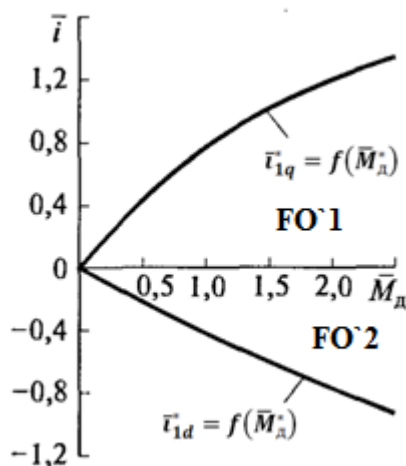
Agar ventil motori ayonqutbli rotorli sinxron motor asosida bajarilgan bo'lsa, unda elektr yuritma tuzilmasi tarkibida statorning bo'ylanma va ko'ndalang o'qlar bo'yicha beriluvchi toklar tuguni mavjud bo'ladi. Uning yordami bilan motor elektromagnit momentining har bir qiymati statorning mumkin bo'lgan minimal tokida ta'minlanadi. 3.4.22-rasmda xuddi shunday motorli elektr yuritma tezligini rostlash tizimining funksional sxemasi ko'rsatilgan. Rasmda ushbu tugun ikkita FO'1 va FO'2 funksional o'zgartirgich shaklida bajarilgan. O'zgarmas magnitli motorlarda rotordagi moment stator tokining qiymati orqali aniqlanganligi bois, tok rostlagichining chiqishidagi signalni momentning beriluvchi signali sifatida qarash imkoniyatini beradi hamda tezlik rostlagichining chiqishida funksional o'zgartirgichlarni ulash mumkin.

To'g'ri va kvadraturali o'qlar bo'yicha tokning beriluvchi signallari $\bar{i}_{1d}^* = f(\bar{M}_d^*)$ va $\bar{i}_{1q}^* = f(\bar{M}_d^*)$ bog'lanishlarini tasvirllovchi FO'1 va FO'2 o'zgartirgichlarning 3.4.23-rasmda keltirilgan xarakteristikallari hisoblash natijalari bo'yicha quriladi. Unda va 3.4.23-rasmda o'zgaruvchilar nisbiy birliklarda keltirilgan.



3.4.22-rasm. Ayon qutbli rotorli sinxron motor asosidagi ventil motorli elektr yuritma

Tok va momentning nisbiy qiymatlaridan absolyut qiymatlariga o'tish uchun ushbu nisbiy qiymatlarini ularning baza qiymatlariga ko'paytirish kerak bo'ladi $I_b = \Psi_f / (L_{1d} - L_{1q})$ va $M_b = (3/2)p_p \Psi_f I_b$.



3.4.23-rasm. FO'1 va FO'2 funksional o'zgartirgichlarning xarakteristikallari

Mustaqil qo'zg'atishli o'zgaras tok motorli elektr yuritmalarda va asinxron motorli o'zgaruvchan tok elektr yuritmalarda vektorli boshqarishda tezlikni ikkizonali rostlash tizimi qo'llaniladi. Ikki zonali rostlash rejimi ventil motorli elektr yuritmalarda ham tadbiq qilinishi mumkin. Bunda, agar motor ayonsiz qutbli rotorli motor asosida bajarilgan bo'lsa, tezlikning qiymati noldan nominalgacha bo'lgan diapazonda o'zgarishi stator tokining d o'q bo'yicha tashkil etuvchisining nolga tengligi bilan ta'minlanadi va bir vaqtning o'zida chastota o'zgartirgichning kuchlanishi va chastotasi o'lchanadi. Kuchlanish nominal qiymatga erishganda va uni keyingi oshirishga imkon bo'lmaganda, faqat chastota oshadi, d o'q bo'yicha tokning nolga tengligi esa ta'minlamaydi. Masalaga oldinlik kiritish uchun aylanuvchan koordinata tizimida kuchlanishning fazoviy vektori uchun yozilgan ifodaga murojaat qilamiz va $\tilde{I}_{1d-q} = i_{1d} + j i_{1q}$ va $T_1 = L_1/R_1$ ekanligini nazarda tutib ushbu ifodada $p = 0$ deb qabul qilamiz:

$$\tilde{U}_{1d-q} = (R_1 + j r_p \omega L_1) i_{1d} + j [(R_1 + j r_p \omega L_1) i_{1q} + E]. \quad (3.4.13)$$

Motor tezlik diapazonining nominaldan kichik qiymatlari qismida stator tokining d o'q bo'yicha tashkil etuvchisining nolga tengligi ta'minlanadi va kuchlanish quyidagi ifoda bo'yicha aniqlanadi:

$$\tilde{U}_{1d-q} = -j r_p \omega L_1 i_{1q} + j (R_1 i_{1q} + E).$$

Bayon qilinganlarga mos vektor diagramma 3.4.24,a rasmda ko'rsatilgan. Unda $\tilde{I}_1$ tok vektori va aylanuvchan koordinata tizimi d o'qi orasidagi δ burchak 90° teng. Nominal rejimda statordagi kuchlanish vektorining moduli quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$|U_{1n}| = \sqrt{(r_p \omega_n L_1 i_{1qn})^2 + (R_1 i_{1qn} + E_n)^2},$$

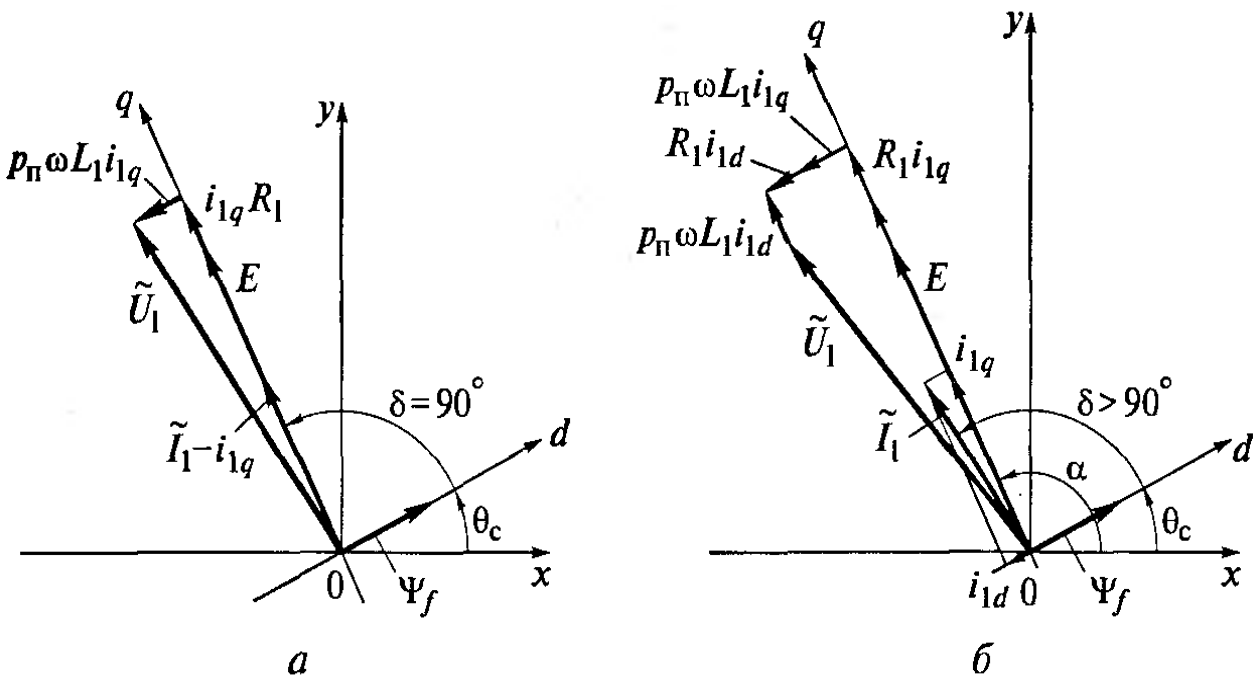
bu yerda ω_n – motorning nominal tezligi; i_{1qn} – motor nominal tokining q o'q bo'yicha tashkil etuvchisi, $i_{1qn} = I_n$; E_n – nominal aylanuvchan EYuK, $E_n = r_p \omega_n \Psi_f$.

Tokning i_{1qn} tashkil etuvchisi nominal elektromagnit moment bilan quyidagi ifoda bo'yicha bog'langan:

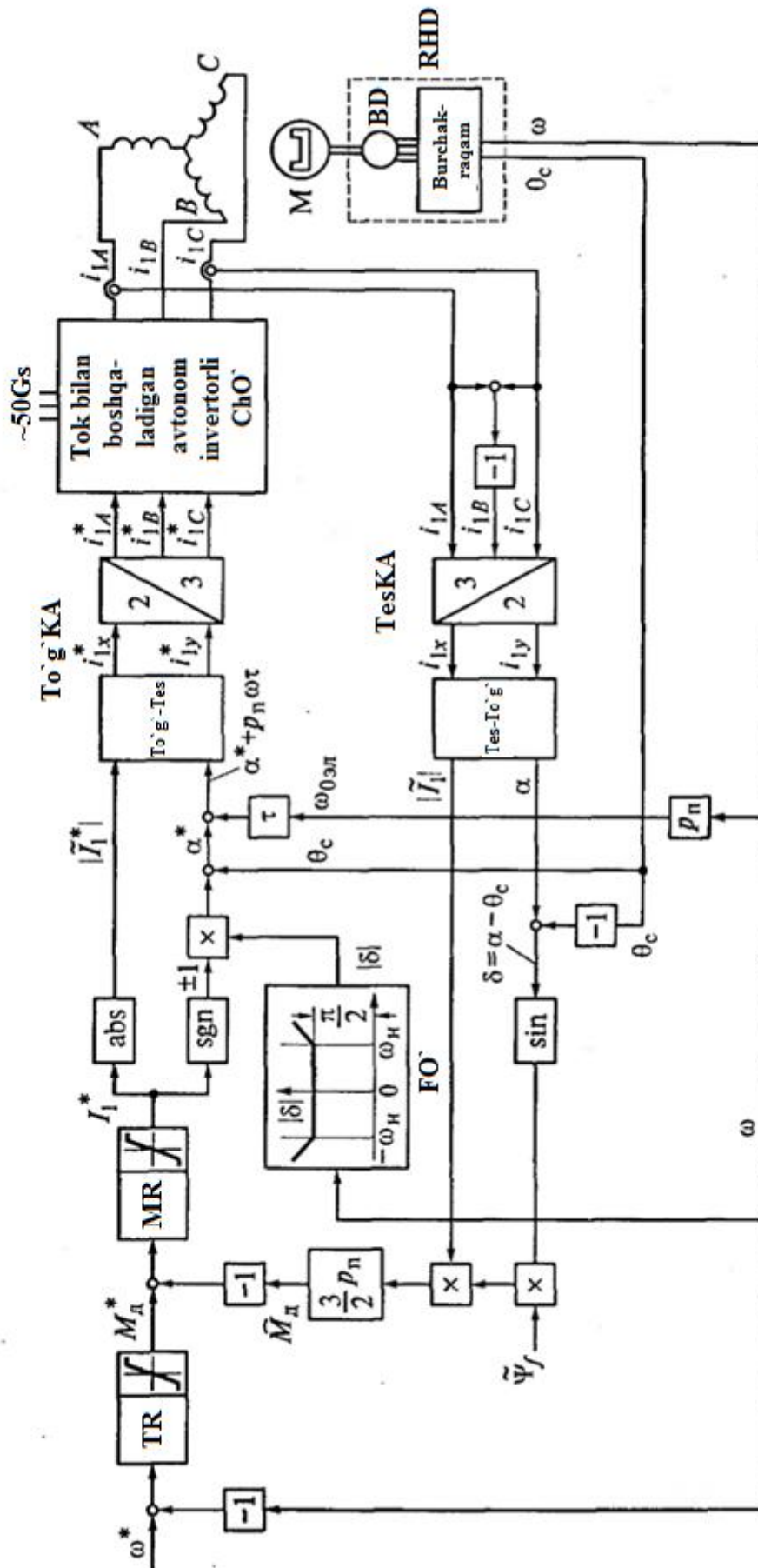
$$M_n = \frac{3}{2} r_p i_{1qn} \Psi_f.$$

O'zgarmas magnitli rotor oqimidan oqim ilashuvini o'zgartirish mumkin bo'lmaganligi bois, tezlikni nominaldan kattaroq qiymatlariga oshirganda kuchlanishni o'zgarmas saqlash faqatgina tokning i_{1d} tashkil etuvchisining noldan farqli qiymatlarini hosil qilish bilan amalga oshirilishi mumkin. (3.4.13) ifodaga mos keluvchi vektor diagramma 3.4.24,b rasmda ko'rsatilgan. Bunda tok vektori ilgariylash tomonga siljiydi va burchak $\delta > 90^\circ$ bo'ladi. Berilgan aniq rejim uchun i_{1d} ning qiymati quyidagi noxiziqli tenglamani yechish natijasida aniqlanishi mumkin:

$$\sqrt{(R_1 i_{1d} - r_p \omega L_1 i_{1q})^2 + (R_1 i_{1q} - r_p \omega L_1 i_{1d} + E)^2} = U_{1n} \quad (3.4.14)$$



3.4.24-rasm. Ventil motorli elektr yuritma tezligini ikki zonali rostlashdagi vektorli diagramma: a - $i_{1d} = 0$ bo'lganda; b - $i_{1d} < 0$ bo'lganda.



3.4.25-rasm. Ventil motorlining tezligini ikki zonali rostlash tizimi

i_{1q} tok yuklama momenti bilan aniqlanadi, E EYK esa $\omega > \omega_n$ tezlik bilan aniqlanadi. Bunda shuni nazarda tutish kerakki, barqarorlashgan rejimda $I_1 = \sqrt{i_{1d}^2 + i_{1q}^2} \leq I_{1n}$ shart bajarilishi kerak.

Ventil motorli elektr yuritmaning tezligini ikki zonali rostlash tizimining funksional sxemasi 3.4.25-rasmda tasvirlangan. Unda motor statorining cho'lg'amlari 3.4.21-rasmdagi kabi tok bilan boshqariladigan avtonom invertorli chastota o'zgartirgichdan ta'minot oladi. Farqi o'zgartirgichlar kirishidagi va stator toki bo'yicha teskari aloqa chiqishidagi o'zgaruvchilarni tasvirlanish shaklida: ushbu kattaliklar ortogonal tizimda emas balki qutbli koordinata tizimida tasvirlangan. To'g'KA o'zgartirgichning kirish qadamiga mos ravishda o'zgaruvchilarni qutbli koordinata tizimidan qo'zg'almas $x - y$ koordinata tizimiga, TesKA o'zgartirgichning chiqish qadamiga mos ravishda esa teskari almashinuv - $x - y$ koordinata tizimidan qutbli koordinata tizimiga o'zgartirishlar amalga oshiriladi. Qutbli koordinata tizimida tok vektori, $|\tilde{I}_1|$ vektor moduli va uning qo'zg'almas koordinata tizimiga nisbatan α burilish burchagi shaklida tasvirlangan(3.4.24,b rasmga q.). Sxemada ushbu almashunuvlar To'g' - Tes va Tes - To'g' kabi belgilangan.

Boshqaruv tizimi momentni va tezlikni rostlovchi konturlardan iborat ikki konturli sifatida bajarilgan. MR moment rostlagichning chiqishidagi I_1^* signal abs va sgn bloklar kirishiga ta'sir qiladi. Ushbu bloklarning birinchisi (abs) tok vektori modulini ajratish blokini aks ettirsa, ikkinchisi (sgn) - bu ideal rele. Uning chikuvchi kattaligi, agar $|I_1^*| > 0$ bo'lsa ± 1 teng, agar $|I_1^*| < 0$ bo'lsa -1 ga va agar $|I_1^*| = 0$ bo'lsa ushbu chiquvchi kattalik nolga teng bo'ladi. Sxemada FO' funksional o'zgartirgich nazarda tutilgan bo'lib, uning xarakteristikasi $|\delta| = f(\omega)$ bog'lanishni aks ettiradi. Chiquvchi signalga sgn blokni ko'paytirgandan so'ng δ burchak MR chiqishida signal ishorasini oladi va rotor holati datchigining signali θ_s bilan qo'shiladi. Rotor holati

datchigining signali θ_s rotorning va u bilan elektrik fazoda bog'langan $\tilde{\Psi}_f$ vektorning burilish burchagini aks ettiradi. Bu ikki burchak qo'shilishidan olinadigan natija vaqt bo'yicha uzluksiz o'zgaradigan tok vektorining qo'zg'almas koordinata tizimiga nisbatan burilish burchagi hisoblanadi. Tezlikning nominaldan oshmaydigan qiymatlarida ishlash jarayonida FO' chiqishidagi signal $|\delta| = 90^0$ ga mos keladi va bu bilan tokning i_{1d} tashkil etuvchisining nolga tengligi ta'minlanadi. $\omega > \omega_n$ bo'lganda beriluvchi $|\delta|$ burchak oshadi va tokning manfiy i_{1d} tashkil etuvchisini hosil bo'lishga olib keladi (3.4.22,b rasmga q.).

Chastota o'zgartirgichda faza kuchlanishlari sinusoidlarining mos beriluvchi signallardan orqada qolishini kompensatsiya qilish uchun, α^* burchakka ilgarilovchi burchak $r_p \omega \tau$ qo'shiladi. Ushbu ilgarilovchi burchak invertor chiqishidagi kuchlanish chastotasiga, ya'ni sinxron motorda – motorning tezligiga va kechikish vaqtiga bog'liq bo'ladi.

To'g'ri kanaldagi To'g'-Tes koordinatalar almashinuvi blogida qo'zg'almas koordinata tizimida stator toki tashkil etuvchisining hisoblashlari amalga oshiriladi:

$$i_{1x}^* = |\tilde{I}_1^*| \cos(\alpha^* + r_p \omega \tau); \quad i_{1y}^* = |\tilde{I}_1^*| \sin(\alpha^* + r_p \omega \tau).$$

Teskari aloqa zanjiridagi Tes-To'g' blogida o'lchangan i_{1x} va i_{1y} qiymatlar asosida tok vektori modulining haqiqiy qiymati va vektorning qo'zg'almas koordinata tizimiga nisbatan burilish burchagi qiymati aniqlanadi:

$$|\tilde{I}_1| = \sqrt{i_{1x}^2 + i_{1y}^2}; \quad \alpha = \arccos(i_{1x}/|\tilde{I}_1|).$$

Motor momentining qiymati $M_d = (3/2)r_p \Psi_f i_{1q}$ kabi aniqlanadi yoki $i_{1q} = |\tilde{I}_1| \cos(\alpha - \theta_c - 90^0) = |\tilde{I}_1| \sin(\alpha - \theta_c)$ ekanligini hisobga olgan holda motorning momenti quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$\hat{M}_d = (3/2)r_p \Psi_f |\tilde{I}_1| \sin(\alpha - \theta_c) = (3/2)r_p \Psi_f |\tilde{I}_1| \sin \delta,$$

bu yerda Ψ_f – oqim ilashuvi, o'zgarmas kattalik.

MR va TR rostlagichlari chiqish signalining chekloviga ega. MR rostlagichi o'tkinchi jarayonlarda stator dinamik tokining chegaraviy qiymatini bersa, TR rostlagichi motor momentini ruxsat etilgan qiymatda cheklaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. «Энергиядан оқилона фойдаланиш тўғрисида»ги Ўзбекистон Республикаси қонуни, 1997 йил 26 сентябрь.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7-fevraldagi PF-4947-son "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni.
3. Ўзбекистон Республикаси Президентининг "Энергия ресурсларидан оқилона фойдаланишни таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида"ги 2017 йил 8 ноябрь, ПҚ-3379- сонли фармони.
4. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг «Ёқилғи-энергетика ресурслари истемолчиларини энергетика текширувидан ўтказиш қоидалари» тўғрисидаги 164-сонли қарори.
5. Ҳошимов О.О., Имомназаров А.Т. Электромеханик тизимларда энергия тежамкорлик. Олий ўқув юртлари учун дарслик.–Т:ЎАЖБНТ Маркази, 2015 йил.
6. Ҳашимов А.А. Энергосбережение средствами автоматизированного электропривода. –Т: ТашГТУ, 1994.
7. Ҳашимов А.А. Основы энергосберегающего электропривода. Конспект лекции. –Т: ТашГТУ, 2001.
8. Sadullayev N.N. Energiya tejamkor elektr texnik, elektr mexanik va elektr texnologik qurilmalar auditi. –Т.: «Fan va texnologiya», 2018, 184 bet.
9. Maxmudov M.I., Qo'ziyev Z.E., Nurov S.S. "Ishlab chiqarish mexanizmlari va elektr mashinalarning energiya samaradorligini oshirish. Monografiya." Buxoro: «Durdona». 2020. 176 b.
10. Xafizov I.I., Maxmudov M.I. Elektr mexanik tizim va komplekslarni boshqarish. –Т.: «Fan va texnologiya», 2018, 256 bet.
11. Браславский И.Я. и др. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – М.: Академия, 2004.

12. Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода. – М.: Инфра-М, 2004.
13. Р.Ф. Бекишев, Ю.Н. Дементьев “Электропривод” М.: Юрайт, 2016, ст. 302.
14. Г.Г. Соколовский “Электроприводы переменного тока с частотным регулированием” М.:Академия, 2006, ст. 265.
15. В.В. Москаленко “Электрический привод” М.: Академия, 2007, ст. 362.
16. М.М. Кацман “Электрический привод” Москва: Академия, 2011.
17. Н.Ф. Ильинский “Основы электропривода” Москва: МЭИ, 2003.
18. М.М. Кацман “Справочник по электрическим машинам” М.: Академия, 2005, ст. 458.
19. Elektr energetika atamalari va ta’riflarining ruscha-o’zbekcha va o’zbekcha-ruscha lug’ati. Elektr energetikada nazorat bo’yicha davlat inspeksiyasi -O’zdavenergonazorat; O’zR FA Energetika va avtomatika instituti. T.S.Kamolov tahriri ostida. –Toshkent: Nihol, 2013, 824 b.
20. Қўзиев З. Э., Мирзоев Н. Н., Латипов С. Т.; Янги сериядаги асинхрон моторлардан фойдаланиш орқали электр энергиясини тежаш; “Фан-техника ютуқлари ҳалқимизни обод турмуш тарзини юксалтириш йўлида” мавзусида профессор-ўқитувчилар изланувчилар, магистрлар ва талабалар илмий-амалий анжумани мақолалар тўплами. I-қисм. Бухоро, 2013. 240-241 б.
21. Maxmudov M. I., Qo`ziyev Z.E., Mirzoyev N. N., Nurov S. S.; Oqova suvlarni tozalashda energiya tejash, Fan va texnologiyalar taraqqiyoti, 4/2019, 69-74 b., Buxoro, 2019.
22. www.lex.uz.
23. www.ziyonet.uz.

MUNDARIJA

KIRISH.....	4
1-BOB. ENERGIYA TEJAMKORLIK HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR.....	7
1.1. Energiya tejamkorlikka oid tushunchalar.....	7
1.2. Energiya tejamkorligi va energetika resurslarini boshqarishning asosiy tushunchalari.....	10
1.3. Energiya tejamkorlikning asosiy tamoyillari va yo'nalishlari.....	15
2-BOB. ISHLAB CHIQRISH MEXANIZMLARIDAN ENERGIYA TEJAMKORLIK BILAN FOYDALANISH.....	19
2.1. Nasos qurilmalarida elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish.....	19
2.2. Kompresor qurilmalarida elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish.....	21
2.3. Ventilyator qurilmalarida energiya tejash	28
2.4. Yuk ko'tarish mashinalarida elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish.....	30
2.5. Ishlab chiqarish mexanizmlarining quvvat koeffitsiyentini oshirib elektr energiya tejamkorlikka erishish	30
2.5.1. Reaktiv quvvatni qoplashning asosiy tushunchalari.....	30
2.5.2. Asinxron motorning quvvat koeffitsientini aniqlash.....	32
2.5.3. Quvvat koeffitsientini oshirish usullari.....	34
3-BOB. ELEKTR YURITMALARDA ENERGIYA TEJASH.....	56
3.1. Elektr yuritmalarda elektr energiyani tejash usullari.....	56
3.2. Asinxron motorlarda energiya tejash.....	57
3.2.1. Asinxron motorlarni yulduzdan uchburchakka o'tkazish orqali energiya tejash.....	57
3.2.2. Yangi seriyadagi asinxron motorlarni qo'llash orqali energiya tejash.....	61
3.3. Asinxron motorlarni elektr energiyani minimal yo'qotish bo'yicha boshqarish.....	70
3.4. O'zgaruvchan tok elektr yuritma tezligini chastotasini o'zgartirish orqali rostdash tizimlari.....	71
3.4.1. Asinxron motorli elektr yuritma tezligini U/f rostdash usuli.....	71
3.4.2. Stator oqim ilashuvi o'zgarmasligini ta'minlovchi asinxron motorli elektr yuritmaning tezlik bo'yicha yopiq rostdash tizimi.....	81

3.4.3.	Rotor oqim ilashuvi o'zgarmasligini ta'minlovchi asinxron motorli elektr yuritmaning tezlik bo'yicha yopiq rostlash tizimi.....	88
3.4.4.	Oqim bevosita o'lchanadigan vektorli boshqariladigan asinxron motorli elektr yuritma tezligini rostlash tizimi.....	94
3.4.5.	Oqim modeli bo'yicha rotor oqim ilashuvini aniqlash va asinxron motorni vektorli boshqarishda elektr yuritma tezligini rostlash tizimi.....	100
3.4.6.	Ventil motorli elektr yuritmaning boshqaruv tizimi.....	110
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....		127

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ.....	7
1.1. Понятия об энергосбережении.....	7
1.2. Основные понятия управления энергосбережения и энергетических ресурсов.....	10
1.3. Основные принципы и направления энергосбережения.....	15
ГЛАВА 2. ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ.....	19
2.1. Эффективное использование электроэнергии в насосных оборудованьях.....	19
2.2. Эффективное использование электроэнергии в компрессорных оборудованьях.....	21
2.3. Энергосбережение в вентиляционных оборудованьях.....	28
2.4. Эффективное использование электроэнергии при использовании грузовых механизмов	30
2.5. Достижение сбережения электроэнергии за счет увеличения коэффициента мощности производственных механизмов	30
2.5.1. Основные понятия компенсации реактивной мощности.....	30
2.5.2. Определение коэффициента мощности асинхронного двигателя.....	32
2.5.3. Способы увеличения коэффициента мощности.....	34
ГЛАВА 3. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ.....	56
3.1. Способы сбережения электроэнергии в электроприводах	56
3.2. Энергосбережение в асинхронных двигателях.....	57
3.2.1. Энергосбережение за счет перевода асинхронных двигателей со звезды на треугольник	57
3.2.2. Энергосбережения за счет использования новой серии асинхронных двигателей	61
3.3. Управление асинхронными двигателями с минимальной потерю мощностью.....	70
3.4. Системы регулировки скорости электроприводах переменного тока изменением частоты	71
3.4.1. Регулирование скорости электропривода асинхронного двигателя методом U/f	71

3.4.2. Замкнутая система регулирования скорости асинхронных двигателей, обеспечивающих не изменчивость привязки статорного потока.....	81
3.4.3. Замкнутая система регулирования скорости асинхронного электропривода, обеспечивающих не изменчивость привязки роторного потока.....	88
3.4.4. Система управления скоростью асинхронного двигателя с векторным управлением, непосредственно измеряемым потоком.....	94
3.4.5. Определение потока ротора по модели потока и система регулирования скорости электропривода при векторном управлении асинхронного мотора.....	100
3.4.6. Система управления электроприводом вентильного мотора.....	110
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ.....	127

CONTENTS

INTRODUCTION.....	4
Chapter 1. BASIC CONCEPTS OF ENERGY SAVING.....	7
1.1. The concepts of energy saving	7
1.2. Basic concepts of energy saving and energy resources management	10
1.3. Basic principles and directions of energy saving	15
Chapter 2. EFFECTIVE USE OF PRODUCTION MACHINES.....	19
2.1. Efficient use of electricity in pumping equipment.....	19
2.2. Efficient use of electricity in compressor equipment.....	21
2.3. Energy saving in ventilation equipment	28
2.4. Efficient use of electricity in using trucks	30
2.5. Achieving energy savings by increasing the power factor of production mechanisms.....	30
2.5.1. Basic concepts of reactive power compensation.....	30
2.5.2. Determination of the power factor of an asynchronous motor.....	32
2.5.3. Ways to increase the power factor.....	34
Chapter 3. ENERGY SAVING IN ELECTRIC DRIVES.....	56
3.1. Ways of saving electricity in electric drives.....	56
3.2. Energy saving in asynchronous motors.....	57
3.2.1. Energy saving due to the transfer of asynchronous motors from star to delta.....	57
3.2.2. Energy saving through the use of a new series of asynchronous motors.....	61
3.3. Control of asynchronous motors with minimal power loss	70
3.4. Speed control systems for AC electric drives by changing the frequency	71
3.4.1. Regulation of the speed of an electric drive of an asynchronous motor by the U/f method	71
3.4.2. Closed loop control system for the speed of asynchronous motors, providing non-variability of stator flux binding	81
3.4.3. Closed-loop speed control system of an asynchronous electric drive, providing non-variability of the rotor flow binding.....	88
3.4.4. Speed control system for asynchronous motor with vector control , directly measured by the flux	94

3.4.5. Determination of the rotor flux by the flux model and the speed control system of an electric drive with vector control of an asynchronous motor.....	100
3.4.6. Control system of the electric drive of the valve motor.....	110
USED LITERATURE.....	127

M. I. Maxmudov, Z. E. Qo'ziyev

ELEKTR MEXANIK TIZIMLARDA ENERGIYA TEJAMKORLIK

O`QUV QO`LLANMA

Muharrir:

G'.Murodov

Texnik muharir:

G.Samiyeva

Musahhih:

M.Raximov

Sahifalochi:

M.Arslonov

Nashriyot litsenziyasi AI № 178. 08.12.2010. Original – maketdan bosishga ruxsat etildi: 29.12.2020. Bichimi 60x84. Kegli 14 shponli. «Cambria» garn.

Ofset bosma usulida. Ofset bosma qog'ozi. Bosma tabog'i 8,5. Adadi 100.

Buyurtma № 119.

«Sharq-Buxoro» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.

Buxoro shahar O'zbekiton Mustaqilligi ko'chasi, 70/2 uy.

Tel: 0(365) 222-46-46

