

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

**BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**M. I. MAXMUDOV, Z. E. QO‘ZIYEV**

# **ELEKTR MEXANIK TIZIMLARDA ENERGIYA TEJAMKORLIK**

## **O‘QUV QO‘LLANMA**



**BUXORO-2020**

**Tuzuvchilar:** BuxMTI “Energoaudit” kafedrası mudiri,  
texnika fanlari doktori Maxmudov M. I.  
BuxMTI “Energoaudit” kafedrası assistenti  
Qo`ziyev Z. E.

**Taqrizchilar:** BuxMTI “Energetika” kafedrası mudiri,  
texnika fanlari nomzodi, dotsent Jalilov R. B.  
“O`zenergoinspeksiya” Buxoro viloyati  
hududiy bo`limi boshlig`i Fayziyev S.S.

№ \_\_\_ sonli « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ yil

institut kengashida tasdiqlangan.

№ \_\_ sonli « \_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ yil

«Energoaudit» kafedrası yig`ilishida tasdiqlangan.

## **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 tejankorlik haqida umumiy tushunchalar, ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr yuritmalarida energiya tejankorlikka 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 tadbiiq 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.

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 «Innovation 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 masalalarini bilan chuqur tanishtirish: iqtisodiyot tarmoqlarida energiyani tejash imkoniyatlarini o`rganish;

-zamonaviy qurilmalarini qo`llash asosida elektr energiyasini tejash masalalarini 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 “Energoaudit va sanoat korxonalarining energetik tekshiruvi” 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 tejamkorlikda qo`llaniladigan asosiy tushuncha va atamalar**

Jahon energetiklar kengashida energiya tejamkorlik sohasidagi asosiy atama va tushunchalar ko`rib chiqilib, tasdiqlangan edi. Energetiklar kongressi energiya tejamkorlikka tegishli atama va tushunchalarni asosan olti guruhga bo`lib qarashni tavsiya etdi.

Energetik zanjir – energiya oqimining birlamchi energiya resurslaridan to energiyaning iste`molchiga uzatilib, undan foydalanishgacha bo`lgan yo`li tushuniladi. Masalan, gazning yer ostidan olinishi, issiqlik elektr stansiyasiga quvurlar orqali uzatilishi va yoqilishi natijasida elektr energiya olinishi, bu elektr energiyaning elektr tarmoqlar orqali iste`molchiga uzatilib va u mahsulot ishlab chiqarishda sarf bo`lishigacha bo`lgan yo`li tushuniladi.

Energiya tejamkorlik – energiya resurslaridan samarali foydalanish uchun ko`riladigan tadbirlar majmuasi. Misol uchun ishlab chiqarishda elektr energiyani iqtisod qilishga qaratilgan tadbir.

Energiya hajmi – mahsulot ishlab chiqarishda yoki biror ishni bajarishda sarf bo`ladigan energiya miqdori. «Energiya hajmi» atamasi hozirgi paytda ko`prok energiya solishtirma sarfining pul birligiga nisbatan ko`rsatgich sifatida qaraladi (milliy daromad, mahsulot tannarxi).

Energiyadan samarali foydalanish – ijtimoiy, siyosiy, moliyaviy cheklanishlar, atrof-muhit, ekologiya va h.k. larni hisobga olgan holda energiyani iste`molchilarga eng maqbul yo`l bilan taqsimlash va ishlab chiqarishda qo`llash natijasida iqtisodiy foyda olishga erishish.

Energiyani iqtisod qilish – ishlab chiqarishdagi ishlab chiqarishga sarf bo`layotgan energiyani kamaytirishga qaratilgan tadbir. Misol uchun, elektr motorlarda quvvat isrofini kamaytirishga qaratilgan tadbir.

Energiyani iqtisod qilishning solishtirma sarflari – ishlab chiqarilayotgan mahsulotlar salmog`ini o`zgartirmagan holda bir yil ichida birlik mahsulot uchun sarf bo`ladigan energiya tushuniladi. Bu atama odatda foydani hisoblashda qo`llaniladi.

### **Energiyani passiv iqtisod qilish**

Issiqlik izolyasiyasi – elektr texnik, elektr mexanik va elektr termik qurilmalarini tashqi muhit bilan keraksiz issiqlik almashinuvidan asrash, ya`ni issiqlik isrofini kamaytirish.

Issiqlik uzatish – elektr texnik, elektr mexanik va elektr termik qurilmalar qismlaridan havo va gazli muhit orqali issiqlikning uzatilishi.

Issiqlik o`tkazuvchanlik – o`zaro kontaktda bo`lgan elektr texnik, elektr mexanik va elektr termik qurilmalar qismlarida issiqlikning bir qismidan ikkinchisiga uzatilishi.

Energiya iqtisodli qurilmalar – ya`ni issiqlik va elektr energiya sarfini eng minimal qiymatlarida foydalanayotgan qurilmalar.

Energiya tejamkor qurilmalar – ishlatilishi davrida yuklanish darajasi qanday bo`lishidan qat`iy nazar foydali ish koeffitsiyenti va quvvat koeffitsiyenti eng yuqori bo`lgan ish rejimida ishlovchi elektr qurilmalar.

### **Ishlab turgan energetik va energiya iste`molchi qurilmalarida energiyani aktiv iqtisod qilish**

Binolarni kondisionerlar yordamida isitish va havosini mo`tadil qilishni ma`lum dasturlar va texnik vositalar orqali amalga oshirish.

Yuklanish bo`yicha optimal boshqarish – sanoat qurilmalaridagi energiya sarfini yuklanish darajasiga qarab maxsus qurilmalar yordamida optimal boshqarish.

Yuklanishlarni rostlash – sanoat qurilmalarida yordamchi qurilmalar va asboblarni yordamida amalga oshiriladi.

O`tish jarayonini chegaralash – sanoat qurilmalari ishchi mexanizmlarining bir ish rejimidan ikkinchisiga o`tish vaqtini maxsus qurilma va dasturli boshqarish asosida chegaralash.

### **Ishlab turgan energetik va energiya iste`molchi qurilmalarda ikkilamchi xom ashyo, ikkilamchi energiya resurslaridan foydalanadigan qo`shimcha jihozlar yordamida energiyani aktiv iqtisod qilish**

Bioenergetika – uy xayvonlari va parrandalarning organik chiqindilaridan, shahar va qishloqlarda yuzaga keladigan maishiy chiqindilardan yonuvchi gaz hosil qiluvchi energetikaning rivojlanib kelayotgan sohasi.

Issiqlik almashtirgich – issiqlik yuqori temperaturali muhitdan past muhitga o`tuvchi qurilma turi.

Kondensatni qaytarish – issiqlik elektr stansiyalarda elektr energiya hosil qilishda foydalanilgan bug`ning maxsus qurilma yoki jarayon natijasida bug` qozonga qayta bug` hosil qilish uchun qaytarish.

Mexanik energiya regenerasiyasi – maxsus choralar bilan qurilmalarda yo`qolib ketishi mumkin bo`lgan foydali energiya turiga o`zgaradigan mexanik energiyaning bir turi. Misol uchun, elektr yuritmalarning kaskad sxemalari.

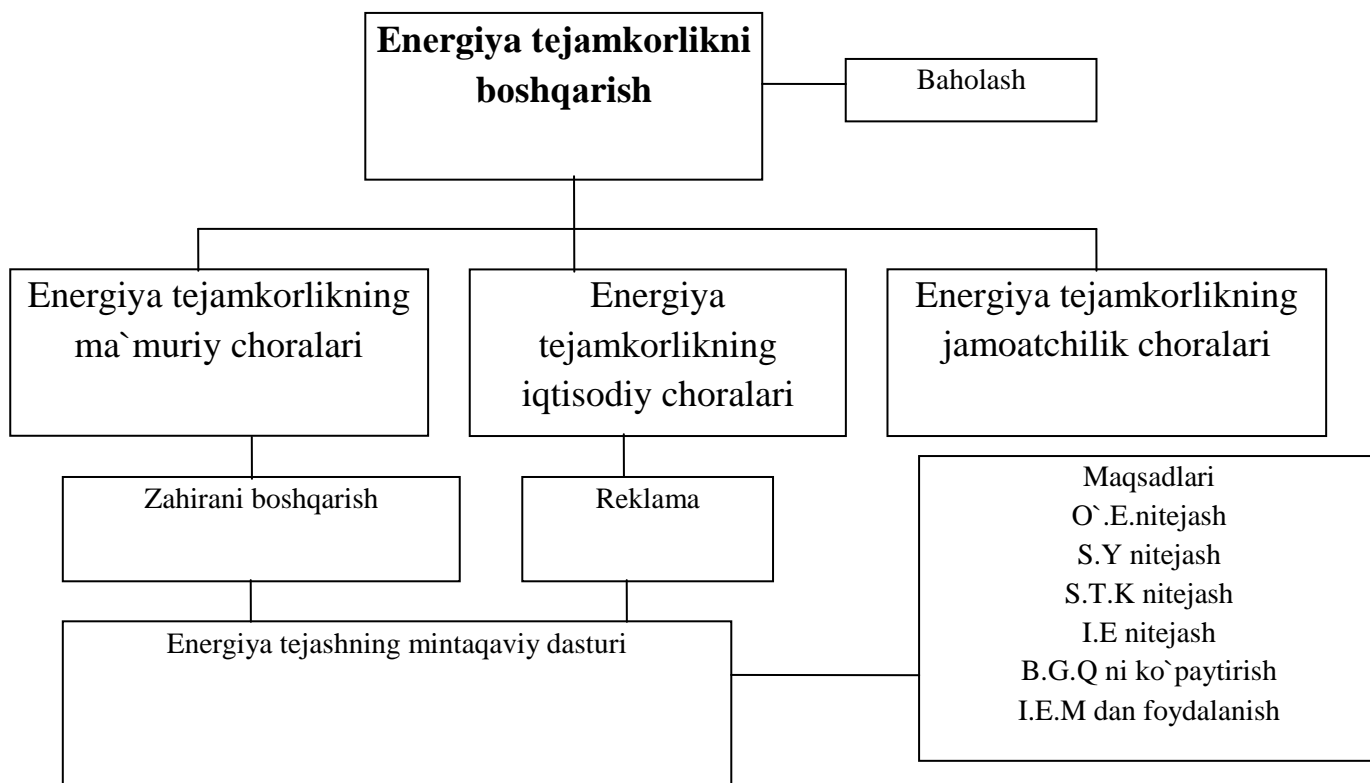
Energiya regenerasiyasi – aniq texnologik jarayon o`tgandan so`ng qolgan qoldiq energiyadan shu jarayon uchun yoki boshqa bir jarayon uchun foydalanish.

## 1.2. Energiya tejamkorlikni tashkil etish va boshqarish masalalari

Energiya tejamkorlikni boshqarishning maxsus organlarini tuzish va energiya tejamkorligi sohasida umumiy ma'lumotlarni tahlil qilish bo'yicha har xil tuzilmalarni tashkil etish zarur.

Energiya tejamkorlikni tashkil etish va boshqarish masalalari o'zida 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 choralarni 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 choralarni 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-gad 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 ragbarlantirish choralariga quyidagilarni kiritish mumkin:

- qaytarilmaydigan ssudalar bilan yordam ko'rsatish tizimi,
- energiya tejamkorligiga erishgan korxonalariga 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 yillik 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 xalq xo'jaligining 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 elektryuritmalarda energiya tejamkor motorlarni qo'llash, yuklanishlarni rostdash, yuklanish darajasiga qarab iste'mol qilinayotgan aktiv va reaktiv quvvatlarni rostdash, 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. Elektr mexanik tizimlarda elektr energiyani iqtisod qilish usullari**

#### **a) elektr mexanik tizimlarda elektr energiyani passiv iqtisod qilish.**

Elektr mexanik tizimlarda elektr energiyani passiv iqtisod qilish tushunchasi bu – elektyuritmalar uchun qo'shimcha sarmoyalar sarf qilmasdan elektr energiyadan samarali foydalanish demakdir. Bunday iqtisod qilishni turlari quyidagilardan iborat bo'lishi mumkin:

Elektr tarmog'idan iste'molchilarga uzatilayotgan elektr energiya ko'rsatkichlarining Davlat standartlariga mos bo'lishi, quvvat bo'yicha to'g'ri tanlangan elektr motorlarini energiya tejamkorlik rejimiga juda yaqin rejimda ishlashi imkonini yaratadi. Shuni e'tirof etish kerakki, hozirgi paytga kelib kuchlanish, chastota, amplituda va h. k. ko'rsatkichlarning ruxsat etilgan qiymatlari energiya tejamkorlik nuqtai nazaridan zamon talablariga mos kelmay qolgan va bu sohada yangi Davlat standartlari qabul qilish maqsadga muvofiq keladi.

Ishlab chiqarish qurilma va mashinalarning elektr motorlarini quvvati bo'yicha to'g'ri va ishlab chiqarish sharoitiga mos keluvchi elektr motorlar tanlash energiya tejankorlik nuqtai nazaridan muhim masaladir. Tanlangan motorni ishlatishda yuqori FIK da bo'lishiga erishish maqsad qilib qo'yilgan bo'lishi kerak. Motorning yuklanish momenti va mexanik tavsifi asosiy mezon bo'ladi.

Yuklanishning turg'un momenti motorda turg'un issiqlik rejimini yuzaga keltiradi. Motor pasportida keltirilgan nominal quvvat motorning ruxsat etilgan darajada qizishini ta'minlaydi va qo'llanilgan izolyasiya sinfiga to'g'ri keladigan haroratdan oshib ketmasdan uzoq muddat ishlashini kafolatlaydi. Motordagi quvvat isrofi natijasida hosil bo'ladigan turg'un qiziganlik darajasi uning ishlash muddatiga albatta ta'sir qilmaydi.

Biroq motor pasportidagi quvvat ishlab chiqarish qurilmasi yoki mashinasining yuklanish quvvatiga hamisha ham mos kelavermaydi. NEMA standartlari bo'yicha himoyalangan motorlar uchun nominal yuklanganlik koefitsiyenti 1,15 ga tengdir, ya'ni qisqa muddatga motorlarni shuncha marta ortik quvvatli rejimda ishlatishga ruxsat etiladi. Motorning qizishi esa ruxsat etilgan haroratdan oshmaydi. Bu esa iste'molchiga iqtisodiy nuqtai nazardan ma'qul motor tanlash imkonini beradi. Motorning yuklanganlik koefitsiyentidan to'g'ri foydalanilganda narxi pastroq bo'lgan motorni qo'llab ham elektr energiyadan iqtisod qilish mumkin.

har soatda motordagi yuklanishning nominalga nisbatan 15% oshishi uning ishlash muddatini 2-3 soatga qisqartiradi. Shuning uchun bunday yuklanganlikda motorning ishlab chiqarish rejimi qisqa muddatli bo'lgandagina samara beradi. Bunday rejim odatda metall kesuvchi dastgohlarining elektr jihozlarida va kesgich yuritmalarga xosdir.

Harakatga keltirilayotgan mexanizmning inersiya momenti katta bo'lsa elektryuritma motori o'tish jarayonining cho'zilib ketishiga olib keladi (10 sekunddan ko'p). Shunda motor chulg'amlaridan katta qiymatdagi tok o'tishi motorning qizib ketishiga sabab bo'ladi. Bunday elektryuritmalarda ishga tushirish momenti yuqori bo'lgan motorlarni qo'llash maqsadga muvofiq keladi.

Agar motorning yuklanganligi nominal quvvatiga nisbatan 45% dan kam bo'lsa, u holda nominal quvvati kamroq quvvatlisiga almashtirish hamma vaqt ham maqsadga muvofiq bo'ladi. Motorning yuklanganli nominal quvvatiga nisbatan 70% dan yuqori bo'lsa, u holda motor quvvatining tanlanishi to'g'ridir. Motorning yuklanganligi 45-70% oraliqda bo'lsa, motorni almashtirish yoki almashtirmaslik motordagi quvvat isrofi tahlili asosida amalga oshiriladi.

Elektr motorlarni ishlatish jarayonida uning aylanuvchi qismlarining (rotor va yakor) uzoq vaqt normal ishlashi uchun podshipniklarni mos moylar bilan

vaqtida moylab turish va motor korpusi qovurg'alarini va ular orasidagi ariqchalarni tozalab turish hamda korpus yuzasini issiqlik uzatishni jadallashtirish maqsadida mos rangli bo'yoqda bo'yash ham motorlarning ishlash muddatida mexanik energiya isrofini kamaytirish va ishlash muddatini uzaytirishga olib keladi.

Elektr motorlardagi sovutish jarayonini jadallashtirish maqsadida termosifonlarning qo'llanilishi ushbu motorlarning quvvatidan to'liqroq foydalanish imkonini beradi.

Energiya tejamkor motorlarning yuklanishi o'zgarishining keng diapazonida (0,5 – 1,0) va quvvat va foydali ish koeffitsiyentlari nominalga teng bo'lib deyarli o'zgarmay turishi sababli bunday motorlarning elektryuritmalarida qo'llanishi yuqori samara beradi. Garchi bunday motorlarning tannarxi oddiy motorlarning tannarxiga nisbatan bir muncha yuqori bo'lsa ham ishlatish jarayonida energetik ko'rsatkichlarining yuqori bo'lishi bilan va iqtisod qilgan elektr energiya hisobiga o'zini to'liq oqlaydi.

#### **b) elektr mexanik tizimlarda aktiv iqtisod qilish.**

Elektr energiyani aktiv iqtisod qilish passiv iqtisod qilishdan farqi shundaki bu jarayon qo'shimcha texnik vosita va moslamalar yordamida ishlab chiqarish qurilma va mashinalarda elektr energiyadan yanada samarali foydalanish imkonini yaratishdan iboratdir. O'z navbatida elektr energiyadan aktiv iqtisod qilish elektryuritmalaridagi yuklanishlarni rostlash, optimal boshqarish va salt yurishni chegaralash kabi vazifalarni qo'shimcha texnik vositalar yordamida bajarishga bo'linadi. Bundan tashqari ishlab chiqarish qurilma va mashinalarning tezligi rostlanmaydigan elektryuritmalarini tezliklari rostlanuvchi elektryuritmalar bilan almashtirish elektr energiyani aktiv iqtisod qilish asosini tashkil etadi. Tezligi rostlanadigan va rostlanmaydigan elektryuritmalarining energetik korsatkichlari yuklanganlik darajasiga qarab optimallashtiruvchi texnik vositalar yordamida elektr energiyani iqtisod qilish aloxida bir yo'nalish bo'lib, bu sohada keng imkoniyatlar mavjudligini ko'rsatadi.

Mavjud ishlab turgan motorlarni energiya tejamkor motorlarga almashtirilib, elektryuritmaning boshqaruv qismini o'zgartirmagan holda ishlatish natijasida energiya tejash mumkin.

## **2-BOB. ISHLAB CHIQRISH MEXANIZMLARIDAN ENERGIYA TEJAMKORLIK BILAN FOYDALANISH**

### **2.1. Metallarga ishlov beruvchi qurilma va dastgohlarda elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish**

#### **a) metall qirquvchi dastgohlarda elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish**

1. Metall qirquvchi dastgohlarning asosiy va yordamchi mexanizmlari elektr yuritmalarining motorlari quvvatini tanlashda yuklanishning nominal quvvatidan 20% ortiq qilib tanlash, motorlar validagi yuklanganlik qiymatining nominal qiymatiga nisbatan xatto 70 – 80% ini tashkil etganda ham yurtmalarning energetik ko‘rsatkichlari nominal qiymatiga yaqin qiymatlarda bo‘lishi ta‘minlanadi.

2. Metall qirquvchi dastgohlarning kuch kallaklari tezligini rostlashdagi mexanik tezlik o‘zgartkichlar (reduktorlar) o‘rniga tezlikni rostlashning elektr usulini qo‘llash ya‘ni elektr yuritmalarda boshqariluvchi o‘zgartgichlarni qo‘llash umumiy elektr energiya isrofini qariyb 30% ga kamaytirish imkonini beradi.

3. Nominal yuklanishdan kam yuklanish bilan ishlayotgan metall qirquvchi dastgoh bosh mexanizmi elektr yuritmasining asinxron motoriga berilayotgan kuchlanishni yuklanganlik darajasiga qarab adaptik rostlovchi qurilma yordamida boshqarish elektr yurtmaning foydali va quvvat koeffisientlarini oshirishga va elektr energiya sarfini 30% gacha iqtisod qilishga olib keladi.

4. Detallarga qirqib ishlov beruvchi avtomatik liniyalardagi metall qirqish dastgohlaridagi operatsiyalar oralig‘idagi pauzalarni kamaytirish va transportyorlar harakatini tezlashtirish hisobiga elektr energiya sarfini kamaytirig mumkin.

#### **b) ultra tovush, elektr va magnit maydonlarning energiyasi vositasida metallarga ishlov beruvchi qurilmalarda elektr energiyadan unumli foydalanish**

1. Elektroerozion dastgohda metallarga ishlov berish jarayonida elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish va ish unumdorligini oshirish uchun dastgohning boshqarish tizimi uchun adaptiv avtomatik boshqarish tizimini joriy qilish maqsadga muvofiq keladi.

2. Ultra tovush yordamida metallarga ishlov beruvchi qurilmalarda elektr energiyadan omillik bilan foydalanish uchun masalan, magnit – striksion o‘zgartkichdagi qayta magnitlash jarayonidagi energiya isrofini kamaytirish maqsadida magnitlanish ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lgan po‘lat navlarini o‘zak material sifatida qo‘llash sezilarli samara beradi.

3. Metallarga ishlov beruvchi elektrogidravlik qurilmalarda elektr energiyadan samarali foydalanish uchun energiya to'plovchi kondensator sig'imini ishlov berilayotgan metall navi va qurilma bajarayotgan ish turiga qarab rostlab borish kerak.

4. Metallarga magnit – impulsi bilan ishlov beruvchi qurilmalardagi induktorni sovutishning avtomatik boshqarish tizimini joriy qilish elektr energiya isrofini kamayishiga olib keladi.

5. Elektrokinetik usul bilan detallarnig sirtlariga bo'yoq surtish qurilmalarining ish unumdorligini oshirish va bo'yash jarayonida elektr energiyadan samarali foydalanish uchun kameradagi bo'yalayotgan buyumning harakatlanish tezligi bilan surtilayotgan bo'yoqning zichligi va qalinligi kabi ko'rsatkichlarini o'zaro bog'lovchi, avtomatik boshqarish tizimini joriy etish maqsadga muvofiqdir.

#### **c) temirchilik – presslash mashinalarida elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish**

1. Temirchilik – presslash mashinalarida qo'llaniladigan elektr motorlarning issiqlik holatlarini nazorat qiluvchi termodatchiklardan foydalanish, ularni bevaqt ishdan chiqishidan saqlaydi.

2. Temirchilik – presslash mashinalarining harakatlanuvchi mexanik bo'g'inlarini vaqtida moylab turish, elektr energiya isrofini 5% gacha kamaytirishi mumkin.

3. Mexanik ishlov berilayotgan detalning massasi va fizik xususiyatlarini bilan elektr motor hosil qilayotgan elektromagnit momentni o'zaro moslashtirishga asoslangan avtomatik boshqarish tizimini joriy qilish, bu mashinalarning energiya samaradorligini oshiradi.

### **2.2. Yuk ko'tarish mashinalarini ishlatishda elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish**

1. Ko'prik kranlari yuk ko'tarish mexanizmlari motorlarining tezligini rotoriga ulanadigan qo'shimcha rezistorlar yordamida rostlash o'rniga boshqariluvchi o'zgaruvchan tok o'zgartgichlarini qo'llab rostlash, rezistorlarda isrof bo'layotgan elektr energiyani iqtisod qilishga olib keladi.

2. Yuk ko'taruvchanligi 500 kg va undan ortiq bo'lgan yuqori tezlikda ishlaydigan liftlarning qavatlarda to'xtash sonlarini kamaytirish (masalan, ikki va undan ortiq bir xil liftlar uchun) hisobiga har bir liftida elektr energiya isrofini 6,5% gacha iqtisod qilish imkonini beradi.

3. Yuk ko'targichlarning yuk joylashtirish qurilmalarining to'ldirish darajasini nominal qiymati darajasiga yetkazib ishlatish, elektr energiya isrofini nominal qiymatlarda bo'lishiga olib keladi.

4. Ko‘targich va liftlarning mexanik ishqalanadigan va sirpanidigan qismlarini o‘z vaqtida mos moylar bilan moylab turish ham elektr energiya isrofini 1 – 5% ga kamaytiradi.

5. Liftlarda, kabinadagi yo‘lovchilarning soni ya’ni og‘irligini o‘lchovchi datchiklardan olinadigan axborotlar asosida ishlaydigan adaptik boshqariluvchan energiya tejamkor tizimlar yordamida ko‘tarish mexanizmlari motorlarini boshqarish, elektr energiya sarfini 30% gacha kamaytirish imkonini beradi.

6. Kranlarning salt ishlash vaqtini kamaytirish hisobiga ishlab chiqarishda ish unumdorligiga erishish, elektr energiyadan unumdorlik bilan foydalanishga olib keladi.

### **2.3. Nasos, kompressor va ventilyatorlarni ishlatishda elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish**

#### **a) nasos qurilmalarini ishlatishda elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish**

1. Nasos qurilmalarini loyihalashda ob’ekt to‘g‘risida ma’lumot-larning yetarli bo‘lmasligi, ish sharoitlarining tinmay o‘zgarib turishi, nasos turlarining kamligi sababli tanlash imkoni kamligi va boshqa sabablarga ko‘ra nasosning loyihalangan ish rejimi real ish rejimidan sezirarli darajada farq qilishi mumkin. Masalan, nasos qurilmasi hisoblangan suyuqlik uzatishdan kam qiymatda suyuqlikni uzatib, bosish kuchi esa hisoblangandan yuqori qiymatga ega rejimda ishlaganda, suyuqlikning isrofi oshib ketadi ya’ni kuchli bosim ostida quvurlarning ulangan joylaridan suyuqlikning siljib ketishi ko‘payadi. Bu suyuqlik isroflari umumiy uzatilayotgan suyuqlikning 20 – 25% ni tashkil qilishi mumkin va bu esa o‘z navbatida elektr energiya isrofning oshishiga olib keladi. Nasos qurilmasi hisoblangan suyuqlik uzatishdan ko‘p qiymatda suyuqlik uzatib, bosish kuchi hisoblangandan kam qiymatga ega ish rejimida ishlaganida ham nasosning FIK nominal rejimdagidan past bo‘ladi. Bu ish rejimi nasos qurilmasining tarmoqdan olayotgan energiyasini oshishiga olib keladi. Shuning uchun, nasos qurilmalarini to‘g‘ri loyihalash va shundan kelib chiqqan holda motorlarni tanlash elektr energiya isroflarini kamaytirish imkonini beradi.

2. Umumiy suv tarmog‘iga ishlayotgan bir necha nasos qurilmalarining ulanishini to‘g‘ri tanlash umumiy elektr energiya sarfini 5% gacha kamaytirishga olib keladi.

3. Nasos qurilmalarining suyuqlik uzatish ko‘rsatkichini rostlashda asinxron – ventilli kaskad sxemasining qo‘llanilishi elektr energiya sarfini qariyb 25 – 30 % ga kamaytiradi.



4. Nasos qurilmalari asinxron motorlari tezligini stator kuchlanishi chastotasini silliq rostlash hisobiga suyuqlik uzatishni boshqarish elektr energiya isrofini 30% gacha kamaytirish imkonini beradi.

5. Suyuqlik uzatish ko'rsatkichi o'zgarmaydigan nasos qurilmalarining asinxron motorlari kuchlanishini bosim kuchini o'lchaydigan o'lchov o'zgartgichdan olingan signal asosida o'zgartirishga asoslangan adaptik avtomatik boshqarish tizimlarini qo'llash elektr energiya sarfini 30% gacha kamaytirish imkonini beradi.

#### **b) kompressor qurilmalarini ishlatishda elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish**

1. Kompressorlarning asinxron motorlari yuklanishi darajasiga qarab stator chulg'amiga berilayotgan kuchlanishni adaptiv avtomatik rostlash qurilmalarini qo'llab, motorlarning ish rejimini optimallashtirish natijasida umumiy elektr energiya sarfini 30% gacha kamaytirish mumkin.

2. Kompressorlarning sinxron motorlari qo'zg'atish tokini optimal boshqarish hisobiga motordagi elektr energiya isrofini eng kichik qiymatga keltirish hamda motorning dinamik turg'unligini oshirishga erishish mumkin.

3. Kompressorlarning sinxron motorlari qo'zg'atish tokini motorning tezligi bilan bog'lik ravishda o'zgartirish hisobiga elektr eritma tizimida hosil bo'ladigan tebranishlarni so'ndirish mumkin.

4. Kompressorlar asinxron motorlariniing tezligini rostlashda stator kuchlanishi chastotasini o'zgartirib boshqaruvchi tiristorli chastota o'zgartkichlarni qo'llash katta iqtisodiy samara beradi.

#### **c) ventilyatorlarni ishlatishda elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish**

1. Ventilyatsion bosilish kuchi tizimidagi shiberlar yordamida ventil-yator ish unumdorligini rostlash o'rniga ko'p tezlikli motorlarni qo'llab, uning tezligini o'zgartirish hisobiga ventilyator ish unumdorligini rostlash, elektr energiyadan 20 – 30 % iqtisod qilishga olib keladi.

2. Ventilyatsion tizimning kirish qismiga o'rnatilgan shiberlar yordamida ventilyatorning ish unumini rostlash, shiberlarni ventilyatsion tizimning chiqish qismiga o'rnatib ish unumini rostlashga nisbatan elektr energiyani 15% gacha iqtisod qilishga olib keladi.

3. Tushlik paytida va ish smenalari almashish vaqtida ventilyator-larni o'chirib qo'yish elektr energiyadan xatto 20% gacha iqtisod qilish imkonini beradi.

4. Ventilyatorlarni boshqarishda tashqi havo temperaturasi bo'yicha avtomatik boshqarish tizimlarini qo'llash elektr energiya sarfini 10 – 15% ga kamaytirish imkonini beradi.

5. Ventilyatorning ish unumdorligini rostdash, asinxron motor stator chulg'amiga beriladigan kuchlanish chastotasini rostlab amalga oshiruvchi avtomatik boshqaruv tizimlarini qo'llash, elektr energiya sarfini 30% gacha kamaytirishga olib keladi.

#### **2.4. Metall yo`nuvchi dastgohlarida elektr energiya tejamkorlikka erishish yo'llari**

Sanoatning deyarli barcha sohalarida har xil metall yo`nuvchi dastgohlar keng qo'llaniladi. Masalan, sanoat va fuqarolik inshootlarini barpo etish jarayonida armaturalarni kesuvchi va eguvchi, quvurlarni kesuvchi va boshqa juda ko'p vazifalarni bajaruvchi turli xildagi dastgohlar ishlatiladi. Ularning yuritmalaridagi motorlarning quvvati bir necha o'n klovatlarni tashkil etishi mumkin.

Dastgohlarning ishlash jarayonida elektr energiyadan samarali foydalanish uchun quyidagi amaliy ishlarni bajarish kerak bo'ladi:

1. Elektr motorlarning ishlashi vaqtida doimo nazoratda bo'lishi va muntazam profilaktik kuzatuv va ta'mirlashni yo'lga qo'yish kerak. Muxofaza sxemalarining benuqson ishlashini ta'minlab turish lozim. Bir fazaning uzilishi yoki yuklanishning oshib ketishi elektr energiyaning befoyda sarf bo'lishiga hamda motorning ishdan chiqishiga olib keladi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, avariyaalarning 70% asosan motorlarning yuklanishi oshib ketishi va uch faza o'rniga ikki fazada ishlashi natijasida yuzaga kelar ekan.

2. Smena almashinuvi va tushlik vaqtlarida motorlarni o'chirib qo'yish elektr energiya isrofini kamaytiradi.

3. Dastgohda qayta ishlanayotgan yarim tayyor detalning iloji boricha tayyor detal ko'rinishiga yaqinlashtirishga intilish kerak, Masalan, tokarlik dastgohida o'rtacha qattqliqdagi po'latdan yasalgan detaldan 1kg qirindi chiqarib qayta ishlash uchun 0,1 kVt.soat. elektr energiya sarf bo'ladi, yo`nuvchi dastgohda xuddi shuncha qirindi chiqarib qayta ishlash uchun 0,15 kVt.soat. elektr energiya, frezer dastgohida esa shuncha qirindi chiqarib ishlov berish uchun 0,3 kVt.soat. elektr energiya va silliqlovchi dastgohda xuddi shuncha qirindi chiqarib ishlov berish uchun esa 2,5 kVt.soat. elektr energiya sarf bo'ladi. Shuning uchun mexanik qayta ishlash texnologiyasini aniqlashda elektr energiya bilan ta'minlanganlik darajasini hisobga olish zarurdir.

4. Kesish tezligini oshirish kerak. Kesish tezligini 50 m/min dan 200m/min ga o'zgartirish elektr energiyaning mahsulot birligiga to'g'ri keladigan qismini tahminan 17% kamaytiradi. Yo'nish, silliqlash va teshish amallarini tezlikni

oshirgan holda bajarganimizda ishlab chiqarish unumdorligi 25 – 30% ga oshadi va shuningdek elektr energiya sarfi deyarli shu qiymatlarga kamayadi.

5. Rasional geometrik o`lchamdagi keskichlarda kesish amallarini bajarish kerak. Har bir kg qirindiga mos keluvchi elektr energiya sarfi oddiy kesgichlarda ishlov berilganga nisbatan tahminan 0,052 kVt.soat iqtisod qilishga olib keladi.

6. Dastgoh elektryuritmalarida oddiy elektr motorlar o`rniga yangi energiya tejamkor motorlarni qo`llash, motorlarning yuklanganlik darajasi nominal qiymatidan past bo`lganda ham ularning energyetik ko`rsatkichlari nominal qiymatlarga yaqin bo`lgan ish rejimida ishlashiga olib keladi.

7. Metall yo`nuvchi dastgohlarda bir necha amallarni bir yo`la bajaradigan moslamalarni qo`llash umumiy elektr energiya isrofini kamaytiradi.

8. Dastgoh elektryuritmalarini boshqarishda dasturiy va adaptiv avtomatik boshqarish tizimlarini joriy qilish detallarning ishlov berish sifatini oshiradi va tezlashtiradi, elektr energiya isrofini sezilarli kamaytiradi va dastgohlar ishlashining ishonchlilik darajasini oshiradi.

## **2.5. Ishlab chiqarish mexanizmlarining quvvat koefitsiyentini oshirib elektr energiya tejamkorlikka erishish**

Sanoat korxonalarida asosiy reaktiv quvvatni iste`mol qiluvchilar uch fazali asinxron motorlar, transformatorlar, elektr energiya uzatish liniyalari va gazorazryidli lampalardir. Asinxron motorlar reaktiv quvvatning 65 – 70%, elektr energiya ta`minoti tizimidagi uch fazali transformatorlar 15 – 25%, elektr energiya uzatish liniyalar, reaktorlar, gazorazryidli lampalar va boshqa iste`molchilar 5 – 40% iste`mol qiladi.

Reaktiv quvvatning o`zgarish dinamikasi reaktiv quvvat koefitsiyenti orqali ifodalanadi:

$$tg \varphi = \frac{Q}{P},$$

bu yerda  $Q = UI \sin \varphi$  – reaktiv quvvat,  $P = UI \cos \varphi$  – aktiv quvvat,  $\varphi$  – kuchlanish va tok vektorlari orasidagi burchak.

Garchi  $tg \varphi$  elektr iste`molchilarning ishlab chiqarish rejimlarini to`liq xarakterlasada amalda ko`proq quvvat koefitsiyentidan foydalaniladi:

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI},$$

bu yerda  $S = UI$  – to`liq quvvat.

Quvvat koeffitsiyent to'liq quvvatning qancha qismi foydali ishga sarf bo'lganini xarakterlovchi koeffitsiyentdir. Iste'molchining quvvat koeffitsiyenti pasaysa tarmoqdagi to'liq quvvat oshadi, ya'ni:

$$S_T = \frac{P}{\cos \varphi},$$

bu yerda P – iste'molchining aktiv quvvati

P va U ko'rsatkichlarning o'zgarmagan qiymatlarida

$$I_P = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi}$$

reaktiv tok qiymati oshadi, bu esa ekspluatasion sarflarning oshishiga olib keladi, ya'ni tarmoqda elektr energiya isrofi oshadi:

$$\Delta P = 3RI_P^2 = \frac{RP^2}{U^2 \cos^2 \varphi},$$

bu yerda R – uch fazali qurilma bir fazasining aktiv qarshiligi. Elektr energiya isrofini o'zgartirmaslik uchun uzatish liniyalari ko'ndalang kesimi yuzasini oshirish kerak bo'ladi, bu esa rangli metallarni ko'proq sarf bo'lishiga olib keladi.

Misol. Gidromexanik qurilmalarga kabel orqali  $P = 1500$  kVt quvvat uzatiladi. Tarmoqdagi kuchlanish  $U = 6000$ V va  $\cos \varphi = 0,85$  bo'lib,  $\cos \varphi = 0,6$  ga o'zgartirilishi kabyelъ simi ko'ndalang kesimini qanchagao'zgarishiga olib kyelishini aniqlang.

Yechimi.  $\cos \varphi = 0,85$  uchun tokning qiymati

$$I_P = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{1500 \cdot 1000}{1,73 \cdot 6000 \cdot 0,85} = 170A.$$

$\cos \varphi = 0,6$  bo'lganda  $P = 1500$  kVt o'zgarmagan holda

$$I_P = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{1500 \cdot 1000}{1,73 \cdot 6000 \cdot 0,6} = 241A \quad \text{ekanligini aniqlaymiz va}$$

ma'lumotnoma jadvallardan  $\cos \varphi = 0,85$  ( $I_P = 170A$ .) qiymatida kabel simi kesimi yuzasi  $S = 70$  mm<sup>2</sup> (ruxsat etilgan tok qiymati 175A), shuningdek  $\cos \varphi = 0,6$  ( $I_P = 241A$ ) qiymati uchun kabel simi kesimi yuzasi  $S = 120$  mm<sup>2</sup> (ruxsat etilgan tok qiymati 250A) ekanligini aniqlaymiz.

Reaktiv qiymatni kompensasiya qilish va  $\cos \varphi$  ni oshirish hamma ishlab chiqarish sohalari uchun ham muhimdir. Quvvat koeffitsiyentining past bo'lishi quyidagi sanab o'tilgan sabablarga bog'liqdir:

1. Asinxron motorlarni quvvat bo'yicha hamda ishlash sharoitini noto'g'ri tanlash. Faza rotorli asinxron motorlarning induktiv qarshiligi sochilishining yuqoriligi sababli  $\cos \varphi$  qiymati rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motorlarnikiga nisbatan past bo'ladi. Yopiq konstruksiyali motorlarda sovush sharoitlari ochiq konstruksiyali motorlarnikiga nisbatan pastroq bo'ladi. Turi va quvvati bir xil bo'lgan motorlar ichida qaysi birining tezligi yuqori bo'lsa shuning  $\cos \varphi$  qiymati yuqori bo'ladi.

2. Ishlab chiqarish mexanizmlari va ularning elektr jihozlari vaqt bo'yicha to'liq bo'lmagan va notekis yuklanganligi sabab bo'ladi.

3. Elektr motor va transformatorlarning yuklanishsiz ishlashi.

4. Quvvati yuqori bo'lgan elektr motor va transformatorlarni quvvati kam bo'lgan ishlab chiqarish qurilmalarida qollash.

5. Elektr motorlarni nominal quvvatidan yuqori quvvatda ishlatish magnit oqimi sochilishini ko'paytiradi va natijada  $\cos \varphi$  pasayadi.

6. Ishdan chiqqan yoki yomon ta'mirlangan elektr jihozlari ishlatilishi: masalan, rotor po'lati tunukalarini zich siqmaslik, tator chulg'ami o'ramlari soni birlamchi sonidan kam bo'lishi va h.k. uulg'amlar sonining 10% ga kamayishi motor salt yurishini 25% ga shiradi va bu esa quvvat koeffitsiyentini 6 – 8% ga kamayishiga olib keladi. Rotor po'ati o'lcmining 10 mmga farq qilishi  $\cos \varphi$  ning 15 – 30% kamayishiga olib keladi.

7. Tushlikda, kechki smenada, quvvati yuqori bo'lgan ashinalarning uzoq vaqt o'hirib qo'yilgan vaqida hamda kichik uklanishli rejimda ishlayotgan paytda tarmoqdagi kuchlanishning ir necha voltga oshishi induktiv iste'molchi magnitlovchi tokining oshishiga olib keladi va natijada  $\cos \varphi$  ning pasayishiga sabab bo'adi. Payvandlovchi apparatlar kabi induktivligi yuqori bo'lgan elektr iste'molchilarning reaktiv quvvat kompensatorlarisiz ishlatilishi sabab bo'adi.

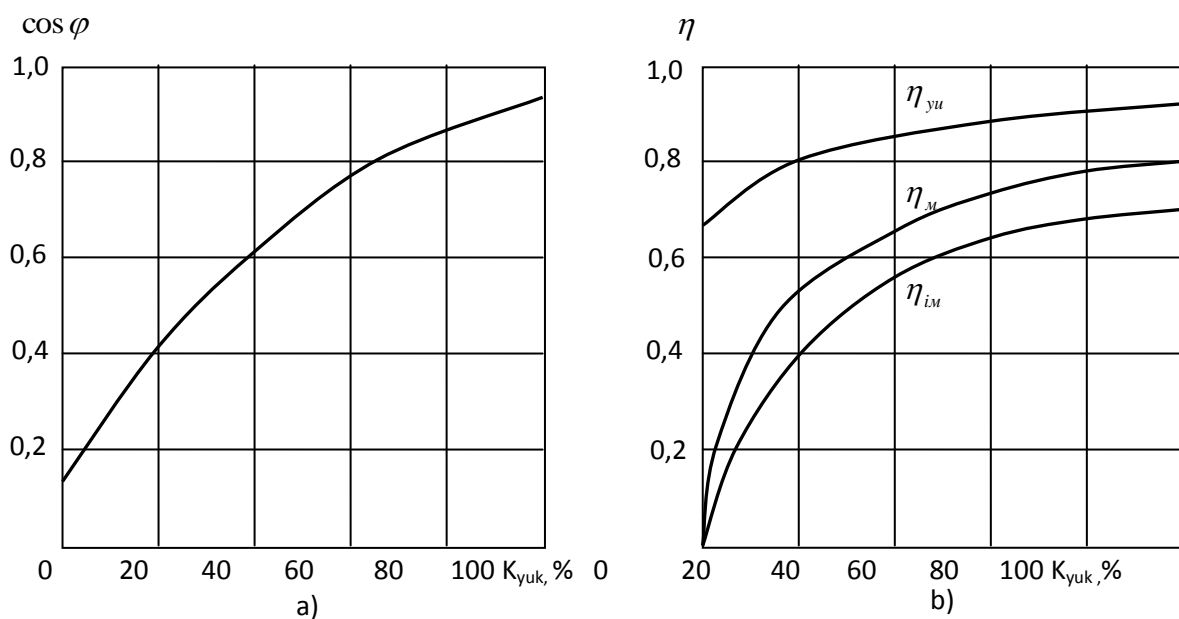
8. To'g'rilagichli qurilmalarning bo'lishi va to'yinish rejimiga yaqin rejimda ishlayotgan ferromagnit o'zakli elektr iste'molchilarning bo'lishi natijasida tarmoqdagi kuchlanishning sinusoidalligi buziladi. Asinxron motor va transformatorlarda nosinusoidal kuchlanish ta'sirida qo'shimcha quvvat pasayishi paydo bo'ladi va bu izolyasiyaning ishlash muddatini kamaytiradi.

$$K_M = \cos \varphi_1 K_{II},$$

bu yerda  $\cos \varphi_1$  – birinchi garmonikaning quvvat koeffitsiyenti,

$$K_{II} = \frac{I_1}{\sqrt{\sum I_i^2}} - \text{tuzatish koeffitsiyenti, } i - \text{garmonik tashkil etuvchining}$$

tartib soni.



2.5.1 – rasm. Asinxron elyektir motor quvvat koefitsiyentining (a), elektir motor  $\eta_M$ , ishchi mashina  $\eta_{im}$ , yuritma  $\eta_{yu}$  FIK larining (b) yuklanish koefitsiyentiga bog`liqlik grafiklari

Qurilma umumiy quvvat foizining kamayishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

Sanoat korxonalarida ishlatilayotgan quvvat koefitsiyenti 0,2 – 0,5 (payvandlash qurilmalari, kranlar, ekskavatorlar) dan 0,7 – 0,8 (ventilyatorlar, betonarashtirgichlar, konveyerlar) gacha bo`lgan, shu bilan bir qatorda quvvat koefitsiyenti birga yaqin bo`lgan va sig`imli yuklanishli (sinxron motorli kompressor va nasoslar) elektir iste`molchilar bo`lishi mumkin. Vaxolanki elektir qurilmalarni ekspluatasiya qilish qoidalariga ko`ra tarmoqning quvvat koefitsiyenti qiymati 0,92 – 0,95 bo`lishi talab etiladi.

Reaktiv quvvat iste`molini kamaytirish usullari.

Korxonada va sexlar bo`yicha tizimdan olinadigan reaktiv quvvat istexmolini 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 texnologik mexanizmlarning va elektir qurilmalarining ishlash jarayoniga va tuzilishiga ta`sir qilib, reaktiv quvvat istexmolini kamaytirish mumkin. ETS ni loyihalash va ishlatishda reaktiv quvvat kompensatsiyalash uchun 2 xil tadbirlar ishlatiladi:

- 1) Maxsus reaktiv quvvat manbasi ishlatilgan xolda uni qoplash;
- 2) Maxsus manba ishlatmasdan texnologik jarayonga, elektir qurilmasi konstruksiyasiga va parametrlariga ta`sir qilib Kompensatsiyalash tadbirlari.

Shu tadbirlarini ko‘rib chiqamiz :

1) Mexanizm yoki stanokdagi asinxron motorning salt yurish vaqtini cheklash. Chunki, AM salt yurganda asosan reaktiv quvvatni istexmol qiladi va uning quvvat koeffisienti  $\cos\varphi$  kichik qiymatga ega. Shuning uchun salt yurish vaqti 10 sekunddan ortiq bo‘lgan motorni tarmoqdan avtomatik uzuvchi moslama o‘rnatiladi.

2) Mexanizm konstruksiyasi imkon bersa, yuklash koeffisienti kichik bo‘lgan AM larni kichikroq quvvatli motorga almashtirish.

Bunda motorning yuklanish koeffisienti  $K_{yu} < 0.45$  bo‘lsa, katta quvvatli motorni kichik quvvatli bilan iqtisodiy xisoblar bajarmasdan almashtirish mumkin. Agar  $0.45 \leq K_{yu} < 0.7$  bo‘lsa, texnika - iqtisodiy xisoblar asosida almashtirish mumkin.

3) Kam yuklangan AM va SM larni stator cho‘lg‘am-lariga beradigan kuchlanishni kamaytirishi yo‘li bilan reaktiv quvvat istexmolini qisqartirish. Buni nominal kuchlanishda cho‘lg‘amlari uchburchak usuliga ulanadigan 4A seriyasidagi motorlar uchun qo‘llash mumkin.

4) Imkoni boricha doimiy ish rejimiga ega mexanizmlarda o‘rnatilgan AD larni SM lar bilan almashtirish (nasoslar, kompressorlar, ventilyator-lar). Chunki, SM reaktiv quvvatni istexmol qilmasdan, o‘zi ishlab siqarib, tarmoqqa berishini mumkin.

5) O‘zgarmas ish rejimli mexanizmlar uchun (katta quvvatli nasoslar, kompressorlar, ventilyatorlar uchun) yangidan loyixalash 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.

Kompensatsiyalovchi 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 kondensator-lar, 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 kondensator-larning 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  $R_{sol} = 4 \text{ Vt/kVAr}$ ; 6÷10 kV da  $R_{sol}=2\div 2.5 \text{ Vt/kVAr}$ .

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

Xozirgi paytda komplekt kondensator qurilmalari (batareyalari) ishlatiladi. Ularning quvvati bir nechta pog'onada rostdanishi mumkin. Pog'onalar soni 2-5 tagacha bo'ladi. Loyixalarda 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 rostdanish 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.

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

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

$t_q > t_{qn}$  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:

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

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



$D_1/Q_n$  - [kVt/kVAr] va  $D_2/Q_n^2$  [kVt/kVAr<sup>2</sup>] - solishtirma quvvat yo‘qotishlari ma’lumotnomalarda beriladi.

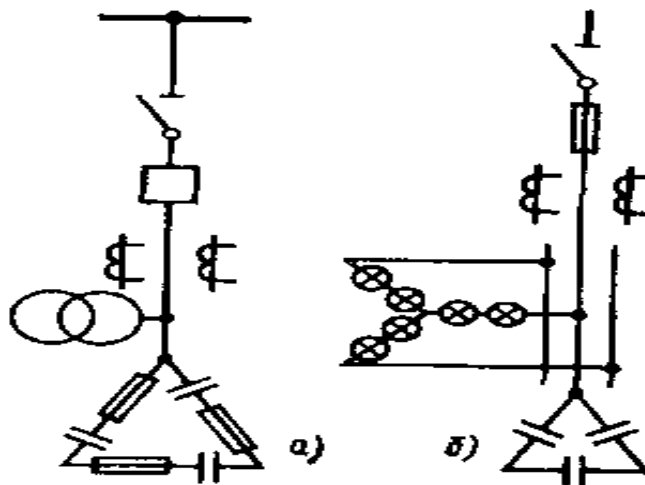
$Q_n$  - Motorning nominal reaktiv quvvati, kVAr (pasport qiymati) ;

$Q$  - Motordan olinayotgan reaktiv quvvat, kVAr;

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

$$Q_{c\pi} = \frac{\alpha_m \cdot P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi_H}{\eta_H}$$

bu yerda  $P_n$  - motorning nominal quvvati;  $\alpha_m$ -1.1÷1.4 -motor konstruksiyasiga bog‘liq bo‘lgan koeffisient,  $\eta_n$  - foydali ish koeffisienti.

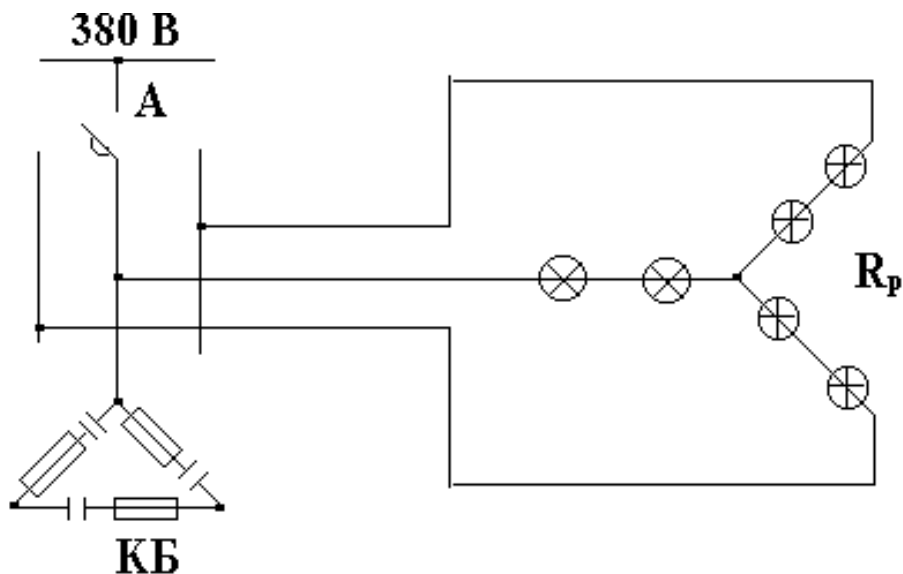


2.5.2 - rasm. 6 - 10 kV li kondensator batareyalarining ulanish sxemalari.

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 qurilmalarining sxemalari

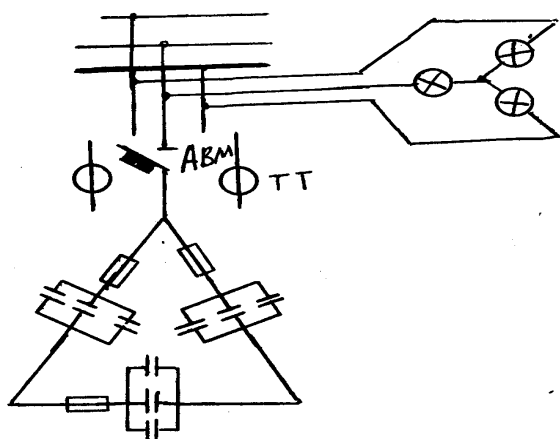
Kondensator qurilmalarning sxemalarini ko‘rib chiqamiz. 5-rasmdagi a-sxemada YuK kondensator batareyasini uzgich orqali ulanishi keltirilgan. Razryadlash qarshiligi sifatida 2 ta 1 fazali kuchlanish transformatori ishlatiladi. b-sxemada PK kuchlanishli kondensator batareyasini ulanishi ko‘rsatilgan bo‘lib, razryad qarshiligi sifatida cho‘g‘lanma lampalar ishlatilgan.



2.5.3 - rasm. 380 V kuchlanishda markazlashgan oʻrnini qoplash sxemasi.

2.5.3-rasmdagi markazlashtirilgan oʻrnini qoplash sxemasi keltirilgan boʻlib,  $R_r$  sifatida choʻgʻlanma lampalar qoʻllanilgan. Lampalarni yulduz usulida xar bir fazaga ketma-ket 2 tasini ulash ulardagi kuchlanishni 110 V gacha kamaytirib, ishlash muddatini oshiradi.

Qoplash uskunalarining kuvvatini aniklash maksimal rejimini yuklamasi bajariladi. Lekin sutkali grafik bir teks emas. Demak koplash uskunalarini, yaʼni reaktiv kuvvat ishlab chikarish kabinetini boshkarish imkoniyatiga ega boʻlishi lozim. Bu masalani qaysi asosida bajarilishi mumkin, yaʼni reaktiv quvvatni qoplash vositalari quyidagicha.



Reaktiv kuvvatni koplash uskunasi sifatida asosan ikki xil uskuna qoʻllaniladi.

Birinchi - statik kondensatorlar. Moy qogʻozli kondensatorlar xar bir fazada bir-biroviga parallel ulanib, fazalar esa oʻzaro uchburchak usulda ulanadi (2.5.4-rasm).

Har bir faza saklagich orkali shikastlanish rejimidan ximoya kilinadi. Statistik qoplash uskunalari 6-10 kV li va 0,4 kV kuchlanishlarda ishlab chikariladi. Sifat korxonalarida koʻpincha 0,4 kv li koplash uskunalari ishlatiladi. Ular aloxida shkaflarda kurilgan boʻlib elektr oʻlchash asboblari va sigimini oʻzgartirish avtomatik sxemalari bilan jixozlangan.

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

Sigimning elektr maydonida kandaydir energiya jamgariladi. Shuning uchun KU tarmokdan ajratgan paytda uning birdaniga ajratish o'ta kuchlantirish xodisasi natijasida elektr teshilish xavfi tugiladi. Shu xodisani olish maksadida, KU tarmokdan ajratilgan onda, u aktiv karshilik yoki kuchlanish transformatoriga ulanadi va jamgarilgan energiya aktiv karshilik yoki kuchlanish transformatorining cho'lgamlariga razryadlantiradi.

Koplash uskunalarining ikkinchi turi bu sinxron mashinalarining uygunlashtirish rejimida ishlash. Elektr mashinalari fanidan ma'lumki, sinxron mashinalari uygotish tokiga boglik induktiv yoki sigim xarakterli reaktiv kuvvat ishlab chikarish kobilyatiga ega.

Uygonish toki ma'lum kiymatgacha sinxron mashina iduktiv xarakterga ega, reaktiv kuvvatlar kirim-chikim tenglamasining ung tomoniga musbat ishora bilan kiradi, ya'ni sinxron mashinasi reaktiv kuvvatni iste'mol kiladi. agar uygonish toki ma'lum kiymatdan oshgan S.M sigim xarakterga ega, reaktiv kuvvatlar kirim-chikim teglamasining ung tomoniga, manfiy ishora bilan kiradi, ya'ni S.M reaktiv kuvvat ishlab chikaradi. Sinxron mashinani aynan mana shu rejimda ishlashi reaktiv kuvvatni koplash rejimidir. S.S. koplash uskunasi sifatida kam ishlatiladi. Fakat xo'jalik tarmoklari mikyosida ishlatiladi. O'zbekistonda nasos stansiyalarida aynan sinxron mashinalari elektr motorlar sifatida ishlatiladi. Mana shu imkoniyatdan foydalanib kuvvat koeffisientini ko'tarish katta iktisodiy yutuklarga olib kelishi mumkin. Xozirgi vaktda bu imkoniyatdan to'lik foydalanmayaptilar. S.M ni statistik sigim koplash uskunalarini texnik-iktisodiy ko'rsatkichlarni takkoslab ko'rsak, kuyidagilarni kayd kilish lozim:

Bir kVar ishlab chikaradigan reaktiv kuvvat:

Sinxron mashinalar- 10,5 sum/kVar.

Statistik sigim koplash uskunasi – 6,5 sum/kVAr

Koplash uskunalari uzi iste'mol kiladigan aktiv kuvvat:

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

Statistik sigim koplash uskunasi  $0,5\% \cdot Q_{ku}$

Ko'rinib turibdiki S.M.larni koplash uskunasi sifatida ishlatish xam kimmatga tushadi xam o'z aktiv kuvvat iste'moli yukori. Shuning uchun sanoat korxonalarida ko'pincha statistik sigim koplash uskunalari ko'llaniladi.

Agar sanoat korxonasida 150-250 kVt li kospressor yoki nasos agregatlari texnologik talablariga muvofik mavjud bo'lsa, bu agregatlarning extiyoj sinxron

motorlarni reaktiv kuvvati koplash uchun ishlatish iktisodiy nuqtai nazardan kulay tushadi.

S.M.lari koplash uskunasi sifatida ishlatishning yana bir ustunligi shundaki, bularni reaktiv quvvatini boshkarish oson va kulay.

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.

Hozirgi zamon yuqori va o'ta yuqori elektr uzatish liniyalaridagi uzatilayotgan aktiv quvvat ( $P$ ) me'yordan ( $P_m$ ) kichik bo'lganda katta quvvatli boshqarilmaydigan generator hisoblanadi. Reaktiv quvvat generatorlari-sinxron kompensatorlar esa uni iste'molchisidir. Hozirda tiristorli qurilmalar bilan uzuliksiz boshqariladigan reaktorli va reaktor-kondensatorli reaktiv quvvat statik kompensatorlari (SK) yaratilgan. Ular elektr stansiya shinalariga va elektr uzatish magistral liniyalariga ulanadi.

Boshqariladigan reaktiv quvvat qurilmalari (manbalari) ya'ni, sinxron va statik kompensatorlar quyidagilarni ta'minlaydi:

Kuchlanish va reaktiv quvvat bo'yicha elektr uzatishda talab etiladigan ish rejimlari;

Uzatilayotgan aktiv quvvatni yuqori chegaradagi statik va dinamik turg'unligi;

Elektr uzatishni to'la fazali bo'lmagan ish rejimida ham kuchlanish va tokni simmetrikligi;

Liniyalarda (kommutatsiya) o'ta kuchlanishni oldini olish.

Elektr stansiyalar va taqsimlash podstansiyalaridagi alohida kuch transformatorlari va avtotransformatorlar yuklama ostida kuchlanishni rostlovchi-transformatsiyalash koeffitsientini o'zgartiruvchi qurilmalar bilan jixozlanadi. Bunday qurilmalarga elektro energetika ob'ektlari reaktiv quvvatini rostlovchi va transformatsiyalash koeffisientini boshqaruvchi rostlagichlar kiradi. Ular yordamida reaktiv quvvat oqimi va shinalardagi kuchlanishlarni me'yoriy darajada bo'lishi ta'minlanadi.

Sinxron kompensatorlar-an'anaviy reaktiv quvvat generatori xisoblanadi 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.

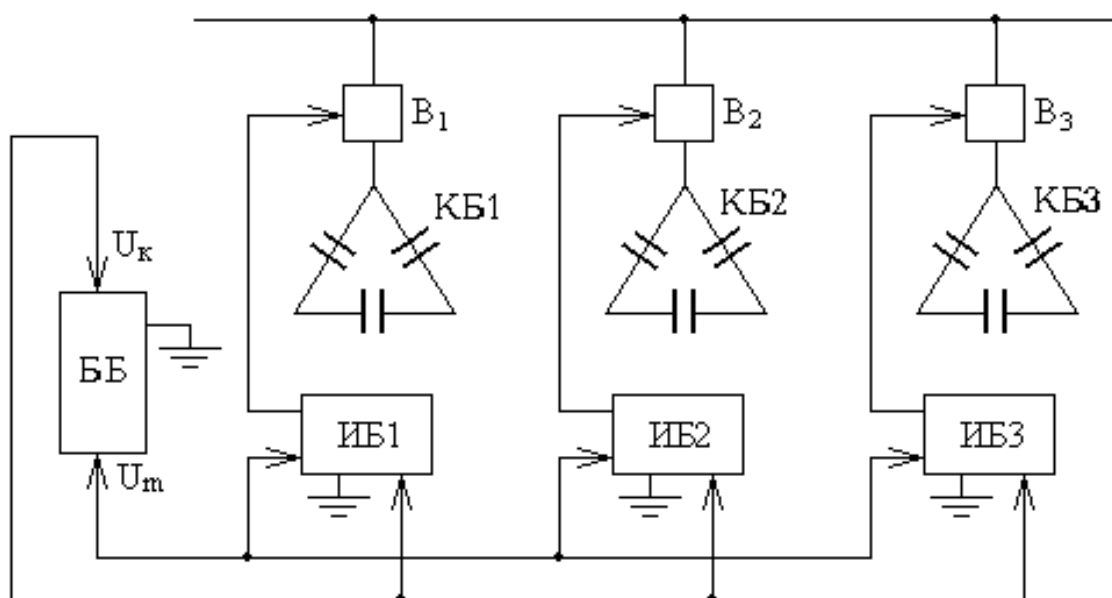
Qo'zg'atish toki sinxron kompensatorning qo'zg'atishni avtomatik rostlash qurilmalari bilan boshqariladi. Sinxron kompensatorlarni elektr mashinali

qo'zg'atish qurilmali modifikatsiyasi (asosan tiristorli cho'tkasiz qo'zg'atishli) amalda keng qo'llaniladi.

Reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiyalash, ya'ni kuchvat 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.

Kuchlanishga bog'liq xolda 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.

Quyidagi rasmda reaktiv kuvvatni avtomatik kompensatsiyalashni blok sxemasi keltirilgan.



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

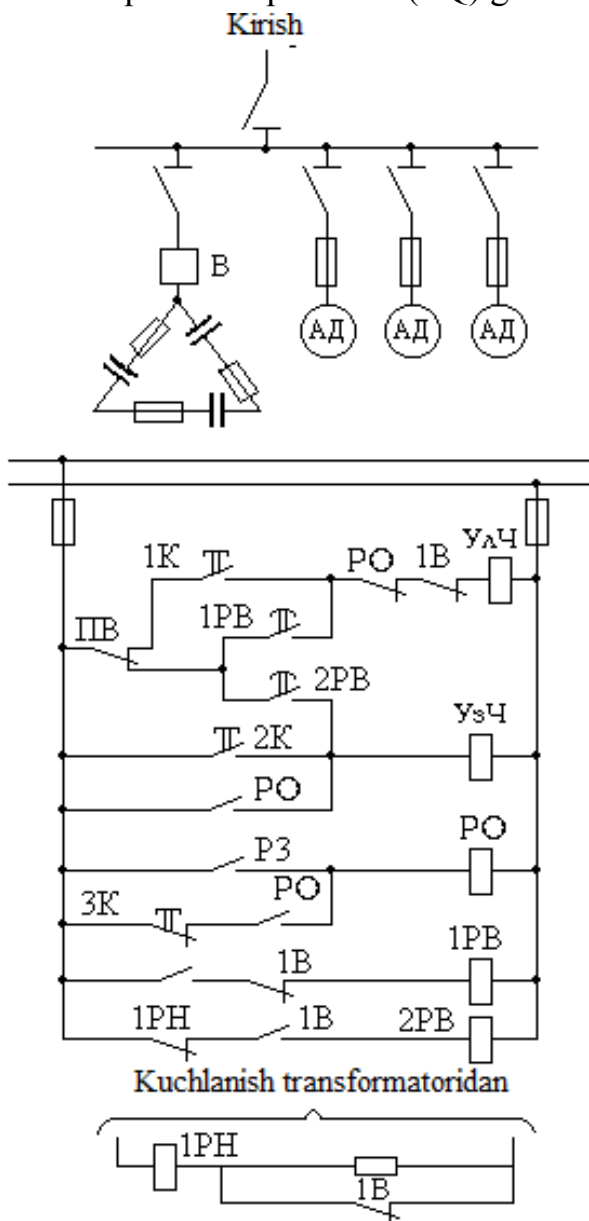
Bu qurilma o'zgaruvchan tok zanjirlarida KB quvvatini ko'p pog'onali boshqarishga asoslangan. Ko'p pog'onali boshqarish bir pog'onali boshqarishga nisbatan sezgir hisoblanadi.

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.

Ma'lumki, reaktiv quvvatning asosiy iste'molchilari asinxron motorlar (60%), kuch transformatorlari (20%), induksion pechlar va to'g'rilagichlardir (20%).

Kuchlanishi 1000 V gacha bulgan 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;



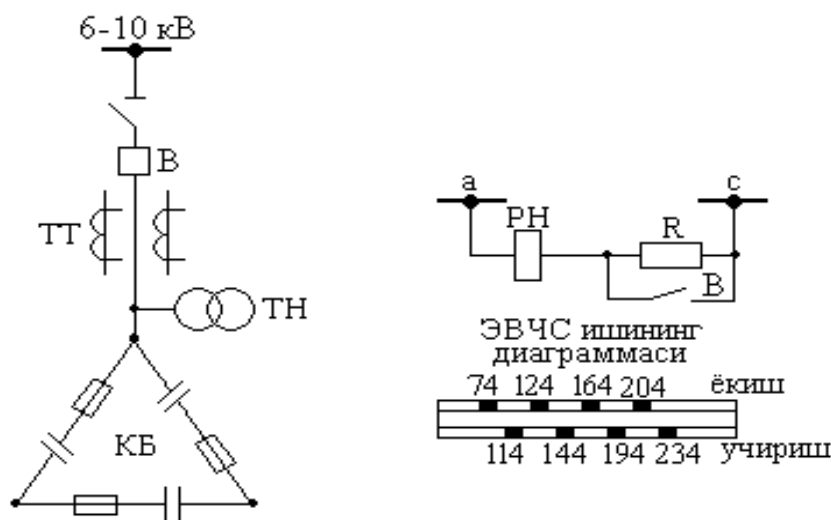
2.5.6-rasm. Reaktiv quvvatni bir pog'onali avtomatik boshqarish sxemasi.

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.

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 (UlCh) 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 vaqtdan 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.



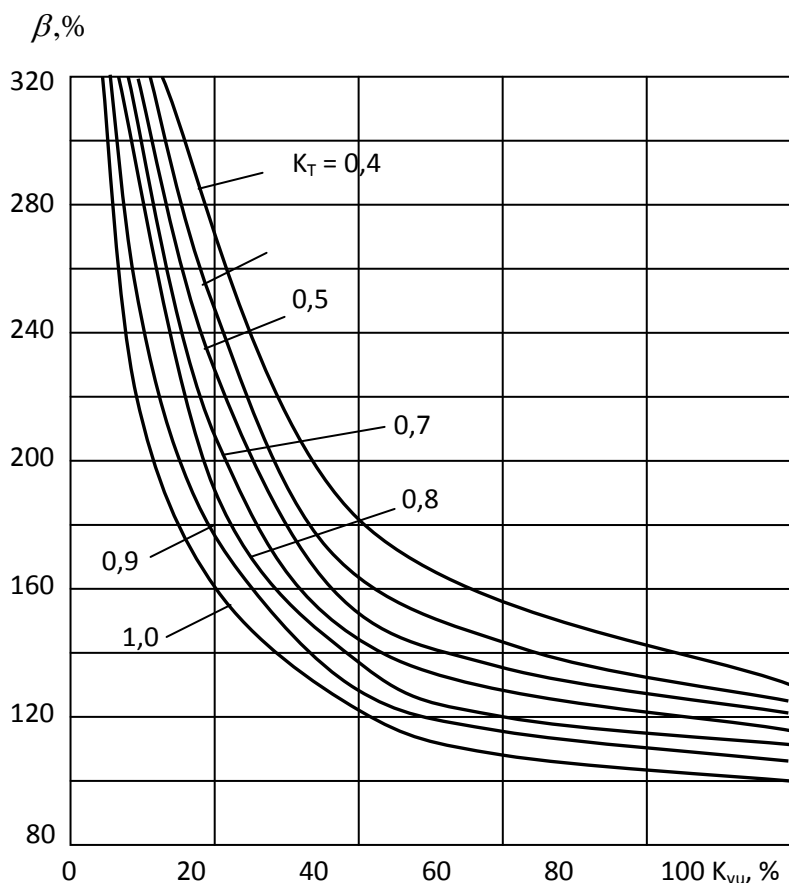
2.5.7-rasm. Reaktiv quvvatni avtomatik rostlashni kombinatsiyalangan sxemasi.

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.

Quvvat ko'effitsiyentini oshirish va elektr jihozlardagi quvvat isrofini kamaytirish maqsadida quyidagi tadbirlar ko'riladi:

rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motorlarni tanlash hamda imkoni va sharoitiga qarab sovushi oson kechuvchi ochiq konstruksiyali motorlarni qo'llash.



2.5.8 – rasm. Ishchi mashinada sarflanayotgan elektr enyergiya solishtirma qiymatining yuklanish ko'effitsiyentiga bog'liqlik grafigi

2. Ishchi mexanizimi elektr jihozlarni to'liq yuklatish va ishlab chiqarish davomida bir tekis taqsimlanishiga erishish. 2.5.1 – rasmda motorning  $\cos \varphi$  va FIK, ishchi mexanizim va yuritmaning FIK larining yuklanish ko'effitsiyenti  $K_{yu}$  ga bog'liq ravishda o'zgarishi keltirilgan.

Iqtisod qilingan elektr energiyani hisoblash uchun elektr energiyaning avval solishtirma qiymatini hisoblaymiz:



$$\mathcal{E}_{CQ} = \frac{1}{\eta_M * K_{yu}} \left[ K_{yu} + \frac{\alpha(1 - \eta_M)}{K_T} \right]$$

bu yerda  $\eta_M$  – ishchi mexanizmning to`liq yuklanganligidagi FIK;  $K_{yu}$  – yuklanish koefitsiyenti;  $K_T$  – ishchi mexanizmning ishlatilish koefitsiyenti;  $\alpha = 0,7 - 0,9$  – ishchi mexanizmning turi va konstruksiyasiga bog`liq bo`lgan koefitsiyent.

$K_{yu}$  va  $K_T$  koefitsiyentlar quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$K_{yu} = \frac{P}{P_H}, K_T = \frac{t_M}{(t_M + t_O)}$$

bu yerda  $P_N$  – motorning nominal quvvati,  $t_m$  – mexanizmning ishlash vaqti,  $t_o$  – salt yurish vaqti.

Ishchi mexanizmning maksimal ish rejimi uchun  $t_o = 0$  va  $K_T = 1$ ,  $K_{yu} = 1$  bo`lgani uchun elektr energiyaning solishtirma qiymati eng minimal bo`ladi:

$$\mathcal{E}_O = \frac{[1 + \alpha(1 - \eta_M)]}{\eta_M}$$

Ishchi mexanizmi yuklanishini oshirish natijasida energiyadan qilinadigan iqtisodni hisoblash uchun 2.5.8 – rasmdagi grafiklardan hamda  $\beta = \mathcal{E}_{CQ} / \mathcal{E}_O$  koefitsiyentini hisobga olgan holda har soatda elektr energiyadan qilinadigan iqtisod quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\Delta \mathcal{E} = (\beta_1 - \beta_2) * \mathcal{E}_O,$$

bu yerda  $\beta_1, \beta_2$  – yuklanish oshirguncha va oshirilgandan so`ng elektr energiya solishtirma qiymatining nisbiy o`zgarish koefitsiyentlari.

Misol. Elektr randa mexanizmi elektr yuritmasi motori 40% yuklanish bilan ishlaydi ( $K_{yu} = 0,4$ ), salt yurish vaqti 50% ( $K_T = 0,5$ ),  $\eta_M = 0,85$ ,  $\alpha = 0,8$ .  $K_N = 0,8$  va  $K_T = 0,9$  holatlari uchun har soatda elektr energiyadan qilinadigan iqtisod qancha bo`ladi?

Yechimi. 2.5.8 – rasmdagi grafikdan  $K_{yu} = 0,4$  va  $K_T = 0,5$  qiymatlar uchun  $\beta_1 = 1,61$  va  $K_{yu} = 0,8$  va  $K_T = 0,9$  qiymatlar uchun  $\beta_2 = 1,07$  ekanligini aniqlaymiz.  $E_O = (1 + 0,8(1 - 0,85)) / 0,85 = 1,32$  kVt.soat. Shunday qilib, har soatda iqtisod qilinayotgan elektr enyergiya  $E = (1,61 - 1,07) * 1,32 = 0,71$  kVt.soat.

3. Ishlab chiqarish texnologiyasini mukammallashtirish, salt yurishni chegaralovchi qurilmalar va boshqaruv pultlarini ishlab chiqarish joylariga yaqinlashtirish hisobiga asinxron motor va payvand transformatorlarning salt yurishini minumumga keltirish va umuman yo`qotish mumkin.

Salt yurishni chegaralashda elektr energiyadan qilinadigan iqtisodning maqsadga muvofiqi 2.5.10 – rasmda keltirilgan diagramma yordamida aniqlanadi. Buning uchun hisob ko`rsatkichlari:

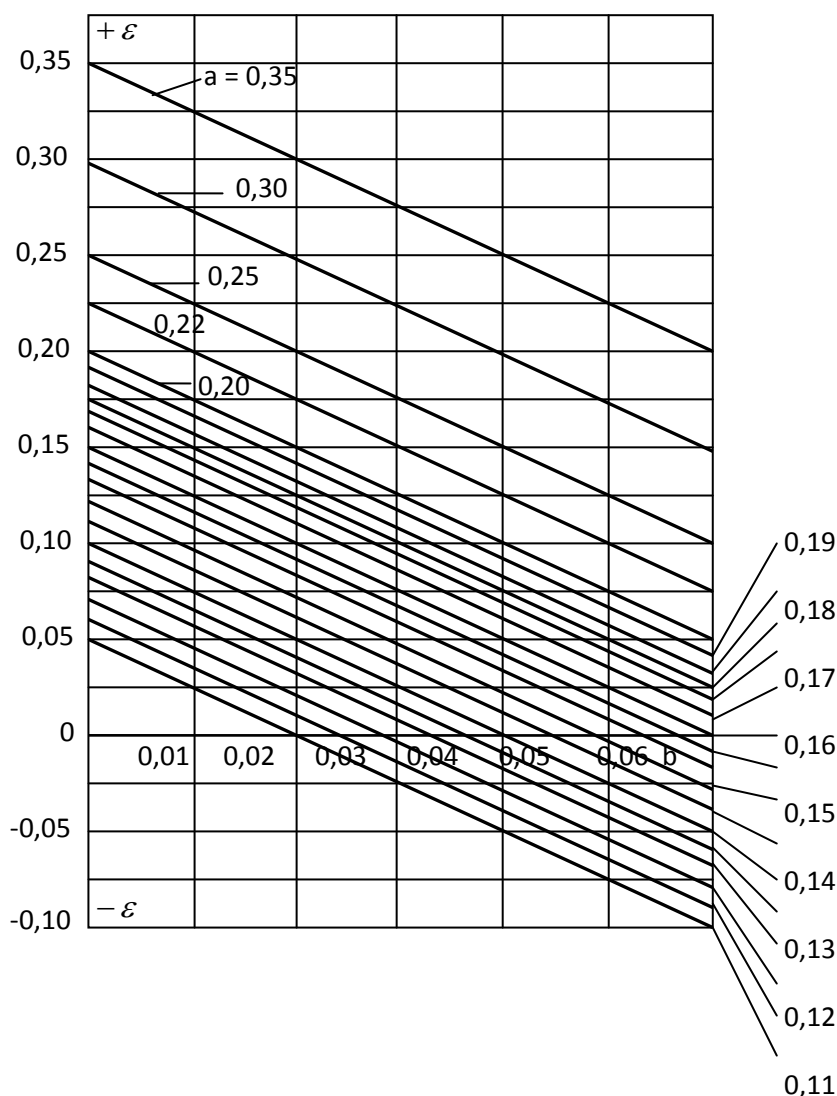
$$a = R_0 / R_N \text{ va } v = 1/4 \times t_x,$$

bu yerda  $P_0$  – salt yurishining o`rtacha quvvati, kVt;  $P_N$  – motorining nominal quvvati, kVt;  $t_x$  – uqiklar orasidagi salt yurishlar vaqti, s.

Diagrammadagi  $a$  va  $b$  ko`rsatkichlar bo`yicha samaradorlik ko`rsatkichi  $\varepsilon$  topiladi. Quyidagi formula yordamida har soatda elektr energiyadan qilinayotgan iqtisod hisoblanadi:

$$\Delta \mathcal{E} = \varepsilon z P_H t_x / 3600,$$

bu yerda  $z$  – mexanizmning ishlab chiqarish davomidagi sikllar soni.



2.5.9 – rasm. Elektr yuritma salt ishlashini chegaralashning samaradorligini aniqlashga xizmat qiluvchi diagramma

Misol. Suyuq materialni transportirovka qilishda ishlatiladigan nasos elektr yuritmasi motorining quvvati  $P_N = 7,5 \text{ kVt}$ ,  $P_0 = 1,12 \text{ kVt}$ ,  $t_0 = 25 \text{ s}$ ,  $z = 20$  sikl/s.

Yechimi.  $a = 1,12/7,5 = 0,15$  va  $b = 1/4 \times 25 = 0,01$ . 2.4 – rasmdagi diagrammadan  $\varepsilon = 0,125$  ekanligini topamiz.

Shunda har soatda elektr energiyadan qilinayotgan iqtisod

$\Delta \mathcal{E} = 0,125 \cdot (20 \cdot 7,5 \cdot 25/3600) = 0,13 \text{ kBr} \cdot \text{coar}$ , demak bu qurilmada salt yurishini chegaralash maqsadga muvofiq ekan.

4. Quvvat bo'yicha to'liq yuklanmagan motorlarni kichik quvvatli motorlar bilan almashtirish; agar yuklanganlik darajasi 45% dan kam bo'lsa, u holda so'zsiz kichik quvvatli bilan almashtirish zarur. Agar yuklanganlik darajasi 70% dan yuqori bo'lsa, u holda almashtirish kerak emas. Yuklanganlik 45% – 70% oraliqda bo'lsa, u holda aktiv quvvat isrofini hisoblab chiqish zarur. Bu quvvat isrofi quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$\Delta P_{\Sigma} = [Q_O(1 - K_{yu}^2) + K_{yu}^2 Q_H] \cdot K_E + P_O + K_O^2 \Delta P,$$

bu yerda  $Q_O = \sqrt{3} U_H I_X \sin \varphi_O$  – motorning salt yurishdagi iste'mol qilayotgan reaktiv quvvati, kvar:  $K_{yu} = P/P_N$  – motorning yuklanish koeffitsiyenti,

$Q_H = \frac{P_H}{\eta_H} \operatorname{tg} \varphi_H$  – motorning nominal yuklanishidagi iste'mol qilayotgan reaktiv quvvati, kvar:

$K_E = 0,1$  yoki  $0,15$  – isroflar koeffitsiyenti,  $\Delta P_1 = \sqrt{3} U_H I_0 x \cos \varphi$  – motorning salt yurishidagi aktiv quvvat isrofi, kVt;

$$\Delta P = P_H \left( \frac{1 - \eta_H}{\eta_H} \right) \cdot \left( \frac{1}{1 + \gamma} \right)$$

motordagi yuklanishning nominal qiymatga o'zgarishida aktiv quvvat isrofining o'zgarishi, kVt;

$$\gamma = \frac{\Delta P_X}{(1 - \eta_H) - \Delta P_X}$$

motorning konstruksiyasiga bog'liq bo'lgan hisobiy koeffitsiyent, %;  $\sin \varphi = 0,1 - 0,2$  oraliqda o'zgaradi. Salt yurish tokining o'rtacha qiymati  $I_0$  motorning  $P_N$  va  $I_N$  kiymatlari asosida aniqlanadi:

Misol. Beton aralastiruvchi qurilma elektr yuritmasi motorining nominal ko'rsatkichlari –  $P_N = 30 \text{ kVt}$ ,  $I_N = 55 \text{ A}$ ,  $\eta_H = 91\%$ ,  $\cos \varphi_H = 0,91$ ,  $I_0 = 23,1 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi_0 = 0,17$ . Motor  $P = 14,7 \text{ kVt}$  yuklanish bilan ishlaydi. Bu motorni quvvati  $P_N = 15 \text{ kVt}$  bo'lgan motor bilan almashtirish kerak yoki kerakmasligini

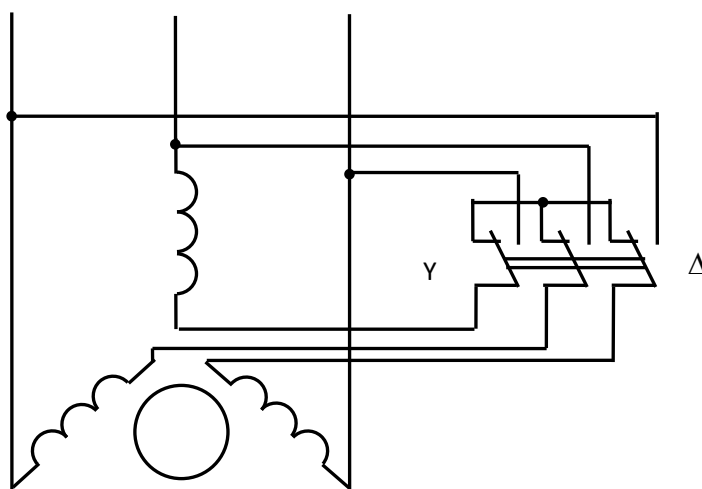
tekshirib ko`ramiz. Bu motorning asosiy ko`rsatkichlari  $I_N = 29.9A$ ,  $\eta_H = 87,5\%$ ,  $\cos \varphi_H = 0,87$ ,  $I_0 = 12,8A$ ,  $\cos \varphi_0 = 0,1$ .

Hisoblar shuni ko`rsatadik  $\Delta P_{\Sigma} = 1,21\kappa Bm$ .

Shunday qilib, motorni kichikroq quvvatlisi bilan almashtirish motordagi aktiv quvvat isrofini kamayishiga olib keladi. Demak, bu holatda kichik quvvatli motor bilan almashtirish maqsadga muvofiq keladi.

Agar motor stator fazalari uchburchak usulda ulangan bo`lsa, motorning yuklanganligi 40% dan oshmasa, u holda stator chulg`amini yulduz usulida ulash kerak bo`ladi (2.5.10–rasm). Buning natijasida har bir fazadagi kuchlanish  $\sqrt{3}$  martaga kamayadi, natijada quvvat koeffitsiyenti oshadi.

Agar motor ishlash davomida yuklanganligi kam bo`lishi bilan birga ma`lum vaqtdan so`ng yana nominal quvvatga yaqin qiymatga ko`tarilib ishlashi, bu sikl davriy takrorlanib turadigan bo`lsa, u holda avtomatik qayta ulash qurilma yordamida stator fazalarini goh uchburchak, goh yulduz usulda ulanib turishi motor quvvat koeffitsiyentini avtomatik rostlash imkonini beradi va bu o`z-o`zidan elektr energiyani iqtisod qilishga olib keladi.



2.5.10 – rasm. Asinxron motor stator chulg`ami fazalarining ulanish sxemasi

5. Maksimal tok va issiqlik relelarning soz turishi motor statori chulg`amidagi tokning ruxsat etilgan qiymatidan oshib ketishidan saqlaydi. Agar A klassli izolyasiyal motorning ishlash muddati 15 – 20 yil bo`lsa, tokning nominal qiymatidan 25% ga oshishi motorning ishlash muddatini 1,5 yilgacha qisqartiradi.

6. Elektr motor ta`mirining sifatli bo`lishini nazorat qilib turish kerak.

7. Tezligi elektrik usul bilan rostlanmadigan uch fazali asinxron motorlarni xuddi o`ta qo`zg`atilgan rejimda ishlaydigan sinxron motorlar bilan almashtirish tarmoqdan olinayotgan reaktiv quvvatni kompensasiya qilish imkonini beradi.

8. Tezligi rostlanmaydigan asinxron elektryurtmalardagi asinxron motorlarni mos quvvatli sinxron motorlar bilan almashtirish.

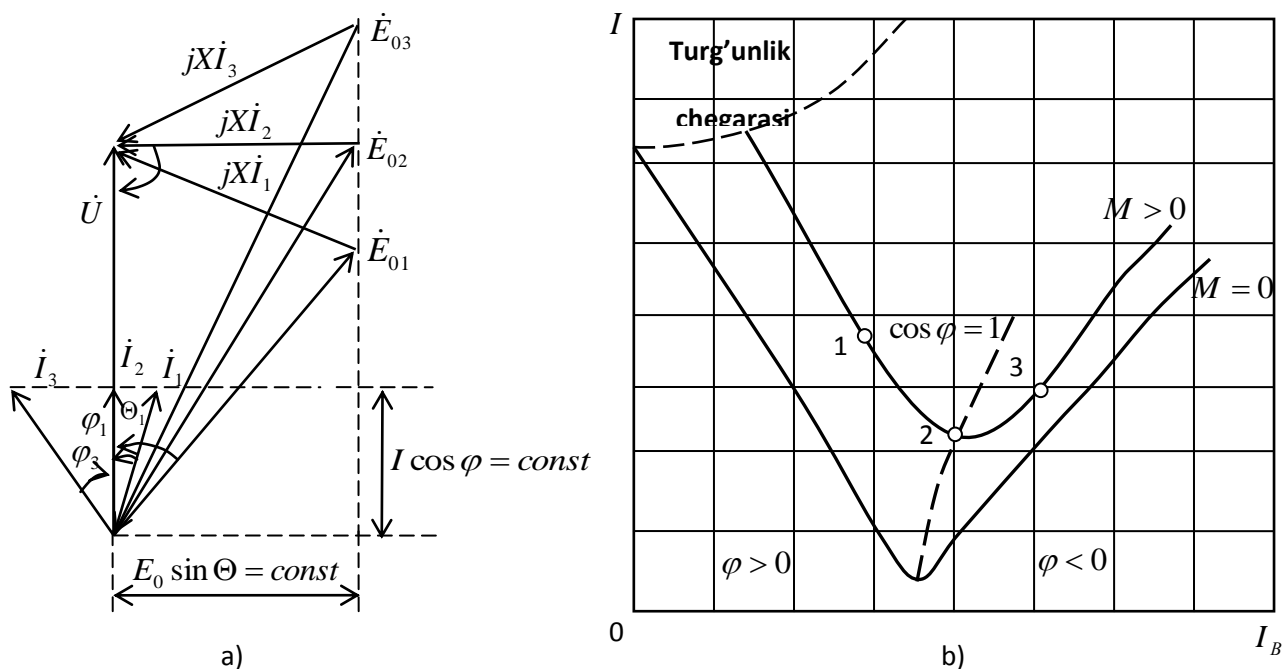
Sinxron motorlarning asosiy afzalliklari:

ishlash davomida qo`zg`atish chulg`ami tokini rostlash bilan  $\cos \varphi$  ning qiymati o`zgartiriladi;

tarmoq kuchlanishi o`zgarishiga sezgirligi asinxron motornikiga nisbatan kam;

aylanish momenti tarmoq kuchlanishiga to`g`ri proporsional, asinxron motorda bu bog`lanish kuchlanishning kvadratiga to`g`ri proporsional;

Sinxron motorning FIK asinxron motmornikiga qaraganda yuqori bo`ladi.



2.5.11 – rasm. Sinxron elektr motorning vektor diagrammasi (a) va  $U$  ko`rinishdagi tavsifi (b)

2.5.11,a – rasmda sinxron motorning soddalashtirilgan bir fazasi uchun qo`zg`atish tokining uch xil qiymati uchun qurilgan vektor diagrammasi keltirilgan.

Shuningdek, qo`zg`atish chulg`ami tokining turli qiymatlarida aylantirish momentining  $M = 0$  va  $M > 0$  qiymatlari uchun stator tokining o`zgarish tavsiflari, ya'ni  $U$  ko`rinishdagi tavsiflari 2.5.11, b – rasmda keltirilgan. Tarmoqdan faza chulg`amiga berilayotgan kuchlanish

$$U = E_0 + jXI_1,$$

bu yerda  $E_0$  – rotorning asosiy maydoni hosil qilgan EYuK vektori,  $X$  – motor bir fazasining induktiv qarshiligi,  $I_1$  – faza toki vektori. Agar qoʻzgʻatish chulgʻami hosil qilgan rotor maydoni berilgan tarmoq kuchlanishi hosil qilgan natijaviy magnit maydonidan kichik boʻlsa, u holda stator tokining vektori  $I_1$  kuchlanish  $U$  dan  $\varphi_1$  burchagiga orqada qoladi. Shunda motor tarmoq uchun aktiv-induktivli yuklanishli qurilma vazifasini bajaradi. Qoʻzgʻatish chulgʻami tokini shunday qiymtigacha oshirish mumkinki, bunda  $E_{02}$  shunday qiymatga ega boʻladiki,  $jX_2$  tarmoq kuchlanishi  $U$  ga perpendikulyar boʻadi va  $I_2$  faza boʻlmasda  $U$  bilan mos keladi, yaʼni  $U_2 = 0$  boʻlib, sinxron motor tarmoq uchun aktiv yuklanma boʻlib qoladi ( $\varphi_2 = 0$ ).

Qoʻzgʻatish chulgʻami tokining yanada oshishi sinxron motorni aktiv-sigʻimli rejimga oʻtkazadi, bunda  $I_3$   $\varphi_3$  burchakka tarmoq kuchlanish  $U$  dan oldinga oʻtib ketadi. Shunday qilib, sinxron motor reaktiv quvvat generatoriga aylanadi.

200 kVt va undan katta quvvatli asinxron motorlarni sinxron motorlar bilan almashtirish hamisha elektr energiyani iqtisod qilishga olib keladi.

### **Quvvat koeffitsiyentini sunʼiy kompensasiyalash.**

Quvvat koeffitsiyentini sunʼiy yoʻllar bilan kompensasiya qilish kondensatorlar, sinxron motorlar, kompensatorlar, koʻndalang filtrlar va yarim oʻtkazgichli statik reaktiv energiya manbalari tomonidan amalga oshiriladi.

Kondensatorlarni asinxron motorlar yaqiniga oʻrnatish tavsiya etilib, ular reaktiv quvvat generatori vazifasini bajaradi. 2.5.12, a – rasmda asinxron motor bir fazasining ekvivalent elektr sxemasi keltirilgan. 2.5.12, b – rasmda shu ekvivalent elektr sxema uchun qurilgan vektor diagrammada yuklanish tokining induktiv tashkil etuvchisi  $\dot{I}_1$  ning kondensator batareyalari hosil qilgan sigʻim toki  $\dot{I}_C$  bilan kompensasiya qilinishi koʻrsatilgan. Vektor diagrammadan koʻrinib turibdiki, kondensator batareyasi ulangandan soʻng burchak  $\varphi$  ning qiymati kamayadi ( $\varphi_2 < \varphi_1$ ),  $\cos \varphi$  esa oshadi.

Koʻpgina hollarda reaktiv quvvatni toʻliq kompensasiya qilishning hojati boʻlmaydi, chunki  $\cos \varphi = 0,95$  boʻlishi yetarli boʻlib, kichik qiymatdagi reaktiv tok hosil qilinishi amalda qoʻshimcha quvvat isrofini yuzaga keltirmaydi.  $\cos \varphi = 1,0$  ga erishish uchun odatda qoʻshimcha kondensatorlar batareyasini ulashga toʻgʻri keladi va bu koʻpincha iqtisodiy jihatdan oʻzini oqlamaydi. Reaktiv

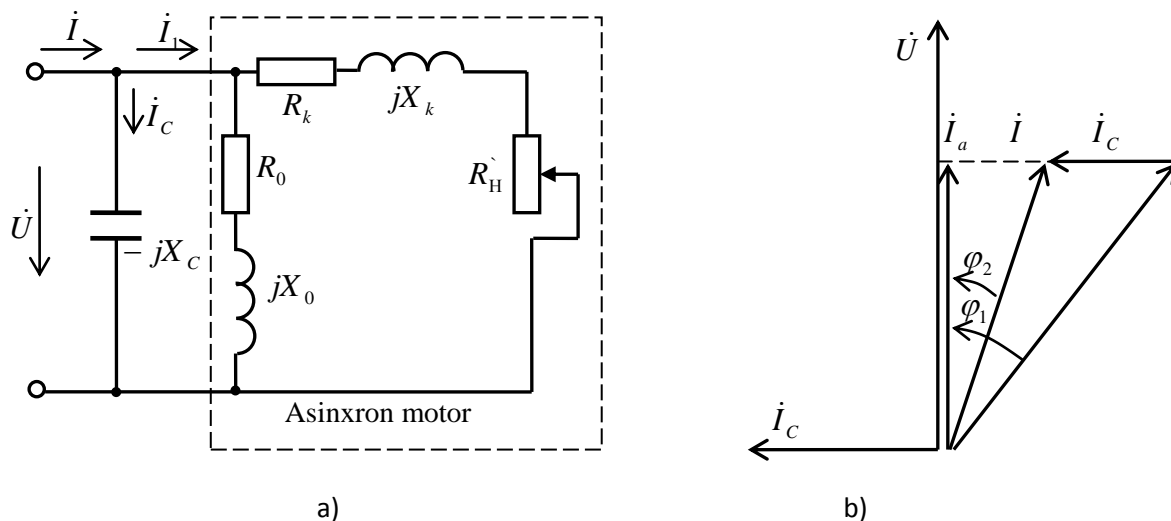
quvvatli kompensasiya qilishda zarur bo`ladigan kondensatorlarning sig`imini hisoblash quyidagi formula bilan amalga oshiriladi:

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2),$$

Bu yerda  $P = I_a U$  – elektr iste`molchining aktiv quvvati,  $\omega = 2\pi f$  – burchak chastota,  $U$  – tarmoq kuchlanishi,  $\varphi_1, \varphi_2$  – reaktiv quvvatni kompensasiya qilishdan oldin va keyin tok vektori  $\dot{I}$  bilan tarmoq kuchlanishi  $U$  orasidagi burchaklar.

Kondensator batareyalarining quvvati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Q = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2).$$



2.5.12 – rasm. Asinxron motor fazasining ekvilyent almashtirish sxemasi (a) va vektor diagrammasi (b)

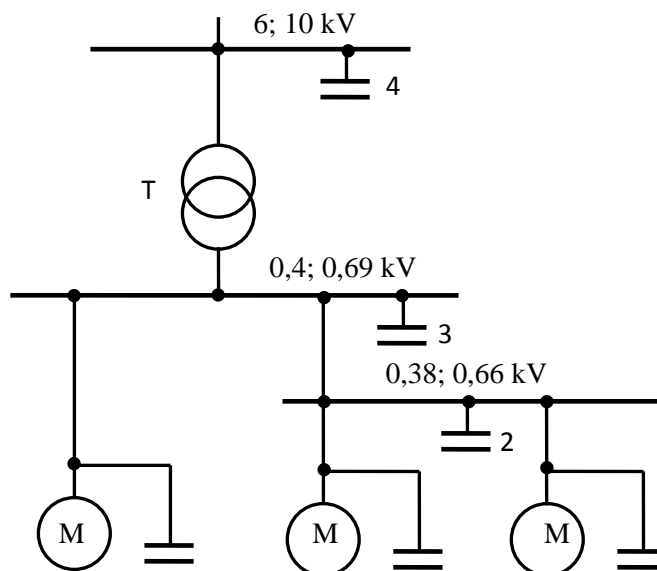
Misol. Quvvat koefitsiyenti  $\cos \varphi = 0,76$  bo`lgan elektr iste`molchi sanoat qurilmasining quvvat koefitsiyentini  $\cos \varphi = 0,93$  ga keltirish uchun zarur bo`lgan kondensatorlardan iborat kompensasiyalovchi qurilmaning quvvatini aniqlash kerak. Tarmoq kuchlanishi 380/220V yil davomidagi aktiv energiya sarfi  $W_y = 1300\ 000$  kVt.soat,  $t_y = 4100$  s.

Yechim. Yil davomida o`rtacha aktiv quvvat  $P = W_y / t_y = 1300000 / 4100 = 317,1$  kVt. Reaktiv quvvatni kompensasiyalovchi qurilmaning quvvati  $Q = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = 31701(0,85 - 0,39) = 145,9$  kvar. Katologdan 150 kvar quvvatli komplekt kondensator qurilmasi tanlanadi.

Har bir alohida iste`molchi uchun o`zining hisoblangan 1 – reaktiv quvvat kompensasiyalovchi qurilmalarning o`rnatilishi (2.5.13 – rasm) elektr energiya

bilan ta'minlovchi tarmoqlarni ortiqcha reaktiv quvvat yuklanishidan xalos qiladi va maksimal iqtisodiy samara beradi.

Bir necha iste'molchilar guruhi uchun hisoblangan kondensatorlar batareyalarining o'rnatilishi ushbu kondensatorlardan unumli foydalanishga olib keladi.



2.5.13 – rasm. Statik kondensatorlarni o'rnatish variantlari: 1 – 4 – kondensator batareyalari

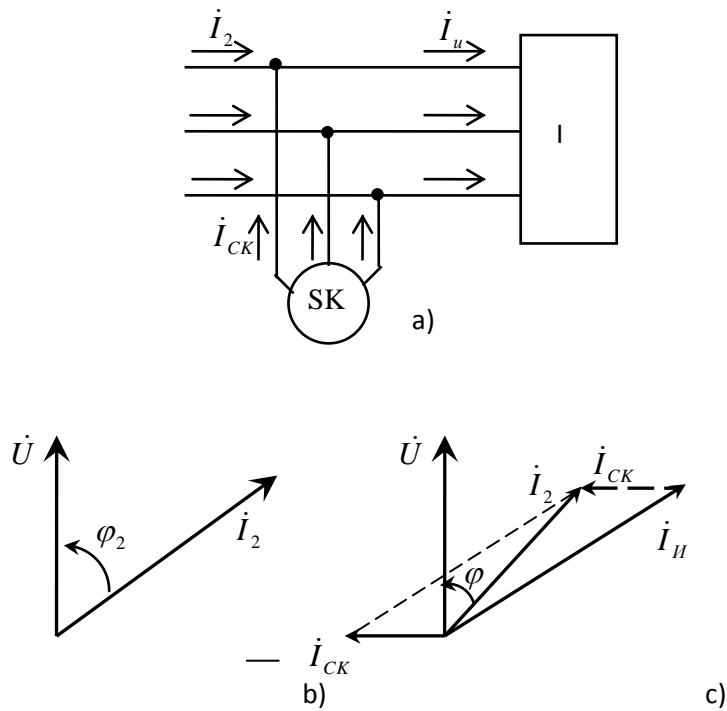
Markazlashtirilgan kompensasiyalash transformator nimstansiyaning ikkilamchi chulg'ami kuchlanishi shinalariga kondensator batareyalarini (3) ulash bilan amalga oshiriladi, bu bilan transformatorlar va ta'minlovchi liniyalardagi reaktiv quvvat yuklanishidan xalos qilinadi. Biroq nimstansiyaning ikkilamchi kuchlanishlari reaktiv quvvat yuklanishidan xalos bo'lmaydi. Xuddi shuningdek nimstansiyaning birlamchi kuchlanishi tomoniga ulangan kondensatorlar batareyasi va tashqi elektr tarmoqni reaktiv quvvat yuklanishidan xalos qilgan holda, ikkilamchi kuchlanish tomonida va unga ulangan iste'molchilardagi bu yuklanishlardan xalos etmaydi.

Boshqariluvchi kondensator batareyalarini qo'llashdan maqsad faqat reaktiv quvvatni kompensasiyalashdan iborat bo'lmay, balki maksimal va minimal yuklanishlar vaqtida tarmoqdan uzatilayotgan kuchlanishning o'rnatilgan qiymatini o'zgartirmasdan ushlab turish uchun ham xizmat qiladi.

Salt yurish rejimida ishlayotgan sinxron motordan reaktiv quvvatni kompensasiyalovchi qurilma sifatida foydalanish mumkin. 2.5.14, a – rasmda sinxron kompensatorning ulanish sxemasi, 2.5.14, b, v – rasmlarda uning vektor diagrammasi keltirilgan. Iste'molchi I ni tarmoq kuchlanishi U ga ulash natijasida  $I_2$  tok paydo bo'ladi va bu tok U dan  $\varphi_2$  burchakka orqada qoladi.



Iste'molchi I ga kompensatorni ulash natijasida, o'ta qo'zg'atish rejimining tashkil etilishi natijasida  $I_{sk}$  tok yuzaga keladi va bu tok  $U$  dan 90 gradus burchakka oldinga o'tgan bo'ladi. Tarmoqdagi jamlovchi tok  $I_2 = I_1 + I_{sk}$  bo'ladi. Bunda  $\cos \varphi$  qiymati oshadi va  $I_2$  kamayadi. Bu esa sinxron kompensatorlarning ulanishi xuddi kondensatorlar batareyasini ulash kabi bir funksiyani bajarayotganini ko'rsatadi. Kompensatorlarning afzalligi shundan iboratki reaktiv tokni silliq roslash imkonini beradi.



2.5.14 – rasm. Iste'molchi va sinxron kompensatorlarning ulanish sxemasi (a), kompensasiyagacha (b) va kompensasiyadan so'ngi (c) vektor diagrammalari

Oraliq kuch filtrlari drossel va kondensatorlarni ketma – ket ulangan va ma'lum chastotaga sozlanib, ushbu chastotadagi yuqori garmonik tashkil etuvchilarni yo'qotish yoki ular ta'sirini kamaytirish uchun xizmat qiladi.

Yarim o'tkazgichli statik reaktiv quvvat manbalari hozirgi paytda tannarxi yuqori bo'lganligi uchun amalda qo'llanilmaydi.

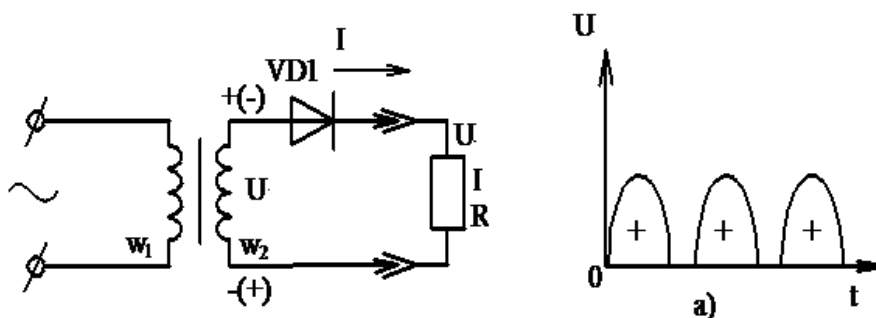
### 3-BOB. ELEKTR YURITMALARDA ENERGIYA TEJAMKORLIKKA ERISHISH YO`LLARI

#### 3.1. Energiya tejamkor elektr yuritmalarda qo`llaniladigan boshqarish qurilmalari

##### a) yarim o`tkazgichli to`g`rilagichlar

Yarim o`tkazgichli diodlar volt-ampere tavsifi chuqur o`rganib chiqilgandan keyin, ulardan elektron qurilmalarda keng foydalanila boshlandi. Diodlar asosan, o`zgaruvchan tokni o`zgarmasga aylantirish, elektr signallarini kuchaytirish, generatsiyalash va o`zgartirish maqsadida ishlatiladi. Diodlar past, o`rta, yuqori quvvatli bo`lib, talab etilgan joylarda ularni tanlab olib foydalaniladi. Masalan diodlar majmuasi yordamida, to`g`rilagich qurilmasi yaratilgan. Yarim o`tkazgichli to`g`rilagichlar elektr zanjirida ikkilamchi manba sifatida foydalaniladi. Elektron qurilmalarni deyarli hammasi yarim o`tkazgichli to`g`rilagichlar yordamida ishlaydi, ular o`zgaruvchan tok manbalariga ulangan bo`lsa ham, o`zgarmas tokka aylantiriladi. Yarim o`tkazgichli to`g`rilagichlarni bir necha asosiy ulanish chizmalari mavjuddir.

1) bir yarim davrli to`g`rilagich chizmasidan foydalanilsa, ularning vazifasi o`zgaruvchan tokni bir dona yarim o`tkazgichli diod yordamida to`g`rilash mumkin (3.1.1-rasmga qarang).

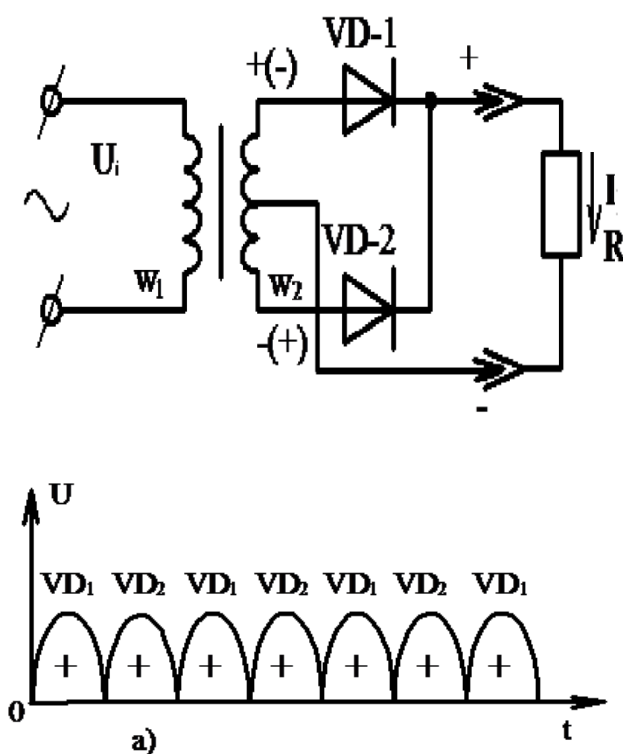


3.1.1-rasm. Oddiy bir yarim davrli to`g`rilagich chizmasi va kuchlanishni to`g`rilangan holati (a).

Transformatorning  $w_2$ -g`altakdagi kuchlanishning qiymati va qutblari tez-tez davriy ravishda o`zgarib turadi. G`altakni yuqori qismida musbat potensial bo`lgan paytda diod ishlaydi va  $I_{to`g`ri}$  tokni zanjirdan o`tkazadi, aksincha holat yuz berganda yuqori qismida manfiy qutb bo`lganda diod yopiq bo`ladi, tokni o`tkazmaydi va zanjirni elementlariga  $U=0$  teng bo`ladi. To`g`rilagich chiqishida chastotasi 50 gs bo`lgan (ellikta yarim davr o`tish bir sekunda sodir bo`ladi).

2) ikki yarim davrli to`g`rilagich chizmasida esa ikkita yarim o`tkazgichli diod ishlatiladi va transformatorni ikkinchi g`altagani o`rta nuqtasida ulanadi (3.1.2-rasmga qarang).

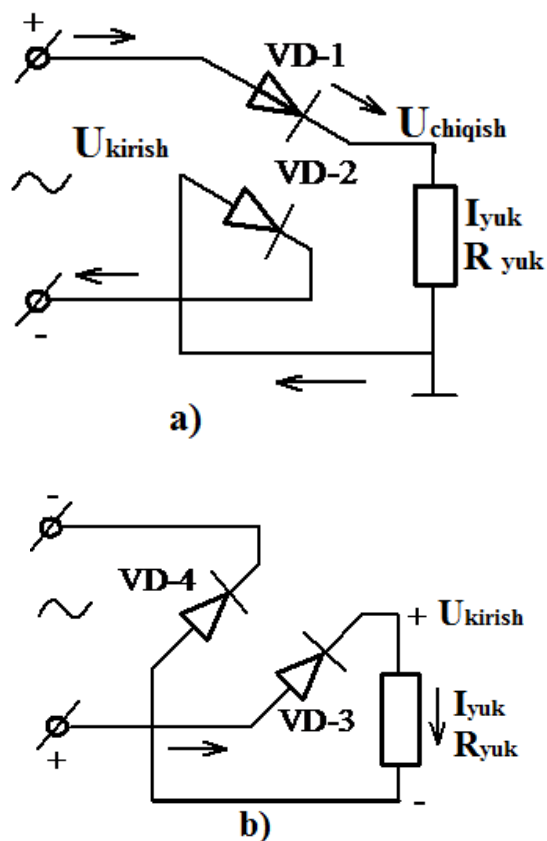
Transformatorning ikkinchi  $w_2$  g'altagining yuqori va pastki qismida yarim o'tkazgichli VD-1 va VD-2 diod o'rnatilgan, agar g'altakning yuqori qismida qutb musbat bo'lsa diod VD-1 ochiladi, tok o'tadi. Bu paytda pastki qismidagi g'altak uchlariga amanfiy qutb bo'lgani uchun VD-2 diodi yopiq bo'ladi. Qutblarda zaryad ishorasi 1 sekunda 50 marta o'zgaradi, har doim musbat bo'lgan paytda diodlar ochiladi, manfiy bo'lganda diodlar yopiladi. Ana shunday tartib 2,5-davrlari to'g'rilagichlar ishlaydi. Bu to'g'rilagichlarga chiqish kuchlanish chastotasi  $f=100$  gs gacha o'zgarib turadi. Bu xildagi to'g'rilagichlar o'quv-laboratoriya ishlari bajargan paytlarda qo'llaniladi. Ularning turlari VU-4; VU-8; VU-10 deb ishlab chiqariladi.



3.1.2-rasm. Ikki yarim davrlari to'g'rilagich chizmasi va kuchlanish to'g'rilangan holati.

3) bir fazali, ko'prik chizmalari to'g'rilagichlar. Bu turdagi to'g'rilagichlar uchun to'rtta yarim o'tkazgichli diodlar ishlatiladi va ular elektr zanjirga ko'prik chizma usulida ulanadi.

Har bir yarim davrlari tokni olish uchun 2ta VD-diod ishlaydi. Ularni chizmasi bilan tanishamiz (3.1.3-rasmga qarang).



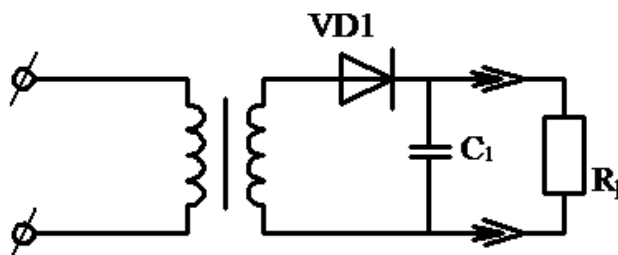
3.1.3-rasm. Bir fazali, ko‘prik chizmalı to‘g‘rilagichlarning taxlili.

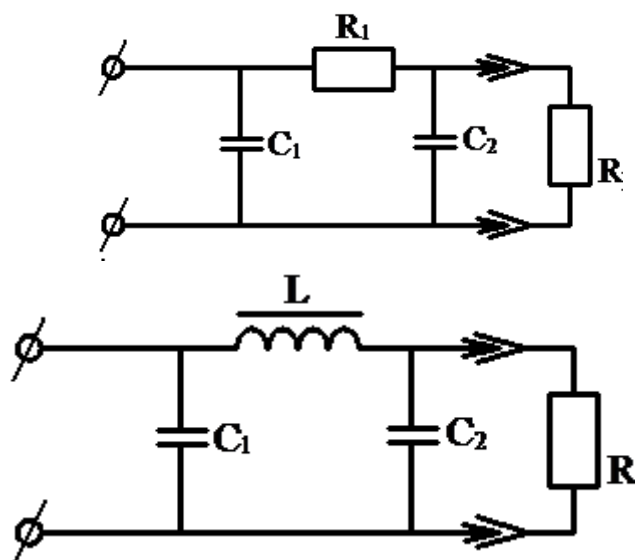
To‘g‘rilagichning  $U_{chiqish}$  joyida chastotasi  $f=100$  gs gacha o‘zgarib turadi.

Bir fazali ko‘prik chizmalı to‘g‘rilagichlar eng ko‘p ko‘llaniladigan elektron qurilma bo‘lib, ikkilamchi o‘zgarmas elektr manbai sifatida ishlatiladi. Ularni turlari VU-4; LIP-90; V-24 m bilan tamg‘alanadi.

Bir va ikki yarim davrli to‘g‘rilagichlarni chiqish kuchlanishi o‘zgarmas bo‘lsa ham lekin chastotasi  $f=50-100$  gs gacha o‘zgarib turgani uchun, ulardan elektron qurilmalarda birdaniga ikkilamchi manba sifatida foydalanib bo‘lmaydi. Shuni hisobga olib, to‘g‘rilagich chiqish joyida qo‘shimcha oddiy elektr qiymatni sifatli rostlab berish filtri (tozalagich) o‘rnatiladi. Filtrlarning asosiy elementlari bu kondensator, o‘zakli induktiv g‘altak (drossel) va rezistordan iboratdir.

Quyidagi chizmalarda elektr filtrlari turlari berilgan (3.1.4-rasm).





3.1.4-rasm. Elektr filtrlarining turlari. Oddiy filtr, RC filtr, LC filtr

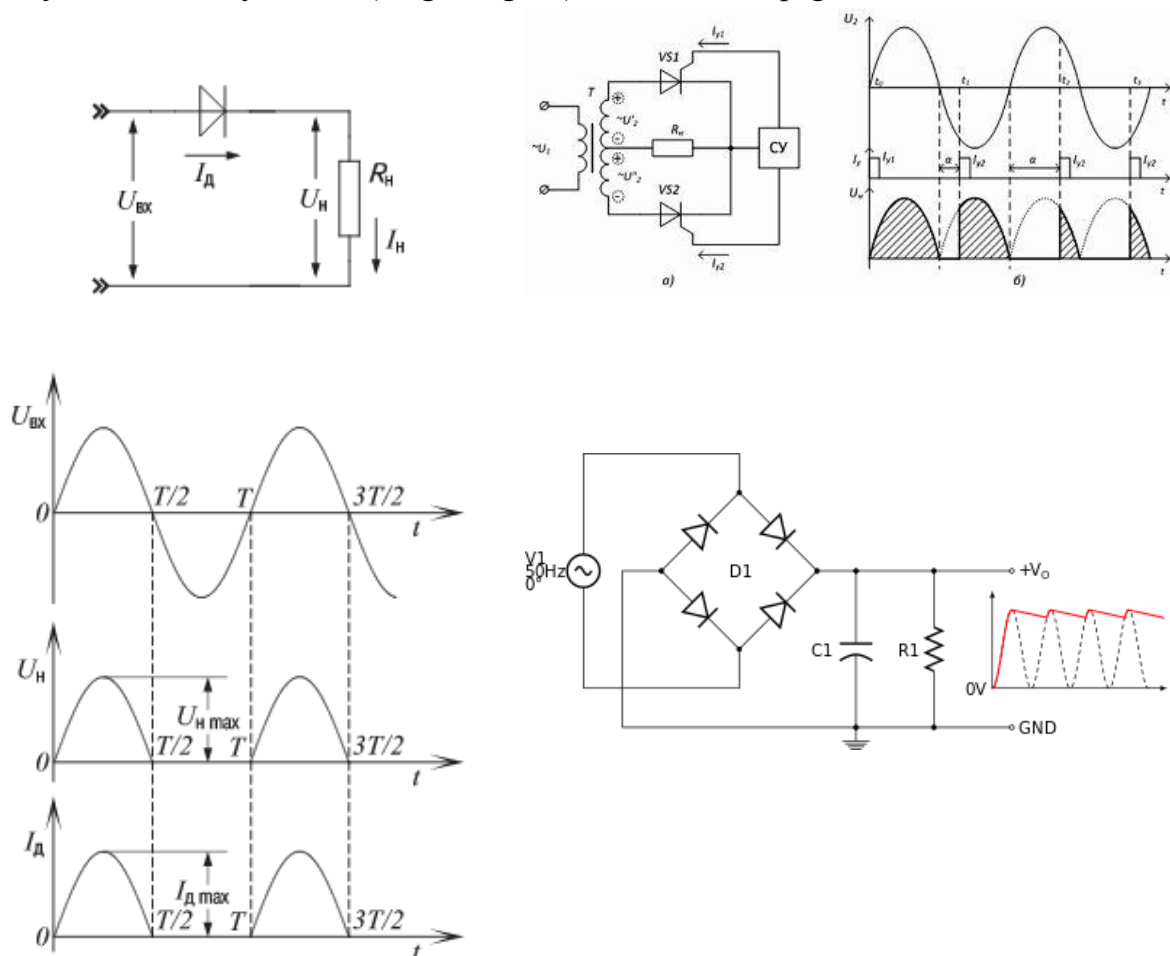
1. Oddiy filtrlar VD diod ochilganda tok o'tadi, ikkiga bo'linadi. To'g'ri yuklama  $P_{yuk}$  ga boradi va  $C_1$  kondensatorni zaryadlaydi. Agar VD diod yopiq bo'lsa, kondensator zaryadsizlanadi ya'ni yuklama  $P_{yuk}$  tokni beradi.

2. «P» rusumli RC filtri past chastotalarga yaxshi ishlaydi,  $R_{yuk}$  yuklama toki va  $C_1$  va  $C_2$  kondensator plastinkalarida kuchlanish sezilarsiz o'zgaradi.  $R_1$  rezistor qiymati va chegarasiga ta'sir qilmaydi.

3. «P» rusumli LC filtri past chastotalarga juda yaxshi ishlaydi. Bu filtrga joylashgan induktiv g'altak qarshiligi yuqori va  $C_1$  va  $C_2$  kondensator bilan birga samarali ishlaydi. Keyingi paytda drossel o'rniga tranzistorlar ham qo'llanib kelinmoqda. LC filtrlar asosan ossillograflar elektr chizmasiga ishlatiladi. Drosseldan, sig'imdan iborat filtr, elektr zanjirlarida past chastota rejimda benuqson ishlaydi va elektr impulslarni o'zgarimas holatda saqlab yetkazib beradi. Filtr o'rnatilmagan elektr to'g'rilagichlardan foydalanib bo'lmaydi. Elektrostansiyada ishlab chiqariladigan elektr energiya o'zgaruvchan tok bo'lib ulardan elektronika sohasida to'g'ridan-to'g'ri foydalanib bo'lmaydi. O'zgaruvchan tokni dastlab, o'zgarimasga aylantirish kerak, keyin uni parametrlarini rostdash kerak. Talab etilgan, o'zgarimas kuchlanish holatiga keltirib keyin iste'molchiga taqsimlash kerak. Bu ishlarni hammasini yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar bajaradi.

4) aktiv va aktiv-induktiv yuklanishli rejimda ishlovchi to'g'rilagichlar. Bir fazali va uch fazali o'zgaruvchan tokni o'zgarimas tokka to'g'rilash uchun mo'ljallangan boshqariladigan to'g'rilagichlarni turli chizmalarda ulash mumkin. To'g'rilagichlar germaniy, kremniy elementlaridan tayyorlanadi, yarim o'tkazgichlilarni elektroni bir yo'nalishda o'tkazish xossasiga va tokning

qo'yilgan kuchlanishiga proporsional bo'lganligiga asoslangan. Keyingi yillarda germaniyli va kremniyli diod (to'g'rilagich)lar ishlab chiqilgan.

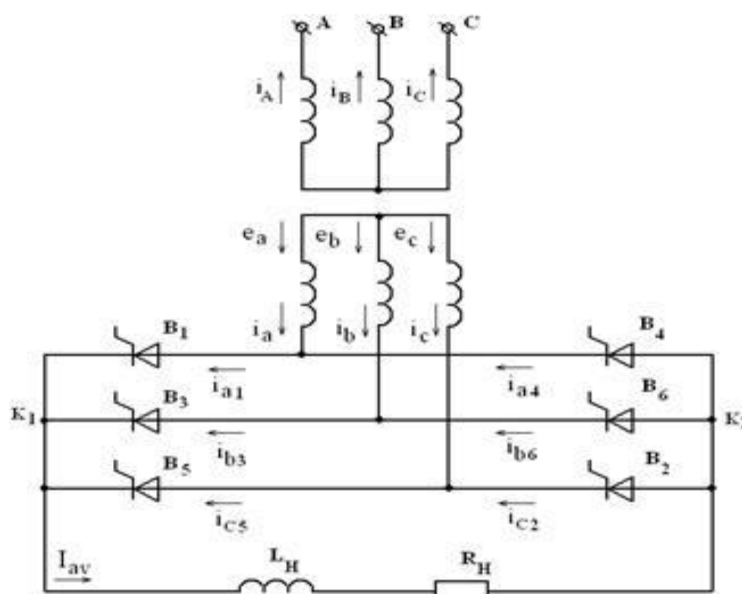


3.1.5-rasm. Bir fazali to'g'rilagichlar.

Hozirgi vaqtda foydali ish koeffisienti 99% ga yetadigan germaniyli diodlar ishlab chiqilgan. Diodlarning ba'zi turlari to'g'ri kuchlanishi 1 V bo'lganda bir necha yuz Amperga tokka yo'l qo'yadi. To'g'rilagich sifatida ishlaydigan bunday diodlar energiyani kam isrof qilishi (F.I.K. yuqori bo'lishi) sababli katta yuklamalarda qizimaydi va sovutuvchi radiatorlarga muhtoj bo'lmaydi.

Keyingi yillarda F.I.K.-98% gacha, ishchi kuchlanishi 1000 V dan yuqoriroq, tok zichligi  $300 \text{ a/sm}^2$  bo'lgan kremniyli to'g'rilagichlar ishlab chiqilgan.

Aniqlik kiritish maqsadida bir fazali va uch fazali to'g'rilagichlar chizmalari bilan tanishamiz.



3.1.6-rasm. Uch fazali to'g'rilagichlar.

e) boshqarilmaydigan va boshqariladigan to'g'rilagichlar.

Bir fazali to'g'rilagichlar 3.1.5-rasmga keltirilgan chizma. Bir fazali tokning bitta davrli boshqarilmaydigan to'g'rilagich chizmasi.

To'g'rilanadigan o'zgaruvchan tok kuchlanishi transformatorlardan olinadi. Yuklama transformatorlarning ikkilamchi g'altagidan  $V_n$ -to'g'rilagich bilan ketma-ket ulanadi. Boshqarilmaydigan to'g'rilagich tokni oqimi yuqoridan pastki tomonga bir tekis oqqanda potensialga ega bo'ladi, o'zgaruvchan tokning yarim to'lqini tomonida o'tkazadi. Kuchlanishning pastki yarim amplitudasi yuklama orqali o'tadigan tokni vujudga keltirmaydi, boshqarilmaydigan to'g'rilagichning teskari qarshiligi juda kattadir.

Bir fazali tok chizmasidagi boshqarilmaydigan to'g'rilagichning ikki yarim davrli chizmasi keltirilgan. Ikkilamchi cho'lg'amning O o'rta nuqtasidan to'g'rilangan tokli zanjirning bir qutbi chiqarilgan cho'lg'amning eng chetki "a" va "b" o'ramlarining uchlari navbatma-navbat ikkinchi qutb bo'ladi. Haqiqatga esa bu chizma kuchlanishning yarim to'lqinining yo'nalishiga qarab navbatma-navbat ishlaydigan bir yarim davri boshqarilmaydigan to'g'rilagichdan iborat bo'ladi.

Kuchlanishning yarim to'lqini musbat bo'lganda yuqoridagi o'ramlar o'rtadagi o'ramlar (o'rta nuqta)ga nisbatan musbat potensialga, o'rtadagi o'ramlar esa pastki o'ramlarga nisbatan musbat potensialga ega bo'ladi. Kuchlanish vektori teng ikkiga bo'linadi va uning O nuqtadagi "a" nuqtagacha bo'lgan yuqoridagi yarim to'g'rilanadi. Tok 0 nuqta –yuqoridagi o'ramlar –1 to'g'rilagich yuklama 0 nuqta orqali o'tadi. Manfiy yarim davr 0 nuqtaning potentsiali B nuqtaga nisbatan manfiy bo'ladi. Ayni vaqtda 0 nuqta A nuqtaga

nisbatan musbat potensialga ega bo'ladi. Bu to'g'rilagich asosan ko'rik chizma usulida bo'lgani uchun afzallikka ega, texnikada ko'p qo'llaniladi.

Uch fazali tokni to'g'rilash chizmasi 3.1.6-rasmga keltirilgan.

3.1.5 a-rasmda. Har fazada bitta yarim davrli to'g'rilagich ishlaydi. Fazalar 120°ga siljigani sababli to'g'rilangan tokning yarim to'lqinlari bir-birini qoplaydi va puls tarorlanishi kamayadi.

3.1.5 b-rasmda. Har fazada ikkala yarim to'lqin to'g'rilanadi, chunki bu yerda ikkita yarim davrli to'g'rilash yuz beradi. to'g'rilagichlardan tuzulgan ko'priikka tarmoq kuchlanishi beriladi. Davrning har qaysi oltidan bir qismi davomida to'g'rilangan tokning zanjirida fazalar birining to'g'rilangan kuchlanishi ta'siridan tok o'tadi.

3.1.5 b chizmani ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz. 1-tugunda A fazani oniy kuchlanishi maksimal bo'ladi. Yuklama zanjirida tok A faza-1 to'g'rilagich (diod) yuklama-4 va 6 to'g'rilagich (diod)-V va S fazalar-cho'lg'aming nol nuqtasi A fazadan iborat zanjir orqali o'tadi. Ana shunday tartibda o'zgaruvchan tok o'zgarmas tokka aylantiriladi.

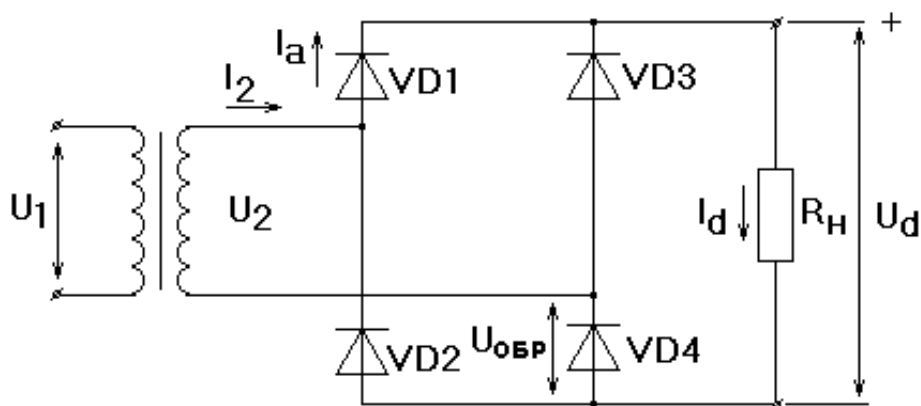
Uch fazali o'zgarmas toklar, o'zgarmas tok motorlari uchun asosiy elektr manbasi bo'lib xizmat qiladi. Barcha elektr energiya ishlab chiqarish korxonalarini uch fazali o'zgaruvchan tok elektr energiyasi ishlab chiqaradi va ular maxsus qurilmalar yordamida iste'molchilarga yuboriladi. Sanoatning shunday saxalari borki, o'zgaruvchi tokni to'g'ridan-to'g'ri qabul qilmaydi, ularga o'zgarmas tok kerak, shunga muvofiq ularni ehtiyojini qondirish uchun uch fazali to'g'rilagichlar yordamida o'zgarmas tok olinib yetkazib beriladi. Kimyo sanoati, qora va rangli metall ishlab chiqarish korxonalarini, transpotr va aloqa soxasining ozuqasi bo'lmish uch fazali o'zgarmas tok elektr energiyasi bo'lmasa elektr energiyasi bo'lmasa, bu soxalarda ish to'xtab qoladi.

O'zgarmas tok energiyasini olish uchun tok o'zgartirgichlar (preobrazovatellar) va to'g'rilagichlar (vipryamitellar) kerak. Bu qurilmalarda yarim o'tkazgichli diodlar va o'zgartirgich moslamalar qo'llaniladi.

O'zgarmas tok olish usulida eng ko'p ko'prikk usulidagi kombinatsiyalashgan elektr ko'prikk chizmalar ishlatiladi. Ko'pchilik xollarda yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar ko'prikk chizmasi bo'yicha yig'iladi. Ularni chizmasi quyidagi rasmda berilgan.

$$U_0 = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot U \approx 0,9U$$





3.1.7-rasm. Boshqarilmaydigan to'g'rilagich chizmasi

Boshqarilmaydigan to'g'rilagich chizmasi (3.1.7-rasm) transformatorlar cho'lg'amining 3-nuqtasida birinchi yarim davrda musbat potensial, 4-nuqtasida manfiy potensial bo'lsin deb faraz qilaylik. Bu vaqtda elektr toki 3-nuqtadan 7-nuqtada VD<sub>2</sub>-to'g'rilagich, 5-nuqtadan iste'molchiga, 6-nuqtadan va VD<sub>4</sub>-to'g'rilagich orqali ikkilamchi cho'lg'amning 4-nuqtaga boradi.

Ikkinchi yarim davrda transformatorning ikkilamchi cho'lg'amining 3-nuqta va 4-nuqtalarida potensial ishorasi (qutbi) o'zgaradi: 3-nuqtada manfiy potensial, 4-nuqtada musbat potensial bo'ladi. U vaqtda tok 4-nuqtadan 8-nuqta VD<sub>1</sub>-to'g'rilagich, 5-nuqtadan esa iste'molchi (birinchi yarim davr davomidagi yo'nalishda) 6-nuqta VD<sub>3</sub>-to'g'rilagich va 7-nuqta orqali 3-nuqtaga o'tadi. Har bir yarim davr davomida iste'molchi orqali ayni bir yo'nalishda tok o'tib turadi. Ko'priqli chizmaning o'zgaruvchan tokni ikki yarim davrli odatdagi to'g'rilagich chizmasiga nisbatan afzal tomonlari haqida chuqur tushuncha berish kerak.

Uch fazali tokni ikkita yarim davrli to'g'rilash chizmasi va to'g'rilangan tokni grafii 2.1.8-rasmda keltirilgan. Ayrim fazalardagi tok va kuchlanishlarni to'g'rilash quyidagicha amalga oshiriladi. Transformatorning ikkilamchi cho'lg'amidagi faza kuchlanishlari bir-biriga nisbatan  $\frac{2\pi}{3}$  burchakka siljigan.

$$U_a = U_m \sin \omega t; \quad U_b = U_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right);$$

$$U_c = U_m \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right);$$

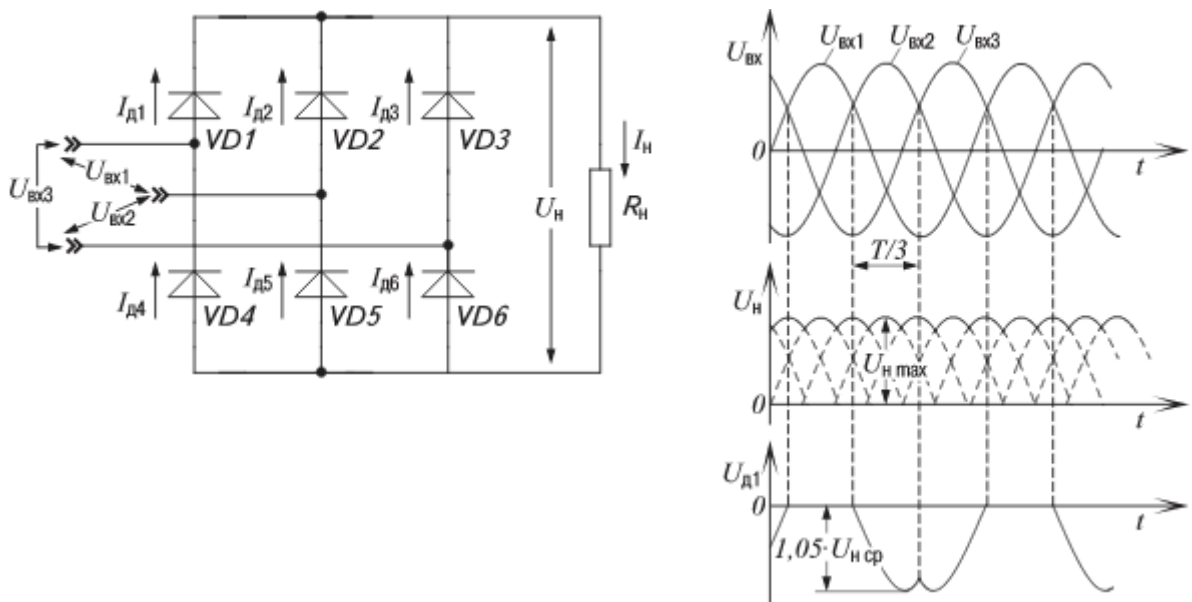
3.1.8-rasmdagi sinusoidallar musbat yarim to'lqinlardagi maksimumlar davrning uchdan bir qismida almashib turadi. Shu vaqt ichida bir tomonlama

harakatlanuvchi  $i_a; i_b; i_c$  toklar hosil bo‘ladi. Boshqarilmaydigan kuchlanishni o‘rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{\text{ypm}} = U_{\text{m\ddot{y}z}} = \frac{1}{T/3} \int_{t_1}^{t_2} U dt \quad \text{yoki}$$

$$U_{\text{ypm}} = \frac{3}{T} \int_{\pi/12}^{5\pi/12} U dt = \frac{3}{\omega T} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} U_m \sin \omega t d\omega t = \frac{3\sqrt{3}U_m}{2\pi} = \frac{3\sqrt{6}U}{6,28} = 1,17U$$

$$I_{\text{m\ddot{y}zpu}} = \frac{U_{\text{m\ddot{y}z}}}{R_u} = \frac{1,17U}{R_u};$$



3.1.8-rasm. Uch fazali tokni ikkita yarim davrli to‘g‘rilash chizmasi

Har bir diod davrdan uchdan bir qismida uzluksiz ishlaydi, boshqa vaqt esa yopiq holatda bo‘ladi.

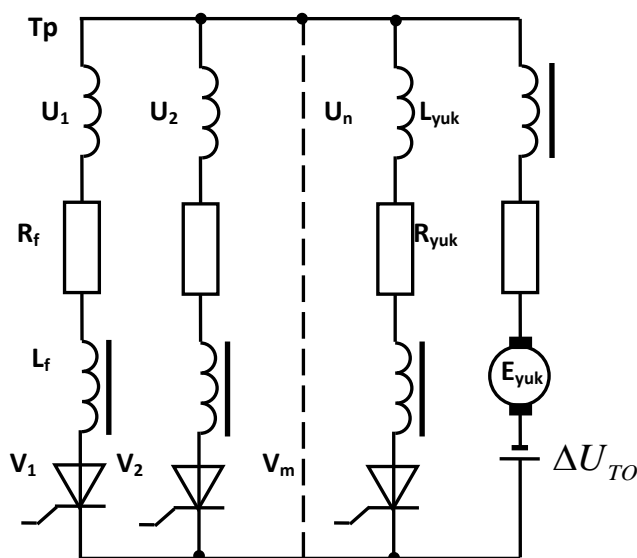
### b) boshqariluvchi yarim o‘tkazgichli o‘zgarmas tok o‘zgartkichlari

Hozirgi paytda elektromexanik tizimlarning o‘zgarmas tokli avtomatlashtirilgan elektr yuritmalarda boshqariluvchi elektr energiya manbai sifatida o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka aylantiruvchi boshqariluvchi yarim o‘tkazgichli to‘g‘rilagichlar keng qo‘llanilmoqda. Bunday to‘g‘rilagichlarda yarim o‘tkazgich sifatida asosan boshqariluvchi diodlar, ya’ni tiristorlardan

foydalaniladi va shuning uchun ham bu to'g'rilagichlar tiristorli o'zgarmas tok o'zgartkichlari (yoki tiristorli to'g'rilagichlar) deb ataladi.

Har qanday bir yo'nalishli tiristorli o'zgarmas tok o'zgartkichi (TO') ish rejimlarini tahlil qilishda odatda umumlashgan  $m$  fazali hisob sxemalaridan keng foydalaniladi (3.1.9–rasm).

3.1.9– rasmdagi sxemada keltirilgan shartli belgilar va ularning fizik ma'nolari:  $L_{yuk}, R_{yuk}$  – yuklagich, tok o'tkazgich simlar va silliqlovchi reaktorlarning induktivligi va aktiv qarshiligi,  $E_{yuk}$  – motorning EYuK (agar TO' motorning qo'zg'atish chulg'amiga ulangan bo'lsa, u holda  $E_{yuk} = 0$ );  $\Delta U_{TO}$  – tiristordagi kuchlanish pasayishiga mos kuchlanish (bu qabul qilingan kuchlanish pasayishi yuklanishning tok qiymatiga bog'liq bo'lmay har bir tiristor turi uchun o'zining qiymati qabul qilingan);  $R_f$  – transformator fazalari va anod taqsimlagichlarning birgalikdagi aktiv qarshiligi;  $L_f$  – transformator va anod taqsimlagichlarning birgalikdagi tarmoq induktivligi. Tiristorlar  $V_1$ - $V_m$  ideal, ya'ni to'liq boshqariluvchan deb qaraladi.



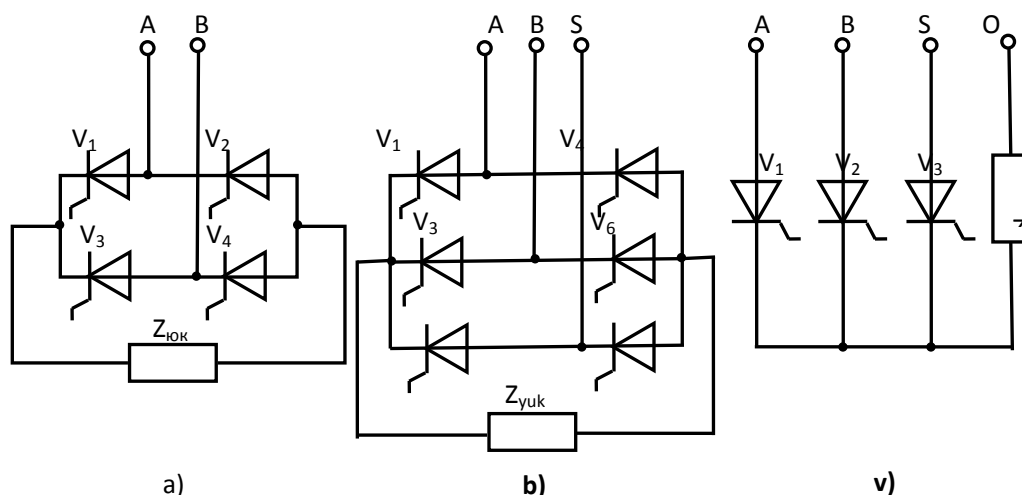
3.1.9– rasm. Tiristorli o'zgarmas tok o'zgartkichining hisob sxemasi

TO' ning statik roslash tavsifi  $E_d = f(\alpha)$  umumiy ko'rinishda quyidagi matematik ifodadan iborat bo'ladi

$$E_d = \frac{m}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m} - \alpha}^{\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{m} + \alpha} E_{\phi m} \sin \omega_0 t d\omega_0 t = E_{d \max} \cos \alpha ,$$

bu yerda  $E_{d \max} = \sqrt{2} E_{2\phi} \frac{m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m}$  – TO' ning maksimal EYuK;  $E_{fm}$  – o'zgartkich fazasi elektr yurituvchi kuchining amplituda qiymati,  $E_{2f}$  –

transformator ikkilamchi chulg‘ami faza kuchlanishining haqiqiy qiymati,  $m$  – o‘zgartgichning fazalari soni,  $\omega_0$  – manba kuchlanishining aylanma chastotasi.



3.1.10– rasm. TO‘ ning bir fazali ko‘prik (a), uch fazali ko‘prik (b) va uch fazali nol (v) kuch sxemalari

$E_{dmax}$  ning qiymati o‘zgartkich ishchi sxemasi turlariga (3.1.10–rasm) va ta‘minlovchi tarmoq elektr ko‘rsatkichlariga bog‘liqdir (3.1.1 – jadval). Yuklanishning quvvati  $P_d = E_{dmax} I_d$  ga teng bo‘ladi (bu yerda  $I_d$  yuklanish toki).

3.1.1 – jadval

TO‘ ishchi sxemalarining turlari	Bir fazali ko‘prik sxema	Uch fazali nol sxema	Uch fazali ko‘prik sxema
Fazalar soni, $m$	2	3	6
Rasmning tartib soni	2.3a	2.3b	2.3v
To‘g‘rilangan EYuK ning maksimal qiymati, $E_{dmax}$	$0,9 E_{2l}$	$1,17 E_{2f}$	$1,35 E_{2l}$
Maksimal teskari kuchlanish, $U_{tes.kuchl.}$	$1,57 E_{dmax}$	$2,09 E_{dmax}$	$1,05 E_{dmax}$
Transformatorning ikkilamchi chulg‘amidagi liniya tok, $I_2$	$I_d$	$0,58 I_d$	$0,817 I_d$
Qar bir tiristordan o‘tayotgan o‘rtacha tok, $I_{tir}$	$0,5 I_d$	$0,33 I_d$	$0,33 I_d$
Transformatorning rusumiy quvvati, $S_t$	$1,11 P_d$	$1.35 P_d$	$1.045 P_d$

TO‘ ishchi sxemalarini tahlil qiladigan bo‘lsak, bir fazali ko‘prik sxemalar (3.1.10 a – rasm) asosan kichik quvvatli elektr yuritmalar uchungina qo‘llanilishi bilan chegaralanadi. Uch fazali sxemalar esa asosan o‘rta va katta quvvatli elektr yuritmalarda ishlatiladi. Uch fazali ko‘prik sxema (3.1.10 b–

rasm) uch fazali nol sxemaga (3.1.10 b – rasm) nisbatan bir qator afzalliklarga ega. Bu afzalliklar nimalardan iborat ekanligi 3.1.1–jadvaldan ham ko‘rinib turibdi:

1. Transformatorning ikkilamchi chulg‘amida kuchlanishlar bir xil bo‘lgan holda to‘g‘rilangan EYuK qiymat ikki marta katta;
2. To‘g‘rilangan EYuK ning tebranish chastotasi ikki marta ko‘p (chastota  $f = 300$  Gs) bo‘lishi bilan birga amplitudasi ikki marta kamdir;
3. Ishchi sxema tarmoqqa transformatorsiz ham ulanishi mumkin;
4. Transformatorning rusumiy quvvati kam va bor yo‘g‘i  $S_t = 1.05P_d$  nigina tashkil etadi.

Ushbu afzalliklar uch fazali ko‘prik sxemali TO‘ larning keng qo‘llanilishiga asos bo‘lib, hozirda ular quvvati bir necha ming kilovatt bo‘lgan o‘zgaras tok elektr yuritmalarida ham ishlatilmoqda.

Umuman olganda, TO‘ larning iqtisodiy, texnik va foydalanish ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lish bilan elektromexanik o‘zgartgichlardan aylanuvchi qismlari yo‘qligi bilan bir qatorda quyidagi ko‘rsatkichlari bilan ham yaqqol ajralib turadi:

1. Tiristorlardagi quvvat isrofining juda kamligi hisobiga (kuchlanish pasayishining 1 Voltdan ham kamligi tufayli) foydali ish koeffisientining yuqori bo‘lishi bilan;
2. Tiristorlarning yarim boshqaruvchanligi sababli hamda boshqaruv zanjirlarida sig‘imli filtrlarning borligi hisobigagina kichik qiymatdagi inersionlikning mavjudligi;
3. Tezkor ta’sirli muhofaza turlarining ishlatilishi hamda tiristorli o‘zgartgichning vazifaviy elementlari alohida modullar tarzida bajarilishi o‘zgartgichning ishonchli ishlashini ta’minlaydi;
4. Katta joyni egallamaydi, shovqinsiz ishlaydi, o‘rnatishga alohida joy tayyorlash talab etilmaydi.

Shu bilan bir qatorda TO‘ ba’zi kamchiliklardan ham holi emas:

1. Kuchlanishni chuqur rostdash jarayonida reaktiv tok ortishi tufayli quvvat koeffisienti pasayadi;
2. Ortiqcha yuklanishga o‘ta ta’sirchan;
3. Tiristorli o‘zgaras tok o‘zgartgichining ishlashi ta’minlanayotgan elektr tarmoqdagi kuchlanish formasining o‘zgarishiga olib keladi; bu transformatorlarda, simlarda quvvat isrofining oshishiga olib keladi;
4. Radio to‘siq to‘lqinlarining tarqalish darajasini oshirishga olib keladi.

### c) tiristorli o'zgarmas tok o'zgartkichi tiristorlarini boshqarish qurilmalari

Hozirgi paytda TO'ishchi sxemalaridagi tiristorlarni boshqarish uchun vertikal prinsipida ishlovchi impuls – faza boshqaruv tizimlari (IFBT) keng qo'llanilmoqda. IFBT ga qo'yiladigan asosiy talablar tiristorlarning normal ishlashini ta'minlashi va har qanday nonnormal rejimlardan muhofaza qilishi lozim va bu talablar quydagilardan iborat:

1. Boshqarish impulsining amplitudasi 200 – 400 mA dan kam bo'lmashligi kerak;

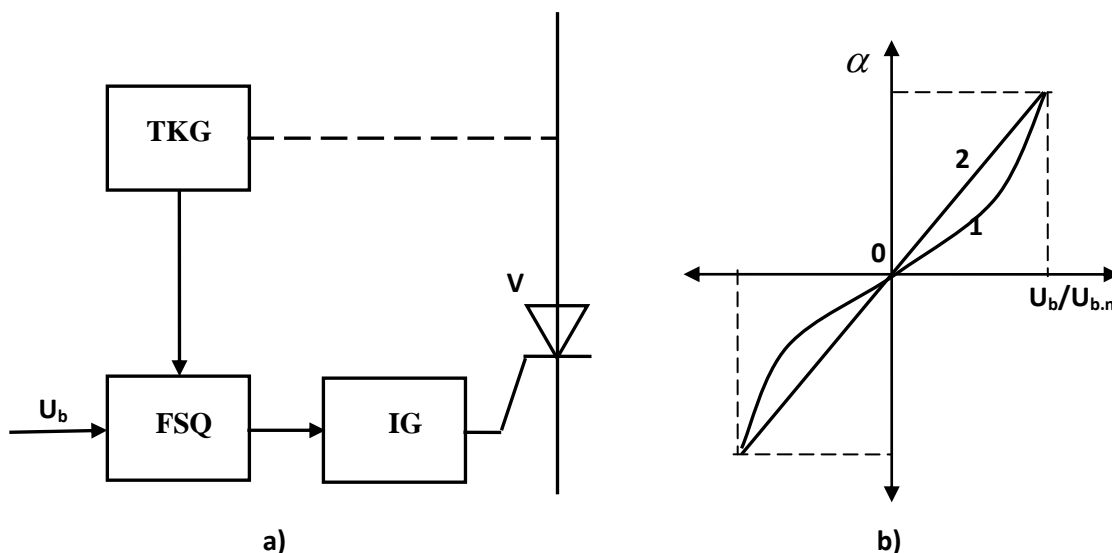
2. Impuls kengligi shunday bo'lishi kerakki, bu oraliqda tiristordagi tokning o'sishi, uning o'rtacha qiymatiga yetib olishga ulgurishi kerak va odatda bu kenglik 10 – 15<sup>0</sup> ga teng bo'ladi;

3. Boshqaruv jarayonidagi asimmetriyani yo'qotish uchun (asimmetriya darajasi 3<sup>0</sup> dan oshmasligi kerak) impulsning boshlanishidagi tiklik darajasi yuqori (10 A/s tartibda) bo'lishi lozim;

4. Boshqaruv burchagining o'zgarish dipazoni  $-2(\gamma + \delta) \leq D \leq \pi(\gamma + \delta)$  bo'lib, tiristorlar boshqarish burchagining maksimal qiymati  $\alpha = 150^0 - 160^0$  bo'lishi kerak;

5. Boshqaruv tizimining tezkorligi TO'ning amalda inersiyasiz qurilma sifatida ishlashiga imkon yaratishi lozim.

IFBT ning funksional sxemasi 3.1.11 a – rasmda berilgan bo'lib, bu yerda TKG – tayanch kuchlanishi  $U_{TK}$  ni hosil qiladi ( $U_{TK}$  ning formasi sinisoid-dal, arrasimon va boshqa ko'rinishlarda bo'lishi mumkin) bu signal FSQ – faza siljitish qurilmasida boshqaruv kuchlanishi  $U_b$  bilan solishtirilib, ularning ayirmasi ( $U_b - U_{TK}$ ) ishorasi o'zgarilishi IG – impuls genera-torida boshqaruv impulsining yuzaga kelishiga va kuch sxemadagi tiristor V ni ochishga imkon beradi. 3.1.11 b–rasmda amaliyotda keng qo'llaniladigan tayanch kuchlanishi  $U_{TK}$  ning ikki xil ko'rinishi uchun IFBT ning boshqaruv tavsifi  $U_{\delta} = f(\alpha)$  va kuchaytirish koeffisienti  $K_{IFBT} = f(\alpha)$  ning matematik ifodalari, hamda sinusoidal va arrasimon ko'rinishdagi tayanch kuchlanishli IFBT ning rostdash tavsiflari  $\alpha = f(U_{\delta} / U_{\delta n})$  berilgan bo'lib, bu tavsiflar tayanch kuchlanishining formasi sinusoidal bo'lganda (1 – egri chiziq) va arrasimon bo'lganda (2 – egri chiziq) to'g'ri chizikli ko'rinishda bo'ladi. Xuddi shu ikki xil ko'rinishga ega bo'lgan tayanch kuchlanishli IFBT larning kuchaytirish koeffisientlari ham keltirilgan. Tayanch kuchlanishining formasi sinusoidal (1 – egri chiziq) va (2 – to'g'ri chiziq) bo'lgan holdagi IFBT kuchaytirish koeffisientlarini solishtirsak  $U_{TK}$  ning formasi arrasimon bo'lgan holda kuchaytirish koeffisient o'zgarmas bo'lib, tiristorlarning ochilishini boshqarishda katta qulaylik yaratadi.



3.1.11– rasm. IFBTning funksional sxemasi (a) va boshqaruv burchagining tayanch kuchlanishiga bog‘liqlik tavsiflari (b)

TO‘ ning natijaviy kuchaytirish koeffitsienti

$$K_{TY} = K_{IFBT} \cdot K_{IC}$$

bo‘lib, bu yerda  $K_{IC} = \frac{de_d}{d\alpha}$  – o‘zgartkich ishchi sxemasining kuchaytirish koeffitsient.

TO‘ ning boshqaruv tavsifi  $E_d = f\left(\frac{U_{\delta}}{U_{\delta.H}}\right)$  ham so‘zsiz IFBT tayanch kuchlanishi  $U_{tk}$  formasiga bog‘liqdir, agar  $U_{tk}$  ning formasi sinusoidal bo‘lsa yukoridagi ifodalarni (3.1.12-rasm) hisobga olganimizda, o‘zgartkichning boshqaruv tavsifi chiziqli funksiya bo‘ladi (77b – rasm, 2 – to‘g‘ri chiziq), ya’ni

$$E_d = E_{d \max} \cos \alpha = E_{d \max} \cos\left(\arccos \frac{U_{\delta}}{U_{\delta.H}}\right) = E_{d \max} \frac{U_{\delta}}{U_{\delta.H}}$$

ko‘rinishda yoziladi. Agar  $U_{tk}$  ning formasi arrasimon bo‘lsa  $\alpha = f\left(\frac{U_{\delta}}{U_{\delta.H}}\right)$  funksiya chiziqli bo‘lishi bilan (3.1.11 b – rasm, 2 – to‘g‘ri chiziq), o‘zgartkichning boshqaruv tavsifi

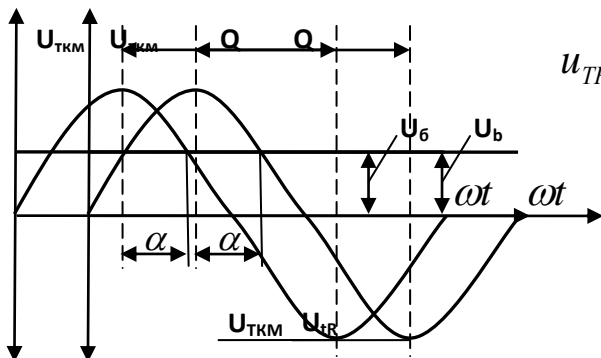
$$E_d = E_{d \max} \cos \alpha = E_{d \max} \sin\left(Q \frac{U_{\delta}}{U_{\delta.H}}\right),$$

ko‘rinishda bo‘lib, agar  $U_{tk}$  ning formasi uchburchak ko‘rinishda bo‘lsa TO‘ ning boshqaruv tavsifi

$$E_d = E_{d \max} \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{U_{\delta}}{U_{\delta.H}}\right), \quad \text{ko‘rinishda bo‘ladi.}$$

Tayanch kuchlanishi formasi  $u_{TK} = f(\omega t)$   $u_{\phi} = f(\alpha)$ ,  
 $k_{ИФБТ} = f(\alpha)$

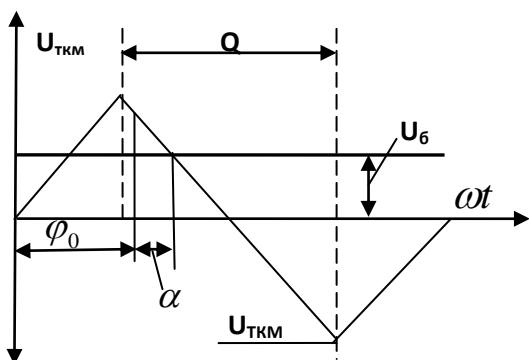
Sinusoidal



$u_{TK} = U_{TKM} \sin \omega t$   $u_{\phi} = U_{TKM} \cos \alpha$

$k_{ИФБТ} = -\frac{1}{U_{TKM} \sin \alpha}$

Arrasimon



$u_{TK} = U_{TKM} (1 - \frac{\omega t}{Q})$

$u_{\phi} = U_{TKM} (1 - \frac{\phi_0 + \alpha}{Q})$

$k_{ИФБТ} = -\frac{Q}{U_{TKM}}$

3.1.12 – rasm. tayanch kuchlanshi  $U_{TK}$  ning ikki xil ko‘rinishi uchun IFBT ning boshqaruv tavsifi  $U_{\phi} = f(\alpha)$  va kuchaytirish koeffisienti  $K_{ИФБТ} = f(\alpha)$  ning matematik ifodalari

**d) impuls kengligi boshqariladigan o‘zgarmas tok manbalar**

Kichik quvvatli (bir necha kilovatgacha bo‘lgan) o‘zgarmas tok elektr yuritmalarda uzluksiz xarakterdagi o‘zgarmas tok kuchlanishi kengligi boshqariladigan impulsarga o‘zgartirilib elektr motorlarni boshqarish keng qo‘llash taraqqiy etmoqda. Bunday turdagi o‘zgartkichlarning asosini impulsning amplituda va chastota qiymatlari o‘zgarmas qoldirilib, faqat kengligini o‘zgartiradigan modulyator (IKM) tashkil etadi. Impuls kengligi boshqariladigan o‘zgartgichlar (IKBO‘) TO‘larga qaraganda tezlikni rostdash oralig‘i katta, ya’ni  $D = (2000 \div 6000) : 1$  yuqori darajada bo‘lishi bilan,



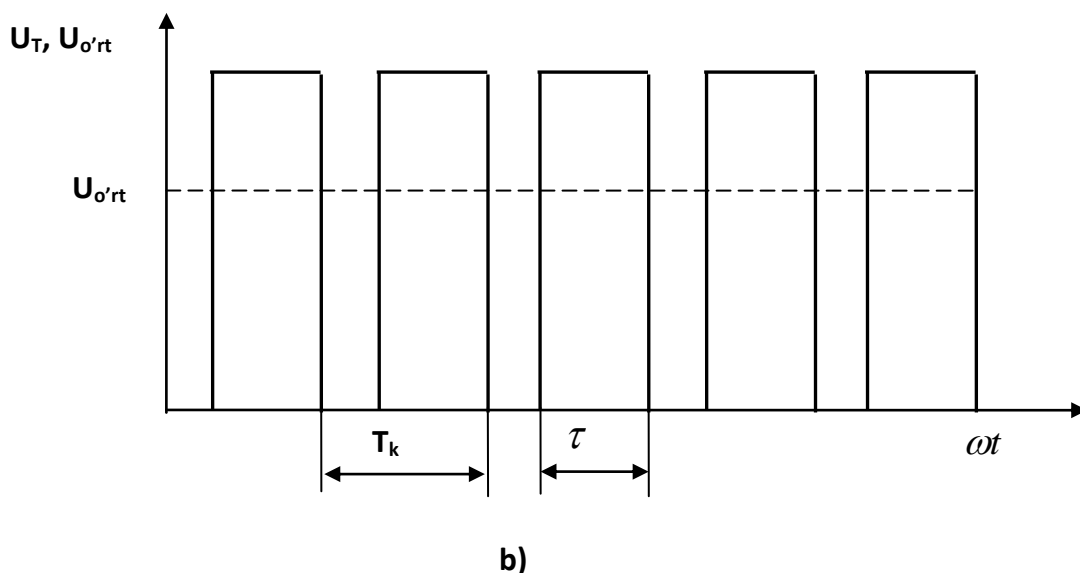
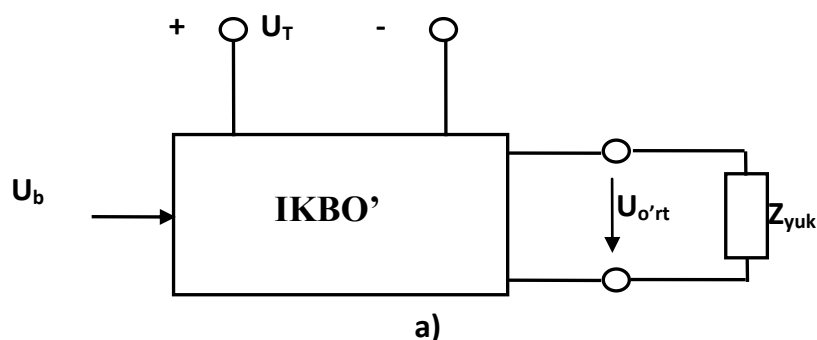
motorning tok bo'yicha yuklanishi katta bo'lishi va tarmoq kuchlanishining formasiga ta'siri kam bo'lishi bilan ijobiy farqlanadi.

IKBO'ning funksional sxemasi 3.1.13 a – rasmda tasvirlangan bo'lib, yuklanishdagi kuchlanishning o'rtacha qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$U_{\dot{y}PT} = \frac{\tau}{T_k} U_T = U_T \gamma ,$$

bu yerda  $U_T$  – manba kuchlanishi;  $\gamma = \frac{\tau}{T_k}$  – impuls chuqurligi;  $T_k$  – kommutatsiya davri;  $\tau$  – kommutatsiya davrining ishchi qismi.

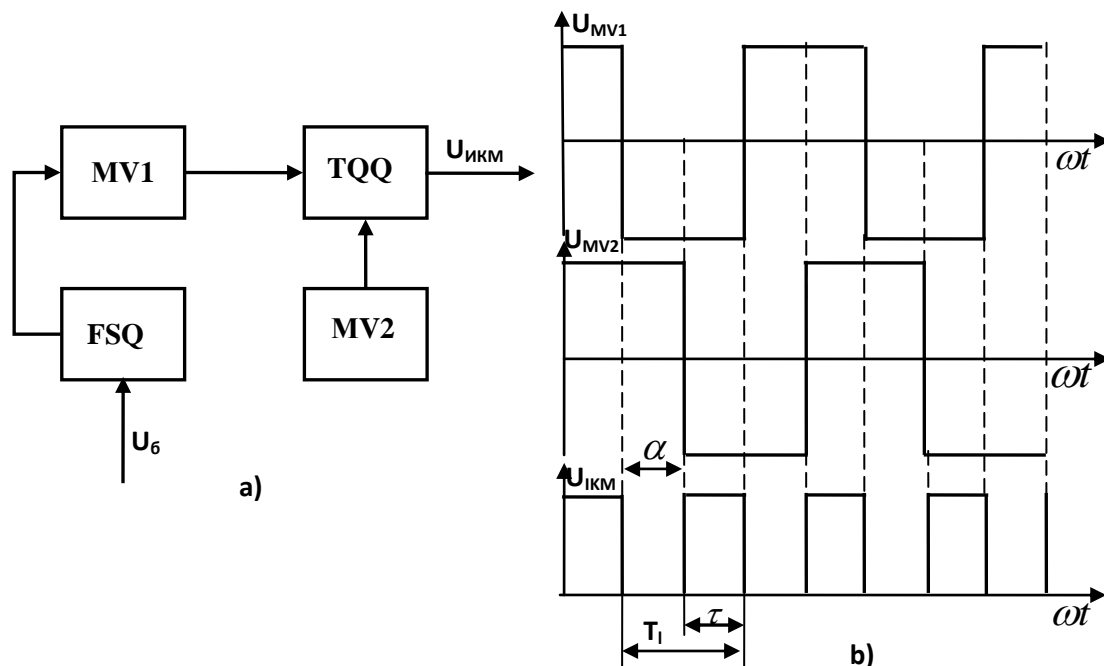
Yuqoridagi tenglamadan ko'rinib turibdiki, yuklanishdagi kuchlanishning  $U_{\dot{y}PT}$  qiymati  $U_T = \text{sonst}$  bo'lganidagina impuls chuqurligiga bog'liq bo'ladi (3.1.13 v – rasm).



3.1.13 – rasm. Impuls kengligi boshqariladigan o'zgarmas tok o'zgartkichining funksional sxemasi (a), blok – tizim modeli (b) va kuchlanishlar diagrammasi (v)

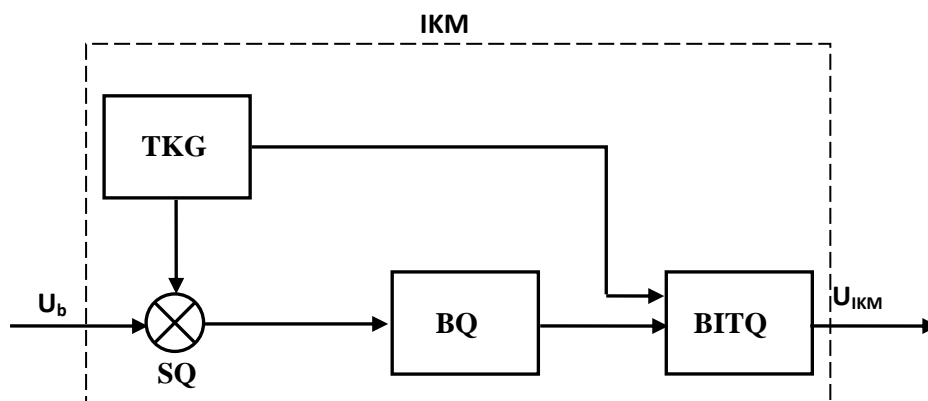
IKMning vazifasi  $U_b$  boshqaruv kuchlanishining qiymatiga mos keluvchi kenglikdagi impulsni hosil qilishdir. Boshqariladigan kenglikdagi impulsni hosil qilishning ikki xil usuli mavjud bo‘lib, ulardan biri faza oralig‘i boshqariladigan ikki to‘g‘ri burchakli impulsni qo‘shish asosida (3.1.14 a – rasm); bunday qurilma to‘g‘ri burchakli kuchlanishlarni hosil qiluvchi MV1 va MV2 multivibratorlardan, faza siljitish qurilmasi FSQ dan hamda chiqish kuchlanishlarini qo‘shuvchi va to‘g‘rilovchi qurilma TQQ dan iborat bo‘ladi.

3.1.14 b – rasmda kerakli impuls chuqurligiga ega bo‘lgan natijaviy impulsni hosil qilinishi kuchlanishlar diagrammasi orqali tasvirlangan.



3.1.14– rasm. Multivibratorli IKMning funksional sxemasi (a) va kuchlanishlar diagrammasi (b)

Ikkinchi usul ma’lum chastota va formaga ega bo‘lgan tayanch kuchlanishi  $U_{TK}$  bilan boshqaruv kuchlanishi  $U_b$  ni qo‘shish natijasida impuls kengligi boshqariladigan signal hosil qilinadi. 3.1.14–rasmda shunday impuls kengligi modulyatori IKM ning funksional sxemasi tasvirlangan bo‘lib, bu yerda TKG – tayanch kuchlanish generatori, SQ – solishtirish qurilmasi, BQ – bo‘lag‘a qurilmasi, BITQ – boshqariluvchan impulsni tashkil qiluvchi qurilma. Tayanch kuchlanishi generatori TKG dan chiqqan  $U_{TK}$  SQ da boshqaruv kuchlanishi  $U_b$  bilan solishtirilib, ularning ayirmasi BQ ga uzatiladi.  $U_{TK}$  ning formasi arrasimon bo‘lib, chastotasi  $f_{TK} = 1/T_K$  ga teng bo‘ladi. Agar BQ dagi signal  $U_{TK} - U_b > 0$  bo‘lsa, BQ dan chiqayotgan signal maksimal darajada («bir» signal) bo‘ladi va bu signallar BITQ ga yuboriladi, hamda TKGning signali bilan solishtirilib, kommutatorni boshqarish uchun impuls  $U_{IKM}$  ishlab chiqaradi.



3.1.15 – rasm. Tayanch kuchlanish generatorli IKMning funksional sxemasi

Kommutatordagi tiristor yoki tranzistorlar kalit rejimida ishlab, ularning ishlash taktlari IKMdan chiqqan signallarning ko‘rsatkichlariga bog‘liqdir. Tayanch kuchlanishi formasi arrasimon bo‘lganda, IKBO‘ning o‘rtacha kuchlanish tavsifi to‘g‘ri chiziqli funksiyani beradi

$$U_{\text{ypr}} = \gamma U_T = \frac{U_{\delta}}{U_{TK \max}} U_T = \kappa_{\text{y3}} U_{\delta},$$

bu yerda  $\kappa_{\text{y3}}$  – IKBO‘ning kuchaytirish koeffisienti.

IKBO‘ning kuch sxemasi kommutasion ish rejimida ishlaydigan tiristorlar yoki kuch tranzistorlaridan tashkil topgan bo‘ladi. Agar tiristorli elektr yuritmalarda tiristorlar tabiiy kommutasion rejimda ishlasa, IKBO‘li elektr yuritmalarda esa tiristorlar sun‘iy kommutasion ish rejimida ishlashi bilan farq qiladi. IKBO‘larning quvvati 0,5 kVt gacha (kuchlanishi 110 V), tokining esa cheklanish qiymati  $2 \div 2,5$  A bo‘lgan qurilmalarda ishchi sxema kuch tranzistorlari asosida yaratiladi. Bu avvalambor, hozirgi kunda ishlab chiqarilayotgan kuch tranzistorlarining tok bo‘yicha imkoni chegaralanganligi, boshqarish sxemalarining murakkabligi va ayniqsa, tranzistorlar ketma – ket ulangan bo‘lsa yanada murakkablashishi, bu yarim o‘tkazgichlarni IKBO‘ning ishchi sxemalarida keng qo‘llanilishiga imkon bermaydi. Kuchlanish va tok qiymatlari bo‘yicha tranzistorlarning imkoniyati past bo‘lgani uchun ham katta qiymatli tok va kuchlanishga mo‘ljallangan qurilmalarda katta quvvatga ega tiristorlarni qo‘llash ishchi sxemalarini soddalashtirishga va ularni boshqarishni osonlashtirishga olib keladi. Tiristorlar ham ba‘zi juziy kamchiliklardan xoli emas, chunonchi sun‘iy kommutatsiyaning zaruriyligi rostlash tizimining murakkablashishiga olib keladi; tok qiymati yuklanish tokining qiymatiga teng bo‘lganda o‘z – o‘zidan o‘chib qolishi; tiristorni ochiq holda ushlab turish uchun kerak bo‘lgan tok qiymatining kichikligi; yuklanishning xarakteri induktiv

bo'lganda tiristorlarni ochiq holda ushlab turish uchun tokning kerak bo'lgan qiymati darajasigacha o'sishi uchun kechga qolish vaqtining mavjudligidir.

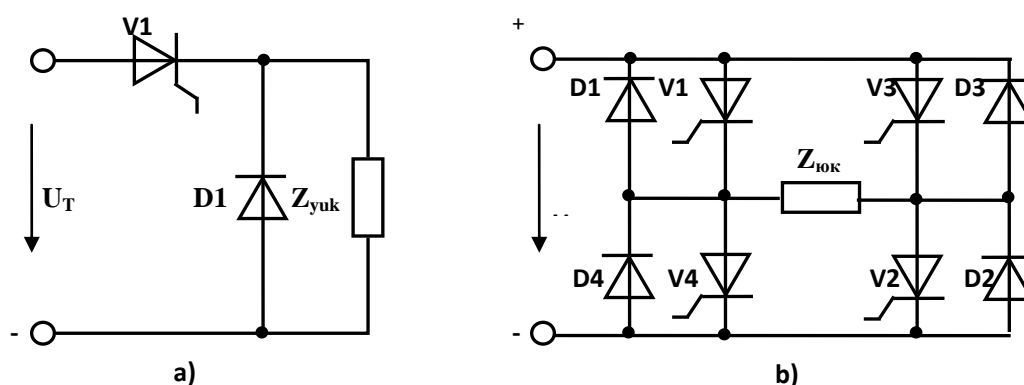
Noreversiv IKBO'ning ishchi sxemasi sodda bo'lib, tiristor kalit V1 dan va diod D1dan iboratdir (3.1.16 a – rasm). Yuklagich  $Z_{yuk}$  dagi kuchlanish quyidagi formula yordamida aniqlanadi

$$U_{\check{y}PT} = \frac{1}{T_k} U_T t_{yl} = \gamma U_T .$$

D1 ning vazifasi kommutatorning  $T - t_{ul}$  vaqt oralig'ida, ya'ni o'chiq holatida o'zinduksiya EYuK ta'sirida yuklanishda tokning uzilib qolishiga yo'l qo'ymaslikdan iborat. Reversiv IKBO'ning ishchi sxemasi ko'prik sxema asosida bo'lib, kalitlarning kommutatsiyasi turli qonuniyatlar asosida bajarilishi mumkin (3.1.16 b – rasm). Tiristorlarni simmetrik boshqarish usuli bilan ochganimizda  $t_{ul}$  vaqtida tiristorlar jufti V1 va V3 ishlab, V2 va V4 tiristorlar o'chirilgan bo'ladi. Bunday kommutatsiya yuklanishda har xil ishoralı impuls EYuK hosil qiladi,

$$U_{\check{y}PT} = \frac{1}{T_k} (U_T t_{yl} - U_T t_0) = U_T (2\gamma - 1)$$

va bu reversiv IKBO'ning o'rtacha kuchlanishini beradi.



3.1.16– rasm. IKBO'ning noreversiv (a) va reversiv (b) kuch sxemalari

Bunday kommutatsiya usulida ishlayotgan IKBO'ning kuchlanishi  $U_{O'RT} = 0$  bo'lganida yuklanishdan o'tayotgan tok uzilib qolmaydi va o'zgartkichning tashqi tavsifi chiziqli xarakterga ega bo'ladi. Tok pulsatsiya darajasining yuqori bo'lishi IKBO' larning asosiy kamchiliklaridir.

Tiristorlarni nosimmetrik boshqarganimizda IKBO'ning chiqishidagi kuchlanish bir qutbli impluslardan iborat bo'ladi. Har qaysi tiristorli juft kalitlar  $t_{ul} + T_k$  vaqt oralig'ida va bitta tiristor kalitning boshqasiga nisbatan  $T_k$  davrga siljishi vaqtida ulanishi bilan xarak-terlanadi. Tiristorlarning navbat bilan ishlash tartibi quyidagicha: V1, V3 – V1 – V1, V3 – V3 – V1, V3 va h.k.  $t_{ul}$  vaqt oralig'ida ikkala tiristor ulangan holda impuls EYuK hosil bo'lib, bir tiristor

ulangan  $t_0$  vaqt oralig'ida impuls EYuK hosil bo'lmay balki o'zinduksiya toki ulangan tiristor va diod orqali yopiq kontur hosil qiladi. EYuK qutblarini o'zgartirish uchun juft tiristorlar V2 va V4 ulanadi. Agar yuklanish vazifasini o'zgarms tok motori bajarganda IKBO' ning muhim ko'rsatkichi bo'lgan tok pulsatsiyasini aniqlaymiz

$$\Delta I_n \approx \frac{U_T}{R_{\text{я}}} \frac{\gamma(1-\gamma)}{\kappa T_{\text{я}} f_{\kappa}},$$

bu yerda  $R_{\text{ya}}$  – motor yakor zanjirining aktiv qarshiligi, Om.

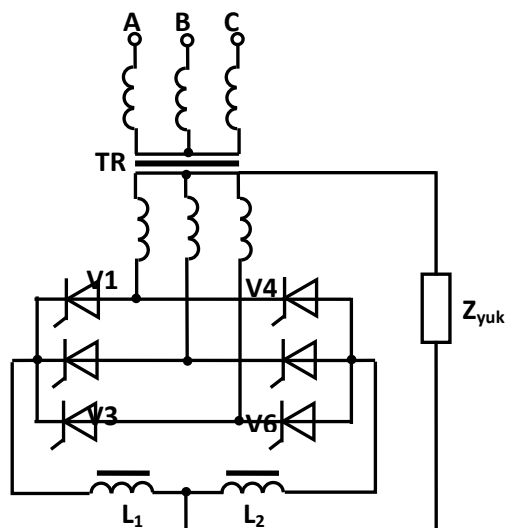
$T_{\text{ya}}$  – yakor zanjirining elektromagnit vaqt doimiyligi, s;  $\kappa$  – sxema koeffisienti: bir qutbli EYuK impulslar uchun  $\kappa = 1$ , har xil qutbli EYuK impulslar uchun esa  $\kappa = 0,5$ .

Yuqoridagi tenglamadan ko'rinib turibdiki, nosimmetrik kommutatsiya rejimida ishlayotgan IKBO'ning tok pulsatsiyasining darajasi simmetrik kommutatsiya rejimiga nisbatan ikki martaba kam bo'ladi va shu bilan birga IKBO'ning nosimmetrik qonuniyati bilan ishlaydigan kommutatsiyalanuvchi sxemalarning afzalliklari yaqqol ko'rinadi.

### e) tiristorli chastota o'zgartkichlar

1) Tiristorli bevosita chastota o'zgartkichlar. Tiristorli bevosita chastota o'zgartkichlarda tarmoqdan kelayotgan o'zgarms chastotali va kuchlanishning haqiqiy qiymati o'zgarms bo'lgan o'zgaruvchan tok kuchlanishi bevosita oraliq o'zgartkichlarsiz chastota va kuchlanishining haqiqiy qiymati rostlanuvchan o'zgaruvchan tok kuchlanishiga o'zgartiriladi.

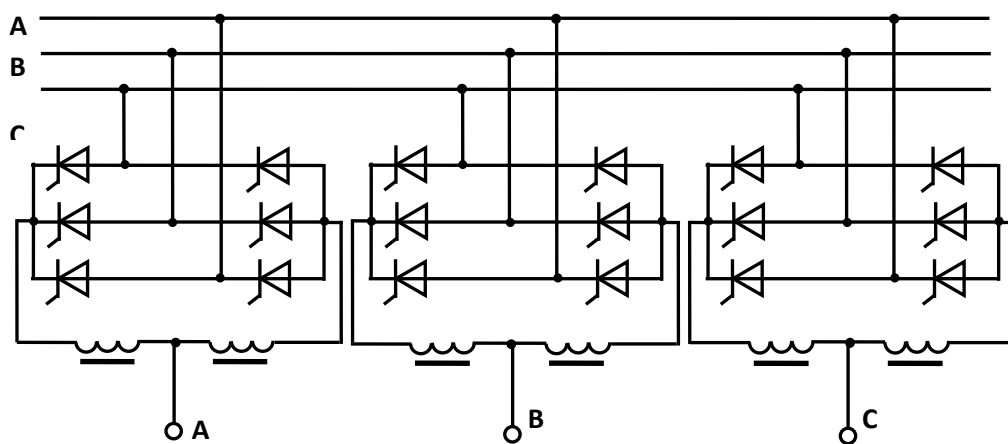
Bevosita TChO'ning ishlash prinsipini shu o'zgartkichning bir fazali sxemasi asosida ko'rib chiqamiz (3.1.17–rasm). Bu sxema o'zgarms tok tiristorli o'zgartkichning reversiv nol sxemasidan iboratdir. Agar chap guruh tiristorlariga ochilishi uchun signal berganimizda, yuklanish  $Z_{\text{yuk}}$  dan kuchlanish nol nuqtaga nisbatan musbat ishorali bo'ladi va uning o'rtacha qiymati  $U_{\text{юк}} = U_{\text{юк0}} \cos \alpha$  bo'lib, bu yerda  $\alpha$  – tiristorlarning boshqarish burchagi;  $U_{\text{юк0}}$  – boshqarish burchagi  $\alpha = 0$  bo'lgandagi yuklanish  $Z_{\text{yuk}}$  dagi kuchlanish.



3.1.17– rasm. Bir fazali bevosita TChO‘ning sxemasi

Endi o‘ng guruh tiristorlariga boshqaruv signallarini berib ochganimizda, chap guruh tiristorlari yopilib  $Z_{yuk}$  dagi kuchlanishning ishora-si manfiy bo‘ladi. Agar boshqaruv impulslarini goh u goh bu guruh tiristorlariga davriy ravishda yuborib turganimizda, yuklanishdagi kuchlanishning ishorasi ham mos ravishda o‘zgarib turadi. Shunday qilib, yuklanishda chastotasi tarmoq chastotasidan farqli (unga teng yoki undan kam) chastotali o‘zgaruvchan kuchlanish hosil qilamiz. Boshqaruv impulslarning ketma – ketlik davrini o‘zgartirib  $U_{yuk}$  ning chastotasi boshqariladi, agar  $\alpha$  boshqaruv burchagini o‘zgartirsak  $U_{yuk}$  ning o‘rtacha qiymati rostlanadi.

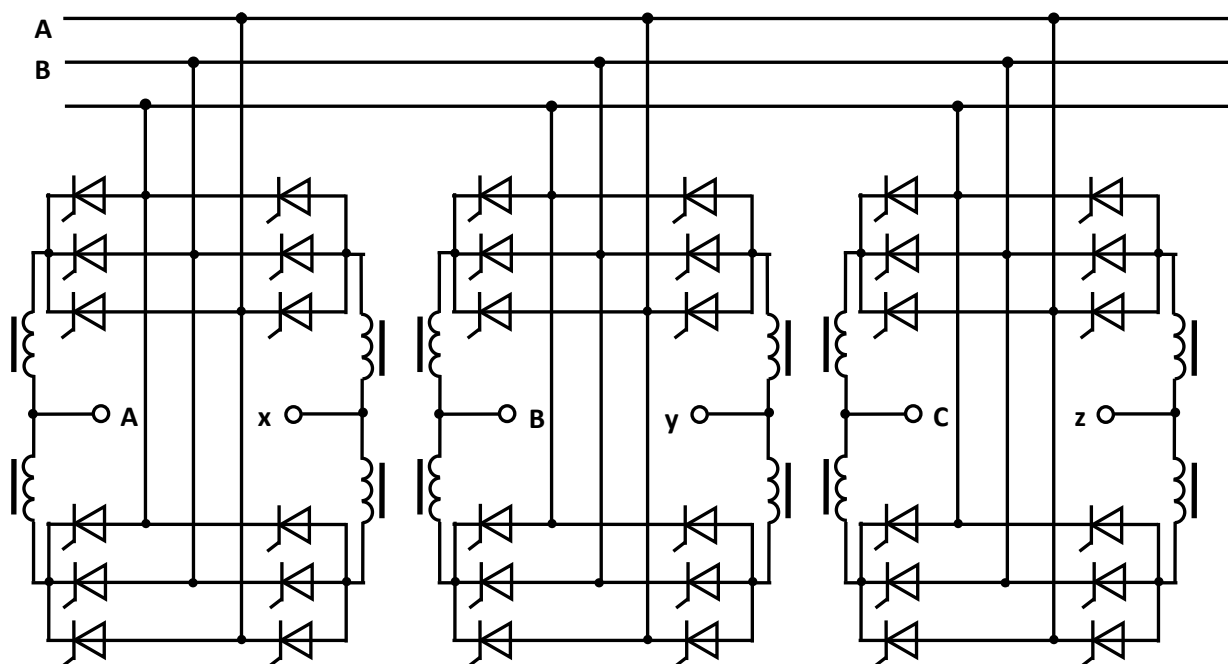
Sanoat qurilmalari elektr yuritmalarida bevosita TChO‘larning uch fazali nol sxemalari ko‘proq qo‘llaniladi va uning prinsipial sxemasi 2.5.2–rasmda tasvirlangan. Iishchi tiristorlarning soni 18 ga teng. Bevosita TChO‘ning uch fazali ko‘prik sxemali variantda esa ishchi tiristorlarning soni 36 ga teng (2.5.3–rasm). O‘rta va katta quvvatli o‘zgaruvchan tok elektr yuritmalarida ushbu sxemali bevosita TChO‘ ning ishlatilishi iqtisodiy va ekspluatasion ko‘rsatkichlari bo‘yicha o‘zini oqlaydi.



3.1.18–rasm. Uch fazali nol sxemali bilvosita TChO‘ sxemasi

Bevosita TChO‘larning boshqariv burchagini boshqarish uchun reversiv o‘zgaras tok o‘zgartkichlarida qo‘llaniladigan faza siljitish qurilmalaridan foydalaniladi. Bevosita TChO‘ning ishchi sxemasida tiristorlar komplekti soniga qarab FSQ lar ham shuncha bo‘lishi, ya’ni uch fazali nol sxemali bevosita TChO‘ lar uchun FSQ lar soni oltita bo‘lishi talab etiladi. FSQlarni boshqarish uchun chastotasi hamda kuchlanish amplitudasi rostlanuvchan bo‘lgan olti fazali simmetrik tizim bo‘lishi kerak.

Bevosita TChO‘ chiqish kuchlanishining formasi to‘g‘ri burchakli – pog‘onali bo‘lsa, u holda boshqariluvchi kuchlanish manbai sifatida to‘g‘ri burchakli impuls ishlab chiqaruvchi olti fazali «generator»dan foydalaniladi. Bunday «generator» bir fazali generator va impuls tarqatgich bloklaridan tashkil topgan bo‘ladi.



3.1.19–rasm. Uch fazali ko‘prik sxemali bilvosita TChO‘ sxemasi

Bevosita TChO'larning asosiy afzalliklari:

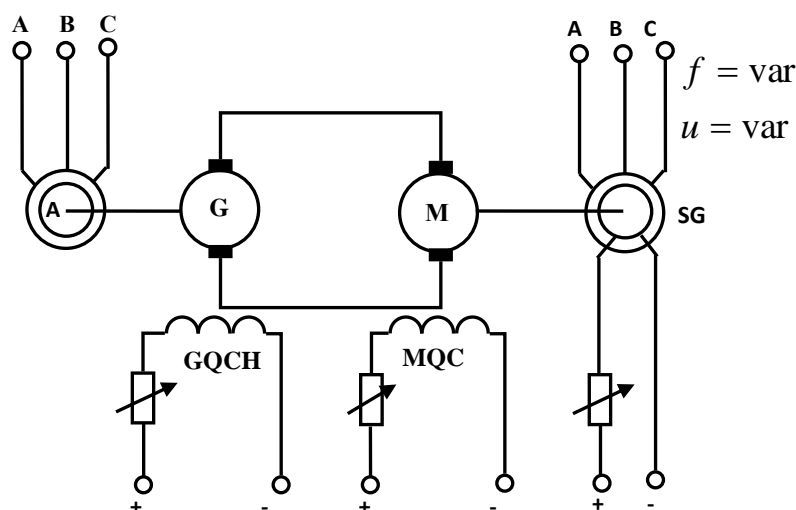
1. Tiristorlar quvvatlarining kichikligi va o'zgartkich foydali ish koeffisienti yuqori;
2. Tiristorlarni boshqarishda sun'iy kommutatsiya qurilmalarining bo'lmasligi o'zgartkichning ishonchliligi darajasini oshiradi va og'irlik – o'lchov kattaliklarini kamaytiradi;
3. Formasini o'zgartirmagan holda past chastotalarda chiqish kuchlanishlarni olish mumkinligi;
4. Asinxron motorning rekuperativ tormoz rejimini osonlik bilan hosil qilish mumkinligi.

Bevosita TChO'ning asosiy kamchiliklari:

1. Chiqish kuchlanishi chastota qiymatining chegaralanganligi (tarmoq kuchlanish chastotasiga yaqin va undan katta qiymatli chastotaga ega bo'lgan kuchlanish hosil qilish mumkin emasligi);
2. Tarmoq quvvat koeffisientining past bo'lishi;
3. Ishchi sxemalarda tiristorlar sonining ko'p bo'lishi (uch fazali ko'prik sxemali bilvosita TChO'da tiristorlar soni 12 ga teng bo'lgan holda, bevosita TChO'da esa tiristorlar soni 36 ga teng).

2) tiristorli bilvosita chastota o'zgartkichlar. Ta'minlovchi kuchlanishning chastotasini o'zgartirib asinxron motorning tezligini rostdash, tezlikni rostdash usullari ichida iqtisodiy jihatdan eng samarali usuldir. Tezlikni chastotani o'zgartirib rostlaganimizda butun tezlikni rostdash diapazoni oralig'ida asinxron motorning sirpanishi uncha katta bo'lmagan o'zgarmas qiymatda qolishi natijasida motorning isrof quvvati katta bo'lmaydi. Tezligi chastotani o'zgartirib boshqariladigan asinxron elektr yuritmalarning statik va dinamik xususiyatlari o'zgarmas tok elektr yuritmalari bilan deyarli monand bo'ladi. Rotor chulg'amlari qisqa tutashtirilgan asinxron motorlarning o'zgarmas tok motorlarga nisbatan 1,5 – 2 martaba yengil bo'lishi va deyarli 3 barobar arzonligini hisobga oladigan bo'lsak, unda chastota bo'yicha boshqariluvchi asinxron elektr yuritmalarning sanoatda kelajakda qo'llanilishi imkoniyatlari xali juda keng ekanligi yaqqol ko'rinadi.





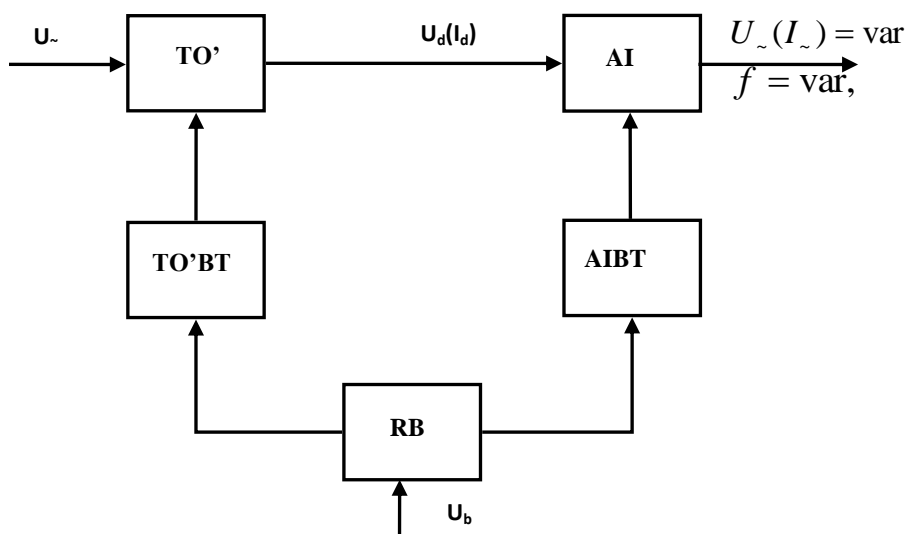
3.1.20– rasm. Elektromexanik chastota o‘zgartkichning blok sxemasi

Birinchi chastota o‘zgartkichlar elektromexanik qurilmalar asosida yuzaga keldi (3.1.20–rasm). Bunday elektromexanik chastota o‘zgartkichda sinxron generator SG dan olinayotgan kuchlanishning qiymati va chastotasi bir – biriga bog‘liq bo‘lmagan holda boshqariladi. SG ning qo‘zg‘atish chulg‘a-midagi o‘zgaruvchan qarshilik yordamida kuchlanish qiymati boshqariladi, chastota esa o‘zgarmas tok generatori G ning qo‘zg‘atish chulg‘ami GQCh dagi o‘zgaruvchan qarshilik yordamida boshqariladi. Garchi bu o‘zgartkichda chastota o‘zgarishi diapazoni yuqori bo‘lsa ham biroq uning texnik – iqtisodiy ko‘rsatkichlari yuqori emas: o‘zgartkichning o‘rnatilgan quvvati judda katta (to‘rtta yordamchi mashinalar to‘liq quvvat bilan ishlaydi); foydali ish koeffitsienti va elektr yuritmaning tezkorligi past. Chastotani o‘zgartirib tezligi rostlanadigan asinxron elektr yuritmalarning taraqqiyoti davri davomida elektromexanik chastota o‘zgartkichlarning har xil turlari yuzaga kelgan bo‘lsa ham elektromexanik tizimlarga xos bo‘lgan yuqoridagi kamchiliklar u bu darajada saqlanib qolabardi.

Keyingi paytda takomil yarim o‘tkazgichlarning ishlab chiqila boshlanishi va ular asosida o‘zgartgichlar texnikasining rivojlanishi natijasida ishonchlilik darajasi yuqori bo‘lgan chastota o‘zgartkichlar tiristor va kuch tranzistorlari asosida yaratilmoqda. Tiristorli va tranzistorli chastota o‘zgartkichlar (TChO‘) ikki guruhga bilvosita va bevosita chastota o‘zgartkichlarga bo‘linadi.

Bilvosita TChO‘larda tarmoqdan kelayotgan o‘zgaruvchan tok kuchlanishi tiristorli o‘zgartkich TO‘da to‘g‘rilanib, avtonom invertor AIga uzatiladi va u yerda o‘zgarmas tok kuchlanish chastotasi rostlanadigan o‘zgaruvchan tok kuchlanishiga o‘zgartiriladi. 3.1.21 – rasmda shunday TChO‘ning blok sxemasi berilgan bo‘lib, bu yerda TO‘ boshqariluvchi tiristorli o‘zgartkich, TO‘BT uning boshqarish tizimi, ya‘ni IFBT, rostlash bloki RBning

vazifasi chas-tota rostlashning qaysi qonuniyatga amal qilinayotganiga qarab TChO'ning statik va dinamik rejimlarida kuchlanish va chastota o'zgarishini o'zaro moslashtirishdan iborat.



3.1.21– rasm. Tiristorli bilvosita chastota o'zgartkichning blok sxemasi

Bilvosita TChO'larda o'zgarmas tokli zvenoning bo'lishi, avtonom niver-torning chiqishidagi chastotaning ham yuqoriga va ham pastga qarab keng diapazonda rostlashga imkon beradi, bu bilvosita TChO'ning asosiy afzalligi bo'lib, bu turdagi TChO' larning ishlab chiqarishda keng qo'llanilishiga olib keladi.

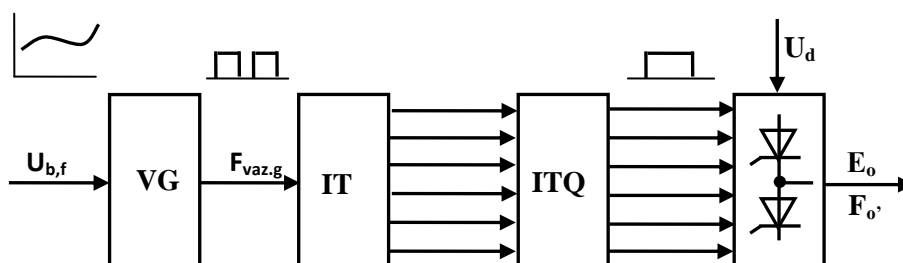
TO'ning tok manbai TM yoki kuchlanish manbai KM rejimida ishlashiga qarab TChO'ning avtanom invertorlari ham tok avtonom invertori (TAI) yoki kuchlanish avtonom invertori (KAI) rejimlarida ishlash mumkin. TChO' invertorining KAI rejimida TO'ning ichki qarshiligining kichik qiymatli bo'lishi, invertorga kelayotgan kuchlanishning yuklanish tokiga bog'liq bo'lmaslikka olib keladi. Agar TO'ning ichki qarshiligi kichik bo'lmasa va uning ta'siri sezilarli bo'lsa, u holda  $U_d = \text{const}$  sharti TO' ning kuchlanish bo'yicha kuchli manfiy teskari bog'lanishi orqali amalga oshiriladi.  $U_d$  qutblari o'zgarmas bo'lgani uchun yuklanish zanjiridagi o'zgaruvchan tok tarmoqqa energiyaning uzatilishi faqat  $I_d$  ning yo'nalishi o'zgatirilgandagina mavjud bo'la oladi, bu esa yana qo'shimcha tiristorlar komplekti bo'lishini taqoza qiladi va bu KAIli TChO'larning asosiy kamchiliklaridandir.

TChO'ning TAIli variantida  $I_d$  ning doimiyligi yuklanish kuchlani-shiga bog'liq bo'lmasligi kerak, ya'ni asinxron motorning tezligiga bog'liq bo'lmasligi kerak.  $I_d = \text{const}$  shartining bajarilishida TO'ning ish rejimi tok manbai rejimi bo'lib, bu rejim o'zgarmas tok zanjiriga katta induktivlikka ega

reaktorni ulashni va teskari bogʻlanish konturi boʻlishini taqozo qiladi. Energiyani tarmoqqa uzatish jarayonida  $I_d$  yoʻnalishning oʻzgarishini hisobga olsak, TOʻ kuchlanishning qutblari oʻzgarishi lozim. Bu shart reversiv boʻlmagan TOʻ sxemasida tiristorli oʻzgartkichning tarmoqqa ergashuvchi inverter rejimiga oʻtkazish asosida amalga oshiriladi. TAIli TChOʻning asosiy afzalligi bir tiristor komplektida energiyaning tarmoqqa uzatish imkoniyati borligidadir.

Asinxron motorning turgʻun ish rejimlaridagi tezligini berilgan koʻrsatkichlar kattaliklarida ushlab turish uchun albatta tezlik yoki kuchlanish boʻyicha teskari bogʻlanishlarning boʻlishi shartligi TAIli TChOʻ larning asosiy kamchiliklaridandir.

Avtonom inverterlarning ish rejimlari qanday boʻlishidan qatʻiy nazar ularning boshqarish tizimlari 3.1.22 – rasmda tasvirlanganidek funksional sxemadan iborat boʻladi. AIBT tarkibidagi vazifalovchi generator VG uzluksiz boshqaruv kuchlanishi  $U_{bf}$  ni chastotasi  $f_{v,f}$  boʻlgan toʻgʻri burchakli signalga oʻzgartiradi, impuls taqsimlagich IT esa ushbu signalni faza va chastotasi boʻyicha uch fazali impulslar tizimiga moslashtirib, inverter tiristorlarining olti boshqarish kanallari boʻyicha taqsimlaydi. Impuls tashkil qiluvchi qurilma ITQ ning vazifasi IT dan chiqayotgan impulslarni tiristorlarning ochilishiga quvvati, formasi va impuls uzunliklarini mos xolga keltirishdir.



3.1.22– rasm. Avtonom inverter boshqaruv tizimining blok sxemasi

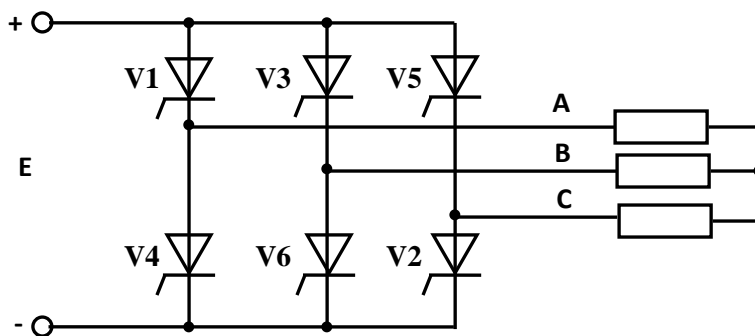
Hozirgi paytda AIBT larni yaratishda mikroelektronika va mikroprotssessor tizimlari keng qoʻlanilayotganligi sababli ularning ogʻirlik va oʻlchamlari ihchamlashib bormoqda, yigʻish va sozlash texnologiyasi ham soddalashib, ishonchlilik darajasi esa oshib bormoqda.

#### f) avtonom inverterlar

Asinxron motorlarning tezligini stator chulgʻamga berilayotgan kuchlanish (yoki tok) chastotasini oʻzgartirib tezligi rostlanadigan avtomatlashtirilgan elektr yuritmalardagi TChOʻ avtonom inverterlarining koʻprik kuch sxemali turlari keng qoʻllaniladi.

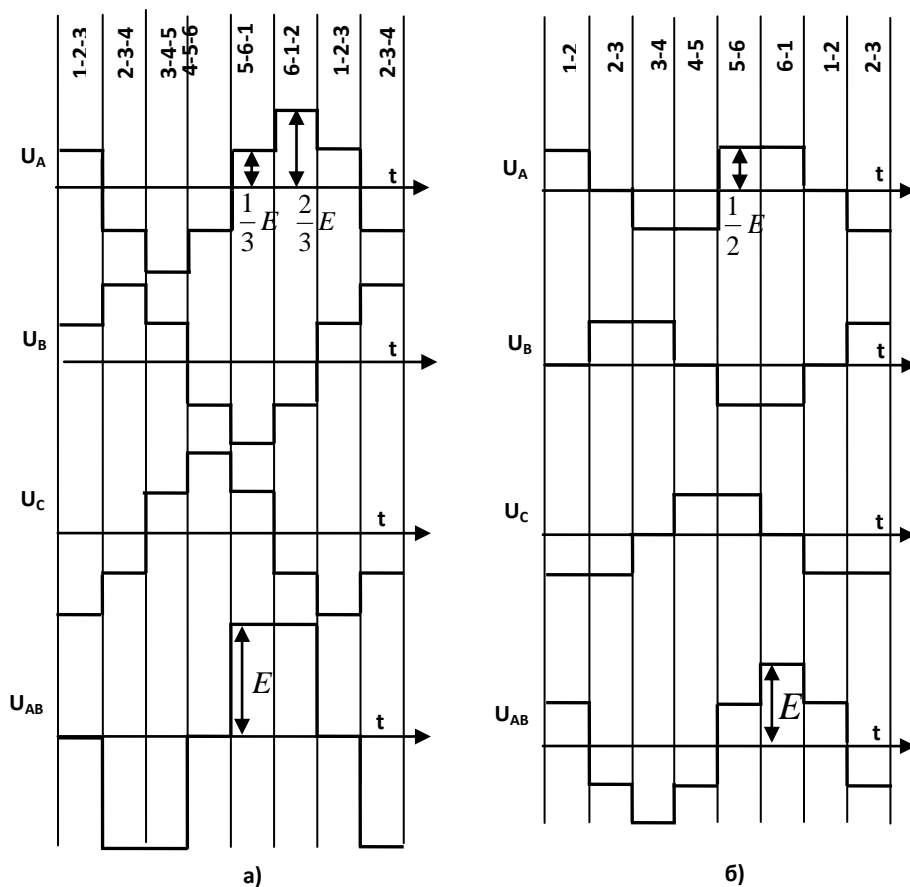
3.1.23–rasmda kuch sxemasi shartli koʻprik sxema boʻlgan avtonom inverterning kuch sxemasi keltirilgan boʻlib, undagi V1 – V6 yarim

o'tkazgichlarni ochish va yopish jarayonlarini boshqarish boshqaruv signallari orqali amalga oshiriladi, ya'ni yarim o'tkazgichlar to'liq boshqariluvchan deb qaraladi. Kalit rejimida ishlaydigan tranzistorlar va sun'iy kommutatsiya zanjirli tiristorlar to'liq boshqariluvchan yarim o'tkazgichlarni deyiladi.



3.1.23 – rasm. Ko'prik kuch sxemali avtonom invertorning sxemasi

Invertorga aktiv yuklanish ulangan holni ko'rib chiqamiz. 3.1.23–rasmdagi tiristorlarning tartib soni kuchlanishlar diagrammasidagi (3.1.24–rasm) tiristorlarning navbatma–navbat ochilishiga mos keladi.



3.1.24 – rasm. Tiristorlarning o'tkazuvchanlik burchaklari  $\lambda = 180^{\circ}$  (a) va  $\lambda = 120^{\circ}$  (b) bo'lgandagi avtonom invertorning kuchlanishlar diagrammasi

Sxemadagi tiristorlarning qayta ulanishi, chiqish kuchlanishi chastotasi davrining har 1/6 qismida sodir bo‘ladi. Bunday ishchi sxemaning ikki ish rejimi bo‘lishi mumkin: tiristor chiqish kuchlanishi chastotasining 1/2 davri oralig‘ida ulangan bo‘lishi, ya’ni tiristorlarning o‘tkazuvchanlik burchagi  $\lambda = 180^{\circ}$ ; tiristor chiqishi kuchlanishi chastotasining 1/3 davri oralig‘ida ulangan bo‘lishi, ya’ni  $\lambda = 120^{\circ}$ . Birinchi holda bir vaqtning o‘zida birdaniga uchta tiristor tok o‘tkazsa, ikkinchi holda esa ikkita tiristor bir vaqtning o‘zida tok o‘tkazadi.

3.1.24 a,b – rasmdagi kuchlanishlar diagrammasi invertorning chiqish qismiga aktiv yuklanish ulangan hol uchun to‘g‘ri bo‘lib, agar yuklanishning xarakteri aktiv – induktiv bo‘lsa, u holda elektromagnit jarayonlarning kechishi ancha murakkab bo‘ladi va ularning tahlilini asoslashda barcha turdagi avtonom inverterlarni kuchlanish avtonom inverterlari – KAI va tok avtonom inverterlari – TAI guruhlarga bo‘lib qarash maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Kuchlanish avtonom inverterlarning asosiy shartlaridan biri ishchi sxemasidagi tiristorlar to‘liq boshqariluvchan bo‘lishi kerak. Ko‘pgina hollarda KAIning chiqishidagi kuchlanishni yuklanishga mos ravishda rostlash talab etiladi. KAIning chiqishidagi kuchlanishni kuch sxemasidagi tiristorlarni ma’lum ketma – ketlikda ulash va ochish natijasida rostlash mumkin. KAI chiqish kuchlanishini ma’lum uch usulda roslash mumkin:

- 1) ta’minot manbai zanjirida rostlash;
- 2) chiqish zanjirida rostlash;
- 3) invertorning ichki vositalari yordamida rostlash.

Birinchi usul – KAI chiqishidagi kuchlanish uning kirish zanjiriga ulangan boshqariluvchi o‘garmas tok o‘zgartkichi, ya’ni boshqariluvchi to‘g‘rilagich yordamida amalga oshiriladi.

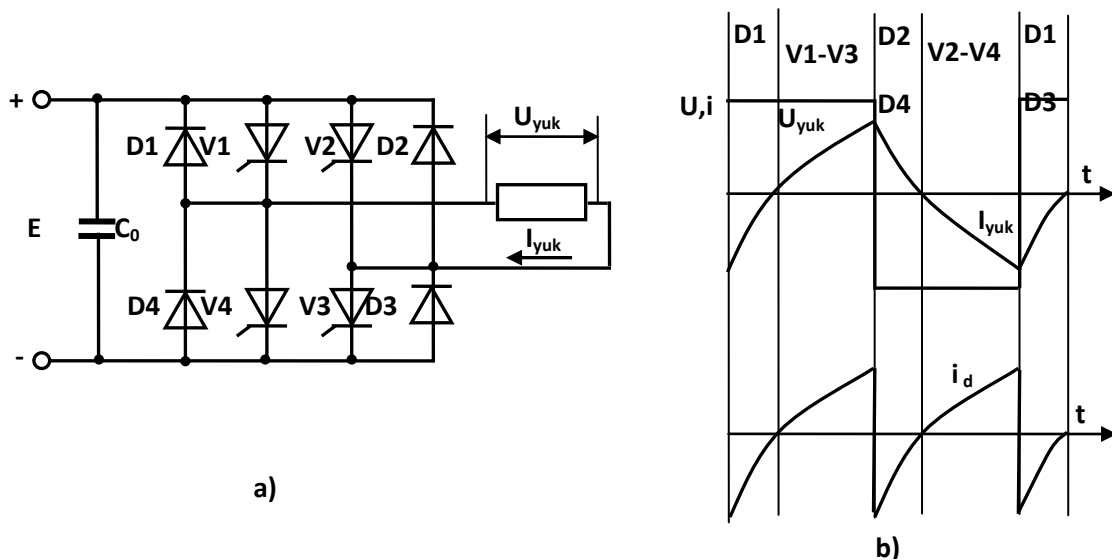
Ikkinchi usul – KAI bilan yuklanish oralig‘iga qarama – qarshi – parallel ulangan tiristorlar juftligi yordamida amalga oshiriladi.

Uchunchi usul – impuls usuli deb ataladi. Boshqaruv impulsining kengligini o‘zgartirish natijasida KAI chiqish kuchlanishi mos ravishda rostlanadi. Bu usulning qo‘llanilishi uning kirish qismida boshqariluvchi o‘zgarimas tok o‘zgartkichiga hojat qoldirmaydi va tiristorli chastota o‘zgartkichning kuch sxemasi va boshqaruv tizimi ancha soddalashadi hamda ishonchlilik darajasi ancha oshadi.

KAI larning chiqish kuchlanishlarini impuls kengligini o‘zgartirib rostlashda uchinchi usuldan foydalaniladi.

KAI chiqishidagi kuchlanishning talab etilgan darajada ko‘rinishga ega bo‘lishi uchun kuch sxemadagi tiristorlarni ma’lum qonuniyatlar asosida ochish va yopish kerak bo‘ladi. Bu qonuniyatlarning majmuasi tiristorlarni ochish va yopish algoritmlari (OYoA) ning asosini tashkil etadi. KAI larning kuch

sxemalaridagi tiristorlarning ochilishi va yopilishi ularning boshqarish tizimlarida amalga oshiriladi va shuning uchun ham tiristorlarni ochish algoritmi (OA) va ularni yopish algoritmi (YoA) asosida inverter boshqarish tizimining ishlashi shaklanadi.



3.1.25 – rasm. Bir fazali KAI sxemasi (a) va uning kuchlanish va tok diagrammasi (b)

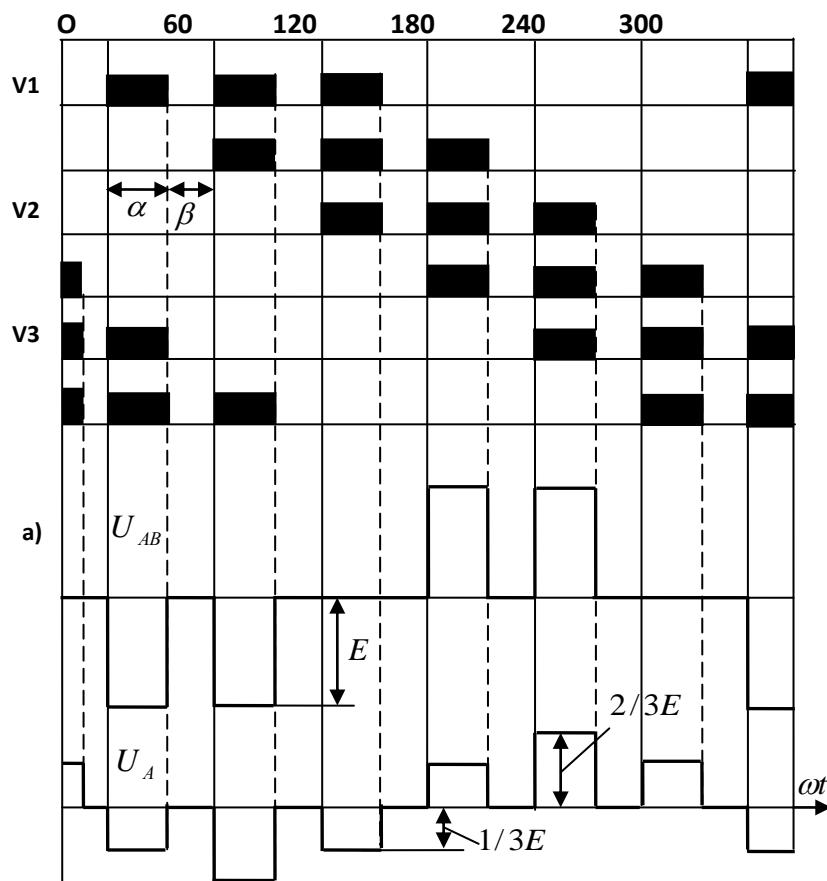
3.1.25 a – rasmda bir fazali KAIning shartli sxemasi berilgan bo‘lib, chiqishidagi kuchlanishni roslash birinchi yoki ikkinchi usul bilan amalga oshirilishi mumkin.

$V1, V3$  va  $V2, V4$  tiristorlarning davriy juft ulanishi va o‘chishi yuklanishdagi kuchlanish  $U_{yuk}$  ning formasi to‘g‘ri burchakli, ampitudasi manba kuchlanishiga teng bo‘lishini taqozo qiladi va yuklanishdan o‘tayotgan tokning formasi eksponenta bo‘laklaridan iborat bo‘ladi (91b – rasimga qarang). Agar  $V1$  va  $V3$  tiristorlar o‘chirilib,  $V2$  va  $V4$  tiristorlar ulanadigan bo‘lsa, u holda aktiv – induktiv yuklanishdan o‘tayotgan tokning yo‘nalishi ulangan tiristorlarning o‘tkazuvchanligiga nisbatan teskari bo‘ladi va bu tokni yo‘naltirish uchun  $V1 - V4$  tiristorlarga qarama – qarshi yo‘nalishda parallel  $VD1 - VD4$  diodlar ulangandir. Yuklanishdagi tok va kuchlanishning ishoralari teskari bo‘lgan holda u yoki bu juft diodlar ochiladi. Shunda manbadan kelayotgan tok  $i_d$  ishorasini o‘zgartirib  $U_e$  kuchlanishga qarama – qarshi yo‘nalishda oqadi. Agar manba bir tomonli o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lsa, ya‘ni to‘g‘rilagich bo‘lsa, u holda manbaga parallel kondensator ulanishi kerak. Invertordan tok manbaga qarab yo‘nalganida kondensator zaryadlanadi va tok manbadan yo‘nalganida esa zaryadsizlanadi. Bu kondensatorning sig‘imi,

manba kuchlanishi pulsatsiyasi sezilarsiz darajada bo‘lishini ta’minlashi uchun, yetarli darajada qiymatga ega bo‘lishi kerak.

KAI chiqish kuchlanishini impulsli boshqarish usulini tiristorlar-ning o‘tkazuvchanlik burchagi  $\lambda = 180^\circ$  bo‘lgan hol uchun ko‘rib chiqamiz.

Tiristorlarning o‘tkazuvchanlik burchagi  $\lambda = 180^\circ$  bo‘lganida bir vaqtda uchta tiristor ishlaydi va bu holda kuchlanishning formasi yuklanishga deyarli bog‘liq bo‘lmaydi.

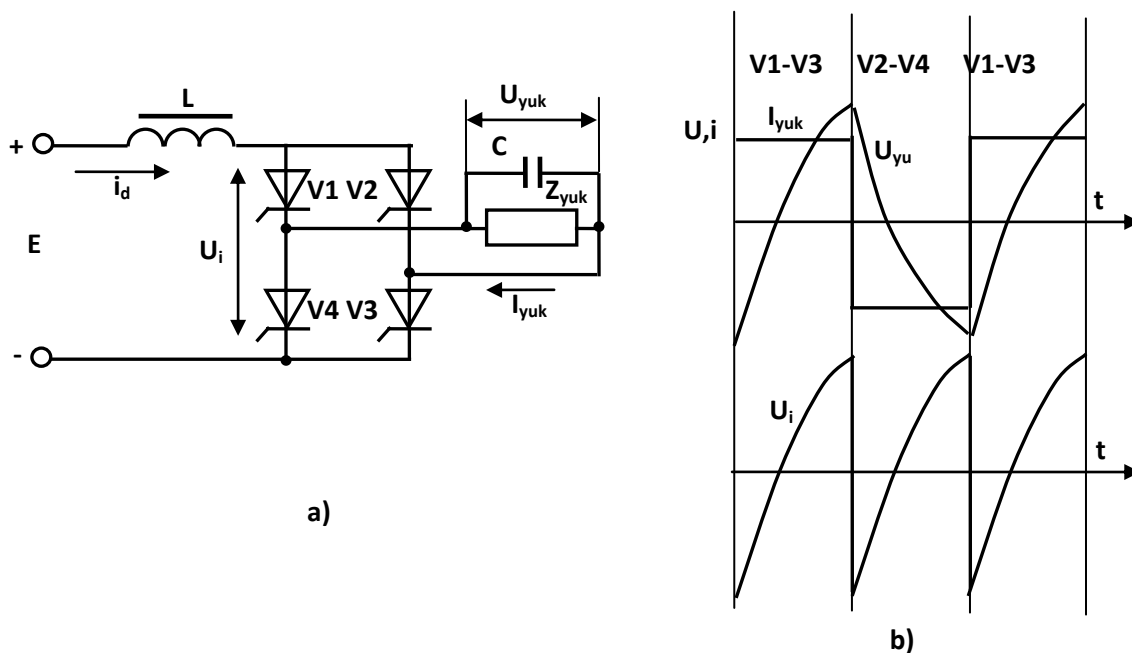


3.1.26 – rasm. Uch fazali KAI chiqish kuchlanishini impuls kengligini o‘zgartirib rostdash jarayonidagi tiristorlarning holatlari, liniya (a) va faza kuchlanishlari (b) o‘zgarishlari diagrammalari

3.1.26 a – rasmdan ko‘rinib turibdiki bir paytda uchta tiristorlarning ochilishini va interval o‘tishi bilan yopilishini ta’minlaydigan impuls OYoA vositasida amalga oshiriladi. Har tiristorning ochilib turishi burchagi  $\alpha$  ni rostdan natijasida chiqishdagi kuchlanish impulsi kengligi o‘zgartiriladi

Tok avtonom inverteri to‘liq bo‘lmagan boshqariluvchi yarim o‘tkazgichlarda bajarilishi mumkin (3.1.26 a – rasm). TAI yuklanishga parallel ulangan kondensator S ning vazifasi, bir juft tiristorlar ulangan holatda bo‘lganida ikkinchi juft tiristorlarning o‘chiq holda bo‘lishi uchun ularga boshqariluvchanlik xususiyatlarini tiklanish davri oralig‘ida manfiy kuchlanish

bilan to‘siq hosil qilishdan iboratdir. Manbadan chiqayotgan tokning pulsatsiyasini kamatirish maqsadida TAIning kirish qismiga yetarli darajeda induktivlikka ega bo‘lgan reaktor ulanadi. Agar kondensatorni ham yuklanishning bir qismi deb qaraydigan bo‘lsak, yuklanish tokining formasi to‘g‘ri burchakli formada bo‘ladi (3.1.26 b – rasm). Yuklanishdagi kuchlanish formasi yuklanishning xarakteriga bog‘liqdir. Invertorning kirish qismidagi kuchlanishning manfiy ishorali qismi vaqt oralig‘ida tiristorlarning yopiq holatiga to‘g‘ri keladi.



3.1.27 – rasm. Bir fazali TAI sxemasi (a) va uning kuchlanish va tok diagrammasi (b)

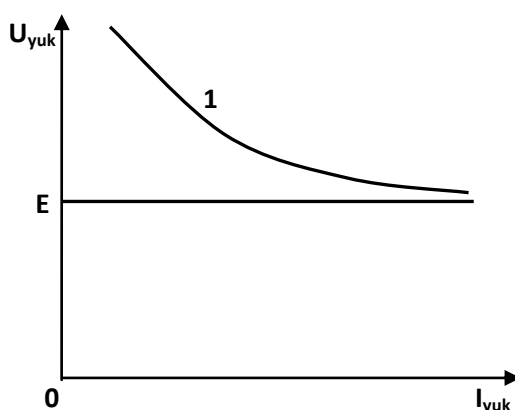
Shunday qilib, KAIlarning asosiy afzalligi kuchlanishning yuklanishga bog‘liq emasligi, balki tiristorlar kommutatsiyasining tartibiga bog‘liqdir. TAIlarda tiristorlar kommutatsiyasining tartibi tok formasini belgilaydi, kuchlanishning formasi yuklanishning xarakteriga bog‘liq bo‘lganligi sababli invertorlarning chiqish tavsiflari 3.1.28–rasmda tasvirlanganidek bo‘lib, KAI ning tashqi tavsifi absissa o‘qi  $I_{yuk}$  ga parallel bo‘ladi, ya’ni  $U_{yuk} = E (1 - \text{to‘g‘ri chiziq})$ . TAI ning tashqi tavsifi-ning matematik ifodasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$U_{yuk} = \frac{EI_d}{I_{yuk} \cos \varphi} \approx \frac{E}{\cos \varphi},$$

bu yerda  $U_{yuk}$  va  $I_{yuk}$  – yuklanish kuchlanishi va tokining birinchi garmonik tashkil qiluvchilarining haqiqiy qiymatlari;  $\cos \varphi$  – yuklanishning quvvat koeffisienti. Manba kuchlanishining o‘zgarmas qiymatida yuklanishdagi kuchlanish quvvat koeffisientiga teskari proporsional bo‘ladi. Yuklanishda tok qiymatining kamayishi natijasida  $U_{yuk} \rightarrow E$  ham kamayada, natijada



yuklanishdagi kuchlanish qiymati oshadi (2-to'g'ri chiziq). Yuklanish tokining oshishi esa  $\cos \varphi$  oshishi va birga intilishi natijasida  $U_{\text{yok}} \rightarrow E$  ga intiladi.



3.1.28– rasm. Avtonom invertorlarning tashqi tavsiflari

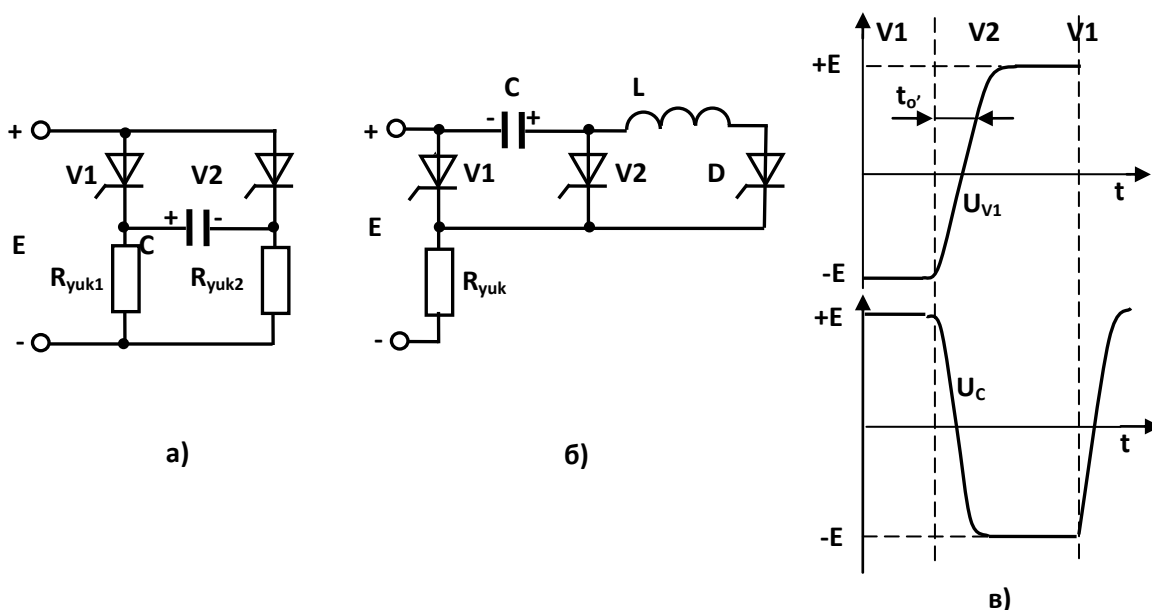
Sun'iy kommutatsiya qurilmalari tiristorli avtonom invertorlarning zarur qismlaridan bo'lishi bilan bir qatorda invertorning rostdash xususiyatlarini, energetik va ishonchlilik darajalarini ko'p jihatdan belgilaydi. Quyida amaliyotda keng qo'llaniladigan sun'iy kommutatsiya sxemalarining ikki xilini ko'rib chiqamiz.

3.1.29 a – rasmda tasvirlangan sun'iy kommutatsiya sxemasi bir ishchi tiristorning ulanishi bilan ikkinchi ishchi tiristorning o'chirilishini ta'minlaydi. Tiristor V1 orqali tok o'tayotganda kondensator C ning sxemada ko'rsatilgan chap qobig'i «-» o'ng qobig'i «+» ishora bilan manbaning kuchlanish qiymati  $U_e$  gacha qarshilik  $R_{\text{yuk2}}$  orqali zaryadlanadi. Tiristor V2 ga ilk boshqarish signali ochilishi uchun elektrodlariga berilganida kondensatordagi kuchlanish tiristor V1ga teskari, ya'ni katodiga «+» anodiga «-» ishorali kuchlanish bilan to'sadi, natijada V1ning o'chishiga olib keladi. So'ngra ulangan tiristor V2 va qarshilik  $R_{\text{yuk}}$  orqali kondensator C qayta zaryadlanadi. Kondensatordagi kuchlanishning  $E$  dan  $0$  gacha tushishi vaqti oralig'ida (3.1.29 v – rasm) tiristor V1ga teskari ishorali kuchlanish bilan to'siladi va u o'chadi. Kondensator S ning sig'imini shunday tanlash lozimki, sxema bo'yicha tiristorning o'chish vaqti  $t_o'$  tiristorning pasportida ko'rsatilgan  $t_o'$  dan kam bo'lmasligi kerak, ya'ni

$$C = \frac{t_o'}{R_{\text{yok}} \ln 2} .$$

3.1.29 b – rasmdagi ishchi tiristorni o'chirish uchun unga parallel oldindan zaryadlanib qo'yilgan kondensator ulanadigan sun'iy kommutatsiya sxemasi tasvirlangan. Aytaylik, tiristor V1 ishlab turibdi, kondensator qobig'laridagi zaryad ishoralari sxemada ko'rsatilgandek bo'lsin. Tiristor V1ni uchirish uchun yordamchi tiristor V2ga boshqaruv signali yuboriladi.

Kondensator S tiristor V2 va qarshilik  $R_{yuk}$  orqali qayta zaryadlanadi, keyin tiristor V2 yoqiladi. Tiristor V1 ga ulanish uchun signal berilgandan keyin kondensator S ning tiristor V1, induktivlik L va diod D dan iborat tebranma kontur bo'yicha qayta zaryadlanish yuzaga keladi va natijada sxema yana yangi ulanish uchun tayyor holatga keladi (95b – rasm). Kondensator C ning sig'imi bilan aniqlanadi. Induktivlik L ning vazifasi kondensator C ning kerakli darajada tez qayta zaryadlanishida tok amplitudasi qiymatini chegaralashni ta'minlashdir. Bu sxemaning afzalligi shundaki, invertordagi har bir tiristorni boshqa tiristorlarning ish rejimidan qat'iy nazar o'chirish imkonini beradi, bu esa tiristorlarga deyarli to'liq boshqariluvchanlik xususiyatini beradi.

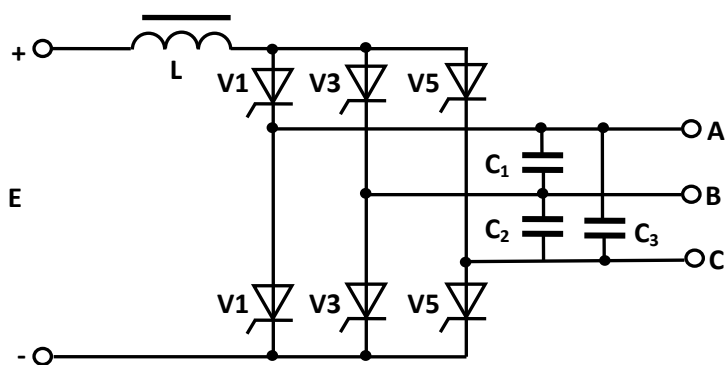


3.1.29 – rasm. Avtonom invertor kuch sxemalaridagi ishchi tiristorlarning sig'imli (a) va tebranma konturli (b) sun'iy kommutatsiya sxemalari hamda ularning kuchlanish diagrammalari (v)

Hozirda kichik va o'rta quvvatli kuch tiristorlarning to'liq boshqariluvchi turlari yaratilganligi sababli ularni ochish va yopish amallarini avtongom invertorlarning boshqaruv tizimlarida bajariladi va bu esa ularning kuch sxemalarini yanada soddalashtirishga hamda avtonom invertorlarning ishonchli ishlash darajasini oshiradi..

3.1.30 – rasmda tasvirlangan avtonom invertorning uch fazali ko'prik sxemali eng sodda sxemalaridan bo'lib, parallel tok avtonom invertori, deb yuritiladi. Kondensatorlar  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ , lar asinxron motor fazalariga parallel ulanib, kommutatsiya funksiyasini bajarish bilan bir qatorda motoriste'mol qilayotgan reaktiv quvvat o'rnini to'ldirish vazifasini ham bajaradi. Bunday invertorlar yuklanish momenti deyarli o'zgarmaydigan va chastota rostdash diapozoni uncha katta bo'lmagan asinxron elektr yuritmalarda qo'llaniladi. Bu

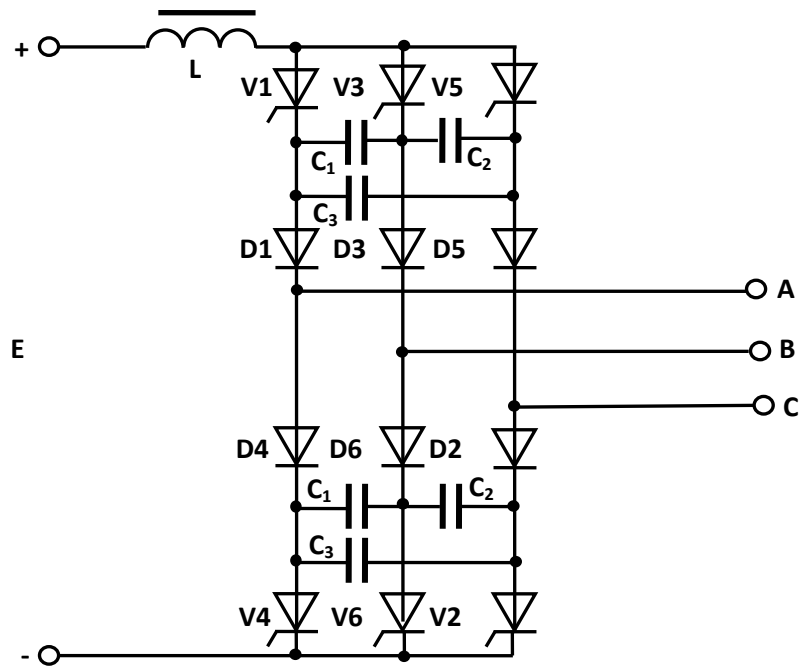
invertorning eng katta kamchiligi chastotaning kichik qiymatlarida (10 Gs va undan kichik) kondensatorlarning sig‘imi juda katta qiymatga ega bo‘lishi zarurligidir. Bundan tashqari asinxron motorga kondensatorlarning parallel ulanishi elektr yuritmada yo‘qotishi qiyin bo‘ladigan avtotebranishlarning paydo bo‘lishiga olib keladi. Bu sxemaning takomillashgan varianti (3.1.30 – rasm) kondensatorlar asinxron motor stator chulg‘amidan D1 – D6 diodlar orqali ajratilgan. Kondensatorlar orqali kommutatsiya vaqtidagina tok o‘tib, boshqa paytda ulardan tok o‘tmaydi. Bu esa kondensator sig‘imlarining chastota o‘zgarishidan qat’iy nazar anchagina kamaytirish imkonini beradi. Ammo kommutatsiya jarayonida asinxron motorning stator chulg‘amidagi yig‘ilgan energiyaning kondensatorlariga uzatilishi, kondensatorlarda kuchlanishning o‘shishiga olib keladi. Shuning uchun kondensatorlarning sig‘imini shunday tanlashi keraki, bir tomondan bu kuchlanish o‘shishini ruxsat etilgan qiymatidan oshmasligi, ikkinchidan esa kondensatorlarning qayta zaryadlash jarayoni uzayib ketmasligi kerak.



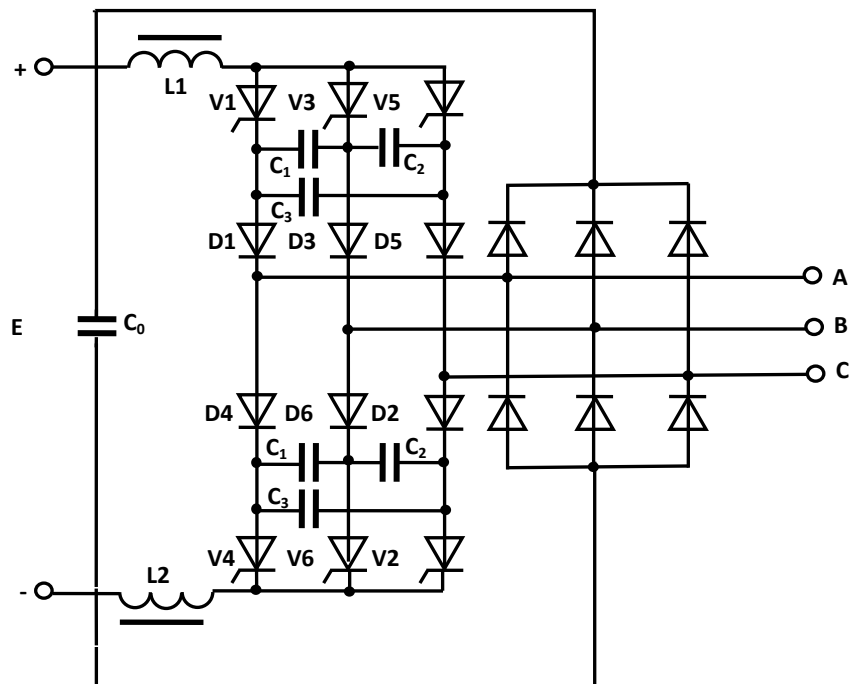
3.1.30– rasm. Parallel tok avtonom invertori sxemasi

3.1.32–rasmdagi kuchlanish avtonom invertorining 3.1.31–rasmdagi tok invertoridan farqi shundaki bu sxemaga teskari ulangan D7 – D12 diodlarning ko‘prik sxemasi va kompensatsiyalrovchi kondensator S ulangan. Bu sxemadagi kondensatorlar faqat kommutatsiya jarayonida ishlaydi. Shuning uchun ularning sig‘imlari yanada ham kam bo‘ladi.  $L_1$  va  $L_2$  reaktorlarning vazifasi kondensatorlarning teskari ulangan diodlari orqali tez qayta zaryadlanishiga yo‘l qo‘ymaslikdir.

3.1.31 va 3.1.32 – rasmlarda keltirilgan invertorlarda bir fazadagi tiristorlarning o‘chirilishi ikkinchi fazadagi tiristorlarning esa yoqilishi bilan xarakterlangani uchun bunday invertorlarni fazalararo kommutatsiyali invertorlar deb ataladi.



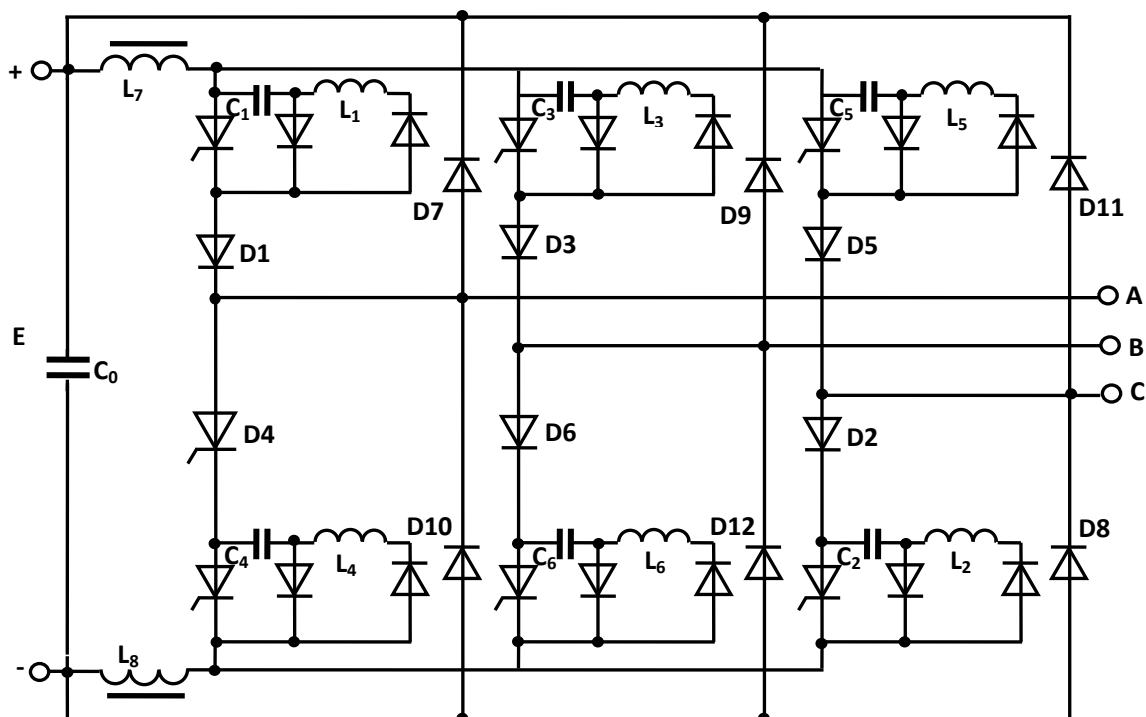
3.1.31 – rasm. Kondensatorlar diodlar yordamida ajratilgan tok avtonom inverteri sxemasi



3.1.33 – rasm. Fazalararo kommutatsiyali kuchlanish avtonom igvertori sxemasi

3.1.34 – rasmda tasvirlangan inverter sxemasida har bir tiristor uchun alohida o‘zining kommutatsiya zanjiri mavjudligi bilan oldingi qaralgan inverterlarning sxemalaridan farq qiladi. D1 – D6 diodlar 3.1.33–sxemadagidek asinxron motorning inverter sxemasidan ajratish uchun xizmat qiladi, D7 – D12 diodlar esa teskari ko‘prik sxemasi bo‘yicha o‘zgarmas kuchlanish manbaiga

ulanadi. Bunday sxemali kuchlanish avtonom inverterlarida har bir tiristorlarning ochilishi va yopilishi boshqa tiristorlarning holatlaridan qat'iy nazar individual ravishda bo'ladi va bu esa yuklanishdagi kuchlanish qiymatini rostdash imkonini beradi.



3.1.34 – rasm. Individual kommutatsiyali kuchlanish avtonom inverteri sxemasi

Bundan tashqari avtonom inverterlarda anod va katod zanjirlaridagi tiristorlar uchun umumiy bo'lgan kommutatsiya kondensatorlari qo'llanilgan sxemalar, inverter tiristorlari uchun umumiy yagona bo'lgan kommutatsiya qurilmasiga ega bo'lgan sxemalar va boshqa xilma – xil kommutatsiya qurilmali sxemalar ham amaliyotda keng qo'llaniladi.

### 3.2. Elektr motorlarda energiya tejash

Sanoat korxonalarida elektr energiyasi asosiy istemolchisi elektr motorlar hisoblanadi. Elektr motorlardagi isroflar elektr energiyasini uzatish va taqsimlashdagi umumiy isroflar bilan tenglashadi. Shuning uchun, korxonada miqyosida rejalashtirilgan motorlarda elektr energiyasini tejash tadbirlari katta iqtisodiy samara berishi mumkin. Bu tadbirlar eng avvalo elektr ta'minoti tizimi elementlarini almashtirish bilan bog'liq tadbirlar kiradi. Kam yuklangan motorlarni almashtirish, FIK past bo'lgan uskunalarni zamonaviy samarador uskunalariga almashtirish, tarmoq kuchlanishi o'zgartirish, reaktiv quvvatni qoplash shular jumlasidandir.

Masalan, ventilyator yuklamasi o'zgaras 7 kVt qiymatga ega. FIK -0,88 bo'lgan 10 kVt li yoki FIK -0,87 bo'lgan 7,5 kVt li asinxron motorni qaysi birini o'rnatish samarali. Yoki, quvvati 5,5 kVt bo'lgan asinxron motor 100 % yuklamada  $\cos \varphi=0,8$ ; 50 % yuklamada  $\cos \varphi=0,65$ ; 30 % yuklamada esa  $\cos \varphi=0,51$  ni tashkil etadi. Motorning optimal ish rejimini aniqlash lozim. Boshqa bir misol.  $P_n=7,8$  kVt  $\eta_n=0,86$ ,  $\cos \varphi_n=0,8$ ,  $k_e=0,13$ . 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  $P=0,25 \cdot 7,8=1,95$  kVt. «uchburchak»dan «yulduz» sxemasiga o'tgandan keyin motorni ko'rchatkichlari  $\cos \varphi_Y=0,85$ ,  $\eta_Y=0,85$  bo'ladi. Almashtirishni maqsadga muvofiqligini tekshirish kerak.

Sanoat korxonalarida shunga o'xshash masalalar bilan deyarli har kuni to'qnash kelinadi. Bu masalalarni hal qilish ma'lum texnik iqtisodiy hisoblashlarni bajarishni talab qiladi. Ko'pgina hollarda bunday hisoblashlarga tekshirib ko'rilmadan qaror qabul qilinadi.

FIK yuqori bo'lgan motorlarni almashtirish bo'yicha tahliliy ma'lumotni aktiv quvvat isrofini quyidagi ifodadan aniqlab olish mumkin:

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

Bu yerda, P va  $\eta$ - elektr motorni yuklamasi va FIK. Motorlar aktiv quvvat isroflari taqqoslanib samarador variant aniqlanadi.

Korxonalarda ko'pgina motorlar to'la yuklamada ishlamaydi. Bu holda yuklama 50-60 % bo'lsa motor quvvatini kichikroq quvvatga o'zgartirish maqsadga muvofiq [16, 30, 34]. O'zgaruvchan yuklamada esa motor quvvati ko'pincha hisobiy maksimal yuklamaga qarab tanlanadi. Agar maksimal cho'qqi yuklama 2 marta katta bo'lsa maxsus usullar qo'llash tavsiya etiladi. Masalan. Bunda aktiv quvvatdan tashqari reaktiv quvvat istemoli ham ancha kamayadi.

Tejab qolingan elektr energiyasi bunda quyidagicha aniqlanadi:

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

Bu yerda,  $\Delta P$  va  $\Delta Q$  - motorlarni aktiv va reaktiv quvvat isroflari farqi, kVt; kVar; t-uskunaning «yulduz» sxemada yillik ishlash vaqti, soat

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

$$\Delta P_a = \frac{P}{\eta_\Delta} - \frac{P}{\eta_Y} = \frac{P}{\eta_\Delta} \cdot \left( \frac{\eta_Y - \eta_\Delta}{\eta_Y} \right); \text{ } \kappa \text{ } \text{v} \text{ } \text{m};$$

Reaktiv quvvat istemolini kamayishi:

$$\Delta Q = \frac{P}{\eta_\Delta} \operatorname{tg} \varphi_\Delta - \frac{P}{\eta_Y} \operatorname{tg} \varphi_Y; \text{ } \kappa \text{ } \text{v} \text{ } \text{a} \text{ } \text{p};$$

Aktiv quvvatni umumiy kamayishi:

$$\Delta P_{\Sigma} = k \cdot \Delta Q + \Delta P \quad \text{kVt.}$$

Bu yerda  $k$ -har bir kvar reaktiv quvvatga to'g'ri keladigan aktiv quvvat isrofi, kVt/kvar.

Tejab qolingani elektr energiyasi:

$$\Delta W_e = \Delta P_{\Sigma} \cdot \Delta t. \quad \text{kvt} \cdot \text{soat/yil.}$$

Korxonalarida ishlab chiqarishni intensivlash, mahsulot hajmini ko'paytirish orqali nisbiy elektr energiyasi sarfini kamaytiradi va energiya tejankorlikni ta'minlaydi. Bu energiya miqdori quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\Delta W = (\beta_1 - \beta_2) \cdot W_0 \cdot P_m \cdot T_m$$

Bu yerda,  $W_0$ -nisbiy energiya sarfi;  $T_m$  – mashinaning ishlash vaqti, soat; mashina istemol qiladigan quvvat;  $\beta_1, \beta_2$ -nisbiy energiya sarfi kamayishini belgilovchi koeffisientlar bo'lib, quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\beta = \frac{k_u \cdot k_m + \alpha(1 - \eta_{mh})}{1 + \alpha(1 - \eta_{mh})k_u \cdot k_m};$$

Bu yerda,  $k_n$ -yuklama koeffisienti,  $k_t$ -mashinaning foydalanish koeffisienti,  $\alpha$ -mashinaning konstruksiyasi bog'liq koeffisient  $\alpha=0,7-0,9$ ;  $\eta_{mn}$ -mashinaning nominal FIK;  $k_t$ -koeffisient quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$k_t = T_m / (T_m + T_0),$$

$T_m$  va  $T_0$ - mashinaning ishlash va salt ishlash vaqti.

Elektr uskunalarni salt ishlashini cheklash orqali tejab qolingani elektr energiyasini quyidagi ifodadan hisoblash mumkin:

$$\Delta W_s = P_c \cdot \Delta t,$$

Bu yerda, uskunaning salt ishlashdagi istemol quvvati, kVt.  $\Delta t$ -bir yilda kamaytirilgan salt ishlash vaqti.

Elektr motorlarni quvvatini o'zgartirish orqali olingan samara:

$$\Delta W_s = [(\Delta P_1 - \Delta P_2) + k(\Delta Q_1 - \Delta Q_2)] \cdot t$$

Bu yerda,  $\Delta P_1$  va  $\Delta P_2$  -almashtiriladigan va almashadigan motorlarni quvvat isrofi, kVt;  $\Delta Q_1$  va  $\Delta Q_2$  reaktiv isroflar, kVar;  $t$ -uskunaning yillik ishlash vaqti, soat.

Elektr energiyasi isroflarini kamaytirish elektr uskunalarni 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 istemol qilishi, chulg'amlar nosimmetrik bo'lishi, salt ishlash tokini oshib ketishi tufayli ko'p isroflarni keltirib chiqaradi. Bunday salbiy holatlar motor chulg'amini nominal kattaliklaridan boshqa kattaliklarga (nominal tezlik, kuchlanish, chastota o'zgarganda) qayta o'raganda

qo‘shimcha hisoblashlar bajarish talab etiladi. Ammo, ko‘pincha, namuna jadvallarda berilgan ma’lumotlar bilan kayta o‘ralaveradi.

*Nominal kuchlanishdan farq qiluvchi kuchlanishga stator chulg‘amini o‘rashni hisoblash.* Ishlab chiqarishda motor kuchlanishini tarmoq kuchlanishiga muvofiq keltirish uchun motor qayta o‘raladi. Bunda pazdagi effektiv o‘tkazgichlar soni quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$N_{\text{янги}} = N_{\text{эски}} \frac{U_{\text{янги}} \cdot a_{\text{янги}}}{U_{\text{эски}} \cdot a_{\text{эски}}}$$

Bu yerda:  $N_{\text{yangi}}$  va  $N_{\text{eski}}$  – pazda yangi va eski effektiv o‘tkazgichlar soni;  $U_{\text{yangi}}$  va  $U_{\text{eski}}$  – yangi va eski faza kuchlanishi, V;  $a_{\text{yangi}}$  va  $a_{\text{eski}}$  – yangi va eski parallel shoxalar soni.

Pazga yangi o‘ramni to‘g‘ri kelishini tekshiradigan formula:

$$\frac{N_{\text{янги}} d_{\text{и.янги}}^2 n_{\text{эл.янги}}}{N_{\text{эски}} d_{\text{и.эски}}^2 n_{\text{эл.эски}}} < 1 \text{ bo‘lishi kerak}$$

Bu yerda:  $d_{\text{и.янги}}$ ,  $d_{\text{и.эски}}$  - yangi va eski o‘ramni izolyatsiyali sim diametri

*Asinxron motorning stator chulg‘amini yangi aylanish chastotasi o‘rash*  
Statordagi va rotordagi pazlar soni mosligi tekshirgandan keyin, pazdagi effektiv o‘tkazgichlar soni va ularni kesim yuzasi aniqlanadi:

$$N_{\text{янги}} = N_{\text{эски}} \cdot \frac{n_{\text{эски}}}{n_{\text{янги}}} \cdot \frac{a_{\text{янги}}}{a_{\text{эски}}} \cdot \frac{k_{\omega\text{эски}}}{k_{\omega\text{янги}}};$$

$$S_{\text{янги}} = S_{\text{эски}} \cdot \frac{N_{\text{эски}}}{N_{\text{янги}}};$$

Bu yerda:  $N_{\text{янги}}$  va  $N_{\text{эски}}$  - pazdagi effektiv o‘tkazgichlarni eski va yangi soni;

$S_{\text{янги}}$  va  $S_{\text{эски}}$  - chulg‘am effektiv o‘tkazgichining yangi va eski kesim yuzasi;

$n_{\text{эски}}$  va  $n_{\text{янги}}$  - eski va yangi aylanish chastotasi;

$k_{\omega\text{эски}}$  va  $k_{\omega\text{янги}}$  - eski va yangi chulg‘amning chulg‘am koeffisienti

Faza chulg‘amidagi yangi o‘ramlar soni:

$$\omega_{\text{янги}} = \frac{N_{\text{янги}} \cdot z_1}{6a}$$

Qayta o‘ralgan elektr motorning quvvati:

$$P_{\text{янги}} = P_{\text{эски}} \cdot \frac{n_{\text{янги}}}{n_{\text{эски}}};$$

Bu formuladan ko‘rinib turibdiki, kichik aylanish chastotasiga o‘tganda motor quvvati kamayadi, katta aylanish chastotasiga o‘tganda motor quvvati



o‘sadi. Katta aylanish chastotasiga o‘tganda stator yarmosida magnit induksiya o‘rnatilgan chegaradan oshishi mumkin.

Me’yordan oshgan induksiya natijasida belchada magnitlangan tok keskin o‘sadi va isroflar oshib ketishi mumkin.

Magnit induksiya, stator yarmosidan,  $T_1$ .

$$B_c = 0,36B_\sigma \frac{\tau}{h_c}$$

$h_c$  -stator yarmosidan balandligi.

Agar stator yarmosidagi induksiya belgilangan qiymatdan oshsa, unda pazdagi effektiv o‘tkazgichlar sonini quyidagicha oshirish kerak:

$$N'_{\text{HOE}} = N_{\text{HOE}} \frac{B_c}{(1,2 - 1,7)} \quad 2p=2 \text{ bo'lganda}$$

$$N'_{\text{HOE}} = N_{\text{HOE}} \frac{B_c}{(1 - 1,5)} \quad 2p>2 \text{ bo'lganda}$$

Yuqoridagi ifodalar tahlili shuni ko‘rsadiki, elektr motorlarda elektr energiyasini tejash imkoniyatlarini aniqlash uchun o‘rnatilgan va almashtiriladigan motorlar uchun hisoblashlar alohida bajarilib natijalar taqqoslanishi kerak.

#### **a) xorijiy firmalarda ishlab chiqarilayotgan yangi seriyadagi elektr motorlar to‘g‘risida ma’lumotlar.**

Asinxron motorlarning FIK ini oshirishning asosiy usullaridan biri, bu motorlarning umumiy konstruktiv tuzilishini o‘zgartirmagan holda ularni yaratishda eng zamonaviy izolyatsion materiallardan foydalanishdir. Motor magnit tizimining konstruktiv tuzilishi magnit quvvat isroflari eng kam bo‘ladigan magnit materiallardan iborat bo‘lishi kerak. Yuqori sifatli podshipniklarni qo‘llash motorning ishlash muddatini oshiradi.

O‘tgan asrning 80-yillaridan boshlab AQSh, Germaniya, Angliya, Fransiya, Yaponiya va boshqa sanoati rivojlangan mamlakatlarda FIK va quvvat koeffitsientlari yuqori bo‘lgan asinxron motorlarni loyihalash va ishlab chiqarish ishlari amalga oshira boshlandi. Bunda energiya tejankor asinxron motorlarni loyihalashda ulardagi quvvat isroflarini kamaytirish asosiy me‘zon bo‘ldi.

Yangi ishlab chiqarilayotgan motorlarning asosiy xususiyatlaridan biri, ularda quvvat isrofi standart ishlab chiqarilayotgan motorlarnikiga nisbatan 10-20% ga kam va shu bilan birga ularning moment tavsiflari yaxshilangan. Standart va yangi seriyadagi asinxron motorda quvvat isroflarining qanday taqsimlangani yuqoridagi jadvalda qiyosiy tarzda keltirilgan.

Hozirda Jeunt-Scheider firmasi ishlab chiqarayotgan FNBB, TNBB, RNBB, Istand, TNCB, PNBB seriyadagi asinxron motorlarning hamda Germaniyaning Helmke va Brown Boveri firmalari ishlab chiqarayotgan DSOR,

DKOK va boshqa seriyadagi asinxron motorlarning, shuningdek Universal Elektrik(AQSh) firmasi kabi o'nlab elektromashinasozlik sohasidagi yetakchi firmalar ishlab chiqarayotgan asinxron motorlarning foydali ish va quvvat koeffisientlari standart asinxron motorlarnikiga nisbatan mos ravishda 7-8% va 18-21% gacha yuqoriroqdir.

Bu asinxron motorlarda FIK oshishi chulg'am qarshiliklarini va magnit tizimidagi quvvat isroflarini kamaytirish hisobiga erishilgan. Stator va rotor o'zaklari yuqori sifatli po'latdan yasalgan, stator va rotor chulg'amlarida mis va alyuminiy miqdori oshirilgan, ariqchalarning o'lchamlari va stator va rotor orasidagi havo oralig'ining o'lchamlari optimal qiymatlariga keltirilgan, Bu motorlarning energetik energetik ko'rsatkichlari yuqori bo'lishi bilan bir qatorda kam qiziydi (bu esa motorning ishlash muddatini uzoqroq bo'lishiga olib keladi) , ishlaganida kam shovqin chiqarib ishlaydi, quvvat koeffisienti motorga berilayotgan kuchlanishning sifat ko'rsatkichlariga bog'liqligi sust. Yangi seriyadagi asinxron motorlarning narxi standart motorlarga nisbatan narxi yuqori bo'ladi, ammo ikki yilcha ekspluatatsiya qilinishi davomida iqtisod qilingan elektr energiya hisobiga to'liq o'zini oqlaydi.

#### **b) standart va yangi seriyadagi asinxron elektr motorlarning energetik ko'rsatkichlarining qiyosiy tavsiflari.**

Ma'lumki, sanoat korxonalarining asosini ishlab chiqarish qurilmalarining elektr yuritmalari tashkil etadi. O'z navbatida elektr yuritma esa elektr yuritmaning boshqarish tizimi , elektr energiya o'zgartkichi, mexanik uzatma, elektr motor va ishchi organdan iborat elektromexanik tizimga aytiladi.

Chindan ham hozirgi zamon energetika inqirozi sharoitida ishlab chiqarish qurilmalarining avtomatlashtirilgan elektr yuritmalarini ishga tushirish, tormozlash, tezlikni va momentni rostlash kabi an'anaviy funksiyalardan tashqari, qo'shimcha lekin hozirda eng muhim funksiya energiya tejash funksiyasi ham yuklatiladi. Buning uchun asinxron motorlarning FIK larini oshirish masalasi ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Asinxron motorlarning FIK ini oshirishning asosiy usullaridan biri, bu motorlarning umumiy konstruktiv tuzilishini o'zgartirmagan holda ularni yaratishda eng zamonaviy izolyatsion materiallardan foydalanishdir. Motor magnit tizimining konstruktiv tuzilishi magnit quvvat isroflari eng kam bo'ladigan magnit materiallardan iborat bo'lishi kerak. Yuqori sifatli podshipniklarni qo'llash motorning ishlash muddatini oshiradi.

Asinxron motorlarn loyihalash jarayonida uning asosiy tarkibiy qismlarida sodir bo'ladigan quvvat isroflarini kamaytirish uchun quyidagi murakkab va ko'pincha bir-biriga zid bo'lgan texnik yechimlarni yechish talab etiladi.

- stator chulgʻamlaridagi simlarning koʻndalang kesim yuzalarini kattalashtirish hisobiga chulgʻamlarning aktiv qarshiligini kamaytirish va natijada stator chulgʻamlaridagi aktiv quvvat isrofini kamaytirishga erishiladi. Bu usulning asosiy kamchiligi – chulgʻam simlarining hajmi oshishi natijasida motorning geometrik oʻlchamlari kattalashadi.

- stator pazlaridagi oʻramlar sonini kamaytirish natijasida stator chulgʻamlaridagi aktiv quvvat isrofini kamaytirishga erishiladi. Bu usulning kamchiligi – magnit induksiyasining yuqoriroq darajada boʻlishi va ishga tushirish tokining katta boʻlishidir. Magnit induksiyasining oshishi motor magnit tizimida quvvat isrofining oshishiga va quvvat koeffitsientining kamayishiga olib keladi. Ikkinchi tomondan asinxron motor magnit maydonining kuchlanganligi rotordagi quvvat isrofining kamayishiga olib keladi. Agar oʻramlar sonini kamaytirish sonini optimal qiymatgacha kamaytirsak, natijada motorning FIK oshishiga erishiladi.

- rotor va stator orasidagi havo oraligʻini oʻlchamini oshirish hisobiga magnit maydonining yuqori chastotali garmonik tashkil etuvchilari hosil qiladigan quvvat isroflari qiymati kamayadi. Biroq havo oraligʻining oʻlchami oshishi quvvat koeffitsientining kamayishiga sabab boʻladi.

- tarkibida kremniy koʻp boʻlgan elektrotexnik poʻlat listlardan tayyorlangan magnit oʻzaklarni qoʻllash gisterezis quvvat isroflarini kamayishiga olib keladi. Bunday poʻlatning magnit qarshiligi uglerodli poʻlatga nisbatan yuqoriroq boʻladi. Bunday texnologik yechimning kamchiligi – motor quvvat koeffitsientining biroz kamayishi.

- motorning magnit oʻzaklari uchun juda yupqa poʻlatlarni qoʻllash, uyurma toklardan hosil boʻladigan quvvat isroflarining kamayishiga olib keladi.

- rotor qisqa tutashtirilgan asinxron motorlarning rotorlari uchun mavjud boʻlgan koʻndalang kesim yuzasi katta boʻlgan sterjenlarni qoʻllash, ularning elektr oʻtkazuvchanligini oshiradi va provardida rotordagi aktiv quvvat isroflari kamayadi. Qisqa tutashtirilgan rotor qarshiligining qiymati motorni ishga tushirish toki va momentiga katta taʼsir etadi. Motor hosil qilayotgan aylantirish momenti hamda ishga tushirish kuchlanishi (ishga tushirish tokining juda katta qiymatga ega boʻlishi hisobiga) shunday qiymatgacha kamayishi mumkinki, natijada motor nominal tezligiga yeta olmay qoladi.

- rotor pazlari joylashishi nomosligini yoʻqotish qoʻshimcha quvvat isroflarini kamayishiga olib keladi. Bu nomoslik odatda baʼzi garmonikalarni yoʻqotish yoki taʼsirini kamaytirish maqsadida ataylab qilinadi. Ammo rotordagi pazlarni butunlay yoʻqotish, motor ishlayotganda hosil boʻladigan shovqin darajasining 2-3 dB gacha koʻtarilib ketishiga sabab boʻlishi mumkin.

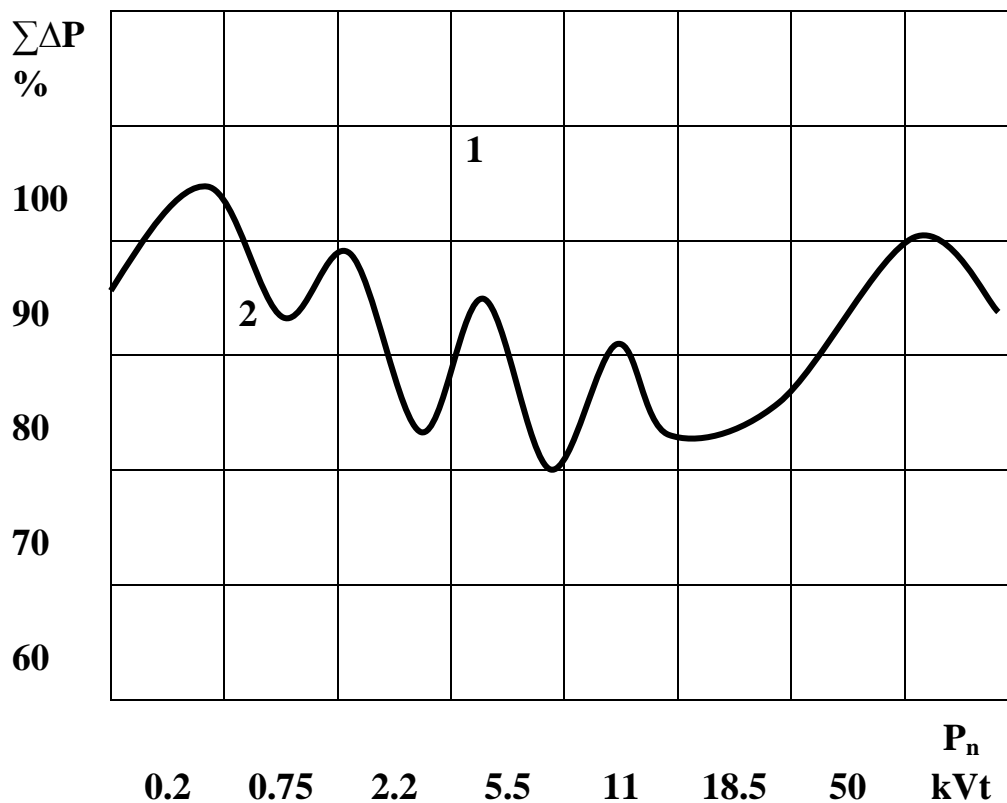
- rotor sterjenlari izolyatsiyasini yupqa po'lat plastinkalardan tayyorlanishi, rotordagi rotordagi siljish toklarining kamayishiga olib keladi va natijada rotordagi elektr energiya isrofi kamayadi. Rotor qulg'ami alyuminiy sterjenlardan iborat bo'lganda, bu sterjenlarni magnit o'zagiga o'rnatishdan avval anodlashtrilishi natijasida ularning yuzasi yupqa po'lat plastinkalar bilan qoplanadi.

Motorning nominal quvvati, kVt	Standart bo'yicha ishlab chiqarilayotgan motor		Yangi seriyada ishlab chiqarilayotgan motor	
	FIK, %	$\cos \varphi$	FIK, %	$\cos \varphi$
0,75	76	0,71	81,5	0,84
18,7	89	0,83	91,0	0,865

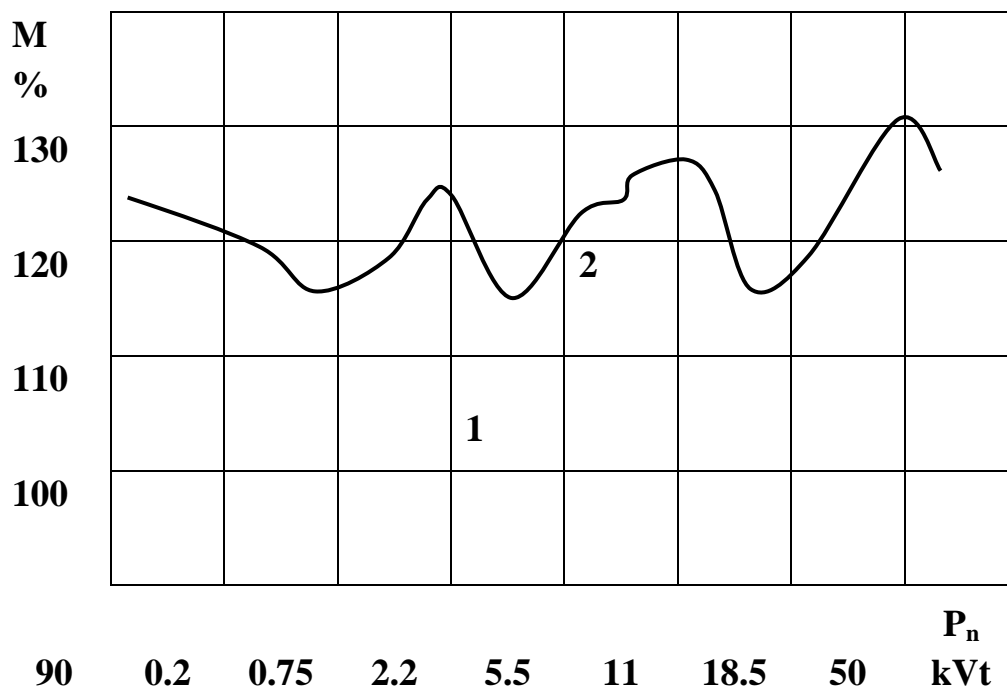
3.2.1-jadval. Standart va yangi seriya asinxron motorlar energetik ko'rsatkichlarining qiyosiy tavsiflari

№	Asosiy quvvat isroflari	Standart asinxron motor (% larda)	Yangi seriyadagi asinxron motor (% larda)
1	Stator va rotor chulg`amlaridagi aktiv quvvat isroflari	50	47
2	Magnit tizimidagi quvvat isroflari	30	25
3	Mexanik quvvat isroflari	5	5
4	Qo`shimcha quvvat isroflari	15	8
5	Umumiy quvvat isroflari	100	85

3.2.2-jadval. Standart va yangi seriya asinxron motorlardagi asosiy quvvat isroflarining qiyosiy tavsifi va taqsimlanishi.



3.2.1-rasm. Yangi seriya bo'yicha ishlab chiqarilayotgan (2) va standart (1) asinxron motorlar quvvat isroflarining qiyosiy tavsiflari.



3.2.2-rasm. Yangi seriya bo'yicha ishlab chiqarilayotgan (2) va standart (1) asinxron motorlar ishga tushirish momentlari minimal qiymatining qiyosiy tavsiflari.

Yuqoridagi tadbirlar amalga oshirilgan asinxron motorlarda FIK oshishi chulg'am qarshiliklarini va magnit tizimidagi quvvat isroflarini kamayishi hisobiga erishilgan. Stator va rotor o'zaklari yuqori sifatli po'latdan yasalgan, stator va rotor chulg'amlarida mis va alyuminiy miqdori oshirilgan, ariqchalarning o'lchamlari va stator va rotor orasidagi havo oralig'ining o'lchamlari optimal qiymatlariga keltirilgan, Bu motorlarning energetik energetik ko'rsatkichlari yuqori bo'lishi bilan bir qatorda kam qiziydi (bu esa motorning ishlash muddatini uzoqroq bo'lishiga olib keladi), ishlaganida kam shovqin chiqarib ishlaydi. Elektromashinasozlik sohasidagi yetakchi xorijiy firmalar yuqorida qayd qilingan tadbirlarni amalga oshirib ishlab chiqarayotgan asinxron motorlarning foydali ish va quvvat koeffisientlari standart asinxron motorlarnikiga nisbatan mos ravishda 7-8% va 18-21% gacha yuqoriroqdir.

### c) korxonada yangi seriyadagi elektr motorarni qo'llashning samarador ko'rsatkichlarini aniqlash

Dastlab ishlab chiqarish mexanizmlarining elektr motorlarini uch fazali rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motorlar tashkil etadi. Ularning umumiy soni 166 ta bo'lib, 2-jadvalda motorlarning pasport kattaliklari (tipi, nominal quvvati, nominal kuchlanishi, nominal aylanish chastotasi va foydali ish koeffisienti) keltirilgan.

3.2.3-jadval

No	Ishlab chiqarish mexanizmi	soni	tipi	$P_H$ kVt	$\eta_H$ %	$U_H$ kV	$n_H$ ayl/ min	$\cos \varphi$ -
1	Tola kondensori	8	AO2	7,5	88,3	380	1000	0,84
2	Buruvchi moslama	4	AO2	4	85,5	380	1000	0,82
3	Siljitivchi dastgoh	3	AO2	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	AO2	7,5	88,3	380	1000	0,84
8	Nasos qurilmalari	12	AO2	75	93,2	380	1000	0,93
9	Ochuvchi moslama	5	AO2	2,2	80,6	380	1000	0,82
10	Yuklovchi moslama	3	AO2	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	AO2	3	84,2	380	1000	0,84

16	Tarovchi dasgoh	6	AO2	3	84,2	380	1000	0,84
17	Tekislovchi dastgoh	6	AO2	7,5	88,3	380	1000	0,84
18	Separator	6	AO2	7,5	88,3	380	1000	0,84
19	So'ruvchi moslama	4	AO2	55	92,6	380	1000	0,93
20	Ventilyator	8	AO2	30	91,7	380	1500	0,89
21	Elevator	2	A2	7,5	85,8	380	1500	0,82

Tola kondensorida AO2 tipidagi elektr motordagi umumiy isroflarni aniqlaymiz. Bunda motorning texnik ko'rsatkichlari quyidagicha bo'ladi:  $P_n=7,5$  kVt,  $\cos\varphi=0,84$ ,  $k_e=0,13$ , motor bir yil ichida  $t=7500$  soatga ishlagan,  $\eta=0,883$ ;

Aktiv quvvat isrofi quyidagi miqdorni tashkil etadi.

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

Reaktiv quvvatni kamayishi:

$$Q = \frac{P}{\eta} \operatorname{tg} \varphi = 7,5(0,65/0,883) = 5,49 \kappa Bap;$$

Aktiv quvvatning umumiy qiymati:

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

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

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

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

Korxonada bunday mexanizmlar soni 8 ta ekanligini hisobga olsak ulardagi aktiv quvvat isrofi 73,6 kVt va energiya isrofi 552464 kVt 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 bilash bog'lanish imkoniyati.

Верхний колонтитул

№	Ишлаб чиқариш механизми	$\Delta P_e$ кВт	$\Delta Q$ КВар	$k_e$ -	$\Delta t$ соат	$P_D$ 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	Зичловчи 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	Ҳаракатлантурувчи 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	Юқловчи 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	Аралаштурувчи 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

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



бекзод-2014

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Calibri 11 Шрифт

Выравнивание

К57

Верхний колонтитул

№	Ишлаб чиқариш механизми	Сони	$P_{\Sigma}$ кВт	$W_0$ 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	Харакатлантирувчи 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 вентилятори	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
			<b>4684,55</b>	<b>30533370</b>

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

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

3.2.4-jadval.

№	Ishlab chiqarish mexanizmi	Soni	Tipi	$P_H$ kVt	$\eta_H$ %	$U_H$ 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	Siljitivchi 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	Ajratuvchi 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 kondensorida Germaniyaning Helmke firmasida ishlab chiqarilgan DSOR tipidagi uch fazali asinxron elektr motordagi umumiy isroflarni aniqlaymiz. Bunda motorning texnik ko‘rchatkichlari quyidagicha bo‘ladi:  $P_n=7,5$  kVt,  $\cos\varphi=0,855$ ,  $k_e=0,13$ , motor bir yil ichida  $\Delta t=7500$  soatga ishlagan,  $\eta=0,894$ ;

Актив quvvat isrofini kamayishi quyidagi miqdorni tashkil etadi.

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

Реактив quvvat istemolini kamayishi:

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

Актив quvvatning umumiy kamayishi:

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

Bu yerda  $k$ -har bir kvar reaktiv quvvatga to'g'ri keladigan aktiv quvvat isrofi, кВт/кVar.

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

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

Korxonada bunday mexanizmlar soni 8 ta ekanligini hisobga olsak ulardagi aktiv quvvat isrofi 72.41 кВт va energiya isrofi 543048 кВт soatni tashkil qiladi.

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

№	Ишлаб чиқариш механизми	$\Delta P$ кВт	$\Delta Q$ кВар	$k_{\varphi}$ -	$\Delta t$ соат	$P_{\Sigma}$ кВт	$W_e$ 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	Зиқловчи 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	Жиллаш дастгоҳи	79,79	32,77	0,13	7500	84,05	630360
7	Харакатлантрувчи 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	Юқловчи 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	Аралаштрувчи 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

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

Верхний колонтитул

№	Ишлаб чиқариш механизми	Сони	$P_{\Sigma}$ кВт	$W_{\Sigma}$ 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 қуришмалари	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	Ажрагувчи 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
			<b>4600,40</b>	<b>29948190</b>

3.2.6-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, korxonada iste‘mol qilayotgan aktiv quvvat miqdori 84.15 kVt ga hamda iste‘mol qilayotgan elektr energiya 585180 kVt soat ga kamayadi.

### 3.3. Elektr yuritmaning energiya tejamkor rejimlarining nazariy asoslari

#### a) elektr yurtmalarda energiya tejamkorligiga erishishning asosiy yo`llari

Ma'lumki, butun dunyoda ishlab chiqiladigan elektr energiyaning qariyb 60 – 70 % ini turli mexanizm va uskunalarning elektryuritmalari istye'mol qiladi. Jahonda ishlab chiqilgan elektr energiyaning deyarli 50 % ini o`zgaruvchan va o`zgarmas tok elektryuritmalari istye'mol qiladi.

Shuning uchun ham avtomatlashtirilgan elektryuritmalar vositasida energiya tejamkorlikni ta'minlash va mazkur sohada raqobatbardosh malakali kadrlarni tayyorlash muhim ahamiyat kasb etadi.

Hozirgi vaqtda avtomatlashtirilgan elektryuritma vositasida energiya tejashning quyidagi asosiy yo`llari mavjud:

1. Ishlab chiqarish mexanizmi yuklamasining real o`zgarishiga qarab motor tanlash usulini takomillashtirish yo`li bilan elektryuritmaning motori quvvatini to`g`ri tanlash, chunki motorning quvvati yuklama quvvatidan kichkina bo`lsa, motor energiyani noeffyektiv o`zgartiradi va ishlaganida o`zida va elektr uzatish liniyasida isrof bo`ladigan quvvat anchagina kattalashadi.

2. Ishlab chiqarish mexanizmlari avtomatlashtirilgan elektryuritmasi motortlarini aktiv massasi (mis va temir) ni kattalashtirish hisobiga FIK va quvvat koeffitsiyenti qiymatlari oshirilgan energiya tejaydigan elektr motorlari bilan almashtirish;

3. Tezligi rostlanmaydigan elektryuritmalardan tezligi rostlanadigan elektryuritmalarga o`tish, bunda faqat avtomatlashtirilgan elektryuritma tizimida emas, balki ishlab chiqarish mexanizmida ham resurslar (suv, issiqlik va b.) ni tejashga imkon beradi.

4. Tezligi rostlanmaydigan elektryuritmalarda yuklama o`zgaruvchan bo`lganda, shuningdek boshqariladigan avtomatlashtirilgan elektryuritmalarda texnologiya jarayoni talabiga binoan elektryuritma koordinatalarini o`zgarishidan yuzaga keladigan hollarda eng kam energiya talab qilinishini ta'minlaydigan maxsus texnikaviy yechimlarni ishlab chiqish va yaratish.

Energiya tejashning yuqorida keltirilgan yo`llaridan birini tanlash va amalga oshirish texnologik mexanizm tomonidan yuzaga keltiriladigan konkret sharoitlarga bog`liq bo`lib, ularning har biri uzining ma'lum afzalliklariga va kamchiliklariga egadir.

Energetik krizis va energiya tashuvchilar baholarining o`sib borishini e'tiborga olib, elektryuritmani boshqarish vositalarini takomillashtirish hisobiga talab qilinadigan energiyaning anchagina qismini tejashni ta'minlaydigan yo`l alohida ahamiyatga egadir. Istiqbolli yo`l bu to`rtinchi yo`l hisoblanadi, bunda avtomatlashtirilgan elektr yuritmani boshqarish algoritmini takomillashtirish hisobiga 30 – 40 % ga energiyani tejash imkonini beradi.

Shu sababli asosiy e'tibor boshqarish algoritmini tubdan takomillashtirish hisobiga va eng qulay (optimal) boshqarish hisobiga eng kam energiya talab qilinishini ta'minlaydigan avtomatlashtirilgan elektryuritmaning yangi tizimlarini ishlash hisobiga energiya tejaydigan avtomatlashtirilgan elektryuritmaning

nazariy masalalariga va hisoblash usullariga qaratilishi zarur. Ma'lumki, barcha mamlakatlarda elektr energiyaning eng yirik iste'molchisi asosan o'zgaruvchan tok elektryuritmalar, ayniqsa asinxron motorli elektryuritmalar hisoblanadi, ular butun dunyoda ishlab chiqariladigan elektr energiyaning deyarli yarmini mexanik energiyaga o'zgartiradi. Bu motorlar asosiy qismining kam yuklama bilan yoki nominaldan anchagina kichik qiymatlarda ishlashi elektryuritmalarning FIK va  $\cos \varphi$  larini sezilarli kamayishiga olib keladi. Bu hol esa dunyoda elektr va issiqlik energiyasini ortiqcha sarflanishiga anchagina ta'sir qiladi. Shuning uchun tahlil ob'yekti sifatida asosan asinxron motorli avtomatlashtirilgan elektryuritmasi olingan.

Ammo o'zgarimas tok elektryuritmalarini optimal boshqarish usullarini ham ko'rib chiqish foydadan xoli bo'lmaydi.

**O'zgaruvchan va qo'zg'atish quvvat isroflarining tengligini ta'minlovchi o'zgarimas tok elektryuritmasining sxemasi.** Motorning minimum quvvat isrofi ish rejimida ishlashi shartidan kelib chiqqan holda quyidagi tenglamani yozamiz:

$$k_{v*} / M_*^2 / \hat{O}_*^2 = (k_{Q*} + k_{P*} \omega_*^\beta) \hat{O}_*^2,$$

bu yerda quyidagi belgilashlar qabul qilingan:

$$k_{v*} = \Delta P_{vH} / \Delta P_{\Sigma H}; k_{c*} = \Delta P_{c.i.} / \Delta P_{\Sigma i}; k_{P*} = \Delta P_{P.H} / \Delta P_{\Sigma H};$$

$$k_{Q*} = \Delta P_{Q.i} / \Delta P_{\Sigma i}; k_{M*} = \Delta P_{M.H} / \Delta P_{\Sigma H}; I_{Q*} = I_Q / I_{Q.i}; I_* = I_{Ya} / I_{Ya.i}.$$

Tenglamaning chap tomoni o'zgaruvchan quvvat isroflarini o'ng tomoni esa mexanik quvvat isroflarini hisobga olinmagan o'zgarimas quvvat isroflarini bildiradi. Tenglamaning o'ng tomonidagi quvvat isroflari po'latdagi magnit isroflari va qo'zg'atish chulg'aming elektr isroflaridan iborat bo'lgani uchun qo'zg'atish quvvat isroflari  $\Delta P_{B*}$  deb ham atash mumkin. Shuning uchun ham motorning minimum quvvat isrofi shartini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\Delta P_{v*} = \Delta P_{Q*},$$

$$\Delta P_{v*} = k_{v*} M_*^2 / \Phi_*^2 = I_*^2 k_{v*};$$

$$\Delta P_{Q*} = \hat{O}_*^2 (k_{Q*} + k_{P*} \omega_*^\beta) = I_{Q*}^2 (k_{Q*} + k_{P*} \omega_*^\beta).$$

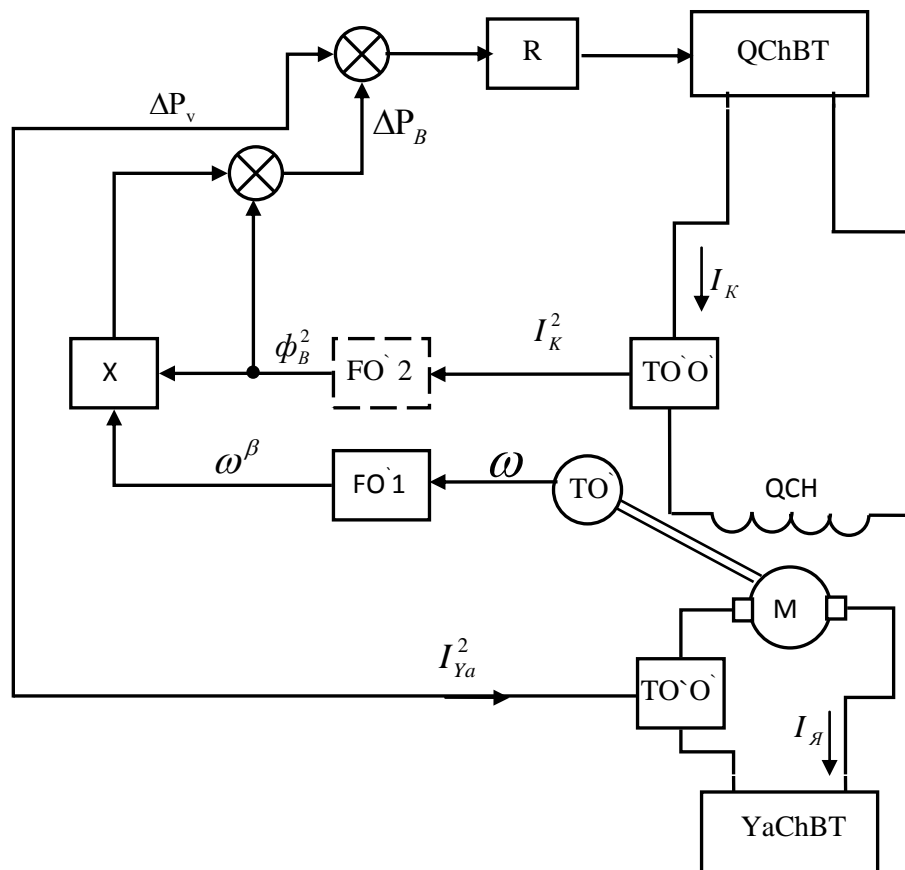
Qo'zg'atish hamda o'zgarimas quvvat isroflari tengligini ta'minlovchi elektryuritmaning sxemasi 3.3.1 – rasmda tasvirlangan.

Elektr yuritma sxemasining kuch boshqariluvchi kanalida yakor chulg'ami boshqariluvchi to'g'rilagich (YaChBT) va qo'zg'atich chulg'ami boshqariluvchi to'g'rilagichlar (QChBT) bor. Motorning yakor va qo'zg'atish chulg'amlari zanjirlarida alohida tok o'lchov o'zgartkichlari (TO`O`) ulangan. Bu tok o'lchov o'zgartkichlar zanjirdagi tokning kvadrat qiymatini o'lchaydi. Motor po'latidagi quvvat isrofini aniqlash uchun funksional o'zgartkich (FO`1)

va ko`paytirish qurilmasidan foydalanilgan. FO`1 ga signal tezlik o`zlagichi (TO`) dan olinadi. O`zgaruvchi quvvat isroflari  $\Delta P_v$  va qo`zg`atish quvvat isroflari  $\Delta P_Q$  ularning tengligini ta`minlash uchun rostlagichning (R) kirish qismida o`zaro solishtiriladi. Agar motor magnitlanish tavsifining nochiqliqligini hisobga olish zarur bo`lsa, u holda elektryuritma sxemasiga magnet oqimining qo`zg`atish tokiga bog`liqligi nochiqliqligini  $\Phi^2 = f(I_Q^2)$  ifodalovchi qo`shimcha funksional o`zgartkich (FO`2) kiritiladi.

Elektr yuritmaning optimal qo`zg`atish tokini hisoblovchi rostlash tizimi. Elektr motorning ma`lum tezlik va yuklanish bo`yicha ishlashida magnet oqimining optimal bo`lishi quyidagi tenlama orqali aniqlanadi:

$$\Phi_{opt}^2 = M_* \sqrt{\frac{k_{v*}}{k_{Q*} + k_{P*} \omega^\beta}}$$

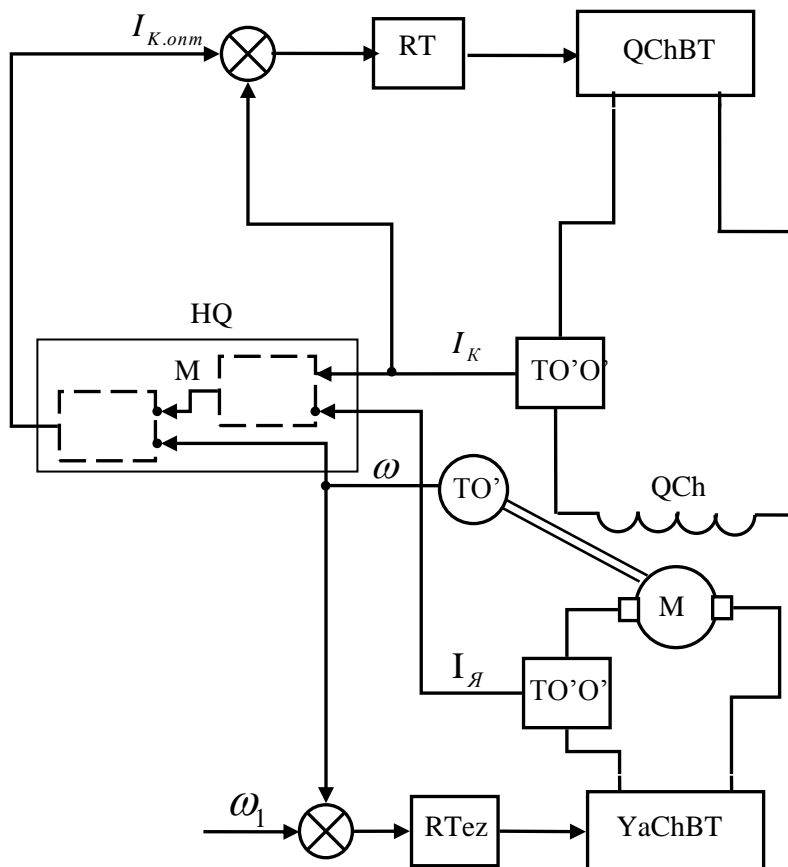


3.3.1 – rasm. Tarkibida toklarning qiymatini kvadratga o`gartiruvchi o`lchov o`zgartkichi bo`lgan o`zgarvas tok elektryuritmasining tizim sxemasi

Motor magnitlanish tavsifining chiziqli qismi uchun bu ifoda motorning ma`lum yuklanish momenti va tezligi uchun qo`zg`atish tokining  $I_{Q,opt}$  rostlanish qonuniyatini anglatadi. Bu qonuniyatni amalga oshiruvchi elektr yuritmaning sxemasi 3.3.2 – rasmda tasvirlangan.

Elektr yuritmaning yakor zanjirida motorning tezligi tezlik rostlagich (RT) yordamida amalga oshiriladi. RTEz ning kirish qismiga tezlikning berilgan

qiymati bilan ryeal qiymatlari ayirmasi beriladi. Motorning qo`zg`atish chulg`ami zanjirida esa elektr yuritmaning energyetik optimizasiyasi amalga oshiriladi. Qo`zg`atish chulg`amidagi tokning optimal qiymati tok rostlagichi (RT) yordamida amalga oshiriladi. Hisoblash qurilmasi (HQ), masalan, mikroprocessor ma'lum  $k_V, k_B, k_{CT}$  koefitsiyentlar hamda moment  $M$  va tezlik  $\omega$  qiymatlarini berilgan matematik ifodalar asosida qayta ishlab qo`zg`atish tokining  $I_{Q.o.o}$  optimal qiymatini aniqlaydi. Motorning momenti yakor toki bilan qo`zg`atish toklarining proporsional qiymatlarini o`zaro ko`paytirib aniqlanadi.



3.3.2 – rasm. Tarkibida qo`zg`atish tokining optimal qiymatini hisoblovchi qurilma bo`lgan o`zgaras tok elektr yuritmasining tizim sxemasi

Motor momentining  $M(\omega)$  o`zgarishida o`zgaras tok elektr yuritmasini minimum quvvat isrofi rejimida ishlaydigan tizimi. Agar elektr yuritma momenti tezlikka bog`liq ravishda o`zgaradigan bo`lsa, u hoda 3.2 – rasmdagi sxema soddalashtirish mumkin bo`ladi. Masalan, ventilyator elektr yuritmasi uchun momentning ifodasi quyidagi ko`rinishda bo`ladi:

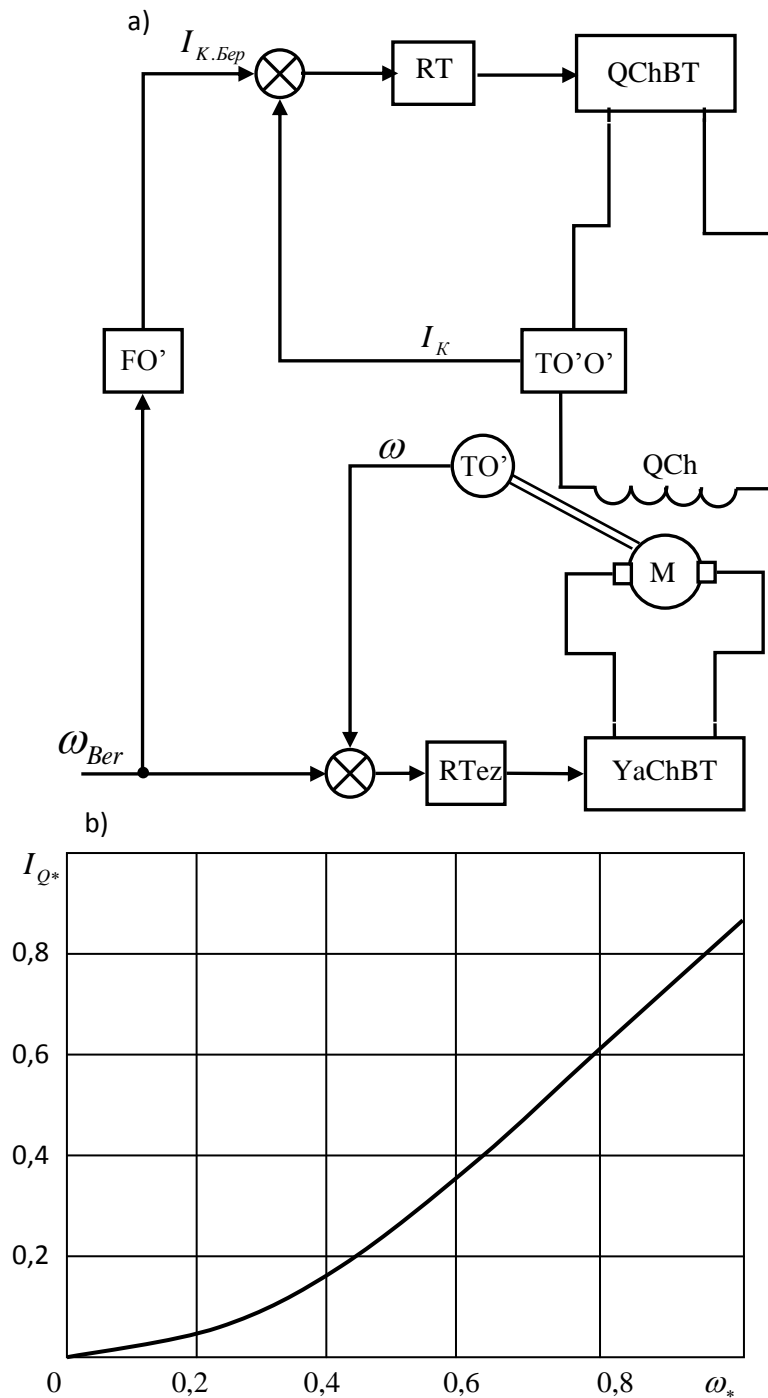
$$M \approx \omega_*^2.$$

U holda magnet oqimining optimal qiymati quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:



$$\Phi_{op*} = \omega_* \sqrt{\frac{k_{v*}}{k_{Q*} + k_{p*} \omega_*^\beta}},$$

ya'ni moment faqatgina tezlikka bog'liq bo'lib qoladi.



3.3.3 – rasm. Ventilyatorli yuklanishli mexanizmning o'zgarmas tok elektryuritmasi: a – tizim sxemasi; b – optimal qo'zg'atish tokining tezlikka bog'liqlik tavsifi

Berilgan tezlikni o'zgartirmasdan ushlab turilib, motorning minimum quvvat isrofi rejimida ishlashini amalga oshiruvchi elektr yuritma sxemasi

3.3.3,a – rasmda keltirilgan. Berilgan tezlikni o'zgartirmasdan ushlab turish, yakor zanjiri kuchlanishini tezlik rostlagichi (RTyez) orqali rostlash hisobiga amalga oshiriladi.

Funksional o'zgartirishning (FO') vazifasi berilgan tezlikka mos ravishda qo'zg'atish tokining optimal qiymatini aniqlashdir. Motor magnitlanish tavsifining to'g'ri chiziqli qismi uchun  $I_{Q,opt*} = \Phi_{opt*}$  bo'ladi. Motor magnitlanish tavsifining noxiziqli qismi uchun esa qo'zg'atish tokining qiymatiga funksional o'zgartirish tomonidan tuzatish kiritish kerak bo'ladi. Ventilyatorli mexanik tavsifli elektryuritma uchun motor qo'zg'atish toki optimal qiymatining  $I_{Q,opt}(\omega)$  o'zgarishi tavsifi 3.3.3, b – rasmda keltirilgan.

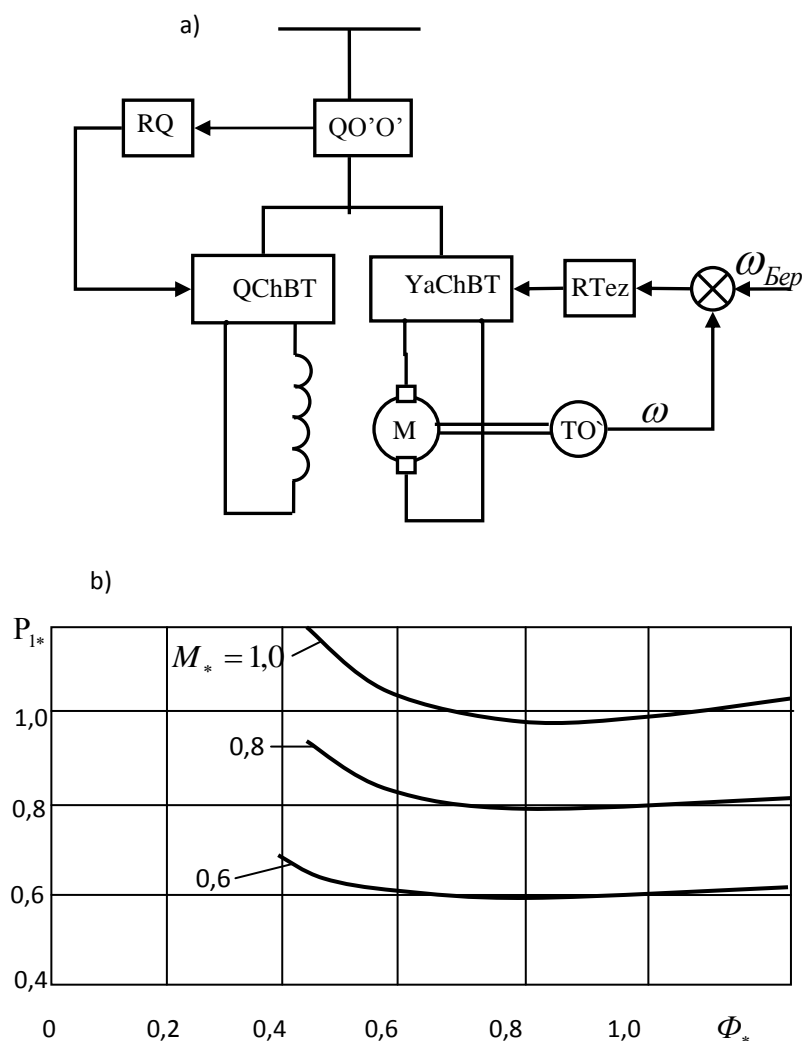
Bu kamchiliklardan xoli bo'lgan elektr yuritmaning izlanuvchi avtomatik boshqarish tizimi sxemasi 3.3.4,a – rasmda tasvirlangan. Motorning yakor va qo'zg'atish chulg'amlari istye'mol qilayotgan to'liq aktiv quvvatni o'lchaydigan quvvat o'lchov o'zgartirishi (QO'O') va uning qiymati quyidagiga tengdir:

$$P_1 = P + \Delta P_{\Sigma} = M\omega + \Delta P_{\Sigma} .$$

Agar  $M_c = const$  va  $\omega = const$  bo'lsa, u holda  $P_1$  ning qiymati faqat magnit oqimiga bog'liq bo'lib qoladi va uning minimum qiymatda bo'lishi quvvat isrofining minimum bo'lishi bilan belgilanadi. II71 rusumli o'zgarmas motor istye'mol qilayotgan aktiv quvvatning magnit oqimiga bog'liq o'zgarishi  $P_{1*}(\Phi_*)$  tavsifi 3.4,b – rasmda tasvirlangan.

Ma'lumki, har qanday uzluksiz funksiyaning differensial ekstremal qiymatida o'z ishorasini o'zgartiradi. Qo'zg'atish chulg'amidagi rostlagich, quvvatning vaqt bo'yicha differensialini nol darajada ushlab turishi hisobiga, istye'mol qilinayotgan quvvat qiymatning minimum qiymatini izlaydi.

Bunday rostlash tizimining afzalligi shundaki, izlanayotgan quvvat istye'molining minimal qiymatini o'rnatish elektryuritmaning ko'rsatkichlari va ishlash sharoitlariga bog'liq emasligidadir, ammo aniqlik darajasi yuqori emas, chunki quvvat tavsifining minimal qiymati juda aniq ko'rinishga ega emas (3.3.4,b – rasmda qarang). Bundan tashqari, ishlashi davomida moment yoki tezligining doimiy o'zgarib turishi kuzatiladigan elektryuritmalar uchun bunday izlanuvchi rostlash tizimlarini qo'llab bo'lmaydi.



3.3.4 – rasm. O`zgarmas tok elektryuritmasining minimum quvvat isrofi rejimini ta'minlovchi izlanuvchi tizimi: a – tizim sxemasi; b – istye'mol qilinayotgan quvvatning magnit oqimiga bog`liqlik tavsifi

### b) asinxron motorlar energiya tejamkor rejimlarining matematik ifodalari va ularni hisoblash usullari

Eng umumiy hol bo`lgan chastotani o`zgartirib tezligi boshqariladigan asinxron motorli avtomatlashtirilgan elektryuritmani boshqarishning ma'lum chastotada amalga oshiriladigan boshqa usullari chastota bilan boshqarishning xususiy holi hisoblanadi.

Chastotani o'zgartirib tezligi rostlanadigan avtomatlashtirilgan elektryuritma tizimlarida asinxron motorning eng kam quvvat isrofi bilan ishlashi tahlili va hisoblash usulini bayon qilamiz [9, 10].

Chastotani o`zgartirib tezligi rostlanadigan elektryuritmalarning ishchi va rostlash tavsiflarini hisoblash va rostlash tavsiflarini tahlil qilish uchun magnit oqimi orkali ifoda qilinadigan analitik munosabatlarni keltiramiz va elektr motorlarda magnit quvvat isrofi eng kichkina bo`ladigan magnit oqimining optimal qiymatini aniqlash uchun bog`liqligini

aniqlaymiz. «T» simon ekvivalent elektr sxemasi va vektor diagrammasi uchun olingan analitik munosabatlarni soddalashtirish uchun faqat  $k = 1$  garmonikasi uchun keltiramiz. Asinxron motorning magnit oqimi nisbiy qiymatini

$$\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_N},$$

chastota va momentning nisbiy qiymatlarini esa

$$F = \frac{f}{f_N}, \mu = \frac{M}{M_N}$$

bilan belgilaymiz.

Rotorning keltirilgan toki:

$$I_{RF\varphi} = \sqrt{\frac{P_{E\check{E}.N}}{m_1 r_R}} \beta \varphi, \quad (3.3.1)$$

bu yerda  $P_{EM.N}$  – nominal elektromagnit quvvat,  $m_1$  – stator fazalarining soni;

$$\beta \varphi = d\varphi^2 - \sqrt{(a\varphi^2)^2 - c}$$

$$s = \frac{r_R^2}{x_R^2}, \text{ absolyut sirpanish;}$$

$$a = \frac{m_1 E_{SN} r_R}{2 P_{E\check{E}.N} \sigma_R^2};$$

$E_{SN}$  – stator EYuK ning nominal qiymati.

$$I_{OF,\varphi} = \frac{E_{ON} F \varphi}{\sqrt{r_{O1}^2 + x_{O1}^2 \gamma}}. \quad (3.3.2)$$

Magnitlovchi tok

Magnitlovchi konturning aktiv va induktiv qarshiliklari (3.3.2) tenglamadan aniqlanadi:

$$r_{OF,\varphi} = \frac{r_\mu F - \sqrt{(r_\eta F - 4x_{OF,\varphi})^2}}{2}$$

$$\text{bundan} \quad x_{OF,\varphi} = F \sqrt{\frac{E_{SN}^2 \varphi^2}{I_{O\varphi}^2} - \left( \frac{\Delta P_{P.N} \varphi^2}{m_1 I_{OF}^2} \right)}$$

$\Delta P_{PN}$  – motor po`latidagi nominal isroflar

$I_{OF} - F = 1$  bo`lganda (magnitlanish tavsifidan aniqlanadi),

$K = 1,315$  – asinxron motor magnit tizimi po`lati markasiga bog`liq koeffisient.

$$\text{Stator toki} \quad I_{SF.\varphi} = E_{SN.\varphi} \sqrt{\frac{(x_{OF.\varphi} + x_R F)^2 + (r_{OF.\varphi} + \frac{r_R F}{\beta\gamma})^2}{(r_{OF.\varphi} + x_{OF.\varphi}^2)(\frac{r_R^2}{\beta^2\varphi} + x_R^2)}}, \quad (3.3.3)$$

$$\text{Sirpanishi} \quad s_{F.\varphi} = \frac{\beta\varphi}{F}. \quad (3.3.4)$$

Elektromagnit isroflar:

$$\Delta P_{SE.F.\varphi} = m_1 r_S E_{SN.\varphi}^2 \frac{(x_{OF.\varphi} + x_{\mu F})^2 + \left(r_{OF.\varphi} + \frac{r_R F}{\beta\varphi}\right)^2}{(r_{OF.\varphi}^2 + x_{OF.\varphi}^2) \left(\frac{r_R^2}{\beta^2\varphi} + x_R^2\right)} + \Delta P_{EE.N} \beta_\gamma + \Delta P_{P.N} \varphi^2 F^K. \quad (3.3.5)$$

Umumiy isroflar:

$$\sum \Delta P_{F.\varphi} = E_{SN.\varphi}^2 \left( m_1 r_S + \frac{\Delta P_{Qo'sh.N}}{I_{S.N}^2} \right) \frac{(x_{OF.\varphi} + x_R F)^2 + \left(r_{OF.\varphi} + \frac{r_R F}{\beta\varphi}\right)^2}{(r_{OF.\varphi}^2 + x_{OF.\varphi}^2) \left(\frac{r_R^2}{\beta^2\varphi} + x_R^2\right)} + \Delta P_{EE.N} \beta_\gamma + \quad (3.3.6)$$

$$\Delta P_{P.N} \varphi^2 F^K + M_N \omega_N (F - \beta_\gamma),$$

bu yerda  $I_{CN}, \omega_N, M_N, \Delta P_{Qo'sh.N}$  – stator toki, tezlik, mexanik moment va qo`shimcha isroflarning nominal qiymatlari.

Foydali quvvat:

$$P_{FoyF.\varphi} = M_N \omega_{ON} (F - \beta_\gamma), \quad (3.3.7)$$

bu yerda  $M_N$  – motor validagi nominal moment.

Talab qilinadigan quvvat

$$P_{NF.\varphi} = E_{ON}^2 \left( m_1 r_S + \frac{\Delta P_{Qo'sh.N}}{I_{SM}^2} \right) \varphi^2 \frac{(x_{OF.\varphi} + x_{\mu F})^2 + \left(r_{OF.\varphi} + \frac{r_R F}{\beta\varphi}\right)^2}{(r_{OF.\varphi}^2 + x_{OF.\varphi}^2) \left(\frac{r_R^2}{\beta^2\varphi} + x_R^2\right)} + \Delta P_{EE.N} F + \Delta P_{P.N} \varphi^2 F^K. \quad (3.3.8)$$

FIK va quvvat koeffitsiyentining motorning ko`rsatkichlari orqali ifodasi:

$$\eta_{F.\varphi} = \frac{P_{FoyF.\varphi}}{P_{NF.\varphi}} = \frac{M_N \omega_{ON} (F - \beta_\gamma) (x_{OF.\varphi} + x_R F)^2 + (r_{OF.\varphi} + \frac{r_R F}{\beta\varphi})^2}{\Delta P_{EE.N} F + \Delta P_{P.N} \varphi^2 F^2 + E_{SN}^2 \varphi^2 (m_1 r_S + \frac{\Delta P_{Qo'sh.N}}{I_{Si}^2}) (r_{OF.\varphi}^2 + x_{OF.\varphi}^2) (\frac{r_R F}{\beta\varphi} + x_R^2)} \quad (3.3.9)$$

$$\cos \varphi_{F,\varphi} = \frac{P_{NF,\varphi}}{m_1 U I_{SF,\varphi}} = \left[ \frac{E_{SN\varphi} (m_1 r_S + \frac{\Delta P_{E.N}}{I_{SN}^2}) (\check{\sigma}_{OF,\varphi} + x_{RF})^2 + (r_{OF,\varphi} + \frac{r_{RF}}{\beta\varphi})^2}{m_1 U (r_{OF,\varphi} + x_{OF,\varphi}^2) (\frac{r_R^2}{\beta\varphi} + x_R^2)} + \frac{\Delta P_{EM.N} F + \Delta P_{P.N} \varphi^2 F^K}{m_1 U E_{SN,\varphi}} \right] \check{\sigma} \quad (3.3.10)$$

$$\check{\sigma} \sqrt{\frac{(r_{OF,\varphi}^2 + x_{OF,\varphi}^2) (\frac{r_R^2}{\beta\varphi} + x_R^2)}{(x_{OF,\varphi} + x_R F)^2 + (r_{OF,\varphi} + \frac{r_R F}{\beta\varphi})^2}}$$

Energetik ko`rsatkich

$$\eta_{F,\varphi} \cos \varphi_{F,\varphi} = \frac{P_{NF,\varphi}}{m_1 U I_{SF,\varphi}} = \frac{M_N \omega_{ON} (F - \beta\varphi)}{m_1 U E_{SN\varphi}} x \sqrt{\frac{(r_{OF,\varphi}^2 + x_{OF,\varphi}^2) (\frac{r_R^2}{\beta\varphi} + x_R^2)}{(x_{OF,\varphi} + x_{RF}) + (r_{OF,\varphi} + \frac{r_p^1 F}{\beta\varphi})^2}}. \quad (3.3.11)$$

F va  $\varphi$  larning aniqlangan qiymatlariga mos keladigan U kuchlanishini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$U = \sqrt{2x_S^2 F^2 I_{SF,\varphi}^2 - A_{F,\varphi} + (2x_S^2 F I_{SF,\varphi}^2 - A_{F,\varphi})^2 - A_{F,\varphi}^2 - \frac{4}{m_1^2} x_S^2 F^2 P_{NF,\varphi}^2}, \quad (3.3.12)$$

$$\text{bu yerda } A_{F,\varphi} = I_{SF,\varphi}^2 (x_S^2 F^2 + r_S^2) - E_{SN}^2 F^2 \varphi^2 - \frac{2}{m} r_S P_{NF,\varphi}.$$

Turli chastotalar F uchun oqimning optimal qiymati  $\varphi_{opt}$  ni yetarli darajada aniqlikda (xatolik 2% dan katta emas) xisoblashsiz analitik usulda,  $\Delta P_{EMF,\varphi} = \psi(\varphi)$  funksiyasini tadqiq qilmasdan aniqlash mumkin.

Bunda asinxron motorning statori tokining kvadrati rotorning keltirilgan toki va magnitlovchi tokning kvadratlari yigindisiga teng deb olamiz.

$$I_{SF,\varphi}^2 = I_{R\varphi}^2 + I_{O\varphi}^2 \quad (3.3.13)$$

Rotorning keltirilgan toki esa oqimga teskari mutanosibdir:

$$I_{R\varphi} = \frac{\Delta P_{E\dot{E}.N}}{m_1 E_{SN}\varphi}, \quad (3.3.14)$$

Magnitlovchi tokning kvadratini oqim orqali ifodalash uchun [3.3.3] da berilgan formuladan foydalanamiz:

$$I_{O\varphi}^2 = I_{ON}^2 \frac{\gamma^2}{K_M - (K_M - 1)^2 \varphi}, \quad (3.3.15)$$

bu yerda  $K_M$  egri chiziq  $I_{OX}^2$  ning do`ng qismi aniqroq bo`lishini tanlash koefitsiyenti.

Yuqorida keltirilgan dastlabki hollar asosida elektromagnit isrofning tahminiy ifodasini olamiz:

$$\Delta P_{EM,\varphi} = \frac{B}{\varphi^2} + C \frac{\gamma^2}{K_M(K_M - 1)\varphi^2} + D\varphi^2 F^2, \quad (3.3.16)$$

bu yerda  $B = (r_S + r_R)\Delta P_{EE.N} / m_1 E_{SN}^2$  ;  $C = 3r_S^2 I_{OH}^2$  ;  $D = \Delta P_{PN}$ .

(3.3.15) ifodadan oqim bo'yicha otrtirma olib va uni nolga tenglashtirib, ba'zi o'zgartirishlar kiritib:

$$\varphi^2 + \varepsilon\varphi^2 + c_\varphi\varphi^2 + d_F\varphi^2 + e_\varphi = 0, \quad (3.3.17)$$

bu yerda

$$\varepsilon = \frac{2K}{1 - K_\mu}; c_F = \frac{cr_\mu + DF^k K_\mu^2 - B(K_\mu - 1)}{DF^k (K_\mu - 1)^2};$$

$$d_F = \frac{2BK_\mu}{DF^k (K_\mu - 1)}; e_F = \frac{B}{DF^k} \left( \frac{K_\mu^2}{K_\mu - 1} \right);$$

(3.3.17) tenglamani yechib, optimal oqimning umumiy holda analitik ifodasini olamiz, bunda chastota bilan tezligi boshqariladigan tizimlarda asinxron motorda isrof bo'ladigan quvvat eng kichkina, FIK esa eng yuqori bo'ladi:

$$\varphi_{IPT} = \sqrt{\frac{\hat{a} + \hat{R}}{4} + \sqrt{\left(\frac{\hat{a} + \hat{R}}{4}\right)^2 - \hat{O} \frac{\hat{a}\varphi - dF}{A}}}, \quad (3.3.18)$$

bunda

$$A = \sqrt{8\varphi + \varepsilon^2 - 4c_F}; \varphi = \sqrt[3]{-q + \sqrt{q^2 - p^2}} + \sqrt[3]{-q - \sqrt{q^2 + p^2}} + \frac{c_F}{6},$$

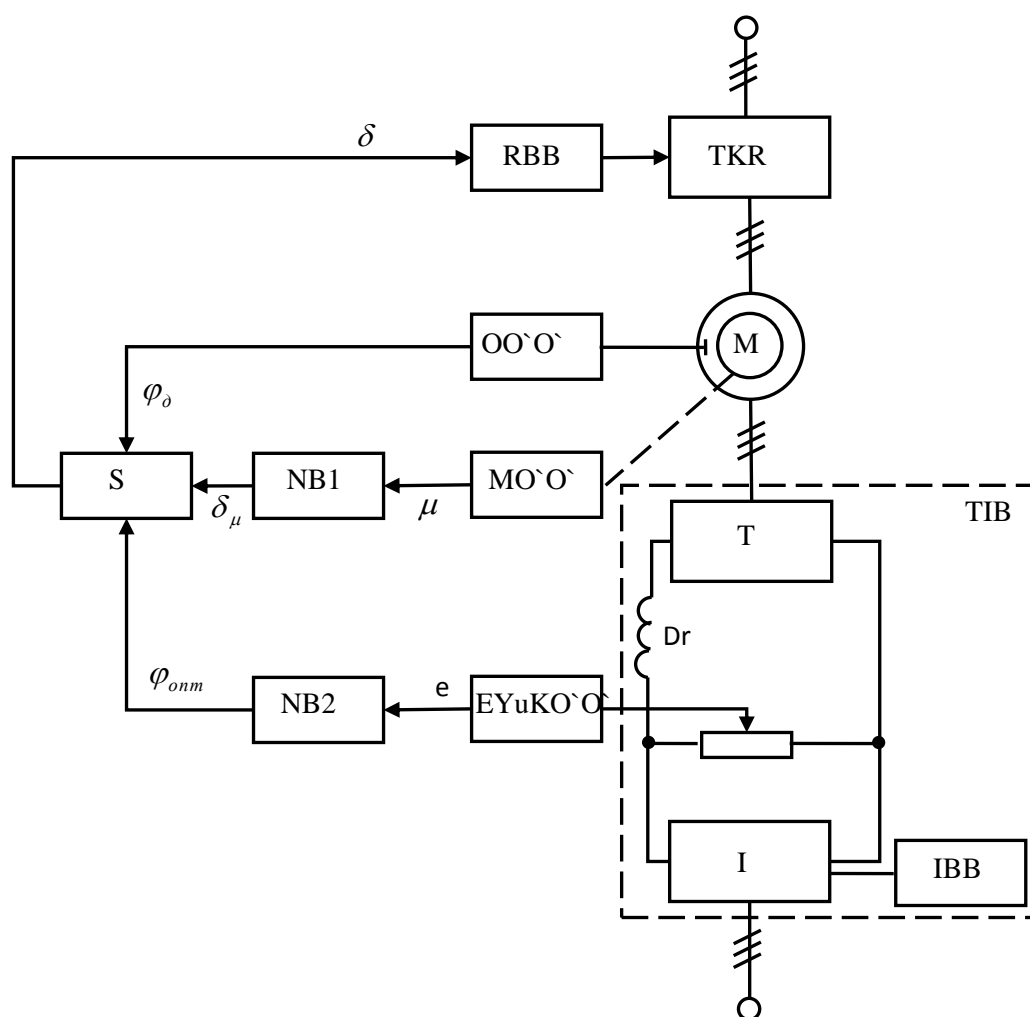
$$\text{bu yerda } q = -\left(\frac{c_F}{6}\right)^3 + \frac{c_F(4d_F - \varepsilon^2) - d_F^2}{16}, p = -\left(\frac{c_F}{6}\right)^2;$$

olingan qiymatlarini (3.3.1) (3.3.12) ifodalarga qo'yib optimal rejimda bizni qiziqtirgan kattaliklarning va ko'rsatkichlarning qiymatlarini olish mumkin, bunda elektromagnit isrofi eng kichkina (minimal) bo'ladi.

### 3.4. Energiya tejaydigan asinxron-ventilli kaskad

Yaxshi energetik ko'rsatkichlarga ega bo'lgan, energiya tejaydigan asinxron-ventilli kaskaddan sanoat qurilmalarining, masalan; nasoslar, kompressorlar va ko'tarma-transport mexanizmlarining elektryuritmalarida foydalanish mumkin.

3.4.1 – rasmda yaxshilangan energetik ko'rsatkichlarga ega bo'lgan asinxron-ventilli kaskadning funksional sxemasi; 3.4.2 – rasmda esa nochiziqli bloklar bilan amalga oshiriladigan bog'lanishlar keltirilgan.



3.4.1 – rasm. Energetik ko`rsatkichlari yaxshilangan energiya tejamkor asinxron-ventilli kaskad

Asinxron-ventilli kaskad stator chulg`ami rostdashni boshqarish bloki (RBB) bilan boshqariladigan kuchlanishining tiristorli rostlagichi TKR ga ulangan faza-rotorli asinxron motor, uning rotor chulg`ami o`zaro ketma-ket ulangan boshqarilmaydigan ko`prikli to`g`rilagich T dan iborat to`g`rilagichi-invyentor bloki TIB ning kirishi ulangan, drossel DR va inverter I va uning boshqarish bloklari (IBB) ga ega.

Invertorlarning chiqishlarini tarmoq kuchlanishiga ulash uchun qisqichlariga ega. Asinxron-ventilli kaskadga moment o`lchov o`zgartgichi (MO`O`)idan olingay signal birinchi nohiziqli blok (NB1)ga yudoriladi va bu blokda  $\delta_\mu = de^{\mu} + g$  ko`rinishidagi funktsiyani eychiladi; teskari EYuK o`lchov o`zgartgichi (EYuKO`O`)idan olingan signak ikkinchi nohiziqli blok (NB2)ga yuboriladi va bu blokda  $\varphi_{opt} = a\varepsilon^b + c$  funktsiy yechiladi; magnet oqimi o`lchov o`zgartgichi (OO`O`), NB1 va NB2 larning chiqishlaridagi signallar summator (S)ning kirishiga uatiladi. MO`O` va OO`O` asinxron

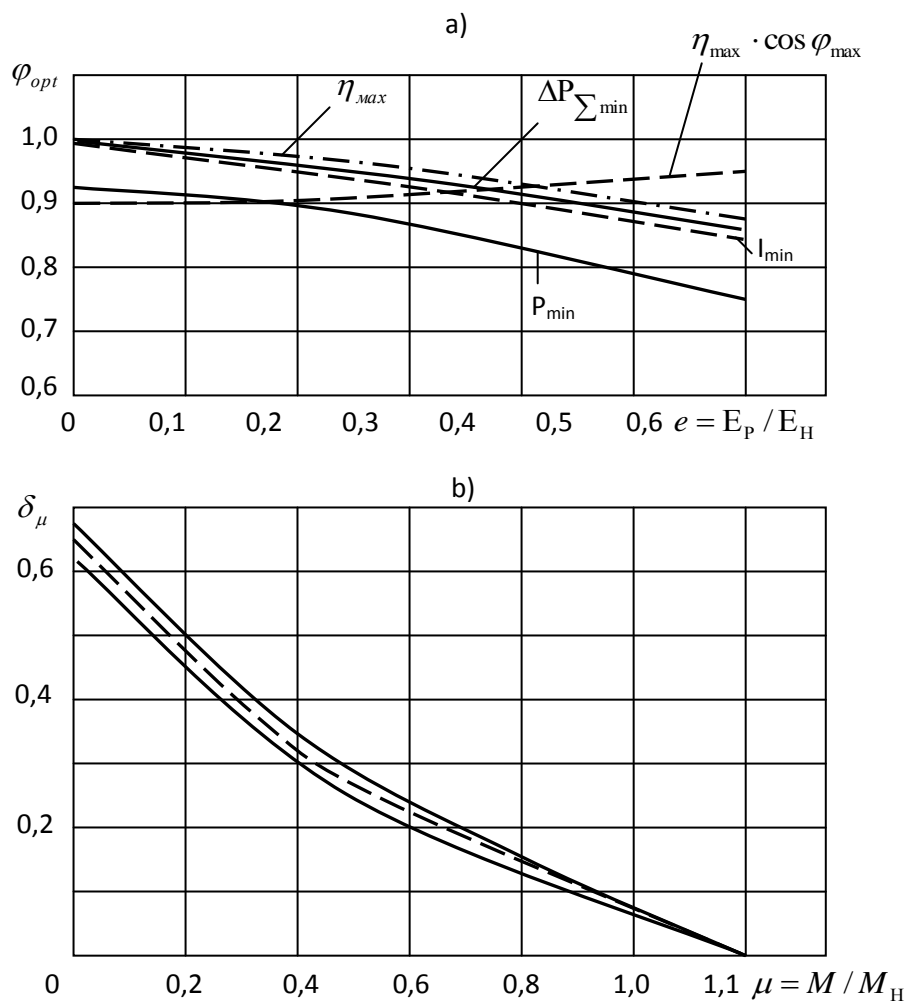


motor (M) bilan mexanik bogʻlangan, EYuKOʻOʻ invertor (I) ning kirishiga parallel ulangan. Summator (S) ning chiqishi RBBning kirishiga, uning chiqishi esa TKRning kirishiga ulangan.

Asinxron-ventilli kaskad quyidagicha ishlaydi: RBBdan boshqarish signali TKRga berilganida uning chiqishida hosil boʻlgan kuchlanish asinxron motorning stator chulgʻamiga beriladi. Motorning aylanish chastotasini rostlash rotor chulgʻamiga invertorning teskari EYuK ni, IBB signali boʻyicha kiritish bilan amalga oshiriladi. EYuKOʻOʻ dan olinadigan invertorning teskari EYuK signali  $\varepsilon$  NB2 ga keladi, unda optimal oqim signali  $\varphi_{opt}$  shakllanadi. Optimal oqim signali M ning validagi nominal yuklamaga mos boʻladi. MOʻOʻ va asinxron motor yuklama momenti mos  $\mu$  signali olinadi va NB1 ga keladi, bu yerda momentga tuzatish signali  $\delta_\mu$  shakllanadi. Summator S da  $\varphi_{opt}$  va MOʻOʻ hamda asinxron motorning stator va rotor poʻlatlari oraligʻidagi magnet oqimi  $\varphi_\delta$  signallar solishtiriladi. Summatorning chiqishida  $\delta = \varphi_{onm} + \delta_\mu + \varphi_\delta$  signali yuzaga keladi. Bu signal tiristorli rostlagichning RBB ga taʼsir qiladi. TKR chiqishida kuchlanish signali  $\delta$  nolga ( $\delta = 0$ ) teng boʻlmaguncha oʻzgarib turadi, bu esa real yuklamani eʼtiborga olgan holda, yaʼni  $\varphi_0 = \varphi_{onm} + \delta_\mu$  oqimning optimal qiymatiga toʻgʻri keladi. Elektryuritmada NB2 yordamida boshqarishning turli qonunlarini, masalan; stator tokining minimumi boʻyicha  $I_{min}$  (3.4.2,a – rasm), yigʻindi quvvat isrofining minimumi  $\Delta P_{\sum min}$  boʻyicha talab qilinadigan quvvatning minimumi  $P_{1min}$  boʻyicha, FIK ning maksimumi boʻyicha va energetik koʻrsatkichning maksimumi  $\eta_{max} \cdot \cos \varphi_{max}$  boʻyicha boshqarish qonunlarini olish mumkin. Umumiy holda, NB2 da invertorning qoʻshimcha teskari EYuK ning nisbiy qiymati  $e$  va motorning optimal oqimi  $\varphi_{opt}$  ning nisbiy qiymati orasida oʻzaro bogʻlanishlar yigʻiladi.

Bunda  $\varphi_{opt} = a\varepsilon^b + c$  koʻrinishida boʻladi, bu yerda a,b,c – oʻzgarmas kattaliklar;  $e = E_p / E_H$  – nisbiy EYuK,  $E_n$  – invertorning teskari EYuK,  $E_r$  – rotor tormozlangan motorning EYuK.

Shunga oʻxshash koʻrsatilgan qonunlar boʻyicha NB1 yordamida momentga tuzatish  $\delta_\mu$  ning nisbiy qiymati (3.4.2,b – rasm) orasida oʻzaro bogʻlanishni taʼminlash mumkin.



3.4.2 – rasm. Asinxron-ventilli kaskad tizimidagi asinxron motor  $\varphi_{opt}$  ning  $e$  ga (a) va  $\delta_{\mu}$  ning  $\mu$  ga bog`liqlik tavsiflari (b)

Bu  $\delta_{\mu} = de^{t\mu} + g$  tenglamasi ko`rinishida ko`rsatilishi mumkin, bu yerda  $d, t, g$  – o`zgarmas kattaliklar.

### 3.5. Faza rotorli asinxron motorlarni sinxron ish rejimiga o`tkazib quvvat koefitsientini oshirish

Sanoat korxonalarida katta quvvatli faza rotorli asinxron motorlar asosan kompressor va nasoslarning elektr yuritmalari keng qo`llaniladi. Bu asinxron motorlarning energetik ko`rsatkichlarini yaxshilash va ular iste`mol qilayotgan reaktiv energiyani kompensatsiya qilish elektr energiyani iqtisod qilishning asosiy masalalaridan biridir.

Asinxron motorlar iste`mol qilayotgan reaktiv energiya miqdorini kamaytirishning amalda ikki usuli qo`llaniladi: individual har bir asinxron motorning tarmoqqa ulangan joyida reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish va energetik va texnik-iqtisodiy ko`rsatkichlari yuqori bo`lgan yangi rusumdagi

motorlarni qo'llash. Birinchi usul bilan reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish, tarmoq elementlarini reaktiv quvvatdan halos etish nuqtai nazaridan qaraganda ancha samarali usul bo'lib, ammo 1000 V gacha kuchlanishli tarmoqlarda qo'llaniladigan kompensasion qurilmalarning narxi yuqori bo'lgani sababli ko'pincha iqtisodiy jihatdan bu usul o'zini oqlamaydi. Ikkinchi usul, zamonaviy asinxron motorlarni yaratish va joriy qilish bilan bog'liq bo'lgani uchun ham eng istiqbolli usuldir.

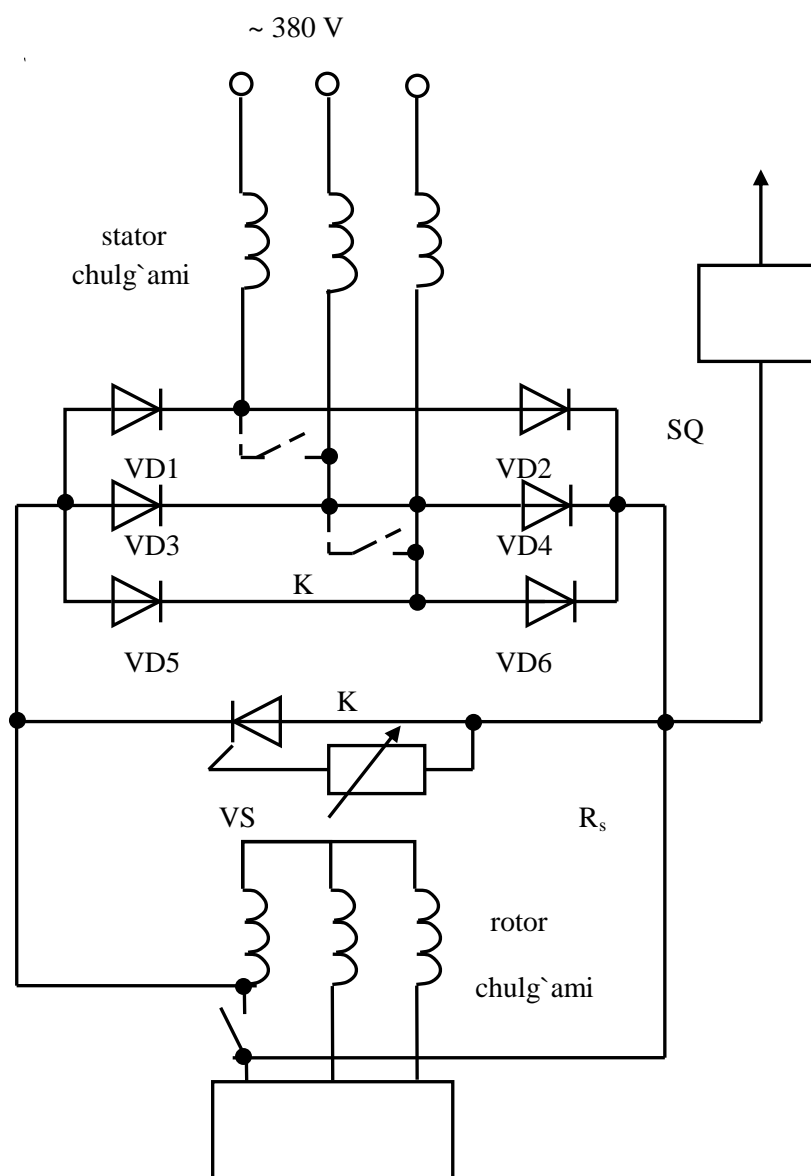
Faza rotorli asinxron motorlarning reaktiv quvvati iste'molini kamaytirishning, ya'ni ularning quvvat koeffisientini oshirishning usullaridan biri ularni sinxronlashtirishdir. Yarim o'tkazgichli qurilmalari mavjud bo'lgan asinxron elektr yuritmalarda asinxron motorlarni sinxronlashtirish maqsadga muvofiqdir. Masalan, asinxron ventilli kaskad sxemalarida motorni sinxronlashtirish imkoniyati rotor zanjiridagi o'zgarmas tok manbai mavjudligi sababli o'z-o'zidan kelib chiqadi.

Quyida ketma-ket qo'zg'aluvchan sinxronlashtirilgan asinxron motorning qo'llanilishi bo'yicha texnik-iqtisodiy imkoniyatlarini ko'rib chiqamiz. Sinxronlashtirilgan asinxron motorning prinsipial elektr sxemasi 3.5.1 – rasmda keltirilgan va quyidagi belgilashlar qo'llanilgan: SQ - sinxronlash qurilmasi; IQ - ishga tushirish qurilmasi; S va R – motorning stator va rotor chulg'amlari. Asinxron motorni sinxronlashtirish stator va rotor chulg'amlarining VD1 – VD6 uch fazali ko'prik sxemali to'g'irlagich orqali elektrik bog'lanishi yordamida amalga oshiriladi. Bu elektrik bog'lanish qo'zg'atish tokining qiymatini motorning real yuklanishiga qarab avtomatik boshqarish imkonini beradi. Bu holda stator chulg'amining to'g'irlangan ishchi toki qo'zg'atish toki vazifasini o'taydi.

Motorni ishga tushirish odatdagidek rotor zanjiridagi kommutatsiya apparati K ning yopiq holatida amalga oshiriladi. Katta quvvatli motorlarni ishga tushirishda K kontaktlar (3.5.1 – rasmda punktir chiziqlar bilan ko'rsatilgan) ventillarni ishdan chiqishidan saqlash maqsadida to'g'irlagichni shuntlaydi. Kontakt K yopiq bo'lganida motor asinxron motor rejimida ishlaydi. Bu holda uch fazali ko'prik sxema qisqa tutashuv rejimida ishlagani sababli stator chulg'amidan stator chulg'amlarini «yulduzcha» ulanishidagi tok o'tadi. Kontakt K ochiq holatda bo'lganida rotor chulg'amidan to'g'irlangan stator toki o'tadi va motor sinxron motor rejimida ishlaydi. To'g'irlagichning kirish qismiga katta qiymatli stator chulg'amining induktiv qarshiligi ulangan bo'lgani uchun, rotorning aktiv qarshiligi juda kichik ekanligi hisobiga, motorning sinxron rejimida uchtadan ventillardan iborat ventilli guruhlarini navbat bilan ishlaydi (kommutatsiya burchagi  $\gamma = \pi/3$ ) va ventillardan o'tayotgan toklarning o'tish vaqti roppa-rosa 180 el.grad.ni tashkil etadi. Shunday qilib,

rotor chulgʻamining stator chulgʻamiga toʻgʻirlagich orqali ketma-ket ulanganligi sababli stator chulgʻami fazalaridan toklarning oʻtish vaqtiga deyarli taʻsir qilmaydi. Motorning sinxronlashtirilishi motorning quvvati va yuklanishning tavsifiga qarab sinxronlashtirish qurilmasi (SQ) orqali yoki usiz amalga oshiriladi.

Yuklanish nominal qiymatiga yetganida yoki motor sinxronizmdan chiqib ketganida rotor chulgʻamiida EYuK qiymati oshib ketadi, natijada tiristor  $V_S$  bir paytda toʻgʻirlagichni hamda rotor chulgʻamini shuntlaydi va natijada motor avtomatik ravishda asinxron motor ish rejimiga oʻtib ishlay boshlaydi. Motorning optimal koʻrsatkichlarida maksimal momentning nominal momentga nisbatini 2 – 2,5 gacha yetkazish mumkin. Odatda, quvvati 30 kVt va undan katta quvvatli deyarli barcha faza rotorli asinxron motorlar bunday koʻrsatkichlarga egadir.



3.5.1 – rasm. Faza rotorli asinxron motorni sinxron ish rejimiga oʻtkazib ishlatishning prinsipial elektr sxemasi

Tavsiflar tahlilini umumlashtiradigan bo'lsak, faza rotorli asinxron motorlarni sinxron rejimga o'tkazish, ularning energetik ko'rsatkichlarini sezilarli darajada oshishini ta'minlaydi, masalan quvvati 80 kVt gacha bo'lgan asinxron motorlarning FIK 2,5% gacha va undan katta quvvatlilarniki esa 1,5% gacha oshadi; o'rta hisobda quvvat koeffisienti 30% gacha ko'tariladi va yuklanish nominalga teng bo'lganida esa xatto 1,0 gacha ko'tarilishi mumkin.

Shunday qilib, neft va gaz sanoat korxonalarida ishlab chiqarish mashina va mexanizmlarning elektr yuritmalarida faza rotorli asinxron motorlarining ish rejimlarini sinxron ish rejimiga o'tkazish, reaktiv quvvat iste'molini kamaytirish hisobiga elektr energiyani iqtisod qilishga hamda elektr ta'minoti tarmoqlari elementlarida aktiv quvvat isroflarini kamayishiga ham olib keladi.

Quvvati cheklangan elektr energiya manbalaridan ta'minlanadigan faza rotorli asinxron motorlarning ish rejimlarini sinxronlashtirish elektr energiyadan samarali foydalanish imkonini beradi. Ayniqsa, avtonom elektr energiya manbalaridan ta'minlanadigan neft va gaz quduqlarini qazishda keng ishlatiladigan burg'alovchi qurilmalari elektr yuritmalarining katta quvvatli faza rotorli asinxron motorlari ish rejimlarini sinxronlashtirish elektr energiya iste'molidan qilinadigan iqtisod juda sezilarli bo'ladi.

### **3.6. Tezligi rostlanmaydigan rotorli qisqa tutashtirilgan asinxron motorlarning energiya tejamkor ish rejimlari**

#### **a) asinxron motorlarni minimum reaktiv quvvat iste'moli rejimida ishlashini ta'minlovchi avtomatik boshqarish tizimi**

Ma'lumki nasos qurilmalari elektr yuritmalarining asinxron motorlari butun ish rejimi davomida valid nominal yuklanish bilan ishlamaydi. Ularning real yuklanganlik darajasi yuklanishning nominal qiymatiga nisbatan  $0,3 \div 1,0$  oraliqda o'zgaradi. Yuklanish momentining nominal qiymatidan kam bo'lishi, motorning tarmoqdan iste'mol qilayotgan reaktiv quvvatining oshishiga olib keladi va natijada motorning quvvat koeffisienti pasayadi. Asinxron motor reaktiv quvvati  $Q$  ni motor validagi yuklanish momenti bilan o'zaro bog'lab, minimal qiymatiga keltirib avtomatik boshqarish asinxron elektr yuritmalarda energiya tejamkorlikka erishishning asosiy yo'nalishlaridan biridir.

Asinxron motor ishlayotgan vaqtda stator chulg'ami kuchlanishining chastotasi  $f = 50 \text{ Gs} = \text{const}$  ekanligini va yuklanish momenti yoki quvvati nominal qiymatidan kichik ekanligini hisobga oladigan bo'lsak, u holda motor magnit tizimining to'yinmagan rejimida ishlayotgan bo'ladi va motor magnitlanish tavsifining to'g'ri chiziqli qismida ishlaydi. Shunda stator chulg'amiga berilayotgan kuchlanish  $U_1$  bilan magnit oqimi o'rtasidagi o'zaro

bogʻlanishni chiziqli deb qarash mumkin boʻladi va ularning nisbiy qiymatlarini oʻzaro teng deb olinadi

$$\phi = \gamma, \quad (3.6.1)$$

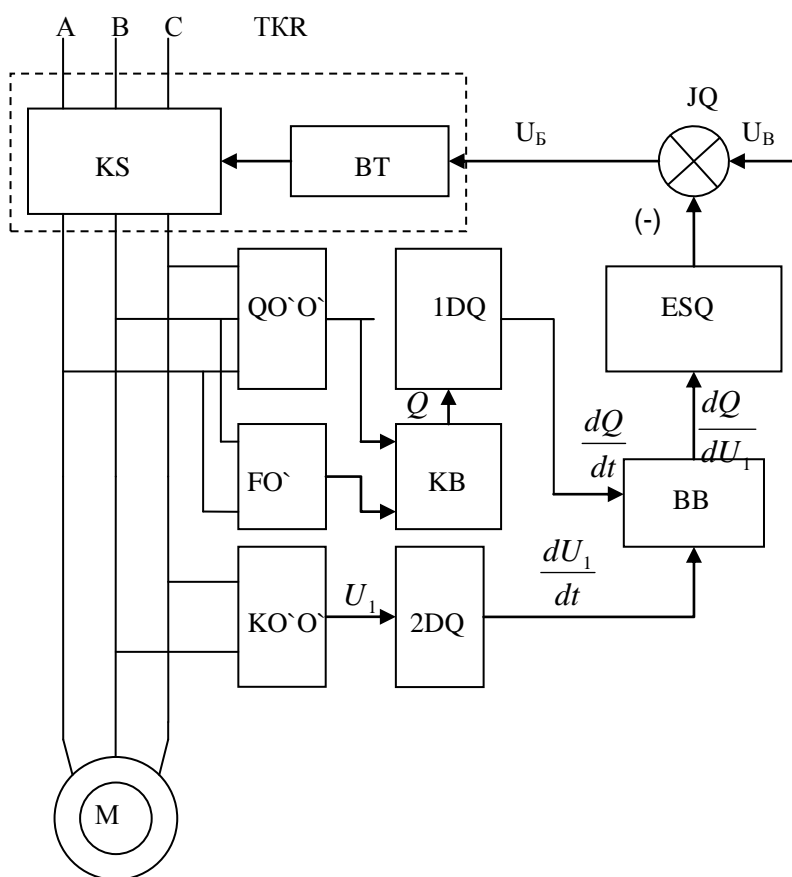
bu yerda,  $\phi = F/F_n$  – magnit oqimining nisbiy qiymati,  $\gamma = U_1/U_{1H}$  – stator chulgʻamiga berilayotgan kuchlanishning nisbiy qiymati.

(3.6.1) tenglamani hisobga olgan holda yuklanishning real qiymatiga qarab, motor isteʼmol qilayotgan reaktiv quvvatni magnit oqimini oʻzgartirib amalga oshirish bilvosita, yaʼni stator kuchlanishi vositasida bajariladi va uning qiymati quyidagi diferensial tenglama orqali aniqlanadi

$$\frac{d\left(\frac{Q}{Q_H}\right)}{d\gamma} = 0, \quad (3.6.2)$$

bu yerda  $Q/Q_n$  – reaktiv quvvatning nisbiy qiymati.

3.6.1 – rasmda tasvirlangan asinxron motorni ekstremal avtomatik boshqarish tizimi yuklanishning barcha real qiymatlarida motor isteʼmol qilayotgan reaktiv quvvat miqdorini minimal qiymatida boʻlishini (3.6.2) tenglama asosida amalga oshiradi va motor energetik koʻrsatkichlarini nominal qiymatlariga yaqin qiymatlarda boʻlishini taʼminlaydi.



3.6.1 – rasm. Reaktiv quvvat isteʼmoli minimum boʻlgan rejimda ishlaydigan asinxron motorli ekstremal avtomatik boshqarish tizimining blok sxemasi

Asinxron motorni ekstremal avtomatik boshqarish tizimi quyidagi asosiy tarkibiy qismlardan iborat: asinxron motor M, tiristorli o'zgaruvchan tok kuchlanishi rostlagichi TKR kuch sxemasi KS orqali uch fazali elektr tarmog'iga ulangan, TKR ning boshqaruv tizimi BT jamlovchi qurilma JQ chiqish qismiga ulangan, JQ ning birinchi kirish qismiga esa vazifalovchi signal  $U_V$  beriladi, JQ ning ikkinchi kirish qismiga esa esda saqlovchi qurilma ESQ ning chiqish qismi ulangan, quvvat o'lchov o'zgartkichi QO'O' ning kirish qismi asinxron motor M ning stator chulg'amiga ulangan va shu kirish qismga funksional o'zgartkich FO' ning kirish qismi ulangan, FO' ning chiqish qismi esa ko'paytirish bloki KB ning ikkinchi kirish qismiga ulangan, QO'O' ning chiqish qismi ko'paytirish bloki KB ning ikkinchi kirish qismiga ulangan, KB ning chiqish qismi esa birinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning kirish qismiga ulangan bo'lsa chiqish qismi esa bo'luvchi blok BB ning birinchi kirish qismiga ulangan, BB ning ikkinchi kirish qismiga esa ikkinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning chiqish qismi ulangan, 2DQ ning kirish qismiga kuchlanish o'lchov o'zgartkichi KO'O' ning chiqish qismi ulangan va KO'O' ning kirish qismi esa asinxron motor M ning liniya kuchlanishiga ulangan.

Asinxron motor energetik ko'rsatkichlarining optimal qiymatlarida bo'lishi, motor validagi yuklanishning qiymatiga mos ravishda stator chulg'amidagi kuchlanishni rostlash natijasida, motorning reaktiv quvvat iste'molini minimal qiymatga keltirish asosida amalga oshiriladi. Bu avtomatik boshqarish tizimida motor validagi yuklanishning qiymati bilvosita aktiv quvvat bo'yicha hisoblanadi.

Oxirgi qayd qilingan yuklanish uchun stator chulg'ami kuchlanishi xali o'zgartirilmagan holda  $\frac{dQ}{dU_1} \neq 0$  bo'ladi va bu signal ESQ da saqlanadi, xuddi

shu signal JQ ga yuboriladi va  $U_B = U_B - \frac{dQ}{dU_1}$  boshqaruv signalini tashkil

etuvchisi bo'ladi. Yangi boshqaruv signali ta'sirida TKO' ning KS ining chiqish qismida kuchlanishning qiymati o'zgaradi. Stator chulg'amiga berilayotgan kuchlanishning optimal qiymati asinxron motorni berilgan yuklanishda minimal reaktiv quvvat iste'moli rejimida ishlashini ta'minlaydi. Yuklanish qiymatining

to yangi qiymatiga o'zgargunga qadar  $\frac{dQ}{dU_1}$  signal ESQ da saqlanib turadi va

yuklanish qiymati o'zgarganida hosil bo'ladigan keyingi tengsizlik  $\frac{dQ}{dU_1} \neq 0$

qiymati ESQ ga saqlash uchun yuboriladi. Asinxron motorning yangi yuklanish qiymati uchun minimal reaktiv quvvat iste'moli rejimi joriy qilinadi.

***b) asinxron motorlarni minimum quvvat isrofi rejimida ishlashini ta'minlovchi ekstremal avtomatik boshqarish tizimi***

Ventilyator, kondensiyalar, nasos va kompressorlar kabi umumsanoat mexanizmlarining asinxron elektr yuritmalari energetik ko'rsatkichlarini real yuklanish qiymatiga qarab rostlash elektr energiyadan unumli foydalanishga olib keladi.

Asinxron motor stator chulg'ami kuchlanishi bilan magnit oqimi orasidagi chiziqli bog'lanish (3.6.1) ni hisobga olgan holda yuklanishning  $\mu_c = 0,3 - 1,0$  qiymatlarida asinxron motorning minimum quvvat ish rejimida ishlashi quyidagi differensial tenglamani nolga tenglab amalga oshiriladi

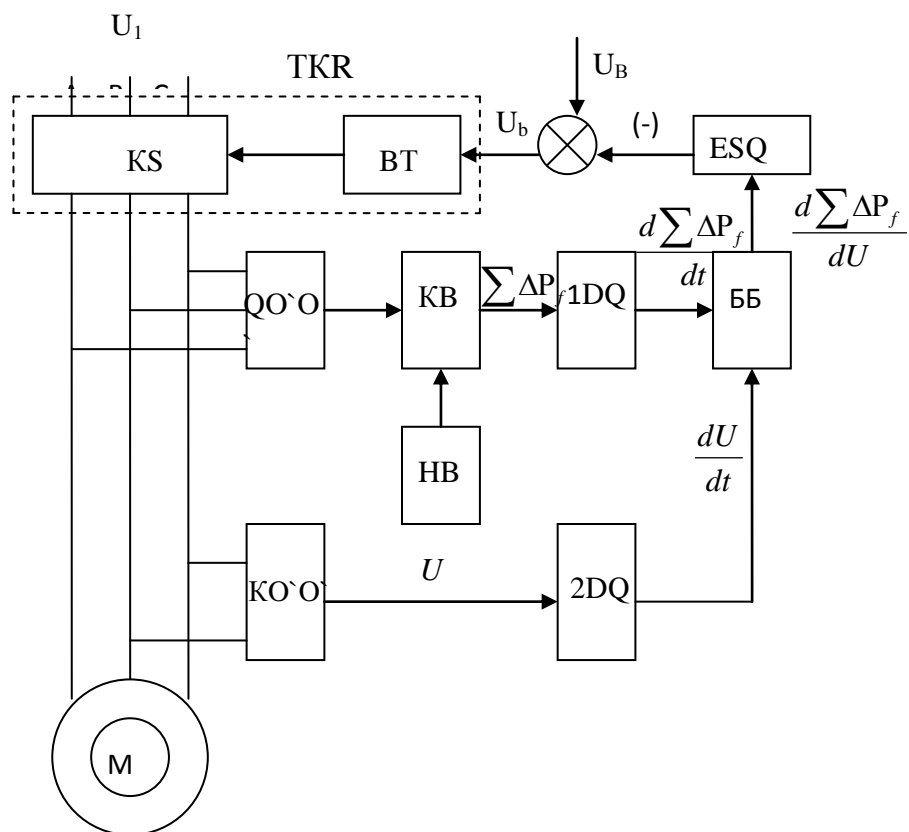
$$\frac{d \sum \Delta p}{d\gamma} = 0, \quad (3.6.3)$$

bu yerda,  $\sum \Delta p = \frac{\sum \Delta P}{\sum \Delta P_H}$  – asinxron motorning nisbiy umumiy quvvat isrofi.

Asinxron motorni ekstremal avtomatik boshqarish tizimi (3.6.2 – rasm) motordagi quvvat isrofining minimal qiymatida bo'lishini (3.6.3) tenglama bo'yicha boshqarish asosida amalga oshiradi va yuklanishning barcha real qiymatlarida motorning energetik ko'rsatkichlarini nominal qiymatlariga yaqin qiymatlarda bo'lishini ta'minlaydi.

Asinxron motorni ekstremal avtomatik boshqarish tizimi quyidagi asosiy tarkibiy qismlardan iborat: asinxron motor M, tiristorli o'zgaruvchan tok kuchlanishi rostlagichi TKR kuch sxemasi KS orqali uch fazali elektr tarmog'iga ulangan, TKR ning boshqaruv tizimi BT jamlovchi qurilma JQ chiqish qismiga ulangan, JQ ning birinchi kirish qismiga esa vazifalovchi signal  $U_V$  beriladi, JQ ning ikkinchi kirish qismiga esa esda saqlovchi qurilma ESQ ning chiqish qismi ulangan, quvvat o'lchov o'zgartkichi QO'O' ning kirish qismi asinxron motor M ning stator chulg'amiga ulangan, chiqish qismi esa ko'paytirish bloki KB ning birinchi kirish qismiga ulangan, ikkinchi kirish qismi esa hisoblovchi blok HB ning chiqish qismiga ulangan, KB ning chiqish qismi birinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning kirish qismiga ulangan bo'lsa chiqish qismi esa bo'lavchi blok BB ning birinchi kirish qismiga ulangan, BB ning ikkinchi kirish qismiga esa ikkinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning chiqish qismi ulangan, 2DQ ning kirish qismiga kuchlanish o'lchov o'zgartkichi KO'O' ning chiqish qismi ulangan va KO'O' ning kirish qismi esa asinxron motor M ning liniya kuchlanishiga ulangan.





3.6.2 – rasm. Quvvat isrofi minimum bo‘lgan rejimda ishlaydigan asinxron motorli ekstremal avtomatik boshqarish tizimining blok sxemasi

Asinxron motor energetik ko‘rsatkichlarining optimal qiymatlarida bo‘lishi, motor validagi yuklanishning qiymatiga mos ravishda stator chul‘amidagi kuchlanishni rostlash natijasida, motordagi quvvat isrofini minimal qiymatga keltirish asosida amalga oshiriladi. Bu avtomatik boshqarish tizimida motor validagi yuklanishning qiymati bilvosita aktiv quvvat bo‘yicha hisoblanadi.

Asinxron motor ishlab turgan paytda quvvat va kuchlanish o‘lchov o‘zgartkichlari QO‘O‘ va KO‘O‘ chiqish qismlarida doimiy signal mavjud bo‘ladi. KO‘O‘ dan chiqayotgan liniya kuchlanishi signali 2DQ da vaqt bo‘yicha differensiallanib BB ning ikkinchi kirish qismiga yuboriladi. Hisoblash bloki HB da  $(1 - \eta_H)$  amali bajarilib KB ning ikkinchi kirish qismiga uzatiladi va u yerda QO‘O‘ ning chiqish qismidan KB ning birinchi kirish qismiga yuborilgan  $R_2$  ga proporsional signal bilan ko‘paytmasi  $\sum \Delta P = P_2(1 - \eta_H)$  - motorning umumiy quvvat isrofini beradi.  $\sum \Delta P$  signal 1DQ da vaqt bo‘yicha differensiallanib BB ning birinchi kirish qismiga yuboriladi. BB da  $\frac{d\sum \Delta P}{dt}$ :

$\frac{dU_1}{dt}$  amali bajariladi va natijada chiqish qismida vaqtga bog‘liq bo‘lmagan  $\frac{d\sum\Delta P}{dU_1}$  signal hosil bo‘ladi. Yuklanishning nominal qiymatidan katta yoki kichikligiga qarab, bu signalning ishorasi «-» yoki «+» va qiymati ham monand ravishda har xil bo‘ladi.  $\frac{d\sum\Delta P}{dU_1}=0$  shartining bajarilishi asinxron motorning qayd qilingan yuklanish qiymatida minimal quvvat isrofida ishlashini ta’minlaydi.

Oxirgi qayd qilingan yuklanish uchun stator chulg‘ami kuchlanishi xali o‘zgartirilmagan holda  $\frac{d\sum\Delta P}{dU_1} \neq 0$  bo‘ladi va bu signal ESQ da saqlanadi, xuddi

shu signal JQ ga yuboriladi va  $U_B = U_B - \frac{d\sum\Delta P}{dU_1}$  boshqaruv signalini tashkil

etuvchisi bo‘ladi. Yangi boshqaruv signali ta’sirida TKO‘ ning KS ining chiqish qismida kuchlanishning qiymati o‘zgaradi. Stator chulg‘amiga berilayotgan kuchlanishning optimal qiymati asinxron motorni berilgan yuklanishda minimal quvvat isrofi rejimida ishlashini ta’minlaydi. Yuklanish qiymatining to yangi qiymatiga o‘tgunga qadar  $\frac{d\sum\Delta P}{dU_1}$  signal ESQ da saqlanib turadi va yuklanish

qiymati o‘zgarganida hosil bo‘ladigan keyingi tengsizlik  $\frac{d\sum\Delta P}{dU_1} \neq 0$  qiymati

ESQ ga saqlash uchun yuboriladi. Asinxron motorning yangi yuklanish qiymati uchun minimal quvvat isrofi rejimi joriy qilinadi.

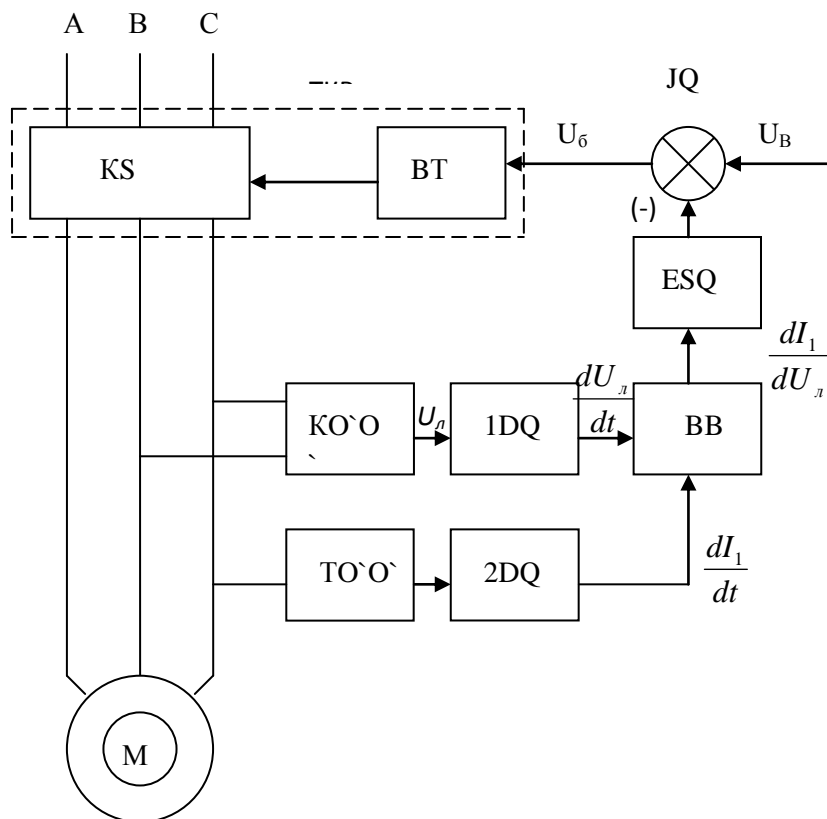
### **c) asinxron motorlarni minimum stator toki rejimida ishlashini ta’minlovchi ekstremal avtomatik boshqarish tizimi**

Asinxron motor stator chulg‘ami kuchlanishi bilan magnit oqimi orasidagi chiziqli bog‘lanish (3.6.1) ni hisobga olgan holda yuklanishning  $\mu_c = 0,3 - 1,0$  qiymatlarida asinxron motorning minimum stator toki ish rejimida ishlashi quyidagi differensial tenglamani nolga tenglab amalga oshiriladi

$$\frac{d\left(\frac{I_1}{I_{1H}}\right)}{d\gamma} = 0, \quad (3.6.4)$$

bu yerda,  $\left(\frac{I_1}{I_{1H}}\right)$  – asinxron motor stator tokining nominal qiymatiga nisbatan qiymati.

Asinxron motorni ekstremal avtomatik boshqarish tizimi (3.6.3 – rasm) motordagi quvvat isrofining minimal qiymatida bo‘lishini (3.6.4) tenglama bo‘yicha boshqarish asosida amalga oshiradi va yuklanishning barcha real qiymatlarida motorning energetik ko‘rsatkichlarini nominal qiymatlariga yaqin qiymatlarda bo‘lishini ta‘minlaydi.



3.6.3 – rasm. Stator tokining eng kichik qiymatida ishlaydigan ekstremal avtomatik boshqariladigan asinxron elektr yuritmaning blok sxemasi

Ekstremal avtomatik asinxron elektr yuritma tizimining tarkibiy tuzilishi: asinxron motor M va uning stator chulg‘amiga tiristorli kuchlanish rostlagich TKR ning kuch sxemasi KS ulangan, TKR ning boshqarish tizimi BT jamlovchi qurilma JQ ning chiqish qismiga ulangan. JQ ning birinchi kirish qismiga vazifalovchi signal  $U_V$  beriladi, kuchlanish o‘lchov o‘zgartkichi KO‘O‘ ning kirish qismi stator chulg‘amiga berilayotgan liniya kuchlanishiga ulanadi, KO‘O‘ ning chiqish qismi esa birinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning kirish qismiga ulanadi, 1DQ ning chiqish qismi esa bo‘luvchi blok BB ning birinchi kirish qismiga ulanadi, 1DQ ning chiqish qismi esa esda saqllovchi qurilma ESQ ning kirish qismiga ulanadi, ESQ ning chiqish qismi esa JQ ning ikkinchi kirish qismiga ulanadi, tok o‘lchov o‘zgartkichi TO‘O‘ ning kirish qismi stator chulg‘ami fazasiga ulangan, chiqish qismi esa ikkinchi differensiallovchi qurilma 2DQ ning kirish qismiga ulangan, 2DQ ning chiqish qismi esa BB ning ikkinchi kirish qismiga ulangan.

Asinxron elektr yuritma energetik ko'rsatkichlarining nominal qiymatlariga yaqin bo'lgan qiymatlarda ishlashi, motor valida yuklanishning qiymatiga qarab kuchlanishni rostdash natijasida stator tokining eng kichik qiymatiga erishish asosida amalga oshiriladi. O'lchov o'zgartkichlari sifatida kuchlanish va tok transformatorlaridan foydalanish mumkin. Elektr yuritma ishlayotganida KO'O' va TO'O' larning chiqish qismlarida liniya kuchlanishi va faza tokilarining o'zgartirilgan va vaqt bo'yicha uzluksiz bo'lgan signallar hosil qilinadi va bu signallarni 1DQ va 2DQ differensiallovchi qurilmalarda vaqt bo'yicha differensiallangan qiymatlarini BB ning mos kirish qismlariga yuboriladi.

BB da bu signallarni bo'lish amali bajariladi:  $\frac{dI_1}{dt} : \frac{dU_n}{dt} = \frac{dI_1}{dU_n} \neq 0$  va bu

signal ESQ ga eslab qolish uchun yuboriladi. ESQ da bu signal oldingi eslab qolingan xuddi shuningdek signal bilan solishtiriladi, agar o'zaro farqlansa, u holda JQ ga yuboriladi va bu signal  $U_b$  – boshqaruv signalini shakllantirishda

ishtirok etadi ya'ni  $U_b = U_v - \frac{dI_1}{dU_n}$  BT ning kirish qismiga yuboriladi va

natijada TKO' ning KS chiqish qismida kuchlanish qiymati o'zgaradi.

KO'O' va TO'O' larning chiqish qismlarida yangi liniya kuchlanishi va yangi faza toki qiymatlariga mos signallar hosil bo'ladi. Bu signallarning differensiallanishi va bo'lish amallari bajarilishi qayd qilingan yuklanish uchun

$\frac{dI_1}{dU_n} = 0$  shartini bajarishga olib keladi. Asinxron motor energetik

ko'rsatkichlarining nominal qiymatga yaqin qiymatda ishlay boshlaydi. ESQ da

saqlangan  $\frac{dI_1}{dU_n} \neq 0$  qiymat manfiy teskari bog'lanish signali sifatida to motor

valida yuklanish o'zgarguncha ishtirok etadi.

Motor validagi yuklanish o'zgarganida ushbu sikl qaytadan takrorlanib, yuklanishning yangi qiymati uchun energetik ko'rsatkichlarining optimal qiymatda bo'lishi ta'minlanadi.

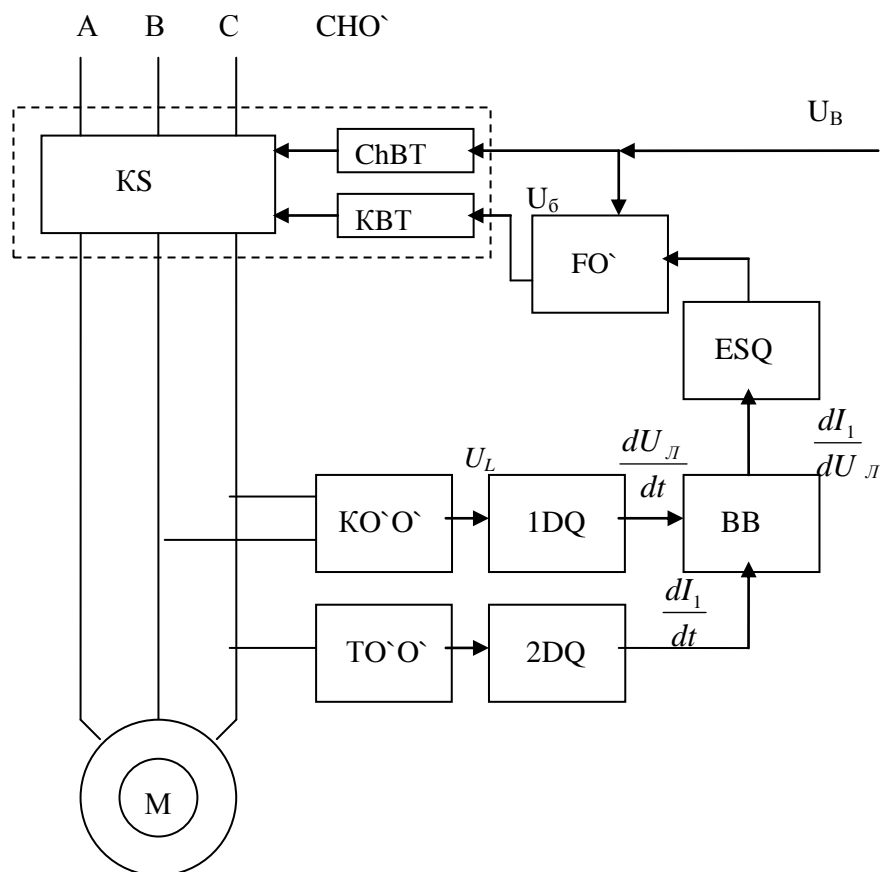
### 3.7. Chastotani o'zgartirib tezligi rostlanadigan asinxron motorlarning energiya tejamkor ish rejimlari

Tezligi rostlanmaydigan asinxron motorlarni energiya tejamkor ish rejimlarini chastotani o'zgartirib tezligi rostlanadigan asinxron motorlar uchun ham qo'llash mumkin. Agar tezligi rostlanmaydigan asinxron elektr yuritmalarda kuch o'zgartkichi sifatida yarim o'tkazgichli kuchlanish rostlagichlar qo'llaniladigan bo'lsa, chastotani o'zgartirib tezligi rostlanadigan asinxron elektr yuritmalar uchun esa yarim o'tkazgichli chastota o'zgartkichlar qo'llaniladi va chastotanining qiymati mustaqil ravishda rostlanadi.

Misol tariqasida amalga oshirish eng oson bo'lgan chastotani o'zgartirib tezligi rostlanadigan asinxron motorning minimum stator toki ish rejimini amalga oshiruvchi avtomatlashtirilgan asinxron elektr yuritma sxemasini ko'rib chiqamiz (3.7.2 – rasm).

Avtomatlashtirilgan elektr yuritmaning tarkibiy tuzilishi: asinxron motor M va uning stator chulg'amiga bilvosita tiristorli chastota o'zgartkich ChO' ning kuch sxemasi KS ulangan, ChO' ning chastotani boshqarish tizimi ChBT ga to'g'ridan tug'ri vazifalovchi qurilmadan berilayotgan vazifalovchi signal  $U_V$  ulangan, kuchlanishni boshqarish tizimi KBT ga funksional o'zgartkich FO' ning birinchi kirish qismi orqali  $U_V$  signal beriladi, ikkinchi kirish qismiga esa saqlab qoluvchi qurilma ESQ ning chiqish qismi ulangan, ESQ ning kirish qismiga bo'lish blokining chiqish qismi ulangan, BB ning ikkinchi kirish qismiga birinchi differensiallovchi qurilma 1DQ ning chiqish qismi ulangan, 2DQ ning kirish qismiga kuchlanish o'lchov o'zgartkichi KO'O' ning chiqish qismi ulangan, KO'O' ning kirish qismi esa stator chulg'amiga berilayotgan liniya kuchlanishiga ulangan, BB ning birinchi kirish qismi ikkinchi differensiallovchi qurilma 2DQ ning chiqish qismiga ulangan, 2DQ ning kirish qismi esa tok o'lchov o'zgartkichi TO'O' ning chiqish qismiga ulangan, TO'O' ning kirish qismi esa stator toki zanjiriga ulangan.

Asinxron elektr yuritma quyidagi tarzda ishlaydi. Vazifalovchi signal  $U_V$  ChBT ga boshqaruv chastotaga mos signalni uzatadi va bu signal bir paytda 1FO' ga ham berilib yuklanish momenti xarakteriga mos ravishda  $\gamma = \alpha$  ifoda bo'yicha rostlab KBT ga uzatiladi. ChO' ning kuch sxemasi KS ning chiqish qismidan asinxron motor M ning stator chulg'amiga motor validagi yuklanish momentiga mos chastotali kuchlanish beriladi. Motor validagi yuklanish nominal qiymatda bo'lsa, ya'ni  $\mu_C = 1,0$  bo'lganida, u holda ESQ ning chiqish qismidagi signal  $\frac{dI_1}{dt} = 0$  bo'ladi.



3.7.2 – rasm. Stator tokining eng kichik qiymatida ishlaydigan chastotani o‘zgartirib tezligi rostlanadigan avtomatlashtirilgan asinxron elektr yuritmaning blok sxemasi

Yuklanish momenti  $\mu_c < 1,0$  bo‘lsa, u holda TO‘O‘ da stator tokiga mos ekvivalent signal hosil qilinadi. Bu signal 2DQ ning kirish qismiga yuboriladi va u yerda vakt bo‘yicha differensiallanib  $\frac{dI_1}{dt}$  BB ning birinchi kirish qismiga yuboriladi va shuningdek BB ning ikkinchi kirish qismiga KO‘O‘ dan olingan kuchlanish 2DQ da vaqt bo‘yicha differensiallangan  $\frac{dU_{II}}{dt}$  signal beriladi. BB da bo‘lish amali bajarilib vaqt bo‘yicha bog‘lanmagan  $\frac{dI_1}{dU_{II}}$  signal hosil qilinadi.  $\frac{dI_1}{dU_{II}} = 0$  shartining bajarilishi asinxron motorning minimal stator toki rejimida ishlashini ta‘minlaydi. Bu shartning bajarilmasligi  $\frac{dI_1}{dU_{II}}$  ning ma‘lum qiymatga ega bulishiga olib keladi va bu signal ESQ orqali FO‘ ning ikkinchi

kirish qismiga uzatiladi. Bu yerda real yuklanish momenti va chastotani hisobga olgan holda motorning minimal stator toki rejimida ishlashini ta'minlovchi boshqaruv kuchlanishini yuzaga keltirishda ishtirok etadi  $U_B = U_B \mp \frac{dI_1}{dU_{\pi}}$ .

Signal  $\frac{dI_1}{dU_{\pi}}$  ESQ da keyingi yuklanish momenti va shuningdek chastota qiymatining o'zgarishiga qadar saqlanib turiladi.

Bu avtomatlashtirilgan asinxron elektr yuritma blok sxemasidagi qurilmalari va bloklarini yagona mikroprsseorli tizimga biriktirish elektr yuritmaning funksional imkoniyatlarini va tezkorligini oshirishi bilan birga konstruktiv ihchamlikka ham olib keladi.

Avtomatlashtirilgan elektr yuritmalarning yuqorida ko'rib chiqilgan eyergiya tejaydigan tizimlari uzoq davom etadigan ishlash rejimida ishlaydigan yuqori energetik ko'rsatgichlariga erishishi muhim bo'lgan metallurgiya, mashinasozlik va to'qimachilik sanoatlarining bir qator texnologik mashina va mexanizmlarida keng ko'lamda qo'llanilishi mumkin.

## 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. Imomnazarov A.T. Neft va gaz konlarining elektr jihozlari. Kasb–hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma. Toshkent: «Cho‘lpon», 2007.
5. Ҳошимов О.О., Имомназаров А.Т. Электромеханик тизимларда энергия тежамкорлик. Олий ўқув юртлари учун дарслик. Тошкент, «ЎАЖБНТ» Маркази, 2004, 96 б.
6. Imomnazarov A.T. Sanoat korxonalarini va fuqarolik binolarining elektr jihozlari. Kasb–hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma. Toshkent: «ILM ZIYO», 2006. 185 b.
7. Хашимов А.А. Энергосбережение средствами автоматизированного электропривода. – Т: ТашГТУ, 1994.
8. Хашимов А.А. Основы энергосберегающего электропривода. Конспект лекции. – Т: ТашГТУ, 2001.
9. Браславский И.Я. и др. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – М.: Академия, 2004.
10. Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода. – М.: Инфра-М, 2004.
11. 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.
12. Махмудов М. И., Қо‘зиёев З.Е., Мирзоев Н. Н., Нуоров С. С.; Оқова сувларни тозалашда энергия тежаш, Fan va texnologiyalar taraqqiyoti, 4/2019, 69-74 б., Вухоро, 2019.
13. [www.lex.uz](http://www.lex.uz)-Ўзбекистон Республикаси Қонун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси.
14. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).



## Mundarija

<b>KIRISH</b> .....	4
<b>1-BOB. ENERGIYA TEJAMKORLIK HAQIDA UMUMIY MA`LUMOTLAR</b> .....	6
1.1. Energiya tejamkorlikda qo`llaniladigan asosiy tushuncha va atamalar.....	6
1.2. Energiya tejamkorlikni tashkil etish va boshqarish masalalari.....	8
1.3. Elektr mexanik tizimlarda elektr energiyani iqtisod qilish usullari.....	11
<b>2-BOB. ISHLAB CHIQRISH MEXANIZMLARIDAN ENERGIYA TEJAMKORLIK BILAN FOYDALANISH</b> .....	14
2.1. Metallarga ishlov beruvchi qurilma va dastgohlarda elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish .....	14
2.2. Yuk ko'tarish mashinalarini ishlatishda elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish .....	15
2.3. Nasos, kompressor va ventilyatorlarni ishlatishda elektr energiyadan tejamkorlik bilan foydalanish.....	16
2.4. Metall yo`nuvchi dastgohlarida elektr energiya tejamkorlikka erishish yo`llari .....	18
2.5. Ishlab chiqarish mexanizmlarining quvvat koeffitsiyentini oshirib elektr energiya tejamkorlikka erishish .....	19
<b>3-BOB. ELEKTR YURITMALARDA ENERGIYA TEJAMKORLIKKA ERISHISH YO`LLARI</b> .....	42
3.1. Energiya tejamkor elektr yuritmalarda qo`llaniladigan boshqarish qurilmalari .....	42
3.2. Elektr motorlarda energiya tejash.....	77
3.3. Elektr yuritmaning energiya tejamkor rejimlarining nazariy asoslari.....	93
3.4. Energiya tejaydigan asinxron-ventilli kaskad.....	103
3.5. Faza rotorli asinxron motorlarni sinxron ish rejimiga o'tkazib quvvat koeffitsiyentini oshirish.....	106
3.6. Tezligi rostlanmaydigan rotori qisqa tutashtirilgan asinxron motorlarning energiya tejamkor ish rejimlari.....	109
3.7. Chastotani o'zgartirib tezligi rostlanadigan asinxron motorlarning energiya tejamkor ish rejimlari.....	117
<b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR</b> .....	120

## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>1-глава. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ ОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ.....</b>	<b>6</b>
1.1. Основные понятия и термины, используемые в энергосбережении ....	6
1.2. Вопросы организации и управления энергосбережением .....	8
1.3. Методы энергосбережения в электромеханических системах .....	11
<b>2- глава. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ .....</b>	<b>14</b>
2.1. Эффективное использование электроэнергии в металлообработывающем оборудовании и инструментах .....	14
2.2. Эффективное использование электроэнергии при использовании грузовых автомобилей .....	15
2.3. Эффективное использование электроэнергии при использовании насосов, компрессоров и вентиляторов .....	16
2.4. Методы сбережения электроэнергии металлообработывающих оборудованиях.....	18
2.5. Достижение сбережения электроэнергии за счет увеличения коэффициента мощности производственных механизмов.....	19
<b>3- глава. МЕТОДЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ.....</b>	<b>42</b>
3.1. Устройства управления, используемые в энергосберегающих электроприводах.....	42
3.2. Энергосбережение в электродвигателях.....	77
3.3. Теоретические основы энергосберегающих режимов электропривода ..	93
3.4. Энергосберегающий асинхронный вентильный каскад .....	103
3.5. Увеличение коэффициент мощности, переводом асинхронных двигателей с фазным ротором в синхронный режим. ....	106
3.6. Энергосберегающие режимы работы асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором без регулирования скорости.....	109
3.7. Энергосберегающие режимы асинхронных двигателей с регулируемой скоростью вращения путем изменения частоты .....	117
<b>ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>120</b>

## Contents

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>1-chapter. GENERAL INFORMATION ABOUT ENERGY SAVING.....</b>	<b>6</b>
1.1. Basic concepts and terms used in energy saving.....	6
1.2. Issues of organizing and managing energy conservation .....	8
1.3. Energy-saving methods in electromechanical systems .....	11
<b>2-chapter. ENERGY EFFICIENT USE OF PRODUCTION MECHANISMS.....</b>	<b>14</b>
2.1. Efficient use of electricity in metalworking equipment and tools .....	14
2.2. Efficient use of electricity in using of trucks .....	15
2.3. Efficient use of electricity when using pumps, compressors and fans .....	16
2.4. Electricity saving methods for metalworking equipment.....	18
2.5. Achieving energy savings by increasing the power factor of production mechanisms .....	19
<b>3-chapter. METHODS OF ENERGY SAVING IN ELECTRIC SUPPLY</b>	<b>42</b>
3.1. Control devices used in energy-efficient electric drives .....	42
3.2. Energy saving in electric motors .....	77
3.3. Theoretical foundations of energy-saving electric drive modes .....	93
3.4. Energy-saving asynchronous valve cascade .....	103
3.5. Increase power factor by transferring asynchronous motors with phase rotor into synchronous mode. ....	106
3.6. Energy-saving operating modes of squirrel-cage induction motors without speed control .....	109
3.7. Energy-saving modes of asynchronous motors with variable speed by changing the frequency .....	117
<b>USED LITERATURE.....</b>	<b>120</b>