

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

**BUXORO MUXANDISLIK-TEXNOLOGIYa INSTITUTI**

**Qo'l yozma huquqida**

**UDK 621.303**

**QORIEV FERUZ OBIDOVICH**

**REAKTIV QUVVAT MANBALARINI HIMOYa VA AVTOMATIKASINI  
TAKOMILLAShTIRISH**

**5A 310701- Elektr mexanikasi (tarmoqlar bo'yicha)**

**Magistr akademik darajasini olish uchun yozilgan dissertatsiya**

**Ilmiy rahbar:**

**t.f.n. Maxmudov M. I.**

## **ANNOTATSIYA**

Ushub magistrlik dissertatsiyasi ishi reaktiv quvvat manbalarini himoya va avtomatikasini takomillashtirish masalasiga qaratilgan.

Magistrlik dissertatsiyasi ishi energotizim reaktiv quvvatini boshqaruvida yarim o‘tkazgichli elementlar bilan birga ishlashda statik va dinamik tasniflarning sifatlilagini, yuqori aniqlikdagi chiziqli chiqish tasniflarni, iqtisodiy arzonlikni, yuqori sezgirlikni, kam energiya istemolini, informativlikni va ishonchlilikni taminlovchi tok o‘zgartgichlarining kattalik va parametrlarini hisoblash va tadqiq etishning rasional model, algoritm va usullarini yaratish masalalariga qaratilgan

## Mundarija

KIRISH.....	5
1-BOB. REAKTIV QUVVAT MANBALARI .....	9
1.1. Reaktiv quvvatni o‘rnini qoplash to‘g‘risida umumiy ma’lumotlar va reaktiv quvvat o‘rnini qoplash vazifalari .....	9
1.2. Reaktiv quvvat iste’molini kamaytirish usullari .....	10
1.3. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash usullari.....	11
1.3.1. Bo‘ylama kompensatsiyasi.....	15
1.3.2. Elektr qurilmalari quvvati koeffisienti .....	16
1.4. Uzatish liniyalaridagi iste’molchilar uchun quvvat koeffisienti qiymatini oshirish usullarini tahlili.....	17
1.5. Reaktiv yuklamalar uchun o‘rnini qoplash qurilmalari, ularning sxemalari, konstruksiyalari va asosiy ko‘rsatkichlari.....	20
2-BOB. O‘ZGARTGICH QURILMALI ELEKTR TA’MINOT TIZIMLARIDA REAKTIV QUVVATNI KOMPENSATSIYALASH.....	24
2.1. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalashdagi kondensator batareyalarini qo‘llashda yuzaga keluvchi texnik noqulaylik.....	24
2.1.1. Elektr tarmoqlaridagi kuchlanish tebranishi to‘g‘risida umumiy ma’lumotlar .....	26
2.1.2. Kuchlanish tebranishini chegaralovchi uskunalar .....	28
2.1.3. Kuchlanish va toklar shakllari nosinusoidalligining elektr jihozlari ishlariga ta’siri.....	29
2.1.4. Yuqori garmonikalarning asosiy manbalari .....	30
2.2. Maxsuslashgan yuklamali tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashning axamiyati.....	32
2.3. Statik tiristorli reaktiv quvvat kompensatorlari .....	33
2.4. Reaktiv quvvatni qoplash samaradorligini aniqlash. ....	38
2.5. Elektr tarmoqlarida quvvat va energiya isroflarini kamaytirish tadbirlari .	40
3-BOB. ELEKTR TARMOG‘I TURG‘UNLIKNING AMALIY MEZONLARI VA HISOBBLASh USULLARI TADQIQOTI.....	42
3.1. Statik turg‘unlikni tahlil qilishda o‘tish jarayonlarini matematik ifodalash tahlili.....	42
3.2. Statik turg‘unlikning amaliy mezonlari .....	42
3.3. Dinamik turg‘unlikni hisoblashning sodda usullari .....	48
3.4. Sinxron va asinxron dvigatellarning turg‘unligi .....	53

3.5. Kritik e.yu.k. va kritik kuchlanish.....	54
3.6. Reaktiv quvvatni dvigatellar turg‘unligiga ta’siri.....	57
4-BOB. IQTISODIY QISM .....	62
4.1.O‘rnini qoplash qurilmalarining quvvatini tanlash .....	62
4.1.1. KB ning o‘rnatish joylarini tanlash .....	63
4.1.2. O‘rnini qoplash qurilmalarining ish rejimini tanlash. Avtomatik boshqarish prinsiplari.....	63
4.2. O‘rnini qoplash usullarini tanlash va texnik iqtisodiy hisoblar .....	72
4.3.ETS da kuchlanishni rostlash prinsiplari .....	73
XULOSA.....	79
Foydalanilgan adabiyotlar:.....	81

## **KIRISH**

Hozirgi tez taraqqiy etib borayotgan davlatimizni asosiy muammolaridan biri bu har bir tur energiyadan, ayniqsa elektr energiyasidan samarali foydalanish va elektr qurilmalaridan samarali foydalanishni tashkil etishdir. Elektr energiya bu o‘ziga xos mahsulotdir. Elektr energiya iste’molchilariga ta’sir qiluvchi turli omillaridan elektr energiya sifati kelib chiqadi. Keyingi yillar davomida elektr energiyani sifatini oshirishga va iste’molchilar elektr energiyasidan samarali foydalanishini tashkil etishga katta ahamiyat berilmoqda. Elektr energiya sifatini oshirishga iqtisodiy, matematik va texnik nuqtai nazardan qaralmokda.

Iqtisodiy nuqtai nazardan elektr ta’minot tarmoqlarini elektr energiyadan sifatsiz foydalanish oldini olish usullarini hisoblashni o‘z ichiga oladi.

Matematik nuqtai nazardan elektr energiya sifatini u yoki bu usullarda oshirishni hisoblash asoslarini ko’rsatib beriladi.

Texnik nuqtai nazar texnik vositalar va elektr energiya sifatini yaxshilash tadbirlarini, hamda boshqaruv va nazoratni tashkil etish tarmog‘ini o‘z ichiga oladi.

Elektr energiya sifatini oshirishda loyihalashtirish va is’temolchi tashkilotlar tajribasiga asoslanib, mavjud qo‘srimcha qurilmalarni qo’llash yoki ta’minalash tarmog‘ini yaxshilash orqali amalga oshirish mumkin.

Zamonaviy elektr energiya korxonalarida ishlab chiqarishni oshirishga intilishi va texnologik jarayonlarning murakkablashishi reaktiv energiyani katta miqdorda iste’mol qiluvchi tez o‘zgaruvchi va nochizikli yuklamali reaktiv energiya iste’molchilar oshib ketishiga olib keldi. zimmasiga olgan. Bunga ventilli o‘zgartgich qo’llaniluvchi temir yo‘l elektr ta’minot tizimida, qora va rangli metalurgiya korxonalarida, kimyoviy ishlab chiqarish korxonalari kiradi. Bu iste’molchilar ish asosini ular ta’minlayotgan elektr tarmoqini elektr energiya ta’sir sifatiga bog‘lik.

Shuni ta’kidlab o‘tish keraki elektr iste’molchilar mo‘’tadil ish faoliyati elektr energiya sifatiga asoslanadi.

Ta'minlash tarmoqi va elektr qurilmalari o'zaro bunday bog'liqligi "Elektromagnit moslik" deb ataladi.

Elektr iste'molchilar va ta'minlash tarmoqlari elektromagnit mosligi muammolari keyingi vaqtarda kuchli ventil o'zgartkichlari, payvandlash qurilmalari qo'llashdagi texnologik effekti elektr energiya ta'minlash tarmoqlarini sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda.

Yangi elektr energiya iste'molchilar yaratishda ularni elektr energiya ta'minot tarmoqlariga aks ta'siri hisobga olgan holda yaratish zarurdir. Elektr energiyani zaruriy sifat ko'rsatkichlarini elektr ta'minoti korxonalarini loyihalanayotgan hisobga olish kerak.

Elektr ta'minot korxonalarini loyihalash jarayonida, elektr tarmoqidagi elektr energiyani sifatini oshirish asosiy omillardan biri bo'lishi, shu bilan birga elektr ta'minot tarmoqlaridagi reaktiv quvvat kompensatsiyasini, o'z ichiga turli energiya iste'molchilarga ega bo'lgan quvvatni rostlash va uni hisoblash, elektr ta'minot tarmoqlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalashni eng maqbul yo'lini tanlashda bu bir necha kompleks savollarni o'rtaga qo'yadi.

Bularga elektr qurilmalarni ishlatalishdagi iqtisodiy samaradorligini oshirish, elektr energiya sifatini oshirish va kompensatsiya qurilmalarini hisoblash metodini tanlash, kompensatsiya qurilmalarini o'rnatish joyini tanlash, ulardan havfsiz foydalanish va himoya, elektr tarmoqlarida reaktiv quvvatni avtomatik boshqaruvni so'rovlari, hamda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashni maqbul vazifasini ilmiy to'g'ri yo'naltirilgan va modelni kichik xatolik yo'li bilan ishlab chiqilgan yechimlarni tavsiya qilish qaratilgan.

Elektr tarmoqlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash muammosi olidgan chiqishiga elektrlashgan temir yo'l korxonalarida aktiv quvvatga nisbatan reaktiv quvvatni iste'molini oshib borishidir.

Keyingi yillar davomida temir yo'l elektr ta'minotidagi sifatli va miqdorli o'lchashlar bu savollarga o'zgacha mohiyat bilan qarashga olib kelmoqda. Hozirgi kunda aktiv energiyani iste'molini oshib borishi reaktiv energiya oshib borishiga sabab bo'lmoqda.

**Mavzuning dolzarbligi.** O‘zbekiston respublikasining 1997 yil 25-apreldagi “Energiyadan oqilona foydalanish to‘g‘risida”gi qonuni, O‘zbekiston respublikasi Prezidenti I.A. Karimovning 2008 yil 28-noyabrdagi “Iqtisodiyotning real sektori korxonalarini qo‘llab quvvatlash, ularning barqaror ishlashini ta’minlash va eksport potensialini ko‘paytirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-40-58- sonli Farmonini bajarish yuzasidan, shuningdek, xo‘jalik yurituvchi sub’ektlar, shaharlar va qishloqlar iste’molchilarini tomonidan elektr energiyasi iste’molini hisobga olish va nazorat qilish tizimini tamillashtirish maqsadida Vazirlar Mahkamasi kabul qilgan qarorlar energiya iste’molchilarini energiya tejam-korligiga erishishga undaydi. Vazirlar Mahkamasining 2009 yil 22- avgustdagagi “Elektr va issiqlik energiyasidan foydalanish qoidalari to‘g‘risida”gi 245- sonli qarori ham shunday qarorlar jumlasidandir.

Elektr energiyasiga tarifning taxlili shuni ko‘rsatadiki, ko‘rilayotgan davlatning ijtimoiy tuzilishini tasvirlovchi ishlab chiqarish usuli tarif siyosati shakllanishida aks etadi. O‘zbekiston respublikasi Moliya Vazirligining 2011 yil 30 martda tasdiqlangan 19-03—22-05-O‘zR-16-2011- sonli reestrda reaktiv energiya va quvvat o‘rnini to‘ldirish uchun chegirilmalar (ustamalar) qabul qilingan.

Elektr tarmog‘ining katta yuklamali soatlarida energetika tizimi tarmog‘iga reaktiv quvvat yetkazib berilganda energiya tizimi tomonidan iste’molchiga chegirilmalar taqdim etiladi.

Mamlakatimiz iqtisodiyotida tub o‘zgarish amalga oshirilishi, respublika iqtisodiyoti asosan xom-ashyo yo‘nalishidan raqobatbardosh mahsulot ishlab chiqarish yo‘liga izchil o‘tayotganligi, mamlakat eksport salohiyati kengayayotganligi ishlab chiqarishning har bir sohasi oldiga yangi vazifalar qo‘ydi. Tabiiyki, ishlab chiqarishning sterjeni bo‘lgan energetika sohasining zimmasiga ham, salmog‘i iqtisodiyot ishlab chiqarishida ortib borayotgan xorijiy texnologiyalarni jahon andazalariga mos keluvchi sifatlari elektroenergiya bilan ta’minlash zaruriyati tufayli, mas’ul talablar qo‘yilmoqda.

**Ishning maqsadi:** Ilmiy ishdan asosiy maqsad elektr ta'minoti tizimidagi reaktiv quvvat manbalarining avtomatlashtirilgan sxemalarini tahlil qilib, ularni optimallashtirishni asoslab tadbiq etish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish.

**Ishning amaliy ahamiyati:** elektr istmolchilari reaktiv quvvat iste'moliga ega bo'lganligi uchun reaktiv quvvat manbalarini quvvatini boshqarish talab qilinadi. Ushbu muammlo reaktiv quvvat maanbalarini avtomatlashtirishda namoyon bo'ladi. Bu vazifani hal qilish uchun reaktiv mnobalarini avtomatik boshqarish sxemalarini takomillashtirish va rejimlarini optimallashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

**Tadqiqot usullari.** Tadqiqotlar jarayonida analitik va tajriba usullari: elektr va magnit zanjirlar va tizimlar tadqiqoti, graf modellari, boshqarish nazariyasi, o'lchov o'zgartirgichlari nazariyasi, modellashtirish, ehtimolliklar, xatoliklarni tadqiq etish va ishonchlilikni hisoblash usullari qo'llanilgan.

**Dissertatsiya tadqiqotining ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

energotizim reaktiv quvvatini boshqarishda yarim o'tkazgichli elementlar bilan birga ishlay oladigan, yuqori aniqlikni, chiziqli chiqish tasniflarni, iqtisodiy arzonlikni, tuzilishda soddalikni, yuqori sezgirlikni, kam energiya istemolini, informativlikni, ishonchlilikni taminlovchi elektromagnit o'zgartgichlarning belgilovchi faktorlarini, statik va dinamik tasniflarini real vaqt o'lchamida hisoblash imkonini beruvchi va rasionallovchi model, algoritm va usullar yaratilgan;

energotizim reaktiv quvvat manbalarini kombinatsiyalangan boshqaruvini ta'minlovchi, energiya va resurs tejamkor energotizimlarni qurish tamoyillarini amalga oshiruvchi, bir va uch fazali toklarining kattaliklari, burchaklari va nosimmerikliklarini ikkilamchi kuchlanishga adekvat o'zgartirish uslubiyati va tamoyili yaratilgan.

**Dissertatsiya tarkibining qisqacha tavsifi.** Dissertatsiya ishi kirish, 4 bob, 16 band, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovadan iborat bo'lib, 94 betni tashqil etdi. Unda 10 ta rasm va grafiklar, 3 ta jadvallar o'z aksini topgan.

## **1-BOB. REAKTIV QUVVAT MANBALARI**

### **1.1. Reaktiv quvvatni o‘rnini qoplash to‘g‘risida umumiy ma’lumotlar va reaktiv quvvat o‘rnini qoplash vazifalari**

Reaktiv quvvatning bir qismini generatorlardan, qolgan qismini korxonalarga o‘rnataladigan mahalliy manbalardan olish mumkin. Iste’molchilar uchun reaktiv quvvatni korxonalardagi mahalliy manbalarda olishga reaktiv quvvatni o‘rnini qoplash (kompensatsiyalash) deyiladi ( $RQO^Q$ ).  $RQO^Q$  elektr ta’milot sistemasining iqtisodiy va texnik ko‘rsatkichlarini yaxshilash imkonini beradi. Elektr tarmoqlarda elektr energiyasini uzatish jarayonini ko‘rib chiqamiz.

Uzatilayotgan to‘la quvvat:

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

va o‘tayotgan tok

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (2)$$

(2.1) va (2.2) larda reaktiv quvvat to‘la ravishda liniya boshidagi manba energosistemaning rayon podstansiyasidan olinadi deb faraz qilinadi. Liniya oxirida (korxonada) quvvati  $Q_k$  bo‘lgan mahalliy reaktiv quvvat manbalari o‘rnatilganda to‘la quvvat va tok quyidagicha bo‘lishi mumkin:

$$S' = \sqrt{P^2 + (Q - Q_k)^2} \quad (3)$$

va tok

$$I' = \frac{\sqrt{P^2 + (Q - Q_k)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (4)$$

Bu yerda:  $Q_k$ —o‘rnini qoplash qurilmasi bo‘lgan mahalliy manbaning quvvati.  $S' < S$  bo‘lgani uchun mahalliy manbalardan foydalanish ETC dagi transformatorlar soni yoki quvvatini kamaytirish mumkin;  $I' < I$  bo‘lgani uchun elektr uzatish liniyasining kesim yuzasi kamayadi yoki o‘tkazish qobiliyati ortadi, liniyadagi reaktiv quvvat uzatishda hosil bo‘ladigan qo‘sishimcha aktiv quvvat yo‘qotishlari kamayadi.

## **1.2. Reaktiv quvvat iste'molini kamaytirish usullari**

Reaktiv quvvatning asosiy iste'molchilar quyidagilar:

1. Asinxron motorlar (AD)–ular umumiy reaktiv quvvatning 60% iste'mol qiladi.
2. Kuch transformatorlari–reakтив quvvatning tahminan 20% iste'mol qiladi.
3. Boshqariluvchi to‘g‘rilagichlar, induksion pechlar va boshqalar tahminan 15–20% iste'mol qiladi.

Korxona va sexlar bo‘yicha sistemadan olinadigan reaktiv quvvat iste'molini kamaytirish uchun kuchlanishi 1000 gacha va 1000 dan yuqori kondensator batareyalari (KB), yuqori kuchlanishli sinxron motorlar (SM), sinxron kompensatorlar va reaktiv quvvatning statik manbalari ishlatiladi. Bundan tashqari texnologik mexanizmlarning va elektr qurilmalarining ishlash jarayoniga va tuzilishiga ta’sir qilib, reaktiv quvvat iste'molini kamaytirish mumkin. ETS ni loyihalash va ishlatishda reaktiv quvvat o‘rnini qoplash uchun 2 xil tadbirlar ishlatiladi:

1. Maxsus reaktiv quvvat manbasi ishlatilgan holda uni qoplash;
2. Maxsus manba ishlatmasdan texnologik jarayonga, elektr qurilmasi konstruk–siyasiga va parametrlariga ta’sir qilib o‘rnini qoplash tadbirlari.

Shu tadbirlarini ko‘rib chiqamiz:

1. Mexanizm yoki stanokdagi asinxron motorning salt yurish vaqtini cheklash. Chunki, AD salt yurganda asosan reaktiv quvvatni iste'mol qiladi va uning quvvat koeffisienti cosφ kichik qiymatga ega. Shuning uchun salt yurish vaqt 10 soniyadan ortiq bo‘lgan motorni tarmoqdan avtomatik uzuvchi moslama o‘rnataladi.
2. Mexanizm konstruksiyasi imkon bersa, yuklash koeffisienti kichik bo‘lgan AD larni kichikrok quvvatli motorga almashtirish.

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

3. Kam yuklangan AD va SM larni stator cho‘lg‘amlariga beradigan kuchlanishni cho‘lg‘amlarni uchburchakdan yulduzga qayta ulash orqali kamaytirishi bilan reaktiv quvvat iste’molini qisqartirish. Buni nominal kuchlanishda cho‘lg‘amlari uchburchak usuliga ulanadigan 4A seriyasidagi motorlar uchun qo‘llash mumkin.

4. Imkonи boricha doimiy ish rejimiga ega mexanizmlarda o‘rnatilgan AD larni SM lar bilan almashtirish (nasoslar, kompressorlar, ventilyatorlar). Chunki SM reaktiv quvvatni iste’mol qilmasdan, o‘zi ishlab chiqarib, tarmoqqa berishini mumkin.

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

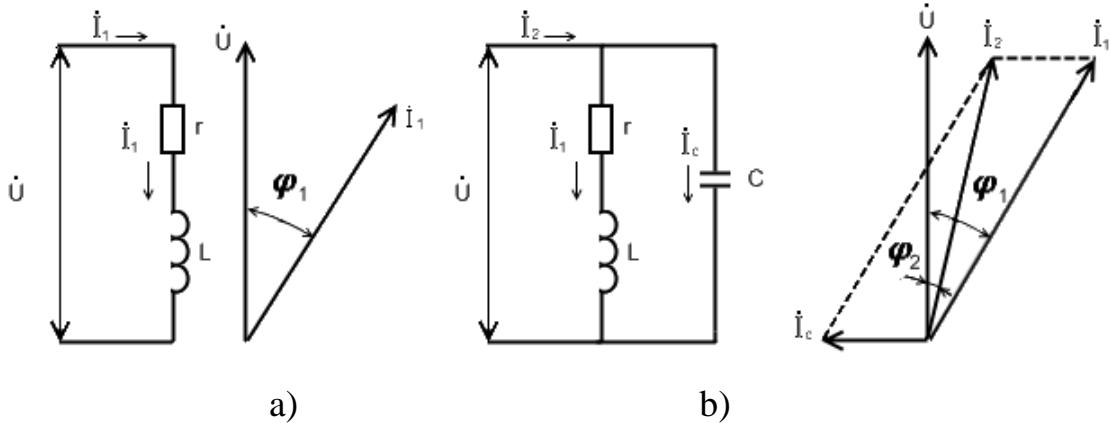
Yuqoridagi tadbirlarni bajarish uchun kapital mablag‘lar kam sarflanadi. Shuning uchun ularni birinchi navbatda bajarib, so‘ngra zarur bo‘lsa reaktiv quvvatning maxsus manbalarini qo‘llash mumkin.

### **1.3. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash usullari.**

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash deb uni ishlab chikarish yoki kompensatsiyalash qurilmalari yordamida iste’mol qilishga aytildi. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash prinsipi quyidagicha bo‘ladi.

Ma’lumki kondensatorlardan o‘tayotgan tok unga quyilgan kuchlanishdan  $90^\circ$  burchakka oldinda bo‘lib, induktiv g‘altakda o‘tuvchi tok esa unga quyilgan kuchlanishda  $90^\circ$  burchakka orqada qoladi. Shunday qilib sig‘im toki reaktiv quvvat va induktiv tok hosil qiluvchi energiya maydonga qarama-qarshi, reaktiv quvvatni magnit maydon hosil qilish yo‘nalishiga qarama-qarshi ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun sig‘im toki va sig‘im quvvati shartli ravishda manfiy tok bo‘yicha magnitlash va magnitlash quvvatni shartli musbat deb qabul qilamiz. Bu holda sig‘im reaktiv quvvatni magnitlanishi bir-biriga son jixatdan teng bo‘lib o‘z-o‘zini kompensatsiyalaydi ( $Q_c - Q_l = 0$ ) va tarmoq reaktiv tashkil etuvchi yuklama tashishdan ozod bo‘ladi.

Sig‘im toki yordamida kompensatsiyalash prinsipi 1-rasmdagi vektor diagrammada keltirilgan.



1-rasm. Magnitlashning reaktiv tokini kompensatsiyalash usuli

a-kompensatsiyalashgacha bo‘lgan sxema, b-kompensatsiyali sxema.

Yuklamaga parallel ulangan, R va L tashkil etuvchilardan iborat bo‘lgan sig‘im kondensatori S ni shunday tanlanadiki, unda kondensatordan o‘tayotgan I tok induktiv L ist’emol qilayotgan magnitlash I tokining absolyut qiymatiga yaqin bo‘lgan qiymatda tanlanadi. Vektor diagrammadan ko‘rinadiki yuklama qiymatidagi tok va kuchlanish faza siljishini burchagini  $\varphi_1$  dan  $\varphi_2$  gacha bo‘lgan kattalikda kondensator S ulationda va mos ravishda yuklamani quvvat koeffisientni oshirish amalalga oshiriladi. Agar  $\varphi_2=0$  bo‘lgan sig‘imni oshirish bilan barcha yuklama reaktiv quvvatni kompensatsiyalash mumkin. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash muhim texnik tadbir bo‘lib, bir qancha maqsadlarda qo‘llash mumkin.

Birinchidan reaktiv quvvatni kompensatsiyalash reaktiv quvvat balansini ta’minlash uchun zarur.

Ikkinchidan kompensatsiya qurilmalarini qo‘llash tarmoqda elektr energiya isrofini kamaytirish uchun.

Uchinchidan: kompensatsiya qurilmalari kuchlanishlarni rostlash uchun qo‘llaniladi.

Hamma hollarda kompensatsiya qurilmalar qo‘llashda quyidagi texnik va rejim talablarini chegaralarini o‘rganish zarurdir.

- 1) yuklama tugunlarida zaruriy quvvat zaxirasini.

- 2) manbaning shinalarida reaktiv quvvatni joylashtirish.
- 3) kuchlanish og'ishini.
- 4) elektr tarmoqlarni o'tkazish qobiliyati.

Transformator va liniyalardan reaktiv quvvat ortiqcha toklarni kamaytirish uchun reaktiv quvvat manbasini uni iste'mol qilayotgan iste'molchilarga yaqin joyga joylashtirish kerak. Shunda tarmoq elementlari reaktiv quvvatdan yengilashib, aktiv quvvatni va kuchlanish isrofini kamayishga olib keladi. Bundan ko'rinaridiki yuklama quvvat o'zgarmagan holatda podstansiyada kompensatsiya qurilmalarini o'rnatish liniya reaktiv quvvatdan yengilanib tok va reaktiv quvvat kamayishga olib keladi. Loyihalanayotgan yoki qo'llanilayotgan istimolchi elektr qurilmalarini reaktiv quvvatni kompensatsiyalash uchun olib boriladigan tadbirlarni quyidagi 3 ta guruxga ajratishimiz mumkin.

1. Kompensatsiya qurilmalarini talab qilmaydiganlarni qo'llash.
2. Kompensatsiya qurilmalarini qo'llaydiganlar.
3. Istisno tariqasida ruxsat etilgan.

Birinchi gurux tadbirlari reaktiv quvvatni kamaytirish uchun bo'lib birinchi navbatda ko'rib chiqish kerak. Bular quyidagicha kapital mablag'larga zarur emasdir. Keyingi ikki tadbirlar energiya tarmoq bilan kelishilgan holda taxlil-iqtisodiy hisoblash orqali isbotlab berish lozim.

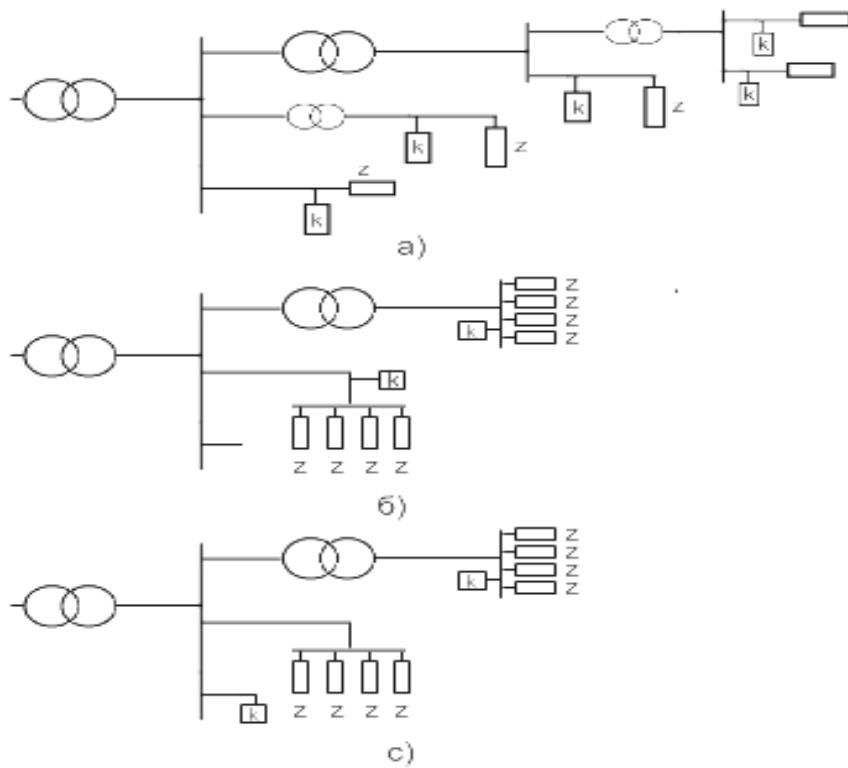
Kompensatsiya qurilmalar qo'llashdagi tadbirlar.

- 1) statik kondensatorlarni o'rnatish.
- 2) sinxron dvigatellarni kompensator sifatida qo'llash.
- 3) reaktiv quvvatni statik manbalarni qo'llash.
- 4) parallel ishlovchi takidlab o'tilgan bir necha qurilmalarini kompensatsiya tarmoqi uchun qo'llash.

Qo'llanilayotgan reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmalarini yuqori tannarxiga va bu qurilmalarini mavjud murakkabligiga qarab uni chuqr texnik-iqtisodiy jixatdan taxlil qilishni taqozo qiladi.

Kompensatsiya qurilmalarini elektrenergetik sistema tarmoqlanish va ularni o‘rnatish joylariga nisbatan quyidagi ko‘rinishlarga bo‘linadi: Yakka, guruxlangan va markazlashgan kompensatorlarga.

Rasm 2 da elektr tarmoqlaridagi kompensatsiya qurilmalarini joylashgan o‘rinlarini bir necha turi ko‘rsatilgan. Yakka kompensatorlar – tarmoqdan reaktiv quvvat iste’mol qilayotgan energiya qabul qilgich bilan birqalikda ishlovchi qurilma. Agar tarmoqni to‘la kompensatsiya qilganda ular energiya qabul qilgich va kompensatsiya qurilmasini aktiv energiya iste’molchilarga aylanib qolishardi. Yakka kompensatsiyani asosiy kamchiliklaridan biri bu kompensatsiya qurilmalari o‘chirish holatlarida qo’llanilmaydi. Bu ko‘rinishdagi reaktiv quvvatni kompensatsiyalashni eng maqbولي nochiziq xarakteristikasi buzilgan energiya qabul qilgichlarda qo’llash lozim.



Rasm 2. Kompensatsiya qurilmalari ulanish sxemasi.

a - yakka kompensatsiya; b - guruxlangan kompensatsiya; v - markazlashgan kompensatsiya.

Keyingi yillar davomida mamlakatimizda elektroenergetik tarmoqlar keskin oshib borish markazlashgan kompensatsiyalash kamayishiga sabab bo‘lmoqda.

Chunki katta energiya tarmoqlarida markazlashgan kompensatsiya qurilmalari hamma nuqtalarda ham reaktiv quvvatni kompensatsiyalash imkonni bermayapdi. Ayniqsa nochiziq yuklamali elektrostansiya va podstansiya orasidagi masofa qancha uzoq bo'lsa, liniya ham shuncha ko'p energiya isrof qiladi.

### **1.3.1. Bo'ylama kompensatsiyasi**

Bo'ylama kompensatsiyasining ishlash tamoyilini rasmida keltirilgan vektor diagrammasidan tushunish mumkin.

- a) kondensatorsiz;
- b) kondensator bilan

Tarmokda faqat aktiv  $R_1$  va induktiv  $X_L$  qarshiliklar bo'lganda kuchlanish  $U_2$  ana shu qarshiliklardagi kuchlanish pasayishi tufayli kamayadi. Bunda  $U_2 < U_1$ ,

$$\Delta U = U_1 - U_2 > 0.$$

Sig'im qarshiligi  $X_C$  ulanadigan bo'lsa. uchinchi kuchlanish pasayishi  $I_2 X_C$  hosil bo'ladi. Uning yo'nalishi  $I_2 X_L$  qarama-qarshi bo'ladi.  $I_2 X_C$  qiymatini shunday tanlash mumkinki, natijada  $U_2$  vektori  $U_1$  vektoriga teng bo'ladi (hatto undan katta bo'lishi ham mumkin), ya'ni  $\Delta U = 0$  yoki  $\Delta U < 0$ .

$X_C$  ning qiymati tanlanganda kompensatsiyalanmagan holatda kuchlanish pasayishi  $\Delta U\%$  ga ruhsat etiluvchi kuchlanish yo'qolishi  $\Delta U_{rux}\%$  ga nominal kuchlanish  $U_n$  ga yuklama toki  $I_m$  va  $\sin\varphi_2$  ga nisbatan aniklanadi:

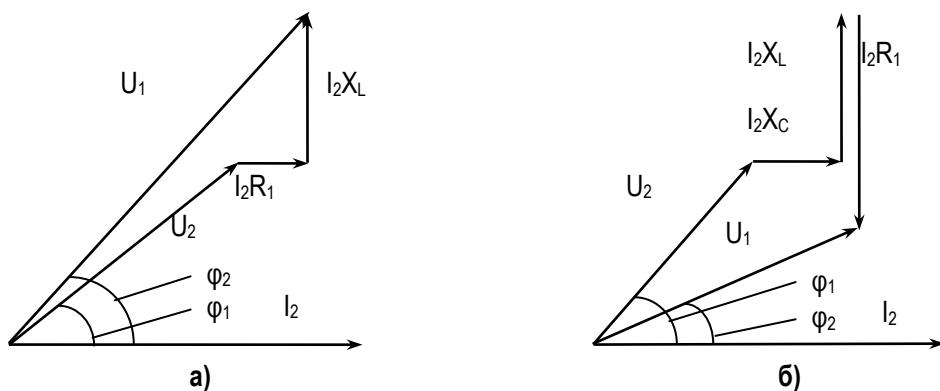
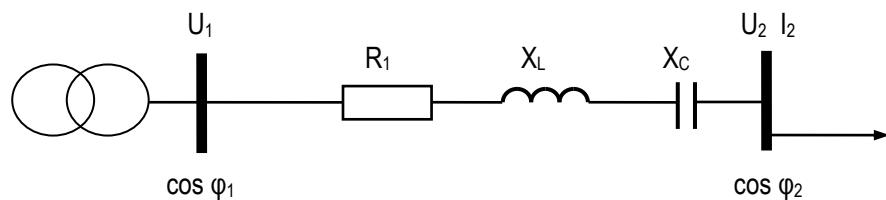
$$X_C = \frac{U_H (\Delta U \% - \Delta U_{don} \%)}{100 \sqrt{3} I_m \sin \varphi_2}$$

Bo'ylama kompensatsiyalovchi qurilmalar afzalliklari quyidagilardan iborat:  
Kuchlanishni avtomatik ravishda boshqarish;

Bir xil quvvatdagi kompensatsiyalovchi kondensatorlarda kompensatsiyaga karaganda sig'im miqdori  $4 \div 6$  marta kam bo'ladi.

Kondensatorlar fakat  $I_2 X_C$  ni qoplash uchun hisoblanadi.

Bo'ylama kompensatsiyalovchi qurilmalarining kamchiliklari:  
Rezonans holatlarining paydo bo'lishi ehtimoli;  
Bo'ylama qisqa tutashuv tokining ko'pligi;  
Qisqa tutashuv tokining yuori darajaliligi.



### 1.3.2. Elektr qurilmalari quvvati koeffisienti

Elektr energiyasi sifatini oshirishda elektr qurilmaning quvvat koeffisienti  $\cos\varphi$  katta ahamiyat kasb etadi. Uning kichik qiymatga ega bo‘lishi elektr tarmog‘ida, generator va transformatorlarda metallarni ko‘p sarflashga, o‘rnatilgan quvvatni to‘liq bo‘lmagan holda ishlatilishga olib keladi. Undan tashqari  $\cos\varphi$  ning kichik qiymatlari quyidagi natijalarga olib keladi;

- elektr motorlari stansiya generatorlari va nimstansiya transformatorlarining kam Samara bilan ishlashga majbur qiladi;
- elektr stansiyadagi birlamchi motorlarni quvvat bo‘yicha to‘liq ishlamaslikka va kichik kiymatdagi foydali ish koeffisientiga ega bo‘lishga olib keladi;
- tok o‘tkazgich simlarda quvvat isrofi ortib ketadi.

Ma’lumki, asinxron motorining ishlashi aylantiruvchi magnit maydoni bilan bog‘liq. Bu maydonni hosil qilish uchun motor magnitlovchi yoki reaktiv tok qabul qilishi zarur. Bu tok motor kirish boshmog‘idagi kuchlanishga nisbatan faza bo‘yicha  $90^\circ$ ga orqada qoladi. Salt ishlagan davrda elektr motorining quvvat koeffisienti  $0,1 \div 0,3$  ga yaqin.

Motor yuklama borgan sari qabul qilayotgan tokning aktiv tashkil etuvchisi o‘sса boradi va magnitlovchi reaktiv tokning nisbiy qiymati kamaya boradi. Shunga

ko‘ra tok va kuchlanish oralaridagi burchak siljishi φ kamaya boradi. Natijada cosφ qiymati ortadi.

Kichik qiymatli motorlar katta quvvatlariga nisbatan kichik qiymatli cosφ larga ega. Bunga sabab – kichik qiymatli motorlarda stator rotor oralig‘idagi havo bo‘shlig‘i σ nisbatan katta va u reaktiv energiyani katta qiymatda talab etadi.

Kichik tezlikda aylanuvchi motorlar kichik qiymatli cosφ ga ega. Buni kichik tezlikda ishlovchi motorlarda qutblar soni ko‘pligi va o‘lchovlarni kattaligi bilan tushuntirish mumkin. Bunga yana sekin aylanuvchi motorlar havo bo‘shlig‘i kattaroq qilib qabul qilishi ham sababchi buladi.

Xalqa kontaktli elektr motorlari qisqa tutashgan rotorlilariga qaraganda (3–4)% ga kam miqdorda cosφ ga egalar. Bu yerda ham bu holat kontakt halqali motorlar havo bo‘shlig‘i qisqa tutashgan rotorliligiga qaraganda kattaroq qilib olinishi bilan izoxlanadi.

Elektr motorlarini normal holda ekspluatatsiya qilish cosφ qiymatiga katta ta’sir ko‘rsatadi. Motorlar kam yuklama yoki o‘ta yuklama bilan ishlaganda cosφ qiymati keskin kamayib ketadi. Noto‘g‘ri yoki sifatsiz bajarilgan ta’mirlov ishlari ham cosφ qiymatini pasaytirib yuboradi.

Quvvat koeffisienti qiymatiga kuchlanishning og‘ishi va tebranishi ham ta’sir ko‘rsatadi. Kuchlanish qiymati ko‘tarilganda cosφ kamayadi, pasayganda esa kutariladi. Bunga asosan magnitlovchi tok sababchi bo‘ladi.

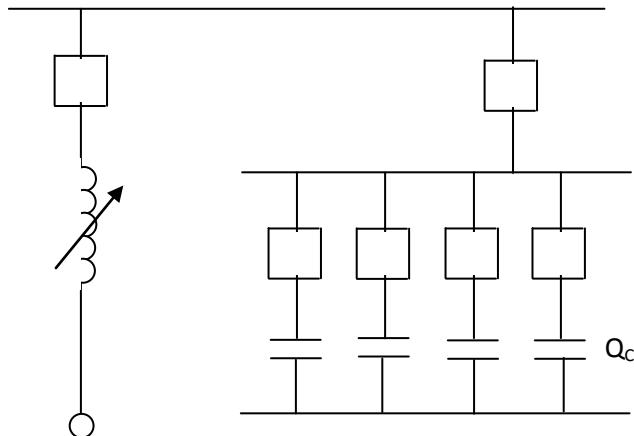
#### **1.4. Uzatish liniyalaridagi iste’molchilar uchun quvvat koeffisienti qiymatini oshirish usullarini tahlili**

Elektr texnika qurilmalar quvvat koeffisienti qiymatini tabiiy va su’niy usullar orqali oshirish mumkin.

*a) tabiiy usullar* bu – qo‘shimcha texnik vositalar talabetmaydigan bir qancha choralar ko‘rishdan iborat va ular quyidagilar:

1. Elektr yuritmalarini loyihalash davrida iloji boricha quvvati talab etuvchi qiymatidan uncha katta bo‘lmagan quvvatli mrtorni tanlash. Ma’lumki, quvvat

bo'yicha katta zahiraga ega bo'lgan motor ham doim kichik quvvat bilan ishlaydi va tabiiy cosφ – kichik qiymatni tashkil etadi;



mexanizmga ishllayotgan motor kuchlanishini pasaytirish lozim. Masalan: stator chulg'amlari burchak sxemasi bilan ishlyvchi motorlarni yulduz shakliga o'tkazib ishlatish;

4. Imkonni bo'lgan joylarda asinxron motorlarni sinxron bilan almashtirish. Bunda sinxron mashina uyg'otish chulg'ami tokiga ta'sir etib cosφ qiymatini rostlash mumkin;

5. Motorlar salt ishlashini kamaytirish maqsadida cheklagichlar o'rnatish (masalan metal qirgich stanoklarida);

6. Kam quvvat bilan ishlayotgan nimstansiya transformatorlarini tegishli quvvatli transformatorlar bilan almashtirish yoki boshqa nimstansiyasidagi kam quvvatli transformatorlarga utkazib ishlash;

7. Elektr motori va transformatorlarni ta'mirlash sifatini ko'tarish.

b) su'niy usullar. Tabiy usullar cosφ qiymatini ko'tarishda katta ahamiyat ega bo'lsada, biroq hamma vaqt ham cosφ ning yetarli darajadagi yuqori qiymatlarini ta'minlab bera olmasligi mumkin. Bunday xollarda cosφ ning qiymatini sun'iy yo'llar bilan ko'tarishga tug'ri keladi. Qo'yida ana shu su'niy usullarga to'xtalamiz:

1. Maxsus tezkor sinxron krmpensatorlar (SK).

Yuklama zarbaviy tavsifga ega bo'lganda kuchlanish og'ishini kamaytirish maqsadida tezkor tiristorli uyg'onish tizimiga ega bo'lgan sinxron kompensatorlar qo'llaniladi. Bunda uyg'onish chulg'ami keng ko'lamda tizim parametrlarini o'ta

tezlik bilan amalga oshira oladigan bo‘lishi kerak. SK ning ishlash rejimi reaktiv toka nisbatan «kuzatuv rejimida» ishlaydi. SK quvvati yuklama grafikiga qarab aniqlanadi.

Reaktiv tok qiymatini shunday rostlanadiki, natijada sig‘im reaktiv toki yuklama zarbaviy reaktiv tokiga to‘g‘ri kelsin;

2. Sinxron motorlar. Keskin zarbaviy o‘zgaruvchan yuklamada hosil bo‘ladigan kuchlanish og‘ishini cheklash maqsadida sinxron motorlar ham qo‘llaniladi. Bunda sinxron motor yetarli quvvatga va tezkor uyg‘onish tizimiga ega bo‘lishi lozim;

3. Statik reaktiv quvvat manbalari. Ular yuqori tezkorlik, reaktiv quvvatni mayinlik bilan o‘zgartirish va inersiyasizlik bilan tavsifланади.

RKM uzining tezkorligi, reaktiv kuvvatni ravon uzgartirishi, inersiyasizligi bilan xarakterланади.

Misol sifatida rasmda parallel ulangan rostlanuvchi induktivlik va rostlanmaydigan sigimlardan iborat statik RKM keltirilgan. Induktivlik sifatida kushimcha magnitlanvchi boshkaroiluvchi reaktir, sigim sifatida kondensator batareyasi kabul kilingan.

RKM ning umumiyl kuvvatni:

$$Q=Q_L-Q_C$$

bu yerda:  $Q_L$  – reaktor iste’mol kiladigan kuvvat,

$Q_C$  – kondensator batareyasi xosil kiladigan kuvvat.

RKM oniy kuvvatining kiymati va yunalishi rostlanadigan  $Q_L$  kuvvatga boglik.  $Q_s$  ning kuvvati kutilayotgan reaktiv kuvvatga teng yoki ozrok kichik mikdorda tanlanadi. Reaktiv kuvvat kuyilganda RKM kuvvati  $Q_s$  ga teng bulgan maksimal kuvvatgacha ortadi, reaktiv kuvvat tanlanganda esa maksimal kuvvatgacha kamayadi.

## **1.5. Reaktiv yuklamalar uchun o‘rnini qoplash qurilmalari, ularning sxemalari, konstruksiyalari va asosiy ko‘rsatkichlari**

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

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

Kondensator batareyalarining iqtisodiy ko‘rsatkichlari quyidagicha:

- 1). Solishtirma quvvat yo‘qotishlari 380 V da  $R_{sol}=4$  Vt/kVar; 6–10 kV da  $R_{sol}=2-2,5$  Vt/kVar.
- 2). Yuqori kuchlanishli kondensatorlarning solishtirma qiymati past kuchlanishli kondensatorlarga qaraganda arzonroq.

Hozirgi paytda komplekt kondensator qurilmalari (batareyalari) ishlataladi. Ularning quvvati bir nechta pog‘onada rostlanishi mumkin. Pog‘onalar soni 2–5 tagacha bo‘ladi. Loyihalarda ko‘p ishlataladigan 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 rostlash mumkin; 0,38–kuchlanish kV); 110,150 160),220,300320)–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 ishlataladi KU–450; 600; 900–xona ichida o‘rnatish uchun, KUN–450; 600; 900 (tashqarida o‘rnatish uchun).

Elektr yuritma uchun ishlataladigan 6–10 kVli sinxron motorlarning qo‘zg‘otish rejimlarini ko‘rib chiqamiz.

Agar SM ning qo‘zg‘otish toki  $i_q$  o‘zining nominal qiymati  $i_{q,n}$  dan kichik bo‘lsa  $i_q < i_{q,n}$ ), u AD singari ishlab, tarmoqdan reaktiv quvvatni iste’mol qiladi. Bu kam qo‘zg‘otish rejimi deyiladi.

$i_q = i_{q,n}$  bo‘lsa, SM tarmoqdan reaktiv quvvat olmaydi va bermaydi, bunda  $\cos\varphi=1$  ga teng bo‘ladi.

$i_q > i_{q,n}$  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‘sishcha aktiv quvvat yo‘qotishlari paydo bo‘ladi:

$$\Delta R_{sm} = \frac{D_1}{Q_n} \cdot Q + \frac{D_2}{Q_n^2} \cdot Q^2 \quad (5)$$

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.

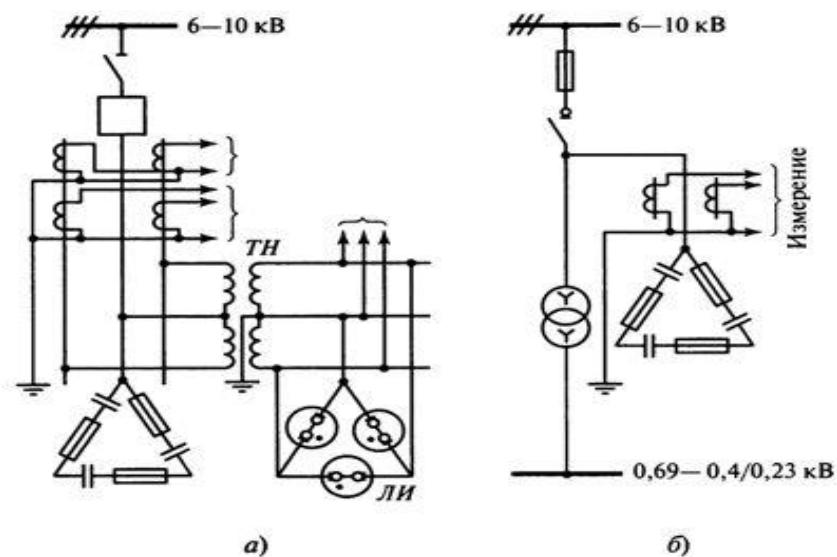
$Q_n$ —motorning nominal reaktiv quvvati, kVar (pasport qiymati);

$Q$ —motordan olinayotgan reaktiv quvvat, kVar;

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

$$Q_{CD} = \frac{\alpha_m \cdot P_n \cdot \operatorname{tg}\varphi_n}{\eta_n} \quad (6)$$

Bu yerda:  $R_n$ —motorning nominal quvvati;  $\alpha_m$ —1.1–1.4—motor konstruksiyasiga bog‘liq bo‘lgan koeffisient,  $\eta_n$ —foydali ish koeffisienti.

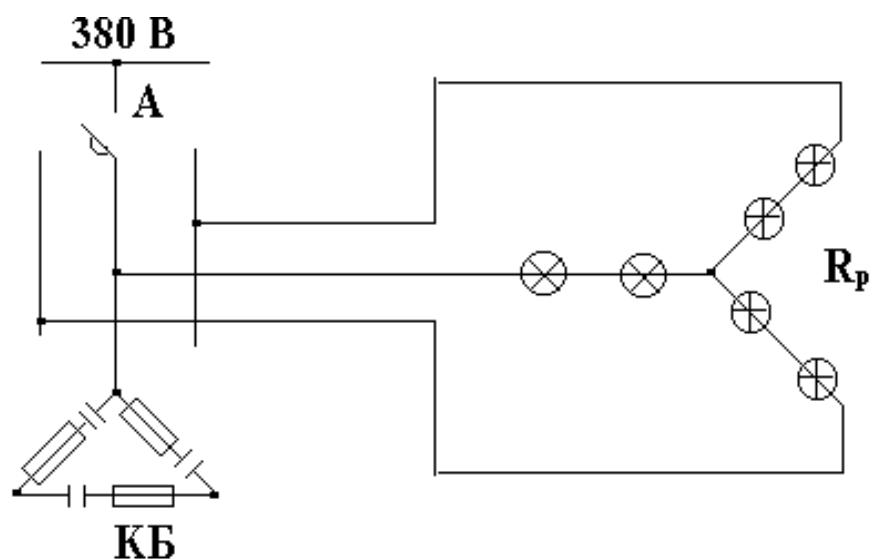


3-rasm. 6–10 kV li kondensator batareyalarining ulanish sxemalari

Bu yerda:  $R_f$  – razryad qarshiligi

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 qurilmalarning sxemalarini ko'rib chiqamiz. 3-rasmdagi a-sxemada YuK kondensator batareyasini uzgich orqali ulanishi keltirilgan. Razryadlash qarshiligi sifatida 2 ta 1 fazali kuchlanish transformatori ishlataladi. b-sxemada PK kuchlanishli kondensator batareyasini ulanishi ko'rsatilgan bo'lib, razryad qarshiligi sifatida cho'g'lanma lampalar ishlataligan.



4-rasm. 380 V kuchlanishda markazlashgan o'rmini qoplash sxemasi.

4—rasmdagi markazlashtirilgan o‘rnini qoplash sxemasi keltirilgan bo‘lib,  $R_r$  sifatida cho‘g‘lanma lampalar qo‘llanilgan. Lampalarni yulduz usulida har bir fazaga ketma—ket 2 tasini ulash ulardag‘i kuchlanishni 110 V gacha kamaytirib, ishslash muddatini oshiradi.

## **2-BOB. O'ZGARTGICH QURILMALI ELEKTR TA'MINOT TIZIMLARIDA REAKTIV QUVVATNI KOMPENSATSIYALASH.**

### **2.1. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalashdagi kondensator batareyalarini qo'llashda yuzaga keluvchi texnik noqulaylik.**

Elektr ta'minotida ventel o'zgartgichlarini keng qo'llashda ularni ta'minlash tarmoqiga ta'sirini kamaytirish birinchi navbatda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash savolini yechishdagi asosiy muommolardan biri bo'lib qolmoqda. Ma'lumki, reaktiv quvvatni kompensatsiya uchun kondensator batareyalaridan foydalanish ayniqsa keng qo'llaniladi. Bu ularni boshqa tur reaktiv quvvat kompensatorlari oldida bir muncha afzalliklarga egaligidan dalolat beradi. Qat'iyat bilan aytildiki ularni yuqori va past kuchlanishlarga mosligi kichik aktiv quvvat iste'moli ( $0.0025\text{-}0.005\text{kVt/kVar}$ ) eng kam solishtirma narxini ( $1\text{kVar}$  uchun), oddiy ekspulatatsiyasi; oddiy ishlab chiqarish montaji; har qanday quruq binolarda o'rnatilishiga mosligi bu ularning eng katta avfzaliklaridir.

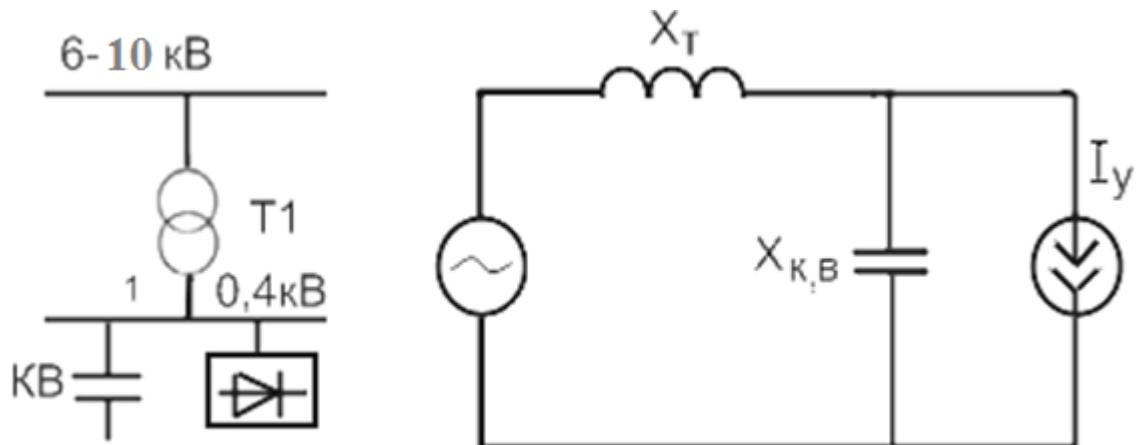
Ammo nochiziq yuklamalarda paydo bo'ladigan yuqori garmonikalari bo'luvchi tarmoqlarda, oddiy reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmalarni qo'llashda ayrim texnik noqulayliklarga egaligini ko'rsatib o'tamiz.

Keskin o'zgaruvchan reaktiv quvvatni kompensatsiyalash uchun kondensator batareyalari bilan birga mexanik o'chirgichlar yordamida uning seksiyasini o'chirish va yoqish yo'lida noqulaylik bilan ko'rsatiladi. Bu yana uning yuqori tan narxi, mexanik o'chirgichni past mustaxkamligi bilan xarakterlanadi. Bundan tashqari ta'minlash tarmoqida kondensator batareyalarni yoqishda sodir bo'ladigan katta tokli kommutatsion zarbalar va nochiziq yuklamalarda paydo bo'ladigan yuqori chastota garmonikalari kondensator batareyalari uchun yoqimsiz hollatlar bilan izohlanadi. Ta'minlash tarmoqlaridagi yuqori garmonikalarni kondensator batareyalarini ish protseslarini tadqiq qilishda ayniqsa ventel o'zgartgichlarini qo'llashdagi elektrlashgan temir yo'l tarmoqlardagi kondensator batareyalari ishlatishda amaliy axamiyatga egadir.

Kondensatorda o'ta yuklanish toklari 30% gacha, kuchlanish esa 10% gacha oshirishga ruxsat beriladi. Amalda esa rezanans hisobiga yuklama toki 400%-500% gacha yetish mumkin. Kondensator batareyalarini quvvat va o'rnatish joyini

tanlashda nochiziq yuklamada hosil bo‘ladigan rezanans kuchlanish va tokini hisobga olish zarur bo‘ladi. Nosinusoidal kuchlanish sharoitidagi kondensator batareyalarini ishini ko‘rib chiqishda ta’minlash tarmoqini yuqori garmonikasi bilan kondensator batareyasini o‘zaro mosligini hisobga olish zarur.

1-rasmda tiristorli o‘zgartgich taminlanayotgan va reaktiv quvvatini kompensatsiyalash uchun o‘rnatilgan kondensator batareyalarini taqsimlash tarmoqi ko‘rsatilgan.



1-rasm. O‘zgartgich transformatoriga ulangan kondensator (a) va unialmashish sxemasi (b)

Korxonalar ish tajribasidan ma’lumki, nosinusoidal kuchlanishli tarmoqlarda qo‘llanilayotgan kondensator batareyalari qavarish va yeyilishlar hisobga ko‘p hollarda ishdan chiqadi. Kondensatorlarni tez ishdan chiqishga ularni toklari yuqori garmonika yuklamalarini ta’minlagandan, kondensator batareyalari tarmoqni chastota xarakteristikasini o‘zgarish hisobiga sodir bo‘ladi. Shunday qilib ventil o‘zgartgichli elektr tarmoqdagi reaktiv quvvatni kompensatsiyalash uchun foydalanish muammolidir. Har bir bir holat uchun guruh rezanans garmonika batareyalarini yuklamasi uchun hisoblashni talab qiladi. Bunday hisoblashlarni ayniqsa kondensator batareyalarini kichik sig‘imi qurilmalarida garmonikagacha bo‘lgan jarayonni yuqori aniqlikda bo‘lishi kerak.

## **2.1.1.Elektr tarmoqlaridagi kuchlanish tebranishi to‘g‘risida umumiylumotlar**

Elektr iste’molchilar tez o‘zgaruvchan zarbiy yuklama bilan ishlaganda elektr tarmog‘ida iste’mol qilayotgan quvvatda kuchli silkinish sodir bo‘ladi. Buning natijasida elektr tarmoqda kuchlanish katta ko‘lamda o‘zgaradi. Bu o‘zgarishlar prokat, mexanizm yuritkichlari, yoyli elektr pechlar, payvandlash mashinalari ishlashi oqibatida bo‘ladi. Natijada shu tarmoqqa ulangan boshqa ishlariga ham manfiy ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, kontakt payvandlash mashinalarida hatto juda kichik vaqt ichida kichik tebranish ham payvand choki sifatiga ta’sir ko‘rsatadi.

Kuchlanish tebranish vaqtida, agar kuchlanish nominaldan 15% dan tushib ketsa, u holda ishlayotgan elektr yuritkichlarda magnit yurgizuvchilar uchib qolishi mumkin. Sinxron yuklamaga ega korxonalarda kuchlanish tebranishi elektr yuritmani sinxronizmdan chiqarishi va natijada texnologik jarayonning buzilishiga sabab bo‘ladi.

Kuchlanish tebranishi yoritish uskunalariga ham yomon ta’sir ko‘rsatadi. Buning natijasida mashinalar uchib yonadi. Lampalarning o‘chib yonishi insonlarga uzoq vaqt davomida ta’sir etishi mumkin.

Keskin o‘zgaruvchi yuklamalar bilan ishlaydigan yirik sinxron motorlarida kuchlanish tebranishi metodlarni o‘tkinchi rejimda ishlashga majbur qiladi va natijada u qabul qiladigan quvvat nominaldan ortiq bo‘ladi.

Elektr tizimida kuchlanish tebranishi natijasida aktiv quvvatning  $\Delta R$  va reaktiv quvvatining  $\Delta Q$ ga ortishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma U = \frac{\Delta P_z \pm \Delta Q_x}{S_k z} = \frac{\Delta P \frac{r}{x} + \Delta Q}{S_k \frac{z}{x}}$$

bunda  $\sigma U$  – nisbiy birlikdagi kuchlanish yo‘qotilishi;

$\Delta P$  va  $\Delta Q$  – uch fazali elektr iste’molchilarining aktiv va reaktiv quvvatlar o‘zgarishi;

$r$  va  $x$  – fazalar aktiv va reaktiv qarshiliklari;

$z$  – to‘liq qarshilik;

$S_k$  – kuchlanish tebranishi tekshirilayotgan nuqtadagi qisqa tutashish quvvati.

Elektr tarmog‘i elementlari aktiv va reaktiv qarshiliklar nisbati  $\frac{r}{x}$

quyidagicha:

Havo liniyalari (110, 220kV)	0,125÷0,5;
Kabel liniyalari (6, 10kV)	1,25 ÷5;
Tok o‘tkazgichlari (6÷10kV)	0,04÷0,11;
Transformatorlar (2,5÷6,3)	0,06÷0,143;
Transformatorlar (63÷500MVA)	0,02÷0,05;
Reaktorlar (6÷10, 1000A gacha)	0,02÷0,067;
Par turbinali generatorlar (12÷60 MVt)	0,012÷0,02;
Par turbinali generatorlar (100÷500 MVt)	0,0075÷0,01:

Taqsimlovchi tarmoqlardagi nimstansiyalar 0,067 va yuqori.

Shunday qilib, kuchlanish o‘zgarishi ko‘lamni asosan ta’minlovchi manbaning qisqa tutashish vaqtidagi quvvati bilan aniqlanadi.

Tarmoqdagi kabellardan tashqari barcha elementlarning aktiv qarshiliqi induktiv qarshiliklardan kichikdir. Shuning uchun  $r/x$  ning natijaviy ifodasi deyarli ta’sir ko‘rsatmaydi. Bu holda tez o‘zgaruvchan zarbiy yuklama hosil qiladigan kuchlanish tebranishini hisoblash osonlashadi.

Kuchlanish tebranishini hisoblashda yuqoridagi keltirilgan  $r/x$  munosabat o‘rtacha  $0,1÷0,03$  chegarasida yotadi. Bunda  $z/x$  munosabati taxminan 1 ga teng.

$$\delta U = \frac{(0,1 \div 0,03) \Delta P \pm \Delta Q}{S_K}$$

Shu holatlarni hisobga olgan holda tarmoqdagi  $r/x$  elementlarning kichik munosabatini nazarda tutib, aktiv qarshilikni hisobga olmasak ham bo‘ladi. U holda kuchlanish tebranishini soddaroq formula orqali aniqlasa bo‘ladi:

$$\delta U = \pm \frac{\Delta Q}{S_K}$$

Shunday qilib kuchlanish o‘zgarishi ko‘lami asosan ta’minlovchi manbaning qisqa tutashish vaqtidagi quvvati bilan aniqlanadi.

### **2.1.2. Kuchlanish tebranishini chegaralovchi uskunalar**

Birinchi navbatda eng kam qo‘sishimcha sarf–harajatlar talab etadigan quyidagi elektr ta’mnoti sxemasining optimal (qulay) yechimlari ko‘zda tutilgan:

–yuqori kuchlanish manbalarini keskin o‘zgaruvchan yuklamali elektr qabul qiluvchiga yaqinlashtirish;

–keskin o‘zgaruvchi va sokin yuklamalari ayrim transformator–lardan ta’minalash;

–keskin o‘zgaruvchi yuklamali elektr qabul qiluvchilarni ta’minlovchi tarmoqlardagi qisqa tutashuv quvvat optimal darajasini 750–10000 MVA chegarasida ushlab turishga erishish.

Agarda bu tadbirlar yetarli bo‘lmasa, u holda kuchlanish o‘zgarish ko‘lamini kamaytirish uchun maxsus qurilma va uskunalarni qo‘llash ko‘zda tutiladi.

Maxsus tez ishlaydigan sinxron kompensatorlar (SK).

Kuchlanish tebranishi chegaralaydigan eng samarador vositasi bo‘lib tezkor tiristorli qo‘zgatkichli, qo‘zg‘atishni bir necha barobar tezlash–tiradigan, elektr energiya iste’molchisiga ulangan va qo‘zg‘atish rejimida ishlaydigan maxsus ko‘rsatkichli turtki yuklamali sinxron kompensatori (SK) hizmat qiladi. SK ning quvvatini kompensatsiya qilinuvchi ob’ekt–ning yuklama grafigi parametrlaridan kelib chiqqan holda aniqlanadi.

Reaktiv tokni rostlash shuni ko‘zda tutiladiki, bunda SK ning sig‘imli reaktiv toki induktiv xarakterga ega bo‘lgan turtki reaktiv yuklamaga mos kelishi kerak.

Sinxron dvigatellar. Keskin o‘zgaruvchan turtki yuklamalarda kuchlanish o‘zgarishi ko‘lamini chegaralash uchun ventil o‘zgartkichlar bilan umumiy shinaga ulanadigan sokin yuklamali sinxron dvigatellardan (SD) foydalaniлади.

Bunda SD kerakli darajadagi quvvatga, eng yuqori darajadagi tezkor qo‘zg‘atishga (tiristorli) va qo‘zg‘atishni avtomatik rostlaydigan tezkor qurilmaga ega bo‘lishi darkor.

### **2.1.3.Kuchlanish va toklar shakllari nosinusoidalligining elektr jihozlari ishlariga ta'siri**

Hozirgi zamon sanoat korxonalari yuklamalarining volt–amper tavsiflari nochiziqiy o‘zgarishga ega. Ular qatoriga tiristorli o‘zgartgichlar, yoy va kontaktli payvandlagichlar, elektr yoyli po‘lat eritgichlar, rudatermik pechlar va gaz razryadli lampalarni qo‘sish mumkin. Bu yuklamalar tarmoqdan oladigan toklarining shakllari nosinusoidal bo‘lib, tarmoq kuchlanishi shakliga nochiziqiy tavsif kiritadi, ya’ni, nosinusoidal kuchlanishlar keltirib chiqaradi.

Nosinusoidallik rejimidagi ish kuch elektr jihozlari, rele himoyasi, avtomatika, telemexanika va aloqa ishlariga ta’sir ko‘rsatadi, natijada ularning energetik ko‘rsatkichlarini yomonlashtiradi, ishslash puxtaliklarini pasaytiradi, elektr jihozlar ishslash muddatlarini kamaytiradi.

Nosinusoidallik tufayli kelib chiqadigan muammolarni hal qilishlik quyidagilarni bajarish bilan belgilanadi:

–yuqori garmonika manbalarining yuklamalar bilan ishlay olish qobiliyatlarini baholash;

–har xil nochiziqiy yuklamalar kelitirib chiqarayotgan yuqori garmonikalarni son nuqtai nazaridan baholash va elektr tarmog‘ida hosil bo‘luvchi yuqori garmonikalarni bashorat qilish;

–hosil bo‘layotgan yuqori garmonikalar darajasini pasaytirish.

Ma’lumki,  $2\pi$  davr bilan o‘zgaruvchi nosinusoidal funksiya  $f(\omega t)$  Dirixle shartlariga rioya qilsa, uni o‘zgarmas son bilan birga butun qiymatli chastotalarga ega bo‘lgan sinusoidal qiymatlar qatori yig‘indisi bilan almashtirish mumkin. Bunday sinusoidal tashkil etuvchilar *garmonikalar* deb yuritiladi.

Agar sinusoidal tashkil etuvchining davr qiymati nosinusoidal funksiya davr qiymatiga teng bo‘lsa, u *asosiy garmonika* deb ataladi. Sinusoidaning boshqa tashkil etuvchilarining chastoatalari ikkidan  $n$  gacha bo‘lishi mumkin va ular yuqori garmonikalar hisoblanadi.

Fure teoremasiga asosan  $f(\omega t)$  funksiyasining oniy qiymati quyidagicha tasvirlanishi mumkin:

trigonometrik qator bilan

$$f(\omega t) = A_0 + \sum_{v=1}^n (a_v \cos v\omega t + b_v \sin v\omega t)$$

bunda  $A_0$  – o‘zgarmas qiymatli tashkil etuvchi;

$v$  – garmonika tartibi;

$a, b$  – Fure qatori koeffisientlari;

$n$  – hisobga olinuvchi garmonikalarning eng oxirgisi tartib raqami.

Fure qatori koeffisientlari quyidagi formulalar bilan ifodalanadi:

$$a_v = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cdot \cos(v\omega t) \cdot d\omega t ;$$

$$b_v = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cdot \sin(v\omega t) \alpha \omega t .$$

$v$  nchi garmonika amplitudasi

$$A_v = \sqrt{a_v^2 + b_v^2} .$$

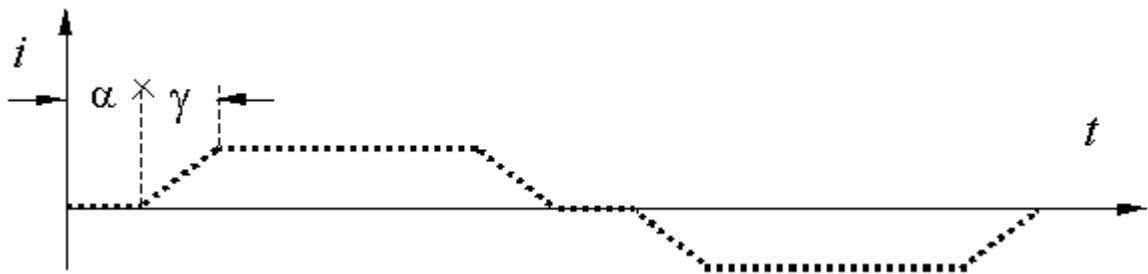
Shu garmonikaning boshlang‘ich fazasi

$$\varphi_v = \arctg \left( \frac{b_v}{a_v} \right)$$

Yuqori garmonika toklari elektr tarmog‘i elementlaridan o‘tib, shu elementlar qarshiliklarida kuchlanishni pasaytiradi. Natijada sinusoida asosiy kuchlanishida uning shakl o‘zgarishiga sababchi bo‘ladi.

#### **2.1.4. Yuqori garmonikalarning asosiy manbalari**

Ventilli o‘zgartgichlar. Yarim o‘tkazgichli qurilmalar metallurgiya zavodlari va kimyo sanoatida keng qo‘llaniladi. Korxonalarda o‘zgarmas tok turini qo‘llovchilarga rostlanuvchi elektr yuritma, elektroliz qurilmalari, galvanik vannalar, elektrlashtirilgan temir yo‘l transporti, magnitli separatorlar va boshqa texnologik qurilmalar kiradi. Sanoat korxonalarida eng ko‘p tarqalgan qurilma bu – uch fazali ko‘priksimon sxemali o‘zgartgichlar. Bu sxemalar asnosida ko‘priki murakkab sxemali o‘zgartgichlarni ko‘rish mumkin.



Ko‘priksimon o‘zgartgichlar uchun ular transformatorlari birlamchi chulg‘amlari yulduz shaklida tarmoq tokining shakli rasm 5, 6–1 dagi kabi o‘zgaradi.

Shakl o‘zgarishi boshqarish burchagi  $\alpha$  va kommutatsiya burchagi  $\gamma$  ga bog‘liq.

Tarmoq toki garmonikasi tartibi (nomeri) quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$v = kp \pm 1,$$

bunda  $p$  – o‘zgartgich fazalari soni;

$$k = 1, 2, 3, \dots$$

Ko‘priksimon o‘zgartgichda  $p = 6$ ,  $v = 5; 7; 11; 13; 17; 19; 23; 25\dots$

$v$  nchi garmonika amplitudasi

$$I_{vm} = \sqrt{I_{va}^2 + I_{vp}^2},$$

bunda

$$I_{va} = \frac{2\sqrt{3}E_m}{v\pi x_k} \sin \frac{v\pi}{3} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{v+1} \sin \left[ (v+1) \frac{\gamma}{2} \right] \sin [(v+1)\Psi] - \frac{1}{v-1} \\ \sin \left[ (v-1) \frac{\gamma}{2} \right] \sin [(v-1)\Psi] \end{array} \right\}$$

$$I_{vp} = \frac{2\sqrt{3}E_m}{v\pi x_k} \sin \frac{v\pi}{3} \left\{ \begin{array}{l} -\frac{1}{v+1} \sin \left[ (v+1) \frac{\gamma}{2} \right] \cos [(v+1)\Psi] + \frac{1}{v-1} \\ \sin \left[ (v-1) \frac{\gamma}{2} \right] \cos [(v-1)\Psi] \end{array} \right\}$$

Bu yerda:  $E_m$  – ta’minlovchi energiya tizim EYuK amplitudasi;

$\Psi = \alpha + \frac{\gamma}{2}$  – E.Yu.K. va tarmoq toki birinchi garmonikasi orasidagi burchak siljishi.

$v$  – nchi garmonika boshlang‘ich fazasi siljishi

$$\Psi_v = v\Psi .$$

Amaliy hisoblarda  $\Psi$  ni quyidagicha aniqlash qulayroq:

$$\Psi = \arccos \frac{U_d}{U_{do}},$$

Bu yerda:  $U_d$  va  $U_{do}$  – to‘g‘rilangan kuchlanish o‘rtacha qiymatining yuklama bilan va salt ish rejimlaridagi qiymatlari.

O‘tkazilgan tadqiqotlardan ma’lumki, o‘zgartgichning birlamchi toklar tarkibida kanonik garmoniklar ( $v=5, 7, 11, 13, 17, 19\dots$ ) bilan bir qatorda kanonik bo‘limgan yoki anormal garmonika ( $v=2, 3, 4, 6, 8\dots$ ) lar ham bo‘ladi. Anormal garmonikalarning paydo bo‘lishiga asosiy sabab barcha boshqaruv tizimlarga xos bo‘lgan boshqaruv impulslarining asimetrik bo‘lishlidir. Kanonik garmonikalarga nisbatan anormal garmonikalar amplitudalari uncha katta emas.

Uch fazali ko‘priksimon o‘zgartgichlar bazasida ularning bir qancha sxemalarini yaratish mumkin, masalan:

- ventil yuritkich asosida tiristorli elektr yuritma;
- asinxron ventilli kaskad;
- kompensatsiyalangan ventilli elektr yuritma;
  - chastotasiga ko‘ra boshqariluvchi asinxron yuritkich.

## 2.2. Maxsuslashgan yuklamali tarmoqlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashning axamiyati

Yuqorida takidlab o‘tganimizga asosan, maxsus yuklamalarda (nochiziq, nosimetrik va keskino‘zgaruvchan yuklamalar) reaktiv quvvatni kompensatsiyalashda quyidagi xulosalarga kelamiz. Iste’molchini past quvvat koeffisienti va keskin o‘zgaruvchan yuklama tavsifiga asosan o‘zgarmas hamda o‘zgaruvchan tashkil etuvchilaridan foydalanish zarur.

Reaktiv quvvatni o‘zgarmas tashkil etuvchini ko‘rsatkichini yaxshilash  $\cos\varphi$  ni oshirish uchun va ta’minlash tarmog‘ini kuchlanishni og‘ishni kamaytirishga

sabab bo‘ladi. Reaktiv quvvatni o‘zgaruvchan tashkil etuvchisini kompensatsiyalash ta’minlash tarmoq kuchlanishini tebranishlarni kamaytirish uchun zarur bo‘ladi.

1. Tarmoqdagi tez o‘zgaruvchan reaktiv quvvatni o‘zgarishda, quvvatni qo‘sishimcha olish va tushish tezlikka mos bo‘lgan reaktiv quvvatni tezligini o‘zgarishini boshqaruvchi tez harakatlanuvchi kompensatsiya qurilmalaridan foydalanish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

2. Reaktiv quvvatni fazalar bo‘yicha boshqaruvchi kompensatsiyalovchi qurilmalari bo‘lishligi.

3. Keskin o‘zgaruvchan ventil yuklamasi tarmoqdagi reaktiv quvvatni doimiy tashkil etuvchilarida kondensator batareyalarini qo‘llashni cheklaydi.

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi tok va kuchlanishni yaxshilovchi texnik qurilmalarni asosiysi quyidagilar bo‘ladi.

A) Sinxron kompensatorlar.

B) Tiristorli reaktiv quvvat kompensatorlari.

V) Passiv filtr kompensatsiyalash qurilmalari.

D) Parametrik tok ta’minlagichi.

Ye) Yuqori energetik ko‘rsatkichi to‘g‘irlagich agregati.

Hozirgi kunda bu tur kompensatorlar orasidagi statik kompensatorlarni ustida tadqiqod va yangi qurilmalar ustida ish olib borilmoqda.

Amalda esa filtr kompensatsiyalash qurilmalardan foydalanish hisoblash uslub va sxema yechimlarini takomillashtirish ustida kengroq olib borilmoqda.

Elektr tarmoqlarda kuchlanish sifatini oshirish uchun yangi yo‘nalishdagi aktiv kuch filrlash qo‘llanmoqda. Bu tur filrlarni tok bazasi sxema turidan foydalangan holda yaratishimiz mumkin.

### **2.3. Statik tiristorli reaktiv quvvat kompensatorlari**

Keskin o‘zgaruvchan yuklamalarda statik reaktiv quvvat kompensatorlarini qo‘llash reaktiv quvvat boshqaruvida ancha samarali bo‘ladi. Bunda energiya sistemani mustahkamligi oshishi, elektr qurilmalarni texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlar ham oshadi va bular birga uning ish vaqtini uzoqlashishiga sabab bo‘ladi.

Hozirgi kunda ko‘p sondagi variantlar sxemasini mavjud 3-guruhiba ajratishimiz mumkin.

1. O‘zgarmas tok tomonidagi induktiv yig‘gichli reaktiv quvvatni ko‘priq manbai.
2. Nochiziq volt-amper xaracteristikasi to‘yingan reaktori.
3. Chiziqli volt-amper xarakteristikali reaktor va ketma-ket ulangan qarshi paralel boshqaruvchi ventel.

Statik reaktiv quvvat kompensatorlari bir vaqtning o‘zida asosiy chastota reaktiv quvvatni kompensatsiyalash va yana kuchlanish simmetrik tasdiqlash tashkil etadi. Ular reaktiv quvvatni boshqarishni ta’minlovchi boshqarish qismidan va energetik filtrlardan iboratdir.

Statik kompensator qurilmalar quyidagi bir necha afzallikkarga ega.

1. Reaktiv quvvat o‘zgarishni yuqori tez harakatlanuvchanligi.
2. Reaktiv quvvatni boshqarishni ta’minlovchi oralig‘i.
3. Reaktiv quvvatni iste’moli va boshqarish imkoniyati.
4. Ta’minlovchi kuchlanishning minimal buzilishi.

Statik kompensator qurilmalari asosiy elementlari kondensator va drossel bo‘lib elektromagnit energiyani yig‘uvchi va uni keskin o‘zgaruvchanligini taminlaydi. Statik reaktiv quvvat kompensatorini ish prinsipi o‘zgartgich to‘g‘rilagan tokni induktivligi magnit energiya bilan taminlab, tarmoqda o‘zgaruvchan tokdan quvvat koeffisientini oldinga o‘tkazishga mo‘ljallangan.

Statik tiristorli kompensatorlarni dunyo bo‘yicha ishlab chiqarishni oshishdan uni ma’lum kompensatorlarda bilan aloqasidagi avfzaliklarini ko‘rsatib o‘tamiz.

Bu energiya tizimidagi bir qancha dolzarb muommolarni yechishga sabab bo‘lmoqda. Bu muommolar turi joylardagi elektr energiyani reaktiv quvvatni kompensatsiyalash zaruriy hisoblarini va uzun liniyalardagi oraliq podstansiyalar iste’molchi kuchlanishlarini barqarorlashtirish, iste’molchi elektr ta’minot tarmoq va elektr uzatish liniyalarida isrofni kamaytirish, elektr uzatish liniyasi o‘tkazish qobiliyatini oshirishdan iborat bo‘ladi. Statik kompensator qurilmalari tez xarakat

tashuvchi sinxron kompensator qurilmalariga nisbatan bir qancha afzallikkarga ega. Asosiy afzalliklaridan biri uni tez harakatlanuvchanligidir.

Jadval 1.

Kompensatsiyalovchi qurilmalarni parametrlarini taqoslash.

Taqoslash parametrlari	Maxsus sinxron kompensatorlari	Statik kompensatsiya qurilmalari	
		Bevosita kompensatsiyalovchi	Bilvosita kompensatsiyalovchi
Rostlash tezligi	0,06 katta	0,02 kichik	0,01 kichik
Boshqariluvchi	Silliqlik	Pog'onali	Silliqlik
Quruv qismi	Katta poydevor	Poydevor talab qilinmaydi. Katta moslanuvchanlik yig'ilishga ega	
Xizmat ko'rsatish	Moylash, sovutish va b.q	Xizmat ko'rsatishni talab qilmaydi.	
munosabati	0,5-0,7 ikki karra yuklamaga mosligi	0,1; yuklanishga chidamsiz	2,0; induktiv qismini rostlanuvchanligi 1,0; rostlanmaydigan sig'im qismi 1,0;

Hozirgi kunda boshqaruvchi ventillarda qo'llanuvchi boshqaruvchi reaktor va kondensatorlarni bazasiga statik kompensatsiya qurilmalarini bir necha turlari ishlab chiqarilmoqda. Ko'p tarqalgan qurilmalar bilvosita va bevosita kompensatsiyalovchi qurilmalar misol bo'ladi.

Bevosita kompensatsiyalovchi statik kompensatsiya qurilmalari kondensator batareyalarini pog'onali o'chirib yoqishda reaktiv quvvatni boshqarish yoki elektr qabul qilgichlarni reaktiv quvvatini o'zgartirishdagi yuqori garmonikani filtrlarini ishga asoslangan

O'zgartgich yoki kontaktor sifatida har bir tur pog'onasining tez harakatni ta'minlash uchun tiristor kalitlari qo'llaniladi.

Bevosita kompensatsiya qurilmalarini tez harakatchanligini reaktiv quvvatni o‘zgarish holatida uzluksiz kuchlanish ta’minlash oraliqda kondensator batareya seksiyalarini o‘chirish va yoqishni kechiktirish bilan ko‘rsatadi.

Kuchlanish va tebrinish kamaytirish uchun bilvosita kompensatsiyalashni asosini keskin o‘zgaruvchan yuklama reaktiv quvvatni iste’mol qilayotganda, boshqaruv reaktor quvvatni iste’mol qiladi. Reaktiv quvvatni rostlagichi shunday rostlashni amalga oshirish kerakki, reaktiv quvvatni oshib va kamayib ketishni nazorat qilib turish kerak. Shu bilan birga kompensatsiya qurilmasidan tezkorlikni keskin o‘zgaruvchi xarakterli reaktiv quvvat o‘sish qismida oshish va kamayishni nazorat qilish kerak.

Reaktorlarni bir necha usullar bilan boshqarish mumkin. Bir qancha xorij firmalari boshqaruvchi to‘yinish reaktorlaridan foydalanadilar. Ammo bu qurilmalar tezkorligiga vaqt bo‘yicha xulosa qilib qaralish kerak. Vaqt bo‘yicha ushlanib qolish 0,06 sek xosil qilib bu kompensatorlarni effektiv ishlashga zamin yaratib berilmaydi. Shuning uchun hozirgi kunda reaktordagi rostlash tokini qarshi parallel ulangan tiristorlarda qo‘llash orqali ta’minlaymiz. Bunday sxema vaqt bo‘yicha 0,01 sek ushlanib qoluvchi reaktiv quvvatni bir tekisda rostlash imkonini beradi.

Tiristorli reaktiv quvvat kompensatorlarini shinasiga parallel ravishda kompensatsiya reaktorlarini va yuqori garmonika kuch filrlarini ulanadi. Kompensator reaktorlari uchburchak usulida qarshi parallel ulangan tiristorlar bilan birgalikda ulanadi. Reaktiv quvvat manbai yuqori garmonika kuch filtr kondensator qurilmalari hisoblanadi. Tiristorli kompensatorlar simmetrik va nosimmetrik yuklamalar uchun reaktiv quvvat iste’molini muofiqlashtirishm xatoligi 2% ni tashkil qiladi.

Tiristorli reaktiv quvvat kompensatorlarini tarkibiga kompleks qurilmalar, montaj joyidagi qulay elektr bog‘lanish va erkini joylashuv, yarim o‘tkazgichi quvvat barqarorlashtirgichlari, kompensatsiya reaktorlari filrlar, reaktorlar va kondensator qurilmalardan iborat. Kompensatsiya reaktorlari bir fazali qurilmalar safiga kirib havo oraliqli magnit o‘tkazgich va moyli sovitish tizimiga egadir.

Filtrli reaktorlar konstruksiyasi bir va uch fazali bo‘ladi. Ular vertikal o‘rnatishga moslangan havo bilan sovitish tezligiga ega bo‘lgan silindrik cho‘lg‘am sifatida ishlab chiqiladi. Kondensator qurilmasi “ikki yulduzli” sxema bo‘yicha ulanib neytral simiga tok transformator ulangan bo‘lib, bu yulduzda balans buzilgan vaqtida o‘tgan signalni uzatishga xizmat qiladi.

Tiristorli reaktiv quvvat kompensatorli texnik xarakteristikasi va tarkibi 2-jadvalda ko‘rsatilgan.

Jadval 2

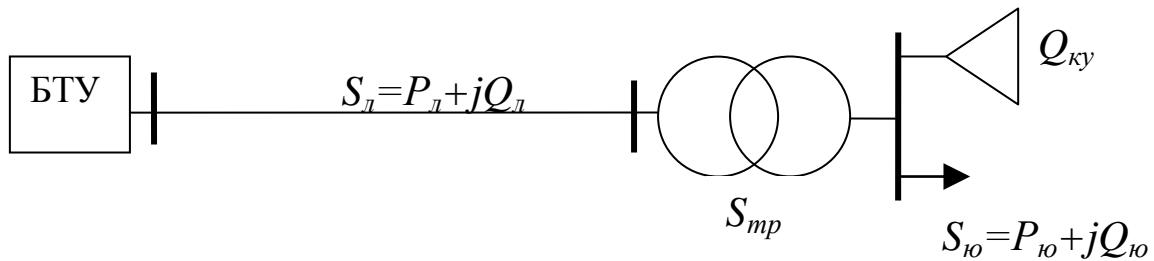
Tiristorli reaktiv quvvat kompensatori texnik xarakteristikasi.

V V	Kondensator		Stablizator		Kompensatsiyalovchi reaktor			
	Turi	Q kvar	Turi	N om.to k A	Turi	N om.t ok A	L, mGn	
0	TKRM 6,3/6	6,3 12,5	PSM	- 6,3/6	335 670	RKOM 3800/6	- 670	335 11,7
	TKRM 12,5/6	20	PSM	- 12,5/6	1060	RKOM 7500/6	- 1060	7,5
	TKRM 20/6		PSM	- 20/6		RKOM- 12600/6		
	TKRM 6,3/10	6,3 12,5	PSM	- 6,3/10	200 400	RKOM 4000/10	- 400	200 33,5
	TKRM 12,5	20	PSM	- 12,5/	630 1250	RKOM 7800/10	- 1250	630 21,5
	TKRM 20/10	40	PSM	- 20/10		RKOM 12500/10		1250 10,6
	TKRM 40/10		PSM	- 40/10		RKOM 24500/6	-	

## 2.4. Reaktiv quvvatni qoplash samaradorligini aniqlash.

Elektr energiyasi isroflarini kamaytirishni yana bir vositasi quvvat koeffisientini oshirish hisoblanadi. Energotizimda istemol qiliadigan reaktiv quvvatning 30 % dan ortiqrog‘ini transformatorlarga to‘g‘ri keladi. Bu quvvatning 80 % transformatorlarning salt ishslashiga to‘g‘ri keladi. Shuning uchun, odatda kam yuklangan kichik quvvatli transformatorlarga almashtiriladi yoki qoplovchi uskunalar qo‘llaniladi. Koplovchi uskunalar sifatida ko‘pincha statik kondensatorlar batareyasi qo‘llaniladi. Ular ixcham, kam isrofli va hohlagan quvvatni hosil qilish mumkin bo‘lgani uchun keng qo‘llaniladi. Qoplovchi uskunalar uch xil usulda qo‘llaniladi: individual-bunda qoplovchi uskuna istemolchi (motor) ga bevosita ulanadi. Guruhli: bunda istemolchilar guruhiга taqsimlash punktiga ulanadi. Markazlashgan: bunda qoplovchi uskunalar yuqori kuchlanishli taqsimlash uskunasi yoki transformator podstansiyasiga o‘rnataladi. Past taqsimlash uskunasiga ulash usuli keng tarqalgan.

Reaktiv quvvatni qoplashdagi iqtisodiy samaradorlikni hisoblaymiz. buning uchun quyidagi sxemadan foydalanamiz:



2-расм. Реактив қувватни қоплаш схемаси.

Qoplash uskunasi yuklamani reaktiv quvvat Bilan ta’minlab, KY va transformatordan meyyoriy quvvat koeffisienti Bilan quvvat oqishini ta’minlaydi. Bunda KY da kamayadigan quvvat isrofini quyidagi ifodadan aniqlash mumkin:

$$\begin{aligned}\Delta P_{\lambda} = \Delta P'_{\lambda} - \Delta P_{\lambda, k.} &= \frac{P_{\lambda}^2 + Q_{\lambda}^2}{U^2} \cdot R_0 \cdot l_{\lambda} - \frac{P_{\lambda}^2 + (Q_{\lambda} - Q_{ky})^2}{U^2} \cdot R_0 \cdot l_{\lambda} = \\ &= \frac{P_{\lambda}^2 + Q_{\lambda}^2}{U^2} \cdot R_0 \cdot l_{\lambda} - \frac{P_{\lambda}^2 + Q_{\lambda}^2}{U^2} \cdot R_0 \cdot l_{\lambda} + \frac{2 \cdot Q_{\lambda} \cdot Q_k - Q_{ky}^2}{U^2} \cdot R_0 \cdot l_{\lambda} = \frac{2 \cdot Q_{\lambda} \cdot Q_{ky} - Q_{ky}^2}{U^2} \cdot R_0 \cdot l_{\lambda}\end{aligned}$$

Bu yerda,  $\Delta P'_{\lambda}$  –reaktiv quvvat qoplanmagan va  $\Delta P_{\lambda, k}$  qoplangan KY dagi isroflar. KY dagi energiya isrofi:

$$\Delta W_n = \frac{2 \cdot Q_n \cdot Q_k - Q_{ky}^2}{U^2} \cdot R_0 \cdot l_n \cdot \tau$$

Transformatordagi quvvat isrofini kamayishini ko‘rib chiqamiz. Reaktiv quvvat qoplanmagan transformatordagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_{TP} = n \cdot (\Delta P_k \cdot \beta^2 + \Delta P_0)$$

Bu yerda,

$$\beta^2 = \frac{S_{io}^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2} = \frac{P_{io}^2 + Q_{io}^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2} \quad (10) \quad \text{bo‘ladi.}$$

Reaktiv quvvat qoplanguandan keyin yuklanish koeffisientini kvadrati quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\beta_{ky}^2 = \frac{P_{io}^2 + (Q_{io} - Q_{ky})^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2} = \frac{P_{io}^2 + Q_{io}^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2} - \frac{2 \cdot Q_{io} \cdot Q_{ky} + Q_{ky}^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2}$$

Transformatordagi quvvat isrofining kamayishi:

$$\Delta P_{TP} = n \cdot (\Delta P_k \cdot \beta^2 + \Delta P_0) - n \cdot (\Delta P_k \cdot \beta_{ky}^2 + \Delta P_0) = n \cdot \Delta P_k \cdot (\beta^2 - \beta_{ky}^2) \quad \text{bu}$$

$$\text{yerda, } \beta^2 - \beta_{ky}^2 = \frac{P_{io}^2 + Q_{io}^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2} - \frac{P_{io}^2 + Q_{io}^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2} + \frac{2 \cdot Q_{io} \cdot Q_{ky} - Q_{ky}^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2} = \frac{2 \cdot Q_{io} \cdot Q_{ky} - Q_{ky}^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2}$$

bo‘ladi va quvvat isrofining kamayishi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\Delta P_{TP} = n \cdot \Delta P_k \cdot (\beta^2 - \beta_{ky}^2) = n \cdot \Delta P_k \cdot \frac{2 \cdot Q_{io} \cdot Q_{ky} - Q_{ky}^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2}$$

Transformatordagi kamayadigan energiya isrofi:

$$\Delta W_{mp} = n \cdot \Delta P_k \cdot \frac{2 \cdot Q_{io} \cdot Q_{ky} - Q_{ky}^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2} \cdot \tau$$

Energiya isrofini narxi:

$$\Delta U_{mp} = n \cdot \Delta P_k \cdot \frac{2 \cdot Q_{io} \cdot Q_{ky} - Q_{ky}^2}{n^2 \cdot S_{hm}^2} \cdot m$$

Reaktiv quvvatni qoplashdan kamayadigan umumiy energiya isrofi:

$$\Delta W_{\Sigma} = \frac{2 \cdot Q_{\text{z}} \cdot Q_k - Q_{\text{ky}}^2}{U^2} \cdot R_0 \cdot l_{\text{z}} \cdot \tau + n \cdot \Delta P_k \cdot \frac{2 \cdot Q_{\text{io}} \cdot Q_{\text{ky}} - Q_{\text{ky}}^2}{n^2 \cdot S_{\text{hm}}^2} \cdot \tau$$

2-rasmda keltirilgan sxemaga ko‘ra  $Q_{\text{z}} = Q_{\text{io}} + \Delta Q_{\text{mp}}$  ekanini va transformatordagи reaktiv quvvat isrofini hisobga olmasak, ya’ni:  $Q_{\text{z}} \approx Q_{\text{io}}$  ifoda quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\Delta W = \left( \frac{R_0 \cdot l}{U^2} + \frac{\Delta P_k}{n^2 \cdot S_{\text{hm}}^2} \right) \cdot \frac{2 \cdot Q_{\text{io}} \cdot Q_{\text{ky}} - Q_{\text{ky}}^2}{n^2 \cdot S_{\text{hm}}^2} \cdot \tau$$

Umumiy tejadaligan energiya narxi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\Delta U = \left( \frac{R_0 \cdot l}{U^2} + \frac{\Delta P_k}{n^2 \cdot S_{\text{hm}}^2} \right) \cdot \frac{2 \cdot Q_{\text{io}} \cdot Q_{\text{ky}} - Q_{\text{ky}}^2}{n^2 \cdot S_{\text{hm}}^2} \cdot m$$

Reaktiv quvvatni qoplash uskunasining yillik keltirilgan xarajatlari:

$$3_{\text{ky}} = e_{\text{h}} \cdot K_{\text{ky}} + p_0 \cdot Q_{\text{ky}} \cdot m = e_{\text{h}} \cdot c_0 \cdot Q_{\text{ky}} + p_0 \cdot Q_{\text{ky}} \cdot m = (e_{\text{h}} \cdot c_0 + p_0 \cdot m) \cdot Q_{\text{ky}}$$

bu yerda,  $K_{\text{ku}}$ -qoplash uskunasi kapital xarajatlari (narxi), ming.so‘m ; ye<sub>n</sub>-yillik ajratmalarining umuiy koeffisienti;  $r_0$ -qoplash uskunasining solishtirma quvvat isrofi, kVt/kVar;  $s_0$ -qoplash uskunasining solishtirma narxi, ming so‘m/kVar.

Umumiy yillik iqtisodiy samara:

$$\Delta 3 = \Delta U_{\text{ky}} - 3_{\text{ky}} = \left( \frac{R_0 \cdot l}{U^2} + \frac{\Delta P_k}{n^2 \cdot S_{\text{hm}}^2} \right) \cdot \frac{2 \cdot Q_{\text{io}} \cdot Q_{\text{ky}} - Q_{\text{ky}}^2}{n^2 \cdot S_{\text{hm}}^2} \cdot m - (e_{\text{h}} \cdot c_0 + p_0 \cdot m) \cdot Q_{\text{ky}}$$

Bundan tashqari, reaktiv quvvatni qopdpsh istemolchilarga beriladigan kuchlanishni oshiradi va sifatini yaxshilaydi, elektr tarmoqlarni o‘tkazish qobiliyatini yaxshilaydi.

## **2.5.Elektr tarmoqlarida quvvat va energiya isroflarini kamaytirish tadbirlari**

Hozirgi sharoitda elektr tarmoqlarda energiya isrofini kamaytirish yoqilg‘ini tejashning muhim manbalaridan biri hisoblanadi.

Elektr energiya isrofini tahlil qilganda umumiy isrofni quyidagi turlarga bo‘lish lozim:

Energetika sistemasida *elektr energiya isrofining hisobiy miqdori* – barcha elektr stansiyalardan tarmoqqa berilgan va barcha iste'molchilar tomonidan qayd etilib, puli to'langan elektr energiya miqdorlari orasidagi farq;

*Isrofning hisobiy va texnik miqdori* – ma'lum holat parametrlari va tarmoq elementlarining hisob parametrlari bo'yicha aniqlanib, u o'tkazgichlarni qizishi va elektromagnit maydonning hosil bo'lishiga sarf bo'luvchi isrofdir;

*Tijorat isroflari* – u hisobiy va texnik isroflar orasidagi farq sifatida aniqlanib, u qayd etish tizimining takomillashmaganligi, schetchiklar ko'rsatishini olishning bir vaqtida emasligi va noaniqligi, foydalaniluvchi qayd etish asboblarining xatoliklari, qayd etilmagan iste'molchilarning mavjudligi;

Hozirgi davrda mavjud elektr energiya isrofini kamaytirish tadbirlarini uch guruhga bo'linadi: tashkiliy, texnik va elektr energiyani hisobiy va texnik qayd etish tizimini takomillashtirish tadbirlari.

*Tashkiliy tadbirlarni* qo'llash amalda hech qanday qo'shimcha mablag'ni talab etmaydi. *Texnik tadbirlar* qo'shimcha kapital mablag'larni talab etadi.

Elektr energiyani texnik va hisobiy qayd etish tizimining takomillashuvi isroflarni kamaytirish tadbirlarni tanlash bo'yicha hisoblashlarni yanada aniq ma'lumotlar bilan ta'minlash imkonini beradi.

## **3-BOB. ELEKTR TARMOG‘I TURG‘UNLIKNING AMALIY MEZONLARI VA HISOBLASH USULLARI TADQIQOTI**

### **3.1. Statik turg‘unlikni tahlil qilishda o‘tish jarayonlarini matematik ifodalarini tahlili**

Elektromexanik o‘tish jarayonlarining matematik modeli:

- tizimda ishlayotgan generator rotori harakati
- ushbu harakat davomidagi elektrnomagnit jarayonlarning ifodalaridan iborat bo‘ladi.

Elektromexanik o‘tish jarayonlari nochiziqli differensial tenglamalar tizimi bilan ifodalanadi.

$$\sum_{j,i=1}^m (A_{ji} \frac{d^2 X_i}{dt^2} + B_{ji} \frac{dX_i}{dt} + C_{ji} X_i) = F_j(t)$$

Bu yerda:  $A_{ji}$ ,  $B_{ji}$ ,  $C_{ji}$  – haqiqiy koeffisientlar bo‘lib, ular tizim parametrlari va  $X_i$  o‘zgaruvchilar bo‘yicha nochiziqli funksiyalar  $\Phi(X_i)$  orqali aniqlanadi.  $F_j(t)$  – vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi tashqi kuchlar.

Tashqi kuchlar o‘zgarmaganda, ya’ni  $F_j(t) = F_{jo}$ , tizimining yechimi

$$X_i(t) = X_{jo}; \quad \frac{dX_i}{dt} = 0; \quad \frac{d^2 X_i}{dt^2} = 0;$$

$$\sum_{j,i=1}^m C_{ji} X_{io} = F_{jo}$$

Bu yechim muvozanat holatini ifodalaydi. Statik turg‘unlikni o‘rganishdan barcha o‘zgaruvchi va tashqi kuchlar muvozanat qiymatdan kichkina siljigan sharoitdagi o‘tish jarayonlari ko‘riladi. Ushbu shartning matematik shaklda ifodasi quyidagicha:

$$F_{j(t)} - F_{jo} = f_{j(t)}; \quad X_{i(t)} - X_{io} = \Delta X_i;$$

Statik turg‘unlikning amaliy mezonlari tahlil qilishda o‘tishdan oldin barqaror rejim turg‘unligini umumiylaholashni ko‘ramiz.

### **3.2. Statik turg‘unlikning amaliy mezonlari**

Turg‘unlikning buzilishi tabiatli doimo tizimning energetik xususiyatidan kelib chiqadi. Barqaror rejimda manba energiyasi  $W_G$  yuklamaga sarf bo‘ladi va

isrofni qoplashga ketadi:  $W_{\Gamma} = W_{io} + W_{ncp}$ . Rejimni aniqlovchi P parametrni  $\Delta P$  qiymatga o‘zgarishiga olib keluvchi qandaydir turkidan keyin bu muvozanat buziladi. Faraz qilaylik, rejim qo‘zg‘otilgandan keyin energiya sarfi  $\Delta W_p = \Delta W_{io} + \Delta W_{ncp}$  manba energiyasini ( $\Delta W_{\Gamma} = \vartheta(\Pi)$ ) o‘sishiga nisbatan intensivroq o‘zgarsin, ya’ni

$$\Delta W_{\Gamma} < \Delta W_p$$

Bu holda yangi rejim (qo‘zg‘otilgan) energiya bilan ta’mirlana olmaydi va tizimida oldingi barqaror rejim (yoki unga yaqin rejim) tiklanishi kerak, ya’ni elektr tizimi turg‘un bo‘ladi. Bu shartdan quyidagi turg‘unlik mezonini yozish mumkin.

$$\frac{\Delta W_p}{\Delta \Pi} > \frac{\Delta W_{\Gamma}}{\Delta \Pi} \text{ yoki differensial shaklda } \frac{d(W_{\Gamma} - W_p)}{d\Pi} < 0 .$$

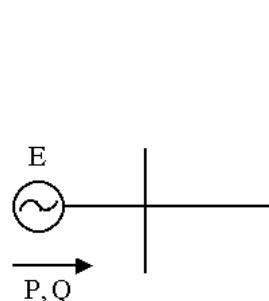
Oxirgining ma’nosi shuki, agar ortiqcha energiyadan  $\Delta W_{\Sigma\Gamma} = W_{\Gamma} - W_p$  rejimini aniqlovchi P parametr bo‘yicha olingan hosila manfiy bo‘lsa rejim turg‘un bo‘ladi.

$$\frac{d\Delta W_{\Sigma\Gamma}}{d\Pi} < 0$$

–turg‘unlik mezoni.

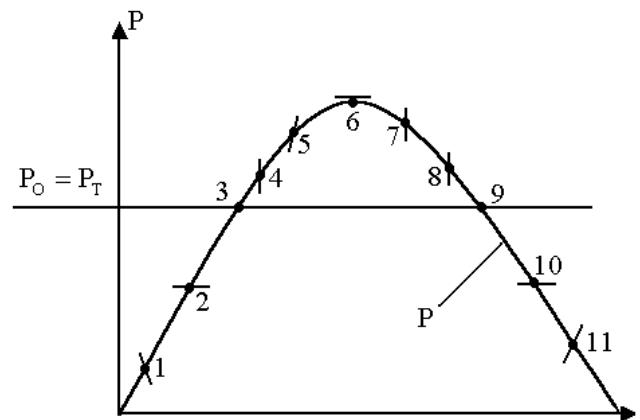
Elektrotexnik masalalarni amalda yechishda (2.3) ko‘rinishidagi mezonlardan foydalanish qulay emas. Shuning uchun xam amaliyatda turg‘unlik haqidagi fikr odatda tizimning to‘la energiyasi o‘rniga amaliy yondoshish asosida aniqlanadigan va energiyaga bog‘liq bo‘lgan ba’zi bir qiymatlar bo‘yicha olinadi. Shuning uchun ham bu mezonlar **turg‘unlikni amaliy mezonlari** deyiladi.

Yaxshiroq tushunish uchun oddiy elektr tizimi (1a,b–rasm) va asinxron dvigatelning 2a,b–rasm) turg‘unligini ko‘ramiz.



$$P = \frac{E \cdot U}{X_\Sigma} \cdot \sin\delta$$

a)



б)

1–rasm.

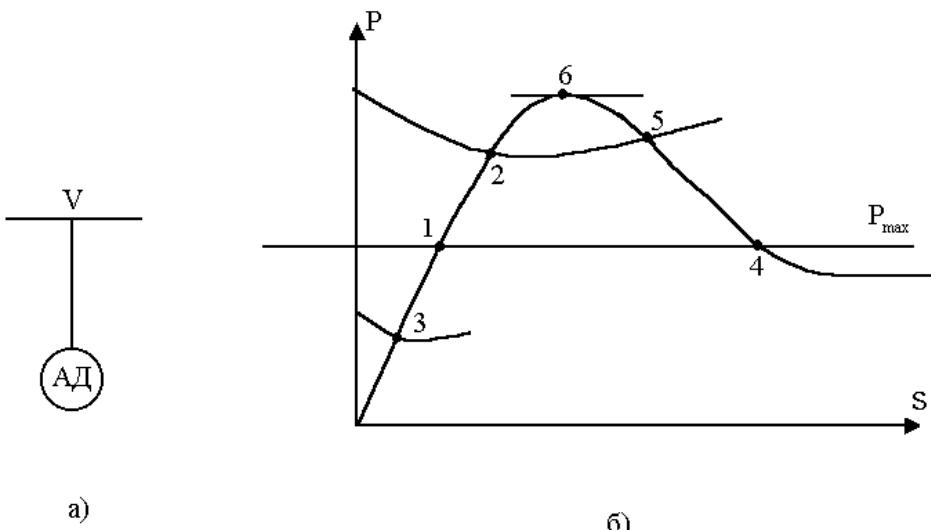
Oddiy elektr tizimi sinxron generator va o‘zgarmas kuchlanish shinasidan tashkil topadi. Rejimni aniqlovchi va turg‘unlikni tekshiruvchi parametr  $P$  sifatida burchak  $\delta$  ni olamiz. U holda (2.3) ni qayta yozib olamiz

$$\frac{dP_{\Sigma\Gamma}}{d\delta} < 0 \quad (\text{бу ерда } P_{\Sigma\Gamma} = P_T - P_{\text{шл}}),$$

$$d\delta = \delta - \delta_0$$

tasdiqlash mumkinki, ya’ni tizim 1,2,3,8 rejimlarda turg‘un va 4,9,10,11 rejimlarda noturg‘un ishlaydi, 5,6,7 rejimlar esa kritik hisoblanadi. Turg‘un rejimlarda burchak  $\delta$  turtki qiymati  $\Delta\delta$  ga o‘zgarganda elektr tormozlash momentining ( $\Delta M_{mop} = \Delta P_T / \omega_o$ ) tezlantiruvchi moment ustidan ortiqchasi paydo bo‘ladi va  $\Delta\delta$  qiymatga og‘ishgan rotor oldingi holatiga qaytadi. Odatda (amalda) mexanik quvvat  $P_T$  burchak  $\delta$  ga bog‘liq bo‘lmaydi (to‘g‘ri chiziq 3–9), bu holda  $P = P_m \cdot \sin\delta$  bog‘lanishning ko‘tariluvchi qismi turg‘un rejimlarga, pasayuvchi qismi esa noturg‘un rejimlarga javob beradi. Rejimi faqat burchak  $\delta$  o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lgan oddiy elektr tizimining turg‘unlik mezonini ko‘rinishi:

$$\frac{dP}{d\delta} > 0 \quad P_T = P_o = \text{const} \text{ bo‘lganda}$$



2-rasm

Kuchlanish o‘zgarmas shinaga ulangan asinxron dvigatelning turg‘unligi parametr  $S$  (sirpanish) va mexanik hamda elektr quvvatlar nisbatlari bo‘yicha aniqlanadi. Mezon (2.3) ning bu yerdagi ko‘rinishi:

Bu yerda:

$$P_{\Sigma} = P_{mex} - P$$

mezon 1,2,3 rejimlarni turg‘unligini, 4,5 – noturg‘unligini, 6 kritikligini bildiradi.  $P_{mex} = P_o = \text{Const}$  da (2.5) quyidagi ko‘rinishiga kelib qoladi

$$\frac{dP}{dS} > 0$$

– asinxron dvigatelning turg‘unlik mezoni.

1,b rasmdan ko‘rinib turibtiki,  $R_T = \text{Const}$  bo‘lganda oddiy tizimning kritik rejimini birlamchi mezoni:

$$c = \frac{dP}{d\delta} = 0.$$

( $c = \frac{dP}{d\delta}$  – sinxronlashtiruvchi quvvat deyiladi).

Turg‘unlikni birlachi mezonlarini amalda qo‘llash unchalik qulay emas, shuning uchun boshqa mezonlarni izlash kerak.

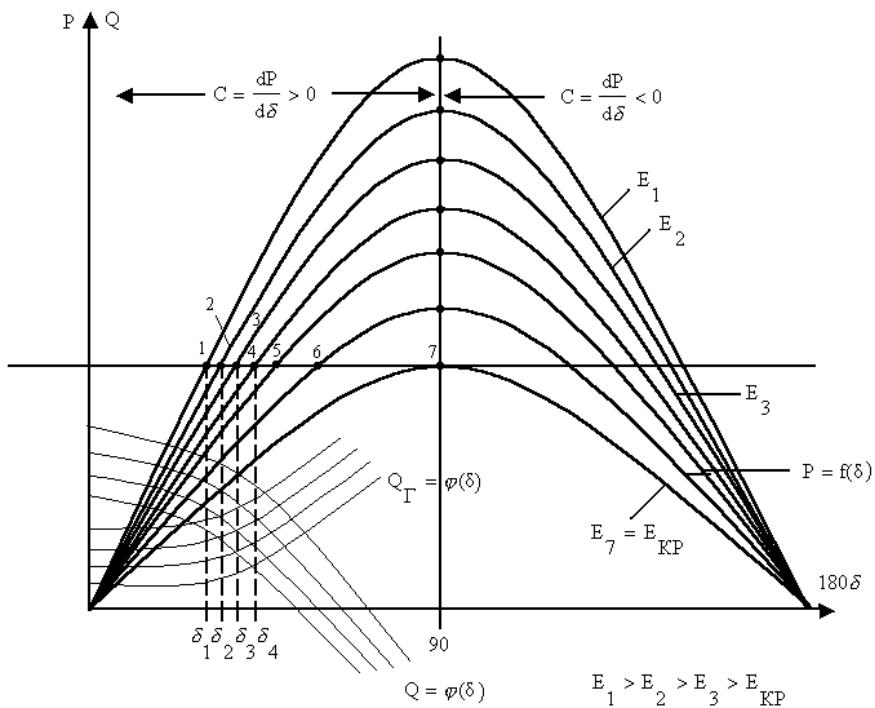
Faraz qilaylik, generator quvvati o‘zgarmay qolganda  $R=R_T=R_o=\text{Sonst}$  rejimini o‘zgarishi e.yu.k. yoki kuchlanishni o‘zgarishi orqali ro‘y bersin. Vektor diagrammasidan quyidagi nisbatlarni olamiz.

$$P = \frac{E \cdot U}{X} \cdot \sin \delta$$

$$Q_r = \frac{E^2}{X} - \frac{E \cdot U}{X} \cdot \cos \delta$$

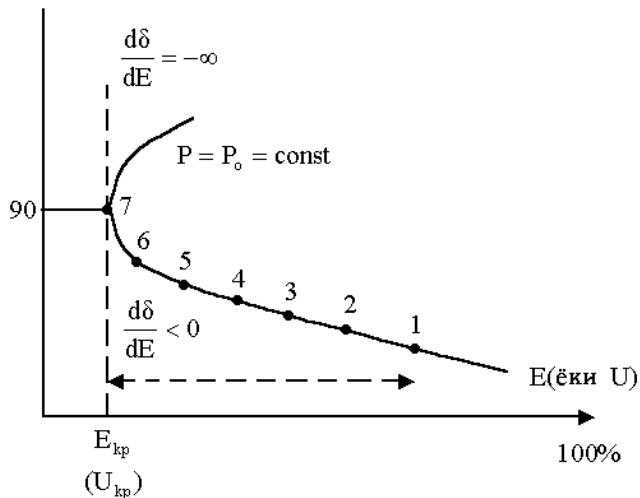
$$Q = \left[ \frac{U^2}{X} - \frac{E \cdot U}{X} \cdot \cos \delta \right] \quad ($$

Bu ifodalar bo'yicha  $P = f(\delta)$ ,  $Q_r = \varphi(\delta)$ ,  $Q = \varphi(\delta)$  bog'lanishlarini quramiz (3 rasm).



3-rasm

$R_T=R_o=\text{const}$  shartni hisobga olib va 3-rasmda keltirilgan harakteristikalar asosida  $\delta = \varphi(E)$  yoki  $\delta = \varphi(U)$  (4-rasm) bog'lanish-larini olish mumkin.

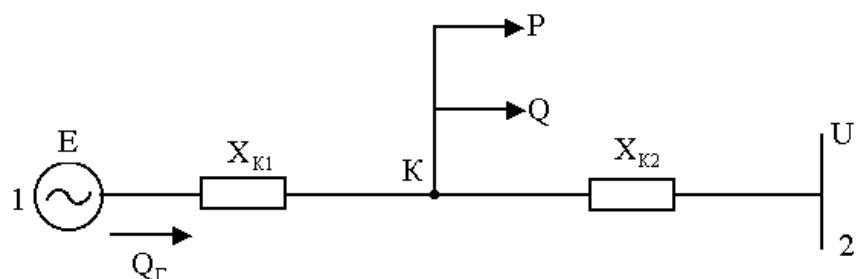


4-rasm.

4-rasmdan ko‘rinib turibdiki, mustaqil o‘zgaruvchi e.yu.k. (yoki  $U$ ) ni,  $R_T=R_O=sonst$  shartni bajargan holda, o‘zgarishida turg‘unlikni sirpanib tushish yoki oquvchanlik ko‘rinishida buzilishida paydo bo‘ladi.

$$\frac{d\delta}{dE} \rightarrow -\infty \text{ ёки } \frac{d\delta}{dU} \rightarrow -\infty \quad \text{Turg‘unlik mezoni} \quad \frac{d\delta}{dE} < 0 \text{ ёки } \frac{dE}{d\delta} < 0$$

Tizimning ihtiyyoriy nuqtasidagi kuchlanish  $U_K$  (2.5 rasm) ni tizim boshidagi e.yu.k. Ye orqali mumkin:

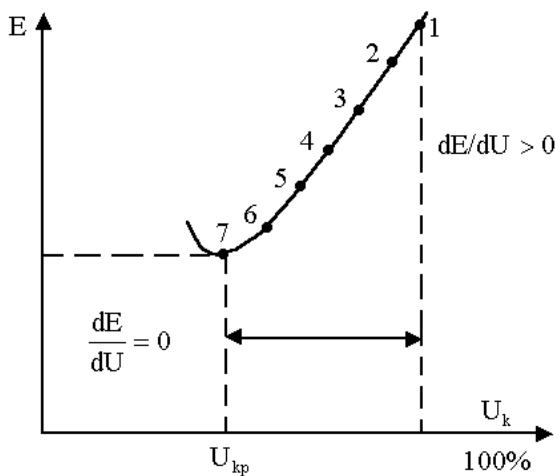


5-rasm

$U_K = \varphi(E, Q_\Gamma)$  yoki vektor diagrammasidan

$$U_K = \sqrt{\left(E - \frac{Q_\Gamma X_{k1}}{E}\right)^2 + \left(\frac{P \cdot X_{k1}}{E}\right)^2}$$

Bu ifoda asosida  $U_k = \varphi(E)$  (6 rasm) bog‘lanishini quramiz, undan R=Sonst da turg‘unlik bo‘yicha chegaraviy rejim  $\frac{dE}{dU_k} = 0$  da ro‘y berishini, turg‘unlik sharti esa  $\frac{dE}{dU_k} > 0$  ni ko‘ramiz.



6–rasm

Yuqorida keltirilgan turg‘unlik mezonlaridan ko‘rinib turibdiki, rejimni aniqlovchi parametrning nominal qiymatidan kritik nuqta qanchalik uzoqda joylashsa, turg‘unlik mezoni shuncha ko‘p bo‘ladi. Bu zahira miqdor jihatidan quyidagicha aniqlanadi:

$$K_p = \frac{P_{\max} - P_o}{P_o}; \quad K_U = \frac{U_o - U_{kp}}{U_o}; \quad K_E = \frac{E_o - E_{kp}}{E_o}; \quad K_\delta = \left| \frac{\delta_o - \delta_{kp}}{\delta_o} \right|.$$

### 3.3. Dinamik turg‘unlikni hisoblashning sodda usullari

Fizik jarayonlar modeli ishga yaroqli bo‘lishi uchun uni soddalashtirish zarur, bu soddalashtirishda original real tizimning yaqqol xususiyatlari yo‘qolib ketmasligi kerak. Agar statik turg‘unlik mezonlari tizimning o‘zgarmas parametrlariga javob bergan bo‘lsa (liniya, generatorlar qarshiliklariga, tizim sxemalariga va h.k.z.), dinamik turg‘unlik mezonlari esa tizim parametrlarini keskin o‘zgarishida aniqlanadi. Katta turkilardan keyin paydo bo‘lgan o‘tish jarayonlarini sodda ko‘rinishda tahlil qilish uchun bir qator qulayliklar kiritish zarur bo‘ladi. Ularning ichidan asosiyllari quyidagilar:

1. Katta turtkidan keyin generator rotorining tezligi kichik qiymatga (sinxron tezlikka nisbatan  $1\div 2\%$ ) o‘zgarishi munosabati bilan aylantiruvchi momentni nisbiy qiymatini quvvat bilan almashtirish mumkin, ya’ni  $\Delta P_* = \Delta M_*$  ёки  $P_* = M_*$

2. Tizimda katta turkilar ro‘y berganda elektr quvvatni sakrab o‘zgarishiga yo‘l qo‘yiladi. O‘J da generator o‘zagida paydo bo‘ladigan qo‘shimcha isroflarni taqriban statorning aktiv qarshilagini orttirish orqali hisobga olinadi.

3. Stator toki aperiodik tashkil etuvchisining  $\delta$  burchagini o‘zgarishiga ta’siri turbina quvvatini taqriban 10–15% kamayishi orqali hisobga olinadi.

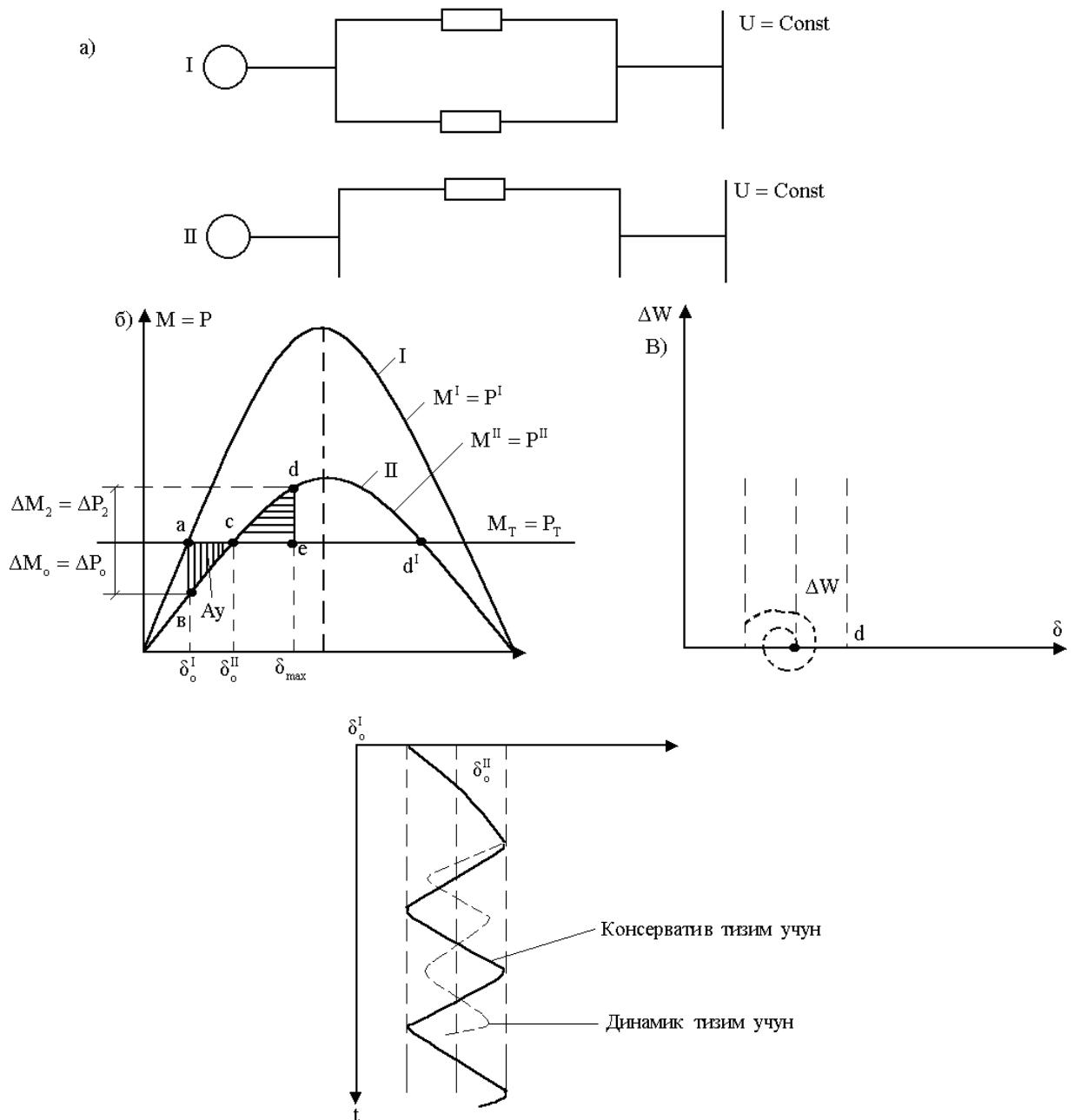
4. Nosimmetrik turkkilarda rotor harakatini o‘zgarishi faqat tokning to‘g‘ri tashkil etuvchilaridan hosil qilingan moment tufayli sodir bo‘ladi deb faraz qilinadi.

5. Generator va transformatorlarning o‘zaklari (po‘lat) to‘yinishi orqali qarshiliklarini o‘zgarishi e’tiborga olinmaydi.

6. O‘J ni sodda hisoblashlarda  $E'_q = \text{const}$  qabul qilinadi.

3.1, a rasmida keltirilgan tizim rejimini keskin o‘zgarishi (I-rejimdan II-rejimga o‘tish) generator validagi elektromagnit momentni  $M_o^I = M_T$  («a» nuqta) dan  $M_o^{II} \neq M_T$  («v» nuqta) gacha o‘zgarishiga olib keladi (7b rasm).

Turbinani tezlatuvchi momenti  $M_T$  bilan generatorni  $M^{II}$  tormozlovchi momenti orasidagi nobalans ( $\Delta M = M_T - M^{II}$ ) generator tezligini o‘zgarishiga olib keladi. Agar  $M^{II} < M_T$  bo‘lsa generator rotori tezligi ortadi ( $+ \Delta\varphi$ ),  $M^{II} > M_T$  bo‘lsa kamayadi ( $- \Delta\varphi$ ) 7,v rasm). Ortiqcha moment  $\Delta M$  rotor tomonidan yiilgan kinetik energiya  $\int_s \Delta M d\delta = A_K$  ga mos keluvchi moment bilan muvozanatlashadi.



7–рasm. Dinamik о‘тish harakteristikalari

Generator rotorining harakati tenlamasi (dempferlash va sozlash qurilmalari ta’sirini hisobga olmasdan) quyidagicha yoziladi:

$$\Delta M = M_T - M^{II} = T_J \frac{d\Delta\varpi}{dt}$$

Bu yerda:  $T_J$  –generator rotorining inersiyasi harakterlovchi koeffisient. Umumiyl holda moment  $M$  tezlik funksiyasi hisoblanadi va tizim rejimi o‘zgarganda u o‘zgaradi:

$$M^{II} = \varphi(\delta, \Delta\varpi)$$

Bu ifodani integrallab tezlik o‘zgarishini  $\Delta\varpi = f(t)$  aniqlash mumkin,  $d\delta/dt = \Delta\varpi$  ni hisobga olib esa  $d = \varphi(t)$  bog‘linshni topish mumkin.  $\varpi(t)$  va  $\delta(t)$  ni o‘zgarish harakterlariga ko‘ra tizim keskin turkidan keyin dinamik turg‘un bo‘ladimi yoki yo‘qmi fikr yuritish mumkin. Shuning uchun ham taqrifiy hisoblashlarda ko‘pincha maydon usuli qo‘llaniladi. Bu usul burchakni vaqt bo‘yicha o‘zgarish harakterini aniqlamasdan turib turg‘unlikni baholash imkonini beradi.

Qabul qilingan qulayliklarni e’tiborga olib rotor  $\delta_o^I$  burchakdan  $\delta_o^{II}$  burchakka siljigandagi kinetik energiyani topish mumkin (7, b rasm).

$$A_y = \int_{\delta_o^I}^{\delta_o^{II}} \Delta M d\delta = \int_{\delta_o^I}^{\delta_o^{II}} (P_o - P_m^{II} \cdot \sin\delta) \\ = P_o(\delta_o^{II} - \delta_o^I) + \delta_m^{II} \cdot (\cos\delta_o^{II} - \cos\delta_o^I)$$

Ortiqcha tezlatuvchi moment  $\Delta M_o = \Delta P_o$  paydo bo‘lganda rotor harakati tezlasha boshlaydi (3.1,b rasm). Bu tezlashish «avsa» maydon bilan ifodalanuvchi kinetik energiyaga  $A_U$  proporsional bo‘ladi. Rotor  $\delta = \delta_o^{II}$  burchakka yetib borganda elektr va mexanik quvvatdan quvvatlar tenglashadi. Lekin, kinetik energiya  $A_U$  ta’sirida rotor burchakni orttirib harakatini davom ettiradi. Rotor s nuqtadan d nuqtagacha harakatlanganda tormozlanishni sezal boshlaydi, chunki cd kesmada elektr quvvat mexanik quvvatdan katta  $R_{EL} > R_T$ . d nuqtaga yetganda tezlanish jarayonida hosil bo‘lgan  $A_U$  energiya to‘lasicha tormozlanishga sarf bo‘ladi. Demak, maydon «cdes» tormozlanish maydoni, unga mos kelgan energiya tormozlanish energiyasi deyiladi ( $A_{TORM}$ ).

Umumiy ko‘rinishda maydon qoidasi quyidagicha ifodalaniladi:

$$A_{y_{CK}} = A_{TORM} \quad \text{ёки} \quad \int \Delta P_d \delta = 0$$

Dinamik turg‘unlik za’ira koeffisienti:

$$K = A_{BOZM\_TOP} / A_{y_{CK}}$$

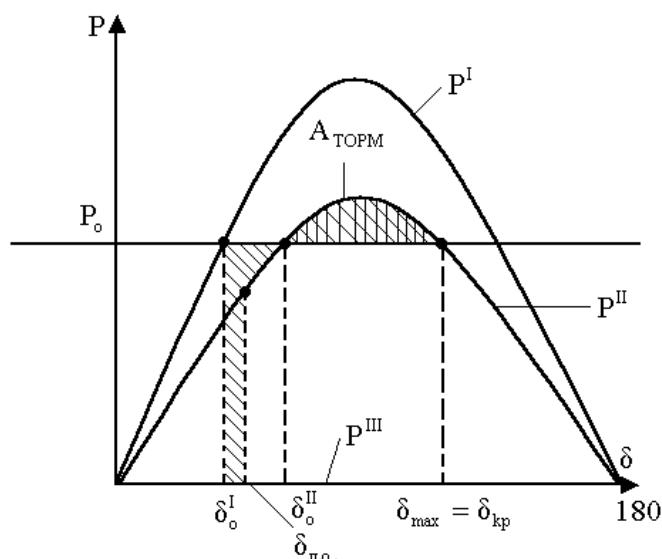
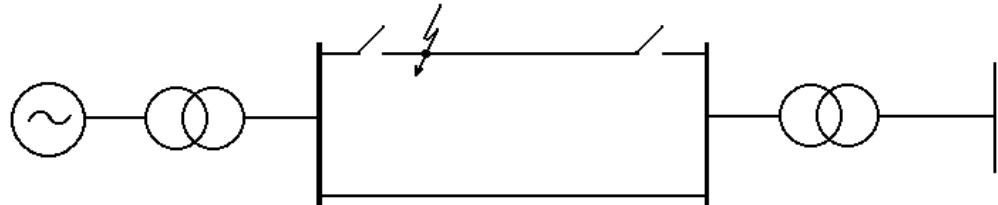
Bu yerda:  $A_{BOZM\_TOP} = cdd'ec$ .  $K > 1$  da turg‘un o‘tish,  $K = 1$  kritik holat,  $K < 1$  da noturg‘un o‘tish bo‘ladi.

Qisqa tutashuvni o‘chirishni chegaraviy burchagini aniqlash uchun 3.2 rasmga murojat qilamiz.

$P^I$  –quvvatni normal rejimdagi harakteristikasi

$P^{II}$  –quvvatni avriyadan keyingi rejimdagi harakteristikasi

$P^{III}$  –quvvatni avariya rejimidagi (3 fazali q.t.) harakteristikasi



8–rasm. 3.2. K nuqtadagi 3 fazali qisqa tutashuv uchun

$$P = f(\delta) \text{ harakteristikasi}$$

8–rasmdan ko‘rinib turibdi, tezlanish maydoni ehtimoli bor tormozlanish maydoniga teng. Bu shartdan

$$\int_{\delta_o^I}^{\delta_{kp}} (P_o - P_m^{III} \cdot \sin \delta) d\delta = - \int_{\delta_{no}}^{\delta_{kp}} (P_o - P_m^{II} \cdot \sin \delta) d\delta \text{ ni olamiz. Oxirgini integrallab}$$

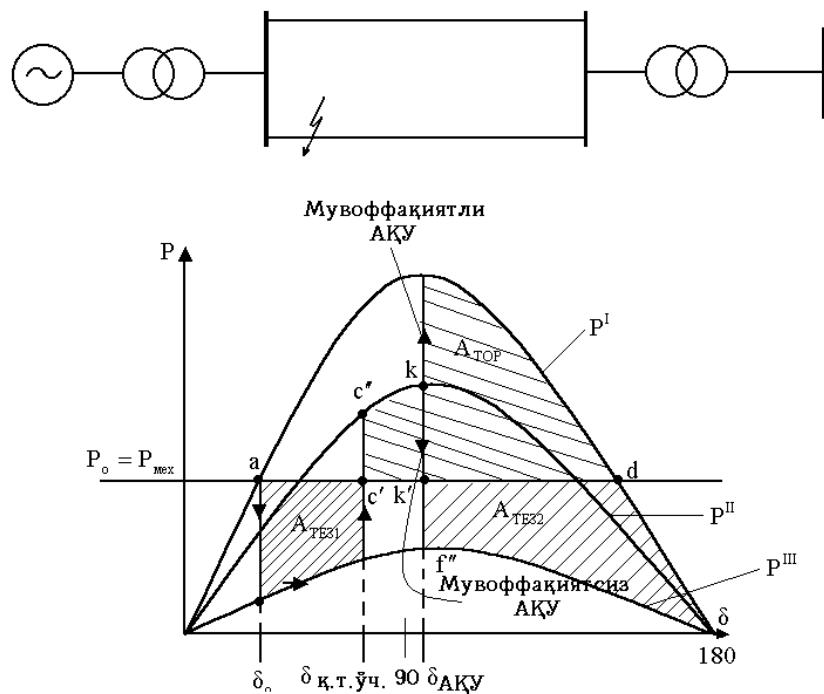
$$I_d = \frac{E'_q - U \cdot \cos \delta}{X'_{d\Sigma}};$$

Bu yerda:

$$\cos \delta_{no} = \frac{P_o (\delta_{kp} - \delta_o^I) + P_m^{II} \cdot \cos \delta_{kp} - P_m^{III} \cdot \cos \delta_o^I}{P_m^{II} - P_m^{III}}$$

Bu ifoda qisqa tutashuvni o‘chirishni chegaraviy burchagi ( $\delta_{no}$ ) ni ifodasi deyiladi.

Havo elektr uzatish liniyalarini ekspluatatsiya qilish amaliyotida AQU keng qo‘llaniladi. Chunki havo liniyalaridagi avariyalarning aksariyat qismi o‘z-o‘zidan bartaraf bo‘luvchi hisoblanadi. AQU 3,2 va 1 fazali bo‘lishi mumkin. 9-rasmda q.t. va undan keyingi ikki zanjirli liniyadagi AQU larni misoliy harakteristikalarini keltiramiz.



9-rasm.

9-rasmdan ko‘rinib turibdi, chunki tezlanish maydoni tormozlanish maydonidan kichik, demak tizim turg‘unligi saqlanadi. Agar AQU saqlanib qolgan qisqa tutashuv jarayonida ishlasa turg‘unlik buziladi, chunki tezlanish maydoni uzluksiz ortib boradi.

### 3.4. Sinxron va asinxron dvigatellarning turg‘unligi

Elektr mashinaning statik turg‘unligi – bu uning kichik turtkidan keyin barqaror rejimiga qaytib kelishi imkoniyatidir. Kichik turtki deganda amaliyotda rejimni qisqa muddatli buzilishi tushuniladi, bunda (10.1) va (10.2) ifodalardagi  $R \sim \delta$ ,  $Q \sim U$  proporsionallik saqlanadi.

$$P = \frac{E_q U}{X_{d\Sigma}} \cdot \sin \delta + \frac{U^2}{2} \cdot \frac{X_d - X_q}{X_{d\Sigma} \cdot X_{q\Sigma}} \cdot \sin 2\delta$$

$$Q = -\frac{E_q U}{X_{d\Sigma}} \cdot \cos \delta + \frac{U^2}{2} \left( \frac{X_{d\Sigma} + X_{q\Sigma}}{X_{d\Sigma} \cdot X_{q\Sigma}} - \frac{X_d - X_q}{X_{d\Sigma} \cdot X_{q\Sigma}} \cdot \cos 2\delta \right)$$

SD ning aktiv va reaktiv quvvatini kuchlanish va  $\delta$  burchagi bilan bog‘lanishlari.

Statik turg‘unlik buzilishining boshlang‘ich bosqichi rejim parametrlarini monotok (aperiodik) o‘zgarishi bilan harakatlanishi mumkin, masalan, agar yurgizish mexanizmning iste’mol quvvati maksimal qiymatdan ortsa,  $\delta$  burchagini monoton o‘sishi (ortishi) bilan, bu ifodadan olinadi.

Ba’zi sharoitlarda rejim parametrlarini tebranishi («tebranma buzilish») natijasida statik turg‘unlik buzilishi mumkin.

Turg‘unlikni aperiodik buzilishining asosiy sabablari—bu yurgizish mexanizimiga uzatilayotgan quvvatning ortishi, tashqi qarshilikning sezilarli ortishi (ta’minlovchi liniyalarning bir qismini o‘chishi) va ko‘pincha yuklama tuginiga kuchlanishni pasayishi.

### **3.5. Kritik e.yu.k. va kritik kuchlanish.**

Dvigatellarning kirishidagi kuchlanish va ta’minalash manbadagi e.yu.k. qiymatlari kritik ( $U_{kr}$ ,  $Ye_{kr}$ ) deyiladi, agar ular aperiodik turg‘unlik chegarasiga to‘g‘ri kelsa.  $U_{kr}$  va  $Ye_{kr}$  qiymatlari odatda nominal chastotada aniqlanadi. e.yu.k. ( $Ye$ ) manbasi bilan o‘zgarmas qarshilik orqali bog‘langan. Sinxron dvigatel uchun kritik rejim  $U$  ni  $Ye$  bilan almashtirib ifodadan topiladi.

$Ye_{kr}$  qiymati aniqlanayotganda  $\delta$  burchagi ifoda bo‘yicha  $R$  ning qiymati maksimal bo‘lgan shartdan olinadi. Bu quyidagi statik turg‘unlik mezoniga mos keladi.

$$\frac{dP}{d\delta} > 0;$$

$$\frac{dP}{d\delta} = 0 \text{ da chegaraviy rejim ifodalanadi.}$$

Ye=const bo‘lgan shinadan tashqi reaktiv qarshilik orqali ta’minlanayotgan sinxron dvigatel uchun, qo‘zg‘otishni avtomatik sozlash (QAS) bo‘limganda va aniq qutblilik hisobga olinmaganda (nisbiy birlikda)

$$P_{\max} = k_3 \cdot \cos \varphi_{\text{ini}} = \frac{\dot{A}_q E_{e\delta}}{\tilde{O}_{d\Sigma}};$$

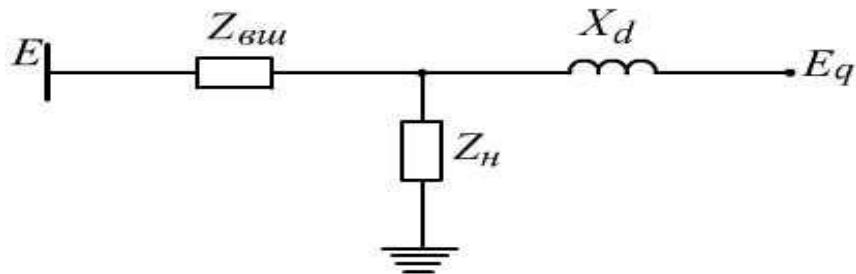
$$E_{e\delta} = \frac{X_{d\Sigma} \cdot k_3 \cdot \cos \varphi_{\text{ini}}}{E_q},$$

Bu yerda: Eq

(10.1) rasmdagi sxema uchun

$$P_{\max} = k_3 \cdot \cos \varphi_{\text{hom}} = \frac{E_q^2}{z_{22}} \cdot \sin \alpha_{22} + \frac{E_q E_{kp}}{z_{12}};$$

$$E_{kp} = \frac{z_{12} k_3 \cos \varphi_{\text{hom}}}{E_q} - \frac{z_{12}}{z_{22}} E_q \cdot \sin \alpha_{22}$$



10–rasm. Sinxron dvigateling e.yu.k. Ye bo‘lgan ta’minlash manbasi  
bo‘lgan T–ko‘rinishli oddiy sxemasi.

Oddiy sxemadagi qarshilik momenti aylanish chastotasiga bog‘liq bo‘ligan asinxron dvigatel uchun ham masala yuqoridagi kabi yechiladi.

$$\frac{dP}{dS} > 0$$

Turg‘unlik mezoniga mos (10.8) asinxron harakteristikadan maksimal qiymat olinadi;  $r_2' = r_{20}'$ ,  $X_k = X_{k0}$ ; kichik qiymatga ega bo‘lgan tashqi qarshilik  $X_k$  qiymati tarkibiga qo‘shilishi mumkin  $X_{KO\Sigma} = X_{KO} + X_{ram}$ . Bu holda

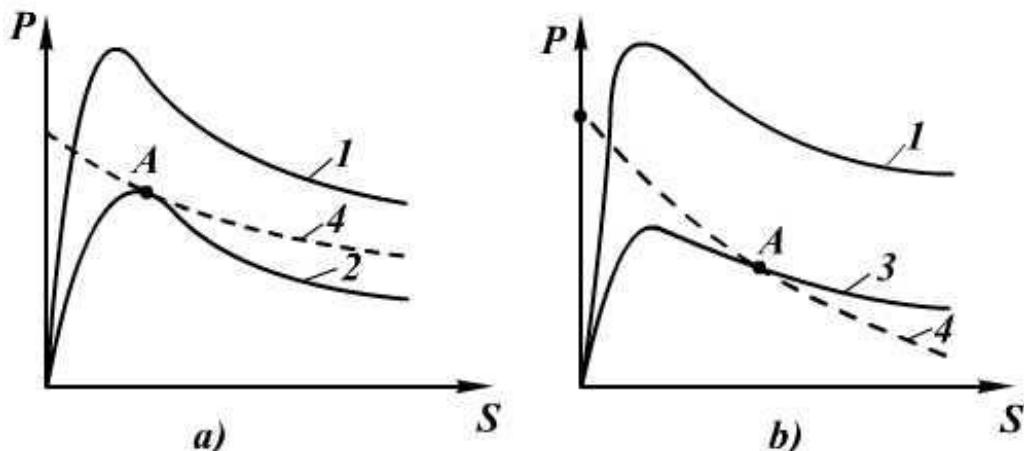
$$P_{\max} = k_3 \cos \varphi_{\text{hom}} = \frac{E_{kp}^2}{2X_{kO\Sigma}}$$

$$E_{kp} = \sqrt{2X_{kO\Sigma} \cos \varphi_{\text{hom}}}$$

$$P = \frac{U^2 r_2' S}{r_2'' + X_k^2 S^2}$$

Kritik rejimiga asinxron harakteristikaning (11 a, rasm) A nuqtasi mos keladi. Bu yerda turg‘unlikning buzilishi kritik sirpanishdan Skr bir qancha kattaroq bo‘lgan sirpanishda ro‘y beradi.

Agar aylanish chastotasi kamayganda qarshilik momenti keskin kamaysa, u holda Skr dan ancha ortiq sirpanishda statik turg‘un rejimlar mavjud bo‘lishi mumkin (11 v rasm).



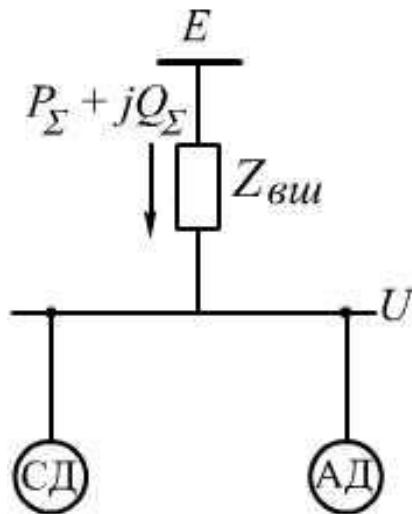
11–rasm. Asinxron dvigateining kritik rejimini aniqlash  
a – dvigateining «ag‘nash» (A nuqta); v –  $S \gg S_{kr}$  da dvigateeni turg‘un ishlashi;  
1 – asinxron harakteristika ( $Y_e = E_{norm}$  bo‘lganda); 2 – o‘sha ( $Y_e = Y_{e_kr}$  bo‘lganda);  
3 – o‘ja ( $Y_e \ll Y_{e_{norm}}$  bo‘lganda); 4 – yurgizish mexanizm harakteristikasi.

Ushbu rejimlar, odatda, dvigatellarning qizishi va texnologiya shartlariga ruxsat etilmaydi.

Tarkibida SD va AD bo‘lgan yuklamaning aperiodik statik turg‘unligini hisoblash shuningdek, EHM yordamisiz amalga oshirilishi mumkin (12 rasm). Bu kritik e.yu.k.

$$\frac{dE}{dU} > 0$$

mezon yordamida kuchlanishning qator pasayuvchi qiymatlari uchun  $E(U)$  bog‘lanishni qurish orqali aniqlanadi.



12–rasm. Sinxron va asinxron dvigatellari bo‘lgan oddiy sxema ifodadan  $R=R_{SD}$  da  $U$  ning har bir qiymati uchun  $\delta$  burchakdan esa reaktiv quvvat  $Q_{CD}$  aniqlanadi. Shunga o‘xshash AD rejimi hisoblanadi. Yuklama yig‘indi qiymati

$$P_\Sigma + jQ_\Sigma = P_{CD} + P_{AD} + j(Q_{CD} + Q_{AD})$$

Keyin e.yu.k. Ye va yig‘indi burchak  $\delta_\Sigma = \angle E$ , Yeq aniqlanadi;

$$E = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}; \quad \delta_\Sigma = \delta + \arctg \frac{V_2}{V_1},$$

$$\varepsilon \partial e \quad V_1 = U + \frac{1}{U} (P_\Sigma r_{eu} + Q_\Sigma X_{eu});$$

$$V_2 = U + \frac{1}{U} (P_\Sigma r_{eu} - Q_\Sigma X_{eu}).$$

Hisoblashlar (kriteriy) mezon (bajarilayotgan bo‘lsa qaytalanaveradi).

### 3.6. Reaktiv quvvatni dvigatellar turg‘unligiga ta’siri

Yuklama tugunlariga shuntlovchi kondensator batareyalarini o‘rnatish ikkita maqsadni ko‘zlaydi: kuchlanish staxini oshirish va taqsimlash tarmog‘ining iqtisodiy ko‘rsatkichlarini yaxshilash. Bu reaktiv quvvatni uzoq masofalarga uzatishning aktiv quvvat isrofini sezilarli ortishiga olib kelish bilan bog‘liq.

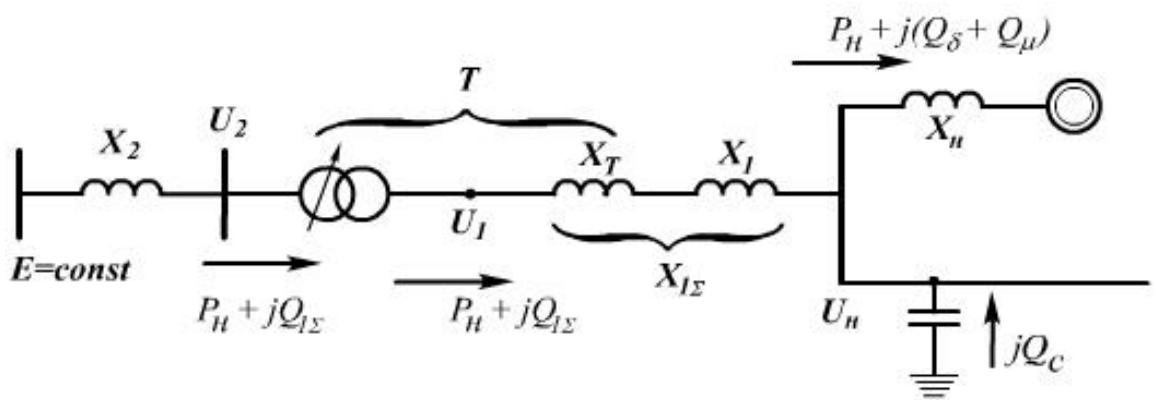
Ishlab turgan podstansiyalarda kondensator batareyalarini o‘rnatish dvigatellarning turg‘unligiga ta’sir qilishi mumkin. Bu yerda quyidagi holatlar bo‘lishi mumkin.

1. Kondensatorlar faqat yuklama quvvat koeffisientini oshirish uchun o'rnatiladi; ular ulangandan keyin pasaytiruvchi transformator-larning transformatsiya koeffisientlarini o'zgarishi orqali normal kuchlanish tiklanadi.

2. O'shanday, lekin normal kuchlanishni tiklash uchun yaqin joylash-gan generator yoki sinxron kompensatorlarning qo'zg'otish toklari pasaytiriladi.

3. Kondensatorlar ulanishiga qadar kuchlanish satxi past bo'lgan, va ular ulangandan keyin kuchlanishni sozlash amalga oshirilmaydi.

Ushbu barcha holatlarni 12 rasmda keltirilgan sxema yordamida ta'lil qilish mumkin.



Rasm. 12. Dvigatellar turg'unligiga kondensator batareyalari ta'sirini hisoblash uchun sxema

Umumiylig maqsadida, pasaytiruvchi transformator bilan kuchlanish ( $U_n$ ) nazorat qilinayotgan nuqta oralig'ida qandaydir qarshilik  $x_1$  mavjud deb faraz qilinadi; odatda  $x_1=0$ .

Transformatorlarning RPN va PBV qurilmalari, odatda, past kuchlanish tomonga joylashtirilmaydi. Shuning uchun ham pasaytiruvchi transformatorning quyi kuchlanishi (NN) tomonga keltirilgan qisqa tutashuv qarshiligini transformatsiya koeffisienti  $n_T$  ga bog'liq emas deb hisoblash mumkin.

$x_2$  va Ye tashqi zanjirni harakterlaydi, ular NN tomonga keltirilgan. Shunday qilib, berilgan rejimda  $n_t = U_2/U_1 = 1$ .

Transformator va tarmoqning aktiv qarshiliklarini e'tiborga olishga ehtiyoj yo'q. Sxemadagi yuklama bitta asinxron dvigatel bilan ifodalangan, u xisoblash sxemasiga  $X_n$  (reaktor va boshqa) qarshilik bilan birga qarshiligi  $x_\mu$ ,  $x_{k\Sigma} = x_k + x_n$ ,

iste'mol quvvati  $R_n = j(Q_\delta + Q_\mu)$ , keltirilgan. G-ko'rinishli almashtirish sxemasi bilan kiritiladi, bu yerda  $Q_\delta$ -sochilish reaktiv quvvati;  $Q_\mu$ -magnitlash reaktiv quvvati.

Yuqorida nomlangan holatlarning birinchisida,  $n_t = f(Q_c)$  bo'lganda, dvigatel olish imkoniyati bo'lgan maksimal quvvat  $R_{max}$  ning  $Q_c$  qiymatiga bog'liqligi quyidagi ifoda bo'yicha aniqlanadi:

$$\frac{dP_{max}}{dQ_c} = \frac{P_{max}x_0}{U_h^2 \left(1 - \frac{x_0}{x_{uu}}\right)} \times \left\{ 2 - h - 2 \left( 1 - h \frac{x_2}{x_0} + \frac{x_2 - x_{1\Sigma}}{x_{uu}} \right) \times \left[ \frac{x_{1\Sigma}}{x_0} \cdot \frac{U_h^2 + Q_{n\Sigma} \cdot x_{1\Sigma}}{U_1^2} + \frac{x_2}{x_0} \cdot \frac{(U_2^2 + Q_{n\Sigma} \cdot x_2)(U_h^2 + 2Q_{n\Sigma} \cdot x_{1\Sigma})}{U_2^4 - (P_h^2 + Q_{1\Sigma}^2) \cdot x_2^2} \right] \right\}$$

Bu yerda:  $x_0$  – quyi kuchlanishga keltirilgan yig'indi tashqi qarshilik,

$$x_0 = x_{1\Sigma} + \frac{x_2}{n_T^2};$$

$x_{sh}$  –  $U_n$  kuchlanishli nuqtadagi ekvivalent shuntning qarshiligi.

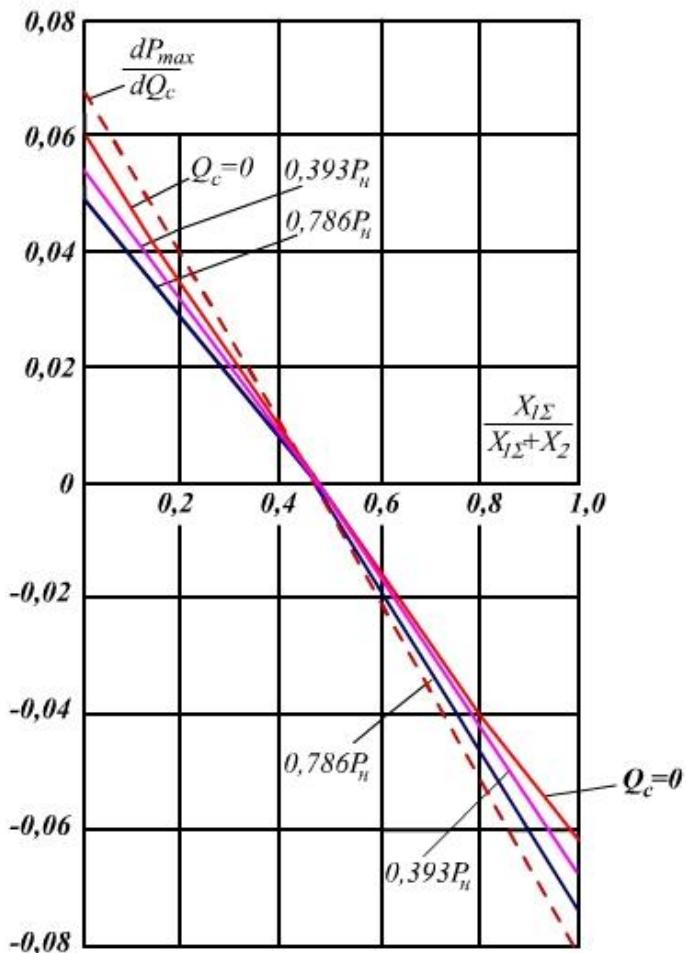
$$x_{uu} = \frac{U_h^2}{Q_c - Q_\mu};$$

$$h = \frac{1}{1 + x_{k\Sigma} \left( \frac{1}{x_0} - \frac{1}{x_{uu}} \right)};$$

$$Q_{H\Sigma} = Q_\delta + Q_\mu - Q_c$$

qolgan qiymatlar 13 rasmda keltirilgan.

Yuqoridagi tenglamaning o'ng tomonidagi barcha kattaliklar berilgan rejimga taalluqli. Bu ifodada  $\frac{dP_{max}}{dQ_c}$  hosilaning  $x_{1\Sigma}$  va  $x_2$  yoki  $\frac{x_{1\Sigma}}{x_{1\Sigma} + x_2}$  qiymatlar nisbatlari bilan bog'liqligi sezilarli. Bu bog'lanish 11.2– rasmda yo'g'on chiziqlar bilan ko'rsatilgan,  $x_{1\Sigma} \approx x_2$  da  $\frac{dP_{max}}{dQ_c} = 0$  ligi ko'rinish turibdi.



Rasm. 13. Kondensator batareyalar quvvatining o‘zgarishini asinxron yuklamaning statik turg‘unligiga ta’siri,

— — — aniq hisob  
 — — — taqribiy hisob.

Yuqoridagi ifodani quyidagi soddalashgan ko‘rinishda keltirish mumkin

$$\frac{dP_{\max}}{dQ_c} \approx \frac{P_{\max}}{U_n^2} \cdot \frac{x_2^2 - x_{1\Sigma}^2}{x_{1\Sigma}}$$

Shunday qilib, agar  $x_{1\Sigma} > x_2$  bo‘lsa kondensator batareyalarning quvvatini ko‘payishi yuklama turg‘unligiga salbiy ta’sir qiladi.

Kondensatorlarning ulanishi samarasi (ya’ni  $\frac{dP_{\max}}{dQ_c}$  hosilaning ishorasi)

ning  $x_{1\Sigma}$  va  $x_2$  qarshiliklar orasidagi nisbatga bog‘likligini dvigatellar turg‘unligiga ikkita faktor ta’sir qilishi bilan tushuntiriladi: kondensatorlarning ulanishi dvigatelga nisbatan tashqi hisoblangan ekvivalent qarshiliginini orttiradi,

transformatsiya koeffisientini ortishi bu qarshilikni, uning tashkil etuvchisi  $x_2$  ni kichraytirib, kamaytiradi.

Yuqoridagi ifodada  $\frac{dP_{\max}}{dQ_c}$   $Q_c$  ning berilgan qiymatiga bog'liq emas, bu bog'liqlik nisbatan aniqroq bo'lган (11.1) ifodada ko'rindi, lekin juda ham kuchsiz, shuning uchun ham

$$\frac{dP_{\max}}{P_{\max}} \approx \frac{x_2^2 - x_{1\Sigma}^2}{U_n^2 x_{\Sigma}} \Delta Q_c$$

yozish mumkin

## 4-BOB. IQTISODIY QISM

### 4.1.O‘rnini qoplash qurilmalarining quvvatini tanlash

Reaktiv quvvat manbasi sifatida ishlatiladigan qurilmaning kerakli quvvati quyidagicha topiladi:

$$Q_{k,q} = R_{o^*,yil} \cdot \operatorname{tg}\phi_{o^*,yil} - \operatorname{tg}\phi_{norm})$$

1

Bu yerda:  $R_{o^*,yil} = W_{yil}/T_{yil}$ —o‘rtacha yillik aktiv quvvat.

$\operatorname{tg}\phi_{o^*,yil} = V_{yil}/W_{yil} = Q_h * T_{mr}) / (R_h * T_m)$ —yillik o‘rtacha reaktiv quvvat koeffisienti.

$T_m$  va  $T_{mr}$ —aktiv va reaktiv quvvat maksimumlaridan foydalanishning yillik soatlar soni [A–6].

$\operatorname{tg}\phi_{norm}$ —normativ reaktiv quvvat koeffisienti bo‘lib, qiymati  $\cos\phi_{norm}$  bo‘yicha hisoblanadi. Agar korxona rayon podstansiyasidan ta’minlanib, 2 ta Pog‘onali transformatsiya–BPP, TP mavjud bo‘lsa  $\cos\phi_{norm}=0.95$  ga teng bo‘ladi. Agar 1 ta pog‘onali transformatsiya (TP) bo‘lsa,  $\cos\phi_{norm}=0.93$ , korxona generator kuchlanishi ostida ta’minlansa,  $\cos\phi_{norm}=0.85$  deb olinadi [A–4].

Quvvati 80–100 kVtdan ortiq AD va boshqa EI lar uchun individual o‘rnini qoplash (individual kompensatsiya) eng yaxshi samara beradi.

Guruhi uchun o‘rnini qoplash, agar talab qilinadigan reaktiv quvvat miqdori  $Q_{kq}$  qiymati 110 kVar atrofida yoki undan ortiq bo‘lsa, ishlatiladi. Agar EI lar va ular ning guruhlarining  $Q_{kq}$  quvvati turlicha bo‘lib, sex ichida kondensator batareyalarini o‘rnatish iloji bo‘lmasa, markazlashtirilgan o‘rnini qoplash ishlatiladi. 6–10 kV li tarmoqlarda SM bo‘lsa, uning reaktiv quvvati  $Q_{sm}$  kerakli quvvat  $Q_{kq}$  bilan solishtiriladi: agar  $Q_{sm} > Q_{kq}$  bo‘lsa, unda SM reaktiv quvvatiga ehtiyojni to‘la qoplaydi va KB o‘rnatilmaydi.

Agar  $Q_{sm} < Q_{kq}$  bo‘lsa, qo‘sishimcha ravishda quvvati  $Q_{kq} - Q_{sm}$  ga teng yuqori kuchlanishli KB o‘rnatiladi. Kuchlanishi 1000 V gacha elektr tarmoqlarida KB ishlatilib, ularning quvvati  $Q_{kq}$  bo‘yicha tanlanadi.

KB larning soni quyidagicha topiladi. 6–10 kV li tarmoqlarda KB lar soni shinalar seksiyalari soniga teng yoki unga karrali bo‘lishi kerak. 380 V da KB lar soni TP transformatorlari soniga teng yoki unga karrali bo‘lishi kerak.

Agar  $Q_{kq}=230$  kVAr bo'lsa, 1 ta transformatorli TP uchun 1 ta  $1 \times 220$  kVAr quvvatli KB qabul qilamiz. 2 ta transformatorli TP uchun bo'lsa,  $Q_k=2 \times 110$  kVAr quvvatli kondensator batareya tanlaymiz.

2-misol.  $St=2 \times 2500$  kVA quvvatli TP uchun KB lar soni va quvvati tanlansin.  $Q_{kq}=1980$  kVA ekanligi hisoblab topilgan.  $Q_k=6 \times 320=1920$  kVAr yoki  $Q_{kt1} + Q_{kt2}=3 \times 320+3 \times 320$  kVAr KB qabul qilamiz. Bunda  $Q_{kt1}$ ,  $Q_{kt2}$ -TP 0,4/0,23 kV li tarqatish qurilmasi 1 va 2 seksiyalariga ulanadigan kondensator batareyaning umumiy quvvati:

$$Q_{k1} = Q_{k2} = 3 * 320 = 960 \text{ kVAr} \quad 2$$

#### **4.1.1. KB ning o'rnatish joylarini tanlash**

Kuchlanishi 6–10 kV li KB BPP yoki RP ning 6–10 kV li TQ yonida o'rnatiladi va unga ulanadi.

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

- a). Markazlashtirilgan o'rmini qoplashda kon-densator batareyasi sex TP si yonida o'rnatiladi va uning 0,4 kV li TQ siga ulanadi.
- b). Guruh uchun o'rmini qoplashda kondensator batareyasi guruh RP si yoki ShRA yoniga o'rnatiladi va ularga ulanadi.
- v). Individual o'rmini qoplashda kondensator batareyasi katta quvvatli motorga yaqin joylashtirilib, uning stator cho'lg'amiga ulanadi.

#### **4.1.2. O'rmini qoplash qurilmalarining ish rejimini tanlash. Avtomatik boshqarish prinsiplari**

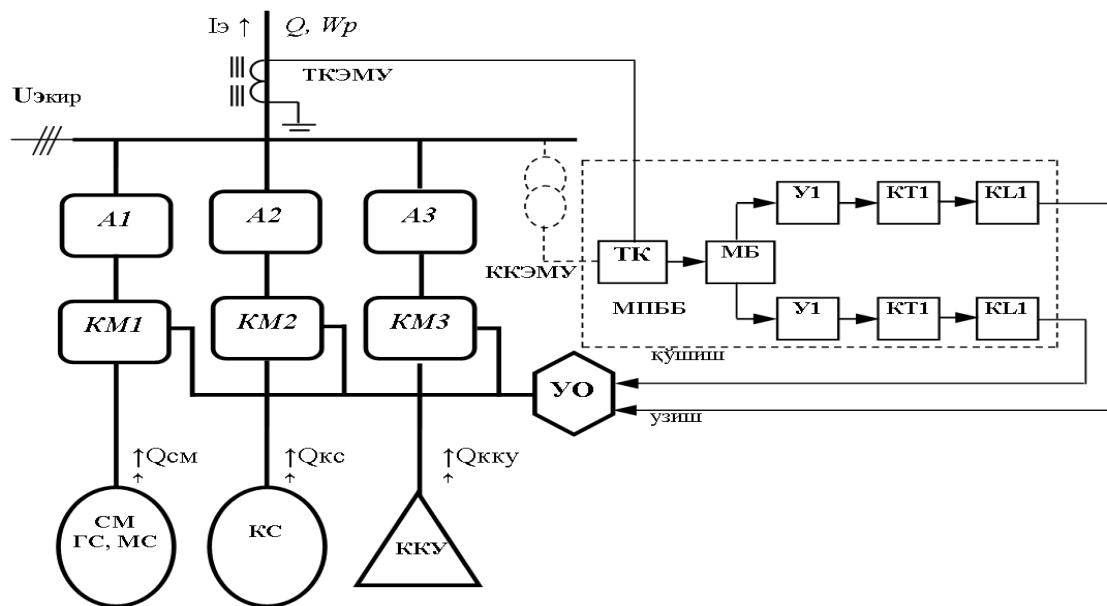
O'rmini qoplash qurilmalarining ish rejimi iste'molchining reaktiv quvvat grafigiga va shu iste'molchi ulangan elektr tarmoqlaridagi kuchlanish sathiga bog'liq holda tanlanadi.

Agar kuchlanish sathi yo'l qo'yiladigan qiymatidan ortib ketsa, KB qisman yoki butunlay o'chirib qo'yiladi, SM esa kam qo'zg'atish rejimiga o'tkaziladi. Agar kuchlanish yo'l qo'yiladigandan kamayib ketsa, kondensator batareya qisman yoki to'la ulanadi, SM esa o'ta qo'zg'atish rejimiga o'tkaziladi. Yuqoridagi uzish va ularash operatsiyalari maxsus avtomatika yordamida amalga oshiriladi. Amalda vaqt

bo'yicha, kuchlanish va tok bo'yicha o'rnini qoplash qurilmalarining quvvatini rostlash prinsiplari mavjud. Vaqt va tok prinsip-arida S va Q sutkalik grafiklardan foydalanadi. Kuchlanish prinsipida esa kuchlanish relesi signali bo'yicha rostlash amalga oshiriladi. Mustaqil ishslash uchun shu prisiplarni to'laroq o'rganish mumkin [A1].

Energotizimda elektr energiya va reaktiv quvvatni ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va iste'mol qilish qurilmalarida, reaktiv quvvatni kombinatsiyalangan boshqaruvida birlamchi tokni yassi o'lchov chulg'am yordamida ikkilamchi kattalikga o'zgartiriladi.

Energotizimlarda reaktiv quvvat manbalarini raqamli qurilmalar asosida kombinatsiyalangan avtomatik boshqarishning funksional chizmasi 2 – rasmida keltirilgan.



A1, A2, A3 – avtomatik qo'shib - uzgich, KM1. KM2. KM3 – kommutatsiya uskunalar; TK – tokli kompensatsiya bloki; MB – mantiqiy blok; U1,U2 – kuchaytirgichlar; KT1, KT2 – vaqt elementlari; KL1, KL2 – ijro organlari; UO – boshqaruv organi; MPBB – reaktiv quvvat manbalarini mikroprotsessorli boshqaruv bloki; SM (GS, MS) – sinxron mashina (generator – GS va motor - MS), KS – sinxron kompensator, KKU – reaktiv quvvat manbasi –

kosinusli kondensator qurilma, TKEMO‘ va KKEMO‘ – tok va kuchlanishning yassi o‘lchov chulg‘amli elektromagnit o‘zgartgichlari

## **2-rasm. Energotizimda reaktiv quvvat manbalarini kombinatsiyalangan avtomatik boshqaruvning funksional chizmasi**

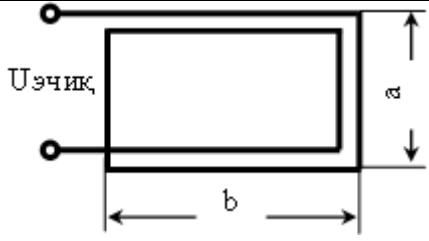
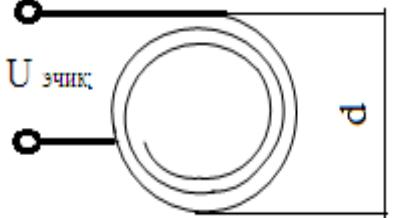
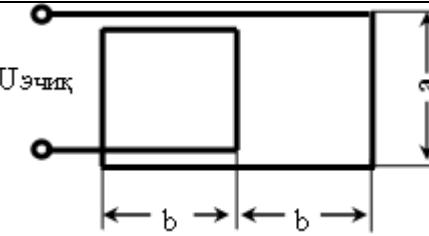
Yassi o‘lchov chulg‘amli tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartkichlarda chiqish kattaligi bo‘lgan kuchlanishlarni hosil qilish taxlili asosida belgilandiki, tadqiqotlar energetizim reaktiv quvvat manbalarini boshqaruvi uchun kombinatsiyalangan, keng funksional imkoniyatli, bir meyorga keltirilgan chiqish kattaliklikni taminlovchi, uch fazali toklarni nosimmetrikligini hisobga oluvchi va elektr tarmoqlar toklarini yuqori aniqlikda kuchlanishga elektromagnit o‘zgartirgichlarini yaratish, hamda toklarni kuchlanishga o‘zgartirishning sezish elementi - yassi o‘lchov chulg‘amlarni yaratish, tadqiq etish va amaliyotga qo‘llash tamoyillariga asoslangan bo‘lishi lozim.

Dissertatsiya ishida tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartirgichlarga mos keluvchi yassi o‘lchov chulg‘amlarning asosiy shakllari va tuzilish tamoyillari taxlil qilingan, chiqish kattaligini aniqlashda muhim ahamiyatga ega bo‘lgan yassi o‘lchov chulg‘amning asosiy turlari va ular kesim yuzasni  $S$  aniqlash formulalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

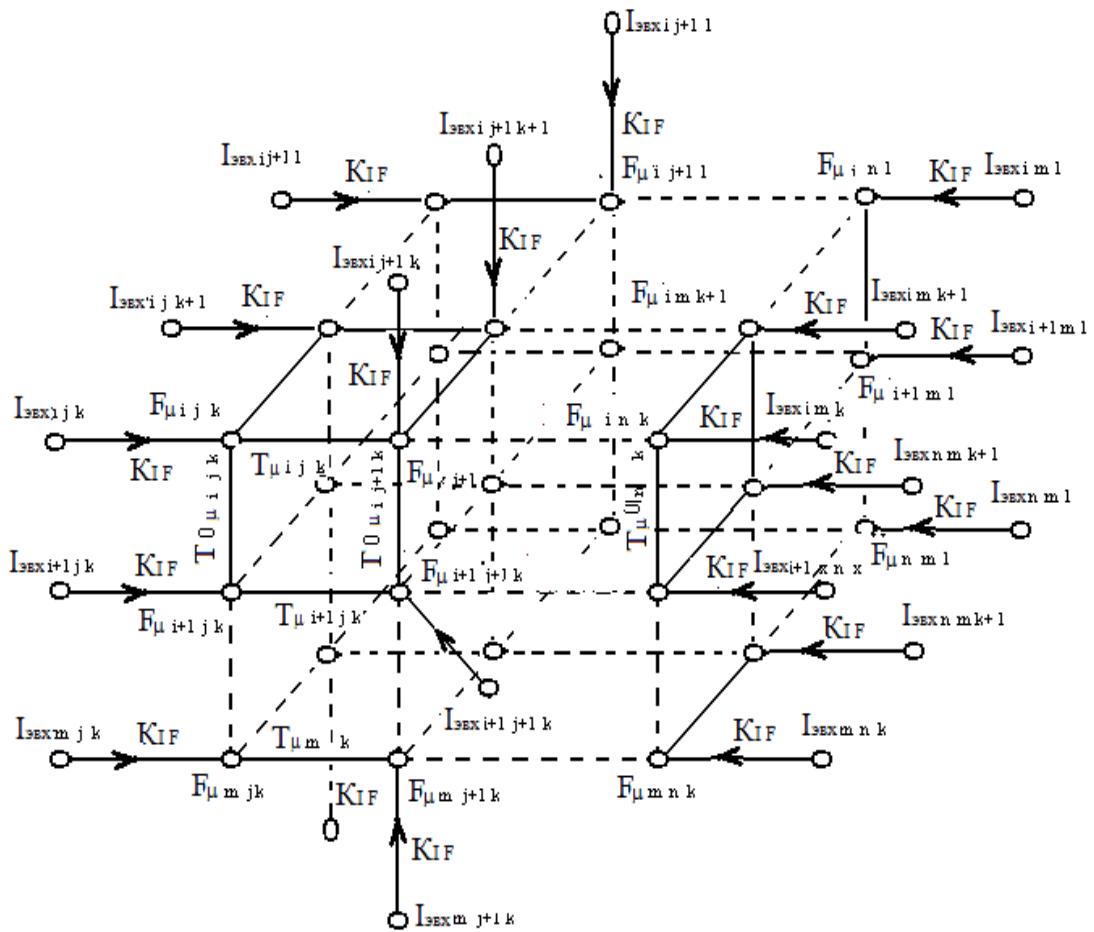
Yassi o‘lchov chulg‘amlarning asosiy turlari

<b>№</b>	<b>Yassi o‘lchov chulg‘am turi</b>	<b>Yassi o‘lchov chulg‘am shakli</b>	<b>Kesim yuzasi</b>
1.	<b>Uchburchaksimon</b>		$S_{tp} = kab/2$

2.	<b>To‘g‘riburchak-simon</b>		$S_{np} = kab$
3.	<b>Yumaloq</b>		$S_k = k\pi D^2/4$
4.	<b>Sirtmoqsimon</b>		$S_n = 2ab$

Yassi o‘lchov chulg‘amli tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartkichlarning kirish kattaliklari bo‘lib uch fazali elektr tarmoqlaridagi 1 dan to 10 000 Ampergacha kattalikga ega bo‘lgan birlamchi o‘zgaruvchan tok miqdori  $I_{ekir}$ , elektr tarmoqlarning miqdori 0,4, 6 va 10 kVgacha bo‘lgan birlamchi kuchlanish  $U_{ekir}$  bo‘lib, chiqish signali esa  $F$  magnit oqimining taqsimlanishiga to‘g‘ridan to‘g‘ri bog‘liq bo‘lgan, magnit o‘zgartirish tizimi yo‘li - magnit o‘zgartirish tizimi uzunligi, magnit oqim kesib o‘tayotgan yuza va yassi o‘lchov chulgam yuzasining  $F$  magnit oqim tomonidan kesish burchagiga bog‘liq bo‘lgan  $U_{echiq}$  – yassi o‘lchov chulg‘amning chiqish kuchlanishidir.

Yassi o‘lchov cho‘lg‘amli tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartgichlarning magnit o‘zgartirish tizimining graf modeli 3 - rasmida keltirilgan bo‘lib uning tadqiq va hisobi topologik usullarga asoslangan. Magnit o‘zgartirish tizimining graf modeli asosida yassi o‘lchov cho‘lg‘amli tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartgichlar magnit tizimining tugunlaridagi magnit yurituvchi kuchlar -  $F$  va magnit o‘zgartirish tizim o‘zgartirish bo‘laklarining belgilovchi qiymatlari  $P$ ,  $P0$ ,  $P1$  – bo‘ylama, vertikal va ko‘ndalang parametrlar aniqlanadi.



**3 - rasm. Yassi o'lchov cho'lg'amli tokni kuchlanishga elektromagnit o'zgartgichlar magnit o'zgartirish tizimining graf modeli**

Yassi o'lchov chulg'amli tokni kuchlanishga elektromagnit o'zgartgichlar tarqalgan parametrli magnit o'zgartirish tizimining umumlashgan graf modeli magnit tizim tugunlaridagi magnit yurituvchi kuch va magnit oqimlarni hisoblash imkonini beradi va bunda magnit tizim tokni kuchlanishga o'zgartirgichning belgilangan aniqlik tasnifiga bog'liq holda  $i, j, k$  bo'lakli o'lchamlarga bo'linadi, ya'ni bo'lak o'lchamlari  $i - 1$  dan  $n$  gacha,  $j - 1$  dan  $m$  gacha va  $k - 1$  dan  $1$  gacha o'zgaradi deb qabul qilinadi.

Yassi o'lchov cho'lg'amli tokni kuchlanishga elektromagnit o'zgartgichlarning graf modeli tugunlari uchun tugunlar magnit yurituvchi kuchlarini aniqlash uchun oxirgi elementlar va farqlar usuli algoritmi asosida tenglamalar tuziladi:

yassi o‘lchov chulg‘amli tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartgichlar graf modelining  $i = 1, j = I$  va  $k = l$  tuguni uchun magnit yurituvchi kuchni xisoblash uchun tenglama quyidagicha tuziladi:

$$F_{i,j,k} = \frac{K_{IF} I_{\text{эБХ}}{}_{i,j,k} + \frac{F_{i,j+1,k}}{\Pi_{i,j+1,k}} + \frac{F_{i+1,j,k}}{\Pi 0_{i+1,j,k}} + \frac{F_{\mu i,j,k+1}}{\Pi 1_{i,j,k+1}}}{\frac{1}{\Pi_{i,j+1,k}} + \frac{1}{\Pi 0_{i+1,j,k}} + \frac{1}{\Pi 1_{i,j,k+1}}} ;$$

$i = m, j = 1$  va  $k = 1$  tugunlar uchun:

$$F_{i,j,k} = \frac{K_{IF} I_{\text{эБХ}}{}_{i,j,k} + \frac{F_{i-1,j,k}}{\Pi 0_{i-1,j,k}} + \frac{F_{i,j,k+1}}{\Pi 1_{i,j,k+1}} + \frac{F_{i,j+1,k}}{\Pi_{i,j+1,k}}}{\frac{1}{\Pi 0_{i-1,j,k}} + \frac{1}{\Pi 1_{i,j,k+1}} + \frac{1}{\Pi_{i,j+1,k}}} ;$$

$i = 1, j = 1$  va  $k = l$  tugunlar uchun:

$$F_{i,j,k} = \frac{K_{IF} I_{\text{эБХ}}{}_{i,j,k} + \frac{F_{i-1,j,k}}{\Pi 0_{i-1,j,k}} + \frac{F_{i,j,k-1}}{\Pi 1_{i,j,k-1}} + \frac{F_{i,j+1,k}}{\Pi_{i,j+1,k}}}{\frac{1}{\Pi 0_{i-1,j,k}} + \frac{1}{\Pi 1_{i,j,k+1}} + \frac{1}{\Pi_{i,j+1,k}}} ;$$

yassi o‘lchov chulg‘amli tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartgichlar graf modelining  $i = 2$  dan  $m$  gacha - 1 ,  $j = 2$  dan  $n$  gacha - 1 va  $k = 2$  dan  $l$  gacha - 1 tugunlari uchun magnit yurituvchi kuchlar quyidagi ifodadan topiladi:

$$F_{i,j,k} = \frac{K_{IF} I_{\text{эБХ}}{}_{i,j,k} + \frac{F_{i,j-1,k}}{\Pi_{i,j-1,k}} + \frac{F_{i,j+1,k}}{\Pi_{i,j+1,k}} + \frac{F_{i,j,k-1}}{\Pi 1_{i,j,k-1}} + \frac{F_{i,j,k+1}}{\Pi 1_{i,j,k+1}} + \frac{F_{i-1,j,k}}{\Pi 0_{i-1,j,k}} + \frac{F_{i+1,j,k}}{\Pi 0_{i+1,j,k}}}{\frac{1}{\Pi_{i,j-1,k}} + \frac{1}{\Pi_{i,j+1,k}} + \frac{1}{\Pi 1_{i,j,k-1}} + \frac{1}{\Pi 1_{i,j,k+1}} + \frac{1}{\Pi 0_{i-1,j,k}} + \frac{1}{\Pi 0_{i+1,j,k}}} ;$$

bu yerda:  $I_{\text{эБХ}}{}_{i,j}$  - energotizim uch fazali elektr tarmoqlari o‘zkazgichlardagi toklar, yani yassi o‘lchov chulg‘amli tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartgichlar o‘zgartirish tuguniga ta’sir qiluvchi qiymatlar;  $K_{IF}$  -elektr va magnit zanjirlar kattalik va parametrlarini bog‘lanish koeffisienti;  $P$  – magnit o‘zgartirish tizimining tarqalgan parametrlari.

Energotizim elektr tarmoqlaridagi birlamchi toklarni yassi o‘lchov chulg‘amli tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartgichlar asosida aniqlanuvchi ikkilamchi kuchlanishga o‘zgarishining dinamik graf modeli 3 - rasmda keltirilgan.

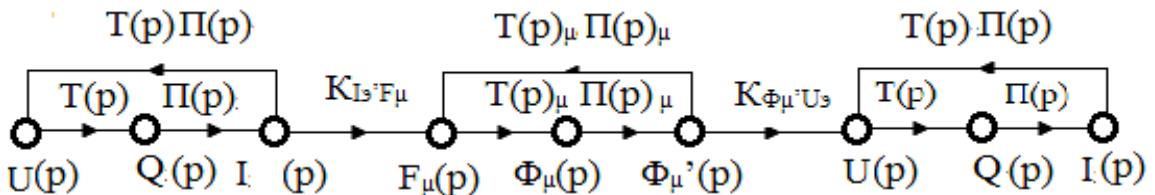
Dinamik graf model asosida o‘zgartgichlarning chiqish kuchlanishining o‘zgarishini tadqiqi imkonini beruvchi dinamik tasnifning matematik ifodasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$U_{\text{чиқ}}(P) = K_{\phi\mu U_s^x} T(p)_\mu K_{I\Theta F\mu} T(p)_{\mathcal{E}_{\text{чиқ}}} U_{\mathcal{E}_{\text{чиқ}}}(p);$$

bu yerda:

$$T(p)_{\mathcal{E}_{\text{чиқ}}} = \frac{p T_{\mathcal{E}_{\text{чиқ}}} \Pi_{\mathcal{E}_{\text{чиқ}}}}{1 + p T_{\mathcal{E}_{\text{чиқ}}} \Pi_{\mathcal{E}_{\text{чиқ}}} T_{\mathcal{E}_{\text{чиқта}}} \Pi_{\mathcal{E}_{\text{чиқта}}}};$$

$$T(p)_\mu = \frac{p T_\mu \Pi_\mu}{1 + p T_\mu \Pi_\mu T_{\mu m} \Pi_{\mu m}};$$



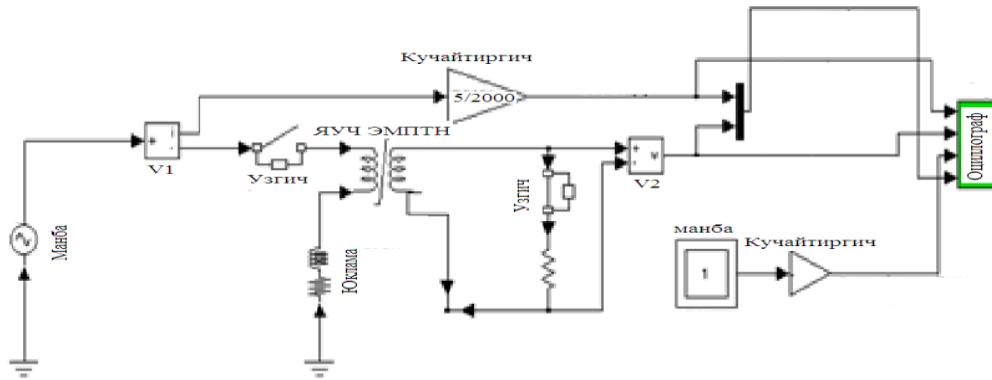
#### **4 - rasm. Yassi o‘lchov cho‘lg‘amli tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartgichlar dinamik graf modeli**

Graf model asosida tokni kuchlanishga o‘zgartgichning kirishidagi  $I_{ekir}$  - birlamchi tokning o‘zgarishida tarqalgan magnit o‘zgartirish tizimi tugunlaridagi  $F$  magnit yurituvchi kuchlarning qiymatlarini o‘zgarishi asosida yassi o‘lchov chulgamning chiqishidagi kuchlanish  $U_{echiq}$  hosil qilish ifodasi aniklanadi.

Magnit oqimlar bo‘ylama -  $F$ , ko‘ngdalang -  $F0$  va vertikal -  $F1$  – ko‘rinishlarga bo‘linadi. Yassi o‘lchov chulg‘amli tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartgichlarning magnit tizim o‘zgartirish bo‘laklari  $R$ ,  $R0$ ,  $R1$  – magnit parametrlari va magnit kattaliklar – magnit yurituvchi kuch  $F$  va magnit oqimlarni  $F$  taqsimlanishi tugun tenglamalari asosida aniqlanadi.

Energotizim reaktiv quvvat manbalarining kombinatsiyalangan boshqaruv elementlaridan bo‘lgan yassi o‘lchov chulg‘amli tokni kuchlanishga elektromagnit o‘zgartgichlarni tadqiq natijalari ko‘rib chiqamiz. MATLAB dasturlar majmuasining tanlangan bloklari asosida reaktiv quvvat manbalarining kombinatsiyalangan boshqaruv tizimi yassi o‘lchov chulg‘ami chikishidagi

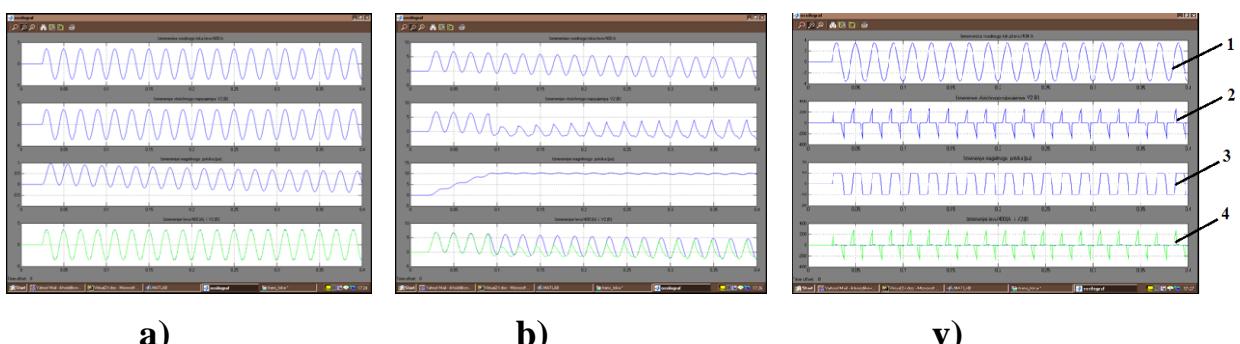
kuchlanishni, birlamchi toklar va magnit uzgartirish tizimi okimini hisoblash uchun tadqiqot modeli tuzilgan va u 5 - rasmida keltirilgan. Reaktiv quvvat manbalarining kombinatsiyalangan boshqaruvi tadqiqot modeli o'tkinchi jarayonlarni sifat tasniflarini xisobga olgan o'zgartgichlarning kattaliklarini real vaqt o'lchamida tadqiq etish imkonini beradi.



**5 - rasm. MATLAB dasturlar majmuasi asosida tuzilgan yassi o'lchov chulg'amli tokni kuchlanishga elektromagnit o'zgartgichlarning tadqiqot modeli**

MATLAB dasturlar majmuasi asosida energetizim reaktiv quvvat manbalari kombinatsiyalangan boshqaruv tizimining yassi o'lchov cho'lg'amli tokni kuchlanishga elektromagnit o'zgartgichlarining kirish va chiqish kattaliklarini tadqiqotlar natijalari 5 - rasmda keltirilgan.

Reaktiv quvvat manbalarining kombinatsiyalangan boshqaruvi modelini tadqiq natijalaridan xulosa qilish mumkinki, yaratilgan matematik model real vaqt o'lchamida energetizim talablarini bajaradigan yassi o'lchov chulg'amli tokni kuchlanishga elektromagnit o'zgartgichlarning qismlarini, o'zgartirish kattaliklari va qiymatlarini tadqiq etish va aniqlash imkonini beradi.

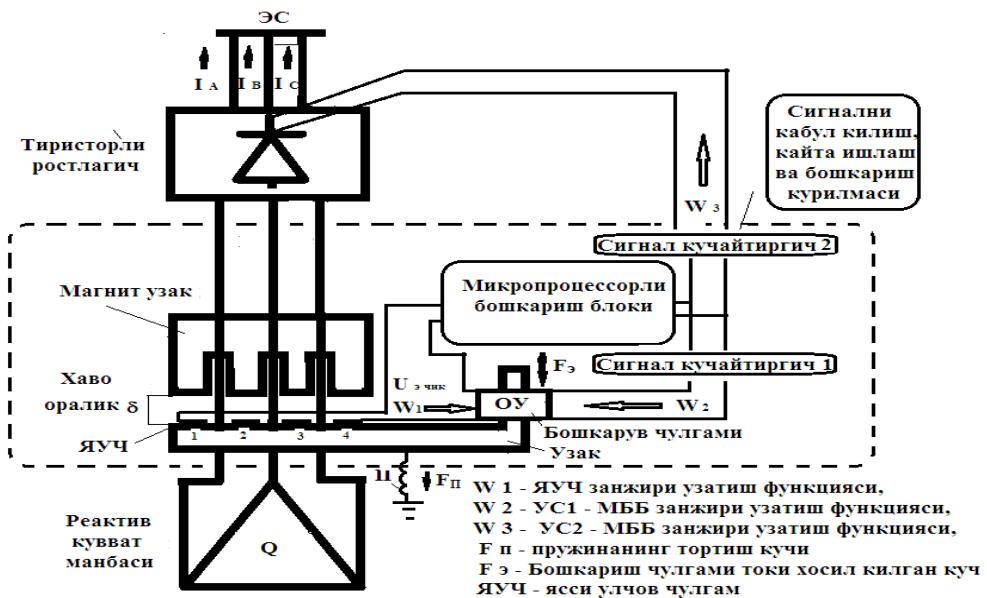


a) meyoriy, b) nosimmetrik, v) qisqa tutashuv rejimlarida

**6 - rasm. Energotizim yassi o'lchov cho'lg'amli tokni kuchlanishga elektromagnit o'zgartgichlarining kirish (1 – birlamchi tok -  $I_e$   $\text{kir}$ ), oraliq (2 – m.yu.k.  $F_\mu$  va 3- magnit oqim -  $F_\mu$ ) va chiqish (4 – ikkilamchi kuchlanish  $U_e$  chiq) kattaliklarining o'zgarishlari**

MATLAB dasturlar majmuasi asosida modellashtirish va tadqiqotlar natijalari ko'rsatdiki, yassi o'lchov cho'lg'amli tokni kuchlanishga elektromagnit o'zgartgichlarning xususiyati asosida taminlanuvchi chiqish kuchlanishining o'zgarishlari elektr tarmoq o'tkazgichlari yuklamalari ulangandan so'ng 0,044 sek mobaynida turg'unlashi aniqlandi. Ushbu qiymat magnit o'zgartirish tizimining magnit tizimini inersiyaligini juda kichik ekanligini isbotlaydi.

Reaktiv quvvat manbalarini yassi o'lchov chulg'amli tokni kuchlanishga elektromagnit o'zgartgichlar asosida kombinatsiyalangan boshqaruvining tuzilish tamoyili 7 - rasmda keltirilgan.



**7 - rasm. Reaktiv quvvat manbalarini yassi o'lchov chulg'amli tokni kuchlanishga elektromagnit o'zgartgichlar asosida kombinatsiyalangan boshqaruvining tuzilish tamoyili chizmasi**

## **4.2. O‘rnini qoplash usullarini tanlash va texnik iqtisodiy hisoblar**

Yuqori va past kuchlanishli reaktiv quvvat iste’molchilar uchun quyidagi o‘rnini qoplash usullari ishlatiladi :

1. Agar korxonada 6–10 kV SM bo‘lsa va ularning reaktiv quvvati  $Q_{cm}$  6–10 kVli tarmoqlardagi reaktiv yuklamalarni o‘rnini qoplash uchun yetarli bo‘lsa, bu motorlar shu maqsadlarda birinchi navbatda ishlatiladi va hech qanday texnik-iqtisodiy hisoblar talab qilinmaydi.

2. Agar  $Q_{sm}$  yetarli bo‘lmasa, qo‘sishimcha ravishda 6–10 kV li KB o‘rnataladi.

3. Kuchlanishi 1000 V gacha bo‘lgan reaktiv yuklamalarni o‘rnini qoplashda quyidagi variantlar mavjud:

1–variant: Past kuchlanishli reaktiv yuklamalar uchun ishlab turgan 6–10 kV kuchlanishli SM larni qo‘llash Agar ularni quvvati yetarli bo‘lsa). Bu variantdagi kapital sarflar:

$$K_1 = \Delta K_{kab1} + \Delta K_{tp1}$$

Bu yerda:  $\Delta K_{kab1}$  va  $\Delta K_{tp} - Q_k$  quvvatini SM dan 380 V li EI va I gacha uzatishda kabellarga va TP transformatorlariga sarflanadigan qo‘sishimcha sarflar[A–7].

Ekspluatatsiya sarflari:

$$S_1 = S_{a1} + S_{y1} + S_{ysm1},$$

Bu yerda:  $S_{a1}$ —Amartizatsiya ajratmalari;  $S_{y1}$  –  $Q_k$  quvvatni uzatish natijasida 6–10 kV kabellardagi va TP transformatorlardagi qo‘sishimcha energiya yo‘qotishlari qiymati bo‘lib, quyidagi yig‘indiga teng :

$$S_{y1} = S_{y,kab} + S_{y,tp}$$

$S_{ysm1}$ —SM dagi reaktiv quvvat ishlab chiqarish uchun ketgan quvvat yo‘qotishlari:

$$S_{ysm1} = \Delta R_{sm} * T_{yil} * C_0$$

Bu yerda:  $C_0$ —1 kVt soat energiyaning narhi;

2–variant. 6–10 kV li KB qo‘llash. Bu variantdagi kapital va ekspluatasion sarflar quyidagicha topiladi:

$$K_2 = K_{KB} + \Delta K_{kab2} + \Delta K_{tp2}$$

$$S_2 = S_{a2} + S_{y2} + S_{y,KB}$$

Bu yerda:  $K_{KB}$  – 6–10 kV li KB ning qiymati;  $S_{y,KB}$  – KB dagi elektr energiyasi yo‘qotishlari qiymati:

$$S_{y,KB} = R_{sol} * Q_{KB} * 10^{-3} * S_0 ;$$

$$R_{sol} = 2–2.5 \text{ Vt/1kVar})$$

3–Variant: 380 V li KB qo‘llash.

$$K_z = K_{KB}$$

$$S_z = S_{a3} + S_{y3}$$

Bu yerda:

$K_{KB}$  – KB ning qiymati;

$$S_{a3} = r_a * K_{KB} – \text{amortizatsiya};$$

$$S_{y3} = R_{sol} * Q_{KB} * 10^{-3} * S_0 – \text{elektr energiya isrofi qiymati};$$

$$R_{sol} = 4–4.5 \text{ Vt/1 kVar})$$

Loyihalashda 1 va 3 variantlar yoki 2 va 3 variantlar birgalikda ko‘rib chiqiladi (1 va 2 solishtirilmaydi).

#### **4.3.ETS da kuchlanishni rostlash prinsiplari**

ETS dagi kuchlanish og‘ishi asosan uchta faktorga bog‘liq bo‘lib, ular qisman beriladi, qisman hisoblab topiladi §6.1). Shularni hisobga olgan holda EP lardagi  $U_2$  kuchlanish qiymati quyidagi formula bilan topiladi:

$$U_2 = U_1 \pm \Delta U_{gen} \pm \Delta U_{qo‘sh} - \frac{P_x \cdot R + (Q_x - Q_k)(X_L - X_c)}{U,} \quad 3$$

Bu yerda:  $U_1$  – liniya boshidagi kuchlanish;  $\pm \Delta U_{gen}$  – generatorning qo‘shimcha kuchlanishi  $\pm$ ;  $\Delta U_{qo‘sh}$  – rostlovchi qurilmalarning qo‘shimcha kuchlanishlari;  $X_s$  – ketma-ket ulanuvchi KB ning,  $X_L$  – liniyaning induktiv qarshiliklari.

$U_2$  kuchlanishni elektrostansiya generatorida o‘rnatilgan rostlash vositasi bilan  $\pm 5\%$  oraliqda rostlash mumkin ( $\pm \Delta U_{gen} = \pm 5\%$ ).

ETS da kuchlanishni rostlovchi asosiy qurilmalarga YuOR (kuchlanishni yuklama ostida rostlash) va QQU (qo‘zg‘otishsiz qayta ulovchi) qurilmalari kiradi.

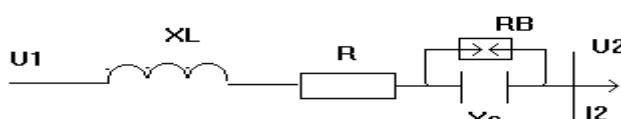
YuOR qurilmasi BPP transformatorlarda, QQU TP transformatorlarda o‘rnataladi. Ular yordamida transformatorlarning transformatsiya koeffisientlari o‘zgartirilib, kuchlanish rostlanadi.

Kuchlanish qo‘shuvchi (voltodobavochniy) transformatorlar asosiy transformatorga ketma–ket ulanib, ma’lum chegarada kuchlanishni rostlash imkonini beradi. Bular asosan energetika tizimida ishlatiladi. Kuchlanishi 10 kV ga teng bo‘lgan LTM turidagi chiziqli regulyatorlar ETS da ishlatiluvchi kuchlanish qo‘shuvchi transformator prinsipida ishlovchi qurilma bo‘lib, 630 kVA, 1600 kVA va 2500 kVA quvvatlarga ishlab chiqariladi. Reaktiv quvvatni o‘rnini qoplash uchun o‘rnataladigan va tarmoqqa parallel ulanuvchi kondensator batareyasi hamda YuK SM sistemaga reaktiv quvvat berib, kuchlanishni rostlaydi. Hozirgi paytda chiqarilayotgan komplekt kondensator qurilmalari kuchlanishini pog‘onali rostlash imkonini beradi. Bu pog‘onalar soni 4–5 taga bo‘ladi. Ularni o‘chirish va ulash uchun kontaktorlar yoki yog‘li o‘chirgichlar ishlatiladi.

Katta quvvatli sinxron kompensatorlar kuchlanishni uzluksiz rostlash imkonini beradi. Ularda qo‘zg‘otish tokini oshirib, kamaytiruvchi avtomatik qurilmalar o‘rnataladi.

Agar 1 ta liniyadan parallel ishlovchi 2 ta liniyaga o‘tsak, uning qarshiligi 2 barobar kamayadi. Natijada kuchlanish yo‘qotishi ham kamroq bo‘ladi.

Elektr zanjiriga ketma–ket ulanuvchi kondensator batareyasi (7.1–rasm) yordamida kuchlanishni rostlash mumkin.

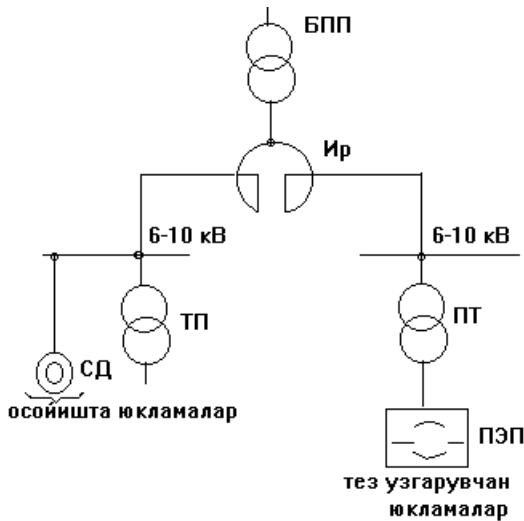


8.–rasm. Kondensatorlar batareyasi yordamida kuchlanishni rostlash.

Bu yerda:  $X_s$ —ketma–ket ulanuvchi kondensator batareyasiining qarshiligi bo‘lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$X_c = \frac{U_h \cdot (\Delta U \% - \Delta U_e \%)}{100 \cdot \sqrt{3} I_u \cdot \sin \varphi} \quad 3$$

Bu yerda:  $\Delta U\%$  – liniyada kuchlanish og‘ishi;  $\Delta U_{y,q}\%$  – yo‘l qo‘yiladigan kuchlanish og‘ishi.



8–rasm. Elektr soyli pechlarning elektr ta’minoti ikki tarmoqli reaktorli qo‘llash sxemasi

$I_r$ –ikki tarmoqli reaktor; PEP–po‘lat eritish pechi; PT–pech transformatori.

Ketma–ket ulanuvchi kondensatorlar bo‘ylama kompensatsiyani amalga oshiradi. Ularning rostlash effekti yuklama tokiga to‘g‘ri proporsional bo‘lib, tez o‘zgaruvchan yuklamali EI lar zanjirida o‘rnatiladi. Bu kondensatorlar ulardagi kuchlanish pasayishi  $I_2 \cdot X_c$  bo‘yicha tanlanadi. Kamchiligi qisqa tutashuv toklari o‘tganda o‘ta kuchlanishlar ro‘y berib, kondensatorlar ishdan chiqishi mumkin.  $I_k \cdot X_c$  katta qiymatga ega bo‘ladi, chunki  $I_k \gg I_2$  va  $I_k \cdot X_c \gg I_2 \cdot X_c$ . O‘ta kuchlanishlardan razryadnik RB yordamida himoya qilinadi.

Ikki tarmoqli reaktor (sdvoenniy reaktor) yordamida tez o‘zgaruvchan yuklamali EI lar borligida kuchlanishni rostlash mumkin. Bunday EI lar reaktorning birinchi tarmog‘iga, osoyishta yuklamali EI lar ikkinchi tarmog‘iga ulanadi. Agar 1–tarmoqda yuklama toki ortsa, ikkinchi tarmoqda kuchlanish ortadi. 2 tarmoqli reaktor qatnashgan sxema rasmida keltirilgan.

**Reaktiv quvvat manbalarini himoya va avtomatikasini**

**Iqtisodiy ko‘rsatkichlari**

**2x50 kVAr +2x36 kVAr+ 2x25 kVAr = 222 kVAr**

N	Qurulmalar va ularning tavsiflari	Qo‘llani ladigan soni, <b>dona</b> (m)	Narxi, <b>1</b> <b>dona.(</b> <b>m)</b> (sum.)	Umumiy narxi (sum)	Izoh
1.	Kosinusnie kondensator 2x50kVAr	2	250 000	500 000	
2.	Kosinusnie kondensator 2x36 kVAr	2	200 000	400 000	
3.	Kosinusnie kondensator 2x25 kVAr	2	200 000	400 000	
4.	Kosinusnie kondensator 2x25 kVAr	2	150 000	300 000	
5.	Avtomatik o‘chirgich 2x125 A	2	100 000	200 000	
6.	Avtomatik o‘chirgich 2x100 A	2	80 000	160 000	
7.	Avtomatik o‘chirgich 2x80 A	2	60 000	120 000	
8.	Kondensator uchun Kontaktorli puskatev 2x125 A	2	280 000	560 000	
9.	Kondensator uchun Kontaktorli puskatev 2x100 A	2	230 000	460 000	
10.	Kondensator uchun Kontaktorli puskatev 2x80 A	2	200 000	400 000	
11.	Avtomatik boshqarish bloki	1 komp.	650 000	650 000	

	RPR-12 U=380 V				
12	Himoya tasmalari Sariq Yashil Qizil	har biri uchun 6 donadan	4 000	24 000	
13.	RS-220 ko‘k signallari lampaning razryadli qarshiliqi	6	6 000	36 000	
14	Mis o‘tkazgich F=35 mm <sup>2</sup>	20 m	16 000	320 000	
15	Mis o‘tkazgich F=25 mm <sup>2</sup>	20 m	16 000	320 000	
16	Mis o‘tkazgich F=16mm <sup>2</sup>	20 m	12 000	240 000	
17	Misli qistirgich F=35 mm <sup>2</sup>	24	6 000	144 000	
18	Misli qistirgich F=25 mm <sup>2</sup>	24	5 000	120 000	
19	Misli qistirgich F=16mm <sup>2</sup>	24	4 000	96 000	
20	Tok transformatori 500/5	1	110 000	110 000	
21	Ulovchi simlari va gofra F=1,5 mm <sup>2</sup>	50 metr	3 500	175 000	
22	Metizi (bolt - gayki)	5 kg		200 000	
23	Rubilnik 630 A	1	200 000	200 000	
24	DIN reyka1,5 m	6 dona	5 000	30 000	
<b>jami</b>				<b>5 735 000</b>	
25	TP shinasidan dan rubilnikkacha tortiladigan kabel ko‘ndalang kesim yuzasi 400 A tok uchun (mis F = 120 mm <sup>2</sup> ) va qistirgich uchun ham shu ko‘ndalang kesim yuzasida - 6 dona	V zavisimo sti ot otdalenn osti ўтиа KKU ot TP			Buyurt machi tomnida n tayyorla b beriladi
26	Elektr qurulmalarni montaj qilish uchun shit				Buyurt machi

				tomnida n tayyorla b beriladi
27	Ish narxi		2 500 000	
28	Sarf xarajatlar uchun		1 790 000	
<b>jami</b>			<b>10 560 000</b>	

## XULOSA

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

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

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

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

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

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

### **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. I.A.Karimov. "Buyuk va muqaddassan, mustaqil vatan", "O'QITUVChI", nashriyot–matbaa ijodiy uyi, Toshkent, 2011 yil.
2. I.A.Karimov. "O'zbekiston mustaqilika erishish ostonasida", "O'QITUVChI", nashriyot–matbaa ijodiy uyi, Toshkent, 2012 yil.
3. Siddikov I.X., Nasritdinov F.J. Issledovanie prinsipov postroeniya elektromagnitnix elementov elektroavtomatiki i zaščiti sistem elektrosnabjeniya na osnove grafovoy modeli // Jurnal «Beruniy yulduzlari». - TGTU, Tashkent, 2001. - №1. – s. 87-89.
4. Siddikov I.X. Issledovanie osnovnih xarakteristik i prinsipov postroeniya elektromehanicheskix preobrazovateley elektroavtomatiki na osnove grafovoy modeli // Jurnal «Vestnik TashGTU». – Tashkent, 2001. - №1. – s. 11-17.
5. Siddikov I.X., Anarboyev M.A., Mirzoyev N.N., Mamatkulov A.N. Elementi upravlenie staticheskimi i dinamicheskimi istochnikami reaktivnoy moçnosti // Jurnal «Problemi energo i resursosberejeniya». - TGTU, Tashkent, 2013. – Spes. vypusk. - №3-4. – s. 183-187.
6. Rojkova L.D, Kozulin V.S. "Elektrostansiya va podstansiyalarning asbob–uskunalari". Toshkent, "Fan", 1987 y, 619 b.
7. Neklepaev B.N. "Elektricheskaya chast stansiy i podstansiy", M.: 1991
8. Spravochnik po elektricheskim ustroystvam visokogo napryajeniya, M.: 1998.
9. Pravila Ustroystv Elektrotexnicheskix ustanonovok (PUE). M.: Energoatomizdat, 1987.
10. Spravochnik po elektrosnabjeniyu promishlennix predpriyatiy. Promishlennie elektricheskie seti /Pod red. A.A.Fedorova i G.V.Serbinovskogo, M., Energiya, 1980.
11. Spravochnik po elektrosnabjeniyu promishlennix predpriyatiy. Elektrooborudovanie i avtomatzatsiya /Pod red.A.A.Fedorova i G.V.Serbinovskogo M. Energoizdat, 1981.
12. Elektrotexnicheskiy spravochnik: 2–tom. Pod obo'ey red.prof. MEI. M. Energoatomizdat, 1980.

13. Elektrotexnicheskiy spravochnik: 3 tom. Pod obo'ey red. prof. MEI. M. Energoatomizdat, 1981.
14. Gultpyaev A. K. Vizualnoe modelirovanie v srede MatLab. SPb.: Piter, 2000. 429 s.
15. Dyakonov V. P. S1MULINK-4. Spesialniy spravochnik. SPb.: Piter, 2002, 601 s.
16. V.P.Dyakonov. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Osnovi primeneniya. Polnoe rukovodstvo polzovatelya. SOLON-Press, 2004.
17. V.P.Dyakonov. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 v matematike i modelirovani. SOLON-Press, 2003.
18. V. I. Karlažuk. Elektronnaya laboratoriya na IBM PC. Laboratorniy praktikum na baze Electronics Workbench i MATLAB. SOLON-Press. 2004.
19. I.Chernix. Simulink: sreda sozdaniya injernix priloeniy. Dialog-MIFI. 2003.
20. [http://www.rza001.narod.ru/txt/shabad\\_2/raschet\\_to.htm](http://www.rza001.narod.ru/txt/shabad_2/raschet_to.htm)
21. http://www.izl.ru/kastv.htm
22. http://marketelectro.dsx.ru/upload/File/sprav/sprav8.htm
23. <http://www.platan.ru/cgi-bin/qwery.pl?id=730&group=10703>
24. http://detalinadom.narod.ru/nabor/nabTDA2030.htm
25. Balashov Ye.P., Puzankov D.V. Mikroprotsessori i mikroprotsessornie sistemi. –M.: Radio i svyaz. 1981. –326 s.
26. Bryabin V.M. "Programnoe obespechenie personalnix EVM".
27. Valvachev F.N., Krisevich V.C. "Programmirovanie na yazike PASKAL dlya personalnix EVM".
28. http://www.prom-lru./ Transformatornoе oborudovanie.
29. http://www.news.elteh.ru./ Forum / «Novosti Elektrotexniki».
30. Shabat M.A. Rascheti releynoy zashiti i avtomatiki raspredeli-telnix setey. – L: Energoatomizdat 1991 g.
31. [Avtomatika elektricheskix stansiy, i elektroenergeticheskix sistem](#) Ovcharenko N.I. Izdatelstvo NS ENAS, 2003-01-01, Kniga v pereplete, 504 str., ISBN kod 5-93196-020-1

32. [Vibor i ekspluatatsiya silovix transformatorov.](#) Bistriskiy G.F. Izdatelstvo Akademiya, 2003-07-10, Kniga v pereplete, 176 str., ISBN kod 5-7695-1143-5
33. [Montaj, ekspluatatsiya i remont elektroustanovok.](#) Kusenko G.F. Izdatelstvo Dizayn Pro, 2003-05-15, Kniga v pereplete, 271 str., ISBN kod 985-452-072-2.
34. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)
35. [www.elster.ru](http://www.elster.ru)
36. [www.izmerenie.ru](http://www.izmerenie.ru)
37. [www.alphacenter.ru](http://www.alphacenter.ru)
38. [www.metronica.ru](http://www.metronica.ru)
39. “Merkuriy”. [www.incotex.ru](http://www.incotex.ru)
40. SP OOO “Elektron hisoblagich”
41. [www.uzelex.uz](http://www.uzelex.uz)
42. [www.algoritm.uz](http://www.algoritm.uz)
43. [www.undp.uz](http://www.undp.uz)
44. [www.uzbekenergo.uz](http://www.uzbekenergo.uz)
45. [www.press-service.uz](http://www.press-service.uz)
46. [www.gov.uz](http://www.gov.uz)
47. [www.uzbekcoal.uz](http://www.uzbekcoal.uz)
48. [www.lex.uz](http://www.lex.uz)
49. [www.gismeteo.ru](http://www.gismeteo.ru)



## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях.

Настоящим актом подтверждается, что результаты работы «Монтаж и наладка системы автоматического регулирования источников реактивной мощности - косинусных конденсаторных установок» договор 5/19 от 18 Февраля 2014 года

(наименование темы, № Гос. регистрации)  
выполненной по плану НИР 2014 г.

(наименование вуза НИИ, КБ, сроки выполнения)  
на сумму 100000 (один миллион) сумов

(цифрами и прописью)  
выполненной 18.02.2015 г - 30.04.2015 г.

(сроки выполнения)  
внедрены в ООО «ELEKTRORENTGEN»

(наименование предприятия, где осуществлялось внедрение)

1. Вид внедренных результатов: Промышленное внедрение, монтаж и наладка источников реактивной мощности и системы автоматического регулирования косинусных конденсаторных установок

(эксплуатация изделия, работы, технологии: функционирования систем)

2. Характеристика масштаба внедрения массовое

(的独特的, единичное, партия, массовое, серийное)

3. Форма внедрения:

Внедрены трехфазные преобразователи тока в напряжения, схемы включения и конструкции элементов автоматического регулирования источников реактивной мощности - косинусных конденсаторных установок

4. Новизна результатов научно-исследовательских работ разработаны новые схемы соединения и конструкции элементов автоматического регулирования источников реактивной мощности на основе преобразователя с плоскими измерительными обмотками - с повышенной точностью , улучшенной технологией изготовления и расширенными функциональными возможностями

(принципиально новые, качественно новые, модификации, модернизация старых разработок)

5. Опытно-промышленная проверка проведена в системе электроснабжения в ООО «ELEKTRORENTGEN» с 18Февраля 2015 г. по 30 апреля 2015 г.

(указать номер и дату актов испытания, наименование предприятия, период)

6. Внедрены:

в промышленное в ООО «ELEKTRORENTGEN»

Годовой экономический эффект

7. Ожидаемый внедрения в ООО «ELEKTRORENTGEN» - свыше 100 000000 ( сто миллионов ) сум в год

(от внедрения в проект)  
фактически от внедрения в ООО «ELEKTRORENTGEN» (пятьдесят миллионов) сум за 1  
(один) 2015 год

в том числе долевое участие:  
за заказчика - ООО «ELEKTRORENTGEN» -50 (пятьдесят )%.исполнителя-50 (пятьдесят )%  
(% цифрами и прописью)

8. Удельная экономическая эффективность внедренных результатов.  
9. Объем внедрения 100% от объема внедрения, положенного в основу расчета  
экономического эффекта, рассчитанного по окончанию НИР/Э. - 100 000000 (сто  
миллионов ) сумов за 1 (один) 2015 год.

10. Социальный и научно-технический эффект: улучшение условий работы  
электродвигателей, уменьшение заявленной мощности и потерь электроэнергии за счет  
применение источников реактивной мощности и упрощения схемы соединения элементов  
системы автоматического регулирования  
(охрана окружающей среды, недр, улучшение и оздоровление условий труда)

совершенствование структуры управления, научно-технических направлений и т.д.)

От исполнителя руководитель НИР

т.ф.н. И. И. Сиддиков

т.ф.н. М. И. Махмудов

т.ф.н. И.И.Хафизов

Магистрант Х. Халоков

Магистрант У.Хайитов

Соискатель Н. Н. Мирзоев

Бакалавр С.У.Усманалиев

От заказчика

Гл. инженер

Энергетик

