

Sanoat Korxonalarida Reaktiv Quvvat Iste'molini Kamaytirish Chora Tadbirlari

Hojimurodov Jasur Erkinovich¹

Annotatsiya: Korxonada va sexlar bo'yicha sistemadan olinadigan reaktiv quvvat iste'molini kamaytirish uchun kuchlanishi 1000 gacha statik kondensator batareyalari, sinxron motorlar (SM), sinxron kompensatorlar va reaktiv quvvatning statik manbalari ishlatiladi.

Kalit so'zlar: reaktiv quvvat, quvvat koeffisienti, reaktiv quvvat qoplash manbasi, sinxron kompensator.

Texnologik mexanizmlarning va elektr qurilmalarining ishlash jarayoniga va tuzilishiga ta'sir qilib, reaktiv quvvat iste'molini kamaytirish mumkin. Energotizimni loyihalash va ishlatishda reaktiv quvvatni qoplash uchun 2 xil usuldan foydalaniladi:

1. Sun'iy – Maxsus reaktiv quvvat qoplash manbasi ishlatilgan holda uni qoplash;

Tabiiy – Maxsus manba ishlatmasdan texnologik jarayonga, elektr qurilmasi konstruksiyasiga va parametrlariga ta'sir qilib o'rnini qoplash tadbirlari.

Shu usullarni ko'rib chiqamiz:

1. Ishlab chiqarish korxonasidagi asinxron motorning salt yurish vaqtini cheklash. Chunki asinxron motorlar salt yurganda asosan reaktiv quvvatni iste'mol qiladi va uning quvvat koeffisienti $\cos \varphi$ kichik qiymatga ega. Shuning uchun salt yurish vaqti 10 soniyadan ortiq bo'lgan motorni tarmoqdan avtomatik uzuvchi moslama o'rnatiladi.
2. Mexanizm konstruksiyasi imkon bersa, yuklash koeffisienti kichik bo'lgan asinxron dvigatellarni kichikroq quvvatli motorga almashtirish.
3. Bunda motorning yuklanish koeffisienti $K_{yu} < 0,45$ bo'lsa, katta quvvatli motorni kichik quvvatli bilan iqtisodiy hisoblar bajarmasdan almashtirish mumkin. Agar $0,45 < K_{yu} < 0,7$ bo'lsa, texnika-iqtisodiy hisoblar asosida almashtirish mumkin.
4. Kam yuklangan asinxron dvigatellarni va sinxron motorlarni stator cho'lg'amlariga beradigan kuchlanishni cho'lg'amlarni uchburchakdan yulduzga o'tkazish orqali kamaytirishi bilan reaktiv quvvat iste'molini qisqartirish. Buni nominal kuchlanishda cho'lg'amlari uchburchak usuliga ulanadigan 5A seriyasidagi motorlar uchun qo'llash mumkin.
5. Imkoni boricha doimiy ish rejimiga ega mexanizmlarda o'rnatilgan asinxron motorlarni sinxron motorlar bilan almashtirish (nasoslar, kompressorlar, ventilyatorlar). Chunki SM reaktiv quvvatni iste'mol qilmasdan, o'zi ishlab chiqarib, tarmoqqa berishini mumkin.
6. O'zgarmas ish rejimli mexanizmlar uchun (katta quvvatli nasoslar, kompressorlar, ventilyatorlar uchun) yangidan loyihalash davrida sinxron motorlar o'rnatishni ko'zda tutish.

Yuqoridagi tadbirlarni bajarish uchun iqtisodiy samaradorlik yuqori. Shuning uchun ularni birinchi navbatda bajarib, so'ngra zarur bo'lsa reaktiv quvvatning maxsus manbalarini qo'llash mumkin.

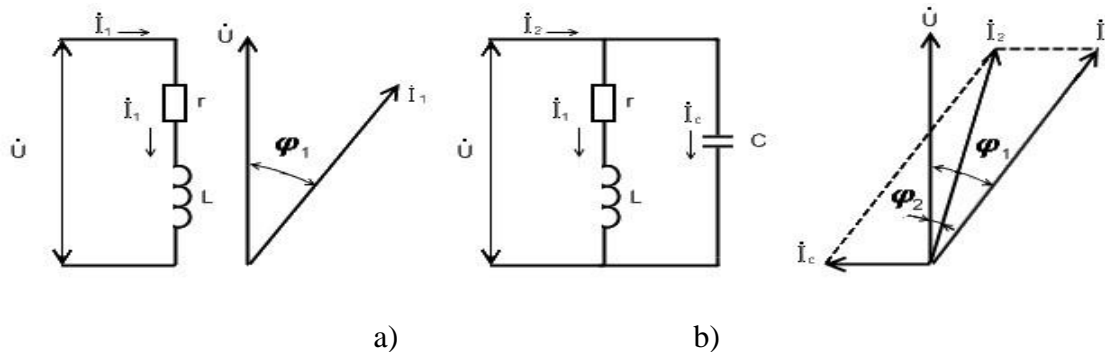
Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash deb uni ishlab chiqarish yoki kompensatsiyalash qurilmalari yordamida iste'mol qilishga aytiladi. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash prinsipi quyidagicha bo'ladi.

¹ Buxoro muhandislik – texnologiyalar instituti



Kondensatorlardan o'tayotgan tok unga tushayotgan kuchlanishdan 90° oldinda bo'lib, induktiv g'altakda o'tuvchi tok esa unga tushayotgan kuchlanishda 90° 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 jihatdan teng bo'lib o'z – o'zini kompensatsiyalaydi va tarmoq reaktiv tashkil etuvchi 0 ga teng bo'ladi.

Sig'im toki yordamida kompensatsiyalash prinsipi quyidagi vektor diagrammada keltirilgan.



1-rasm. a) Asinxron motorlarda kompensatsiya qilinmagan holdagi vektor diagrammasi, b- reaktiv quvvat kompensatsiyali sxema

Yuklamaga parallel ulangan, R va L tashkil etuvchilardan iborat bo'lgan sig'im kondensatori C ni shunday tanlanadiki, unda kondensatordan o'tayotgan I tok induktiv L iste'mol qilayotgan magnitlash I tokining absolyut qiymatiga yaqin bo'lgan qiymatda tanlanadi. Vektor diagrammadan ko'rinadiki yuklama qiymatidagi tok va kuchlanish faza siljishini burchagini ϕ_1 dan ϕ_2 gacha bo'lgan kattalikda kondensator C ulashda va mos ravishda yuklamani quvvat koeffisientni oshirish amalalga oshiriladi. Agar $\phi_2 = 0$ 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 quvvatni kamaytirish uchun reaktiv quvvatni qoplash uskunasi iste'mol qilayotgan iste'molchilardan uzoq bo'lmagan joyga joylashtirish maqsadga muvofiq. Bunda tarmoq elementlari reaktiv quvvatdan xolos bo'ladi, aktiv quvvat isrofi va kuchlanish pasayishini kamayishga olib keladi. Bundan ko'rishimiz mumkinki yuklamani quvvati o'zgarmagan holatda podstantsiya va kompensatsiya qurilmalarini o'rnatish liniyadagi reaktiv quvvatni kamayishga sabab bo'ladi. Loyihalana yotgan va qo'llanilayotgan iste'molchilarda reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiyalashni quyidagi 3 ta guruhga ajratishimiz mumkin.



1. Kompensatsiyalash qurilmani talab etilmaydigan qo‘llash.
2. Kompensatsiyalash talab etiladigan hollarda qo‘llaydiganlar.
3. Istisno tariqasida qo‘llash ruxsat etilgan.

Birinchi guruh chora tadbirlari reaktiv quvvatning sarfini kamaytirish uchun qo‘llaniladi va bu chora tadbirni birinchi navbatda ko‘rib chiqish kerak. Bu tadbirlar quyidagicha iqtisodiy mablag‘lar talab qilmaydi. Keyingi ikkila tadbirlar energiya tarmoq bilan kelishilgan holda iqtisodiy samaradorlik hisoblashlar orqali isbotlab kerak bo‘ladi.

Kompensatsiyalash qurilmalarini qo‘llashdagi chora tadbirlar quyidagilar.

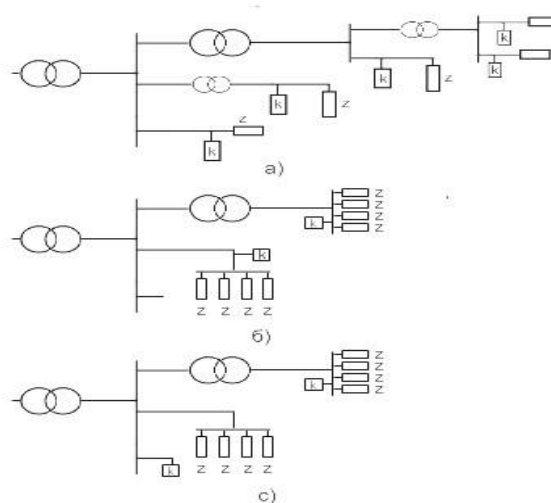
1. statik kondensatorlardan foydalanish.
2. sinxron dvigatellarni reaktiv quvvat kompensatori sifatida foydalanish.
3. reaktiv quvvatni qoplashning statik manbalarni qo‘llagan holda foydalanish.
4. parallel ishlovchi yuqorida aytib o‘tilgan bir nechta qurilmalardan kompensatsiyalash tarmog‘i uchun foydalanish.

Energotizimda qo‘llanilayotgan reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmalarini tannarxining yuqori ekanligi va bu qurilmalarni mavjud murakkabligiga qarab ularni texnik iqtisodiy va ekspluatatsion jihatdan tahlil qilishni talab qiladi.

Kompensatsiya qurilmalarini elektroenergetika sistema tarmoqlanish, ulardan foydalanish va o‘rnatish joylariga qarab quyidagi ko‘rinishlarda bo‘lishi mumkin:

1. Yakka holdagi reaktiv quvvatni qoplash qurilmasi
2. Guruhlangan holdagi reaktiv quvvatni qoplash qurilmasi
3. Markazlashgan holdagi reaktiv quvvatni qoplash uskunasi.

Quyidagi rasmda elektr tarmoqlaridagiva sanoat korxonalaridagi kompensatsiya qurilmalarini joylashgan holatiga qarab bir necha turlarga bo‘linadi va ular quyidagilar. Yakka holdagi reaktiv quvvat kompensatorlari – elektr tarmog‘idan reaktiv quvvat iste‘mol qiladigan qurilmalar bilan birgalikda ishlovchi kompensatorlar. Agar tarmoqdagi reaktiv quvvatni to‘laligicha kompensatsiya qilganda ular energiya istemoli va kompensatsiya qurilmasini aktiv energiya iste‘molchilarga aylanib qolishardi. Yakka holdagi reaktiv kompensatsiyani asosiy kamchiliklaridan biri bu kompensatsiyalash qurilmalari tarmoqdan uzish holatlarida qo‘llanilmaydi. Bu holatdagi reaktiv quvvatni kompensatsiyalashning eng samarador usuli sinusoidal xarakteristikasi buzilgan energiya istemolchilarini qo‘llash hisoblanadi.



2-rasm. Kompensatsiya qurilmalari ulanish sxemasi



a - yakka holdagi reaktiv quvvatni qoplash qurilmasi

b - guruhlangan holdagi reaktiv quvvatni qoplash qurilmasi;

v - markazlashgan holdagi reaktiv quvvatni qoplash qurilmasi.

Hozirgi tez rivojlanib borayotgan elektroenergetik tizimlarimizda keskin oshib borish markazlashgan reaktivquvvat kompensatsiyalash kamayishiga sabab bo'lmoqda.

Bunga sabab katta energiya tarmoqlarida markazlashgan reaktiv quvvat kompensatsiya qurilmalari hamma nuqtalarda ham reaktiv quvvatni to'liq kompensatsiya qilish imkonini bermaydi. Ayniqsa nochiziq xarakterli elektrostansiyalar va podstansiyalar orasidagi masofa ortib borgan sari, elektr uzatish liniyasi ham shuncha ko'p energiya isrofi ko'payadiva kuchlanish tushuvi ortadi.

Elektr ta'minoti tizimida bo'ylama kompensatsiya

Bo'ylama holdagi reaktiv kompensatsiyasining ishlash tamoyilini quyida keltirilgan vektor diagrammasdan ko'rib olishimiz mumkin.

1. Statik kondensatordan foydalanmagan holda;

2. Statik kondensatordan foydalangan holda

Elektr uzatish tarmog'ida odatiy aktiv (Raktiv) va faqat induktiv (XL) qarshiliklar bo'lganda kuchlanish Utush va shu qarshiliklardagi kuchlanish tushuvi tufayli pasayadi. Bunda $U_{tush} < U_1$, $U_1 - U_{tush} > 0$.

Sig'im iste'molchidagi $X_{sig'im}$ ulanadiga bo'lsa, uchinchi kuchlanish tushuvi $I_{tush} X_s$ hosil bo'ladi. Uning yo'nalishi $I_{tush} X_s$ qarama-qarshi bo'ladi $I_{tush} X_s$ xarakteristikasini shunday tanlash mumkinki, natijada U_{tush} vektori U_1 vektoriga teng bo'ladi (balki undan kattaroq qiymatga ega bo'lishi ham mumkin), ya'ni $\Delta U = 0$ yoki $\Delta U < 0$.

X_s ning qiymati meyoriy holda kompensatsiyalanmaganda kuchlanish pasayishi $\Delta U\%$ ga ruxsat etiluvchi kuchlanish yo'qolishi $\Delta U_{rux}\%$ ga nominal kuchlanish U_{nom} ga yuklama toki I_{max} va $\sin \alpha_2$ ga nisbatan aniqlanadi:

$$X_c = \frac{U_{nom} (\Delta U\% - \Delta U_{qosh}\%)}{100\sqrt{3} * I_{max} * \sin \alpha_2} \quad (1)$$

Bo'ylama reaktiv quvvat kompensatsiyalovchi qurilmalarning afzalliklari quyidagilardan tashkil topgan:

Kuchlanishni avtomatik ravishda boshqarish;

Bir xil quvvatdagi kompensatsiyalovchi kondensatorlarda sig'im miqdori 4÷6 marta kam bo'ladi.

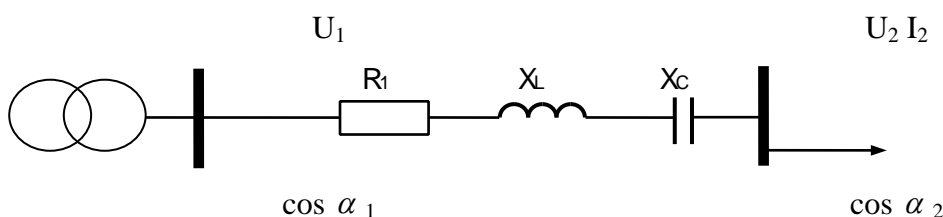
Statik kondensatorlar faqatgina $I_{tush} X_C$ ni qoplash uchun hisoblanadi.

Bo'ylama reaktiv quvvat kompensatsiyalovchi qurilmalarining asosiy kamchiliklari:

Kuchlanishlar rezonansi holatlarining paydo bo'lishi ehtimoli borligi;

Bo'ylama qisqa tutashuv toklarining mavjudligi;

Qisqa tutashuv toklarining yuqori qiymatga ega ekanligi.



3-rasm Elektr tarmog'idagi reaktiv quvvat qoplangandan keyingi burchak siljishi

Elektr ta'minoti tizimidagi elektr qurilmalarning quvvat koeffisienti

Elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlarini oshirishda elektr qurilmaning quvvat koeffisienti $\cos \alpha$ muhim va asosiy ahamiyat kasb etadi. Bu o'rinda aytish mumkinki elektr energiyasi ham mahsulot, har bir mahsulotning sifat ko'rsatkichlari bo'lib bu muhim ahamiyat kasb etadi. Quvvat koeffisientining kichik qiymatga ega bo'lishi energotizimda, generatorlar va katta quvvatli transformatorlarda metallarni ko'p sarflashga, o'rnatilgan quvvatidan to'liq foydalana olmaslik holatlariga olib keladi. Bulardan tashqari $\cos \alpha$ ning qiymatlari kichik bo'lishi quyidagi holatlarni yuzaga kelishiga sababchi bo'ladi va quyidagi muammolarni keltirib chiqaradi;

- elektr tarmog'idagi reaktiv quvvat iste'molchilari stansiyadagi generatorlar va oraliq stansiyalardagi transformatorlarining past foydali ish koeffitsenti bilan ishlashga olib keladi;
- elektr stansiyadagi birlamchi motorlarni nominal quvvat bo'yicha to'liq ishlamaslikka va kichik qiymatdagi foydali ish koeffisientiga ega bo'lishga olib keladi;
- tok o'tkazgich simlarda quvvat isrofi ortib ketadi.
- Liniyadagi kuchlanish tushuvini yuzaga chiqaradi

Biz bilamizki, asinxron dvigatellarining ishlashida aylantiruvchi magnit maydoni asosiy rolga ega. Bu aylantiruvchi magnit maydonni hosil qilish uchun asinxron motorlar boshlang'ich magnitlovchi yoki reaktiv quvvat iste'mol qilishi zarur. Bu quvvat asinxron motor kirishidagi kuchlanishga nisbatan faza bo'yicha 90° ga orqada qoladi. Salt ishlagan davrda asinxron elektr motorining quvvat koeffisienti $0,1 \div 0,3$ ga yaqin.

Asinxron motor yuklamasi borgan sari istemol qilayotgan quvvatning aktiv tashkil etuvchisi oshib boradi va magnitlovchi reaktiv quvvatning nisbiy qiymati pasayib boradi. Shunga ko'ra tok va kuchlanish oralaridagi burchak siljishi α pasayib boradi. Natijada $\cos \alpha$ qiymati ortadi.

Kichik quvvatli asinxron dvigatellar katta quvvatlariga qaraganda kichik qiymatli $\cos \alpha$ larga ega bo'ladi. Buning sababini ko'rib chiqadigan bo'lsak – kichik qiymatli asinxron dvigatellarning statori bilan rotorining orasidagi havo oralig'i α kata quvvatli asinxron dvigatellarga nisbatan katta va bundan kelib chiqadiki bu reaktiv energiyani katta quvvatliga ko'ra ko'p qiymatda talab etadi.

Aylanish tezligi kam bo'lgan asinxron dvigatellarning $\cos \alpha$ qiymati kichik qiymatga ega. Buning asosiy sabablaridan biri bu kichik tezlikda ishlovchi asinxron dvigatellarda juft qutblar soning ko'pligi va geometrik o'lchovlari kattaligi bilan tushunishimiz mumkin. Boshqa tarafdin ko'radigan bo'lsak kichik tezlikda aylanuvchi asinxron dvigatellarning havo oralig'i kata quvvatli dvigatellarga nisbatan ko'proq deb qabul qilishi ham sababchi bo'ladi.

Faza rotorli asinxron motorlar rotori qisqa tutashgan asinxron motorga qaraganda (4– 5)% ga kam qiymatli $\cos \alpha$ ga egalar. Bu yerda ham bu holat faza rotorli asinxron motorlar stator va rotor orasidagi havo bo'shlig'i qisqa tutashgan rotorliligiga asinxron motorlarga qaraganda kattaroq qilib olinishi bilan ham izohlanadi.

Asinxron elektr motorlarini odatiy holda ekspluatatsiya qilish quvvat koeffitsenti $\cos \alpha$ ning qiymatiga ekspluatatsiyaning ta'siri katta bo'ladi. Asinxron motorlar yuklama qiymati nominaldan past yoki yuklama qiymati nominaldan past holda ishlaganda $\cos \alpha$ qiymati keskin kamayib ketadi. Asinxron motorlarga noto'g'ri yoki sifatsiz bajarilgan ekspluatatsiya qilish jarayonlari ham $\cos \alpha$ qiymatiga ta'sir ko'rsatib $\cos \alpha$ ning qiymatini pasaytirib yuboradi.

Asinxron motorlarda quvvat koeffisientining qiymatiga kuchlanishning sinusoidallikdan og'ishi va sinusoidallikdan tebranishi ham ta'sir ko'rsatadi. Tarmoq kuchlanish amplitudasi qiymati ko'tarilganda asinxron motorlardan $\cos \alpha$ ning qiymati kamayadi, tarmoq kuchlanishi amplitudasi pasayganda esa asinxron motorlardan $\cos \alpha$ ning qiymati kamayadi, ko'tariladi. Quvvat koeffitsientining o'zgarishiga asosiy sabab magnitlovchi tok sababchi bo'ladi.



Adabiyotlar

1. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. –T.: “O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati” nashriyoti, 2011. –408 b.
2. Арменский Е. В., Фалк Г. Б. «Электрические микромашины»: Учебное пособие для студентов электротехнических специальностей вузов.3-е перераб.и доп. изд. — М.: Высшая школа, 1985г
3. Д.Э. Брускин, Е. Зорохович, В.С. Хвостов «Электрические машины и микромашины» издание третье, переработанное и дополненное. Москва «Высшая школа» 1990
4. N.N. Sadullayev, M.O. Gafurov., “Assessment of the impact of the industrial enterprise on the environment by determining the integrated (generalized) energy efficiency performance indicator”, AGRITECH-VIII 2023 E3S Web of Conferences 390, 06018 (2023), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339006018>
5. N.N. Sadullayev, M.O. Gafurov., “Sanoat korxonasining kompleks (umumlashgan) energiya samaradorlik ko‘rsatkichini aniqlash”, Fan va texnologiyalar taraqqiyoti ilmiy – texnikaviy jurnal, 214-218b, 2-2023.
6. N.N. Sadullayev, M.O. Gafurov., “Determination of the Complex Energy Efficiency Indicator of an Industrial Enterprise”, Jisuanji Jicheng Zhizao Xitong/Computer Integrated Manufacturing Systems. J. 28(11), 883-890 (2022). DOI: 10.24297/j.cims.2022.11.063
7. М. Гафуров, “Рекомендации По Устранению Дефицита Электроэнергии В Узбекистане На Основе Опыта Развитых Зарубежных Стран”, Miasto Przyszłości. P. 241 – 245, Kielce 2023

