



# ELEKTR ENERGIYASI SIFAT KO'RSATKICHLARINI OSHIRISHDA REAKTIV QUVVAT MANBALARINI TADQIQ QILISH

Akram Tovboyev [0000-0003-2677-6977], Islom Tog'ayev [0000-0002-4481-874X]

**Tovboyev A.N.** – DSc., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti “Energetika” kafedrası professor v.b., **Tog'ayev I.B.** – Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti “Elektr energetikasi” kafedrası assistenti.

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada reaktiv quvvat kompensatsiyasining elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlariga ta'siri, elektr ta'minoti tizimi elementlari, shuningdek reaktiv quvvatni kompensatsiya qilishning muhimligi, energetika tizimi uchun qo'llanilish sohalari, energiya iste'molining iqtisodiyotga ta'siri, energetika tizimi elementlaridagi quvvat isroflarini kamaytirish va elektr energiyasi sifatini oshirish kabi holat va jarayonlar keltirib o'tilgan.

**Kalit so'zlar:** Kompensatsiya, aktiv, reaktiv hamda to'la quvvat, elektr ta'minoti tizimi, elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlari, reaktiv quvvat manbalari, statik kondensator qurilmasi, shuntli boshqaruvchi reaktor.

**Аннотация.** В этой статье рассматриваются такие состояния и процессы, как влияние компенсации реактивной мощности на показатели качества электроэнергии, элементы системы электроснабжения, а также важность компенсации реактивной мощности, области применения энергосистемы, влияние энергопотребления на экономику, снижение потерь энергии в элементах энергосистемы и повышение качества электроэнергии.

**Ключевые слова:** Компенсация, активная, реактивная и полная мощность, система электроснабжения, показатели качества электроэнергии, источники реактивной энергии, статический конденсаторный блок, реактор с шунтирующим регулятором.

**Annotation.** This article discusses such conditions and processes as the effect of reactive power compensation on electricity quality indicators, elements of the power supply system, as well as the importance of reactive power compensation, applications of the power system, the impact of energy consumption on the economy, reducing energy losses in the elements of the power system and improving the quality of electricity.

**Key words:** Compensation, active, reactive as well as full power, power supply system, electricity quality indicators, reactive power sources, static capacitor device, shunt control reactor.

## Kirish

Reaktiv quvvat elektr ta'minoti tizimi holatini tavsiflovchi asosiy ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Shu sababli u haqidagi tushunchani aniqroq ma'lumotiga ega bo'lish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Shuni ta'kidlashimiz lozimki, reaktiv quvvat tushunchasi faqat sinusoidal kuchlanish va tok zanjirlarida simmetrik o'rnatilgan rejimlarida kiritib qo'llanishi mumkin bo'lib, qolgan boshqa holatlarda amaliyotda elektr zanjirlari rejimlari tadqiqotlarida mavjud bo'lganda, energetik rejim tavsifining holatini buzishi mumkin [1]. Bevosita reaktiv quvvatni uzatishda unda sodir bo'ladigan sabablari tufayli, aktiv quvvat tarmoqning barcha elementlarida aktiv energiyaning qo'shimcha isroflari bilan bog'liq ravishda ifodalanadi. Reaktiv quvvat uzatilishidagi energiya isroflari muammosi elektr uzatish tarmoqlari uzatish imkoniyatlari bilan chambarchas bog'liq ekanligini ko'rishimiz mumkin. Zamonaviy elektr ta'minoti tizimi elektr energiyasi iste'molchilari uchun tarmoqlarda yuqori darajada reaktiv quvvat iste'moli bilan tavsiflanadi. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash hisobiga elektr energiyasi bilan ishlaydigan uskunalardan yaxshi foydalanish reaktiv quvvat bilan uskuna yuklangandan ko'ra yuqori hisoblanadi, va bu aktiv quvvat yo'qolishi pasayishga olib keladi yoki uni yana qo'shimcha yuklash imkonini beradi [2].

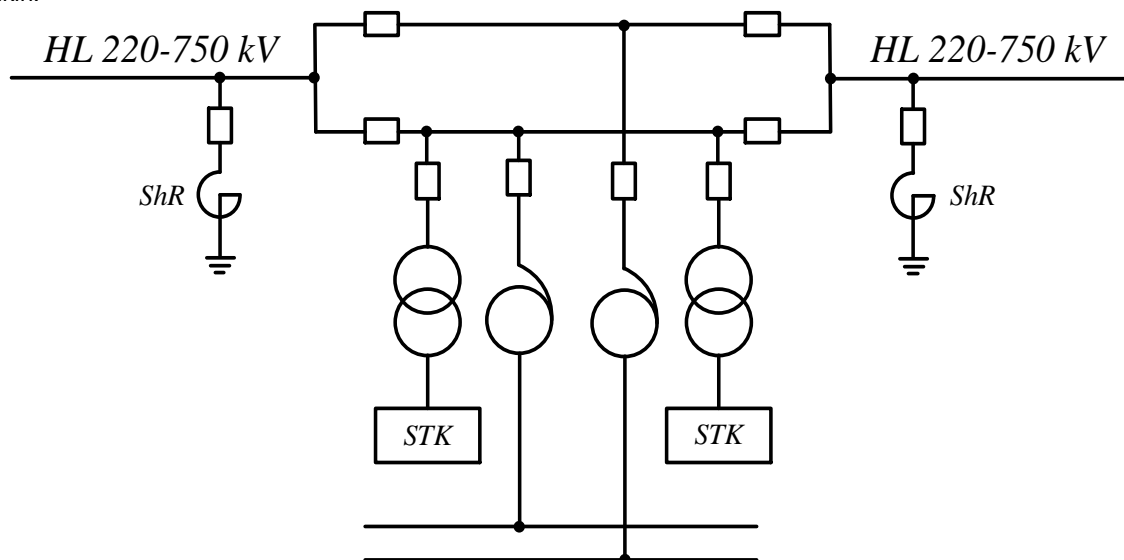
## Materiallar va usullar

Sanoat korxonalarida reaktiv quvvat iste'molini tabiiy, oddiy usullarda tashkil etish mumkin, bunda iste'molchilar ish jarayonini nisbatan yaxshilash, yuqori tejamlilik bilan ishlaydigan elektr dvigatellarda qo'llash imkonini beradi. Tuzilishlarini mukammallashtirish ularning yuksizlanishiga, va maxsus kompensatsiyalovchi jixozlarni o'rnatish hisobiga chek qo'yish mumkin. Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash, kuchlanish bilan rostdanuvchi podstansiya shinalariga yoki yuklamaga parallel ulangan shuntlovchi uskunalar yordamida ta'minlanadi. Bu turdagi qurilmalarni ikki guruhga ajratish mumkin. Birinchi guruh RQM (Reaktiv quvvat manbalari) ga aylanuvchi sinxron elektrostansiya generatorlari, sinxronli kompensatorlar hamda sinxron yuritgichlarni keltirishimiz mumkin. Bu uskunalar reaktiv quvvatni generatsiya rejimida va iste'molida ham tekis rostdanuvchi imkoniyatiga ega. Ikkinchi guruhga statik RQM yoki statik reaktiv quvvat kompensatorlari kiradi. Bularga statik kondensatorlar batareyalari, reaktorlar (faqat tokni chegaralovchilari emas) o'zgartirgichlar asosidagi qurilmalar (tog'irlagichlar, inventorlar) tristorlarni kommutatsiyalash yoki ularni (kombinatsiyasi) aralashmalarini kiritamiz. Kondensator batareyalar generatsiyalagan quvvatlarini faqat bosqichli rostdanuvchi imkoniyatiga ega bo'lib, 1000 V gacha kuchlanishli tarmoqlarda ular kommutatsiyaga (ulash yoki o'chirishga) kontaktorlar va 6-10 kV va undan yuqorilarda o'chirgichlar yoki tiristorli kalitlar ikki tristorli yoki qarama



qarshi parallel ulangan tristorli bloklar qo'llaniladi. Reaktorlar iste'mol qilayotgan reaktiv quvvatni bosqichli yoki kondensatordagi kabi kommutatsion apparatlarda va tristorlar yordamida tekis rostlash mumkin. Shuningdek maxsus guruhga tuyinishli reaktorlar kiradi. Iste'mol qilayotgan reaktiv quvvatini tekis o'zgartirish qobiliyatli reaktiv quvvatni parallel rostlagichsiz ulangan nuqtadagi o'rnatilgan kuchlanishga bog'liq ravishda bajariladi [3].

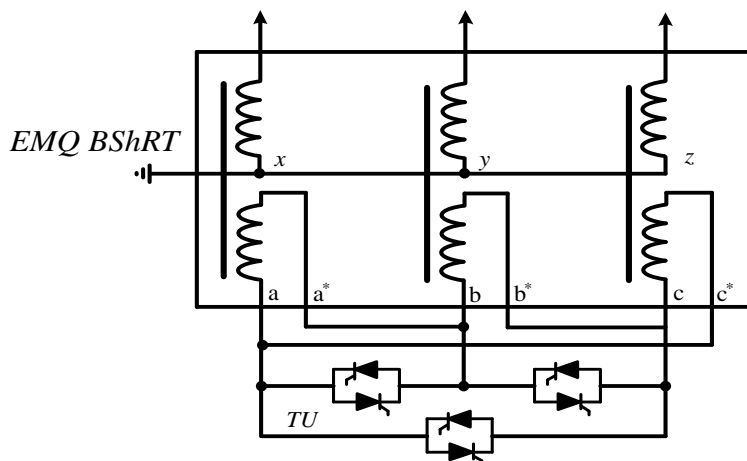
Bilvosita kompensatsiyalovchi RQM o'rnatilgan kondensatorlar va reaktorlar quvvatlariga nisbatan faqat generatsiyalab qolmay, ular tekis bir rejimdan ikkinchisiga o'tishda reaktiv quvvatni iste'mol qilishi ham mumkin. Lekin nisbatan kam quvvatli RQM tristorlar yordamida kombinatsiyali boshqariladigan reaktorlar yuqori garmonika toklar manbalari bo'lib qolishi va ularning kamchiligi, bartaraf qilish yuqori garmonikali filtrlarni o'rnatish yo'li bilan erishish mumkin.



1-rasm. Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyasining nimstansiyalari shuntli reaktorlar hamda statik tiristorli kompensatsiyaning ulanishi ko'rsatilgan

Statik tiristorli kompensatsiyada quyidagi holatlar va parametrlar yordamida samaradorlik darajasini oshirish imkonini beradi:

- belgilangan parametrlardan oshib ketganda (to'liq iste'mol rejimiga tez o'tish yoki reaktiv quvvatni to'liq berish tufayli) yuqori va pastki qismdagi kuchlanishni cheklash;
- bir fazali qisqa tutashuv paytida ishlash maxsus algoritm bo'yicha liniyalar (bir fazali avtomatik qayta yoqish va liniyani tarmoqqa ulagandan keyin);
- statik tiristor kompensatorlarining maksimal samaradorligiga erishish uchun boshqaruv tizimi yanada murakkab algoritmlarni amalga oshirishi mumkin;
- parallel ravishda foydalanishning tez keskin o'zgaruvchan yuklama mavjud bo'lganda kuchlanishni barqarorlashtirish jarayonini yaxshilash uchun reaktiv quvvat davrini kamaytirish;
- energiya tizimi parametrlarining o'zgarishiga muvofiq yopiq tartibga solish davri parametrlarini moslashuvchan ravishda o'zgartirilganda statik tiristor kompensatorlarining sozlash xususiyatlarini optimallashtirish;
- statik tiristor kompensatorlarining aktiv ta'sirini ta'minlash va energiya tizimidagi buzilishlarni kamaytirish uchun podstansiyaning alohida quvvat uskunalarini (liniyalarlar, transformatorlar, shunt reaktorlari, kondensator batareyalari) almashtirish uchun tashqi qurilmalardan foydalanish.

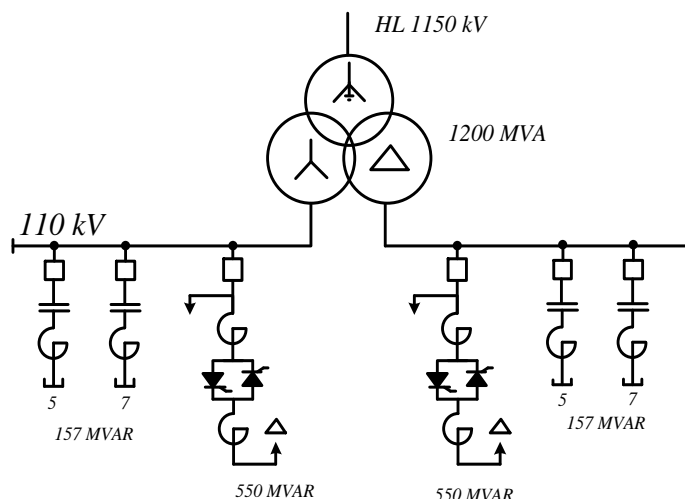


2-rasm. Shunt yordamida boshqariladigan reaktor-transformorning ulanish sxemasi.



Shuni ta'kidlash kerakki, o'rnatilgan elektr uzatish rejimlarida statik tiristor kompensatorlaridan yuqori tezlik talab qilinmaydi. Energiya tizimining parametrlariga qarab, statik tiristor kompensatorlarining boshqariladigan parametr o'zgarishiga optimal reaksiya vaqti 30-100 ms. Shu bilan birga, o'tish va ayniqsa favqulodda vaziyatlarda statik tiristor kompensatorlarining reaksiya vaqti 5-10 ms dan oshmasligi kerak. Elektr uzatishda reaktiv quvvatni yuqori darajadan yuqori darajada tartibga solishning an'anaviy usuli kuchlanish-chiziqli shuntlarni almashish yuqori shinalarga o'rnatilgan reaktorlar va sinxron (o'tmishda) yoki statik kompensatorlar kuchlanish yoki o'rta podstansiyalar yoki ulangan tarmoq avtotransformatorlarining cho'lg'amlariga ulanadi [4].

Turli xil iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlashdagi eng ko'p uzilishlar havo liniyalarida yuzaga keladigan muammolar bilan bog'liq. "Dilin" markali tizim statsionar monitoring va baholashni tashkil etish hamda elektr uzatish liniyasining texnik holatini nazorat qilish uchun mo'ljallangan. Dilin tizimi kompleksga asoslangan bir nechta diagnostika usullarini qo'llash, foydalanishga asoslangan xususiyatlarni tahlil qilish yuqori chastotali impulslarning tarqalishini o'rganadi.



3-rasm. 1150 kV kuchlanishli elektr uzatish liniyasi uchun statik tiristorli kompensatorning ulanish sxemasi.

## Natijalar

Shubhasiz, statistikani qo'llash uchun maxsus tushadigan transformatoridan foydalanish zarurati tiristorlar yuqori kuchlanishli tarmoqlarda kompensatsiya qo'shimcha yo'qotishlarga va o'rnatish maydonining ko'payishiga olib keladi. Bularni amalga oshirish boshqaruv reaktori chiziqlar orqali uzatiladigan aktiv quvvatni saqlab turganda quyidagilarga imkon beradi:

- podstansiyalar shinalardagi kuchlanishni 11% gacha oshirib 220 kV kuchlanishga yetkazish;
- elektr uzatish liniyalaridagi nominal tok kuchlarini 15% ga kamaytirish;
- statik va dinamik barqarorlik chegarasini oshirish;
- o'tkazish qobiliyatini oshirish tufayli elektr uzatish liniyasidagi barqarorlikni yaxshilash;
- ko'rib chiqilgan holat shuni isbotlaydiki, elektr uzatish liniyalarining zaryadlash quvvatini kompensatsiyalashdan tashqari kuchlanishni barqarorlashtirish ushbu boshqaruv operatsiyasida reaktor, shuningdek, kommutatsiya kuchlanishini muvaffaqiyatli kamaytiradi va favqulodda yuklamalarni tashlashda tizimning buzilishini oldini oladi.

Boshqariladigan shuntli reaktor-transformator (BSHRT) - bu liniyaning zaryadlash quvvatini qoplash va kuchlanishni tartibga solishning samarali vositasi. BSHRT, statik tiristorli kompensator bilan taqqoslaganda, podstansiyasining yuqori kuchlanishli cho'lg'amlarida transformator orqali ulanadi, o'rnatish narxi va maydoni va ishonchlilik darajasi yuqori bo'ladi. Boshqariladigan shuntli reaktor-transformator foydalanish statik va dinamik barqarorlikni oshirish uchun 220...750 kV kuchlanishli uzoq magistral elektr uzatish liniyalari podstansiyalarida tavsiya etiladi [5,6,7]. Bu kuchlanishni barqarorlashtirish, elektr uzatish liniyalaridagi yo'qotishlarini kamaytirish va elektr o'tkazuvchanligini oshirishni ta'minlaydi. Eng katta ta'sir boshqariladigan shuntli reaktor-transformator to'g'ridan-to'g'ri statik tiristorli kompensator liniyasining oxiriga kommutatsiya kuchlanishini cheklash funksiyasi bilan ulashda sodir bo'ladi [8,9,10]. Bunday holda, u chiziqli shunt reaktorini va boshqa kuchlanishni tartibga soluvchi vositalarni almashtiradi, bu esa sezilarli darajada podstansiyaning kompensatsiya uskunalari hajmining pasayishi va undagi aktiv yo'qotishlarni ta'minlaydi.



## Xulosa

Elektr tarmoqlari ish tartibining analiz vaqtida mavjud elektr tarmoqlar va transformatorlarning ish rejimlarini tahlil qilish va havo elektr uzatish liniyalaridagi quvvat taxlildan o'tkazildi. Havo elektr uzatish liniyalarida quvvatlar (aktiv va reaktiv) ning mavjud parametrlari bilan tanishib matematik jihatdan asoslab berildi. Reaktiv va aktiv quvvat isrofini kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlarni maqsadga muvofiqi va ularni amalga oshirishni ko'rib chiqilib, elektr uzatish tarmoqlariga ta'sirini kamaytirish bo'yicha tavsiyalar berildi. Shuningdek reaktiv quvvat, uni kompensatsiya qilish, reaktiv quvvat manbalari va ularni o'rnatish natijasida elektr energiyasining sifati yaxshilanishi, iste'molchilarga sifatli,uzluksiz va ishonchli yetkazib berish hozirgi zamon energetikasining asosini tashkil etadi.Shuningdek tadqiqotlar natijasida quyidagilarni keltiramiz: Reaktiv quvvatning yo'qolishi elektr tarmoqlarining samaradorligi va ishonchliligiga jiddiy ta'sir ko'rsatmoqda,ularning ko'payish darajasi taqsimot tarmog'i komplekslari yo'qotilishining pasayishiga olib keladi. Taklif etilayotgan elektr tarmoqlari parametrlarining reaktiv quvvat yo'qotish miqdoriga ta'sirini aniqlashga imkon beradigan vaziyat holatida kontaktlarning zanglashini tahlil qilish usuli taklif qilingan. Taqsimlovchi tarmoqlarda elektr energiyasining va reaktiv quvvat yo'qotishlarini tarkibiy tahlil qilish uchun statistik usul ishlab chiqilgan bulib,u energiya yo'qotishlarini aniqlashda ishlatiladigan ma'lumotlarning ish sharoitida qayd etiladi.Reaktiv quvvat manbalarini qo'llash orqali aktiv quvvat va kuchlanish yo'qotishlarni aniqlash va isroflarni kamaytirish chora-tadbirlari ishlab chiqildi.

## Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

- [1].Rijov Yu.P.Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari: Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma // M.: Izdatelskiy dom MEI, 2019 y 138 bet.
- [2].Levchenko I.I., Zasiptin A.S., Alliluyev A.A., Sasuki Ye.I. Muzli tumanlarda havo elektr uzatish liniyalarining ekspluatatsiyasi, ta'mirlanishi va monitoringi. o'quv qo'llanma // M.Izdatelskiy dom MEI, 2007y 448 bet.
- [3].Ibodullayev M.I.,Tovboyev A.N., Yesenbekov A.K., Nazarov A.I. Avtoparametrik tebranishlarni tahlil qilishda chastota-energiya munosabatlari // "O'zbekiston Konchilik xabarnomasi "ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali. – Navoiy,2017. №2.165-167 bet.
- [4].Tovboyev A.N., Norqulov A.O., Tog'ayev I.B. Uch fazali ferromagnit elementlarga ega bo'lgan uch fazali zanjirlarda subgarmonik tebranishlarning harakat tenglamasi. IIm-fan, texnika va texnologiyalar bo'yicha ilg'or tadqiqotlar xalqaro jurnali. Hindiston, IJARSET jildiga mualliflik huquqi. 6,10-son, 2019 yil oktyabr, 11207-11210-betlar.
- [5].Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B., Nodirov G'Y. Statistical analysis of power waste in 6-10 kV tension overhead electrical transmission lines // International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology Vol. 9, Issue 11, November 2022. India. 2-7pt.
- [6].Savina N.V., Myasoedov Yu.V. Tarqatish elektr tarmoqlarining ishlashida elektr energiyasini yo'qotish bo'yicha tizimli tadqiqotlar // IrGTU Vestnik. 2012. № 1 (60).142–148 bet.
- [7].Mavlonov J. A., Mardonov D.Sh. "Rudani yanchuvchi tegirmonlarni elektr energiya samaradorligini oshirish usullari" // Konchilik xabarnomasi. Ilmiy texnik va ishlab chiqarish jurnali. – Navoiy, 2022. № 3.102-104 bet.
- [8].Tovboyev A.N., Baynazarov G.G., Jumayev Z.I. Bo'lingan ferromagnit elementga ega bo'lgan uch fazali zanjirlarda uchinchi darajali subarmonik tebranishlarni tahlil qilish. IIm-fan, texnika va texnologiyalar bo'yicha ilg'or tadqiqotlar xalqaro jurnali. Hindiston, IJARSET mualliflik huquqi. Jild. 6,12-son, 2019 yil dekabr, 12229-12233-betlar.
- [9].Tovboyev A.N., Ibadullayev M.I., Murodov H.Sh., Narzullayev B.Sh. Yuqori kuchlanishli elektr tarmoq va tizimlarida subgarmonik ferorezonans. «Uzbekiston konchilik xabarnomasi» ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali – Navoi 2020. №4 (83). 110-113 bet
- [10]. Tog'ayev I.B.,Tursunova A.A., Eshmirzayev M.A. Monitoring of overhead power lines.// Problems and scientific solutions.Vol.6, Issue 4, 2022 Australia, Melbourne. 267-271pt.