

**TOLA AJRATISH TEXNOLOGIK QURILMASIDA REAKTIV
QUVVATNI KOMPENSATSIYALASH ORQALI ENERGIYA
SAMARADORLIKKA ERISHISH**

Obidov Avazbek Azamatovich

Namangan muhandislik-texnologiya instituti professori

Maqsudbek Shamshidinov Elmurod o'g'li

maqsud@gmail.com

Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Mashrabboyev Islomjon Umid o'g'li

mashrabboyevislomjon4@gmail.com

Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Anotatsiya: Paxtaga dastlabki ishlov berishda tola ajratish texnologik qurilmasida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash orqali energiya samaradorlikka erishishda turli usulublardan foydalanib qurilmaning elektr samaradorligini oshirilishi hamda paxtani dastlabki qayta ishlashda tannarxga ta'sir etishi o'rganilgan.

Kalit so'zlar: Aktiv quvvat, Reaktiv quvvat, kompensatsiyalash, samaradorlik, sinxron dvigatel, rostlash qurilmasi, qo'zg'alish rejimi, quvvat konvertor, kondensator.

O'zbekiston to'qimachilik va yengil sanoati mahsulotlarining xomashyosi bo'lgan paxta tolasini asosiy ishlab chiqaruvchisi va yetkazib beruvchisidir. Hozirda biz jahon bozorida iste'molchilarni o'zimiz tanlash va paxtamizni haqiqiy qiymatida chetga chiqarishga erishdik. Mamlakatimiz tomonidan chet elga sotilayotgan paxta tolasi, uning valuta tushumining asosiy manbalaridan biri hisoblanmoqda. Shuning uchun paxta tozalash korxonalari tomonidan ishlab chiqarilayotgan paxta mahsulotlarining sifat ko'rsatkichlari yuqori bo'lib, dunyo andozalari talablariga javob berishi, ularning jahon bozorida xaridorgir bo'lishining asosiy omili hisoblanadi. Sifatli mahsulotni tayyorlash va ishlab chiqarishda paxtachilik xo'jaliklari va paxta tozalash sanoatida quyidagi ishlar bajariladi: xo'jaliklarda yetishtirilgan chigitli paxta dalalardan yig'ib-terib olinib, paxta tayyorlash punktlariga topshiriladi. U yerda chigitli paxta qabul qilingach, tayyorlab va saqlab, uni dastlabki ishlash jarayoniga beriladi.

Paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi quyidagi asosiy jarayonlarni o'z ichiga oladi:

- chigitli paxtani quritish;
- chigitli paxtani mayda va yirik iflosliklardan tozalash;
- paxtani jinlash
- tolani chigitdan ajratish;
- chigitni linterlash
- chigitdan momiq ajratish;
- tola, momiq va tolali chiqindilarni tozalash va presslash, toy shakliga keltirish;
- urug'li chigitlarni tayyorlash.

Ushbu jarayonlarni bajarish uchun paxta tozalash korxonalari va paxta tayyorlash punktlari kerakli texnologik mashina hamda uskunalar, gidropress qurilmasi, transport,

mexanizatsiyalash moslamalari, arra ta'mirlash va energetika bo'limi bilan jihazlanadi[1].

Paxtaga dastlabki ishlov berishda turli texnologik qurilmalardan foydalanish qatorida mos ravishda turli quvvatli elektrodvigatellar qo'llaniladi, shu o'rinda qurilmalarning elektr iste'moli ya'ni aktiv va reaktiv quvvat iste'moli mavjud. Reaktiv quvvatining mavjudligi elektrodvigatelni quvvat iste'moli hamda paxtaga dastlabki ishlov berishda o'z ta'siri bildirmay qolmaydi.

Reaktiv quvvat iste'molchilari asosan asinxron elektrodvigatellar, transformatorlar va ventilli o'zgartgichlar bo'lganligi uchun quyidagi masalalar batafsil ko'rib chiqish kerak:

1) Kam yuklangan yuritgichlarni kichik quvvatligi bilan almashtirish; 2) Sistematik ravishda kam yuklama bilan ishlaydigan yuritgichlarni kuchlanishlarini kamaytirish;

3) Yuritgichlar va payvandlash transformatorining salt ish rejimlariga cheklash;

4) Texnologik jarayonga salbiy ta'sir bo'lmagan xollarda asinxron yuritgichlarni sinxron yuritgichlar bilan almashtirish;

5) Ventil o'zgartgichning eng ma'qul bo'lgan sxemasini ishlatish, kam yuklamani asinxron yuritgichlarini kerakli kichik quvvatligi bilan almashtirish iste'mol qilinadigan reaktiv quvvat miqdorini kamayishiga olib kelishi tabiiydir.

Agar elektrodvigatelning yuklamasi uning nominal miqdorining 45% dan kichik bo'lsa, uni kam quvvatligi bilan almashtirish iqtisodiy foyda beradi. Agar yuritgichning yuklanishi 70% dan ortiq bo'lsa uni kam quvvatligi bilan almashtirish zarur emas. Yuritgichning yuklanishi 45% dan 75% oralig'ida bo'lganda uni almashtirish masalasi texnik-iqsodiy ko'rsatkichlarni tahlili asosida hal qilinishi kerak.

Agar kam yuklangan asinxron elektrodvigatelni almashtirish imkoniyati bo'lmasa uni kirish qismidagi kuchlanishni kamaytirish imkoniyatini qidirish kerak. Ma'lumki, yuritgichning kirishidagi kuchlanish joiz miqdorgacha pasaytirilsa magnitlanish tokining kamayish hisobiga iste'mol qilinayotgan reaktiv quvvat ozayadi va nobudgarchilik kamayib, F.I.K. ortadi[3].

Chiziqli zanjirda reaktiv quvvat lahzali quvvatning o'zgaruvchan tok komponenti sifatida aniqlanadi, chastotasi 50 yoki 60 Gts tizimda 100/120 Gts ga teng. O'zgaruvchan tok manbai tomonidan ishlab chiqarilgan reaktiv quvvat tsiklning chorak qismida kondansatör yoki reaktorda saqlanadi va keyingi chorakda quvvat manbaiga qaytariladi. Boshqacha qilib aytganda, reaktiv quvvat o'zgaruvchan tok manbai va kondansatör yoki reaktor o'rtasida, shuningdek ular o'rtasida nominal qiymatdan ikki baravar (50 yoki 60 Gts) teng chastotada tebranadi. Shuning uchun uni Var generatorlari yordamida kompensatsiya qilish mumkin, uning yuk (induktiv yoki sig'imli) va manba o'rtasida aylanishini oldini oladi va shuning uchun energiya tizimining kuchlanish barqarorligini oshiradi. Reaktiv quvvat kompensatsiyasi parallel yoki ketma-ket ulangan Var generatorlari bilan amalga oshirilishi mumkin[4].

Reaktiv quvvat kompensatsiyasini amalga oshirishning ikkita usuli mavjud: ketma-ket ulanish yoki parallel (shunt) ulanish.

Parallel ulangan tizimlar odatda reaktiv quvvat kompensatsiyasi va oqim harmonikasini filtrlash uchun ishlatiladi, ketma-ket ulangan tizimlar esa kuchlanish

harmonikasini filtrlash, kuchlanishni tartibga solish va harmonik izolyatsiyani filtrlash uchun ishlatiladi.

Ushbu tizimda, agar chiziqli bo'lmagan yuk induktiv yuk bo'lsa, energiya tizimi aniq ishlashi uchun reaktiv quvvatga muhtoj, natijada bu talab kuchlanish manbai tomonidan ta'minlanishi kerak[5].

Reaktiv quvvat kompensatsiyasining asosiy printsiplari uch qismdan iborat: kuchlanish bo'yicha tabaqalashtirilgan, elektr tarmog'i tomonidan bo'linish va mahalliy muvozanat. Energiya tizimida reaktiv quvvat muvozanatli bo'lishi kerak, aks holda bu tizim kuchlanishini yomonlashtiradi va hatto kuchlanishning buzilishiga olib keladi. Bunga qo'shimcha ravishda, agar kuchlanish pastroq bo'lsa, u uskunadan foydalanishni kamaytiradi va tarmoq yo'qotilishini oshiradi. Shu sababli, tarmoq tizimini optimallashtirish va kompensatsiya qilish kuchlanish sifatini, quvvat omilini va elektr ta'minoti samaradorligini oshirish uchun katta ahamiyatga ega. Tizimdagi yo'qotishlarni kamaytirish ham foydalidir. Bu kichik investitsiyalar va tez daromadlar bilan energiya tejaydigan eng muhim texnik choradir[6].

Reaktiv quvvat hech qanday foydali ish qilmaydi, lekin elektr energiyasini uzatish va taqsimlash tizimiga salbiy ta'sir ko'rsatadi, shuning uchun elektr tarmoqlari korxonalarining iste'moli uchun jarima soladi yoki yuqori tariflarni oladi.

Reaktiv quvvat bilan bog'liq muammolar:

1. Simlarda yo'qotishlarning ko'payishi.

- Simlarni isitish izolyatsiyaning qarishini tezlashtiradi, xizmat muddatini qisqartiradi va qisqa tutashuvlarning paydo bo'lishiga yordam beradi.

- Yo'qotishlarni qoplash uchun qo'shimcha quvvat ishlab chiqarishda energiya tizimining quvvati kamayadi.

- Transformator sariqlarini isitish va hech qanday sababsiz yuk hajmining pasayishi.

2. Generatorlar va transformatorlarning ortiqcha yuklanishi.

Kam quvvat omili tufayli oqimning oshishi generatorlar va transformatorlarning haddan tashqari yuklanishiga olib keladi va natijada ularning dizayn xususiyatlaridan oshib ketganligi sababli ularning xizmat qilish muddati qisqaradi.

3. Kuchlanishning pasayishi.

Elektr o'tkazgichdan o'tadigan oqim uning ustidagi kuchlanishning pasayishiga olib keladi, uning kattaligi Ohm qonuni bilan belgilanadi. Kam quvvat omili tufayli oqimning oshishi kuchlanishning pasayishiga olib keladi, bu esa yuk kuchlanishining kerakli qiymatga nisbatan pasayishiga olib keladi va shuning uchun yukga beriladigan quvvatning pasayishiga olib keladi.

Reaktiv quvvat kompensatsiyasi elektr tarmoqlarida kondansato'r banklarini o'rnatish orqali amalga oshiriladi. Shubhasiz, bu "yangilik" ayniqsa transformatorlar, elektrdvigatellar va magnit maydonning ishlashini talab qiladigan boshqa jihozlardan foydalanadigan sanoat korxonalariga ta'sir ko'rsatdi[7].

Dvigatelni ishlatish zarur bo'lsa-da, reaktiv quvvat mexanik ishlarni keltirib chiqarmaydi, shuning uchun uni kommunal xizmatdan iste'mol qilishdan ko'ra, mahalliy darajada olish kerak. Shunday qilib, biz simlar va kabellardagi yukni kamaytiramiz, vosita terminallarida kuchlanishni oshiramiz, reaktiv quvvat uchun

to'lovlarni kamaytiramiz va quvvat transformatoridan iste'mol qilinadigan oqimni kamaytirish orqali qo'shimcha mashinalarni ulash imkoniyatiga egamiz.

Reaktiv quvvat kompensatsiyasi qo'llaniladi:

- reaktiv quvvat balansi holatiga ko'ra;
- tarmoqlarda elektr energiyasi yo'qotishlarini kamaytirishning muhim chorasi sifatida;
- kuchlanishni tartibga solish uchun.

Tarqatish tarmoqlarida ushbu muammoning klassik yechimi reaktiv quvvatning qo'shimcha manbalarini - iste'molchi statik kondansatlarini o'rnatish orqali iste'molchidagi reaktiv quvvatni qoplashdir[8].

Kompensatsiya qurilmalari uchun optimal joy yuk ulanishi shinalari hisoblanadi.

Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvi bo'lgan, yukda ishlaydigan va bir vaqtning o'zida reaktiv quvvatni ishlab chiqaradigan sinxron vosita bo'lishi mumkin.

Qo'zg'alish boshqaruviga ega asinxron motorga qaraganda biroz murakkabroq, ammo bir qator afzalliklarga ega, bu esa uni asenkron motor o'rniga hamma joyda ishlatishga imkon beradi.

1. Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvning asosiy afzalligi - vosita qo'zg'alish oqimini avtomatik tartibga solish orqali amalga oshiriladigan reaktiv energiya uchun optimal rejimni olish qobiliyati. Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvi tarmoqqa reaktiv energiyani iste'mol qilmasdan yoki etkazib bermasdan, quvvat omili ($\cos\phi$) birlikka teng bo'lgan holda ishlashi mumkin. Agar korxonada reaktiv energiya ishlab chiqarishni talab qilsa, u holda haddan tashqari qo'zg'alish bilan ishlaydigan kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvi uni tarmoqqa etkazib berishi mumkin (1-rasm).

2. Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvlar yuqori samaradorlikka ega. asenkron dvigatel bilan solishtirganda. Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvlar asenkron elektr motorlarga qaraganda tarmoq kuchlanishining o'zgarishiga nisbatan kam sezgir. Ularning maksimal momenti tarmoq kuchlanishiga, m ga mutanosib, asenkron motorning kritik momenti kuchlanish kvadratiga proporsionaldir.

3. Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvlar yuqori yuklanish qobiliyatiga ega. Bunga qo'shimcha ravishda, Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvning ortiqcha yuk hajmi qo'zg'alish oqimini oshirish orqali avtomatik ravishda oshirilishi mumkin, masalan, vosita milidagi yukning keskin qisqa muddatli ortishi bilan.

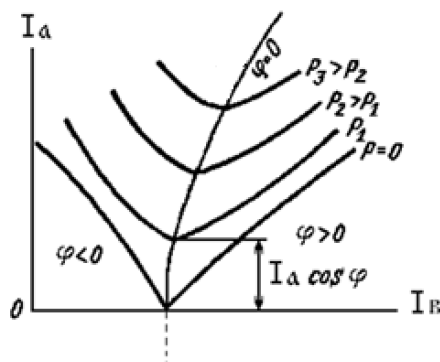
4. Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvning aylanish tezligi uning haddan tashqari yuk ko'tarish qobiliyati chegarasida valda har qanday yukda doimiydir.

5. Elektr taqsimlash tizimida reaktiv oqimlarning yo'qligi sababli, iste'molchidagi kuchlanish yo'qotishlari, ayniqsa, vaqtinchalik rejimlarda sezilarli darajada kamayadi.

6. Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvlar kuchlanish stabilizatori sifatida harakat qilishi mumkin. Ularning umumiy quvvati umumiy yuk kuchining taxminan 40% ni tashkil etgan holda, qo'zg'alishni tartibga solish orqali

asenxron motorlarning 2-3 marta ortiqcha yuklanishi bilan tarmoq kuchlanishini barqarorlashtirish mumkin.

7. Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvlar kuchlanish stabilizatori sifatida harakat qilishi mumkin. Ularning umumiy quvvati umumiy yuk kuchining taxminan 40% ni tashkil etgan holda, qo'zg'alishni tartibga solish orqali asenkron motorlarning 2-3 marta ortiqcha yuklanishi bilan tarmoq kuchlanishini barqarorlashtirish mumkin.



1-rasm O'zgaruvchan tokda sinxronlash mashinasining shaklli xususiyatlari.

Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvning ishlab chiqarilgan reaktiv quvvatining optimal qiymati Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvning faol yukini va iste'molchi tarmog'ining reaktiv yukini, issiqlik sharoitlarini va Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvdagi faol quvvat yo'qotishlarini hisobga olgan holda texnik va iqtisodiy hisob-kitoblar bilan aniqlanishi kerak. Quvvat konvertori uchun Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvdan foydalanishning maqsadga muvofiqligi chegarasini aniqlash mezonini Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruv reaktiv quvvatini ishlab chiqarishdan Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvda qo'shimcha quvvat yo'qotishlari narxini, shuningdek, kondansatkichning narxini hisobga oladigan kamaytirilgan xarajatlardir. banklar, kondansatörlerde kondensator bankasi faol quvvat yo'qotishlari, operatsion xarajatlar, ya'ni kondensator bankasi yordamida elektr ta'minoti uchun umumiy xarajatlar. Shuningdek, reaktiv quvvat kompensatorlari uchun Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvdan foydalanish imkoniyati mos ravishda rotor va stator sargilarining isitish shartlariga muvofiq tekshirilishi kerak.

Sinxron motorlarning asosiy maqsadi mexanik ishlarni bajarishdir, shuning uchun u aktiv quvvat iste'molchisi hisoblanadi. Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish tizimining boshqaruv haddan tashqari qo'zg'alganda, uning elektr yurutuvchi kuchi tarmoq kuchlanishidan kattaroq bo'ladi, natijada stator oqimi vektori tarmoq kuchlanish vektoriga mos keladi, ya'ni u sig'imli xususiyatga ega hamda Kompensatsiya harakterli qo'zg'alish boshqaruvi hisobiga reaktiv quvvat ishlab chiqaradi. Sinxron mashina yetarli darajada qo'zg'atilmaganda, kompensatsiya moslamali qo'zg'alish tizimi reaktiv quvvat iste'molchisi bo'lib qoladi. Kompensatsiya moslamali qo'zg'alish boshqaruvning ma'lum qo'zg'alish rejimida uning quvvat xarakteristikasi quyidagicha bo'ladi (1-rasm). Sinxron mashinalarda qo'zg'atish oqimini o'zgartirish kompensatsiya moslamali holatda qo'zg'atishni boshqaruv

tomonidan ishlab chiqarilgan reaktiv quvvatni muammosiz tartibga solish imkonini beradi. Dvigatellar tomonidan reaktiv quvvatni ishlab chiqarish xarajatlari asosan dvigatelning o'zida tegishli faol quvvat yo'qotishlarining narxi bilan belgilanadi. Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellarda aktiv quvvat yo'qotishlari ular ishlab chiqaradigan reaktiv quvvatga bog'liq bo'lib, Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellarda nominal quvvati va uning aylanish tezligi qanchalik past bo'lsa, bu yo'qotishlar shunchalik katta bo'ladi. Yuqori tezlikdagi Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellar uchun o'ziga xos aktiv quvvat iste'moli taxminan 10 Vt / kVAr ni tashkil qiladi; aylanish tezligi 300÷500 rpm bo'lgan Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellar uchun - taxminan 20÷30 Vt/kvar; 50÷100 rpm aylanish tezligi bilan Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellar uchun - taxminan 60÷85 Vt/kvar[9].

Bunday holda, Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellar asinxron motorlarning Reaktiv quvvatni qoplaydi. Tarmoqda Reaktiv quvvatdan quvvat yo'qotishlari yo'q. Ammo samaradorlik va asenkron drayverlarning cosφ qiymati bir xil bo'lib qoldi. Haddan tashqari qo'zg'alish rejimida ishlaydigan Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellar asenkron motorlardan yuqori bo'lmagan cosφ ga ega. Shu bilan birga, samaradorlik Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellar cosφ ning pasayishiga qarab kamayadi va 90,0% ga teng (3-rasm). Binobarin, tarmoqdagi Reaktiv quvvatdan yo'qotishlar kamaydi, lekin yuklanishdagi Reaktiv quvvatdan yo'qotishlar o'zgarishsiz qoldi.

Xuddi shu energiya rasmi bitta Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellarni o'rnatishda paydo bo'ladi, faqat barcha asenkron motorlarning Reaktiv quvvatga teng reaktiv quvvat ishlab chiqarish rejimida ishlaydi, tarmoqning quvvat omilini birlikka teng ($\cos\phi = 1$) ushlab turadi.

Oltita nasos agregati bo'lgan butaning elektr ta'minoti tizimining aktiv quvvat yo'qotishlarining o'rtacha qiymati $\Delta P_{sr} = 17,0$ kVt. Yiliga $\Delta W = \Delta P_{sr} \times 8760 = 148920$ kVt/soat. Samaradorlik tizimi 88,59% ni tashkil etadi[17].

Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellarining o'zgaruvchan yuki ostida taqsimlash liniyasidagi kuchlanish yo'qotishlari va reaktiv quvvat kompensatorlari rejimida ishlaydigan uchta Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellar mavjudligi.

Ruxsat etilgan kuchlanish og'ishlari 4÷6%. 6% dan yuqori kuchlanish og'ishlari uchun tizimning reaktiv quvvatini qoplash yoki transformatorning past tomonidagi kuchlanishni sozlash vositalaridan foydalanish tavsiya etiladi, bu butun tizimni qurish uchun kapital xarajatlarni sezilarli darajada oshiradi.

Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellar ishlaydigan vosita va reaktiv quvvat kompensatori sifatida ishlayotgan bo'lsa, yukdagi kuchlanish og'ishlari ruxsat etilgan qiymatlardan past bo'lishiga erishish mumkin, bu misolda kuchlanish og'ishi 5% dan oshmaydi[16].

Boshqariladigan qo'zg'alish bilan sinxron vosita asenkron motorga nisbatan bir qator afzalliklarga ega. O'zgaruvchan yuk momenti mavjud bo'lgan texnologik jarayonlarda Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellardan foydalanish tavsiya etiladi.

Reaktiv quvvat manbai sifatida nominal kuchlanishi 0,4 kV, faol quvvati bo'yicha kam yuklangan va aylanish tezligi 1000÷2000 rpm bo'lgan Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellardan foydalanish mumkin.

Qo'zg'atishi rostlanadigan sinxron dvigatellardan ishlaydigan vosita va tarqatish tarmog'i uchun reaktiv quvvat kompensatori sifatida foydalanish tizim yo'qotishlarini sezilarli darajada kamaytirishi va kuchlanishning og'ishlarini maqbul qiymatlarga kamaytirishi mumkin.

Yuqoridagilardan shuni xulosa qilib aytish mumkinki, Paxtaga dastlabki ishlov berish jarayonida qo'llaniladigan, tola ajratish texnologik qurilmalar majmuidagi elektrodvигatellarni kondensatorlar orqali ulanishi, uning elektr samaradorligiga olib keladi. Bu o'z navbatida bugungi kundagi global muammolardan bo'lgan energiya tejamkorligi uchun xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. “ZAMONAVIY ISILIK STANSIYALARNING GAZ TURBINASI QURILMALARINI KIRISH HAVO SOVUTISH TIZIMINI TA'MINLASH” M Shamshiddinov, I Mashrabboyev - Talqin va tajriba, 2023
2. “ZAMONAVIY KASB-HUNAR TA'LIMIDA KASBIY QIZIQISHLARNI O'ZIGA XOS XUSUSIYATLARI” YO Yaqibovich, SM Elmurod o'g'li - PEDAGOGS jurnali, 2022
3. “Paxtaga dastlabki ishlov berish”. A.Salimov, M.Axmatov. Toshkent 2005.
4. Липкин Б.Ю., “Электроснабжение промышленных предприятий и установок”. Учебник. -М.: “Высшая школа”. 2010.
5. “Elektr ta'minoti asoslari” I.Raxmonov Toshkent 2020.
6. “Reactive Power Compensation Technologies: State-of-the-Art Review” Juan Dixon, Luis Morán, José Rodríguez, Ricardo Domke.
7. “REACTIVE POWER COMPENSATION” Olcay Balaman
8. “Summary on Reactive Power Compensation Technology and Application” Hong Hu, Wenmei Wu, Shaohua Xiao, Min Tan, Chuanjia Han.
9. “Wen Zengyin, HeYangzan. Electrical System Analysis” Huazhong University of Science and Technology press [M]. Published in 2002.
10. Jin Lijun, An Shichao, LIAO Liming, et. al. Present Situation and Development of Reactive Power Compensation Both at Home and Abroad [J]. Voltage Apparatus, 2008.
11. “Electrical Power Systems” C. L. Wadhwa, New Age Publishers, PP 2009.
12. “Power System Analysis” Hadi Saadat, WCB McGraw Hill, PP 230-248, 1999.
13. “КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ” А.Игумнов, В.Ермоленко.
14. Электрооборудование для нефтяной промышленности. С.Г.Блантер, И.И.Суд Изд. «Недра». - М. 1973.
15. Богданов Е.П., Рикконен С.В., Федянин А.Л. Повышение энергоэффективности распределительных сетей промышленных предприятий и объектов ЖКХ [Электронный ресурс] // Наукоеведение. - 2013 - №. 1. - С. 1-8. - Режим доступа: свободный – Загл. с экрана.
16. “Компенсация реактивной мощности распределительной сети станка-качалки” Е.Богданов, Р.Сергей

17. Tambey & M. L. Kothari, “Damping of power system oscillations with unified power flow controller (UPFC)”, IEE Proc. – Generation, Transmission, Distribution, Vol. 150, 2003.
18. Богданов Е.П., Рикконен С.В., Номоконова Ю.А. Потери мощности предприятия при переменной нагрузке [Электронный ресурс] // Наукоедение. - 2013 - №. 3. - С. 1-7. - Режим доступа:
19. Литвак В.В. Реформирование электроэнергетики России и эффективное энергосбережение//itech – журнал интеллектуальных технологий. - 2011.
20. <https://www.nucon.ru/reactive-power/theory-of-reactive-power.php>
21. <http://naukovedenie.ru/PDF/64tvn113.pdf>.
22. <http://naukovedenie.ru/PDF/09tvn313.pdf>, свободный – Загл. с экрана.