YUQORI GARMONIKALARNING KONDENSATOR QURILMALARIGA TA'SIRINI TAHLIL QILISH

Tolipov Jamshid Nurbekovich
O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Energetika muammolari instituti katta ilmiy xodimi, PhD, k.i.x.
Tel.:(+99893) 565-22-08,
E -mail: tolipovjamshidn@gmail.com
Murtazov Sherzod Isakbayevich
O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Energetika muammolari instituti mustaqil izlanuvchisi,
Tel: (+99893) 555-10-24,
E-mail: shermurtazov@gmail.com
Mirxonov Utkir Kaxramonovich
Buxoro davlat texnika universiteti dotsenti, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD.
Tel.:(+99890) 710 – 64 - 87,
E-mail: utkirmirxan@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektr ta'minoti tizimlarida quvvatni kompensatsiyalash jarayonida kondensator qurilmalariga yuqori garmonikalar tomonidan ko'rsatilgan ta'sir tahlil qilingan. Reaktiv quvvatni kamaytirish orqali elektr energiyasi sifatini oshirish, tarmoqning o'tkazuvchanlik qobiliyatini kengaytirish hamda energichya isrofini kamaytirish mumkinligi ko'rsatilagan. Tadqiqotda sanoat korxonalarida qo'llaniladigan rostlanuvchi kosinus kondensatorlarning tanlanishi, ularning pog'onali rostlanishi, ortiqcha yuklanish koeffisiyenti, rezonans holatlari hamda bu holatlarning kondensator qurilmasiga ta'siri chuqur tahlil etilgan.

Shuningdek, elektr tarmog'idagi nochiziqli yuklamalar mavjud bo'lgan sharoitda kompensatsiya qurilmalarining optimal joylashuvi va quvvati aniqlash zarurligi asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: reaktiv quvvat, kosinus kondensator, rezonans hodisasi, elektr energiyasi sifati, yuqori tartibli garmonika, quvvat koeffitsienti, ortiqcha yuklanish, sanoat tarmog'i.

Аннотация. В данной статье анализируется влияние высших гармоник на конденсаторные устройства при компенсации мощности в системах электроснабжения. Показано, что за счет снижения реактивной мощности можно улучшить качество электроэнергии, расширить пропускную способность сети и сократить потери энергии. В исследовании подробно анализируются выбор регулируемых косинусных конденсаторов, используемых на промышленных предприятиях, их ступенчатая

ISSN 3030-3907

регулировка, коэффициент перегрузки, условия резонанса и влияние этих условий на конденсаторное устройство.

Также обоснована необходимость определения оптимального расположения и мощности компенсирующих устройств в условиях нелинейных нагрузок в электрической сети.

Ключевые слова: реактивная мощность, косинусный конденсатор, явление резонанса, качество электроэнергии, высшие гармоники, коэффициент мощности, перегрузка, промышленная сеть

Abstract. This article analyzes the influence of higher harmonics on capacitor devices during power compensation in power supply systems. It is shown that by reducing reactive power, it is possible to improve power quality, expand network capacity, and reduce energy losses. The study provides a detailed analysis of the selection of adjustable power-law capacitors used in industrial plants, their stepwise adjustment, overload factor, resonance conditions, and the impact of these conditions on the capacitor device.

The need to determine the optimal location and power of compensating devices under nonlinear loads in the electrical network is also substantiated.

Keywords: reactive power, cosine capacitor, resonance phenomenon, power quality, higher harmonics, power factor, overload, industrial network

Kirish

Elektr energiyasi sifatini oshirish, taqsimlovchi tarmoqning o‘tkazuvchanlik qobiliyatini kengaytirish va elektr energiyasi isrofini kamaytirish maqsadida elektr ta’minoti tizimlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash amalga oshiriladi. Bu elektr ta’minoti tizimining tugunida reaktiv quvvat balansiga kompensatsiya qurilmalari - reaktiv quvvat manbalari yordamida maqsadli ta’sir ko‘rsatish jarayonidir.

Sanoat korxonalarida hamda ma’muriy binolarning elektr tarmoqlarida reaktiv quvvatning asosiy iste’molchilari asinxron dvigatellar, quvvat transformatorlari, chastota o‘zgartirgichlari, elektr uzatish liniyalari va boshqa elektr qurilmalardir.

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalashning usullaridan biri bu quvvat iste’molchilarining reaktiv quvvatini ta’minlovchi elektr stansiyalaridagi generatorlardan uzatishdir. Biroq generatorlar tomonidan uzatilishi mumkin bo‘lgan reaktiv quvvat miqdori ularning aktiv quvvat ishlab chiqarishi o‘rniga reaktiv quvvat hosil qilishga sarflanadigan iqtisodiy xarajatlarning optimal darajasi bilan cheklanadi.

Elektr energiyasi iste’molchilari keng qo‘llaniladigan mahalliy reaktiv quvvat manbalaridan – kompensatsiya qurilmalaridan foydalanadi. 1 kV gacha bo‘lgan tarmoqlarda, shuningdek, o‘rnatilgan quvvati 5 MW dan kam bo‘lgan elektr qabul iste’molchilar ishlayotgan 6–10 kV shinalarda bunday qurilmalar sifatida rostlanuvchi kondensator batareyalari qo‘llaniladi.

ISSN 3030-3907

1-jadval

Elektr tarmoqlarida kunlik yuklamalarning eng yuqori soatlarida iste'mol qilinadigan reaktiv quvvat koeffitsientining maksimal qiymatlari

Elektr energiyasini iste'molchiga yetkazib berish nuqtasidagi kuchlanish	cosφ	tgφ
110 kV	0,894	0,5
1 - 10 kV, 35 kV	0,928	0,4
1 kV dan past	0,944	0,35

Ular nisbatan arzon narxga ega, elektr energiyasi isrofi juda kam va deyarli elektr ta'minoti tizimining istalgan nuqtasida o'rnatish imkoniyatiga ega.

Ushbu tadqiqotda kosinus kondensatorlarining quvvati yuklama tugunida iste'mol qilinadigan reaktiv quvvatdan kelib chiqqan holda tanlangan va (1) ifoda orqali aniqlanadi:

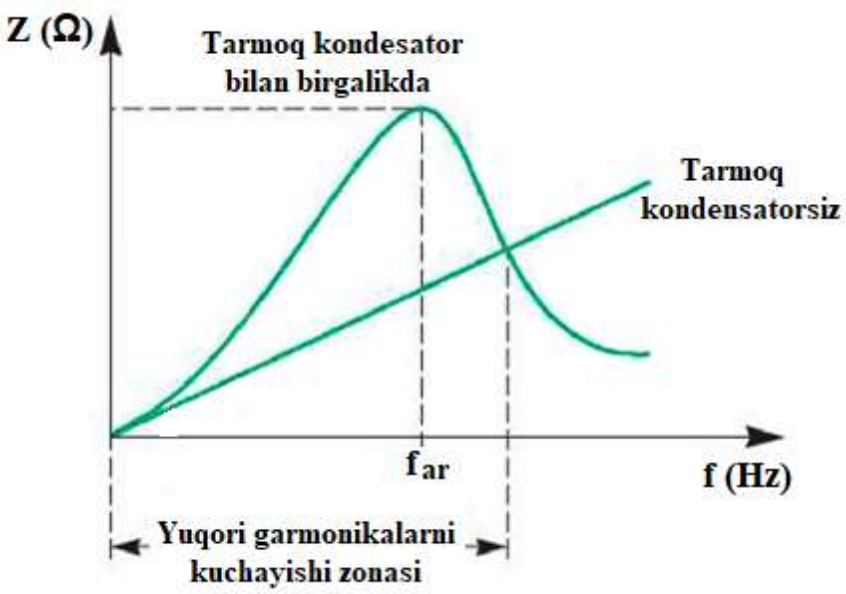
$$Q_k = P_{yu} \cdot \left(tg\varphi_{yu} - tg\varphi_r \right) \qquad (1)$$

bunda P_{YU} - yuklama tugunidagi aktiv quvvat; $tg\varphi_{yu}$ - taqsimlovchi tarmoqda o'lchangan reaktiv quvvat koeffitsienti qiymati; $tg\varphi_r$ - tarmoqning kunlik yuklamasi eng yuqori bo'lgan soatlarda ruxsat etilgan reaktiv quvvat koeffitsienti qiymati, 1-jadvalda keltirilgan.

Sanoat korxonasining elektr ta'minoti tizimi ish rejimiga qarab, yuklama tugunida tgφ ning me'yoriy darajasini ta'minlaydigan kosinus kondensatorlarning nominal quvvati hisoblab chiqiladi. Shuningdek, kompensatsiya qurilmasining ishchi pog'onalari soni va ularning quvvati tadqiqotlarda bayon etilgan usulga muvofiq aniqlanadi.

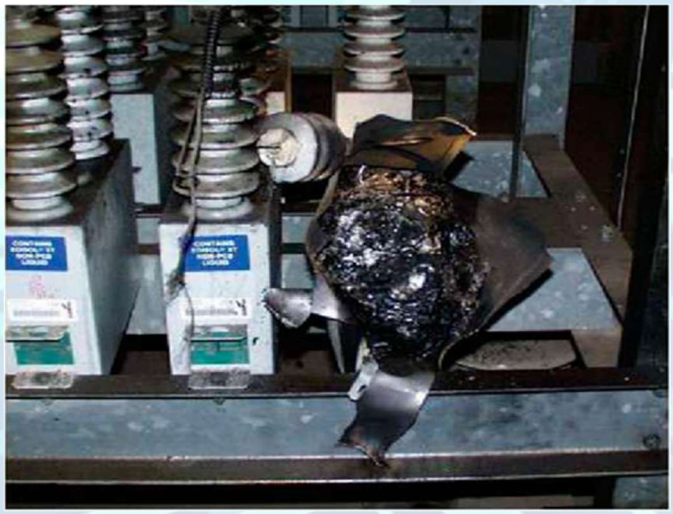
Ma'lumki, kondensator qurilmalari yuqori garmonikalar ta'siriga sezgir bo'ladi. Yuqori garmonikalar kondensator qurilmasi orqali o'tganda, ularning tok bo'yicha ortiqcha yuklanishini oshiradi. Agar kondensatorlarning sig'imi bilan ta'minlovchi tizimning induktivligi orasida yuqori garmonikalar chastotalaridan birida rezonans konturi yuzaga kelsa, kondensatorlarning tok ortiqcha yuklanishi eng yuqori qiymatga erishadi. Bu holat shunisi bilan izohlanadiki, rezonans chastotasida (f_{ap}) tarmoq–kondensator konturi maksimal qarshilikka ega bo'ladi, bu esa 1-rasmda ko'rsatilgan. Natijada ushbu kontur orqali o'tayotgan rezonans chastotasiga mos tok garmonikasining kattaligi ortib boradi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Tarmoq qarshiligining chastotaga va unga ulangan kondensatorlarning mavjudligiga bog‘liqligi

Bunday tok ortiqcha yuklanishi kondensatorlar uchun yo‘l qo‘yilmaydigan holat hisoblanadi va natijada kondensator batareyasining xizmat muddati qisqaradi hamda reaktiv quvvatni kompensatsiyalashning normal rejimi buziladi. Bu holat 2-rasmda ko‘rsatilgan.



2-rasm. Tarmoqning rezonans rejimida sanoat korxonasida kondensatorning ishdan chiqishi

Kosinus kondensatorlarining ortiqcha yuklanish darajasi K_{OYU} ortiqcha yuklanish koeffitsienti orqali aniqlanadi, u quyidagi ifoda (2) bilan hisoblanadi:

$$K_{OYU} = \frac{I_{KO\prime}}{I_{K.N}} \qquad (2)$$

bunda $I_{K.O'}$- kosinus kondensatorlari orqali o‘tayotgan tokning o‘lchangan qiymati, A; $I_{K.N}$ - kosinus kondensatorlarining nominal toki, A.

Kondensatorlar uchun ruxsat etilgan K_{OYU} qiymati 1,3 dan oshmasligi kerak. Ushbu qiymatdan ortishi kondensator qurilmasining xizmat muddatini 20–30 % ga kamaytiradi. Biroq, manbalarda keltirilgan bog‘lanishga ko‘ra, kondensatorlarning

ISSN 3030-3907

xizmat muddatining qisqarish darajasi umumiy kuchlanishning no-sinusoidallik koeffitsienti bilan belgilanadi. Shundan ko‘rinadiki, 1 kV gacha bo‘lgan tarmoqlarda $THD_U\% > 6$ % bo‘lsa, kondensatorlarning xizmat muddati 2–10 marta qisqaradi.

Sanoat korxonalarining yuklamasi sutka davomida yoki mavsum mobaynida keng chegaralarda o‘zgarib turadi. Shu sababli kondensator batareyalarining quvvati ham pog‘onali tarzda rostlanadi. Shuni e’tiborga olish kerakki, hatto batareyaning to‘liq quvvatida rezonans yuzaga kelmasa ham, uning ayrim pog‘onalarida rezonans hodisalari paydo bo‘lishi mumkin. Kompensatsiya qurilmalari elektr tarmog‘ining turli kuchlanish darajalarida o‘rnatilishi mumkin. Bu holat korxona elektr ta’minoti tizimida reaktiv quvvat oqimidan kelib chiqadigan elektr energiyasi isrofi va kuchlanish yo‘qotishlarini minimallashtirish maqsadida kondensatorlarning optimal quvvati hamda ularni o‘rnatish joyini aniqlash bilan bog‘liqdir.

Shunday qilib, nochiziq yuklama mavjud bo‘lgan elektr ta’minoti tizimlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash vazifasi kondensatorlarning yuqori garmonik toklar ta’siridagi ruxsat etilgan ortiqcha yuklanishini, kondensator batareyasi quvvatining sutkalik rostlanishini, kompensatsiya qurilmalarining elektr tarmog‘ining turli kuchlanish darajalarida taqsimlanish sxemalarini hamda kuchlanish sifati bo‘yicha talablarning bajarilishini hisobga olgan holda hal qilinishi lozim.

Xulosa

Yuqori garmonikalar ta’sirida kondensator qurilmalarining ortiqcha yuklanishi, ularning xizmat muddatining qisqarishi va reaktiv quvvatni kompensatsiyalash samaradorligining pasayishiga olib keladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, elektr ta’minoti tizimlarida kompensatsiya qurilmalari tanlanayotganda nafaqat reaktiv quvvatning miqdoriy ehtiyoji, balki tizimdagi yuqori tartibli garmonikalar mavjudligi, rezonans holatlari va ortiqcha yuklanish xavfi ham e’tiborga olinishi zarur.

Shuningdek, yuklamaning vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanligi tufayli kondensator batareyalarining quvvatini pog‘onali tarzda rostlash zarurati tug‘iladi. Rezonans holatlari nafaqat umumiy batareya darajasida, balki uning alohida pog‘onalarida ham yuzaga kelishi mumkinligi sababli, bu omil kompensatsiya tizimini loyihalashda alohida tahlil gilinishi lozim. Elektr tarmog‘ining har xil kuchlanish darajalarida kompensatsiya qurilmalarining optimal joylashuvi esa energiya isrofini va kuchlanish yo‘qotishlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Абдусатторов Ш.Ш., Мамадалиев Э.А. Электр таминоти tizimlarida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash. - T.: Toshkent: Fan va texnologiya, 2016. - 204б.
2. Мусин М.М., Жабборов Ж.М. Elektr energiyasi sifatini oshirish texnologiyalari. - ToshDTU, 2019. - 167 6
3. Саидов А.Ж., Юнусов И.Б. Yuqori garmonikalar va ularning sanoat tarmoqlariga ta’siri // “Энергетика ва электр техникаси” илмий-амалий журнали. - 2020. - №4. -Б. 45-50.
4. IEEE Std 519-2014. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. - Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2014.
5. IEC 61000-2-4: Electromagnetic compatibility (EMC) - Environment - Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances. – International Electrotechnical Commission, 2002.
6. Holger R. Power Quality in Electrical Systems. - McGraw-Hill Education, 2008. - 320 p.
7. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях // Энергоатомиздат. − 2000. − 252 с.
8. Наумов И. В., Лукина Г.В., Сукьясов С.В., Подьячих С.В. Методика расчёта показателей несимметрии токов и напряжений в сети 0,38 кВ с симметрирующим устройством / Вестник АлтГАУ им И. И. Ползунова, №2. – Барнаул. – 2001. – С. 49-56.
9. Кондраненкова Т.Е., Дулепов Д.Е. Моделирование работы симметрирующего устройства в сельских электрических сетях в среде Simulink (Matlab) // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 4 (71). – С. 28-35.

ISSN 3030-3907