

SHAHAR ELEKTR TARMOQLARIDA TRANSFORMATOR TANLASHNING ENERGIYA SAMARADORLIGI KO'RSATKICHLARI

¹*Qurbonazarov S.E., ³Abzoirov E.A., ³Mengliboyev S.M., ³Ismoilov U.F.*

¹*Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o'qituvchisi*

²*Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti assistenti*

³*Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti talabasi*

sukhrob0056885@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada shahar elektr tarmoqlarida kuchlanish darajasi 6–10 kV bo'lgan taqsimlovchi transformatorlarni tanlash jarayonini energiya samaradorligi nuqtayi nazaridan baholash masalasi ko'rib chiqiladi. Tadqiqotning maqsadi transformatorning quvvati, yuklanish koeffitsienti, qisqa tutashuv yo'qotishlari hamda bo'sh yurish quvvat sarfi kabi texnik parametrlarning yillik energiya isroflariga ta'sirini aniqlashdan iborat. Metodologiya sifatida IEC 60076 standartlari asosida transformator yo'qotishlarini hisoblash modeli, shuningdek yuklama grafiklari bilan integrallashgan energiya iste'moli prognozi qo'llandi.

Natijalar shuni ko'rsatdiki, shahar tarmoqlarida transformatorlarni ortiqcha quvvat zaxirasi bilan tanlash yillik energiya yo'qotishlarini sezilarli darajada oshiradi, ayniqsa bo'sh yurish quvvatiga sezgir bo'lgan 100 - 400 kVA diapazonidagi transformatorlar uchun. Optimallashtirilgan yuklama koeffitsiyenti (0,65 - 0,75) va past yo'qotishli transformatorlar qo'llanilganda energiya samaradorligi 6,5 - 12,3 foizgacha yaxshilanishi aniqlandi. Tahlil asosida transformator tanlashning energiya samaradorligiga oid kompleks mezon ishlab chiqildi. U texnik parametrlarni yillik energiya xarajatlari hamda ekspluatatsion davr mobaynidagi umumiy iqtisodiy samaradorlik bilan bog'laydi. Ushbu yondashuv shahar elektr tarmoqlarida transformatorlarni modernizatsiya qilish va energiya tejamkorligini oshirish bo'yicha muhandislik qarorlarini asoslashda qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: shahar elektr tarmoqlari; taqsimlovchi transformator; energiya samaradorligi; yillik yo'qotishlar; yuklama koeffitsienti; bo'sh yurish quvvati; qisqa tutashuv yo'qotishlari; transformator tanlash mezonlari; past yo'qotishli transformator; ekspluatatsion xarajatlar.

Kirish

Shahar elektr tarmoqlarining ishonchliligi va energiya samaradorligi ko'p jihatdan kuch transformatorlarining to'g'ri tanlanishi va ishlash rejimiga bog'liq. Transformator quvvati, yuklanish koeffitsiyenti, bo'sh yurish va yuklama yo'qotishlari, shuningdek tanlangan izolyatsiya turi elektr tarmog'idagi operatsion samaradorlikning asosiy ko'rsatkichlari hisoblanadi. Xorijiy va mahalliy

normativlarda transformatorlar uchun energiya samaradorligi talablarini yanada qat'iyalashtirish tendensiyasi kuzatilmoqda, bu esa shahar tarmoqlarida optimal quvvatni aniqlash va yuklanish rejimini tahlil qilishni dolzarb masalaga aylantiradi.

Mavjud ilmiy adabiyotlarda transformatorlarning quvvat turlari, tanlash qoidalari va ekspluatatsiya ko'rsatkichlari yoritilgan bo'lsa-da, shahar tarmoqlari uchun yuklanish profili asosida energiya samaradorligi ko'rsatkichlarini kompleks baholash yetarlicha tizimlashtirilmagan. Ushbu tadqiqot transformator quvvatini aniqlash, yuklanish koeffitsiyenti bilan bog'liq yo'qotishlar va energiya samaradorlik sinflari doirasida shahar elektr tarmoqlariga mo'ljallangan metodik yondashuvni taklif etadi.

Metodologiya

Tadqiqot shahar elektr taqsimlovchi tarmoqlarida qo'llaniladigan 6–10 kV kuchlanish sinfidagi transformatorlarning texnik parametrlarini energiya samaradorligi bilan bog'liq integrallashgan ko'rsatkichlar orqali baholash metodologiyasiga tayandi. Metod transformatorning nominal quvvati, yuklama darajasi, bo'sh yurish va qisqa tutashuv yo'qotishlarining yillik energiya isroflariga ta'sirini tahlil qilishni o'z ichiga oladi. Yondashuv quyidagi asosiy bosqichlarni qamrab oladi.

1) Transformatorning nominal quvvatini aniqlash. Shahar iste'molchilarining yuklama profili asosida transformator uchun zarur bo'lgan minimal quvvat quyidagi aniqlash mezoniga asoslandi:

$$S_{nom} \geq \frac{\Sigma P_{max}}{\cos \varphi}$$

bu yerda:

ΣP_{max} - tarmoqqa ulangan iste'molchilarning maksimal aktiv quvvatlari yig'indisi;

$\cos \varphi$ – aktiv quvvat koeffitsiyenti;

S_{nom} - transformatorning talab etiladigan minimal quvvati;

2) Yuklanish koeffitsiyenti. Transformatorning real vaqt kesimida yuklanishini baholash uchun yuklanish koeffitsienti quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$k_{yuk} = \frac{S_{haq}}{S_{nom}}$$

Bu koeffitsiyent transformatorning optimal ishlash diapazonini aniqlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega, chunki salt ishlash yo'qotishlari k_{yuk} ga bog'liq emas, lekin qisqa tutashuv yo'qotishlari yuklama kvadratiga proporsional:

$$P_k^{yuk} = P_k \cdot K_{yuk}^2$$

3) Yillik energiya yo'qotishlarini aniqlash. Transformator samaradorligining eng muhim ko'rsatkichlaridan biri yillik energiya isroflaridir. IEC 60076 va EcoDesign 2019/1783 talablariga tayangan holda yillik energiya yo'qotishlari quyidagicha hisoblandi:

$$W_{yil} = P_{salt} \cdot 8760 + P_{q.t.} \cdot K_{yuk}^2 \cdot T_{yuk}$$

bu yerda:

P_{salt} – salt ishlashdagi quvvat yo‘qotishlari, [kVt];

$P_{q.t.}$ – to‘liq yuklama sharoitida qisqa tutashuv quvvat isroflari, [kVt];

T_{yuk} – yillik yuklama ostida ishlash davomiyligi, [soat];

Mazkur model orqali transformator quvvati ortiqcha tanlanganda P_{salt} ning, yuklama ortganda esa $P_{q.t.}$ ning energiya samaradorligiga ta’siri chuqur baholandi.

4. Ma’lumotlar bazasi tarkibi va texnik parametrlar. Tadqiqot amaliy jihatdan yuqori aniqlikda natija berishi uchun turli turdagi transformatorlar bo‘yicha keng qamrovli texnik parametrlar yig‘ildi:

- 25 - 63 000 kVA diapozondagi transformatorlar;
- Shahar iste’molchilari uchun yuklama taqsimoti (maishiy, sanoat va aralash zonalar bo‘yicha);
- P_{salt} va $P_{q.t.}$ yo‘qotishlari bo‘yicha zavod pasport qiymatlari;
- Kunlik, oylik va mavsumiy yuklama profillari;
- Yuklama o‘zgaruvchanligi bo‘yicha statistik kuzatuvlar (0,35...0,95 diapazon);

Transformatorlarning energiya samaradorligi sinflari o‘rtasidagi farqlar ham ko‘rib chiqildi.

5. Xalqaro standartlar asosidagi yondashuv. Tahlil quyidagi xalqaro normalar bilan mos ravishda olib borildi:

- **IEC 60076** – transformatorlarning sinov, yo‘qotish va issiqlik rejimi talablari
- **IEC 60364** – taqsimlash tarmoqlaridagi yuklama tavsiflari
- **EcoDesign (EU Regulation №548/2014, 2019/1783)** – energiya samaradorligi sinflari
- **IEEE C57.91** – yuklama rejimlari bo‘yicha issiqlik chegaralari
- **GOST 3484.1 va 3484.2** – MDH mintaqasi uchun qo‘shimcha texnik me’yorlar

Xalqaro talablar bilan solishtirma tahlil shahar tarmoqlarida qo‘llanilayotgan amaliy transformator tanlash yondashuvlarini modernizatsiya qilish bo‘yicha mezonlar ishlab chiqish imkonini berdi.

6. Optimallashtirish mezon. Tadqiqot yakunida transformator tanlash uchun energiya samaradorligi bo‘yicha integrallashgan mezon qo‘llandi:

$$\Pi_{um} = \Pi_{kapital} + (W_{yil} \cdot \Pi_{elektr}) \cdot T_{ekspl.}$$

bu yerda:

$\Pi_{kapital}$ - transformatorning boshlang‘ich narxi;

Π_{elektr} – elektr energiyasining bir kVt*soat narxi; $T_{ekspl.}$ – ekspluatatsiya muddati (yillar).

Shunday qilib, tanlov faqat P_{salt} yoki $P_{q.t.}$ bo'yicha emas, balki 25 - 30 yil davomida shakllanadigan umumiy xarajatlar bo'yicha amalga oshiriladi.

Natijalar

Tadqiqot shahar elektr tarmoqlarida transformator tanlash jarayonining energiya samaradorligiga ta'sirini baholashga qaratilgan bo'lib, yuklama profillari, texnik yo'qotishlar va ekspluatatsion xarajatlar bo'yicha olingan natijalar quyida tizimli tarzda bayon etiladi.

1. Transformator quvvatining ortiqcha tanlanishi bilan bog'liq energiya yo'qotishlari. Yuklama profillari asosida aniqlanishicha, amaliyotda shahar tarmoqlarida transformatorlar o'rtacha 0.45 - 0.65 yuklama koeffitsiyenti bilan ishlaydi. Bu shuni ko'rsatadiki:

- 160 - 250 kVA transformatorlar amalda 100 - 160 kVA oralig'idagi talabni qoplaydi.
- Quvvati ortiqcha tanlangan transformatorlarda salt ishlash yo'qotishlari yil davomida 18 - 27 % gacha ortadi.
- Quvvati talabga mos tanlangan transformatorlarda P_{salt} yo'qotishlari 11 - 15 % gacha kamayadi.

Shu sababli, quvvat zaxirasining 25 - 30 % dan ortishi energiya samaradorligini sezilarli pasaytirishi aniqlandi.

2. Salt ishlash yo'qotishlarining yillik energiya iste'molidagi ulushi. IEC 60076 parametrlari bilan solishtirilgan holda o'tkazilgan hisob-kitoblarga ko'ra:

$$W_{salt} = P_{salt} \cdot 8760$$

- 100 - 250 kVA transformatorlar uchun yillik salt ishlash yo'qotishlari 1900 - 3800 kVt*soat diapazonida.
- Past yuklamali hududlarda W_{salt} umumiy yillik yo'qotishlarning 55 - 62 % ni tashkil etadi.
- Yuklama yuqori bo'lgan sanoat tarmoqlarida ushbu ulush 32 - 40 % gacha tushadi.

Natija shuni ko'rsatadiki, shahar tarmoqlarida bo'sh yurish yo'qotishlari umumiy energiya isroflarida dominant omil hisoblanadi.

3. Qisqa tutashuv yo'qotishlarining yuklama darajasiga sezgirligi. Qisqa tutashuv yo'qotishlari yuklama kvadratiga proporsional bo'lgani sababli:

$$P_{q.t.yil} = P_{q.t} \cdot K_{yuk}^2 \cdot T_{yuk}$$

tahlil davomida quyidagi qat'iy bog'liqlik aniqlandi:

- Yuklama 0,45 dan 0,8 ga oshirilganda $P_{q.t}$ yo'qotishlari 3,1 barobar oshadi.
- 400 - 630 kVA transformatorlarda $P_{q.t}$ yillik yo'qotishlarning 45-52 % ni tashkil qiladi.

• Aholi punktlaridagi aralash yuklama profillarida optimal yuklama koeffitsienti 0,65 - 0,75 oralig'ida energiya isroflarining eng past qiymatini beradi.

Bu natija transformatorlarni yuklama grafiklariga moslashtirib tanlashning muhimligini isbotlaydi.

4. Energiya samaradorligi sinflari bo'yicha taqqoslash. Tahlil davomida bir xil quvvatga ega bo'lgan, lekin turli yo'qotish sinfidagi transformatorlar solishtirildi. Natijalar:

• Past yo'qotishli sinfidagi transformatorlarda P_{salt} 15 - 22 %, $P_{q.t}$ esa 10 - 12 % kam.

• Juda past yo'qotishli transformatorlarda umumiy yillik energiya isrofi an'anaviy modellarga nisbatan 6,5 - 12,3 %gacha past.

• 25 yillik ekspluatatsiyada umumiy tejash 96 - 210 ming kVt*soat oralig'ida bo'ladi.

Bu shuni ko'rsatdiki, modernizatsiya faqat texnik jihatdan emas, balki iqtisodiy nuqtayi nazardan ham asosli.

5. Transformator tanlashning umumiy iqtisodiy ta'siri. Ekspluatatsion xarajatlar hisobiga ko'ra:

$$\Pi_{um} = \Pi_{kapital} + (W_{yil} \cdot \Pi_{elektr}) \cdot T_{ekspl}.$$

Natijalar:

• Yuqori energiya samaradorligiga ega transformatorlarning boshlang'ich narxi 12 - 18 % yuqori.

• Biroq energiya tejash natijasida amortizatsiya muddati atigi 2,8 – 4,3 yilni tashkil qiladi.

• 25 - 30 yillik ekspluatatsiyada yuqori samaradorlikka ega transformatorlar umumiy xarajatlarni 17 - 24 % gacha kamaytiradi.

Bu parametr energiya samaradorligi bo'yicha tanlov mezonlarining iqtisodiy asoslanganligini tasdiqlaydi.

6. Transformator tanlash bo'yicha integrallashgan samaradorlik mezonining amaliy tavsifi. Taklif etilgan mezon asosida o'tkazilgan hisoblar shuni ko'rsatdiki:

• quvvati haddan ziyod katta tanlangan transformatorlar yiliga 3,4 - 5,7 MVt*soat ortiqcha yo'qotishga olib keladi;

• optimal yuklanish bilan tanlangan transformatorlar tarmoqlarda yillik yo'qotishlarni 8,7 - 14,2 % ga kamaytiradi;

• kompakt past-yo'qotishli transformatorlardan foydalanish shahar tarmoqlarida o'rtacha 1 MVt quvvatga ega podstantsiya uchun yiliga 38 - 62 MVt*soat tejash beradi.

Xulosa

Shahar elektr tarmoqlarida transformator tanlash jarayonining energiya samaradorligi ko'rsatkichlariga ta'siri bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar transformator quvvatini aniqlashda yuklama xususiyatlari, yo'qotishlar tuzilmasi va ekspluatatsion xarajatlarni kompleks baholash zarurligini tasdiqladi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, shahar tarmoqlarida transformatorlar ko'pincha 0,45 – 0,65 yuklama koeffitsienti bilan ishlaydi, bu esa bo'sh yurish yo'qotishlarining umumiy energiya isroflaridagi ulushini oshiradi. Transformator quvvatining ortiqcha tanlanishi yiliga bir necha megavatt-soat ortiqcha energiya sarfiga olib keladi, bu esa texnik va iqtisodiy jihatdan asossiz hisoblanadi.

Salt ishlash va qisqa tutashuv yo'qotishlari bo'yicha tahlillar optimal yuklanish darajasini 0,65 - 0,75 diapazonda aniqladi. Mazkur oraliqda transformatorning texnik samaradorligi maksimal bo'lib, umumiy energiya yo'qotishlari minimal qiymatga ega bo'ladi. Shuningdek, IEC 60076 va Ecodesign talablariga mos yuqori samaradorlikka ega past va juda past yo'qotishli sinfdagi transformatorlarni qo'llash yillik energiya sarfini sezilarli kamaytirishi, uzoq muddatli ekspluatatsiyada esa umumiy xarajatlarni 17 - 24 % gacha qisqartirishi aniqlandi.

Tadqiqotdan kelib chiqadigan asosiy xulosa shundan iboratki, shahar elektr tarmoqlari uchun transformator tanlashda faqat quvvat talabiga emas, balki yuklama grafigi, yo'qotishlarning tuzilishi, ishlash rejimi va iqtisodiy samaradorlikning integral ko'rsatkichlariga asoslangan yondashuv talab qilinadi.

Transformatorlarning energiya samaradorligini oshirish shahar elektr ta'minoti tizimlarida texnik ishonchlilikni mustahkamlaydi, ekspluatatsion xarajatlarni kamaytiradi va energiya tejamkorligini ta'minlashga sezilarli hissa qo'shadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Salimov J.S., Pirmatov N.B., Bekchanov B.E. - Transformatorlar va avtotransformatorlar. Texnika oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma. «UEKTOK-RK E88» nashriyoti. T.: 2009. - 224 b.
2. Ibrohimov U. - Elektr mashinalari. Kasb-hunar kollejlari uchun darslik. 3-qayta ishlangan va to'ldirilgan nashri. - O'qituvchi, 2001—408 b.
3. S.Majidov, M.Ubodullayev, O.Yo'ldosheva, U.Berdiyev, B.To'xtamishov, X.Sattorov - Elektr mashina ya elektr yuritmalardan praktikum. Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma. T.: "O'qituvchi" NMIU. 2005. 176-b.
4. **Qurbonazarov Suhrob Erkin o'g'li, Abzoirov Elbek Akram o'g'li - Geyzerlardan foydalanib elektr energiyasi olishning atrofmuhitga ta'siri.** Международный научный журнал «Научный импульс» № 39 (100), часть 1 Ноябрь, 2025
5. Mustafaqulova G.N., Toirov O.Z., Bekishev A.Y. Elektr mashinalari. O'quv qo'llanma. - Toshkent: «Tafakkur avlodi», 2020. - 192 bet.

6. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. Darslik.-T.: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. - 408 b.
7. Abdulazizov Bozorqul Boboqulovich, Qurbonazarov Suhrob Erkin o'g'li - Elektr energiyasi isroflarining kamaytirish muammolari. Международный научный журнал № 28 (100), часть 1 «Научный импульс» Декабря, 2024
8. B.X.Xushboqov, F.B.Omonov, S.E.Qurbonazarov – “Elektrotexnika va elektronika asoslari” amaliy mashg'ulotlarni bajarish uchun o'quv qo'llanma. Termiz. «MOHIRBEK-ZIYO» nashriyoti. 2024. 303 b.
9. Qurbonazarov Suhrob Erkin o'g'li – Katta quyosh pechi. International Conference on Developments in Education Hosted from Amsterdam, Netherlands June 8th 2022. <https://econferencezone.org>