UDK 621.311.1

SANOAT KORXONALARI ELEKTR TA'MINOTI TIZIMIDAGI ELEKTR TARMOQLARNING SAMARADORLIGINI BAHOLASh

Bobonazarov Bahrom Sirjevich

Qarshi davlat texnika universiteti, t.f.f.d.

Annotatsiya. Sanoat korxonalari elektr ta'minoti tizimidagi elektr tarmoqlaridan foydalanganda ularning samaradorligini baholashda asosiy mezon bu elektr energiyasi isroflari hisoblanadi. Foydalanish vaqtida elektr energiya isroflarining maqbul darajasiga erishish uchun ulardagi kuch transformatorlarning samarador ish holatlarini ta'minlash talab etiladi. Hozirgi vaqtda korxonalarning elektr ta'minoti tizimlarida ba'zi kuch transformatorlari kam yuklangan bo'ladi. Ba'zan bu holat sutka davomida bir necha soat davomida kuzatiladi. Bunday vaziyatda transformatorlar tomonidan reaktiv quvvati iste'moli ortadi, u esa uzakda magnit oqimni yaratishga sarflanadi, ya'ni kuch transformatorlarida salt ishlash isroflari sezilarli darajada ortadi. Sanoat korxonalarida ishlatiladigan kuch transformatorlar sonini, ularni xizmat qilish muddatlarini hisobga olgan holda, ulardagi elektr energiya isroflarini kamaytirish, energiyani tejash uchun sezilarli zaxiradir. Shuni inobatga olgan holda, maqolada kuch transformatorlarining yuklanish darajasini hisobga olgan holda elektr tarmoqlari samaradorligini baholash usuli taklif etilgan.

Kalit so'zlar: sanoat korxonasi, elektr ta'minoti tizimi, taqsimlovchi tarmoq, yuklanish koeffitsienti, energiya samaradorligi.

Аннотация. В процессе эксплуатatsii электрических сетей систем электроснабжения промышленных предприятий основным критерием оценки их эффективности, является величина потерь электрической энергии. Для поддержания оптимального уровня потерь электроэнергии в процессе эксплуатatsii необходимо обеспечивать экономичность функционирования силовых трансформаторов. В настоящее время в системах электроснабжения предприятий силовые трансформаторы работают в ненагруженном режиме. Иногда ненагруженный режим наблюдается несколько часов в течении суток. В данной ситуatsii происходит увеличение потребляемой трансформаторами реактивной мощности, которая расходуется на создание магнитного потока холостого хода, т.е. значительно увеличивается доля постоянных потерь в силовых трансформаторах. Учитывая количество и срок службы силовых трансформаторов промышленного предприятия, снижение потерь электроэнергии в них представляет собой ощутимый резерв для энергосбережения. Учитывая данное в статье предложена, методика оценки эффективности работы электрических сетей с учётом влияния коэффициента загрузки силовых трансформаторов.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: промышленное предприятие, система электроснабжения, распределительная сеть, коэффициент загрузки, энергоэффективность.

Abstract. During the operation of electrical networks of power supply systems of industrial enterprises, the main criterion for assessing their efficiency is the amount of electrical energy losses. To maintain an optimal level of electricity losses during operation, it is necessary to ensure the economical operation of power transformers. Currently, in power supply systems of enterprises, power transformers operate in unloaded mode. Sometimes the unloaded mode is observed for several hours during the day. In this situation, there is an increase in the reactive power consumed by the transformers, which is spent on creating the no-load magnetic flux, i.e. The share of permanent losses in power transformers increases significantly. Considering the number and service life of power transformers in an industrial enterprise, reducing electricity losses in them represents a significant reserve for energy saving. Taking this into account, the article proposes a method for assessing the efficiency of electrical networks, taking into account the influence of the load factor of power transformers.

Key words: industrial enterprise, power supply system, distribution network, load factor, energy efficiency.

Kirish.

Hozirgi vaqtda korxonalarning elektr ta’minoti tizimlarida kuch transformatorlari ko‘pincha yuksiz ish rejimda ishlaydi va bu bir necha soatlar davomida kuzatiladi. Bunday vaziyatda transformatorlar tomonidan iste’mol qilinadigan reaktiv magnitlanish kuchining ortishi kuzatiladi, bu esa yuksiz magnit oqimini hosil qilishga sarflanadi. Bu holat kuch transformatorlarida elektr energiya yo‘qotishlar (EEY) [1] ulushi sezilarli darajada oshiradi. Shu sababli, sanoat korxonasi elektr ta’minoti tizimining taqsimlash tarmog‘i (TT) samaradorligini baholash mezonlaridan biri o‘rnatilgan kuch transformatorlarining yuklanish koeffitsienti hisoblanadi [2, 3].

Taqsimlovchi elektr tarmoqlarining samaradorligini baholash usuli

Energiya samaradorligi ko‘rsatkichiga mos keladigan transformatorning energiya tejamkor yuklamasini (S_{TET}) quyidagi ifoda yordamida topish mumkin:

$$S_{TET} = S_{nom} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_{salt.ish}}{\Delta P_{q.t}}} \qquad (1)$$

bu yerda S_{nom}- transformatorning nominal to‘la quvvati, kVA; $\Delta P_{salt.ish}$ - salt ishlash (yuksiz) aktiv quvvat yo‘qotishlari, kW; $\Delta P_{q.t}$ - qisqa tutashuv vaqtidagi aktiv quvvat yo‘qotishlar, kW.

ISSN 3030-3907

Transformatorning energiya tejamkor yuklamasi va transformatorning nominal to‘la quvvatining nisbati energiya samaradorligi ko‘rsatkichiga mos keladigan k_{yuk}^{ES} transformatorining yuklanish koeffitsientini aniqlaymiz:

$$k_{yuk}^{ES} = \frac{S_{TET}}{S_{nom}} \quad (2)$$

1 va 2 ifoda orqali bitta transformator uchun maksimal samaradorlikka mos keladigan yuklanish koeffitsiyentini topamiz:

$$k_{yuk}^{ES} = \sqrt{\frac{\Delta P_{salt.ish}}{\Delta P_{q.t}}} \quad (3)$$

Agar sanoat korxonasining elektr ta’minoti tizimining TTda bir nechta kuch transformator mavjud bo‘lsa, TT uchun maksimal samaradorlikka mos keladigan yuklanish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$k_{yuk.TT}^{ES} = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_{yuk\,i}^{ES} \cdot S_{nom\,i}}{\sum_{i=1}^{n} S_{nom\,i}} \quad (4)$$

TT ning yuklanish koeffitsiyentini haqiqiy qiymati bosh tugundagi umumiy quvvati va transformatorlarning nominal quvvati nisbati bilan belgilanadi:

$$k_{yuk}^{TT} = \frac{S_{bt}}{S_{\Sigma\,nom}} = \frac{S_{bt}}{\sum_{i=1}^{n} S_{nom\,i}} \quad (5)$$

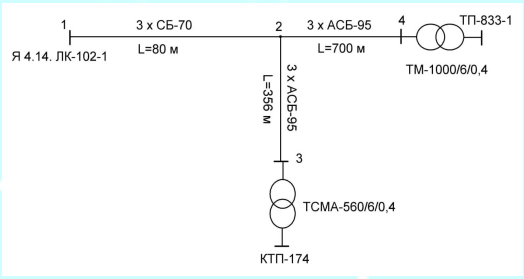
Bu yerda, S_{bt} – TT ning bosh tugundagi umumiy to‘la quvvati; $S_{\Sigma\,nom}$- TT transformatorlarining umumiy o‘rnatilgan to‘la quvvati.

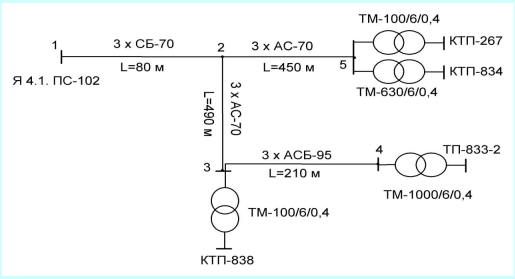
Yuklanish koeffitsiyentining haqiqiy qiymatlarini maksimal samaradorlikka mos keladigan koeffitsiyent bilan taqqoslash orqali elektr ta’minoti tizimlarining samaradorligini nazorat qilish mumkin bo‘ladi.

Elektr ta’minoti tizimlarining samaradorligini baholash

Yuqoridagi baholash metodikasidan kelib chiqib, elektr tarmoqlarining samaradorligini baholashni qo‘yida keltirilgan 6 kVli ЛК-102-1-14 (1a-rasm) va ЛК-102-2-1 (1b -rasm) tarmoqlar misolida ko‘rib chiqamiz.

Energiya samaradorligini baholash uchun dastlabki ma’lumotlar sifatida elektr ta’minoti to‘g‘risidagi ma’lumotlar va shunga mos ravishda 2025 yil iyul,avgust va sentabr oylari uchun EEYlarini hisoblash natijalari berilgan.





a) ЛК-102-1-14 **b) ЛК-102-2-1**

1-rasm. 6 kVli taqsimlovchi elektr tarmoqlarining bir chiziqli sxemasi

ISSN 3030-3907

ЛК-102-1-14 va ЛК-102-2-1 TTlarning transformatorlari uchun maksimal samaradorlikka mos keladigan yuklanish koeffitsiyentini aniqlaylik (1 va 2-jadval).

1-jadval.

ЛК-102-1-14 uchun maksimal samaradorlikga mos yuklanish koeffitsiyenti

№	Tugun yuklamalari nomlanishi	Transformator markasi	S_{nom} kVA	$\Delta P_{q.t}$ кW	$\Delta P_{salt.ish}$ кW	k_{yuk}
1	174 КТП	ТСМ-560/6	560	7,2	2	0,527
2	833_1 ТП	ТМ-1000/6	1000	12,2	2,45	0,448
3	Umumiy		1560	19,4	4,45	0,476

2-jadval.

LK-102-2-1 uchun maksimal samaradorlikga mos yuklanish koeffitsiyenti

№	Tugun yuklamalari nomlanishi	Transformator markasi	S_{nom} kVA	$\Delta P_{q.t}$ кW	$\Delta P_{salt.ish}$ кW	k_{yuk}
1	267 КТП	ТМ-100/6	100	1,97	0,36	0,427
2	834 КТП	ТМ-630/6	630	7,6	1,56	0,453
3	838 КТП	ТМ-100/6	100	1,97	0,36	0,427
4	833_2 КТП	ТМ-1000/6	1000	12,2	2,45	0,448
5	Umumiy		1830	23,74	4,73	0,448

2025 yil iyul, avgust va sentabr oylari uchun ЛК-102-1-14 va ЛК-102-2-1 TTning haqiqiy rejim va EEY hisoblash natijalariga ko‘ra qiymatlari aniqlandi. Ushbu qiymatlar orqali, 5-ifodadan foydalanib, biz 3 va 4-jadvalda keltirilgan yuklanish koeffitsiyentining o‘rtacha oylik qiymatini aniqlaymiz.

3-Jadval.

ЛК-102-1-14 TTining o‘rtacha oylik yuklanish koeffitsiyenti

Kursatgichlar	birlik	iyul	avgust	sentabr
T	soat	744	744	720
S_{bt}	kVA	226	209	153

ISSN 3030-3907

S_{nom}	kVA	1560	1560	1560
$k_{yuk.TT}$		0,145	0,134	0,098
$k_{yuk.o'r.TT}$			0,126	

4-Jadval.

ЛК-102-2-1 TTining o‘rtacha oylik yuklanish koeffitsiyenti

Kursatgichlar	birlik	iyul	avgust	sentabr
T	soat	744	744	720
S_{bt}	kVA	42	67	71
S_{nom}	kVA	1830	1830	1830
$k_{yuk.TT}$		0,023	0,037	0,039
$k_{yuk.o'r.TT}$			0,033	

ЛК-102-1-14 (5-jadval) va ЛК-102-2-1 (6-jadval) TTning maksimal samaradorligiga va haqiqiy qiymatlariga mos keladigan yuklanish koeffitsiyentlari uchun EEYlari hisoblandi.

5-jadval

ЛК-102-1-14 uchun EEYlarini hisoblash natijalarini qiyosiy tahlili.

Kursatgich	birlik	$k_{yuk.ES}$	$k_{yuk.o'r.oy}$
k_{yuk}	-	0,476	0,126
W	ming.kW*s	470	125
ΔW_{yuk}	ming.kW*s	4,083	0,287
$\Delta W_{s.ish}$	ming.kW*s	1,268	1,302
ΔW_{Σ}	ming.kW*s	5,351	1,589
ΔW_{yuk}	%	0,869	0,229
$\Delta W_{s.ish}$	%	0,27	1,041
ΔW_{Σ}	%	1,139	1,271

Qiyosiy tahlilni o‘tkazish uchun biz bosh tugundagi ta’minotga nisbatan foiz sifatida olingan EEYlarini hisoblash natijalaridan foydalanamiz.

ЛК-102-1-14 TTda ko‘rib chiqilayotgan davr uchun o‘rtacha oylik yuklama koeffitsiyenti maksimal samaradorlikka mos keladigan yuklanish koeffitsiyentidan 3,8 baravar past. Shu bilan birga, tarmoqdagi EEYlar mos ravishda 3,8 barobar kamaygan, yuklamasiz ish rejimida yo‘qotishlar esa 3,9 barobarga oshgan. Bu esa umumiy yo‘qotishlarning 1,1 barobar oshishiga olib kelgan.

6-jadval

ЛК-102-2-1 uchun EEYlarini hisoblash natijalarini qiyosiy tahlili.

Kursatgich	birlik	$k_{yuk.ES}$	$k_{yuk.o'r.oy}$
k_{yuk}	-	0,448	0,033
W	ming.kW*s	520	30

ISSN 3030-3907

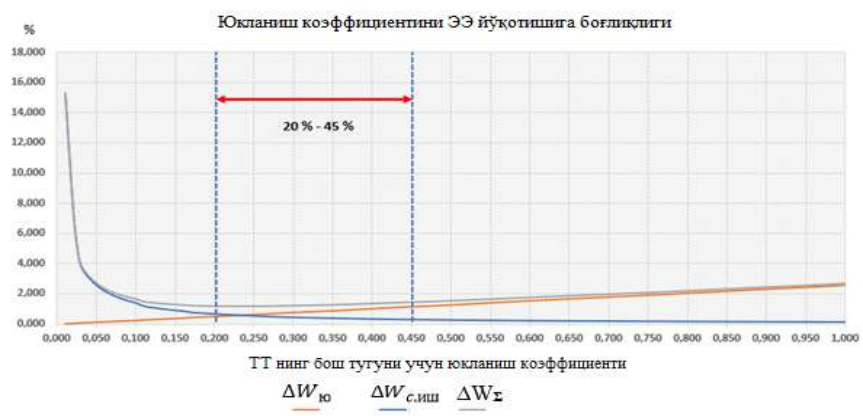
ΔW_{yuk}	ming.kW*s	6,13	0,02
$\Delta W_{s.ish}$	ming.kW*s	1,47	1,523
ΔW_{Σ}	ming.kW*s	7,6	1,543
ΔW_{yuk}	%	1,179	0,068
$\Delta W_{s.ish}$	%	0,283	5,077
ΔW_{Σ}	%	1,462	5,145

LK-102-2-1 TTni ko‘rib chiqilayotgan davri uchun o‘rtacha oylik yuklanish koeffitsiyenti maksimal samaradorlikka mos keladigan yuk koeffitsiyentidan 13,6 baravar past. Shu bilan birga, tarmoqdagi yuklamali ish rejimda yo‘qotishlar mos ravishda 17,3 barobar kamaygan, yuksiz ish rejimida yo‘qotishlar esa 17,9 barobar ko‘paygan. Bu esa umumiy yo‘qotishlarning 3,5 barobar oshishiga olib kelgan.

Yuklanish koeffitsiyentining ruxsat etilgan chegaralarini aniqlash

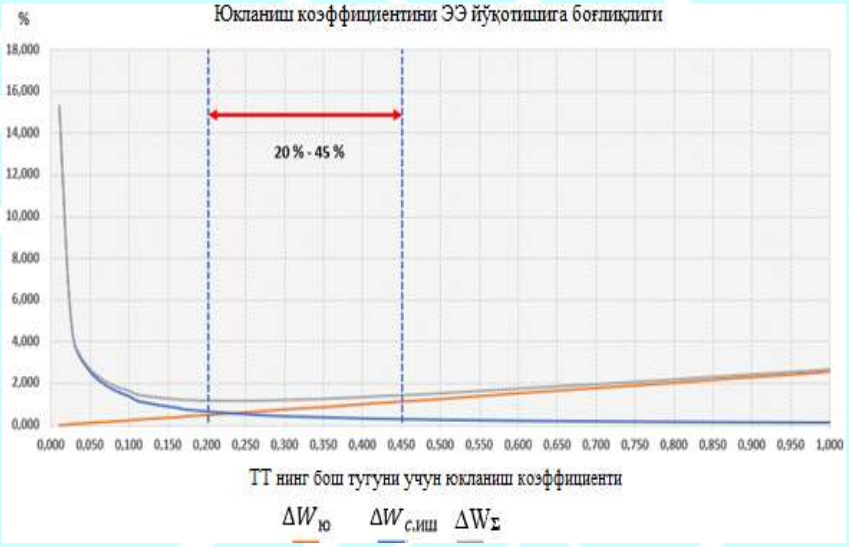
TT yuklanish koeffitsiyentining ruxsat etilgan chegaralarini aniqlash uchun biz ЛК-102-1-14 va ЛК-102-2-1 TT uchun yuklanish koeffitsiyentining turli qiymatlarida EEYlarini bir qator hisob-kitoblarni amalga oshiramiz.

Hisob-kitob natijalariga asoslanib ЛК-102-1-14 ва ЛК-102-2-1 TT ning yuklanish koeffitsiyentiga qarab EEYning o‘zgarishi (% da) grafiklari tuzilgan(3 va 4-rasm).



3- rasm. ЛК-102-1-14 uchun EEYlarining yuklanish koeffitsiyentiga bog‘liq grafigi

ISSN 3030-3907



4-rasm. ЛК-102-2-1 uchun EEYlarining yuklanish koeffitsiyentiga bog‘liq grafigi

Energiya samaradorligi bo‘yicha natijalardan ko‘rinib turibdiki, ЛК-102-1-14 va ЛК-102-2-1 TT uchun yuklanish koeffitsiyentining o‘zgarishlar diapazoni umumiy o‘rnatilgan quvvatga nisbatan 0,2 dan 0,45 gacha (yoki 20 dan 45% gacha) oraliqda bo‘lishi maqsadga muvofiq bo‘ladi. ЛК-102-1-14 TT uchun EEYlarining eng kichik qiymati yuklanish koeffitsiyenti 0,25 (25%) da kuzatiladi. Bu yerda umumiy EEYlar 2,442 ming.kW soat yoki 250 ming.kW soatga teng elektr energiyasini yetkazib berishga nisbatan 0,977% tashkil qiladi.

ЛК-102-2-1 TT uchun EEYlarining eng kichik qiymati yuklanish koeffitsiyenti 0,26 (26%) da kuzatiladi. Bu yerda umumiy EEYlar 3,463 ming.kW soat yoki 300 ming.kW soatga teng elektr energiyasini yetkazib berishga nisbatan 1,154 % tashkil qiladi.

ЛК-102-1-14 va ЛК-102-2-1 TT uchun hisob-kitoblar natijalarini hisobga olgan holda, yuklanish koeffitsiyentidagi maqbul oraliq 0,2 dan 0,5 gacha (20 - 50%) olinishi kerak.

Xulosa. Yuklanish koeffitsiyentining haqiqiy (o‘rtacha oylik) qiymatlari maksimal samaradorlikka mos keladigan yuklanish koeffitsiyentidan sezilarli darajada past: ЛК-102-1-14 uchun 3,8 marta; ЛК-102-2-1 uchun 13,6 marta.

Energiya samaradorligini ta’minlash nuqtai nazaridan, yuklanish koeffitsiyentidagi o‘zgarishlarning maqbul diapazoni TT transformatorlarining umumiy o‘rnatilgan quvvatiga nisbatan 0,2 dan 0,5 gacha (20 - 50%) olinishi mumkin bo‘ladi.

Yuklanish koeffitsiyentining tahlili shuni ko‘rsatdiki, elektr ta’minoti tizimining TTda EEYlarining muhim qismi kuch transformatorlarining kam yuklanishi bilan bog‘liq. Shu sababli, sanoat korxonalarining elektr ta’minoti tizimining TT larida bunday transformatorlarni aniqlash bo‘yicha chora-tadbirlarni amalga oshirish muhim amaliy vazifadir.

ISSN 3030-3907

Sanoat korxonalarining elektr ta’minoti tizimlarining energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan chora-tadbirlar transformatorlarni almashtirish (nominal quvvatning 20% dan kamrog‘i bilan tizimli ravishda yuklangan) va ularni qayta guruhlash, transformatorlarning yukini boshqa transformatorlarga o‘tkazish, shuningdek transformatorlarni (vaqtinchalik) o‘chirishni o‘z ichiga oladi.

Ushbu chora-tadbirlarning amalga oshirilishi elektr energiyasini TTdagi yo‘qotishlarni tabiiy ravishda kamaytirishga va shunga mos ravishda sanoat korxonasining energiya samaradorligini oshirishga yordam beradi.

ADABIYOTLAR

1. Power Transformers – Introduction to measurement of losses. Document published: August 2016 Lead author of this document: Angelo Baggini (ECD) Project coordinator: WIP. Horizon 2020 programme Project acronym: INTAS Project full name: Industrial and tertiary product Testing and Application of Standard/ (https://www.intastesting.eu/storage/app/media/INTAS_transformers_descr.pdf).

2. Ефременко В.М. Анализ влияния нагрузки силовых трансформаторов на потребление реактивной мощности // В.М. Ефременко, Р.В. Беляевский // Вестн. Кузбасского гос. Тех. унив., 2009. № 6. с. 46-48.

3. Наумов И. В., Карамов Д. Н., Третьяков А. Н., Якупова М. А., Федоринова Э. С. Исследование загрузки силовых трансформаторов в системах сельского электроснабжения. Safety and Reliability of Power Industry 2020, vol. 13, no. 4, pp. 282 – 289. https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-4-282-289.

4. Алюнов А.Н., Бабарушкин В.А., Вяткина О.С. Оптимизация режимов работы силовых трансформаторов // Онлайн Электрик: Электроэнергетика. Новые технологии, 2014.–URL: //articles.php?id=114.

5. Zeynep Kaya, Nazim Imal. On power transformers energy efficiency based load transfer analysis/ International Journal of Energy Applications and Technologies, December 2018. doi: 10.31593/ijeat.442589.

6. Baidak Yu., Matukhno V., Chaikovskiy V. Energe efficient transformers with various load graphics for the consumers of electric power// Refrigeration Engineering and Technology 52(2), June 2016 // doi: 10.21691/ret.v52i2.59.

7. Ивакин В. Н., Ковалев В. Д., Магницкий А. А. Нормирование энергоэффективности распределительных трансформаторов // Энергия единой сети 2017; 5 (34): 20 – 31.

8. Котов Г. Н. Потери в силовом трансформаторе и как их уменьшить [Текст] // Г. Котов // Радиоаматор, 2016; № 2: с. 14 – 17.

ISSN 3030-3907