



Vebsayt: <https://involta.uz/>

## ASINXRON DVIGATELLARDA YUQORI GARMONIKALAR TASIRIDAN KELIB CHIQQAN ISROFLAR

**A.A. Abdullayev, H.Sh.Ne'matjonov, M.Sh.Sharobiddinov, A.A. To'xtashev**

Farg'ona politexnika instituti, elektr-energetikasi kafedrası

([a.abdullayev@ferpi.uz](mailto:a.abdullayev@ferpi.uz))

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada elektr energiya sifat ko'rsatkichlari, uni nazorat qilish talablari, kuchlanishning normal ruxsat etilgan qiymatlari chegarasi, nosinusoidal toklarni keltirib chiqaruvchi manbalar, kuchlanish nosinusoidalligini aniqlash formulalari, hamda asinxron dvigatellarda yuqori garmonikalar ta'siridan kelib chiqqan isroflar keltirilib o'tilgan, ularda kelib chiqqan isroflarni aniqlash algoritmi ishlab chiqilgan.

**Kalit so'zlar:** elektr energiyasi yo'qotishlar, elektr energiya sifat ko'rsatkichlari, tarqatish tarmoqlari, elektr energiyasi isrofini kamaytirish tadbirlari, qo'shimcha isroflar, isroflarning egri chizig'i, isroflarni xisoblash algoritmi. Ishlab chiqarish jarayonlarini jadallashtirish, yangi texnologiyalarni takomillashtirish va joriy etish natijasida ventelli o'zgartirgichlar, bir fazali va uch fazali elektr payvandlash uskunalari, katta quvvatli elektr yoy pechlari, volt-amper xarakteristikasi noxiziqli istemolchilar tobora ko'proq qo'llanilmoda. Kuch

transformatorlari, magnitli kuchaytirgichlar va gaz razryadli lampalar shunday xususiyatlarga ega. Ushbu qurilmalarning xususiyati – ularning qisqichlariga sinusoidal kuchlanish qo‘llanilganda tarmoqdagi nosinusoidal toklarni iste‘mol qiladi. Nosinusoidal tok egri chiziqlarini har xil chastotali oddiy garmonik tebranishlar majmuasidan iborat murakkab garmonik tebranishlar deb qarash mumkin. Tarmoq elementlari orqali o‘tadigan yuqori garmonika elementlar qarshiligida kuchlanish pasayishini olib keladi, bu esa asosiy sinusoidal kuchlanishga qo‘shilib, kuchlanish egri shaklining buzilishiga, ta‘minot tarmog‘idagi elektr energiya sifati buzilishiga olib keladi, ya‘ni elektr qabul qilgichlarni elektr ta‘minoti bilan elektromagnit mosligi muammosi hosil bo‘ladi. Kuchlanish nosinusoidalligi quyidagi ikki ko‘rsatkichlar bo‘yicha tavsiflanadi: 1. Kuchlanish egri chizig‘ining buzilish koeffisienti  $K_u$ ;

2. Kuchlanishni  $n$  – chi garmonik tashkil etuvchi koeffisienti  $K_{u(n)}$ .

Kuchlanish egri chizig‘ining buzilish koeffisienti nosinusoidal kuchlanishni garmonik tarkibining asosiy qiymatini asosiy chastota kuchlanishiga nisbati bilan aniqlanadi va uni quyidagicha aniqlashimiz mumkin:

$$K_u = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U_1} \cdot 100\% \approx \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U_{nom}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Bu yerda  $U_{nom}$  –  $n$  - garmonikasining kuchlanish qiymati;  $n$ -oxirgi hisobga olingan garmonikalar raqami.  $K_u$  ni hisoblashda qiymati 0.1% dan kam bo‘lmagan garmoniklarni hisobga olmaslikka ruxsat etiladi.

Har xil kuchlanishli elektr tarmoqlarida kuchlanish sinusoidalligini buzilish koeffisientining normal ruxsat etilgan va chegaraviy ruxsat etilgan qiymatlari [2] foiz ko‘rinishida 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Kuchlanish nosinusoidalligini buzilish koeffisienti  $K_u$

Normal ruxsat etilgan qiymatlari, $U_{nom}$ , kV				Chegaraviy ruxsat etilgan qiymatlari, $U_{nom}$ , kV			
da				da			
0,38	6...20	35	110...220	0,38	6...20	35	110...330
8,0	5,0	4,0	2,0	12,0	8,0	6,0	3,0

Har xil nominal kuchlanishli  $U_{nom}$  elektr tarmoqlariga umumiy ulanish nuqtalarida kuchlanishni  $n$  – garmonik tashkil etuvchi koeffitsientining ruxsat etilgan qiymatlari 2- jadvalda (foizlarda) keltirilgan [1].

2-jadval. Kuchlanishning  $n$  ta garmonik tashkil etuvchilar koeffitsienti  $K_{un}$

$U_{nom}$ 3ga ko‘paymaydigan toq garmonikalar, kV					$U_{nom}$ 3ga ko‘paymaydigan toq garmonikalar, kV					$U_{nom}$ juft garmonikalar, kV				
N	0,38	6...20	35	110...330	N	0,38	6...20	35	110...330	n	0,38	6...20	35	110...330
5	6,0	4,0	3,0	1,5	3	5,0	3,0	3,0	1,5	2	2,0	1,5	1,0	0,5
7	5,0	3,0	2,5	1,0	9	1,5	1,0	1,0	0,4	4	1,0	0,7	0,5	0,3
11	3,5	2,0	2,0	1,0	15	0,3	0,3	0,3	0,2	6	0,5	0,3	0,3	0,2
13	3,0	2,0	1,5	0,7	21	0,2	0,2	0,2	0,2	8	0,5	0,3	0,3	0,2
17	2,0	1,5	1,0	0,5						10	0,5	0,3	0,3	0,2
19	1,5	1,0	1,0	0,4						12	0,2	0,2	0,2	0,2
23	1,5	1,0	1,0	0,4										
25	1,5	1,0	1,0	0,4										

$n=3$  va  $9$  uchun berilgan normal qiymatlar bir fazali tarmoqlarga tegishli. Uch fazali tarmoqlarda 3.2 – jadvalda berilgan qiymatlarning yarmi sifatida olinadi.  $n$ -chi garmonik tashkil etuvchi koeffitsientining ruxsat etilgan chegaraviy qiymatlari 3.2 – jadvalda ko‘rsatilganidan  $1.5$  barobar ko‘proq olinadi.

Yuqori garmonikalar elektr dvigatellarda, transformatorlarda va tarmoqlarda qo‘shimcha isroflarga olib keladi;

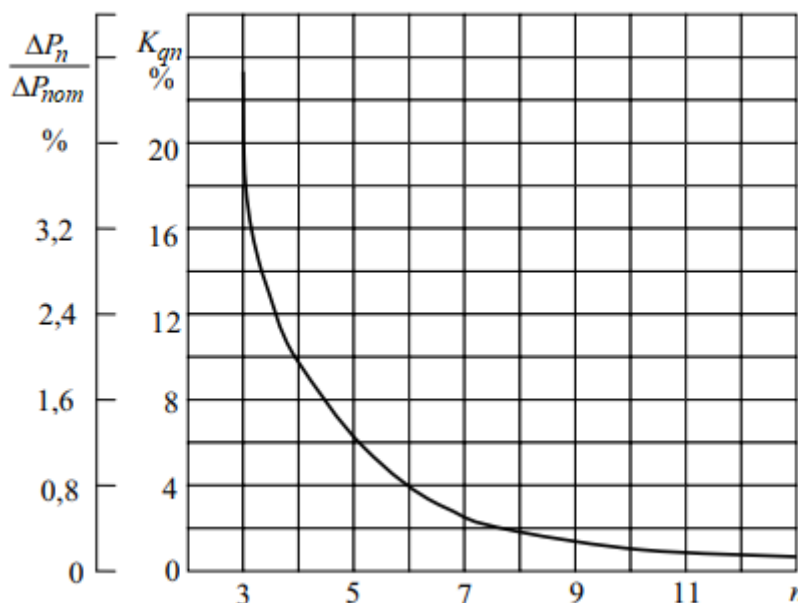
Kondensator batareyalari yordamida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash qiyinlashadi;

elektr dvigatellari aparatlari izolyatsiyasining xizmat qilish muddati qisqaradi;

avtomatika telemexanika va alaoqa qurilmalarining ishlashi yomonlashadi.

Tokning vaqtinchalik yuqori garmonikalari elektr mashinalar cho‘lg‘amlarida qo‘shimcha isroflarga olib keladi. Mashina po‘latidagi qo‘shimcha isroflar odatda e‘tiborga olinmaydi.

Bitta garmonika uchun solishtirma isroflar, bu garmonikaning to‘g‘ri aylanishi yoki teskari aylanish maydoni uchun farq qiladi. 1-rasmda yuqori garmonikali kuchlanish vektori fazlarining to‘g‘ri va teskari ketma-ketligidan o‘rtacha isroflar uchun solishtirma isroflar berilgan.



1 –rasm Asinxron dvigatellarda yuqori garmonikalar ta’siridan kelib chiqqan isroflarning egri chizig‘i

Nisbiy isroflar egri chizig‘ini tahlil qilib,  $\Delta P_n/\Delta P_{nom}$  nisbati kichik tartibli garmonikalar uchun eng katta qiymatga ega ekanligini, birinchi navbatda, ikkinchisi va uchunchisi ekanligini ko‘rish oson. 13-chi tartibli garmonikalardan isroflar unchalik katta emas va ularni e‘tiborsiz qoldirish mumkin [1].

Kuchlanishning barcha garmoniklari tufayli umumiy isroflar quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P_{\Sigma n} = \sum_{n=2} \Delta P_n \left(\frac{U_n}{U_1}\right)^2 \quad (2)$$

n-garmonika asinxron dvigatelda qo‘shimcha isroflar quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P_n = 3I_n^2(R_{stn} + R'_{rotn}) \quad (3)$$

Bu yerda  $R_{stn}$  va  $R'_{rotn}$ - statorning aktiv qarshiligi va n-garmonik chastotada rotorning kamaygan aktiv qarshiligi.

Stator va rotor cho'lg'amlaridagi yuqori chastotalarda sirt effekti keskin nomoyon bo'ladi va qarshilik kuchayadi, shuning uchun:

$$R_{stn} = R_{st}\sqrt{n}; \quad R'_{rotn} = R'_{rot}\sqrt{n} \quad (4)$$

Yuqori kuchlanishli asinxron dvigatellar uchun  $R_{st} \cong R'_{rotn}$  deb hisoblash mumkin: Yuqori garmonikalardan umumiy isroflarni aniqlash uchun hisoblash formulasini quyidagicha ko'rsatish mumkin:

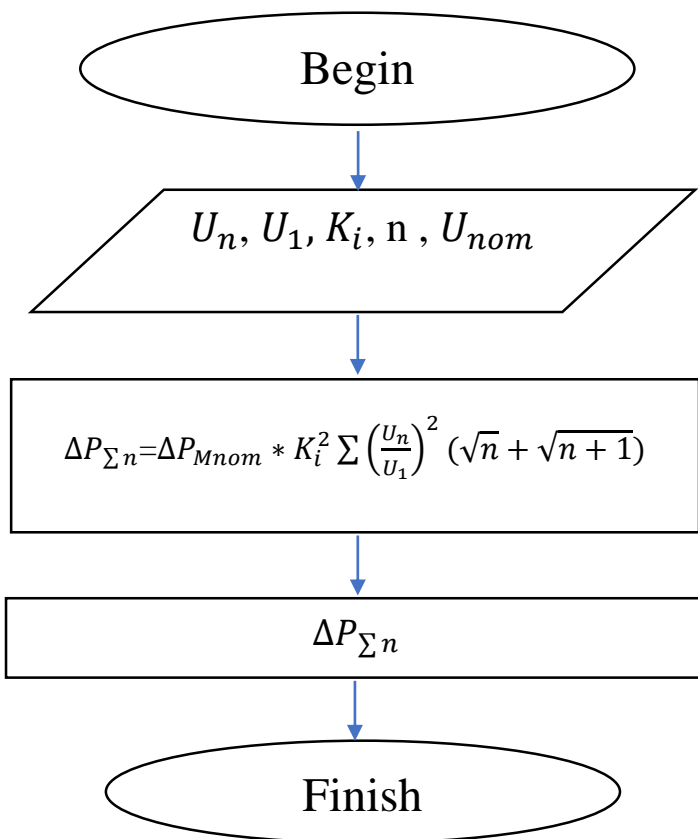
$$P_{\Sigma n} = \Delta P_{m.nom} K_i^2 \sum \left(\frac{U_n}{U_1}\right)^2 (\sqrt{n} + \sqrt{n \pm 1}) = \Delta P_{m.nom} \sum K_{qn}, \quad (5)$$

bu yerda  $K_i$  – ishga tushish tokining karraligi;  $\Delta P_{m.nom}$ -statorning nominal mis yo'qotishlari;  $K_{qn}$  - n-chi vaqtinchalik garmonikasi tufayli stator misidagi isroflarning ko'payishini hisobga oladigan koeffitsient.

$K_{qn} = f(n)$  bog'liqlik grafigi 1-rasmda ko'rsatilgan. Ordinata o'qida n-chi garmonikaning to'g'ri va teskari ketma-ketlikdagi tizimlarini hosil qilgan holatlar uchun  $K_{qn}$  ning o'rtacha qiymatlari chizilgan. Egri chiziqni qurishda boshlang'ich tokning karraligini o'rtacha qiymati  $K_i = 5.5$  olingan.

Katta elektr dvigatellar statorining misida nominal isroflar  $\Delta P_{nom}$  dvigateldagi umumiy isroflarning o'rtacha 20%ini tashkil qiladi. Shuni yodda tutgan holda, 1-rasmda  $\Delta P_n/\Delta P_{nom}$  umumiy nominal dvigatel isroflariga nisbatan yuqori gamonikalardan qo'shimcha quvvat isroflari ko'rsatilgan ikkinchi ordinata keltirilgan. Bu egri chiziqlardan foydalanish yuqori garmonikalar tufayli asinxron motorlardagi isroflarni aniqlash uchun juda qulaydir.

Tadqiqotlar ko'rsatganidek [2], korxonalarda asinxron elektr dvigatellarining haddan tashqari qizib ketishi, hatto yuqori garmonikali tarmoqlarda ham ( $K_u = (10 \dots 15\%)$ ), nominal yuklamada ham, yuklama tushganda ham kuzatilmagan. Quyida asinxron dvigatellarda yuqori garmonikalar tasidan kelib chiqqan aktiv quvvat isroflarini hisoblash algoritmi keltirilgan [5].



2-rasm Asinxron dvigatellarda yuqori garmonikalar tasiridan kelib chiqqan isroflarni xisoblash algoritmi

Yuqoridagi algoritmi yordamida asinxron dvigatellarda yuqori garmonikalar tasiridan kelib chiqqan aktiv quvvat isroflarini hisoblash ketma ketligi keltirilgan. Dastlab bizga kiritilishi kerak bo'lgan kattaliklar kerak bo'ladi. Ular  $U_n$ ,  $U_1$ ,  $K_i$ ,  $n$ ,  $U_{nom}$  lar bo'lib, bu yerda  $U_n$  -n chi garmonika kuchlanishi,  $U_1$  -birinchi garmonikadagi kuchlanish,  $K_i$  – dvigatelning ishga tushirish tokening karraliligi,  $n$  - oxirgi hisobga olingan garmonikalar raqami,  $U_{nom}$   $n$  - garmonikasining nominal qiymati ularni dasturga kirgizish orqali hosil bo'ladigan aktiv quvvat isroflari quyidagi formula orqali hisoblanadi.

$$\Delta P_{\Sigma n} = \Delta P_{Mnom} * K_i^2 \sum \left( \frac{U_n}{U_1} \right)^2 (\sqrt{n} + \sqrt{n + 1})$$

Hisob natijalari umumlashtirilib  $\Delta P_{\Sigma n}$  ko'rinishida keltiriladi.

*Asinxron dvigatellarda yuqori garmonikalar tufayli hosil bo'layotgan aktiv quvvat isroflari*

**Statorning mis cho'lgamidagi nominal yo'qotishlari,  $P_{m.nom}$  [kVt]**   
**Ishga tushurish tokining karraliligi,  $K_i$**    
**Nosinusoidalligining koeffitsientlari yeg'indisi,  $K_u(n)$  sum**   
**Kuchlanish garmonikasi tartibi,  $n$**

Hisoblash

Tugatish

Ushbu algoritm asosida C++ builder 6 dasturida dasturiy ta'minot ishlab chiqildi. Ushbu dasturiy ta'minot asinxron dvigatellarda yuqori garmonikalar ta'siridan kelib chiqadiga qo'shimcha quvvat isroflarini yuqoridagi algoritm asosida tez va qulay hisoblab, natijalarni umumlashtirilgan holda ekranga chiqarib beradi. Buning uchun biz quyidagi parametrlarni: statorning mis cho'lg'amidagi nominal yo'qotishlari  $\Delta P_{m.nom}$ , ishga tushirish tokining karraliligi  $K_i$ , nosinusoidalligini koeffitsientlari yig'indisi  $K_{u(n)}$ , kuchlanish garmonikasi tartib raqami  $n$  larni kiritilishi hamda hisoblash tugmasi bosib ekranda natija hosil qilinadi. Bunda hisoblash ishlari qisqa vaqt mobaynida va yuqori amalga oshirishimiz mumkin, hamda har qanday foydalanuvchi bu dasturdan foydalanishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Xoliddinov I.X. "Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarini nazorat qilish" Akademik K.R. Allaev tahriri ostida. Farg'ona 2022 y
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения пром предприятий. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 160 с.
3. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - М.: Изд-во стандартов, 1998. - 31 с.

4. Литвак В.В., Маркман Г.З., Харлов Н.Н. Энергосбережение и качество электрической энергии в энергосистемах: Учебное пособие (издание 2-е). - Томск: Изд-во ТПУ, 2004. - 162 с.
5. A.A.Abdullayev “Tarmoqdagi elektr energiyasini sifat ko‘rsatkichini ta’minlash orqali elektr energiyasi samadorligiga erishish” «Innovative approaches to the development of Education Production Cluster in the oil and gas field» Tashkent 2022
6. Abdullayev A.A. “Elektr energiyasi sifat ko‘rsatkichi nosinusoidallik koeffitsientini elektr yoy po‘lat eritish pechlari uchun aniqlash algoritmi” // Jurna, Scientific-technical journal of FerPI, Fergana 2022 . Том 26. спец. вып. №1.
7. Abdullaev A.A. Xoliddinov I.X. Abdurakhmonova M.O. “Algorithm for determining the nosinusoidality coefficient of electrical quality index for welding equipment”
8. A. M. Polatov “Algoritmlar va C++ tilida dasturlash asoslari” Toshkent 2017y  
Давронов К.А., Ибрагимов О.О., Карабоев И.Т., Каримов Ш.  
Эффективность применения жидкого азотно- кальцийного удобрения для предупреждения элементов урожая // Журнал. Актуальные проблемы современной науки, Москва. 2017. №6. С 139-143. (06.00.00., № 6).  
<https://elibrary.ru/item.asp?id=3076989>