

**ELEKTR ENERGIYA SIFAT KO'RSATKICHLARINING
MONITORINGI VA NAZORAT QILISH UCHUN TOKLARINI IKKILAMCHI
KUCHLANISHLARGA O'ZGARTIRGICHINING TAVSIFLARI**

Sobirov Shohjahon¹, Mirzoyev Narzullo², Makhsudov Mokhirbek³

Buxoro muhandislik texnologiya instituti tayanch doktoranti.

**Buxoro muhandislik texnologiya instituti, "Energoaudit" kafedrası
mudiri, PhD.**

**Andijon mashinasozlik instituti "Elektrotexnika, elektromexanika va
elektrotexnologiyalari" kaedrası dotsenti, PhD.**

Annotatsiya: Ushbu maqolada Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarining monitoringi va nazorat qilish uchun o'lchov nazorat tizimi ishlab chiqish masalalari ko'rib chiqilgan. Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarining monitoringi va nazorat qilish uchun o'lchash asboblari va dasturlari hamda algoritmlari ishlab chiqilgan. Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarining monitoringi va nazorat qilish uchun boshqaruv signallari asosida zarur bo'lgan tok o'zgartirgich loyihalangan va uning matematik modellari ishlab chiqilgan. Tok o'zgartirgichini xatoliklarini va ishonchliliklari hisoblangan. Tok o'zgartirgichni statik va dinamik tavsiflarini tasvirlarini qurish uchun dasturiy ta'minotlar ishlab chiqilgan.

Tayanch so'zlar: Elektr energiya sifat ko'rsatkichlari, monitoringi va nazorat, dinamik va statik tavsif, o'lchov nazorat tizimi, mikrokontroller, signal o'zgartirgich, tok, kuchlanish, chastota, sezish elementi, magnit oqim, additiv va multiplikativ, entropiya.

Аннотация: В данной статье рассмотрены вопросы разработки АСУ ТП для мониторинга и контроля показателей качества электрической энергии. Разработаны измерительные приборы, программы и алгоритмы для мониторинга и контроля показателей качества электроэнергии. На основе сигналов управления спроектирован трансформатор тока, необходимый для контроля и управления качественными показателями электрической энергии, и разработаны его математические модели. Рассчитаны погрешности и надежность трансформатора тока. Разработано программное обеспечение для построения изображений статических и динамических характеристик трансформаторов тока.

Ключевые слова: Показатели качества электроэнергии, мониторинг и контроль, динамическое и статическое описание, система контроля измерений, микроконтроллер, преобразователь сигналов, ток, напряжение, частота, чувствительный элемент, магнитный поток, аддитивный и мультипликативный, энтропия.

Annotation: In this article, the issues of development of measurement control system for monitoring and control of quality indicators of electric energy are considered. Measuring devices and programs and algorithms have been developed for monitoring and control of electric power quality indicators. Based on the control signals, the current transformer necessary for monitoring and controlling the quality indicators of electric energy was designed and its mathematical models were

developed. Current transformer errors and reliability are calculated. Software has been developed to construct images of static and dynamic characteristics of current transformers.

Key words: Power quality indicators, monitoring and control, dynamic and static description, measurement control system, microcontroller, signal converter, current, voltage, frequency, sensing element, magnetic flux, additive and multiplicative, entropy.

Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarining monitoringi va nazorat qilish tadqiqotning ko'rinib turibdiki, tok o'zgartirgichning tavsiflari muhim ahamiyatga ega. Bunda o'zgartirgichning asosiy tadqiq qilinadigan tavsiflariga statik, dinamik tavsiflari, sezgirlik va xatolik manbalari kiradi. Fizik - matematik modellardan olingan ma'lumotlar asosida, o'zgartirgichning statik tavsiflarini tadqiq qilishda o'zgartirgich magnit zanjirlarining asosida signalni o'zgartirish jarayonlari amalga oshiriladi. Elektr tarmoq tokining qiymatini kuchlanish ko'rinishdagi chiqish signaliga o'zgartiradigan o'zgartirgichlarning statik tavsiflarini tahlil qilishda signal ko'rinishdagi chiqish kuchlanishini U_{chik} kirish kuchlanishi U_1 va stator tokiga I_1 , o'lchov elementining kesimi S_o yuzasiga, o'lchov elementining w_o o'ramlari soniga, shuningdek havo orlig'i $l_{x.o}$ balandligining turli o'zgarish dipazonlariga va magnit o'zakning turli parametrlariga bog'liqligini aniqlash talab etiladi [1-3].

Elektr tarmoq toklarini kuchlanish ko'rinishdagi chiqish signaliga o'zgartirgichlarini statik tavsiflarini tahlil qilishda U_{chik} chiqish kuchlanishlarini elektr tarmoq toklariga, o'lchov chulg'aminining o'ramlari soniga – w_o , shuningdek stator tizimining parametrlariga bog'liqligini aniqlash talab etiladi.

Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarining monitoringi va nazorat qilish uchun toklarini ikkilamchi kuchlanishlarga o'zgartirgichining statik tavsiflari graf modeli asosida shakllantirilgan quyidagicha ko'rinishdagi analitik ifoda orqali aniqlanadi:

\dot{i} (1)

bu yerda $K_{F_o U_{chik}} = w_o - F_\sigma$ magnit oqimlar va $U_{chik,\sigma}$ chiqish elektr kuchlanishlari orasidagi zanjirlararo bog'liqlik koeffisienti;

$P_{oi} = \frac{\mu_0 F_i}{\delta_{\mu i}}$ ($i = \overline{1, 21}$) – o'zgartirgichning U_{chik} chiqish kuchlanishlarini hosil qilayotgan

o'zgartirish bo'lagi magnit parametri;

μ_0 – sezish elementi o'rnatilgan havo oraliqlarining magnit singdiruvchanligi:

$$(\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} G/m).$$

Toklarining nominal qiymatlarida chiqish kuchlanishini me'yorlangan (5 V) bo'lishi talab qilinishi asosida $w_o = 1 \div 4$ o'ramgacha qiymatlarni qabul qiladi.

F – o'lchov elementlari o'rnatilgan havo oraliqlarining ko'ndalang kesim yuzasi;

δ_μ – o'lchov elementlari o'rnatilgan havo oraliqlar balandliklari (m);

$W(F_{\sigma_{ijk}}, F_{\sigma_{inn}})$ – magnit o'zgartirish bo'lagining uzatish funksiyasi;

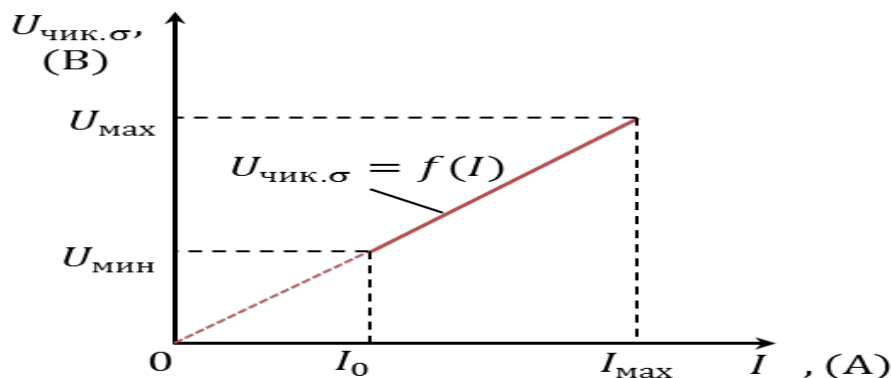
$K_{I_1 F_\sigma} = w_1 - \dot{i}$ elektr tarmoqlar toklar va magnit o'zakda hosil bo'lgan MYuK orasidagi zanjirlararo bog'liqlik koeffisienti, w_1 – fazalar soni;

$I_1, I_2, I_3 - \dot{i}$ uch fazali elektr tarmoq faza toklari, (A).

Xususiy xolda $U_{chik.\sigma 1}, U_{chik.\sigma 2}, U_{chik.\sigma 2}$ chiqish kuchlanishlari tashkil etuvchilarini miqdorlari mos holda I_1, I_2, I_3 elektr tarmoq toklariga bog‘liq bo‘ladi:

$$i(2)$$

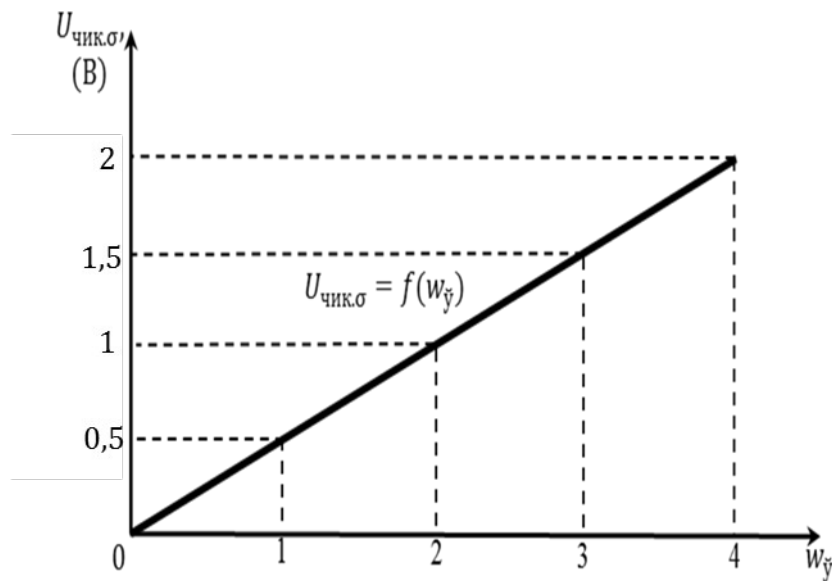
1 va 2- formulalar asosida elektr tarmoq toki va o‘zgartirgichning chiqish kuchlanishi tashkil etuvchisi orasidagi bog‘liqlik statik tavsifi 1–rasmda keltirilgan.



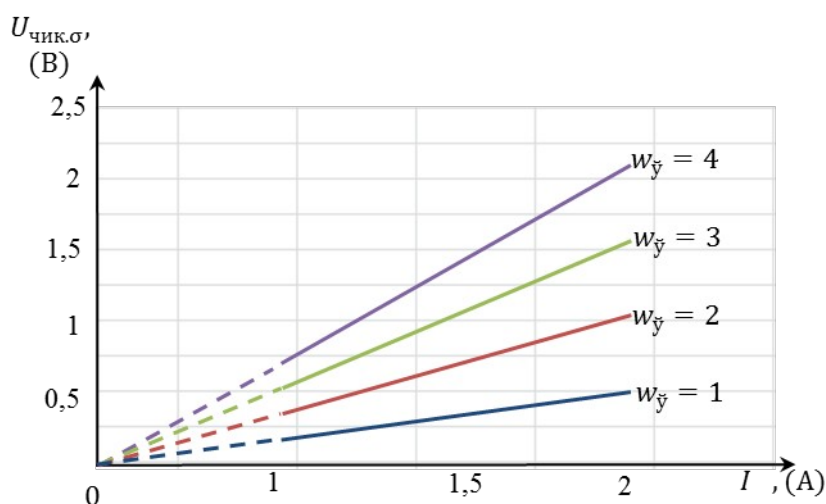
1–rasm. Elektr tarmoq va o‘zgartirgich chiqish kuchlanishi tashkil etuvchisi orasidagi bog‘liqlikning statik tavsifi.

bu yerda $U_{chik.\sigma}$ – tok o‘zgartirgichining modeli asosida olingan chiqish kuchlanishi tashkil etuvchisining o‘zgarish tavsifi.

Uch fazali toklarini sezish chulg‘ami o‘ramlar sonining har xil qiymatida chiqishdagi kuchlanishning o‘zgarishi 2–rasmda ko‘rsatilgan.



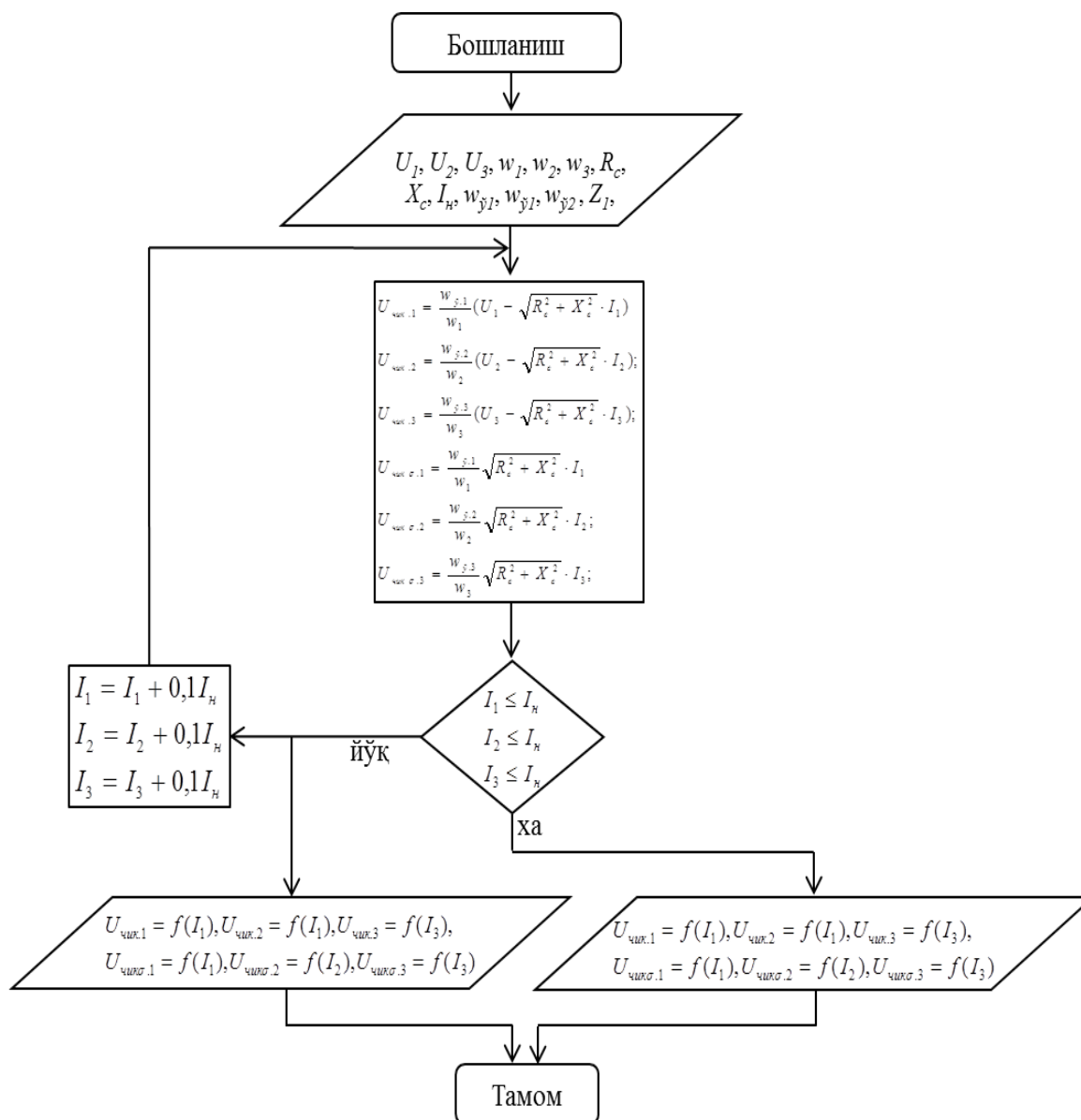
2–rasm. Birlamchi tok o‘zgartirgichi o‘lchov chulg‘ami o‘ramlar sonining 1 dan 4 gacha qiymatlarida chiqish kuchlanishining o‘zgarishlari.



3–rasm. O‘zgartirgichning o‘lchov chulg‘ami o‘ramlar soni 1 dan 4 gacha qiymatlarida chiqish kuchlanishining birlamchi toklarga bog‘liqlik tavsiflari.

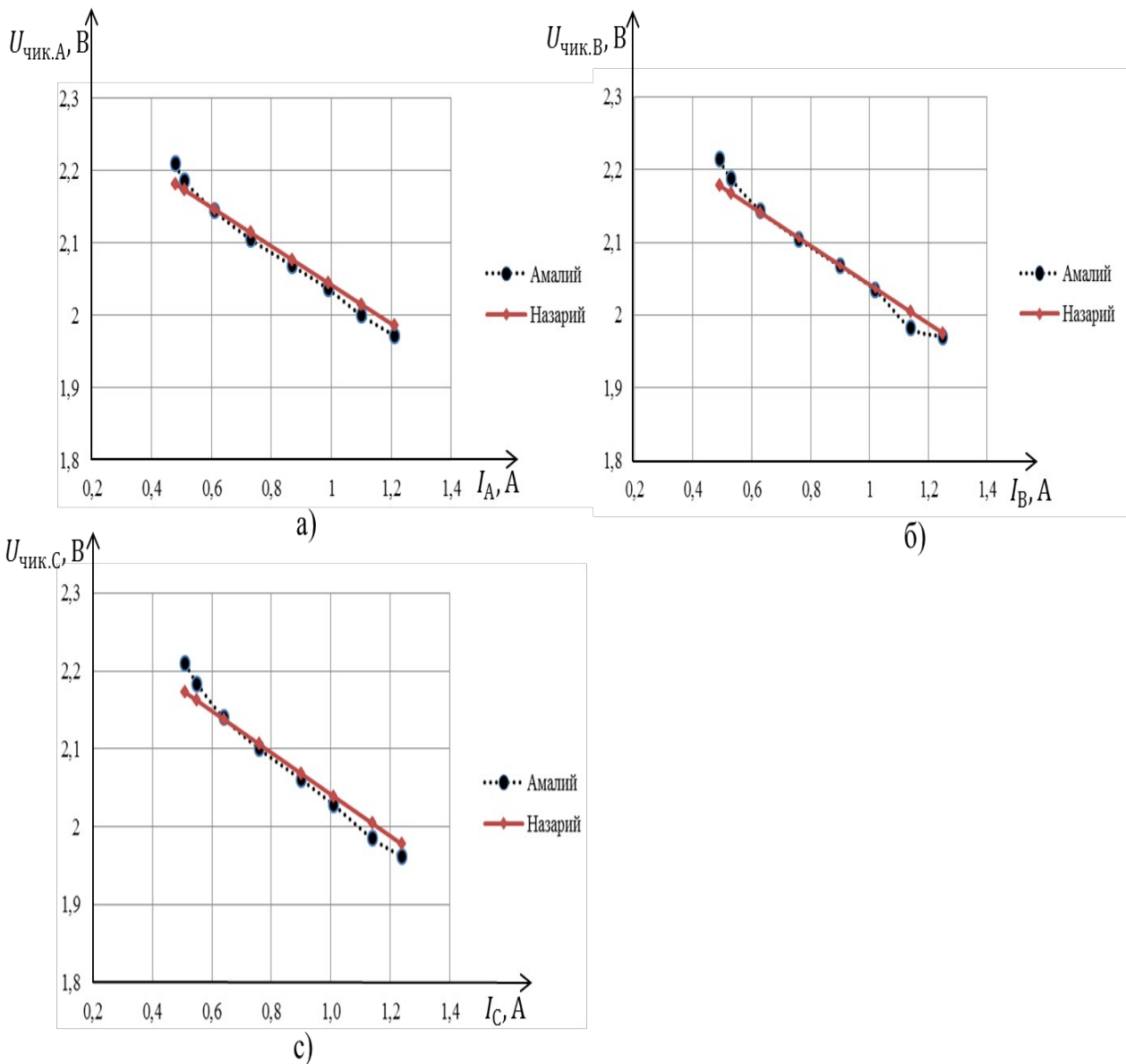
1, 2 va 3– rasmlarda keltirilgan statik tavsiflar asosida toklarni ikkilamchi kuchlanishga o‘zgartirgichning metrologik ko‘rsatkichlari: chiqish tavsifining chiziqiligi, o‘zgartirishning aniqligi, o‘zgartirgich elementining sezgirligi kabi ko‘rsatkichlari tadqiq etiladi.

Elektr tarmoqning quvvat balansini nazorati va boshqaruvi uchun uch fazali tok o‘zgartirgichini statik tavsiflarini tadqiqot algoritmi ishlab chiqildi.



4 – rasm. Uch fazali tok o‘zgartirgichining statik tavsiflarini tadqiqot algoritmi.

Statik tavsiflarni tadqiqot algoritmi asosida uch fazali uch sezish elementli o‘zgartirgichning statik tavsiflari tadqiqi uchun bulutli hisoblash texnologiyasiningda yaratilgan model asosida olinadi



5- rasm. Uch fazali tok o'zgartirgichi ikkilamchi chiqish kuchlanishlarini U_{chiq} amaliy o'lchangan va nazariy hisoblangan qiymatlarini tokga bog'liqligining statik tavsiflari: a – A faza, b – V faza va s – S faza toklariga mos statik tavsiflar.

Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarining monitoringi va nazorat qilish uchun uch fazali stator toklari o'zgarkichining tadqiqotida dinamik tavsiflarining o'zni muhim bo'lib, stator toklarining qiymatlari, o'lchov elementlari parametrlari, tashqi ta'sirlar, elektr tarmoq parametrlari va boshqa ta'sirlarga kuchlanish ko'rinishidagi chiqish signallarining vaqt bo'yicha o'zgarishi va bog'liqliklarini aks ettiradi [4-8].

O'zgartirgichning dinamik tavsiflari graf modeli asosida shakllantirilgan analitik ifodalar, o'zgartirgichning dinamik holatlarida ishlash tavsiflari, fizik – texnik effektlari, shuningdek elektr tarmoqning ish holatlarini hisobga olgan holda nazariy tadqiqotlar olib borish imkonini berdi.

Tok o'zgartirgichning dinamik holati chiqish signalini kirish kattalik va parametrlar bilan bog'laydigan o'zgartirgichning tuzilish sxemasi, o'zgartirish bo'lagining ko'ndalang, bo'ylama va vertikal taqsimlangan parametrlarining

xususiyatlari asosida aniqlangan. Uch fazali toklarining kattaliklari va parametrlari o'zgartirgichning ish holatlarida kirish kattaliklari qiymat va burchak bo'yicha nomutonosib va nochiziqli o'zgarish xususiyatlariga ega bo'lganligi sababli dinamik tavsiflarni o'zgartirishi mumkin [9-10].

Uch fazali tarmoqlardan i_1, i_2, i_3 birlamchi toklar o'tishi natijasida hosil bo'lgan magnit oqimlar ta'sirida tok o'zgartirgichi o'lchov chulg'amlari chiqishlarida $u_{chik.1}(t), u_{chik.2}(t), u_{chik.3}(t)$ kuchlanishlar olinadi. Tok o'zgartirgichi chiqishidagi kuchlanishlar o'lchov chulg'amlarini stator pazida joylashishi, o'ramlar soni va parametrlariga bog'liq holda chiqish kuchlanishlari quyidagicha:

$$u_{chik.1}(t) = -R_{j.1} \cdot i_{chik.1}(t) - L_{j.1} \frac{di_{chik.1}(t)}{dt} + w_5 \frac{d\Phi_2(t)}{dt} + w_6 \frac{d\Phi_3(t)}{dt};$$

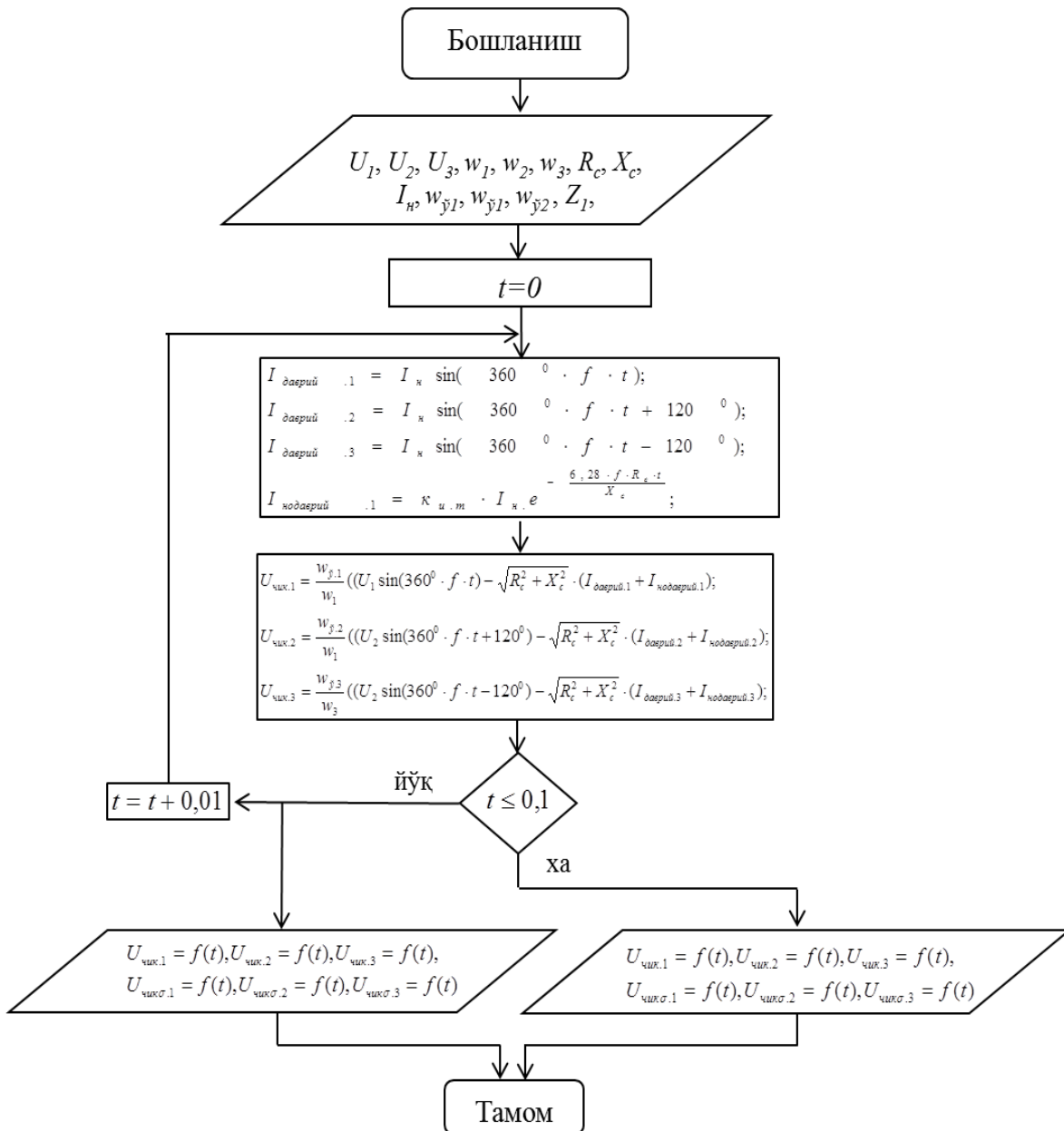
$$u_{chik.2}(t) = -R_{j.2} \cdot i_{chik.2}(t) - L_{j.2} \frac{di_{chik.2}(t)}{dt} + w_4 \frac{d\Phi_1(t)}{dt} + w_6 \frac{d\Phi_3(t)}{dt};$$

$$u_{chik.3}(t) = -R_{j.3} \cdot i_{chik.3}(t) - L_{j.3} \frac{di_{chik.3}(t)}{dt} + w_4 \frac{d\Phi_1(t)}{dt} + w_5 \frac{d\Phi_2(t)}{dt};$$

bu yerda $R_{o'.1}, R_{o'.2}, R_{o'.3}, L_{o'.1}, L_{o'.2}, L_{o'.3}$

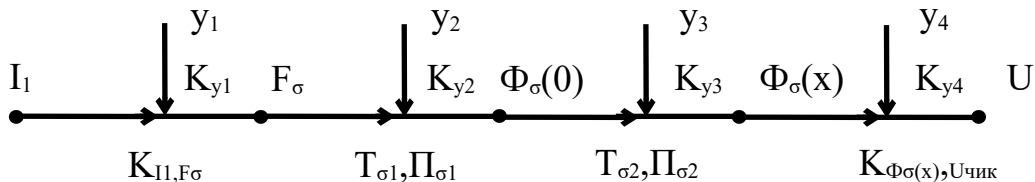
– mos ravishda uch fazali tok o'zgartirgichining aktiv qarshiliklari va induktivliklari, $w_{o'.4}, w_{o'.5}, w_6$ – o'lchov elementlarining o'ramlar soni; $i_{chik.1}(t), i_{chik.2}(t), i_{chik.3}(t)$ – o'lchov chulg'ami toklari.

Tok o'zgartirgichini dinamik tavsiflarini tahlil etishda tadqiqot algoritmi ishlab chiqildi.



6 – rasm. Uch fazali tok o‘zgartirgichini dinamik tavsiflarining tadqiqot algoritmi.

Tokni kuchlanishlarga o‘zgartirgichni xatoliklarini o‘rganib chiqish uchun 7-rasmda tasvirlangan o‘zgartirgichning bitta faza toki uchun xatoliklari umumlashtirilgan graf modelidan foydalanamiz.



7-rasm. Tokni kuchlanishga o‘zgartirgichni umumlashtirilgan graf modeli

Tok o‘zgartirgichining kirish kattaligi I_1 , F_σ grafda berilgan bo‘lib, unda I_1 (I_A) faza toki F_σ magnet yurituvchi kuchga o‘zgartiriladi, bu $K_{И1, G_\sigma}$ zanjirlararo aloqa koeffitsienti orqali aks etadi. $F_\sigma, F(0)$ zanjirida G'_σ magnet yurituvchi kuch $F_\sigma(0)$

magnit oqimiga o'zgartiriladi, uning $T_{\sigma l}$, $P_{\sigma l}$ sxematik funksiyasi zanjirning tuzilmasini aks ettiradi.

Magnit zanjirida $F_{\sigma}(0)$ magnit oqimi umumiy holda x koordinata bo'ylab, stator magnit zanjiri bo'ylab $x=0$ dan x gacha tarqaladi va $F_{\sigma}(x)$ qiymatga ega bo'ladi. $F_{\sigma}(x), U_{chik.\sigma}$ zanjirda $F_{\sigma}(x)$ oqimni $U_{chik.\sigma}$ kuchlanishga o'zgartirish bo'lib o'tadi, bu $K_{F_{\sigma}(x), U_{chik}}$ zanjirlararo aloqa koeffisienti orqali aks etadi.

Axborot beruvchi graf modelga o'zgartirishlarning har xil ekanligini hisobga oluvchi y_1, y_2, y_3, y_4 ta'sir etuvchi mustaqil o'zgaruvchilar kiritilgan. $I_l - F_{\sigma}; F_{\sigma} - F_{\sigma}(0); F_{\sigma}(0) - F_{\sigma}(x); F_{\sigma}(x) - U_{chik.\sigma}; y_1, y_2, y_3, y_4$ ta'sir etuvchi mustaqil o'zgaruvchilarning mos o'zgartirish zanjirlari bilan bog'liqligi $K_{y1}, K_{y2}, K_{y3}, K_{y4}$ koeffisientlar orqali aks ettiriladi.

Tok o'zgartirgichining xatoliklarini o'rganish uchun 7-rasmda keltirilgan axborot grafli modeli bilan bir qatorda o'lchov qurilmalari axborot nazariyasi qoidalaridan foydalanish juda samarali bo'ladi.

O'lchov qurilmalari axborot nazariyasiga muvofiq o'zgartirgichning xatoligi ilmiy jihatdan Δ_E entropiyali xatolik qiymati bilan aniqlanadi, K_E entropiya koeffisientlari esa alohida elementlar xatoliklar ehtimolliklarining zichligi, taqsimoti, qonuni turiga bog'liq bo'ldi.

Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarining monitoringi va nazorat qilish uchun o'zgartirgichning o'rtacha kvadratik xatoligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}$$

bu yerda $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ - alohida elementlarning o'rtacha kvadratik xatoliklari.

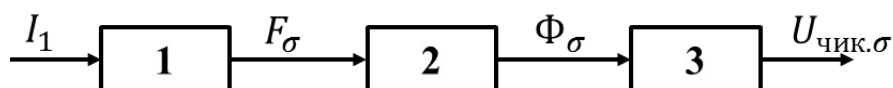
Keltirilgan K_E va σ_{Σ} xatoliklarning qiymatlari ma'lum bo'lganida Δ_E entropiyali xatolik qiymati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\Delta_E = K_E \cdot \sigma_{\Sigma}$$

Tok o'zgartirgichining graf modeliga ko'ra yig'indi xatolikning tashkil etuvchilari $I_l - F_{\sigma}; F_{\sigma} - F_{\sigma}(0); F_{\sigma}(0) - F_{\sigma}(x); F_{\sigma}(x) - U_{chik.\sigma}$ zanjirlardagi xatoliklar hisoblanadi.

Tokni kuchlanishga o'zgartirgichining kirish zanjiridagi xatoliklar - harorat, namlik, tashqi magnit maydonlar va boshqalar ta'sirida I_l tok, ω_l burchak chastotaning o'zgarishlari, $K_{II, F_{\mu}}$ aloqa koeffisientining o'zgarishlari, shuningdek elektr va magnit o'tkazgichlari materiallarining fizik xossalarini o'zgarishi hisoblanadi.

Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarining monitoringi va nazorat qilish uchun uch fazali tok o'zgartirgichining funksional sxemasi ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:



8-rasm. Asinxron motor reaktiv quvvatini nazorat va boshqaruv tizimi o'zgartirgichining funksional sxemasi

1-qismda I_l stator chulg'ami tokini F_{σ} magnit yurituvchi kuchga o'zgartiriladi, 2-qismda F_{σ} magnit yurituvchi kuch stator magnit zanjirida F_{σ} magnit oqimini paydo qiladi, 3-qismda o'lchash chulg'ami chiqishida U_{chik} kuchlanish hosil bo'ladi.

Tok o'zgartirgichining umumiy xatoligini baholash uchun keltirilgan qismlarda paydo bo'ladigan xatoliklarni alohida – alohida ko'rib chiqamiz.

1. $I_l - F_\sigma$ o'zgartirish zanjiri xatoligini, ya'ni $\sigma_1=0,1$ ($\pm 0,1\%$ – birlamchi nominal qiymatdan) – chegaraviy miqdori;

2. $F_\sigma - F_\sigma$ uchun $\sigma_2=0,1$;

3. $F_\sigma - U_{chik}$ uchun $\sigma_3=0,1$ bo'lgan past miqdorlari asosida aniqlanadi:

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2} = \sqrt{0,1^2 + 0,1^2 + 0,1^2} = 0,173$$

Xatoliklarning barcha tashkil etuvchilarini additiv va multiplikativ xatoliklarga bo'lamiz va ularning paydo bo'lish ehtimolligining taqsimot qonuniga muvofiq ularning o'rtacha kvadratik og'ishi topiladi.

Tok o'zgartirgichi uchun Δ_{TO} entropiyali xatolik quyidagiga teng bo'ladi:

$\Delta_{T\check{y}} = K_E \cdot \sigma_\Sigma = 2,07 \cdot 0,173 = 0,36$ bu yerda $K_E=2,07$ – o'zgartirgich elementining entropiyali koeffitsienti; σ_Σ – elementning yig'indi o'rtacha kvadratik xatoligi.

Keltirilgan hisoblar va tadqiqotlarga ko'ra Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarining monitoringi va nazorat qilish uchun uch fazali tok o'zgartirgichining entropiya xatoligi $\Delta_{TO}=0,36$ ya'ni $\pm 0,36\%$ ga teng bo'lib, o'zgartirgich aniqligini me'yorlangan qiymati standartda ko'rsatilgan sonlardan tanlanishi mumkin. Tadqiq qilingan uch fazali tok o'zgartirgichi uchun me'yorlangan aniqlik sinfi 0,5 ya'ni $\pm 0,5\%$ ni tashkil etadi.

Uch fazali tok o'zgartirgichlarining parametrik va o'zgaruvchi ishonchlilik ko'rsatkichlari o'zgartirgichning doimiy ish holatida bo'lish ehtimolidan $R_{par}(t) = 0,99$ va $R_{ozg}(t) = 0,99$ ga teng qilib olingan bo'lib, o'zgartirgichning ishdan chiqishligiga bog'liq ko'rsatkichlarning ehtimolligini o'zgarish qonuni vaqtga bog'liq bo'lmaydi va bunda tok o'zgartirgichi qismlarining ishonchligini bir xilligi ta'minlanadi.

Uch fazali tok o'zgartirgichining faza toklarda kuchlanishlar ko'rinishidagi ikkilamchi chiqish kattaliklarga o'zgartirish xatoliklarini o'zgartirgichning ish holatida o'rnatilgan me'yoriy qiymatlaridan oshmaslik ehtimoli o'zgartirgich va uning tarkibiy qismlarini metrologik ishonchliligini xarakterlaydi [11-12].

Elektr tarmoq faza toklarini ikkilamchi kuchlanish ko'rinishidagi kattalikga o'zgartirish tok o'zgartirgichining ishlash prinsipi tahliliga ko'ra o'rganilayotgan o'zgartirgichning tarkibiy qismlari ishonchliligini aniqlovchi va tashkil etuvchilarini holatlari jadval ko'rinishida ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan qiymatlardan shunday xulosaga kelamizki, tok o'zgartirgichining o'lchov chulg'aming ishonchli ish holati o'zgartirgichning ishonchli ish holatini aniqlovchi asosiy ko'rsatkichlaridan hisoblanadi.

1-jadval

Tok o'zgartirgichi bo'laklarining ish holati ehtimolligi

№	Ishchi holati ehtimolligi
1	$P_1 P_2 P_3 = 0,970299$
2	$P_1 P_2 (1 - P_3) = 0,009801$
3	$P_1 P_3 (1 - P_2) = 0,009801$
4	$P_2 P_3 (1 - P_1) = 0,009801$

5	$P_1(1-P_2)(1-P_3) = 0,000099$
6	$P_2(1-P_1)(1-P_3) = 0,000099$
7	$P_3(1-P_1)(1-P_2) = 0,000099$

Tok o'zgartirgichining ish holatini umumiy ishonchlilik ko'rsatkichini 1-jadvalda keltirilgan tok o'zgartirgichi bo'laklarini ish holatidagi ishonchliligidan foydalanib hisoblaymiz:

$$R_{um.} = P_1P_2P_3 + P_1P_2(1-P_3) + P_1P_3(1-P_2) + P_2P_3(1-P_1) + P_1(1-P_2)(1-P_3) + P_2(1-P_1)(1-P_3) + P_3(1-P_1)(1-P_2) = 0,95.$$

Yuqorida hisoblangan ishonchlilik ko'rsatkichidan xulosa qilsak, elektr tarmoq toklarini ikkilamchi kuchlanishlarga o'zgartirgichining ish holatini umumiy ehtimolligi $R_{um.} = 0,95$ ga tengligini ko'ramiz.

Xulosa

1. Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarining monitoringi va nazorat qilish uchun uch fazali tok o'zgartirgichining tavsiflarini tadqiq etishning graf modeli va bu model asosida analitik ifodasi ishlab chiqildi, o'lchov chulg'amlarini kombinasion joylashtirilganligi bilan chiqishdagi kuchlanishni nazorat va boshqaruv tizimi uchun me'yoriy kattalikda bo'lishligi ta'minlandi.

2. Dinamik tavsiflar tok o'zgartirgichining magnit tuzilmasidagi oqimlarning o'zgarishi asosida belgilanib, birlamchi tok yuklamaga berilgan muddatdan to ikkilamchi kuchlanish o'zining turg'un holatiga 0,045–0,055 sek. vaqt oralig'ida erishdi, ushbu miqdor ruhsat etilgan 0,2 sek. qiymatdan kichik ekanligi va o'zgartirgich yuqori tezlikga egaligi asoslandi.

3. Uch fazali tok o'zgartirgichining xatoliklarini topish uchun graf modeli qurildi, entropiya xatolik koeffitsienti $K_e = 2.07$ ta tengligidan umumiy xatoligi $\Delta = 0,36$ ya'ni $\pm 0,36$ % ekanligi va tok o'zgartirgichini me'yoriy aniqlik sinfi 0,5 dan kichikligi aniqlandi.

4. Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarining monitoringi va nazorat qilish uchun uch fazali tok o'zgartirgichining ish holatini umumiy ehtimolligi $R = 0,95$ ga tengligi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. *Mirzaev N. N.* Intellectual measurement of electrical energy consumption - monitoring device and software. Scopus conference: Rudenko International Conference "Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems" (RSES 2023) E3S Web of Conferences. Volume 461, 2023, 01083. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346101083>

2. *Mirzaev N. N.* Study on computerized measurement-control system for determining the condition of electrical network insulation and permitted connections for electrical energy consumption. Scopus conference: 4th International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering (ICECAE 2023) E3S Web of Conferences. Volume 434, 2023, 01021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343401021>

3. Mirzoyev N.N. Information software and devices for energy efficiency management and control, *Chemical Technology, Control and Management*, 68-75 (2021)
4. Mirzoyev N.N. Analogical Model Development Methodology For Mathematical Modeling Of Energy Efficiency Control System, *The American Journal of Engineering and Technology* , 55-61 (2020)
5. Mirzoyev N.N. Intelligence devices for monitoring and control of energy efficiency of enterprises, *Chemical Technology. Control and Management*, 172-181 (2020)
6. Mirzoyev N.N., Sayfiyev O.H., Temirov T.O. Investigation of unauthorized connection to electrical networks, failure to detect their phase interruptions and short circuits to ground, *ResearchJet Journal of Analysis and Inventions* **3** (10), 130-143 (2022)
7. Mirzoyev N.N., Sobirov S. Study of violations of quality indicators of electricity supply network, *Central Asian Journal of Education and Innovation*, 83-86 (2023)
8. Mirzoyev N.N., Sobirov O. Sh. Computerized measurement control system of unauthorized connection to electrical networks and isolation control detection, *Science and Education*, 488-502 (2023)
- 9.I.X. Siddikov, N.N. Mirzoyev, M.A. Anarboev. Elektr energiyasini tejash va samaradorligini oshirish uchun gibrid quyosh elektr stansiyasini loyihalash uslubiyoti. “Raqamli energetika tizimini yaratishning istiqbollari, muqobil energiya olishning muammolari va yechimlari-2023” xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasining ilmiy maqola va tezislari to‘plami. Jizzax, 2023 yil 19-20 may, 175-181bet
- 10.M.Q. Xoliqberdiyev, N.N. Mirzoyev. Shamol elektr stansiyasi va quyosh elektr stansiyasi asosida gibrid elektr ta’minoti tizimini loyihalash. *Pedagogs jurnali* 10 (1), 2022/6/11, 100-108 bet
- 11.I.X. Siddiqov M.Q. Xoliqberdiyev, N.N. Mirzoyev. WE3000 markali shamol elektr stansiyasining elektr energiyasining sifat ko‘rsatkichlarining tahlili. *PEDAGOGS jurnali* 10 (1), 2022/6/11, 93-99 bet
- 12.I.X. Siddikov, N.N. Mirzoyev, M.A. Anarboev, S.I. Davrboeva. Izolyatsiya holatini monitoring qilish va elektr tarmoqlariga ruxsatsiz ulanishlarni aniqlash uchun kompyuterlashgan axborot o‘lchov tizimining istiqbollari, “Raqamli energetika tizimini yaratishning istiqbollari, muqobil energiya olishning muammolari va yechimlari-2023” xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasining ilmiy maqola va tezislari to‘plami. Jizzax, 2023 yil 19-20 may, 252-257bet.