

DIAPAZONI ROSTLANADIGAN FERROMAGNIT TOK
O'ZGARTIRGICHLARINING XATOLIKLARINI ANIQLASH

TDTU OF PhD. **Shoyimov Yo'ichi Yusupovich**

shoimov@yahoo.com

TDTU OF ass. **Jalolov Ibrohimxon Saydijamol o'g'li**

ibiroximjalolov@gmail.com

TDTU OF ass. **Abdullaev Jamoldin Nurilla o'g'li**

jamolabdullayevn@gmail.com

TDTU OF talabasi **Xamrayev Salimjon G'ofur o'g'li**

ANNOTATSIYA

Diapazoni rostlanadigan ferromagnit tok o'zgartirgichlarining ishonchliligini oshirish

Sinov muddati mobaynida ishdan chiqqan FMTO' yangisi bilan almashtirilmadi. Umumiy sinov muddati $T_0=200 \cdot 10^3$ soat Ushbu muddat mobaynida chulg'amlar izolyasiyasi, ularning kirish va chiqish qismalarining ishdan chiqishi hamda FMTO' lar ishchi holatining o'zgarishining ishdan chiqish intensivligini, yuqori chegarasi, 90 % li resursning ikki tomonlama ishonchlilik chegaraviy qiymatlari topish va hisoblash. O'lchanayotgan tok qiymatini tasodifiy o'zgarishiga olib keluvchi xatolik manbai, ya'ni energetik tizimda yuz beradigan o'tkinchi jarayonlar va qisqa tutashuvlar oqibatida undagi elektromagnit qurilma(generatorlar, kuch transformatorlari va boshqalar magnit materiallari magnitlanish xarakteristikasining to'yinish qismiga o'tishi natijasida o'lchanayotgan tok tarkibida yuqori garmonikalar paydo bo'lishini o'rganish

Kalit so'zlar: Ferro magnetli tok o'tkazgichlar, Ekspontensial taqsimlanish qonuniyatida, quyi va yuqori ishonchlilik chegaralarining qiymatlari, ishdan chiqmasdan ishlash ehtimoli.

Повышение надежности ферромагнитных преобразователей тока с регулируемой дальностью действия

Fmto, вышедший из строя в течение испытательного срока, не был заменен новым. Общий испытательный срок $T_0=200 \cdot 10^3$ часа в течение этого периода найти и рассчитать интенсивность отказов изоляции обмоток, отказов их входных и выходных частей, а также изменения рабочего состояния FMTO, верхнего предела, предельных значений двусторонней надежности ресурса 90%. Исследование возникновения высших гармоник в составе измеряемого

тока в результате перехода магнитных материалов измеряемого тока на насыщающую часть намагничивающей характеристики источника ошибки, приводящей к случайному изменению величины измеряемого тока, т. е. электромагнитного устройства в нем вследствие переходных процессов и коротких замыканий, происходящих в энергосистеме(генераторы, силовые трансформаторы и др.)

Ключевые слова: Ферромагнитные проводники тока, Показательный закон распределения, значения нижнего и верхнего пределов надежности, вероятность безотказной работы.

Increasing the reliability of ferromagnetic current transducers, the range of which is adjusted

During the trial period, the defunct FMTO was not replaced by a new one. Total trial period $T_0=200 \cdot 10^3$ s during this period, the isolation of the lungs, the failure of their input and output parts, and the FMTOs find and calculate the failure intensity, upper limit, double reliability marginal values of the 90% resource of the working state change. A source of error that leads to a random change in the measured current value, that is, the study of the appearance of high harmonics in the measured current as a result of transient processes occurring in the energy system and short circuits as a result of the transition of magnetic materials(generators, power transformers, etc.) to the saturation part of the magnetization characteristic

Key words: Ferromagnetic current conductors, Exponential distribution law, values of lower and upper reliability limits, probability of operation without failure.

Ma'lumki o'lchash xatoligi O'O' larining, shu jumladan FMTO' larining eng muhim xarakteristikalaridan biri hisoblanadi. Chunki, bu xarakteristikaga qarab FMTO' rusumi va konstruksiyasi tanlanadi.

Transformator va galvanomagnit FTE lariga asoslangan FMTO' lari xatolik manbalarining o'quv va ilmiy adabiyotlarda berilgan ma'lumotlar asosida tuzilgan, unga ko'ra FMTO' xatoligining uslubiy, texnologik va ekspluatatsion manbalari uning asosiy xatolik manbalariga, uning ichki, tashqi va rejim manbalari esa qo'shimcha xatolik manbalariga mansubdir [58, 43-46 b.; 55-59; 87, 34-36 b.].

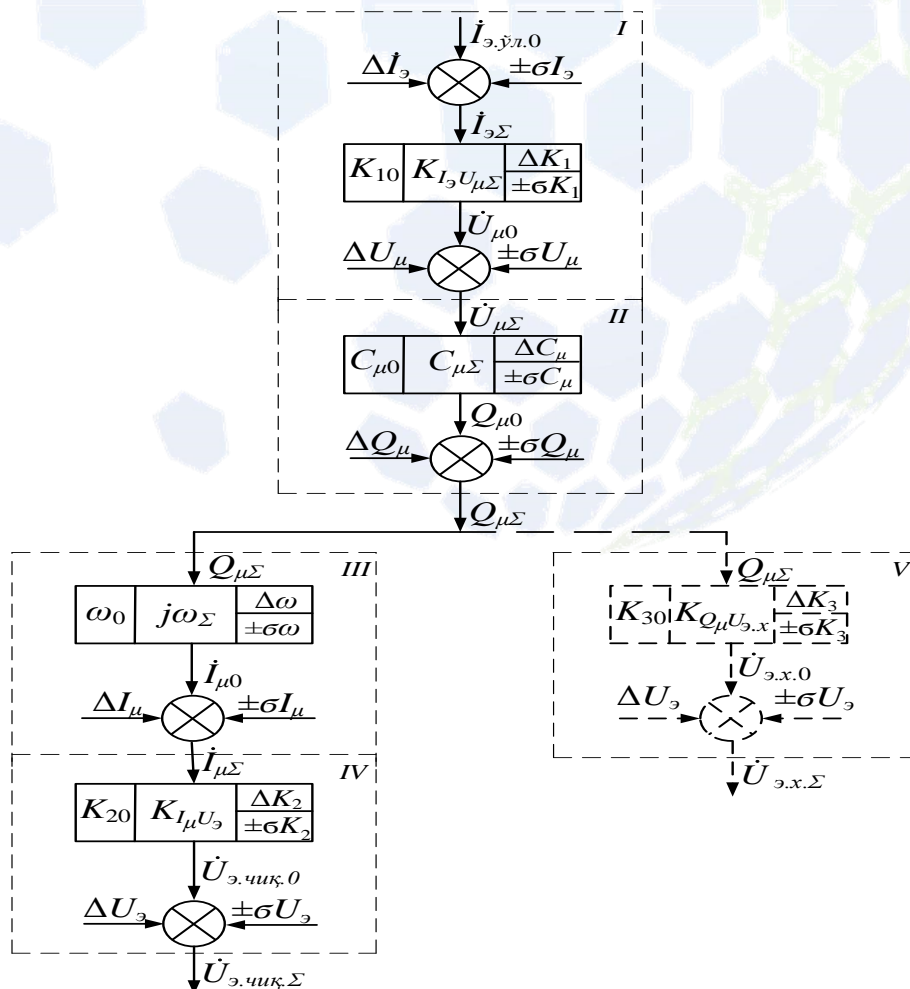
Ushbu xatolik manbalarini aniqlash, ularni sifat va son jihatdan baholashda biz ushbu maqola ishida turli fizik tabiatli zanjirlar energiya-axborot modellariga asoslangan parametrik struktura sxema(PSS)lar usulidan foydalanamiz [55]. PSS da xatolik tashkil etuvchilarini FMTO' da yuz beradigan elektromagnit jarayonlarning qaysi bosqichida va undagi qaysi FTE, parametr va kattaliklarga ta'sir etayotganligi

yaqqol ko‘rinib turishi xatolik tashkil etuvchilarini aniqlash va ularning son qiymatlarini baholashni ancha osonlashtiradi [56].

O‘O‘ lari xatoliklarini aniqlash va ularning son qiymatlarini baholash uchun ularning PSS ni tuzish ketma-ketligi ushbu usul muallifi prof. Zaripov M.F. va uning shogirdlari tomonidan chop etilgan ilmiy adabiyotlarda batafsil bayon etilgan [9;55;56;95].

Shuning uchun biz transformator va galvanomagnit FTE lariga asoslangan yangi FMTO‘ [90] ning barcha xatolik manbalarini inobatga olgan holda tuzilgan PSS ni keltirish bilan cheklanamiz (1- rasm). PSS dagi har bir FTE koefitsienti (masalan, K_1), parametr (masalan, C_μ) va kattalik (masalan, U_μ) indeksidagi “0” ularning ideal, ya’ni xatolik manbalarisiz qiymatlarini, ular oldidagi mos ravishda “ Δ ” va “ $\pm\sigma$ ” belgilar esa xatoliklarning mos ravishda sistematik va tasodifiy xatolik manbalari ta’sirida yuzaga kelgan qiymatlarini bildiradi [55].

Yangi FMTO‘ xatoligini baholash maqsadida avval uning PSS da keltirilgan har bir elementar zvenosi xatoligini aniqlaymiz (1- rasmda har bir elementar zveno uzoq chiziqli to‘g‘ri to‘rtburchak bilan ajratilgan va tegishli rim raqami bilan belgilangan).



1-rasm. Transformator va galvanomagnit FMTO‘ ning barcha xatolik manbalarini inobatga olgan holda tuzilgan parametrik struktura sxemasi

1. Amper-o‘ram zanjirlararo FTE, ya‘ni o‘lchanayotgan tok($I_{e.o'l.}$)ni uning shina atrofida hosil qilgan magnit kuchlanishi(U_{μ})ga o‘zgartiruvchi elementar zveno (bu zveno PSS da I rim raqami bilan belgilangan). Ushbu elementar zveno uchun quyidagi tenglamalarni yozamiz:

$$U_{\mu\Sigma} = U_{\mu 0} + \Delta U_{\mu} \pm \sigma U_{\mu}, \quad U_{\mu 0} = K_{I_e U_{\mu\Sigma}} I_{e.o'l.}, \quad (1.2)$$

$$K_{I_e U_{\mu\Sigma}} = K_{10} + \Delta K_1 \pm \sigma K_1, \quad I_{e\Sigma} = I_{e.o'l.0} + \Delta I_e \pm \sigma I_e. \quad (1.3) \quad (1.4)$$

(4.39), (4.40) va (4.41) navbati bilan (4.38) ga qo‘yib, hosil bo‘lgan ko‘phaddagi ikkinchi tartibli orttirmalarni ularning qiymatlari kichikligidan inobatga olmay, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$U_{\mu\Sigma} = K_{10} I_{e.o'l.0} + K_{10} \Delta I_e \pm K_{10} \sigma I_e + \Delta K_1 I_{e.o'l.0} \pm \sigma K_1 I_{e.o'l.0} + \Delta U_{\mu} \pm \sigma U_{\mu}. \quad (1.5)$$

Ushbu elementar zveno ideal, ya‘ni xatolik manbalarining ta‘siriziz, ishlagandagi statik xarakteristikasi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$U_{\mu 0} = K_{10} I_{e.o'l.0}. \quad (1.6)$$

Zvenoning absolyut xatoligi quyidagicha hisoblanadi [81, 57 b.]:

$$\gamma_{abs.} = U_{\mu\Sigma} - U_{\mu 0} = K_{10} \Delta I_e \pm K_{10} \sigma I_e + \Delta K_1 I_{e.o'l.0} \pm \sigma K_1 I_{e.o'l.0} + \Delta U_{\mu} \pm \sigma U_{\mu}. \quad (1.7)$$

Nisbiy xatolik esa quyidagicha topiladi [53, 35 b.]:

$$\begin{aligned} \gamma_{nis.} &= \frac{\gamma_{abs.}}{U_{\mu 0}} \cdot 100 \% = \left(\frac{\Delta I_e}{I_{e.o'l.0}} \pm \frac{\sigma I_e}{I_{e.o'l.0}} + \frac{\Delta K_1}{K_{10}} \pm \right. \\ &\quad \left. \pm \frac{\sigma K_1}{K_{10}} + \frac{\Delta U_{\mu}}{U_{\mu 0}} \pm \frac{\sigma U_{\mu}}{U_{\mu 0}} \right) \cdot 100 \% = \\ &= \gamma_{nis.}(\Delta I_e) \pm \gamma_{nis.}(\sigma I_e) + \gamma_{nis.}(\Delta K_1) \pm \\ &\quad \pm \gamma_{nis.}(\sigma K_1) + \gamma_{nis.}(\Delta U_{\mu}) \pm \gamma_{nis.}(\sigma U_{\mu}). \end{aligned} \quad (1.8)$$

PSS ning tegishli qismi va uning asosida hosil qilingan (4.45) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, ko‘rib chiqilayotgan elementar zvenoda o‘lchanayotgan tokdagi o‘zgarish (asosan tokning tarkibida yuqori garmonikalarning paydo bo‘lishi) hisobiga yuzaga keladigan xatolik ($\gamma_{nis.}(\Delta I_e), \pm \gamma_{nis.}(\sigma I_e)$), amper-o‘ram FTE koeffitsientining o‘zgarishi hisobiga yuzaga keladigan xatolik ($\gamma_{nis.}(\Delta K_1), \pm \gamma_{nis.}(\sigma K_1)$) va o‘lchanayotgan tok atrofida ushbu tok hosil qilgan

magnit kuchlanishiga tashqi magnit maydoni va ferromagnit massa ta'siri natijasida yuzaga keladigan xatolik ($\gamma_{nis.}(\Delta U_{\mu}), \pm \gamma_{nis.}(\sigma U_{\mu})$) manbalari kiradi [70213 b.].

Yuqorida qayd etib o'tilgan xatolik manbalarining tahlili shuni ko'rsatadiki, $\gamma_{nis.}(\Delta I_e) = 0$, chunki, o'lchanayotgan tok qiymatini o'zgartiruvchi va qonuniyati avvaldan ma'lum bo'lgan xatolik manbai yo'q. Ammo o'lchanayotgan tok qiymatini tasodifiy o'zgarishiga olib keluvchi xatolik manbai, ya'ni energetik tizimda yuz beradigan o'tkinchi jarayonlar va qisqa tutashuvlar oqibatida undagi elektromagnit qurilma(generatorlar, kuch transformatorlari va boshqa)lar magnit materiallari magnitlanish xarakteristikasining to'yinish qismiga o'tishi natijasida o'lchanayotgan tok tarkibida yuqori garmonikalar paydo bo'ladi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, aksariyat hollatlarda yuqori garmonik tashkil etuvchilardan faqat uchinchi garmonika sezilarli darajada tok qiymati va shaklini o'zgartiradi. Shuning uchun ham yuqori garmonikalarning paydo bo'lishi oqibatida yuzaga keladigan tasodifiy xatolik quyidagicha hisoblab topiladi [67, 134 b.]:

$$\gamma_{nis.}(\sigma I_e) = \frac{I_{e.o'l.m3}}{I_{e.o'l.m}} \cdot 100 \%, \quad (1.9)$$

bu yerda $I_{e.o'l.m}$, $I_{e.o'l.m3}$ – o'lchanayotgan tok birinchi va uchinchi garmonikalarining amplituda qiymatlari. Odatda, xatoliklarni hisoblash jarayonida o'lchanayotgan tok shakli sinusoidal, deb qabul qilinadi [40]. Shuning uchun, ko'pincha, $\gamma_{nis.}(\sigma I_e) = 0$, deb qabul qilinadi.

Amper-o'ram FTE koeffitsienti o'lchanayotgan tok o'tayotgan shina (chulg'am) o'ramlarining soniga teng, ya'ni $K_{I_e U_{\mu}} = w_{o'l}$. bo'lib, ko'pincha u (shina ko'rinishida yasalganda) $w_{o'l} = 1$ bo'ladi. Shuning uchun ham $\gamma_{nis.}(\Delta K_1) = 0$ va $\gamma_{nis.}(\sigma K_1) = 0$ bo'ladi.

Aksariyat ko'pchilik hollarda $\gamma_{nis.}(\Delta U_{\mu}) \neq 0$ va $\gamma_{nis.}(\sigma U_{\mu}) \neq 0$ bo'ladi, chunki, FMTO' ko'pincha tashqi magnit maydoni (asosan, yondosh shinalardagi toklarning magnit maydonlari) va FMTO' o'rnatilgan joy yaqinidagi ferromagnit massalar ta'sirida bo'ladi [70, 145-147 b.]. Tashqi magnit maydonining ta'siri oqibatida paydo bo'ladigan xatolikni FMTO' PSS dagi keyingi elementar zveno xatolik manbalarini aniqlashda inobatga olish maqsadga muvofiq bo'ladi.

FMTO' o'rnatilgan joy yaqinidagi ferromagnit massaning FMTO' ish faoliyatiga salbiy ta'siri oqibatida yuzaga keladigan xatolik muntazam xatolik hisoblanadi, chunki, ferromagnit massaning joylashishi o'rni, uning FMTO' dan uzoqligi va elektromagnit xossalarni aniqlash imkoniyati doim mavjud bo'ladi. Tashqi ferromagnit massaning ta'siri hisobidan yuzaga keladigan xatolik quyidagi formula yordamida hisoblanadi [70, 212 b.]:

$$\gamma_{nis.(f.m.)}(\Delta U_{\mu}) = \frac{\delta_{ish}}{2C_{\mu}} \cdot C_{\mu s}, \quad (1.10)$$

bu yerda C_{μ} – ishchi magnit oqimi yo‘lidagi magnit sig‘imi, $[H]$; $C_{\mu s}$ – FMTO‘ va tashqi ferromagnit massa orasidagi havo oralig‘i magnit sig‘imining pogon qiymati, $[H/m]$; δ_{ish} ishchi havo oralig‘i, $[m]$. O‘tkazilgan tadqiqotlar tortish elektr ta‘minoti tizimlarida, xususan, tortuvchi nimstansiyada o‘rnatilgan yangi FMTO‘ uchun $\gamma_{nis.f.m.}(\Delta U_{\mu}) < 0,02 \%$ ekanligini ko‘rsatdi.

2. Magnit zanjirining ichki FTE - magnit sig‘imi parametri, ya‘ni magnit kuchlanishi (U_{μ})ni magnit oqimi (Q_{μ})ga o‘zgartiruvchi elementar zveno. Ushbu elementar zveno uchun ham yuqorida tahlil qilingan elementar zveno uchun yozilgan tenglamalarga o‘xshash tenglamalarni yozib, kerakli almashtirishlarda keyin nisbiy xatolikning quyidagi tenglamasini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} \gamma_{nis.} &= \frac{\gamma_{abs.}}{Q_{\mu 0}} \cdot 100 \% = \left(\frac{\Delta C_{\mu}}{C_{\mu 0}} \pm \frac{\sigma C_{\mu}}{C_{\mu 0}} + \frac{\Delta Q_{\mu}}{Q_{\mu 0}} \pm \frac{\sigma Q_{\mu}}{Q_{\mu 0}} \right) \cdot 100 \% = \\ &= \gamma_{nis.}(\Delta C_{\mu}) \pm \gamma_{nis.}(\sigma C_{\mu}) + \gamma_{nis.}(\Delta Q_{\mu}) \pm \gamma_{nis.}(\sigma Q_{\mu}), \quad (2.1) \end{aligned}$$

bu yerda $C_{\mu} = \frac{C_{\mu \delta}}{1 + C_{\mu \delta} W_{\mu p}}$ – FMTO‘ magnit zanjirining magnit sig‘imi (klassik analogiya bo‘yicha magnit o‘tkazuvchanligi), $[H]$; $C_{\mu \delta}$ – KO‘PO‘ ishchi havo oralig‘ining magnit sig‘imi, $[H]$; $W_{\mu p}$ – KO‘PO‘ magnit qattiqligi (klassik analogiya bo‘yicha magnit qarshiligi), $[1/H]$.

(2.2) tenglama o‘ng tomonidagi birinchi ikkita had FMTO‘ magnit zanjiri magnit sig‘imining atrof-muhit harorati o‘zgarishi natijasida yuzaga keladigan orttirmasi hisobidan paydo bo‘ladigan xatolik manbaini bildiradi. Bunda $C_{\mu \delta}$ va $W_{\mu p}$ larning harorat ta‘sirida o‘zgarishi quyidagi formulalar orqali aniqlanadi [53, 78-79 b.]:

$$C_{\mu \delta} = C_{\mu \delta 0}(1 + \alpha_l \Delta \theta), \quad (2.4) \quad W_{\mu p} = W_{\mu p 0} \frac{(1 + \alpha_{\mu} \Delta \theta)}{(1 + \alpha_l \Delta \theta)}, \quad (2.5)$$

bu yerda α_{μ} , $[K^{-1}]$ va α_l , $[K^{-1}]$ – mos ravishda KO‘PO‘ materialining magnit qattiqligi va kengayishi bo‘yicha harorat koeffitsientlari; $\Delta \theta$, $[K]$ – atrof-muhitning joriy va normal haroratlari farqi.

FMTO‘ magnit zanjiridagi KO‘PO‘ geometrik o‘lchamlarining harorat o‘zgarishi natijasida yuzaga keladigan orttirmalari juda kichikligi tufayli ularni hisobga olmasa ham bo‘ladi. Qaralayotgan elementar zvenodagi magnit sig‘imining atrof-muhit harorati o‘zgarishi oqibatida paydo bo‘ladigan orttirmasi xatolikning tasodifiy tashkil etuvchisiga taalluqli bo‘lib, u quyidagicha aniqlanadi [53, 78-79 b.]:

$$\gamma_{abs.\Delta\theta}(\sigma C_{\mu}) = \frac{\partial C_{\mu}}{\partial W_{\mu p}} \cdot \frac{\partial W_{\mu p}}{\partial \Delta\theta} = - \frac{C_{\mu\delta}^2 W_{\mu p0} \alpha_{\mu}}{(1 + C_{\mu\delta} W_{\mu p})^2}. \quad (2.6)$$

Atrof-muhit harorati o'zgaranda magnit o'tkazgich materiali magnit xossasi (nisbiy magnit singdiruvchanligi) ning o'zgarishi hisobidan yuzaga keladigan nisbiy xatolik quyidagi formula asosida hisoblanadi [53, 80b.]:

$$\gamma_{nis.}(\sigma C_{\mu}) = \frac{\Delta\theta}{C_{\mu\delta}} \cdot \frac{\partial C_{\mu}}{\partial W_{\mu p}} \cdot \frac{\partial W_{\mu p}}{\partial \Delta\theta} = \pm \frac{C_{\mu\delta} W_{\mu p0} \alpha_{\mu} \Delta\theta}{(1 + C_{\mu\delta} W_{\mu p0})^2}. \quad (2.7)$$

Yangi FMTO'ning yasalgan konstruksiyasi uchun $C_{\mu\delta} = 1,3 \cdot 10^{-7} H$; $W_{\mu p0} = 1,1 \cdot 10^6 1/H$; $\alpha_{\mu} = 0,011 K^{-1}$; $\Delta\theta = 40 K$ bo'lganda $\gamma_{nis.}(\sigma C_{\mu}) \approx 0,047 \%$ ni tashkil etdi.

(2.8) tenglama o'ng tomonidagi oxirgi ikkita had FMTO' magnit zanjiriga ta'sir qiladigan tashqi magnit maydonlarining salbiy ta'sirlaridan paydo bo'ladigan xatolik manbalarini belgilaydi [21, 96 b.]. Bu maydonlarga uch fazali liniyaning yondosh shinalari va yondosh boshqa uch fazali liniyalar shinalaridan o'tayotgan toklarning magnit maydonlari kiradi [67, 111 b.].

Uch fazali liniyaning bitta fazasidagi tok o'lchanayotganda uning qolgan ikkita yondosh fazalari shinalaridan o'tayotgan toklar magnit maydonlarining salbiy ta'siri masofaviy transformator tok o'zgartirgichlari misolida batafsil nazariy va eksperimental tadqiq etilganligi bois biz ularning natijalarini keltirish bilan cheklanamiz [21, 109-111 b.; 67, 134-137 b.]. Ushbu tadqiqotlar natijalariga ko'ra elektromagnit ekran bilan o'ralmagan tok o'zgartirgichlarida eng yaqin yondosh faza tokining magnit maydoni hisobidan yuzaga kelgan xatolikning muntazam tashkil etuvchisi $\gamma_{nis.}(\Delta Q_{\mu}) = 20,31 \%$ gacha, uzoqda joylashgan yondosh fazaniki esa $\gamma_{nis.}(\Delta Q_{\mu}) = 12,06 \%$ gacha yetadi. Elektromagnit ekran bilan o'ralganda esa bu ko'rsatkichlar mos ravishda $\gamma_{nis.}(\Delta Q_{\mu}) = 2,18 \%$ va $\gamma_{nis.}(\Delta Q_{\mu}) = 1,36 \%$ ni tashkil etadi [21, 109-111 b.]. Elektromagnit ekran bilan o'ralgan FMTO' larida yondosh boshqa uch fazali liniyalar, FMTO' yaqinida joylashgan kuch transformatorlari va transformator rusumidagi boshqa qurilmalar shinalaridan o'tayotgan toklar magnit maydonlarining ta'siri hisobidan paydo bo'ladigan muntazam xatoliklar hisobga olmaslik darajada kichik bo'ladi [70, 221 b.].

Yuqorida ko'rib chiqilgan elementar zvenolar transformator va galvanomagnit FMTO' lar uchun ham umumiy hisoblanadi. FMTO' PSS da III- va IV- rim raqamlari bilan ajratilgan elementar zvenolar transformator rejimida ishlayotgan FMTO' PSS ning tegishli qismlari, V- rim raqami bilan belgilangan elementar zveno esa galvanomagnit rejimida ishlayotgan FMTO' PSS ning bir qismi

hisoblanadi. Quyida avval transformator rejimida ishlaydigan yangi FMTO‘ PSS dagi qolgan elementar zvenolari xatolik manbalarini ko‘rib chiqamiz.

3. Magnit zanjirining ichki FTE - magnit oqimi(Q_{μ})ni magnit tok(I_{μ})ka o‘zgartiruvchi ideal differensiallovchi elementar zveno. Ushbu elementar zveno uchun nisbiy xatolik tenglamasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\gamma_{nis.} = \frac{\gamma_{abs.}}{\omega_0} \cdot 100 \% = \left(\frac{\Delta\omega}{\omega_0} \pm \frac{\sigma\omega}{\omega_0} + \frac{\Delta I_{\mu}}{I_{\mu 0}} \pm \frac{\sigma I_{\mu}}{I_{\mu 0}} \right) \cdot 100 \% =$$

$$= \gamma_{nis.}(\Delta\omega) \pm \gamma_{nis.}(\sigma\omega) + \gamma_{nis.}(\Delta I_{\mu}) \pm \gamma_{nis.}(\sigma I_{\mu}). \quad (3.1)$$

Bu elementar zvenoda o‘lchanayotgan tok chastotasi tebranishidan yuzaga keladigan nisbiy xatolikning muntazam tashkil etuvchisi nolga teng, ya‘ni $\gamma_{nis.}(\Delta\omega) = 0$, chunki, energetik tizimda tok chastotasining o‘zgarishi FMTO‘ uchun tasodifiy hodisa hisoblanadi. Nisbiy xatolikning ushbu tasodifiy tashkil etuvchisi esa quyidagicha aniqlanadi [64]:

$$\gamma_{nis.}(\sigma\omega) = \frac{\sigma\omega}{\omega_0} \cdot 100 \%. \quad (3.2)$$

GOST bo‘yicha sanoat chastotasi ko‘pi bilan 0,2 Hz ga o‘zgarishi ruxsat etiladi [64]. Shuning uchun ham $\gamma_{nis.}(\sigma\omega) \leq 0,4 \%$ bo‘ladi.

Ushbu elementar zveno uchun nisbiy xatolik tenglamasi (3.3) o‘ng tomonidagi uchinchi va to‘rtinchi hadlar avvalgi elementar zveno nisbiy xatoliklarini hisoblashda tashqi magnit maydonlari ta‘siridan yuzaga keladigan xatolik manbalari sifatida inobatga olingan.

4. Elektromagnit induksiya FTE, ya‘ni magnit tok(I_{μ})ni elektr kuchlanish($U_{e.chiq.}$)ga o‘zgartiruvchi elementar zveno. Bu zveno uchun xatolik manbalari inobatga olingan holda hosil qilingan statik xarakteristikasi tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\gamma_{nis.} = \frac{\gamma_{abs.}}{U_{e.chiq.0}} \cdot 100 \% = \left(\frac{\Delta K_2}{K_{20}} \pm \frac{\sigma K_2}{K_{20}} + \frac{\Delta U_e}{U_{e.chiq.0}} \pm \frac{\sigma U_e}{U_{e.chiq.0}} \right) \cdot 100 \% =$$

$$= \gamma_{nis.}(\Delta K_2) \pm \gamma_{nis.}(\sigma K_2) + \gamma_{nis.}(\Delta U_e) \pm \gamma_{nis.}(\sigma U_e). \quad (4.1)$$

(4.2) tenglama o‘ng tomonidagi dastlabki ikkita had nolga teng, ya‘ni $\gamma_{nis.}(\Delta K_2) = 0$ va $\gamma_{nis.}(\sigma K_2) = 0$, chunki, $K_2 = K_{I_{\mu}U_{e.chiq.}} = w_{o'ch.} = const$.

(4.3) tenglama o‘ng tomonidagi oxirgi ikkita had o‘lchash chulg‘amida tashqi magnit maydonlari induksiyalagan halaqit EYuK lari hisobidan yuzaga keladigan xatoliklarni baholaydi. Ular ham avvalgi elementar zveno nisbiy xatoliklarini hisoblashda tashqi magnit maydonlari ta‘siridan yuzaga keladigan xatolik manbalari sifatida inobatga olingan. Shuning uchun $\gamma_{nis.}(\Delta U_e) = 0$ va $\gamma_{nis.}(\sigma U_e) = 0$, deb hisoblash mumkin.

Shunday qilib, transformator rejimida ishlayotgan yangi FMTO‘ nisbiy xatoligining muntazam va tasodifiy tashkil etuvchilari quyidagi qiymatlarga teng bo‘ladi:

$$\gamma_{nis.(tr)}(\Delta U_{e.chiq.}) = \gamma_{nis.(f.m.)}(\Delta U_{\mu}) + \gamma_{nis.}(\Delta Q_{\mu}) = 1,38 \% \quad (4.4)$$

$$\gamma_{nis.(tr)}(\sigma U_{e.chiq.}) = \sqrt{\gamma_{nis.}^2(\sigma C_{\mu}) + \gamma_{nis.}^2(\sigma \omega)} \approx 0,4 \% \quad (4.5)$$

Umumiy xatolik esa:

$$\gamma_{nis.(tr)}(U_{e.chiq.}) = \gamma_{nis.(tr)}(\Delta U_{e.chiq.}) + \gamma_{nis.(tr)}(\sigma U_{e.chiq.}) \approx 1,42 \% \quad (4.6)$$

Endi yangi FMTO‘ PSS dagi galvanomagnit rejimiga tegishli bo‘lgan elementar zveno (bu zveno PSS da V rim raqami bilan belgilangan) xatolik manbalarini ko‘rib chiqamiz.

Aytib o‘tish joizki, umumiy PSS da galvanomagnit effekt bitta elementar zveno ko‘rinishida ajratilgan bo‘lsa-da, birinchidan, ular tur jihatdan xilma-xil (Xoll effekti, magnitarezistiv effekt, magnitotranzistor effekti, magnitodiod effekti va h.z.) [107], ikkinchidan esa bu effektlarda ularning ish faoliyatiga salbiy ta‘sir etuvchi chet effektlar va boshqa omillar talaygina [125, 45-77 b.]. Biz ushbu dissertatsiyada nafaqat galvanomagnit tok o‘zgartirgichlarida, balki boshqa elektr va noelektr kattaliklarni o‘lchovchi qurilmalarda keng qo‘llaniladigan Xoll elementi(XE)da yuzaga keladigan xatolik manbalarini ko‘rish bilan cheklanamiz.

4.5- rasmda keltirilgan xatolik manbalari tasnifida aynan XE ga tegishli bo‘lgan chet effektlar va XE namunasi geometrik shaklining salbiy ta‘silari hisobidan paydo bo‘ladigan xatolik manbalari qayd etilgan. Ushbu xatolik manbalarini batafsilroq tadqiq etish maqsadida mavjud o‘quv va ilmiy adabiyotlarda keltirilgan ma‘lumotlarni tahlil etgan holda ularning to‘laroq tasnifi ishlab chiqildi (4.7- rasm).

XE EYuK ni o‘lchash xatoliklarini hisoblash uchun zarur bo‘ladigan Xoll effekti va unga chet(yondosh) bo‘lgan FTE lar nomi, elementar zvenosining PSS, koeffitsienti ifodasi va uning qiymati hamda kirish kattaligining o‘zgarish diapazoni dissertatsiya ilovasi(I.4.1- jadval)da keltirilgan.

XE namunasi ideal holatda bir jinsli bo‘lmaydi. Magnit maydoni ta‘sirida bo‘lgan bunday namunada o‘lchash natijalariga salbiy ta‘sir etuvchi tokning ko‘ndalang tashkil etuvchisi paydo bo‘ladi [125, 49 b.].

Ishchi magnit maydoni induksiyasining notekisligi tufayli paydo bo‘ladigan nisbiy xatolik induksiya notekis taqsimlanish darajasi(δB)ning taxminan yarmiga teng bo‘ladi [62]. Shuning uchun mumkin qadar XE o‘rnatilgan ishchi oraliqdagi δB

ni kamaytirishga harakat qilinadi. Ko'pchilik magnit tizimlarida $\delta B = 0,02\%$ erishiladi va bunda $\gamma_{nis.}(\delta B) = 0,01\%$ dan oshmaydi [70, 126 b.].

Xoll kontaktlarining geometriyasi ham Xoll EYuK ni o'lchashda xatoliklarga sababchi bo'ladi [132]. XE namunasining uzunligi $5,5\text{ mm}$, qalinligi esa $0,045\text{ mm}$ bo'lganda nisbiy xatolik $1,4\%$ ni tashkil etadi [125, 78 b.]. Ushbu xatolikni kamaytirish dissertatsiya 2.2- paragrafining 1.2- bandida keltirilgan kontakt shakllarining optimal variantini tanlash bilan amalga oshiriladi.

XE namunasi "shlifovka" qilinayotganda uning tirsaksimon ko'rinishda bo'lib qolishi namunada qoldiq kuchlanish paydo bo'lishiga sabab bo'ladi [107]. Xatolikning bu tashkil etuvchisi texnologik usullar yordamida kamaytiriladi.

Atrof-muhit harorati o'zgariganda paydo bo'ladigan xatolik termokompensatsiya usullari yordamida $0,1\%/^{\circ}\text{C}$ gacha kamaytiriladi [107].

XE dagi ishchi va chet FTE lar o'zaro ta'sirlarini inobatga olgan holda tuzilgan PSS 4.8- rasmda keltirilgan. Bu PSS har bir shoxobchasida ishtirok etayotgan chet FTElar hisobidan yuzaga keladigan nisbiy xatoliklar quyidagicha topiladi:

$$\gamma_{nis.}(U_{e2}) = \frac{U_{e2}}{U_{e0}} = \frac{K_2 Q_{\mu o' r.}}{U_{e0}} \cdot 100\% = 0,34\%, \quad (4.7)$$

$$\gamma_{nis.}(U_{e36}) = \frac{U_{e36}}{U_{e0}} = \frac{K_3 K_6 Q_{\mu o' r.}}{U_{e0}} \cdot 100\% = 0,11\%, \quad (4.8)$$

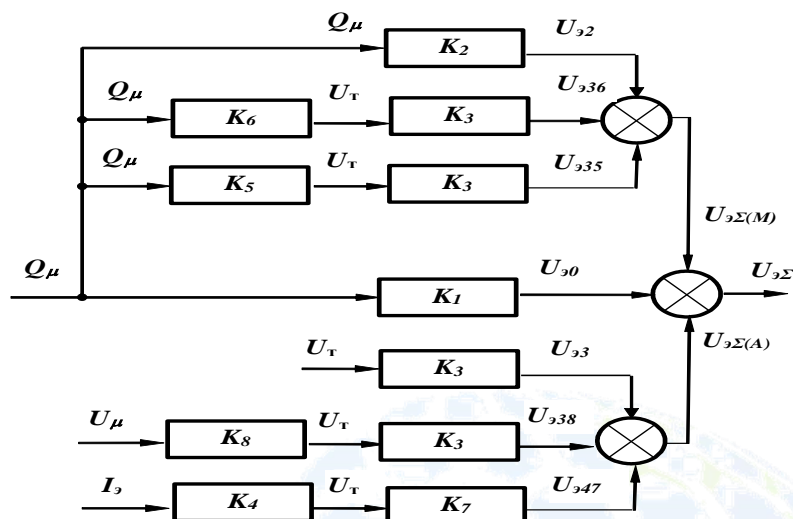
$$\gamma_{nis.}(U_{e35}) = \frac{U_{e35}}{U_{e0}} = \frac{K_3 K_5 Q_{\mu o' r.}}{U_{e0}} \cdot 100\% = 1,1 \cdot 10^{-2}\%, \quad (4.9)$$

$$\gamma_{nis.}(U_{e3}) = \frac{U_{e3}}{U_{e0}} = \frac{K_3 U_t}{U_{e0}} \cdot 100\% = 1,19\%, \quad (4.10)$$

$$\gamma_{nis.}(U_{e38}) = \frac{U_{e38}}{U_{e0}} = \frac{K_3 K_8 U_{\mu}}{U_{e0}} \cdot 100\% = 8,1 \cdot 10^{-2}\%, \quad (4.11)$$

$$\gamma_{nis.}(U_{e47}) = \frac{U_{e47}}{U_{e0}} = \frac{K_4 K_7 I_e}{U_{e0}} \cdot 100\% = 1,7 \cdot 10^{-3}\%, \quad (4.12)$$

bu yerda $Q_{\mu o' r.} = 0,5 \cdot (10^{-6} + 0,01) = 5 \cdot 10^{-3}\text{ Wb}$; $U_{e0} = K_1 Q_{\mu o' r.} = 35\text{ V}$.



2- rasm. XE dagi ishchi va chet FTE lar o‘zaro ta’sirlarini inobatga olgan holda tuzilgan PSS

$\gamma_{nis.}(U_{e3}), \gamma_{nis.}(U_{e38})$ va $\gamma_{nis.}(U_{e47})$ lar xatolikning additiv tashkil etuvchilari bo‘lib, ularning yig‘indisi topiladi:

ADABIYOTLAR

1. Bronstein I. N., Semendyaev K. A. B 88. Handbook of mathematics for engineers and students of higher educational institutions: Textbook. - St. Petersburg: Publishing house "Lan», 2010.
2. GOST 27518-87. Product diagnostics. General requirements. -M: Publishing House of Standards, 1988.43 p.
3. GOST 17509-72. Reliability of engineering products. System for collecting and processing information, methods for determining point estimates of reliability indicators based on the results of observation, 53 p.
4. GOST 27002-89. Reliability in technology. Basic concepts. Terms and Definitions. -M: Publishing House of Standards.
5. Collection of methodological aids for monitoring the state of electrical equipment. / JSC Firm ORGRES, edited by F.L. Kogan 1999, 428p.
6. Shoyimov Y.Yu. Patent of the Republic of Uzbekistan. No. 03617. Device for non-contact measurement of currents / Official bulletin. – 2008. – №3.
7. Shoyimov Y.Yu., Patent of the Republic of Uzbekistan. No. 03858. Current transformer Official bulletin. – 2009. – №1.
8. Shoyimov Y.Yu. // Magnetic systems with multi-turn cores for measuring transducers. Uzbek journal "Problems of Informatics and Energy", Tashkent, 2000.
9. Jalolov.I.S Prokatlash jarayonidagi termal qattiqlashtirishning avtomatik boshqaruv nazorati https://cyberleninka.ru/article/n/prokatlash_jarayonidagi-termal-qattiqlashtirishning-avtomatik-boshqaruv-nazorati-1
10. Pardayev A. B., Tog‘ayev A. S., Eshonqulov K. E., KONCHILIK MASHINALARINI ISHLASH UNUMDORLIGINI OSHIRISH CHORA TADBIRLARI. <https://cyberleninka.ru/article/n/konchilik-mashinalarini-ishlash-unumdorligini-oshirish-chora-tadbirlari/viewer>