

KUCH TRANSFORMATORLARI CHULG'AMLARI MEXANIK XOLATINI ANIQLASHNING ZAMONAVIY USULLARINI TAHLIL QILISH VA DIAGNOSTIK MODELLARNI TALIM JARAYONIGA HAMDA AMALIYOTGA TADBIQ QILISH

Fazliddinov Saloxiddin Baxriddinovich

Namangan muhandislik-texnologiya instituti assistenti

Qo'chqarov Behzod Hoshimjonovich

Namangan muhandislik-texnologiya instituti dotsenti, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6941271>

Annotatsiya. Kuch transformatori chulg'amlarining mexanik holatini tahlil qilish usullarini ishlab chiqish va modernizatsiya qilish dolzarb vazifa bo'lib qolmoqda. Buning asosiy sababi elektr sistemasida ko'p uzilishlar, kuch transformatorlarining chulg'amlaridagi nosozliklar tufayli yuzaga kelishidir. Shuni xissobga olgan holda biz shu kamchiliklarni bartaraf etish uchun mexanik holatini tahlil qilish usullarini ishlab chiqdik hamda uni amaliyotga tadbiq etishni tayfsiya etganmiz. Aytib o'tish kerakki, chastota reaksiyasini tahlil qilish usuli bilan cho'lg'amlar sonini holatini baholash o'rash diagnostikasi sohasidagi eng istiqbolli yo'nalish hisoblanadi, bu usul o'rashning geometrik o'lchamlaridagi o'zgarishlarga eng yaxshi sezgirlikni o'zida aks etadi. Diagnostik modellarni talim jarayonida asoasan bitiruvchi kurslar va magistrantlarga o'qitish kelajakda elektr sistamasini ishonchligini yanada orttiradi.

Kalit so'zlar: kuch transformatori, chulg'amlar, elektrodinamik kuchlar, elektr sistemasi, geometrik o'lchamlar, chastota, transformator uskunalari, deformatsiya, chastota xususiyatlari, qisqa tutashuv, transformator-reaktor, mexanik shikastlanish, pedagogik texnologiyalar.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ И НА ПРАКТИКЕ

Аннотация. Актуальной задачей остается разработка и модернизация методов анализа механического состояния обмоток силовых трансформаторов. Основная причина этого заключается в том, что многие перебои в работе электрической системы вызваны неисправностями в обмотках силовых трансформаторов. Имея это в виду, мы разработали методы анализа механического состояния для преодоления этих недостатков и рекомендуем их применение на практике. Следует отметить, что оценка состояния ряда витков методом анализа частотных реакций является наиболее перспективным направлением в области диагностики упаковки, этот метод обеспечивает наилучшую чувствительность к изменению геометрических размеров упаковки. диагностических моделей в учебном процессе, в основном для аспирантов и магистров, позволит еще больше повысить надежность электросистемы в будущем.

Ключевые слова: силовой трансформатор, обмотки, электродинамические силы, электрическая система, геометрические размеры, частота, трансформаторное оборудование, деформации, частотные характеристики, короткое замыкание, трансформатор-реактор, механические повреждения, педагогические технологии.

ANALYSIS OF MODERN METHODS OF DETERMINATION OF MECHANICAL STATUS OF POWER TRANSFORMERS AND APPLICATION OF DIAGNOSTIC MODELS IN THE EDUCATIONAL PROCESS AND IN PRACTICE

Abstract. *The development and modernization of methods for analyzing the mechanical condition of power transformer windings remains an urgent task. The main reason for this is that many interruptions in the electrical system are caused by faults in the windings of power transformers. With this in mind, we have developed methods for analyzing the mechanical condition to overcome these shortcomings and recommend its application in practice. It should be noted that the assessment of the state of the number of coils by the method of frequency reaction analysis is the most promising direction in the field of packaging diagnostics, this method provides the best sensitivity to changes in the geometric dimensions of the packaging. Training of diagnostic models in the educational process, mainly for graduate courses and masters, will further increase the reliability of the electrical system in the future.*

Keywords: *power transformer, windings, electrodynamic forces, electrical system, geometric dimensions, frequency, transformer equipment, deformation, frequency characteristics, short circuit, transformer-reactor, mechanical damage, pedagogical technologies.*

KIRISH

Hozirgi paytlarda elektr energetikasini fan sifatida talabalarga yoritib berishda elektr energetika sohasidagi bir qator muammolarni yoritishda yangi pedagogik texnologiyalar asosida o'qitilishiga bo'lgan talab va extiyoj ortib bormoqda. Shu o'rinda takidlash lozimki elektr energetika tizimini asosiy bo'g'ini bo'lmish kuch transformatori cho'lg'amlari deformatsiyalarining sabablari va turlari shuningdek metodik hamda texnik jihatlarini tahlil qilib o'rganib chiqilgan. Buning asosiy sababi elektr sistemasida ko'p uzilishlar, kuch transformatorlarining chulg'amlaridagi nosozliklar tufayli yuzaga keladi. Shuni xissobga olgan holda biz shu kamchiliklarni bartaraf etish uchun mexanik holatini tahlil qilish usullarini ishlab chiqidik hamda uni amaliyotga tadbqiq etishni tavsfiya etmoqdamiz [1].

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODOLOGIYASI

Elektrodinamik kuchlar ta'sirida kuch transformatorlari chulg'amlarining texnik holatini baholashning asosiy usullarini ko'rib chiqaylik [2]. Aytib o'tish kerakki, chastota reaksiyasini tahlil qilish usuli bilan cho'lg'amlar sonini holatini baholash o'rash diagnostikasi sohasidagi eng istiqbolli yo'nalish hisoblanadi, bu usul o'rashning geometrik o'lchamlaridagi o'zgarishlarga eng yaxshi sezgirlikni o'zida aks etadi [3]. Chastotaga javob berish usuli bilan o'rash diagnostikasi natijalarini sharhlash yondashuvlarini ko'rib chiqish berilgan. Hozirda natijalarni sharhlashda universal yondashuv mavjud emasligi bizga ma'lum. Shuning uchun, chastota xususiyatlarini o'lchash yo'li bilan chulg'amlarning holatini diagnostika qilish usulini takomillashtirish, shuningdek diagnostika natijalarini sharhlash usulini ishlab chiqish, bizning ishimizda asosiy dolzarb muammo deb qaradik [4]. Diagnostik modellashtirish nazariyasi bilan bog'liq transformator uskunalari, o'rashning mexanik deformatsiyalari modellari ishlab chiqilgan, elektrodinamik kuchlarni hisoblash uchun aniqlangan formulalar berilgan va o'rash deformatsiyalanganda chastota reaksiyasining o'zgarishiga bog'liqligini o'rganish uchun kuch transformatorining o'rash modeli ishlab chiqilgan [5].

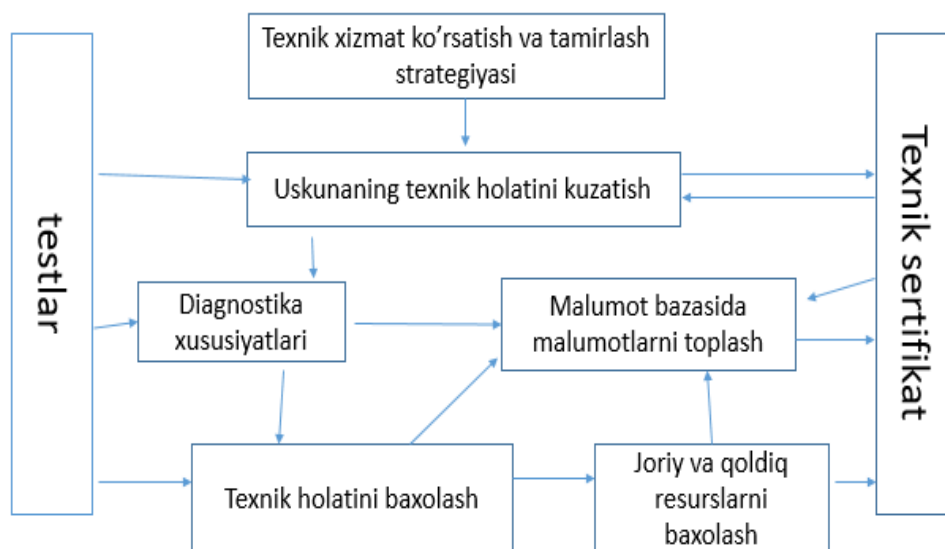
$$\varepsilon(\phi) = a \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot \phi / \Phi), \text{ bunda } 0 \leq \phi < \Phi,$$

a - buzilgan maydonning idealdan maksimal og'ishi, shartlar (maksimal deformatsiya) (*m*);

Φ – kuchlanish diapazoni – uning ichida joylashgan markaziy burchak deformatsiya mavjud (gradus);

ϕ - funksiyaning argumenti, vertikal yarim o'qdan (gradus) soat yo'nalishi bo'yicha chizilgan burchak.

Diagnostika modeli holatni to'liq aks ettirishi va ma'lum bir elektr inshooti haqida ma'lumot berishi kerak va shu bilan birga, o'lchovlardagi mumkin bo'lgan xatolar va xatolarni aniqlash va bostirish uchun ortiqcha talablarga javob berishi kerak [6]. Transformator chulg'amlarining qisqa tutashuvli oqimlarga elektrodinamik qarshiligining tavsiya etilgan diagnostik modeli (chulg'amlarning



1-rasm. TREJ diagnostika modeli va o'zaro ta'sir tizimi axborot oqimlari mexanik holati) transformator ichida sodir bo'ladigan jarayonlarni tahlil qilish imkonini yaratib beradi.

Ushbu diagnostika modeli uchun kirish ma'lumotlari elektr inshootining diagnostika xususiyatlari, ya'ni elektr sinovlari ma'lumotlari, transformator moyidagi erigan gazlarning xromatografik tadqiqotlari va boshqa diagnostika ma'lumotlari aks etirilgan [7]. Diagnostika modelining chiqish parametrlari elektr inshootining ishlash mezonlari, ya'ni ishlab chiqaruvchi tomonidan taqdim etilgan parametrlarni saqlab qolgan holda, elektr inshooti uning parametrlarini yomonlashtirmasdan, ishonchligini pasaytirmasdan ishlashi mumkin bo'lgan texnik xususiyatlar to'plamini kuzatish mumkin.

TADQIQOT NATIJALARI

Diagnostika modellaridan foydalanish juda samarali ilmiy vositadir, chunki u tashqi omillar ta'sirida elektr inshootlari sodir bo'ladigan jarayonlarni baholashga imkon beradi, masalan; mexanik, elektr, kimyoviy va boshqalar, ularning rivojlanishining dastlabki bosqichida nuqsonlar va zararlarni aniqlash qobiliyatiga ega. Elektrodinamik diagnostika modeli transformatorni qisqa tutashuv oqimlariga (chulg'amlarning mexanik holati) transformator ichida sodir bo'ladigan jarayonlarni tahlil qilish, shuningdek, uning qoldiq muddatini baholash imkonini beradi [8]. Ushbu tahlil natijalari ishonchlikni oshirish uchun konstruktsiyani takomillashtirish nuqtai nazaridan transformatorlarni loyihalashda qo'llanilishi mumkin [9]. Transformator-reaktor uskunasi izolyatsiyasining texnik holatini baholash dielektrik model uchun differentsial

tenglamalarni konvertatsiya qilish yo'li bilan olinadigan ko'p qatlamli izolyatsiyaning diagnostik modeli yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Shuningdek, ushbu diagnostika modeli izolyatsion tuzilmalarning dielektrik xususiyatlarini baholashga imkon beradi. Shunday qilib, uskunaning dastlabki diagnostika xususiyatlari aniqlanadi. Transformator moyidagi gaz tarkibining har xil turdagi shikastlanishlar bilan o'zgarishining diagnostik modeli yordamida xromatografiya maqsadlari uchun moydan namuna olish sifatini baholash mumkin. Shuningdek, ushbu model neft tarkibidagi gazlar tarkibidagi o'zgarishlardan kelib chiqadigan tahlilning ishonchlilik darajasini va noaniqliklarini baholashga imkon beradi [10]. Shina bo'ylab harorat taqsimotini o'lchash bilan termal tasvirni boshqarish yordamida olingan transformator shinasining harorat o'zgarishining diagnostik modeli nuqson bilan kontakt aloqasini aniqlash imkonini beradi. Yuqoridagi modellarga qo'shimcha ravishda, issiqlik holatining diagnostik modeli elektr jihozlarning baholash uchun muhim vosita hisoblanadi [11-12].

Chidamlilik o'rashlar elektr jihozlari termal ko'rish nazorati va sinovlari natijalariga ko'ra tarmoq stendida isitish uchun reaktorlar, chaqmoq va kommutatsiya effektlari ostida transformatorning diagnostik modellari, TREJ (transformator-reaktor elektr jihozlari) resursining tugashi uchun diagnostika modeli va boshqalar elektr qurilmalarining texnik holatini baholash uchun yuqorida sanab o'tilgan diagnostika modellari elektr jihozlaridagi nuqsonlarni ularning rivojlanishining dastlabki bosqichida tashxislash imkonini beradi, chunki ular tashqi omillar ta'siri ostida ichki jarayonlarning tabiati haqida tushuncha beradi. Diagnostika modellarini noto'g'ri ishlatish yoki ularning to'liq yo'qligi asosiy elektr jihozlari va elektr ta'minotiga zarar etkazishi mumkin. Quyida bunday misollar keltirilgan [13-14].

Misol 1. Normativ-texnik hujjatlar talablariga rioya qilmaslik sababli qisqa tutashuv toklariga elektrodinamik qarshilikning etarli emasligi uchun fazali avtotransformator 267 MVA/500/220 kV, shuningdek, havo o'chirgich, ajratgichning shikastlanishiga olib keldi.

Misol 2. Ishlab chiqarishda mustaxkam bo'lmagan o'rash simidan foydalanish tufayli past kuchlanish chulg'amini o'rashida qisqa tutashuvni aylantirgich avtotransformator 167 MVA / 500/220 kV shikastlanishiga olib keldi.

Yog' oqishi, sovutish tizimining shikastlanishi, shuningdek izolyatsiyalashdagi kamchiliklar, buzilishlar asosiy elektr jihozlarning shikastlanishiga olib kelishi mumkin. Yuqorida aytilganlarga asoslanib, elektr jihozlarning texnik holatini tahlil qilish uchun diagnostik modellashtirish tamoyillarini qo'llash uning haqiqiy holati to'g'risida ishonchli ma'lumotlarni olish, uning qoldiq muddatini baholash, nosozliklar sonini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi degan xulosaga kelish mumkin va baxtsiz hodisalar, shuningdek, haqiqiy holatga asoslangan texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash tizimiga o'tishda sezilarli foyda keltiradi [15]. Deformatsiyalar kuch transformatorlarini loyihalashda elektrodinamik kuchlarni hisoblash uchun bu deformatsiyalarni hisobga olish va kuch transformatorlarining ishlashi paytida sodir bo'lgan chulg'amlarning geometriyasidagi o'zgarishlarni hisobga olish imkonini beradi. Kuchlil o'rashlarni modellashtirish uchun tavsiya etilgan texnika transformatorlar rezonans chastotalari haqiqiy transformatorlarning eksperimental (mos yozuvlar) chastota xususiyatlariga sifat jihatidan mos keladigan chastotali xarakteristikani olish imkonini beradi. Bu modellar turli deformatsiyalarning chastota ta'sirining o'zgarishiga ta'sirini o'rganish, shuningdek diagnostika maqsadida normal grafik olish uchun ishlatilishi mumkin.

Ushbu tahlil natijalari ishonchlilikni oshirish uchun konstruktsiyani takomillashtirish nuqtai nazaridan transformatorlarni loyihalashda qo'llanilishi mumkin. Mexanik deformatsiyalarning matematik modelini olish uchun o'rashning geometrik parametrlaridagi o'zgarishlarni hisobga oladigan modellar ishlab chiqilgan va ular asosida o'rashga ta'sir qiluvchi elektrodinamik kuchlar uchun modernizatsiya qilingan tenglamalar ishlab chiqilgan. Yuqoridagi modellar faqat chulg'amlarga ta'sir qiluvchi kuchlar tartibini integral baholash imkonini beradi.

Ularning aniqroq qiymatini faqat statika va dinamikada elektromagnit maydonni raqamli matematik modellashtirish usullari bilan olish mumkin. Kompyuter texnologiyalarining zamonaviy rivojlanishi bunday muammolarni ikki o'lchovli yoki uch o'lchovli sharoitda raqamli usullar yordamida hal qilish imkonini beradi, transformatorning asosiy parametrlarini aniqlashda aniqlikni oshiradi [16]. Quvvat transformatorining o'rashiga mexanik shikastlanish uning chastota reaksiyasiga (defektogramma) qanday ta'sir qilishi mumkinligini tushunish uchun uning elektr modelini tushunish kerak. Transformatorning o'rashi sig'im, qarshilik, o'z-o'zidan induksiya va o'zaro induksiya kabi elektr parametrlari to'plami sifatida ifodalanishi mumkin. Misol uchun, ikkita o'rash orasidagi izolyatsiyani sig'im sifatida ko'rsatish mumkin. Shuning uchun izolyatsiyaning geometrik o'lchamlaridagi har qanday o'zgarish sig'imning o'zgarishiga olib keladi. Simulyatsiya asosida o'rash deformatsiyasini o'rganishning maqsadga muvofiqi diagnostika uskunasiidan foydalangan holda transformator chulg'amlarini o'rganish bilan solishtirganda nisbatan arzon narx omili bilan ham oqlanadi. Bundan tashqari, deformatsiyaning ba'zi shakllarini o'tkazgichlarning qiyaligi kabi haqiqiy o'rashda qayta tiklash deyarli mumkin emas. Shu bilan birga, adabiyotda maxsus mo'ljallangan mexanik qurilmalar yordamida haqiqiy chulg'amlarda o'rashning buzilishining ikki shakli, ya'ni eksenel siljish va majburiy egilish o'rganilgan misollar mavjud.

MUHOKAMA

Kuch transformatorlarining chastotali javoblarini modellashtirishning ikkita asosiy usuli mavjud. Birinchi usul taqsimlangan parametr modeliga asoslanadi. Ushbu maqsadlar uchun odatda MATLAB, PSpice, Micro-Cap va boshqalar kabi maxsus dasturlardan foydalaniladi. Ikkinchi usul, masalan, MTL modeli yordamida o'rashni raqamli simulyatsiya qilishdir. Modellarning uchta asosiy turi mavjud:

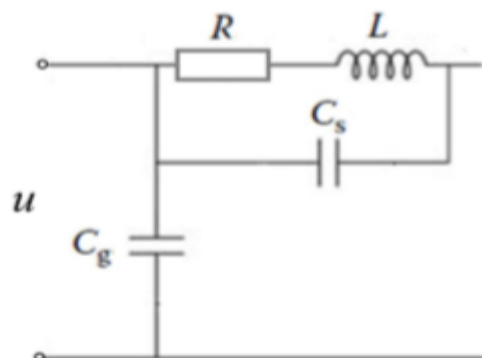
1. Oq quti: tizimning barcha tarkibiy qismlari ma'lum, ya'ni uning quyi tizimlari, ular orasidagi bog'lanishlar, quyi tizimlarning har birining funksiyalari, ierarxiyasi va tuzilishi.

2. Qora quti: ichidagi tizimning tuzilishi va tarkibiy qismlari ma'lum emas. Modellashtirish uchun zarur bo'lgan faqat kirish ma'lumotlari to'plami, shuningdek, natijada olingan chiqish ma'lumotlari taqdim etiladi. Ko'p hollarda chiqish ma'lumotlaridagi o'zgarishlarning kirish ma'lumotlariga bog'liqligini mantiqiy ravishda tushunish mumkin.

3. Kulrang quti: tizim komponentlarining faqat bir qismi va ularning funktsiyalari ma'lum bo'lgan modelning o'rtacha turi.

Qora quti modeli transformator terminallarida mavjud bo'lgan ma'lumotlardan transformatorning ekvivalent sxemalaridan iborat. Transformator o'rashining tuzilishi va geometriyasi haqida hech qanday ma'lumot talab qilinmaydi. Ushbu usulning afzalligi uning oq quti modeliga nisbatan soddaligi va elektromagnit jarayonlarni hisoblash uchun kompyuter dasturlaridan foydalanish imkoniyatidir. Biroq, bu model o'rashdagi mexanik o'zgarishlar chastota reaksiyasiga qanday ta'sir qilishi haqida tasavvurga ega emas. Normal grafiklarni olish uchun oq quti printsipli bo'yicha modelni ishlab chiqish talab qilinadi, ya'ni. model, uning

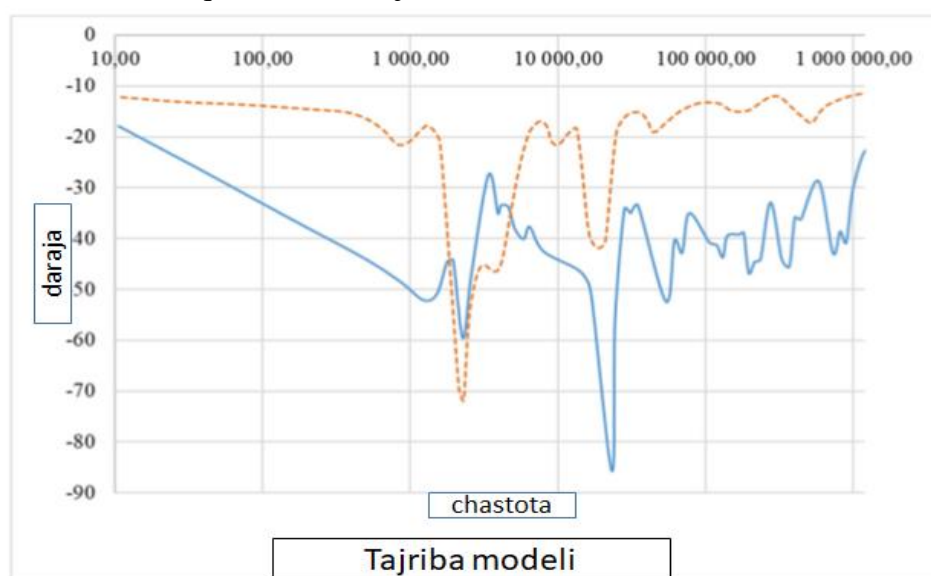
parametrlari o'rashning geometrik o'lchamlari va transformatorning dizayn xususiyatlaridan hisoblanadi. Modelni hisoblash usulini ko'rsatish uchun TRD-16000/35 transformatorining PK o'rash tanlangan [17].



2-rasm. O'rashning bir burilishi uchun ekvivalent sxema ko'rsatilgan.

Faol qarshilikni hisoblash Ekvivalent kontaktlarning zanglashiga olib keladigan faol qarshiliklarini aniqlash uchun o'rash qarshiligining emperik qiymati ham, o'rashning geometrik o'lchamlaridan hisoblanganidan ham foydalanish mumkin [18]. Simulyatsiya natijalariga ko'ra, dizayn bosqichida qisqa tutashuv oqimlarini analitik aniqlashda muqarrar bo'lgan taxminlar bobinlarning alohida burilishlariga mexanik ta'sirlarni hisoblashning aniqligiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Mexanik qarshilik masalasi ko'proq dolzarb bo'lgan yuqori quvvatli transformatorlarni hisoblashda elektrodinamik kuchlarni hisoblashning analitik usuli raqamli simulyatsiya va chulg'amlarning mexanik holatini diagnostika qilishning zamonaviy usullari bilan tasdiqlanishi kerak [19].

Simulyatsiya natijalari TRD-16000/35 PK (past kuchlanish) transformatorining o'rash modeli hisoblangan parametrlarga ega elektromagnit biriga yuklangan va uning chastotali reaksiyasi o'lchangan (3-rasm). Jarayonlarni modellashtirish uchun muhitlardan simulyatsiya natijasida chastotali javob olindi (3-rasmdagi kesik chiziq). Ushbu xarakteristikada 2,7 kHz va 12,5 kHz chastotalarda 2 ta aniq rezonans mavjud.



Rasm-3; Modellashtirish (- - -) va PK o'rashining eksperimental chastota reaksiyasi natijasida olingan PK o'rashining chastotali javobi transformator (---)

Haqiqiy transformatoridagi kuch transformatorlari chulg'amlarining mexanik holatini baholash uchun qurilma yordamida olingan TRD-16000/35 transformatorining PK o'rashining xarakteristikasi 3-rasmda (qattiq chiziq) ham ko'rsatilgan. Ko'rib turganingizdek, haqiqiy xarakteristikada bir xil chastota diapazonida rezonanslar mavjud [20]. O'rash modelining chastota ta'sirida daraja bo'yicha haqiqiydan sezilarli farqlarni kuzatish mumkin, ammo shuni ta'kidlash kerakki, o'rashning sezilarli deformatsiyalari bilan rezonans chastotalari o'zgaradi va bu parametr holatni tashxislashda eng muhimi hisoblanadi.

XULOSA

Xulosa qilib aytish mumkinki, radial, aksenel va geometrik modellar elliptik deformatsiyalar kuch transformatorlarini loyihalashda elektrodinamik kuchlarni hisoblash uchun bu deformatsiyalarni hisobga olish va kuch transformatorlarining ishlashi paytida sodir bo'lgan chulg'amlarning geometriyasidagi o'zgarishlarni hisobga olish imkonini beradi.

REFERENCES

1. Киншт Н.В., Кац М.А. Некоторые вопросы расчета электрических цепей со взаимными индуктивностями // ЭЛЕКТРО. 2009. № 5. С. 8–12
2. Лурье А.И. Электродинамическая стойкость трансформаторов и реакторов при коротких замыканиях / А.И. Лурье, М., 2005. 520 с.
3. Богомолов В.С., Касаткина Т.Е., Кустов С.С. Анализ причин повреждений и результаты обследования технического состояния трансформаторного оборудования // Вестник ВНИИЭ. 1997. С. 25–32.
4. Александров Н.М., Хренников А.Ю., Радин П.С. Dependability of Service of Substation Electrical Equipment: Estimation of the Technical Condition State with the Use of Soft-ware and Information Tools // Engineering in Dependability of Computer Systems and Networks. 2018. С. 289–298.
5. Васютинский С.Б. Вопросы теории и расчёта трансформаторов / С.Б. 122 Васютинский, М.: Энергия, 1970. 432 с
6. Александров Н.М., Хренников А.Ю., Рябин Т.В. Diagnostic methods for detection of electrical equipment's faults, defects // Материалы докладов конференции «International Conference on Condition Monitoring, Diagnosis and Maintenance 2017 - CMDM 2017 (4th edition)». 2017.
7. В.Х.Қо'ққаров, В.С.Ғазлиддинов. Elektr taminoti ishonchliligi va foydalanish barqarorligini oshirish usullari. "Zamonaviy fizika va astronomiyaning muammolari, yechimlari, o'qitish uslublari" mavzusidagi ilmiy-amaliy anjuman (2022 yil 12 aprel) - T.: TDPU, 2022.
8. В.Х.Қо'ққаров, В.С.Ғазлиддинов. "Kuch transformatorlar chulg'amlari mexanik holatini baholashda turli usullar taklif etish". Наманган муҳандислик қурилиш институтида "Энергетика соҳасини ривожлантиришда муқобил энергия манбаларининг роли" мавзусида Вазирлик миқёсидаги илмий-амалий конференция- 2022-йил.
9. S.I. Vlasov, F.A. Saparov, B.Kh. Kuchkarov. (2009). Effect of the semiconductor-insulator interface on the characteristics of the metal-insulator-semiconductor structures. "Uzbekiston Fizika Zhurnali", 11(3), 203-206.

10. S.I. Vlasov, A. V. Ovsyannikov, B.Kh. Kuchkarov. (2012). Influence of thermo cyclic treatments on SiO₂-Si interface properties in Al-SiO₂-n-Si structures. "Uzbekiston Fizika Zhurnali", 14(1), 20-22.
11. О.О. Маматкаримов, Р.Х. Хамидов, Р.Г. Жабборов, У.А. Туйчиев, Б.Х. Кучкаров. (2012). Релаксационные изменения подвижности и концентрации носителей заряда в Si с глубокими примесными уровнями при воздействии импульсного давления. "Физическая инженерия поверхности", 10(4), 418-422.
12. SI Vlasov, AV Ovsyannikov, BK Kuchkarov - Uzbekiston Fizika Zhurnali, 2012. Influence of thermo cyclic treatments on SiO₂-Si interface properties in Al-SiO₂-n-Si<Ni> structures; 14(1), 20-22.
13. О.О. Маматкаримов, Р. Х. Хамидов, Р. Г. Жабборов, У. А. Туйчиев, Б. Х. Кучкаров. (2012). Релаксационные изменения подвижности и концентрации носителей заряда в Si с глубокими примесными уровнями при воздействии импульсного давления. "Науковий фізико-технологічний центр МОН та НАН України", 10(4), 418-422.
14. D.ENazirov, S.I. Vlasov, B.Kh. Kuchkarov, K.U. Bobokhuzhaev. (2013). Influence of gadolinium on the electric properties on the interphase boundary of silicon-silicon oxide. "Science and world", 12 (88), 26-28.
15. Сергей Игоревич Власов, Бекзод Хошимович Кучкаров. (2015). Влияние термоциклических обработок на свойства границы раздела SiO₂-Si в Al-SiO₂-n-Si<s> структурах. "Educatio", 3 (10)-9.
16. Сергей Игоревич Власов, Бекзод Хошимович Кучкаров. (2016). Управляемый конденсатор на основе структуры металл-стекло-полупроводник. "Восточно-европейский научный журнал", 6(3), 144-146.
17. I.G Tursunov, BH Kuchkarov. (2016). The influence of the profile of impurity distribution on the parameters of varactors subjected to full hydrostatic compression. "Uzbekiston Fizika Zhurnali", 18(5), 322-325.
18. Behzod Khoshimjonovich Kuchkarov, Odiljon Ohundedaevich Mamatkarimov. (2019). Influence of ultrasonic action on the rate of charge formation of the inversion layer in metal-glass-semiconductor structures. "Vestnik KRAUNC. Fiziko-Matematicheskie Nauki", 29(4), 125-134.
19. Behzod Khoshimjanovich Kuchkarov, Odiljon Ohundedaevich Mamatkarimov, Abrorbek Abdulloxonovich Abdulkhayev. (2019). Relaxation dependence of the capacity of a three-layer structure in the process of charge formation of an inversion layer. "Scientific Bulletin of Namangan State University", 1(6), 26-33.
20. Б.Х Кучкаров. (2019). Влияние ультразвукового воздействия на скорость формирования заряда инверсионного слоя в структурах метал-стекло-полупроводник. "Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки", 29(4), 125-134.