



TRANSFORMATORLARNING ISHLASH JARAYONLARIDA TEMPERATURANING O'ZGARISHI VA UNING TA'SIR NATIJASIDA MAGNIT O'ZAKNING FERROMAGNIT XUSUSIYATINI YO'QOTISH SABABLARI

San'at Tog'aymurodov [0009-0003-5345-8250]

*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti, Elektr energetikasi kafedrası doktoranti.
E_mail: togaymurodovsanat1509@gmail.com*

Anotatsiya. Ushbu maqolada transformator magnit o'zakalarining temperatura xarakteristikallari o'rganiladi. Temperaturaning magnit o'tkazuvchanlikka, histerezis, Curie nuqtasi va yo'qotishlariga ta'siri eksperimental va nazariy jihatdan tahlil qilinadi. Olingan natijalar transformatorlar samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: harorat, histerezis maydon, magnit induksiyaga, Curie nuqtasi, ferromagnit holat, nanokristall materiallar, temperaturaviy barqarorlik, spinlar, tashqi magnit maydon, optimal material.

Аннотация. В этой статье будут рассмотрены температурные характеристики магнитных сердечников трансформаторов. Влияние температуры на магнитную проницаемость, гистерезис, точку Кюри и потери анализируются экспериментально и теоретически. Полученные результаты важны для повышения эффективности трансформаторов.

Ключевые слова: температура, поле гистерезиса, магнитная индукция, точка Кюри, ферромагнитное состояние, нанокристаллические материалы, температурная стабильность, спины, внешнее магнитное поле, оптимальный материал.

Abstract. In this article, the temperature characteristics of the magnetic cores of transformers will be considered. The effect of temperature on magnetic permeability, hysteresis, Curie point, and losses are analyzed experimentally and theoretically. The results obtained are important for improving the efficiency of transformers.

Keywords: temperature, hysteresis field, magnetic induction, Curie point, ferromagnetic state, nanocrystalline materials, temperature stability, spins, external magnetic field, optimal material.

Kirish

Transformatorlar elektr energiyasini uzatish va taqsimlash tizimlarida asosiy elementlardan biridir. Ularning ishonchligi va samaradorligi ko'p jihatdan magnit o'zaklarining fizik va magnit xossalriga bog'liq. Ayniqsa, haroratning o'zgarishi magnit xossalarga bevosita ta'sir qiladi. Shu bois, temperatura xarakteristikasining chuqur o'rganilishi muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Transformator magnit o'zaklari ko'pincha quyidagi materiallardan tayyorlanadi:

- elektrotexnik po'lat (silitsiyli po'lat);
- amorf;
- nanokristall materiallar.

Uslubiyat

Bu materiallarning magnit xossalari - magnit o'tkazuvchanlik (μ), histerezis yo'qotishlari, girdobiy tok yo'qotishlari va Curie nuqtasi kabi asosiy parametrlarga bog'liq bo'ladi. Ushbu parametrlarning nominal holda bo'lishi transformatorlardagi ortiqcha isroflarni oldini oladi [1]. Transformatorlarning magnit o'zagining o'tkazuvchanligi odatda harorat oshganda μ kamayadi, bu esa magnit induksiyaning kamayishiga olib



keladi. Magnit induksiyaning pasayishi va yoqolishi tashqi elektr maydonni susayishiga sabab bo'ladi. Yo'qotishlar histerezis va girdobiy tok yo'qotishlari harorat bilan ortishi mumkin, ayniqsa sovitish tizimi yaxshi ishlamasa, issiqlikka aylangan energiya miqdori ortib boradi. Ayni shu sabablar tufayli ham materiallarning Curie nuqtasini aniq haroratlarini bilish lozim. Curie nuqtasiga yaqinlashganda material ferromagnit holatdan paramagnit holatga o'tadi. Bu esa transformatorida elektromagnit induksiya hodisasini to'liq amalga oshirishga imkon bermaydi va bu o'znavbatida transformatorni foydali ish hajmini kamaytiradi [2,3]. Tadqiqotlar turli haroratlarda transformator po'latlarining magnit induksiya-g'ayriteskari kuch (B-H) egri chiziqlarini o'lchash orqali olib borildi. Shuningdek, histerezis maydoni kengaygani kuzatildi, bu esa energiya yo'qotishining oshganini bildiradi. Quyida ikki formulamiz orqali maksimal magnitlanish miqdorini haroratga bog'liqligini ifodalashimiz mumkin bo'ladi.

$$M(T) = M_0 \cdot \left(1 - \left(\frac{T}{T_c}\right)^B\right) \quad (1)$$

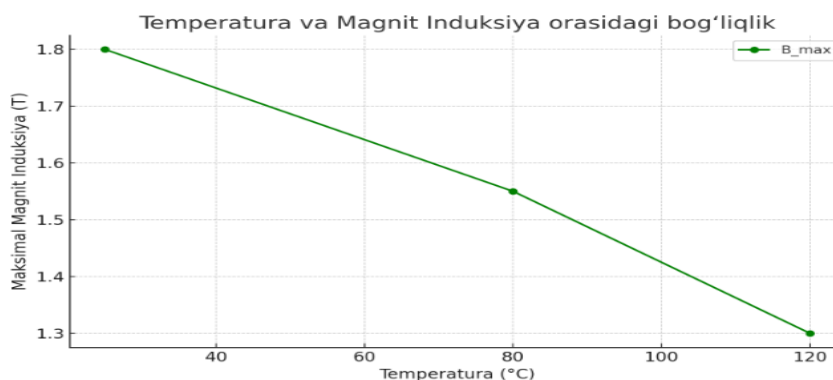
M_0 - Maksimal magnitlanish, B - Kritik eksponent (odatda 0.3 - 0.4), $T < T_c$ uchun maksimal magnit induksiya va temperaturani bog'liqligini ko'ramiz. Maksimal magnitlanishdan kelib chiqqan holda 1-formulamiz orqali magnitlanish jarayonini temperatura o'zgarishiga mutanosibligini ifodalasak bo'ladi. Magnitlanishdan yuzaga keladigan issiqlik miqdoridan tashqari transformator yadrosidagi issiqlik yo'qotilishlarining joul qiymati ham ancha sezilarli miqdorda ekanligini 2-formulamiz orqali isbotlashimiz mumkin [4].

$$P_{fe} = k_h \cdot f \cdot B_{max} \cdot k_e \cdot f^2 \cdot B_{max}^2 \quad (2)$$

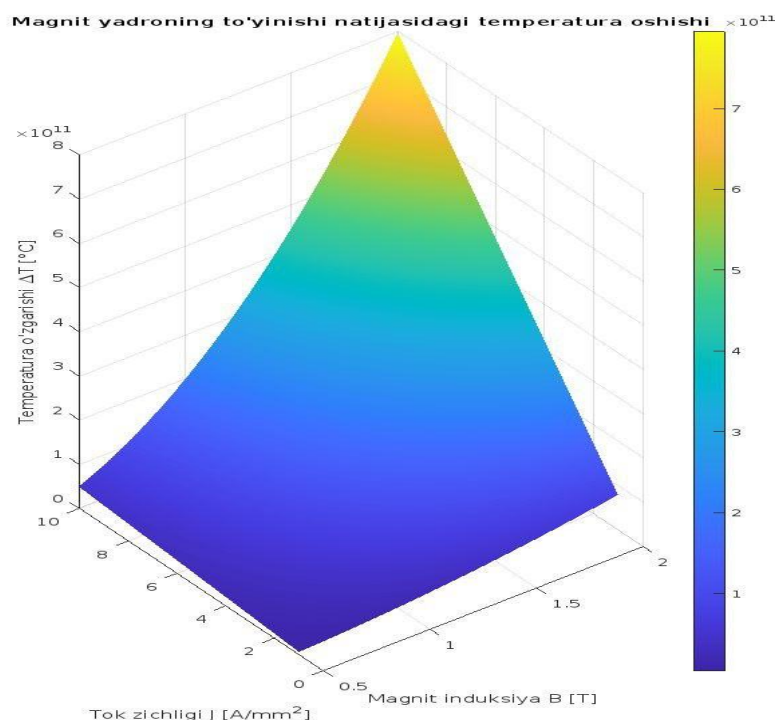
P_{fe} - magnit yadroda issiqlik yo'qotishlari (W/kg), k_h - gisterezis yo'qotishlarining koeffitsiyenti, f - chastota (Hz), B_{max} - maksimal magnit induksiya (T), k_e - girdob tok yo'qotishlarining koeffitsiyenti. Umuman olib qaraganda transformatorlardagi energiya isroflari asosan issiqlik energiyasi yo'qotilishlaridan kelib chiqadi degan xulosaga kelishimiz mumkin. Ushbu issiqlik va elektr energiyasi o'rtasidagi tafovut $wt \cdot s$ va $kwt \cdot soat$ bog'lanishidan kelib chiqib aniqlab olsak bo'ladi. Transformatorlardagi issiqlik va magnit induksiya orasidagi quyidagi o'lchangan proporsional qiymatlarimiz asosida parametrlarning bog'liqlik infografiyalarini ko'rib chiqaylik.

1-jadval.

Temperatura (°C)	Maksimal magnit induksiya B_{max} (T)
25	1.8
80	1.55
120	1.3



1-rasm. Transformatorlarda magnit maydon induksiya haroratga bog'liqlik grafiqi.

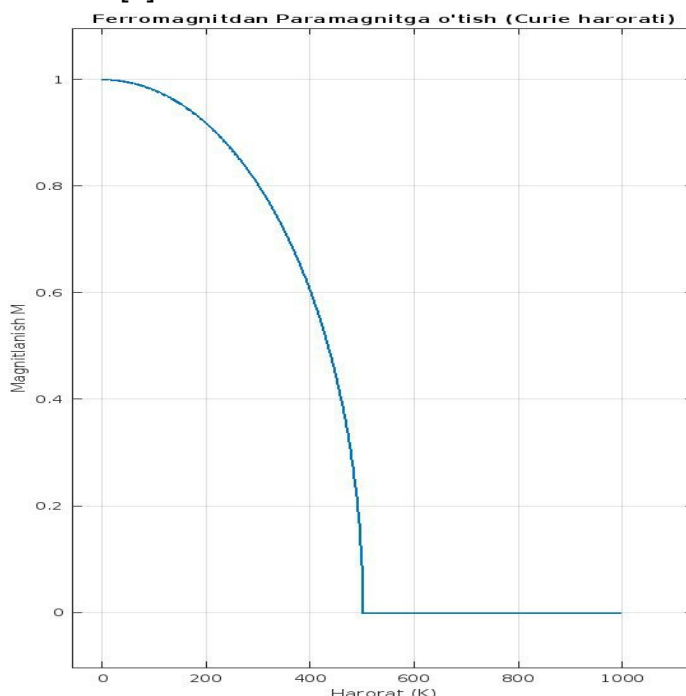


2-rasm.Transformator magnit yadrosining to'yinishida hosil bo'ladigan issiqlikning simulyatsiyasi.

Ushbu 2-rasmda MATLAB asosidagi 3D simulyatsiyada transformator magnit yadrosining to'yinish holatida hosil bo'ladigan issiqlikning (temperatura oshishining) magnit induksiya (B) va tok zichligi (J) ga bog'liqligi tahlilidan ko'rinadiki, simulyatsiya natijalariga ko'ra quyidagi muhim xulosalarni olish mumkin bo'ladi. Magnit induksiya oshgan sari temperatura sezilarli darajada ortadi. Bu, ayniqsa, $B > 1.5$ T oralig'ida o'zini yaqqol namoyon qiladi, bu esa magnit yadroning to'yinish zonasiga yaqinlashganligini bildiradi. Tok zichligining ortishi ham transformator yadrodagi issiqlik hosil bo'lishini kuchaytiradi. Bu elektromagnit yo'qotishlar va issiqlik tarqalish jarayonlarining chiziqli bo'lmagan bog'liqligi bilan tushuntiriladi. Magnit energiya zichligi ham tobora kamayib uning issiqlikka aylanishini ko'rishimiz mumkin. Bu energiya yo'qotilishi, ayniqsa yuqori magnit induksiya va tok zichligi qiymatlarida katta bo'lib, transformator ishlashi davomida yadro haroratining xavfli darajada ko'tarilishiga olib kelishi mumkin. Temperatura o'zgarishi grafigi transformator konstruksiyasini loyihalashda magnit induksiya va tok zichligi uchun xavfsiz ishlash chegaralarini aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa, yuqori zichlikdagi yuklamalar uchun issiqlik tarqalishini yaxshilash zarurligi ko'zga tashlanadi. Simulyatsiya issiqlik taqsimotining fazoviy (B-J) bo'ylab tahlilini berib, magnit material tanlovi, sovitish tizimlari dizayni va energiya samaradorligini oshirish bo'yicha qarorlar qabul qilishda foydali vosita bo'la oladi. Shuning uchun material tanlashda Curie nuqtasi yuqori bo'lgan moddalardan foydalanish kerak. Bu ishlatiladigan material ishlash vaqtini ortishiga ortiqcha yoqotishlarni kamayishiga olib keladi. Transformatorlarning sovitish tizmlari ham uning normal holda ishlashiga katta yordam beradigan eng asosiy omillardan biri bo'lsada, transformatorning ichki jarayonlarida kuzatiladigan induksiyaviy hodisalar uning samarali ishlashi uchun eng birlamchi parameter hisoblanadi. Yangi avlod nanokristall materiallar past yo'qotishlar va yuqori temperaturaviy barqarorlik ko'rsatib, ular yuqorida keltirilgan muammolarga asosiy yechim bo'lib kelmoqda. Ferromagnit moddalar



(masalan, temir, nikel, kobalt)-bu tashqi magnit maydonsiz ham o'zida doimiy magnitlanish saqlab qoladigan materiallardir. Ularning ichida atom magnit momentlari (spinlari) bir yo'nalishda tartiblangan bo'ladi. Moddaga harorat oshirilsa, undagi issiqlik harakati ortadi. Bu harakat atomlar orasidagi magnit tartibni buzadi. Shunday qilib, harorat yetarlicha yuqorilaganda spinlar betartiblanadi va umumiy magnitlanish keskin kamayadi [5]. Materialning fizik va kimyoviy xossalari ham haroratga bog'liq tarzda o'zgaradi va uning magnit xossalari hisoblangan magnit singdiruvchanlik va magnit sochilish asta sekin kamayib boradi. Ferromagnit materiallarning kristal panjaralari juda ham zich joylashganligi sababli hizertizes hodisasini borish jarayoni ancha jadal bo'lib, bu temperaturaga to'g'ri proporsional miqdor hisoblanadi. Yuqoridagilarni hisobga olgan holda ularni tekshirib ko'ramiz. Ferromagnit materialning qizish jarayonini va uning o'zini magnit xususiyatlarini yoqolib borish jarayonini quyidagi infografik ma'lumotlar orqali aniqlab olsak bo'ladi. Avvalo matlab dasturiga magnitlanishning temperaturaga bog'liqlik kodini matlab dasturiga kiritamiz va uning simulatsiyasini hosil qilib olamiz. Uning magnitlanish jarayonini vaqtga bog'lanish grafigini 3-rasmda to'liq ko'rishimiz mumkin bo'ladi [6].



3-rasm. Ferromagnit materialning Curie haroratiga chiqqandagi grafigi.

3-rasm ferromagnit har qanday materialning Curie harorati mavjudligini aks etadi. Materiallarning magnitlanishi va materiallarning magnit singdiruvchanligi transformatorlarning magnit o'zaklarining uzoqroq xizmat qilishini va unga sarflanadigan ekspulatsiya xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladigan eng asosiy omillardan biri bo'la olar ekan. Ferromagnitlarning tarkibiy xossalari va ularning magnit singdiruvchanligi kabi omillar ularning loyihalash ishlarida va konstruksiyasida doim inobatga olish lozim. Magnit singdiruvchanlik va transformatorlarning temperatura xarakteristikasini baholashda asosan magnit o'zaklarda boradigan yuqoridagi jarayonlar orqali yuzaga kelib, ortiqcha ajraladigan issiqlik miqdori va boshqa energiya isroflariga olib boradigan yo'qotish nuqtasi desak xato bo'lmaydi. Transformatorlarning nominal holda ishlashi va uning yuklama koeffitsientini stabil holda bo'lishi issiqlik va magnit isroflarini yuzaga chiqishiga yo'l qo'ymaydi.



Xulosa

Xulosa o'rnida shuni aytsak bo'ladiki, transformatorlarning ishlash jarayonida ularning temperatura xarakteristikalari chuqur tahlil qilish, ularning ishlash vaqtini va samaradorligini oshiradi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, transformatorning ishonchli va samarali ishlashi ko'p jihatdan uning issiqlik rejimiga bog'liq. Haroratning ortishi transformatorning izolyatsiya va ferromagnet o'zagining ishlash tizimiga salbiy ta'sir ko'rsatib, xizmat muddatini qisqartiradi hamda avariya holatlarning yuzaga kelish ehtimolini oshiradi. Maqolada o'tkazilgan tahlillar asosida transformatorlarning ferromagnet o'zagining issiqlik tavsiflarini va Curie nuqtasini aniqlash va ularni optimallashtirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqildi. Natijalar transformatorlarning ishonchligini oshirish, energiya yo'qotishlarini kamaytirish va ularni ekspluatatsiya qilishda samarali monitoring tizimini joriy etish uchun muhim asos bo'lib xizmat qiladi.[8]

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1]. Abror Q. Research and Analysis of Ferromagnetic Circuits of a Special Purpose Transformer // Fazliddin, A., Tuymurod, S., & Nosirovich, OO (2020). Use of Recovery Boilers At Gas-Turbine Installations Of Compressor Stations And Thyristor Controls. The American Journal of Applied sciences. – 2020. – T. 2. – №. 09.46-50.
- [2]. Abror Q. Development of Magnetic Characteristics of Power Transformers // Fazliddin, A., Tuymurod, S., & Nosirovich, OO (2020). Use Of Recovery Boilers At Gas-Turbine Installations Of Compressor Stations And Thyristor Controls. The American Journal of Applied sciences. – 2020. – T. 2. – №. 09. – C. 46-50.
- [3]. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari // Toshkent nashriyoti-2011 yil, 377-383 betlar.
- [4]. Carlsson A. Power Transformer Design Fundamentals, ABB Transformers // Ludvika, 2000y
- [5]. Zhang X. and Gockenbach E. Transformer Diagnostic and Assessment Methodology // In Conference Record of the 2008 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, 2008. ISEI 2008, 2008, p.128
- [6]. Munir B.S., Smit J.J., and Rinaldi I.G.M.R. Diagnosing winding and core condition of power transformer by vibration signal analysis // In 2012 International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD), 2012, pp.429–432.