

3-ma'ruza: Transformatorlarda bo'ladigan fizik jarayonlar

Reja:

1. Ishlash usuli
2. Gisteriza sirtmog'ini hosil qilish

Transformator ishlashini tushunib olish uchun oldin magnetizm qonunlari asosini tushunib olishimiz kerak bo'ladi. Transformator qanday ishlashini bilish uchun esa mukammal transformator qanday ishlashini ko'rib chiqamiz. Shunday qilsak tok yo'qolishi yoki oqib ketishini e'tiborga olmagan bo'lamiz (masalan, o'tkazgichlar qarshiligi Joul effektini hosil qilgani uchun transformator qizib ketganda, zanjir o'rtasidagi dispersiya oqimida shunday bo'ladi).

Transformator ishlashi elektr toki bilan magnit maydoni bir-biriga bog'liqligiga asoslanadi. Transformator ishlashini tushuntiradigan fizik hodisa – magnit induksiyasi bo'ladi. Magnit induksiyasi nimaligini esa magnit induksiya qonuni yoki Faradey-Neyman-Lens qonunidan bilib olamiz (qonun uni kashf qilgan olimlar nomi bilan ataladi).

Bu qonunga ko'ra yopiq elektr zanjirida u bilan bog'langan **B** magnit induksiya maydonidagi oqim o'zgarganda ma'lum vaqtda (o'zgarish tezligiga qarab) o'ramdagi magnit induksiya oqimidan hosil bo'ladigan tokni olasiz.

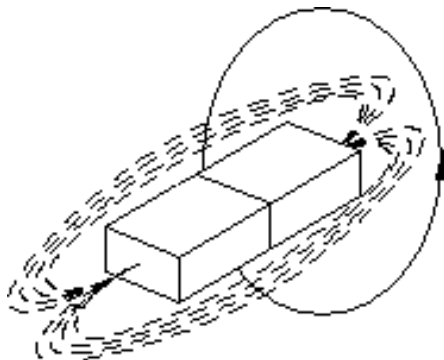
Buning formulasini quyidagichi yozsak bo'ladi:

$$i = - \frac{1}{R} \frac{d\Phi(B)}{dt}$$

Agar o'ram bir oz uzilib qolsa uning uchidagi kuchlanish farqi o'zgarganda oqimdan olinganga teng bo'ladi. Buning formulasini quyidagicha yozamiz:

$$e = - \frac{d\Phi(B)}{dt}$$

Bu qonunni 1-a rasmda ko'rsatilgan oddiy tajriba bilan (sifat jihatidan) tekshirib ko'rsak bo'ladi.

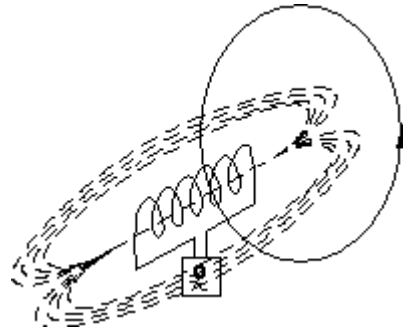


O'ramdagi doimiy magnit maydonidan o'zgaruvchan tok hosil bo'lishi

1-a rasm

Uchi o'rtadagi chizig'i nol bo'lgan millivoltmetrga tutashtirib qo'yilgan o'ram o'rtasida magnit aylanib turadi. O'ramni kesib o'tadigan oqim bog'langan oqim deyiladi. Kuchlanish musbat yoki manfiy bo'lishi mumkinligini ham aytib qo'yish kerak. Zanjir bilan bog'liq oqim ko'payganda kuchlanish musbat bo'ladi (magnit o'ramga yaqinroq bo'ladi), bog'langan oqim kamayganda esa kuchlanish musbat bo'ladi (magnit induksiya qonunida bu oluv bilan belgilab qo'yiladi)

Buni o'ramda aylanayotgan tok nuqtai nazaridan ham tushuntirish mumkin. Bog'liq oqim o'zgarishi musbat (oqim kamayganda) yoki manfiy (oqim ko'payganda) bo'lishiga qarab tok soat mili tomonga yoki soat miliga teskari aylanadi.

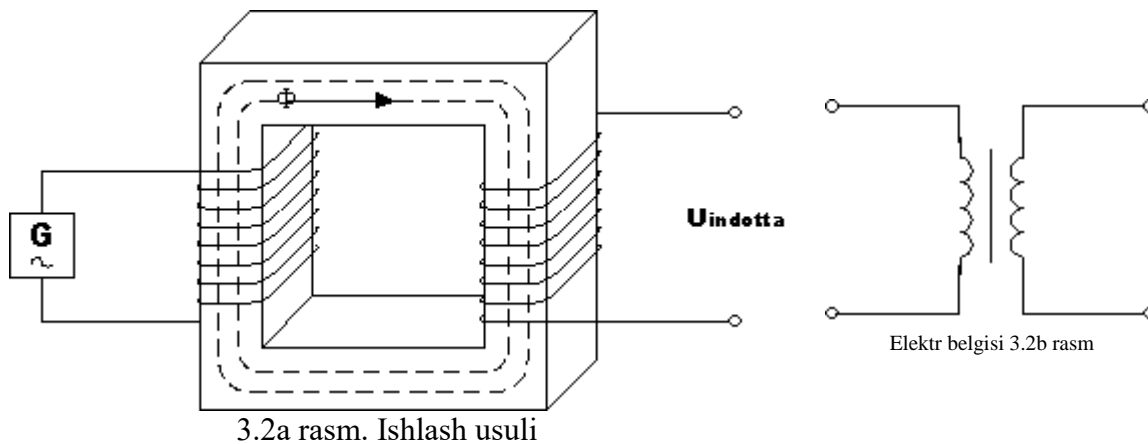


Boshqa zanjirdagi o'zgaruvchan tokdan bo'ladigan o'ramdagi o'zgaruvchan tok

1-b rasm

Magnit induksiya hodisasi transformatorida 1 b) rasmda ko'rsatilgandek ishlatiladi. Induksionlashgan zanjir bilan bog'liq oqim o'zgarishi o'zgaruvchan tok oqayotgan boshqa zanjirda bo'ladi. Transformatorni qismlari harakat qilmaydigan statik mashina deyish mumkin.

3.2-rasm. a) transformator ishlashini ko'rsatadigan chizma



3.2a rasm. Ishlash usuli

Oldin ikkita elektr zanjirni bilib olamiz: chapdagi rasmda ko'rsatilgan, o'zgaruvchan tok generatoriga ulangan birinчисini birlamchi zanjir deymiz. O'ngdagi rasmda ko'rsatilgan, elektrga ulanmagan (uni keyinroq yuklanishga ulaymiz) ikkinchi sxemani esa ikkilamchi zanjir deymiz.

Birlamchi zanjir o'zgaruvchan magnit induksiyasini hosil qiladi, shuning uchun uni induktiv zanjir deymiz.

Ikkilamchi zanjirda esa elektromagnit kuch (f.e.m.) qo'zg'oladi va shuning uchun uni qo'zg'olgan zanjir deymiz.

Ikkita zanjir o'rtasida turadigan metall massa ferromagnit materialdan (asosan temir bilan ozroq kremniy qotishmasidan) iborat bo'ladi va ferromagnit o'zak deyiladi (ferromagnit o'zakning tuzilishi 7-bandda aytilgan). Birinchi zanjirda tok bo'lgani uchun magnit qo'zg'olish oqimining yo'li ikkinchi zanjir bilan bog'langan bo'ladi, V maydon vaqtga qarab o'zgaruvchan bo'lgani uchun d.d.p. qo'zg'oladi va bu qo'zg'olishni zanjir uchida o'lchash mumkin.

Shu d.d.p. kattaligi qancha? Zanjirdagi g'altak o'rami, biz o'rganayotgan holatda esa, ikkilamchi zanjirdagi g'altak o'rami, ketma-ket joylashadi, shuning uchun agar Lens qonunida aytilgan f.e.m. e_2 bilan belgilangan N_2 f.e.m. o'ramlarda qo'zg'olsa $N_2 \cdot d\Phi(B)/dt$ qo'zg'oladi.

Birlamchi zanjir uchidagi taqsimlovchi elektr tarmoqdan keladigan kuchlanish bilan ikkinchi zanjirdagi kuchlanish o'rtasida koeffisient bor.

Birlamchi zanjir bilan ikkilamchi zanjir o'rtasida elektr ulanish bo'lmagani bilan magnit ulanish bo'lishiga e'tibor qiling.

Elektromagnit induksiya hodisasi

Elektromagnit induksiya hodisasi transformator nazariyasining asosini tashkil qiladi.

Elektromagnit induksiya hodisasi ikki shaklda namoyon bo'ladi:

1) Faradey ta'rifi. «Vaqt bo'yicha o'zgarish bo'lgan magnit maydon kuch chiziqlarini biror tezlik bilan kesib o'tayotgan o'tkazgichda hosil bo'lgan EYuK ning qiymati magnit induksiya B ga, o'tkazgich uzunligi l ga va uning harakat tezligi v ga to'g'ri mutanosib bo'ladi, ya'ni $E = Blv$ ».

2) Maksvell ta'rifi. «Magnit oqimi bilan ilashgan berk o'tkazgichdagi EYuK ning qiymati magnit oqimi o'zgarish tezligining kattaligiga teng, ya'ni $e = -d\Phi/dt$ ».

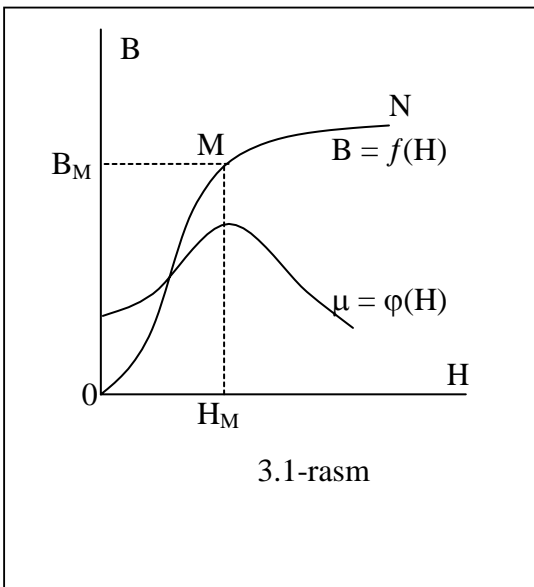
[Izoh: Bundagi EYuK ning yo'nalishi rus olimi Lyens kashf qilgan prinsip (qoida) bo'yicha aniqlanadi, ya'ni berk o'tkazgich bilan ilashadigan magnit oqim $(d\Phi/dt) > 0$ bo'lganda berk o'tkazgichda vujudga keladigan EYuK ning ishorasi «minus» bo'lib, $(d\Phi/dt) < 0$ bo'lganda esa uning ishorasi «plyus» bo'ladi].

oddiy bir fazali ikki chulg'amli kuchlanishni pasaytiruvchi transformator magnit o'tkazgich va uning o'zaklariga joylashtirilgan o'ramlar soni W_1 bo'lgan YuK (birlamchi) va o'ramlar soni W_2 bo'lgan PK chulg'amlarni tasvirlash o'ng'ay bo'lishi uchun ular har xil o'zakda joylashtirilgan holda ko'rsatilgan. Real transformatorlarda magnit bog'lanishni yaxshi ta'minlash uchun PK va YuK chulg'amlar bitta o'zakda joylashtiriladi.

Gisteriza sirtmog'ini hosil qilish

Toki va magnit okimi nohizik boglangan ferromagnit element nohizik induktiv galtak yeki oddiy kilib nohizik induktiv deb ataladi va $L(i)$ bilan belgilanadi (1,b-rasm). Parametr $L(i)$ ning nohizikligi asosan, induktiv galtak joylashgan muxitning magnit singdiruvchanligi μ ning magnitmaydonkuchlanganligi kattaligiga bog'likligidan kelib chikadi. Agar chizikli induktiv galtaklarda L induktiv tok xosil kilgan magnit kuch chiziklari xavo orkali tutashsa, nohizik induktiv galtak magnit maydonining kuch chiziklari galtak kiygizilgan berk pulat uzak buylab tutashadi. Nohizik galtakdagi tok (shuningdek, kuchlanganlik N) orta borishi bilan uning pulat uzakda xosil kilgan magnitaviy kuch chiziklarining (magnitaviy induksiyasi V) solishtirma zichligi xam orta boradi, ammo V va N larning uzgarishi pulat uzak magnitlanish egri chizigi $B=f(H)$ ning fakat ayrim uchastkalaridagina proporsional buladi.

8-rasmda pulatning ideallashtirilgan magnitlanish egri chizigi $B=f(H)$ bilan magnitaviy singdiruvchanligining uzaro boglanishining egri chizigi $\mu=\varphi(N)$ kursatilgan. Bu egri chiziklardan kurinadiki $H > H_m$ bulganda magnitaviy induksiya V ning usishi keskin sekinlashadi (pulatning tuyinish effekti, ya'ni ortikcha magnitlanmasligi sodir buladi), bu esa pulatning magnitaviy singdiruvchanligi μ ning kamayishiga olibkeladi.



Demak, magnitaviysingdiruvchanlik

□ ga proporsioal bulgan ferromagnit elementning induktivligi L magnit maydonning kuchlanganligi (yeki uzakni magnitlovchi toki) kanchalik katta balsa, shunchalik kichik buladi. Bunda pulat uzakning fakat ferromagnit elementning uz toki bilan magnitlanishi shart emas. Kuchlanganlik N ni orttirishga pulat uzakni birinchi galtak bilan induktiv boglangan kushimcha galtakning toki bilan magnitlanish xisobiga erishish mumkin. Bu muxim xolatdagi ferromagnit kuchaytirgichlarda ishlatiladigan boshkaruvchi nochizik induktivliklarni xosil kilishdafoydalaniladi(3.1- rasm).

chunki u pulat uzakning boshlangich magnitlanish jaraenining fakat bitta yunalishini aks ettiradi ($H > 0$, $B > 0$). Magnitlovchi tok berilguncha kadar uzak magnitsizlanadigan xolatda edi. OK uchastkada pulat uzakning xususiy magnit maydonini xosil kiluvchi ferromagnit moddada elementar toklar xosil kilish uchun tashki magnit maydon tomonidan biror kushimcha magnitlovchi kuch ta'sir ettirish talab etiladi. KM uchastkada tashki maydon kuchlanganligi N ning ortishi elementar toklarning yanada jadalrok orientatsiyalanishiga, ya'ni induksiya V ning keskin ortishiga sabab buladi. Ferromagnit moddaning M nuktadan keyingi magnitaviy xolati shundayki, barcha elementar toklar allakachon tashki maydonga moslangan buladi va ularning magnit maydonlari tashki manba xosil kilgan tashki maydon yunalishi bilan mos tushadi.

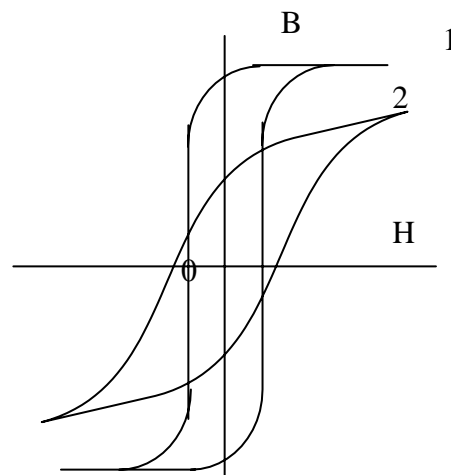
Qolgan elementar toklar tashki maydonning katta kuchi xisobiga manzillanadi, chunki pulat uzakning tuyinishi boshlanadi. Agar nochizik galtakning pulat uzak kup marta kayta magnitlansa, axvol birmuncha boshkacha buladi. Magnitlovchi tok uzgaruvchan bulganda magnitlovchi kuchning (magnit maydon kuchlapnganligining)kattaligi va yunalishi davriy uzgarganda ferromagnit element $L(i)$ uzagi magnit xolatining uzgarishi kursatilgan. Boshlangich magnitlanish uzakning magnit xolatini (ON egrichizik buyicha) tuyinish nuktasi N ga keltirgan deylik. Endi ana shu nuktadan boshlab kuchlanganlik N ni musbat maksimum ($+N_{max}$) dan to manfiy maksimum ($-N_{max}$) gacha kamaytira boshlaymiz. Bunda magnitlanishning kaytish egrichizigi $+N$ to $N = 0$ gacha magnitlanishning tugri yulidan (ya'ni $N_1 0$ traektoriya buylab) kaytmasdan N , m egrichizigi buylab ketadi. Bunga binoan tashki maydon

kuchlanganligi $N=0$ koldik funksiya deb ataladigan $V=V_k \neq 0$ nuqtaga tugri keladi. Koldik induksiya ferromagnit ilgari manzillangan elementar toklardan bir kismning saklanganligi, ya'ni pulat uzak xususiy magnit maydonining elastik kuchlari borligi sabab buladi. Koldik induksiya V ni yukotish uchun $V = 0$ bulganda $N = -N_k$ ga teng (nuqta n) magnitsizlovchi kuch ($N < 0$) kerak buladi. Tashki maydon kuchlanganligining kattaligi $N = N_k$ ko'rsituvchi kuch deb ataladi. Magnit maydon kuchlanganligi N ning manfiy qiymatlar zonasida bundan keyingi kamayishi n_{su} egri chizigi buyicha borib, ferromagnit uzakdagi elementar toklari teskari yunalishda manzillanishiga majbur etadi, teskari kutblikdagi ichki magnit maydon xosil kiladi ($V < 0$). Kayta tugri magnitlashda, ya'ni kuchlanganlik $-N_{max}$ danto $+N_{max}$ gacha ortganda, xuddi shunga uxshash karama-karshi yunalishda elastik kuch namoen bulgandagina tasvirlovchi nuqtaning xarakati S_1N_2 traektoriyasi buyicha utadi. Navbatdagi kayta magnitlanish sikli xam xuddi shunday utadi, ammo $N_2S_2N_3$ sirtmokka bir oz siljigan buladi. Gisterezis sirtmogini deb ataladigan bu sirtmok 8-10 sikldan sung tutashib, berilgan maksimum kuchlanganlik ($\pm N_{max}$) uchun uzgarishsiz koladi. Kurib turibmizki, uzakni siklik kayta magnitlashda uzak materialidagi elastik kuchlarni ushanday sikl bilan yengiladi. Buning uchun nochizik induktivlik $L(i)$ ni ta'minlanatgan e.yu.k. (yeki tok) manbai xosil kilgan tashki maydon energiyasining bir kismi sarf buladi. Elastik kuch bilan tashki magnit maydonning uzaro ta'siri gisterezis isrofi deb ataladigan tegishli P_g aktiv kuvvatning isrof bulishiga sabab buladi. Gisterezis kuvvat isrofi P_g gisterezis sirtmogining yuzasiga tugri proporsionaldir. Bu kuvvat isrofiga, ya'ni nochizik galtakning pulat uzagida tashki maydon induktivlagan utkazuvchanlik toki tufayli uyurma tok isrofi deb ataladigan aktiv kuvvat isrofi P_u xam kushiladi. Bu toklar magnit maydonining kuch chiziklariga perpendikulyar yunalgan buladi. Shuning uchun uyurma toklar tufayli xosil bulgan kuvvat isrofini kamaytirish maksadida ferromagnit elementlarning uzaklari (masalan, transformatorlar, elektr mashinalar va x.k.) elektr izolyatsiyalangan aloxida elektrotexnikaviy pulat tunukalardan dastlab yigilgan buladi. Manba tokining chastotasi kanchalik katta bulsa, tunuka shunchalik yupka olinadi.

Gisterezis sirtmogining shakli va yuzasi uzakning materialiga va ferromagnit element (nochizik induktivlik) ning ishlash rejimiga va vazifasiga karab tanlanishi mumkin. Barcha ferromagnit materiallar ikkita asosiy gruppaga: magnitli yumshok va magnitli kattik materiallargabulini.

Magnitli yumshok materiallarning magnitlanish egri chizigi tik kutariluvchan bulib, yuzasi unchalik katta bulmagan gisterezis sirtmogiga ega (9 rasm, 1- egri chizik). Ulardan nisbatan yukori chastotali kayta magnitlanishda ishlaydigan elektromagnit kurilmalarning uzaklari tayerlanadi (transformatorlar, magnitaviy kuchaytirgichlar, ferromagnit chastota uzgartirgichlar, elektr mashinalar va x.k.). Bu gruppaga elektrotexnikaviy pulatlar, temir-nikel kotishmalar (permalloy va boshkalar) kiradi.

Magnitli kattik materiallarning magnitlanish egri chizigi aksincha, kiya kutariluvchan bulib, yuzasi nisbatan katta gisterezis sirtmogiga ega (9-rasm, 2 egri chizik), V_k va N_k qiymatlari kattaligi tufayli, ular uzgarmas magnitlarni tayerlashda keng ishlatiladi. Bu gruppaga uglerodli pulatlar, volframli kotishmalar, magnitli kotishmalar, platina-kobalt kotishmalari va boshkalar kiradi.



9-rasm

Barcha magnit materiallarni asosiy magnitlanish egri chizigi (10-rasm yugon chizik), ya'ni magnitaviy maydon kuchlanganligining turli masimumlari uchun kurilgan (1, 2, 3, 4 va x.k. egri chiziklar) simmetrik gisterezis sirtmogi tikligining geometrik urni bilan xarakterlash kabul kilingan. Konkret ferromagnit materialning asosiy magnitlanish egri chizigi bir xil va anik buladi. Uni tajribada aniklash mumkin, turli injenerlik xisoblashlari uchun esa u kupincha jadval yeki egri chiziklar kurinishida beriladi. Shunday kilib, nochizik induktivlikning bazisli xarakteristikasi $L(i)$ asosiy magnitlanish egri chiziki xisoblanadi. -Okim-tok-induktivlik boglanishga utish uchun ilgari dan ma'lum bulgan nisbatdan foydalanamiz:

$$\psi = w\Phi = wBS; \quad i = \frac{Hl}{w}$$

bu yerda ψ - induktiv galtak $L(i)$ ning ilashgan okimi, Vb ; w - galtakning uramlarsoni;

f - yagona magnitaviy okim, Vb ; V - magnit induksiya, Tl ;

S - uzakning kundalang kesim yuzi, m^2 ; i - galtakdagi tokning oniy kiymati, A ;

N - magnit maydonning kuchlanganligi, A/m ; l - uzakning urtacha uzunligi, m

