6.4. TRANSFORMATORIAUS PARAMETRŲ TYRIMAS

Darbo tikslas

Nustatyti įvairius transformatoriaus, veikiančio tuščiąja ir darbine eiga, parametrus.

Darbo užduotys

- Nustatyti transformatoriaus transformacijos koeficientą k_{12} ir antrinės apvijos vijų skaičių N_2;
- Ištirti įtampos ir srovės stiprio priklausomybę nuo pirminės ir antrinės apvijų vijų skaičius;
- Ištirti naudingumo koeficiento η priklausomybę nuo antrinės grandinės srovės stiprio I_2.

Teorinės temos

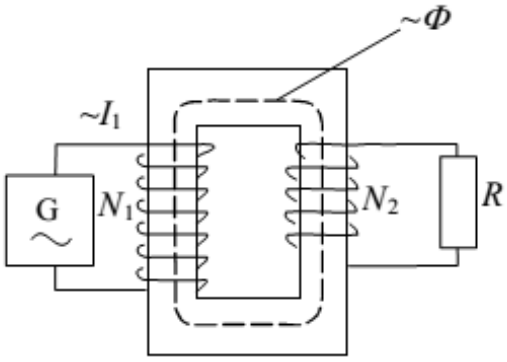
- Elektromagnetinės indukcijos reiškinys. Faradėjaus indukcijos dėsnis.
- Saviindukcija. Abipusė indukcija.
- Sūkurinės srovės.
- Transformatoriaus transformacijos koeficientas.
- Tuščioji ir darbinė transformatoriaus eigos.
- Transformatoriaus naudingumo koeficientas.

Darbo priemonės ir prietaisai

Transformatorius, ampermetrai ir voltmetrai arba vietoj jų multimetrai, reostatas, srovės šaltinis.

Darbo metodika

Transformatoriaus veikimas pagrįstas elektromagnetinės indukcijos reiškiniu. Transformatorių sudaro iš lakštinio plieno pagaminta uždara šerdis, ant kurios užmautos dvi skirtingą vijų skaičių turinčios apvijos (6.4.1 pav.). *Apvija*, prie kurios prijungiamas elektrovaros (evj) šaltinis, vadinama *pirmine*, o kita, prie kurios prijungiama apkrova, – *antrine*. Prijungus prie pirminės apvijos įtampos šaltinį, pirminėje grandinėje atsiranda ir teka elektros srovė. Ji sukuria magnetinį lauką, kurio indukcijos srautas *Φ* yra sutelktas uždaroje šerdyje, ir jis veria tiek pirminę, tiek antrinę transformatoriaus apvijas. Kadangi į pirminę grandinę įjungto šaltinio įtampa yra kintama, tai grandine teka kintamoji elektros srovė; jos sukurtas magnetinės indukcijos srautas yra kintamas.



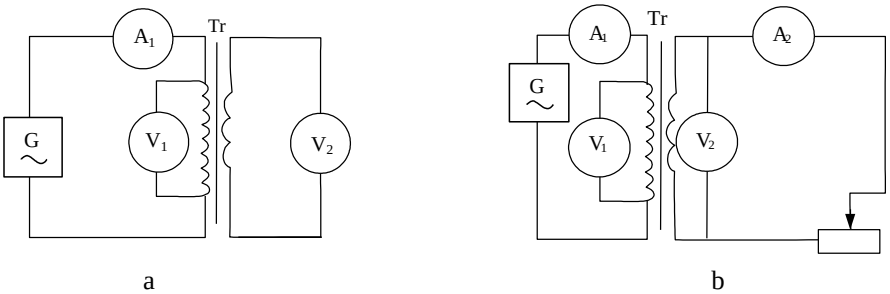
6.4.1 pav. Transformatoriaus principinė schema

Transformatoriaus apvijose sukurtų evj efektinės vertės yra tiesiog proporcingos apvijų vijų skaičiui:

$$\frac{\varepsilon_{1ef}}{\varepsilon_{2ef}} = \frac{N_1}{N_2} = k_{12}, \qquad (6.4.1)$$

čia k_{12} vadinamas transformatoriaus *transformacijos koeficientu*. Jis, kaip matyti iš 6.4.B.1 formulės, yra lygus transformatoriaus pirminės apvijos vijų skaičiaus N_1 santykiui su antrinės apvijos vijų skaičiumi N_2.

Tuščioji eiga



6.4.2 pav. Įvairių transformatoriaus parametrų nustatymo schemos transformatorių jungiant tuščiąja eiga (a) ir darbine eiga (b)

Transformatoriaus tuščiąja eiga vadinama tokia jo veika, kai prie pirminės apvijos yra prijungtas kintamosios įtampos šaltinis, o antrinė apvija atvira arba apkrovos nėra (6.4.2 pav., a). Šiuo atveju pirminėje grandinėje teka labai silpna tuščiosios eigos stiprio I_0 srovė ir pirminėje apvijoje indukuojama saviindukcijos evj ε_{s1}, pagal didumą artima šaltinio įtampai U_1, bet faze atsiliekanti nuo jos beveik per π:

$$U_1 \approx -\varepsilon_{s1}. \qquad (6.4.2)$$

Taigi prie pirminės apvijos prijungta šaltinio įtampa beveik kompensuojama pirminėje apvijoje indukuojamos saviindukcijos evj ε_{s1}. Todėl, esant tuščiajai eigai, šioje grandinėje teka visai silpna tuščiosios eigos srovė I_0.

Kadangi tuščiosios eigos atveju $-\varepsilon_{s1} = U_1$, o antrinėje apvijoje indukuojama ε_{s2} bus lygi antrinės apvijos įtampai U_2, t. y. $\varepsilon_{a2} = U_2$ (nes $I_2 = 0$), tai iš (6.4.1) ir pastarosios lygybės išreiškiama

$$\frac{\varepsilon_{1ef}}{\varepsilon_{2ef}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = k_{12}. \qquad (6.4.3)$$

Taigi, transformatoriaus tuščiosios eigos veika yra patogi transformacijos koeficientui ir apvijų vijų skaičiui nustatyti. Tam reikia voltmetru išmatuoti įtampas U_1 ir U_2 pirminėje ir antrinėje apvijose.

Transformatoriaus darbine eiga vadinama jo veika, kai prie antrinės apvijos prijungiama apkrova, tai yra sudaroma uždaroji grandinė (6.4.2 pav., b). Tada, esant prijungtam prie pirminės apvijos įtampos šaltiniui, antrinėje apvijoje indukuojama evj ε_{a2}, kuri šioje grandinėje sukuria elektros srovę I_2. Ši šerdyje sukuria savo magnetinės indukcijos srautą Φ_2, kuris teka priešinga kryptimi nei pirminėje apvijoje tekančios srovės sukurtas srautas. Taip yra todėl, kad pirminėje apvijoje magnetinės indukcijos srautą sukuria įjungtos įtampos U_1 sukelta srovė, o antrinėje grandinėje srautą Φ_2 – indukuojama evj ε_{a2}, kuri pagal Lenco taisyklę yra priešinga įtampai U_1. Vadinasi, antrinėje apvijoje tekančios srovės magnetinis srautas mažina pirminės grandinės sukeltą magnetinį srautą. Tada pažeidžiama ε_{s1} kompensavimo U_1 sąlyga, o esant mažiau kompensuotai šaltinio įtampai U_1, pirminėje grandinėje ima tekėti didesnio stiprio I_1 srovė. Ji didėja tol, kol šerdyje atkuriamas toks pat kaip tuščiosios eigos magnetinės indukcijos srautas ir nusistovi apytikrė U_1 ir ε_{s1} lygybė. Taigi, magnetinės indukcijos srautas šerdyje tiek tuščiosios, tiek darbinės eigos atveju išlieka toks pat, tik pirmuoju atveju jį sukuria pirminėje apvijoje tekanti tuščiosios eigos

srovė, o darbinės eigos atveju jį sukuria ir pirminėje, ir antrinėje grandinėje tekančios srovės, arba srautas lygus abiejų srovių sukurtų magnetinės indukcijos srautų sumai:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 , \qquad (6.4.4)$$

čia:

$$\Phi_1 \sim I_1 N_1 \text{ ir } \Phi_2 \sim I_2 N_2 . \qquad (6.4.5)$$

Kadangi srovių I_1 ir I_2 amplitudės yra daug didesnės už tuščiosios eigos srovės amplitudę, (6.4.4) formulę galima apytikriai užrašyti taip:

$$|\Phi_1| \approx |\Phi_2| , \qquad (6.4.6)$$

ir atsižvelgiant į 6.4.5 formulę:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} . \qquad (6.4.7)$$

Matyti, kad, transformatoriaus darbinės eigos metu padidėjus apkrovai (I_2), tiek pat kartų padidėja ir pirminės grandinės srovės stipris I_1, ir imama iš tinklo galia.

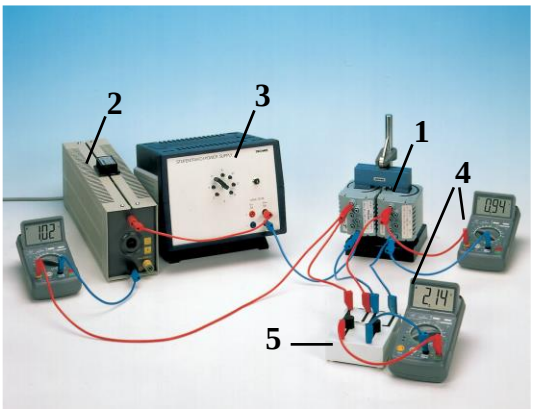
Esant transformatoriaus darbinei eigai, aktyvioji galia, imama iš elektros tinklo, ir aktyvioji galia, atiduodama vartotojui, yra nevienodos. Taip yra todėl, kad, dirbant transformatoriui, atsiranda elektros nuostolių: šerdyje – dėl histerezės (plieno permagnetinimo) ir sūkurinių srovių, o apvijose – dėl jų įšilimo tekant srovei. Nuostoliai šerdyje vadinami plieno nuostoliais, o apvijose – vario nuostoliais. Transformatoriaus atiduodamos vartotojui aktyviosios galios P_2 santykis su iš elektros tinklo imama galia P_1 vadinamas *transformatoriaus naudingumo koeficientu*:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2 U_2 \cos\varphi_2}{I_1 U_1 \cos\varphi_1} , \qquad (6.4.8)$$

čia φ_1 ir φ_2 – faziniai kampai atitinkamai pirminėje ir antrinėje grandinėje.

Didelės ir vidutinės galios transformatorių naudingumo koeficientai yra gana dideli – 0,95÷0,0995, o mažos galios transformatorių – 0,7÷0,9).

Transformatoriaus transformacijos koeficiento ir antrinės apvijos vijų skaičiui nustatyti bei transformatoriaus naudingajai galiai išmatuoti naudojamas stendas pavaizduotas 6.4.3 paveiksle. Jį sudaro transformatorius (1), reostatas (2), maitinimo šaltinis (3), multimetrai (4), perjungiklis (5).



6.4.3. pav. Transformatoriaus tyrimo stendas

Transformatoriaus transformacijos koeficiento ir antrinės apvijos vijų skaičiui nustatyti jungiama transformatoriaus tuščiosios eigos grandinė (6.4.2 pav., a), o transformatoriaus naudingajai galiai nustatyti paskui sujungiama 6.4.2 pav., b pavaizduota darbinės eigas grandinė.

Darbo eiga

1. Sujungiama 6.4.2 pav., a pavaizduota grandinė. Laidai įkišami į maitinimo šaltinio AC lizdus. Voltmetru V_1 išmatuojama pirminės apvijos įtampa U_1, voltmetru V_2 – antrinės apvijos įtampa U_2.
2. Apskaičiuojamas transformacijos koeficientas k_{12}: $\frac{U_1}{U_2} = k_{12}$.
3. Iš 6.4.3 formulės išreiškiamas ir apskaičiuojamas antrinės apvijos vijų skaičius N_2, kai yra žinomas pirminės apvijos vijų skaičius.
4. Duomenys surašomi į lentelę (1 lentelė).

1 lentelė

U_1 (V)	U_2 (V)	k_{12}	N_2

5. Sujungus 6.4.2 pav., b pavaizduotą grandinę voltmetrais (multimetrais) V_1 ir V_2 matuojamos įtampos pirminėje ir antrinėje grandinėse, ampermetrais (multimetrais) A_1 ir A_2 išmatuojami srovių stipriai pirminėje ir antrinėje grandinėse.
6. Keičiant pirminėje grandinėje vijų skaičių (6–7 kartus), voltmetru V_1 išmatuojama pirminės apvijos įtampa U_1, voltmetru V_2 – antrinės apvijos įtampa U_2, o ampermetrais A_1 ir A_2 išmatuojami srovių stipriai pirminėje ir antrinėje grandinėse. Vijų skaičius keičiamas du laidus jungiant į skirtingus lizdus, esančius ant pirminės grandinės korpuso (korpuse yra šeši lizdai). Vijų skaičius skaičiuojamas sumuojant tarpuose tarp dviejų sujungtų lizdų surašytus vijų skaičius.
7. Nubraižomas pirminės ir antrinės apvijų įtampų priklausomybės nuo vijų skaičiaus grafikas bei pirminės ir antrinės apvijų srovių stiprių priklausomybės nuo vijų skaičiaus grafikas.
8. Apskaičiuojamas transformatoriaus naudingumo koeficientas η (6.4.8 formulė), laikant, kad fazinis kampas pirminėje ir antrinėje apvijose yra lygus nuliui.
9. Duomenys surašomi į lentelę (2 lentelė).

2 lentelė

n	U_1 (V)	I_1 (A)	U_2 (V)	I_2 (A)	η (%)

10. Reostatu keičiant antrinės grandinės apkrovą (I_2), nustatoma η priklausomybė nuo apkrovos ir pavaizduojama grafiškai $\eta = \eta(I_2)$.

Literatūra

1. J. Butrimaitė, A. Dementjev, G. Dikčius, R. Gadonas, J. Jasevičiūtė, V. Karenauskaitė, V. Sirutkaitis, V. Smilgevičius, Fizika biomedicinos ir fizinių mokslų studentams, 2 dalis, vadovėlis, Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 2004, 351 p. ISBN 9986-19-595-9.