

TRANSFORMATOR – izpitna vprašanja

1) Za tokovno idealni napetostno realni transformator napišite oziroma narišite:

- kompleksne enačbe ravnotežja (dve napetostni enačbi in enačbo vzbujanja),
- kazalčni diagram ohmsko-induktivne obremenitve in napišite ime za trikotnik padcev napetosti,
- enačbo za energijsko bilanco,
- enačbo za tok kratkega stika,
- približno vrednost inducirane napetosti E_1 v kratkem stiku glede na pritisnjeno napetost U_1 .

2) Narišite sliki magnetilnega toka $I_\mu = f(\omega t)$ transformatorja, če je priključen na omrežje toge napetosti sinusne oblike in je železno jedro v nasičenju, z upoštevanjem:

- srednje magnetilne krivulje,
- histerezne zanke.

Kakšne izgube se pojavijo v železnem jedru? Napišite tudi enačbo za posamezne specifične izgube v železu v odvisnosti od frekvence in gostote magnetnega pretoka, ki so podane na kilogram mase za določeno debelino pločevine.

3) Za napetostno idealni tokovno realni transformator napišite oziroma narišite:

- kompleksne enačbe ravnotežja (dve napetostni enačbi in enačbo vzbujanja),
- kazalčni diagram za prosti tek in obremenitev,
- enačbo za energijsko bilanco pri obremenitvi.

4) Na primarno navitje enofaznega transformatorja je pritisnjena napetost sinusne oblike efektivne vrednosti $U = 220$ V, ki povzroči v železnem jedru glavni fluks trenutne vrednosti

a) $\phi_g = 3,0 \cdot 10^{-3} \cos(\omega t)$ (Vs) ali b) $\phi_g = 3,0 \cdot 10^{-3} \sin(\omega t)$ (Vs), pri toku prostega teka:

a) $i_0 = 0,129 \cos(\omega t) + 0,056 \cos(3\omega t) + 0,018 \sin(\omega t)$ (A)

b) $i_0 = 0,129 \sin(\omega t) + 0,056 \sin(3\omega t) + 0,018 \cos(\omega t)$ (A)

Izračunajte naslednje veličine: časovno srednjo vrednost fluksa ($\overline{\Phi}_g = ?$), efektivno vrednost jalove in vatne komponente toka ($I_\mu = ?$ in $I_w = ?$) ter skupni tok prostega teka ($I_0 = ?$), jalovo in delovno ter navidezno moč ($Q_0 = ?$ in $P_0 = ?$ ter $S_0 = ?$) in faktor delavnosti ($\cos \varphi_0 = ?$).

Rešitve: $\overline{\Phi}_g = 1,91 \cdot 10^{-3}$ Vs, $I_\mu = 0,0994$ A, $I_w = 0,0127$ A, $I_0 = 0,1$ A, $Q_0 = 21,87$ VAr, $P_0 = 2,79$ W, $S_0 = 22,08$ VA, $\cos \varphi_0 = 0,127$.

5) Izračunajte število ovojjev primarnega in sekundarnega navitja ($N_1 = ?$ in $N_2 = ?$), tok prostega teka ($I_0 = ?$), sprejeto moč ($S_0 = ?$) in faktor delavnosti ($\cos \varphi_0 = ?$) za enofazni transformator s podatki: $U_1/U_2 = 231/42$ V, $f = 50$ Hz, presek železnega jedra $A_{Fe} = 17,42$ cm², srednja dolžina $l_{Fe} = 0,36$ m, gostota magnetnega pretoka $\hat{B} = 1,37$ T. Podana je še specifična masa pločevine $\rho = 7,55 \cdot 10^3$ kg/m³, specifične izgube (p_{Fe} W/kg) in magnetilna krivulja za pločevino debeline $d = 0,35$ mm (zapiski str. 38). Pri izračunu upoštevajte, da je $E_1 \approx U_1$ in tehnološki faktor razreza pločevine $k = 1,1$.

Rešitve: $N_1/N_2 = 436/79$ ov., $I_{1\mu} = 0,2335$ A, $I_{1w} = 0,0582$ A, $I_{10} = 0,2406$ A, $S_0 = 55,6$ W, $\cos \varphi_0 = 0,2419$.

6) Izračunajte tok prostega teka I_0 in fazni kot φ_0 za enofazni transformator grajen za $U_1 = 231$ V, $f = 50$ Hz, katerega primarno navitje ima $N_1 = 436$ ov., presek jedra $A_{Fe} = 17,42$ cm² in srednja dolžina je $l_{Fe} = 0,36$ m. Podana je še specifična masa pločevine $\rho = 7,55 \cdot 10^3$ kg/m³, specifične izgube p_{Fe} (W/kg) in magnetilna krivulja (zapiski str. 38) za pločevino debeline 0,35 mm. Pri izračunu upoštevajte, da je $E_1 \approx U_1$ ter tehnološki faktor razreza pločevine $k = 1,1$.

Rešitve: $\hat{B} = 1,37$ T, $P_{Fe} = 13,45$ W, $I_w = 0,0582$ A, $I_\mu = 0,2335$ A, $I_0 = 0,2406$ A, $\varphi_0 = 76^\circ$.

7) Izračunajte število ovojjev primarnega navitja ($N_1 = ?$) za trifazni transformator s podatki: a) $U = Y400$ V, b) $U = \Delta 400$ V, $f = 50$ Hz, presek jedra $A_{Fe} = 51$ cm² in gostota v jedru $\hat{B} = 1,4$ T. Pri izračunu vzemite $E \approx U$. Izračunajte izgube v jedru ($P_{Fe} = ?$) ter fazno vatno komponento toka ($I_{0w} = ?$) za vsako fazo posebej ter skupne izgube v jedru P_{Fe0} , če je specifična masa $\rho = 7,55 \cdot 10^3$ kg/m³, specifične izgube $p_{Fe} = 0,93$ W/kg (pri 1,5 T), tehnološki faktor razreza pločevine $k = 1,1$ ter srednje dolžine poti magnetnih silnic $l_{FeI} = l_{FeIII} = 0,55$ m in $l_{FeII} = 0,27$ m.

Rešitve: $P_{FeI} = P_{FeIII} = 18,87$ W, $P_{FeII} = 9,27$ W ter $P_{Fe0} = 47$ W za a) $N_1 = 146$ ovojjev, $I_{0wII} = 0,0401$ A, b) $N_1 = 252$ ovojjev, $I_{0wI} = I_{0wIII} = 0,047$ A, $I_{0wII} = 0,023$ A.

8) Za transformator z železnim jedrom (realni) v trajnem kratkem stiku:

- narišite poenostavljeno nadomestno vezje in kazalčni diagram,
- napišite definicijo za kratkostično napetost U_k ,
- napišite enačbo za trajni tok kratkega stika I_k ,
- napišite enačbo za energijsko bilanco in izgube P_{Cuk} enofaznega transformatorja,
- kratko opišite nevarnost trajnega toka kratkega stika.

9) Narišite vezalno shemo s pripadajočimi instrumenti za meritev enofaznega transformatorja, ki obratuje v prostem teku. Katere veličine izmerimo oziroma izračunamo v prostem teku oziroma kakšne izgube (moč izgub) izmerimo z vatmetrom ($P_w = ?$). Dalje narišite karakteristiko prostega teka in kazalčni diagram transformatorja v prostem teku ter napišite enačbo za napetostno prestavo K_U . Koliko je približno inducirana napetost E_1 v prostem teku glede na pritisnjeno napetost U_1 .

10) Narišite vezalno shemo s pripadajočimi instrumenti za meritev enofaznega transformatorja v kratkem stiku. Kakšne izgube (moč) izmerimo z vatmetrom ($P_w = ?$) v kratkem stiku? Narišite poenostavljeno vezje in kazalčni diagram transformatorja v kratkem stiku ter napišite približno koliko je v kratkem stiku inducirana napetost E_1 glede na pritisnjeno napetost U_1 . Napišite tudi definicijo za kratkostično napetost U_k .

11) Za transformator z železnim jedrom (realni) narišite nadomestno vezje in kazalčne diagrame za naslednje vrste obremenitve:

a) $\underline{Z}_b = R_b$, b) $\underline{Z}_b = jX_L$, c) $\underline{Z}_b = -jX_C$.

Transformator je priključen na togo omrežje ($U = \text{konst.}$). Pri risanju kazalčnih diagramov zanemarite tok prostega teka I_0 .

12) Za transformator z železnim jedrom (realni), ki obratuje na togem omrežju $U_1 = \text{konst.}$, napišite enačbo za $\underline{U}'_2 = f(I)$, narišite Kappov diagram, tj. krožnici za $I/I_N = 0$ ter $I/I_N = 1$ in zunanjo karakteristiko $U_2 = f(I_2)$ za $\underline{Z}_b = R$, $\underline{Z}_b = R + jX_L$ in $\underline{Z}_b = R + jX_C$.

13) Narišite sliko energijske bilance, tj. shemo pretoka moči v transformatorju. Dalje narišite potek relativnih izgub v navitju in v železnem jedru ter skupne relativne izgube v odvisnosti od razmerja $y = I/I_N$. Napišite tudi enačbi za relativne izgube in izkoristek. Pri kakšni obremenitvi ima transformator največji izkoristek?

14) Narišite nadomestno vezje tokovnega transformatorja priključenega na omrežje.

a) Kratko opišite način delovanja tokovnega transformatorja za primer $I_2 \neq 0$ in $I_2 = 0$.

b) Kaj nam pove razred točnosti in pretokovno število pri merilnem tokovnem transformatorju?

15) Narišite nadomestno vezje tokovnega transformatorja priključenega na omrežje.

a) Kratko opišite način delovanja tokovnega transformatorja za primer $I_2 \neq 0$.

b) Zakaj tokovni transformator ni primeren za vir napetosti?

c) Narišite kazalčni diagram tokov za realni transformator $\underline{I}_1 + \underline{I}'_2 = \underline{I}_0$ in napišite enačbo za pogrešek prestave ($e_{TT} = ?$). Definirajte pretokovno število pri merilnem tokovnem transformatorju?

16) Opišite, kaj nam določa vezalna skupina trifaznega transformatorja, in narišite kazalce napetosti za primer vezave Dy5. Na isti sliki označite, kako je mogoče spremeniti to vezalno skupino v skupino Dy11. Napišite tudi katere vezalne skupine so predpisane za uporabo v praksi.

17) Opišite, kaj nam določa vezalna skupina trifaznega transformatorja, in narišite kazalce napetosti za primer vezave Yy0. Napišite, kako je mogoče spremeniti vezalno skupino Yy0 v skupino Yy6 in obratno? Napišite tudi katere vezalne skupine so predpisane za uporabo v praksi.

18) Narišite sliko vezave Y/Y^o (brez ničnega vodnika na primarni strani) in napišite bilanco amper-ovojev za posamezne stebre pri enofazni obremenitvi trifaznega jedrnega transformatorja ter določite amper-ovoje sofaznega vzbujanja $\underline{\phi}_{zt}$. Kakšne so posledice teh nekompenziranih amper-ovojev? Narišite tudi kazalčni diagram napetosti. Zakaj ni problemov pri enofazni obremenitvi v vezavi D/Y^o?

19) Narišite sliko ter definirajte prehodno (S_{preh}) in tipsko moč (S_t) idealnega enofaznega avtotransformatorja za primer: a) $U_1 < U_2$ ali b) $U_1 > U_2$ ter izrazite tipsko s prehodno močjo. Za katero od obeh moči je dimenzionirano jedro in navitje avtotransformatorja.