

ELEKTROMEHAŃSKI PRETVORNIKI

2 UNI

Kolokvijske naloge – Transformatorji

Šolsko leto 2008/2009
Izvajalec Damijan Miljavec

Avtor dokumenta Blaž Potočnik
Skeniranje Blaž Potočnik



UREJANJE DOKUMENTA

VERZIJA	01.01
DATUM	22.06.2009

OPOMBE

--

1. Trifazni transformator s podatki $U_1 = 10 \text{ kV}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $S_n = 300 \text{ kVA}$, $\eta_n = 0.97$ ima na nazivnem omrežju v praznem teku 3 kW izgub. S kolikšno močjo ga lahko trajno obremenimo na omrežju $U_1' = 12 \text{ kV}$, $f' = 60 \text{ Hz}$ pod pogojem, da se ne segreje preko maksimalne dopustne temperature?
2. Trifazni transformator s podatki $U_1 = 10 \text{ kV}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $S_n = 300 \text{ kVA}$, $u_k \% = 5 \%$, $N_1/N_2 = 25$, $\eta_n = 0.96$ ima na nazivnem omrežju razmerje izgub $P_{\text{Cun}} / P_{\text{Fen}} = 3$. Sekundarni voltmeter kaže 320 V medfazne napetosti na trifaznem simetričnem bremenu, ampermetri pa 4-kratni nazivni tok. Ugotovite značaj bremena ($\cos\varphi$).
3. Za trifazni transformator $U_1/U_2 = 380/220 \text{ V}$, nazivne moči 3 kVA , določite padec napetosti $\Delta u\%$ ter napetost U_2 na trifaznem bremenu R_B (peč), če ampermetri v sekundarnem tokokrogu kažejo $I_2 = I_B = 23.7 \text{ A}$. Iz preizkusa kratkega stika poznamo naslednje merilne podatke $I_k = I_n = 4.56 \text{ A}$, $U_k = 70 \text{ V}$, $P_k = 114 \text{ W}$.
4. Izgube praznega teka pri nazivni napetosti nazivne frekvence so $P_{0d} = 38 \text{ W}$. Izgube kratkega stika pri $I_k = I_n$ so $P_k = 115 \text{ W}$. Časovna konstanta segrevanja transformatorja je $T = 1 \text{ ura}$. Določite stopnjo dopustne preobremenitve transformatorja iz hladnega stanja, če je predvideni obratovalni čas $t = 20 \text{ min}$.
5. Transformator s časovno konstanto segrevanja $T = 3 \text{ h}$ in razmerjem izgub $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 3$, se pri obremenitvi $I = 1/4 I_n$ segreje na maksimalno nadtemperaturo $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Do katere končne nadtemperature se segreje pri nazivni obremenitvi?
6. Tovarniški transformator ima pri obratovanju na nazivnem omrežju $U_1 = 15 \text{ kV}$, $f_1 = 50 \text{ Hz}$ maksimalno magnetno gostoto v železnem jedru $B = 1.2 \text{ T}$. V praznem teku na nazivnem omrežju ima 80 kW izgub v železnem jedru. Kako se spremenita magnetna gostota in izgube v železnem jedru transformatorja, če ga priključimo na napajalno napetost $U' = 18 \text{ kV}$ frekvence $f' = 60 \text{ Hz}$?
7. Transformator ima nazivno razmerje izgub $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = \zeta_n = 4$ in časovno konstanto segrevanja $T = 4 \text{ ure}$. Pri obremenitvi s tokom 100 A se segreje do nadtemperature $\Theta_{\text{max}} = 60 \text{ K}$. Do katere temperature Θ_{maxn} se transformator segreje pri obremenitvi z nazivnim tokom $I = I_n$, če obratuje na nazivnem omrežju?
8. Transformator ima pri nazivni napetosti $U_{1n} = 15000 \text{ V}$ in frekvenci $f = 50 \text{ Hz}$ izgube v jedru $P_{\text{Fe}} = 100 \text{ kW}$. Kolikšna bo maksimalna gostota magnetnega pretoka B' v jedru, če ta transformator priključimo na napetost $U_1' = 18000 \text{ V}$, frekvence $f' = 60 \text{ Hz}$, če je bila prvotno $B_n = 1.5 \text{ T}$? Kolikšne so nove izgube v železnem jedru?
9. Nazivno obremenjen transformator se na nazivnem omrežju segreje do nadtemperature $\Theta_n = 90 \text{ K}$. Določite stopnjo preobremenitve, če transformator obratuje $t = 1 \text{ h}$. Časovna konstanta segrevanja $T = 3 \text{ h}$. $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 2$.
10. Trifazni transformator ima pri nazivni napajalni napetosti $U_{1n} = 10 \text{ kV}$, frekvenci $f_n = 50 \text{ Hz}$ in maksimalni magnetni gostoti $B = 1.2 \text{ T}$ v železnem jedru $P_{\text{Fe}} = 50 \text{ kW}$ izgub. Določite maksimalno magnetno gostoto in izgube v jedru transformatorja, če ga priključimo na napajalno napetost $U' = 12 \text{ kV}$ nespremenjene frekvence. Pri nazivni obremenitvi na nazivnem omrežju se transformator segreje na maksimalno dopustno

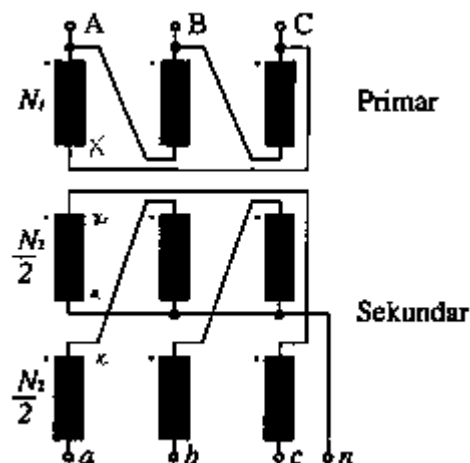
nadtemperature. S kolikšno močjo ga lahko trajno obremenimo pri spremenjenih napajalnih razmerah? $S_n = 4000 \text{ kVA}$, $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = \zeta_n = 2$.

11. Transformator s časovno konstant segrevanja $T = 5$ ur in razmerje izgub $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 3$ se pri nazivni obremenitvi segreje na maksimalno nadtemperaturo $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Do katere končne nadtemperature se segreje pri polovični obremenitvi?
12. Napetostnemu transformatorju pri preizkusu praznega teka na nazivnem omrežju (U_n, f_n) izmerimo izgube $P_0 = 500 \text{ W}$. Pri preizkusu kratkega stika z nazivnim tokom in kratkostično napetostjo izmerimo $P_k = 1500 \text{ W}$ izgub.
 - a. Do katere nadtemperature Θ_{max} se transformator segreje pri nazivni obremenitvi na nazivnem omrežju, če vemo, da se v praznem teku segreje za $\Theta_{\text{max}0} = 25 \text{ K}$ nad temperaturo okolice?
 - b. Izračunajte faktor obremenitve transformatorja na nazivnem omrežju $x = (I/I_n)$, če traja obratovanje iz hladnega stanja do nazivne (dopustne) nadtemperature ravno petino časovne konstante segrevanja $t = T/5$!

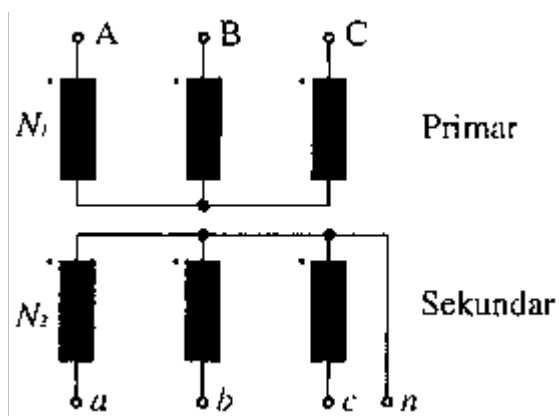
Transformator obravnavamo kot homogeno telo.

13. Transformator s časovno konstant segrevanja $T = 5$ ur. Pri nazivni obremenitvi se segreje na maksimalno dopustno nadtemperaturo $\Theta_{\text{maxn}} = 75 \text{ }^\circ\text{C}$. Določite dopustno preobremenljivost I/I_n , če transformator obratuje le 2 uri. Razmerje $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 3$.
14. Transformator ima časovno konstant segrevanja 3 ure. Pri nazivni obremenitvi se segreje na maksimalno dopustno nadtemperaturo $\Theta_{\text{maxn}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$. Določite dopustno preobremenljivost I/I_n , če transformator obratuje le 1 uro. Razmerje $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 3.5$.
15. Transformator z nazivno močjo 100 kVA ima nazivno razmerje izgub $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 3$ in časovno konstanto segrevanja $T = 3$ ure. Nazivno obremenjen transformator obratuje na nazivnem omrežju in se pri tem segreje na maksimalno nadtemperaturo $\Theta_{\text{maxn}} = 90 \text{ K}$. Do katere nadtemperature se segreje v trajnem praznem teku $I = I_0$ na nazivnem omrežju U_n, f_n ? Predpostavimo, da je transformator termodinamično homogeno telo!
16. Transformatorju nazivne moči $S_n = 2500 \text{ kVA}$, nazivne napetosti $U_{1n} = 36 \text{ kV}$, nazivne frekvence $f_n = 50 \text{ Hz}$ izmerimo s preizkusom praznega teka pri nazivni napetosti $P_0 = 6 \text{ kW}$ izgub, s preizkusom kratkega stika pri nazivnem toku pa $P_k = 24 \text{ kW}$ izgub. Transformator priključimo na omrežje napetosti $U' = 12 \text{ kV}$, frekvence 16 in $2/3 \text{ Hz}$ ($50/3 \text{ Hz}$). Določite razmerje izgub $P_{\text{Cu}}'/P_{\text{Fe}}'$ pri novih obratovalnih pogojih, če se transformator ne sme segreti preko maksimalne dopustne nadtemperature v režimu trajnega obratovanja! Transformator obravnavamo kot homogeno telo!
17. Transformator s podatki $S_n = 500 \text{ kVA}$, $10 \text{ kV}/0.5 \text{ kV}$, 50 Hz , $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 3$, $\eta_n = 0.97$, $u_k = 5 \text{ } \%$.
 - a. Izračunajte preostale elemente Kappovega trikotnika in faktor delavnosti toka $\cos\phi_k$ pri preizkusu trajnega kratkega stika.
 - b. Transformator kratkotrajno preobremenimo s tokom $I' = 5 * I_n$ čisto ohmskega značaja. Določite napetost na sekundarnih sponkah U_2 in U_2' ter celotni padec napetosti ΔU (%) (Kappov diagram!)

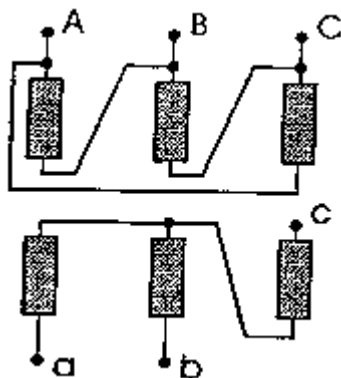
18. Narišite nadomestno shemo transformatorja in pojasnite pomen posameznih elementov. Za trifazni transformator vezave Dz narišite pravilno shemo vezja in ugotovite fazno številko!
19. Nariši nadomestno shemo transformatorja! Za trifazni transformator vezave Yz nariši shemo vezja in ugotovi fazno številko!
20. Narišite neko vezavo trifaznega transformatorja Dz ter določite njegovo fazno številko!
21. Narišite vezalno shemo trifaznega transformatorja Yz 1. Vsa navitja so enako navita.
22. Tovarniški transformator moči $S_n = 600 \text{ kVA}$ $10 \text{ kV}/0.4 \text{ kV}$ je v okvari. Vzdrževalci ga želijo nadomestiti z dvema rezervnima transformatorjema:
- $S_{n1} = 200 \text{ kVA}$, $10 \text{ kV}/0.4 \text{ kV}$, $u_{k1} = 4 \%$, Dy1, časovna konstanta segrevanja $T_1 = 3$ ure, $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 2$
 - $S_{n2} = 400 \text{ kVA}$, $10 \text{ kV}/0.4 \text{ kV}$, $u_{k2} = 5 \%$, Yz5, časovna konstanta segrevanja $T_1 = 5$ ur, $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 3$
- Pri paralelnem obratovanju na nazivnem omrežju bosta obremenjena s skupno močjo $S_B = 500 \text{ kVA}$. Ali transformatorja lahko obratujeta trajno pri dani obremenitvi? Zakaj da? Zakaj ne? Dokaz.
23. Transformator z nazivno močjo 100 kVA ima nazivno razmerje izgub $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 4$ in časovno konstanto segrevanja $T = 5$ ur. Neobremenjen transformator obratuje na nazivnem omrežju $t > 5 T$ in se pri tem segreje na maksimalno nadtemperaturo $\Theta_{\text{max}0} = 20 \text{ K}$. Do katere nadtemperature se segreje pri trajni nazivni obremenitvi $I = I_n$? Predpostavimo, da je transformator termodinamično homogeno telo ter $I_0 \ll I_n$!
24. Transformatorju s podatki $S_n = 200 \text{ kVA}$, $U_{1n} = 10 \text{ kV}$, $f_n = 50 \text{ Hz}$, $\eta_n = 0.98$, smo izmerili izgube prostega teka pri nazivni napetosti in nazivni frekvenci $P_0 = 1 \text{ kW}$. Med obratovanjem na nazivnem omrežju je nazivno obremenjen. Pri tem se segreje na nadtemperaturo $\Theta_{\text{maxn}} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$. Izračunajte do katere nadtemperature Θ'_{maxn} se segreje, če ga priključimo na omrežje $U' = 6 \text{ kV}$, $f' = 60 \text{ Hz}$ pri obremenitvi z nazivnim tokom!
25. Transformator nazivne moči $S_n = 50 \text{ MVA}$ z nazivnim izkoristkom $\eta_n = 0.98$, razmerjem izgub na nazivnem omrežju $\zeta_n = 3$, se med trajnim obratovanjem segreje do nadtemperature $\Theta_{\text{maxn}} = 100 \text{ K}$. Transformator uporabimo na omrežju $U' = 0.8 U_n$, frekvence $f' = 1.2 f_n$. Do katere nadtemperature se bo transformator segrel pri trajnem obratovanju na novem omrežju, če je obremenjen s tokom $I' = I_n$? Transformator obravnavamo kot homogeno telo!
26. Transformatorju s podatki $S_n = 3 \text{ kVA}$, $U_{1n} = 400 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$, med preizkusom prostega teka na sekundarnih sponkah namerimo 200 V . Pri preizkusu kratkega stika z nazivnim tokom namerimo 90 W izgub in faktor delavnosti toka $\cos\phi_k = 0.6$. Določite napetost, ki jo kaže V-meter v sekundarnem tokokrogu, če na nazivnem omrežju transformator obremenimo z nazivnim tokom in faktorjem delavnosti toka $\cos\phi_k = 0.6$!
27. Izračunajte število ovojev primarnega in sekundarnega navitja trifaznega transformatorja s podatki $10 \text{ kV}/0.4 \text{ kV}$, 50 Hz , vezava Dz6 (skica), $u_k = 4 \%$, $S_n = 50 \text{ kVA}$, katerega jedro ima geometrični prerez $A_{\text{Fe}} = 100 \text{ cm}^2$. Tehnologija izdelave omogoča faktor polnjenja jedra $f_{\text{Fe}} = 0.95$, maksimalna gostota v železu je $B_{\text{Fe}} = 1.5 \text{ T}$.



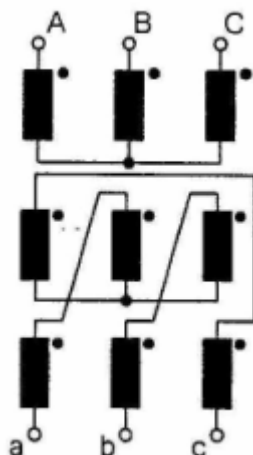
28. K transformatorju s podatki 10 kV/0.4 kV, 50 Hz, vezava Dz6 (skica), $u_k = 4\%$, $S_n = 50$ kVa, katerega jedro ima geometrični prerez $A_{Fe} = 100 \text{ cm}^2$, s faktorjem polnjenja $f_{Fe} = 0.95$ in maksimalno gostota v železu $B_{Fe} = 1.5 \text{ T}$ želimo paralelno priklopiti trifazni transformator vezave po skici. Na omrežju 10 kV/0.4 kV, 50 Hz naj bi bila obremenjena s skupno močjo $S_B = 100 \text{ kVA}$. Podatki drugega transformatorja so: 6 kV/0.4 kV, $u_k = 4\%$, $S_n = 50 \text{ kVA}$. Ali je takšno obratovanje dopustno? Utemeljite!



29. Transformatorju, ki je imel časovno konstanto segrevanja $T = 4 \text{ h}$ in nazivno razmerje izgub $P_{Cun}/P_{Fen} = \zeta_n = 3$, predelamo sistem hlajenja tako, da z dodatnimi radiatorji podvojimo površino za odvajanje toplote (masa je nespremenjena). Upoštevajte segrevanje transformatorja kot homogenega telesa z naravno konvekcijo toplote (brez upoštevanja sevanja). Izračunajte dopustno stopnjo toplotne preobremenitve x' tako predelanega transformatorja, če obratuje na omrežju nazivne napetosti in frekvence natanko dve uri $t = 2 \text{ h}$.
30. Transformatorju z nazivno močjo $P_n = 10 \text{ MVA}$ in $u_k = 12\%$ vzporedno zvežemo transformator s $P_n' = 15 \text{ MVA}$ in $u_k' = 15\%$. Kakšna je največja moč, s katero lahko obremenimo transformatorja?
31. Nazivna napetost naj bi znašala $U_{2n} = 200 \text{ V}$. Ker pa transformator ni pravilno zvezan, so napetosti drugačne. Narišite kazalčni diagram in določite napetosti U_{ab} , U_{ac} , U_{bc} .

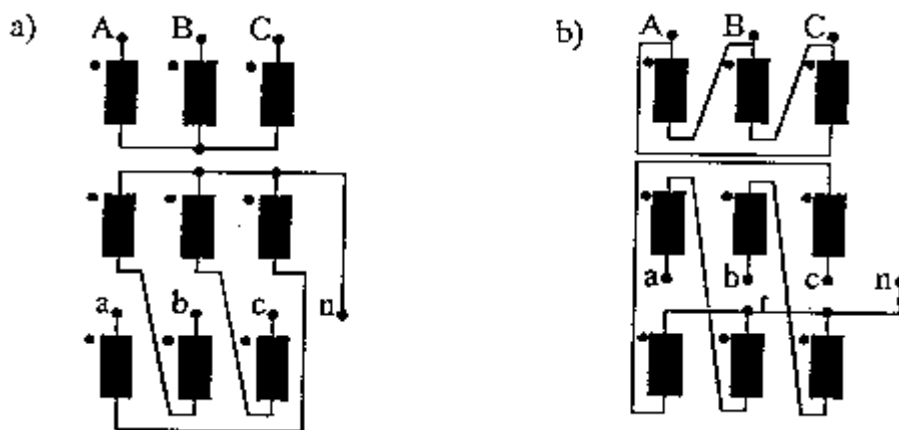


32. Določite vezno grupo in fazno številko trifaznega transformatorja! Ali je vezava prava? Kolikšna je sekundarna medfazna napetost, če se na posamezni tuljavici inducira napetost 100 V?

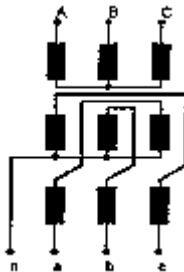


33. Transformator ima nazivno razmerje izgub $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = \zeta_n = 4$ in časovno konstanto segrevanja $T = 4$ ure. Pri obremenitvi s tokom $I' = 120$ A se segreje do nadtemperature $\Theta'_{\text{max}} = 60$ K. Do katere nadtemperature Θ_{maxn} se transformator segreje pri obremenitvi z nazivnim tokom $I_n = 160$ A, če obratuje na nazivnem omrežju?

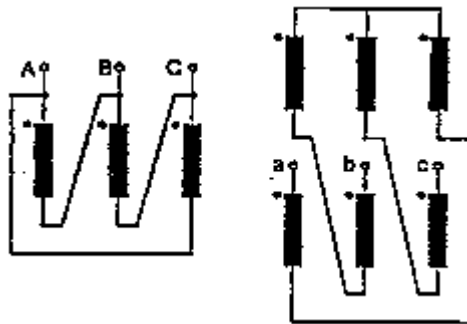
34. Določite oznako in pravilnost vezave trifaznih transformatorjev:



35. Nazivno obremenjen transformator se segreje do maksimalne dopustne nadtemperature 60 °C. Določite stopnjo dovoljene preobremenitve, če hladen transformator priključimo na nazivno omrežje za čas $t = 0.5 \text{ T}$, $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 3$.
36. Transformator za nazivno napetost $U_1 = 115 \text{ V}$, $f = 60 \text{ Hz}$ ima izgube praznega teka na nazivnem omrežju $P_0 = 200 \text{ W}$. Želimo ga predelati za omrežje $U_1' = 230 \text{ V}$, $f' = 50 \text{ Hz}$. Določite spremembo števila obojev primarnega navitja tako, da bodo izgube praznega teka na novem omrežju $P_0' = 160 \text{ W}$.
37. Transformatorju smo pri napetosti 220 V v praznem teku izmerili 47 W izgub. Dovoljene izgube v praznem teku znašajo 50 W. Ali bo imel transformator pri napetosti 230 V izgube še vedno v okviru dovoljenih?
38. Monter je pri vezavi transformatorja naredil napako. Kakšna je napetost U_{ab} , če se v vsakem od sekundarnih navitij inducira napetost 73 V? Kakšna naj bi bila napetost U_{2n} ?



39. Določite vezno grupo in fazno številko trifaznega transformatorja!



40. Transformator s podatki $S_n = 400 \text{ kVA}$, $10 \text{ kV}/0.4 \text{ kV}$, 50 Hz , $P_{\text{Cun}}/P_{\text{Fen}} = 3$, $\eta_n = 0.97$, $u_k = 5 \%$ ima časovno konstanto segrevanja $T = 2 \text{ h}$. Skupne izgube v železnem jedru (histerezne in vrtilne) se spreminjajo linearno s frekvenco ter s kvadratom magnetne gostote. Uporabimo ga na lokalnem omrežju z neregulirano napetostjo in frekvenco $U_1 = 12.1 \text{ kV}$, $f' = 55 \text{ Hz}$.
- Koliko časa sme obratovati na tem omrežju, če je obremenjen z nazivnim tokom $I' = I_n$ pod predpostavko, da se ne sme segreti preko dopustne nadtemperature?
 - Izračunajte u_R [%], u_X [%] in faktor delavnosti toka v kratkem stiku $\cos\phi_k$. Merilnik faktorja delavnosti toka ($\cos\phi$ - meter) kaže $\cos\phi = 0.45$ pri obremenitvi z nazivnim tokom. Kolikšno napetost kaže voltmeter, ki je priključen na sekundarne sponke transformatorja?

41. Trifazni transformator s podatki $S_{n1} = 10 \text{ MVA}$, $110 \text{ kV}/35 \text{ kV}$, $u_{k1} = 5 \%$ ima vezavo kot kaže skica. Ali smemo temu transformatorju priključiti paralelno drug transformator s podatki $S_{n2} = 20 \text{ MVA}$, $110 \text{ kV}/35 \text{ kV}$, $u_{k2} = 5.2 \%$, vezave Yz5? Utemeljite!

