

## ЕЛЕКТРИЧНЕ МАШИНЕ ЈЕДНОСМЕРНЕ СТРУЈЕ - септембар 2009 -

Београд 1.09.2009.

1. Нацртати комплетну развијену шему простог двослојног омчастог десног намотаја генератора ЈС са  $2p = 4$ ,  $Q = Q_{el} = 13$  и  $\alpha = 0,769$ .
2. Шестополни генератор за  $220\text{ V}$  има намотај као у претходном задатку са секцијама од 8 навојака смештених у 42 жлеба. Колики је средњи индуковани напон по проводнику и флуks по полу машине при брзини од  $n = 1500\text{ }^{ob}/_{min}$  ако је струја индукта  $15\text{ A}$ , отпорност индукта  $0,5\ \Omega$ , а пад напона на диркама  $\Delta u = 2\text{ V}$ .
3. Четворополна машина ЈС има пречник ротора  $200\text{ mm}$ , 25 жлебова са 4 пара страна секција по жлебу и прост валовит намотај на индукту. Пречник комутатора је  $150\text{ mm}$ , а лучна ширина дирке  $12\text{ mm}$ . Израчунати максималну ширину полног лука ако је намотај изведен без скраћења навојног корака.
4. Паралелни мотор ЈС са номиналним подацима:  $10\text{ kW}$ ,  $220\text{ V}$ ,  $1200\text{ }^{ob}/_{min}$ , струја индуктора  $2\text{ A}$ ,  $R_a = 0,4\ \Omega$ ,  $\Delta u \approx 0$ , степен искоришћења снаге  $83\%$ , има добру компензацију у погледу реакције индукта. Израчунати: струје мотора, све појединачне губитке, струје и брзину неоптерећеног мотора и номинални електромагнетски моменат и снагу.
5. Редни мотор ЈС са угљено-графитним четкицама и номиналним подацима  $400\text{ V}$ ,  $70\text{ A}$  има максимални степен искоришћења снаге  $\eta_m = 0,9$  при струји од  $50\text{ A}$ . Одредити номиналан степен искоришћења снаге сматрајући да су губици услед обртања константни, а додатни губици нису занемарљиви.
6. Одредити отпорности делова отпорника за пуштање у рад мотора ЈС са константном независном побудом и номиналним подацима  $200\text{ V}$ ,  $25\text{ A}$ ,  $R_a = 0,2\ \Omega$  ако је максимална допуштена струја индукта  $2 I_n$ .
7. Мотор ЈС са паралелном побудом и подацима  $220\text{ V}$ ,  $30\text{ A}$ ,  $1400\text{ }^{ob}/_{min}$ ,  $R_p = 220\ \Omega$ ,  $R_a = 0,2\ \Omega$ , троши у празном ходу струју  $I_0 = 3,5\text{ A}$ . Мотор је оптерећен константним номиналним момементом. Израчунати степен искоришћења снаге и брзину обртања ако се напон смањи за  $10\%$ . Занемарити пад напона на диркама и реакцију индукта, а магнетско коло сматрати линеарним.
8. Мотор и генератор ЈС са паралелном побудом спојени су механички на странама супротно од комутатора. Свака машина је прикључена на своју мрежу. Нацртати шему веза и означити поларитете напона и смерове струја ако се мотор обрће удесно.
9. Мере за поправку комутације уз кратак опис предности и мана.
10. Карактеристике мотора са независном побудом.

**Испит траје 3h. Сваки задатак носи по 12 поена. Σпоена = 120. Дозвољено је коришћење само једне свеске за рад и концепт.**

**Проф. др Радован Љ. Радосављевић**

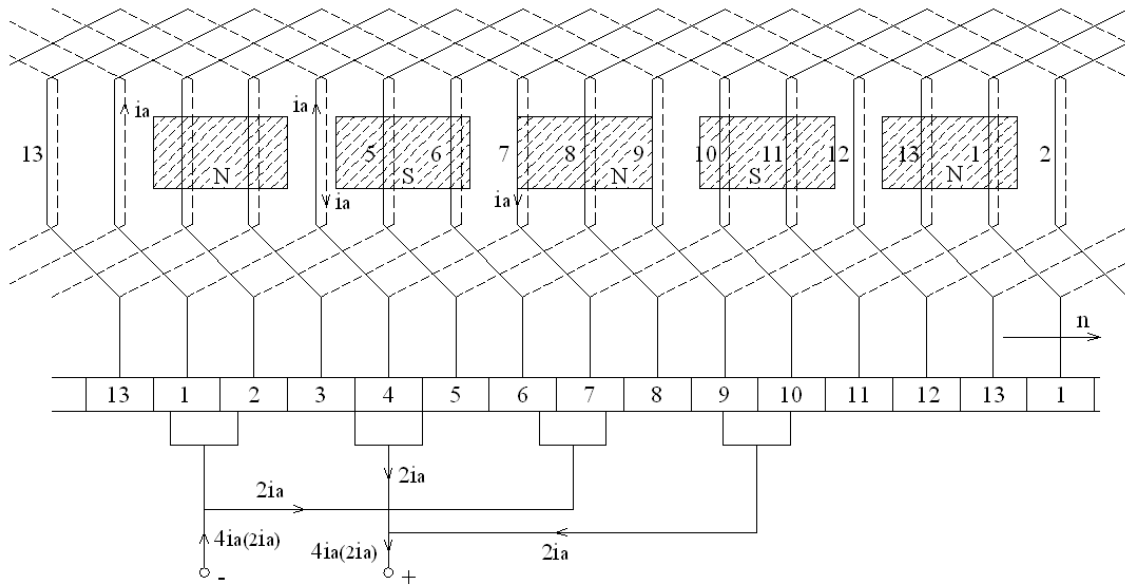
**ЕЛЕКТРИЧНЕ МАШИНЕ ЈЕДНОСМЕРНЕ СТРУЈЕ**  
**- СЕПТЕМБАР 2009 -**

**Београд 1.09.2009.**

**РЕШЕЊА**

1.  $y_1 = \frac{Q}{2p} \pm \xi = \frac{13}{4} \pm \xi = 4, \quad y_2 = y_k = s = 1, \quad y_2 = y_1 - y_k = 4 - 1 = 3$

$$a = s = 1, \quad b_{pp} = \alpha \cdot \frac{Q}{2p} = 0,769 \cdot \frac{13}{4} = 2,5$$



2.  $Z = 2N_s Q = 2 \cdot 8 \cdot 42 = 672, \quad a = p \cdot s = 3 \cdot 1 = 3, \quad 2a = 6, \quad Z_1 = \frac{Z}{2a} = \frac{672}{6} = 112$

$$E = U - R_a I_a - \Delta u = 220 - 15 \cdot 0,5 - 2 = 210,5V \Rightarrow E_1 = \frac{E}{Z_1} = \frac{210,5}{112} = 1,88V$$

$$\Phi_p = \frac{E}{n} \cdot \frac{60}{Z} \cdot \frac{a}{p} = \frac{210,5}{1500} \cdot \frac{60}{672} \cdot \frac{3}{3} = 0,0125Wb$$

3.  $b_k' = \frac{\pi D_a}{n Q} = \frac{\pi \cdot 200}{4 \cdot 25} = 6,28mm, \quad b_d' = b_d \cdot \frac{D_a}{D_k} = 12 \cdot \frac{200}{150} = 16mm$

$$b_{zk} = b_d' + b_k' \cdot (n - 1 + \xi) = 16 + 6,28 \cdot (4 - 1 + 0) = 34,84mm$$

$$b_{zk, \min} = \tau_p - b_{pp, \max} = b_{zk}, \quad \tau_p = \frac{\pi D_a}{2p} = \frac{\pi \cdot 200}{4} = 157,1mm$$

$$b_{pp, \max} = \tau_p - b_{zk} = 157,1 - 34,84 = 122,2mm$$

4.  $P_1 = \frac{10000}{0,83} = 12048W, \quad I = \frac{P_1}{U} = \frac{12048}{220} = 54,8A, \quad I_a = I - I_p = 52,8A$

$$P_{Cua} = R_a \cdot I_a^2 = 0,4 \cdot 54,8^2 = 1201W, \quad P_{Cup} = U I_p = 440W, \quad P_\gamma = P_1 - P = 2048W$$

$$P_{Fe} + P_{fv} = P_\gamma - (P_{Cua} + P_{Cup}) = 2048 - (1201 + 440) = 407W$$

$$I_{a0} = \frac{P_{Fe} + P_{fv}}{U} = \frac{407}{220} = 1,85 \text{ A} \Rightarrow I_0 = I_{a0} + I_p = 1,85 + 2 = 3,85 \text{ A}$$

$$n_0 = \frac{E_0}{E} \cdot n_n = \frac{U - R_a I_{a0}}{U - R_a I_a} \cdot n_n = \frac{220 - 0,4 \cdot 1,85}{220 - 0,4 \cdot 54,8} \cdot 1200 = \frac{219,3}{198,1} \cdot 1200 = 1323 \text{ ob/min}$$

$$P_{em} = E_a I_a = 198,1 \cdot 52,8 = 10460 \text{ W} \Rightarrow M_{em} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{10460}{1200} = 83,2 \text{ Nm}$$

$$5. \eta_{\max} : P_0 = P_{Cu} + P_d = \beta_m^2 (P_{Cum} + P_{dn}) = \beta_m^2 [(R_a + R_p) I_n^2 + P_{dn}], \quad \beta_m = \frac{50}{70} = 0,71$$

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{2P_0 + \Delta U \cdot I}{UI} \Rightarrow P_0 = \frac{1}{2} [(1 - \eta_{\max}) UI - \Delta U I] = \frac{1}{2} [0,1 \cdot 400 \cdot 50 - 2 \cdot 50] = 950 \text{ W}$$

$$P_{Cum} + P_{dn} = \frac{950}{0,71^2} = 1884 \text{ W}$$

$$\eta_n = 1 - \frac{P_0 + (P_{Cum} + P_{dn}) + \Delta U I_n}{U_n I_n} = 1 - \frac{950 + 1884 + 2 \cdot 70}{220 \cdot 70} = 0,8069 \Rightarrow 80,69\%$$

$$6. R_1 = R_a + R_d = \frac{U}{1,5 I_{an}} = \frac{200}{2 \cdot 25} = 4 \Omega, \quad R_d = R_1 - R_a = 4 - 0,2 = 3,8 \Omega$$

$$R_1 I_{\min} = R_2 I_{\max} \Rightarrow \frac{I_{\max}}{I_{\min}} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_2}{R_3} = \dots = \frac{R_n}{R_a} = q$$

множећи претходне релације добијамо следећи израз:

$$q^n = \frac{R_1}{R_a}, \quad \text{из претпоставке } I_{\min} = I_n \text{ следи:}$$

$$q = \frac{2 I_n}{I_n} = 2 \Rightarrow n = \frac{\ln R_1 - \ln R_a}{\ln 2} = \frac{\ln 4 - \ln 0,2}{\ln 2} = 4,32 \Rightarrow n = 4$$

$$q = \sqrt[4]{\frac{4}{0,2}} = 2,115 \Rightarrow I_{\min} = \frac{I_{\max}}{q} = \frac{50}{2,115} = 23,64 \text{ A}$$

$$R_4 = q R_a = 2,115 \cdot 0,2 = 0,42 \Omega \Rightarrow \Delta R_4 = R_4 - R_a = 0,42 - 0,2 = 0,22 \Omega$$

$$R_3 = q^2 R_a = 2,115^2 \cdot 0,2 = 0,89 \Omega \Rightarrow \Delta R_3 = R_3 - R_4 = 0,89 - 0,42 = 0,47 \Omega$$

$$R_2 = q^3 R_a = 2,115^3 \cdot 0,2 = 1,89 \Omega \Rightarrow \Delta R_2 = R_2 - R_3 = 1,89 - 0,89 = 1 \Omega$$

$$R_1 = q^4 R_a = 2,115^4 \cdot 0,2 = 4 \Omega \Rightarrow \Delta R_1 = R_1 - R_2 = 4 - 1 = 3 \Omega$$

$$7. I_{pn} = \frac{U}{R_p} = \frac{220}{220} = 1 \text{ A}, \quad I_{a0} = I_0 - I_{pn} = 2,5 \text{ A}, \quad I_{an} = I_n - I_{pn} = 29 \text{ A}$$

$$E_n = U - R_a I_{an} = 220 - 0,2 \cdot 29 = 214,2 \text{ V} \Rightarrow k \Phi_n = \frac{E_n}{n_n} = \frac{214,2}{1400} = 0,153$$

$$M = c \Phi I_a = \text{const}, \quad \Phi_1 = 0,9 \cdot \Phi_n \Rightarrow I_{a1} = \frac{I_{an}}{0,9} = 32,2 \text{ A}, \quad I_{p1} = \frac{0,9 U_n}{R_p} = 0,9 \text{ A}$$

$$I_1 = I_{a1} + I_{p1} = 32,2 + 0,9 = 33,1 \text{ A} \Rightarrow E_1 = 0,9 U_n - R_a I_{a1} = 191,56 \text{ V}$$

$$(P_{Fe} + P_{fv})_1 = E_1 I_{a0} = 191,56 \cdot 2,5 = 478,9 \text{ W}$$

$$P_{Cu1} = R_a I_{a1}^2 = 0,2 \cdot 32,2^2 = 207,4 \text{ W}, \quad P_{p1} = 0,9 U_n I_{p1} = 178,2 \text{ W}$$

$$\eta_1 = 1 - \frac{P_{Cu1} + P_{Cu2} + (P_{Fe} + P_{fv})_1}{0,9U_n I_1} = 1 - \frac{207,4 + 178,2 + 478,9}{0,9 \cdot 220 \cdot 33,1} = 0,8681 \Rightarrow \eta = 86,81\%$$

$$n_1 = n_n \frac{E_1}{E_n} = 1400 \cdot \frac{191,56}{214,2} = 1252 \text{ ob/min}$$

8.

