

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΟΥ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2021-22

ΜΑΘΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ-Θ (ΤΕ)

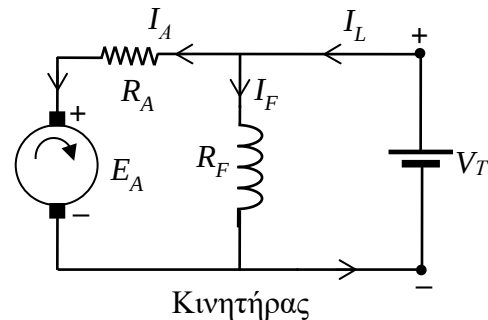
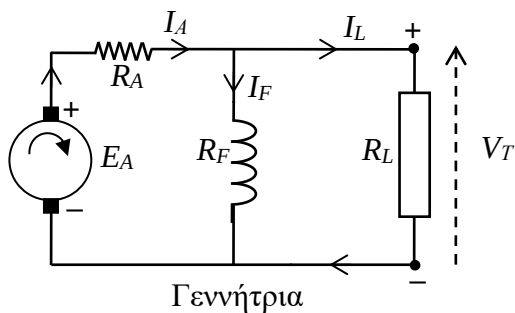
Δευτέρα, 7 Φεβρουαρίου 2022, 16:00-18:00 αιθ. 2104
 Εισηγητής: Κώστας Φιλίππιδης (kphilippides@uowm.gr)

ΘΕΜΑ 1. [3]

Γεννήτρια παράλληλης διέγερσης 12 kW, 480 V με $R_A = 0,05 \Omega$ και $R_F = 240 \Omega$ παραδίδει το πλήρες φορτίο της στην ονομαστική τάση όταν περιστρέφεται με ταχύτητα 1.225 rpm. Συνδέουμε τη μηχανή ως κινητήρα. Ο κινητήρας λαμβάνει ισχύ 12 kW σε τάση εισόδου 480 V. Ποια είναι η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα?

Απάντηση

Κυκλώματα



Εξισώσεις

Μαγνητικές :	$E_A = K\Phi\omega$	$\tau_{επαγ} = K\Phi I_A$		
Ηλεκτρικές Γεννήτριας	$I_A = I_F + I_L$	$E_A = V_T + I_A R_A$	$V_T = I_F R_F$	$P_{out} = V_T I_L$
Μηχανικές Γεννήτριας:	$P_{in} = \tau_{κιν}\omega$	$\omega = \frac{2\pi}{60}n$		
Ηλεκτρικές Κινητήρα	$I_L = I_F + I_A$	$V_T = E_A + I_A R_A$	$V_T = I_F R_F$	$P_{in} = V I_L$
Μηχανικές Κινητήρα:	$P_{out} = \tau_{αξ}\omega$	$\omega = \frac{2\pi}{60}n$		

Γεννήτρια (generator)

$$I_F = \frac{V}{R_F} = \frac{480}{240} = 2 \text{ A}, \quad I_L = \frac{P_{out}}{V_T} = \frac{12.000}{480} = 25 \text{ A}, \quad I_A = I_L + I_F = 25 + 2 = 27 \text{ A}$$

επαγωγική τάση γεννήτριας: $E_{A(g)} = V_T + I_A R_A = 480 + (27)(0,05) = 481,35 \text{ V}$

Κινητήρας (motor)

$$I_F = \frac{V}{R_F} = \frac{480}{240} = 2 \text{ A}, \quad I_L = \frac{P_{in}}{V_T} = \frac{12.000}{480} = 25 \text{ A}, \quad I_A = I_L - I_F = 25 - 2 = 23 \text{ A}$$

επαγωγική τάση κινητήρα: $E_{A(m)} = V_T - I_A R_A = 480 - (23)(0,05) = 478,85 \text{ V}$

Η διέγερση είναι ίδια και στις δύο συνδέσεις αφού το ρεύμα διέγερσης είναι ίδιο. Οι επαγωγικές τάσεις συνδέονται με τις αντίστοιχες ταχύτητες με τον τύπο $E_A = K\Phi\omega = K' \Phi n$, οπότε διαιρώντας παίρνουμε:

$$\frac{n_m}{n_g} = \frac{E_{A(m)}}{E_{A(g)}} \Rightarrow n_m = n_g \frac{E_{A(m)}}{E_{A(g)}} = (1.225) \frac{478,85}{481,35} = 1.218,63769 \approx 1.219 \text{ rpm}$$

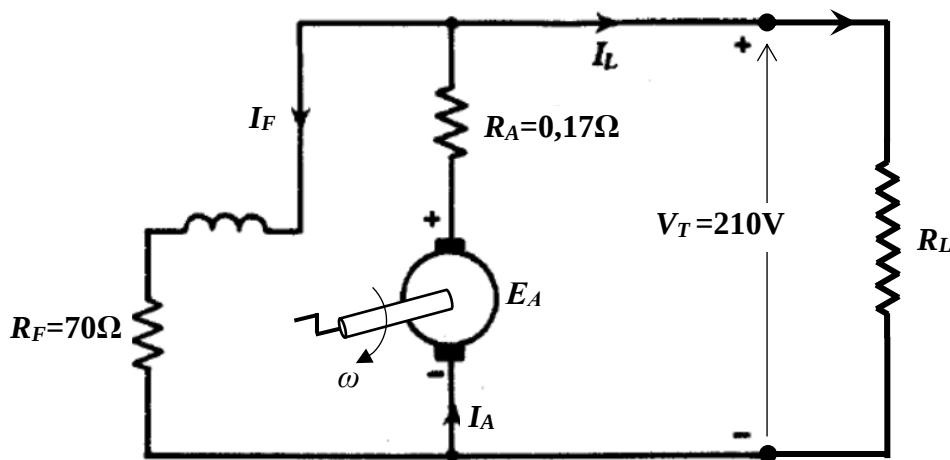
ΘΕΜΑ 2. [3,5]

Γεννήτρια παράλληλης διέγερσης δίνει τις ονομαστικές τιμές ισχύος 94,5 kW και τάσης εξόδου 210 V όταν περιστρέφεται με ταχύτητα 164 rad/s. Η μηχανή έχει αντίσταση οπλισμού $R_A = 0,17 \Omega$ και αντίσταση πηνίου διέγερσης $R_F = 70 \Omega$. Οι σταθερές της απώλειες (μηχανικές και πυρήνα σιδήρου) στο πλήρες φορτίο είναι $P_C = 1,48 \text{ kW}$. Να υπολογίσετε :

- 1) την επαγωγική τάση που παράγει η γεννήτρια στο πλήρες φορτίο (δηλ. 94,5 kW στα 210 V) [1]
- 2) τη συνδυασμένη σταθερά $K\Phi$ [0,5]
- 3) την επαγωγική τάση που παράγει η γεννήτρια στο μισό φορτίο με την ονομαστική της τάση (δηλ. 94,5/2 kW στα 210 V) [0,5]
- 4) την ταχύτητα περιστροφής της γεννήτριας σε rpm στο μισό φορτίο με την ονομαστική της τάση [0,5]
- 5) την απόδοση της γεννήτριας στο πλήρες φορτίο [1]

Απάντηση

Κύκλωμα



Αφού η τάση εξόδου είναι σταθερή 210 V και στο πλήρες και στο μισό φορτίο, τότε το ρεύμα διέγερσης I_F (και άρα και η διέγερση $\Phi(I_F)$) θα έχει την ίδια τιμή και στις δύο περιπτώσεις. Το ρεύμα διέγερσης είναι ίσο με

$$I_F = \frac{V_T}{R_F} = \frac{210}{70} = 3 \text{ A}$$

- 1) Πλήρες φορτίο

$$P_{out} = V_T I_L \Rightarrow I_L = \frac{P_{out}}{V_T} = \frac{94.500}{210} = 450 \text{ A},$$

$$I_A = I_F + I_L = 3 + 450 = 453 \text{ A}$$

$$E_A = V + I_A R_A = 210 + (453)(0,17) = 210 + 77,01 \approx 287 \text{ V}$$

- 2) $E_A = K\Phi\omega \Rightarrow K\Phi = \frac{E_A}{\omega} = \frac{287}{164} = 1,75 \text{ Wb}$

- 3) Μισό φορτίο

$$P_{out} = V_T I_L \Rightarrow I_L = \frac{P_{out}}{V_T} = \frac{94.500 / 2}{210} = 450 / 2 = 225 \text{ A},$$

$$I_A = I_F + I_L = 3 + 225 = 228 \text{ A}$$

$$E_A = V + I_A R_A = 210 + (228)(0,17) = 210 + 38,76 \approx 249 \text{ V}$$

- 4) Αφού η διέγερση είναι ίδια και στο μισό φορτίο

$$E_A = K\Phi\omega \Rightarrow \omega = \frac{E_A}{K\Phi} = \frac{248,76}{1,75} = 142,15 \text{ rad/s},$$

$$n = \frac{60}{2\pi} \omega = 1.357 \text{ rpm}$$

- 5) Εξερχόμενη ισχύς : $P_{out} = 94,5 \text{ kW}$

$$\text{Απώλειες πηνίου διέγερσης : } P_F = I_F^2 R_F = (3^2)(70) = 630 \text{ W} = 0,63 \text{ kW}$$

$$\text{Απώλειες πηνίου οπλισμού : } P_A = I_A^2 R_A = (453^2)(0,17) = 34.885,53 \text{ W} = 34,89 \text{ kW}$$

$$\text{Σταθερές απώλειες : } P_C = 1,48 \text{ kW}$$

$$\text{Συνολικές απώλειες : } P_{\text{loss}} = P_F + P_A + P_C = 0,63 + 34,89 + 1,48 = 37 \text{ kW}$$

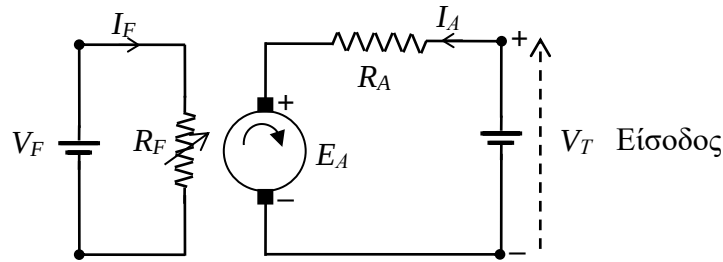
$$\text{Εισερχόμενη ισχύς : } P_{\text{in}} = P_{\text{out}} + P_{\text{loss}} = 94,5 + 37 = 131,5 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} 100\% = \frac{94,5}{131,5} 100\% = 71,86\% \approx 72\%$$

ΘΕΜΑ 3. [1,5]

Κινητήρας ανεξάρτητης διέγερσης περιστρέφεται με ταχύτητα 1500 rpm, με σταθερό ρεύμα διέγερσης, τραβώντας ρεύμα οπλισμού 60 A σε τάση 180 V. Η αντίσταση του πηνίου οπλισμού είναι 0,2 Ω. Το φορτίο στον κινητήρα αλλάζει και ο κινητήρας τραβάει τώρα 114,6 A στα 180 V. Αν μειώσουμε τη διέγερση κατά 6,5% , ποια θα είναι η νέα ταχύτητα του κινητήρα. [1,5]

Απάντηση



Η ταχύτητα συνδέεται με την επαγωγική τάση με τον τύπο $E = K\Phi\omega$. Υπολογίζουμε τις επαγωγικές τάσεις από το κύκλωμα.

$$E_1 = V_T - I_1 R_A = 180 - (60)(0,2) = 168 \text{ V}$$

$$E_2 = V_T - I_2 R_A = 180 - (114,6)(0,2) = 157,08 \text{ V}$$

Η διέγερση έχει αλλάξει

$$\left. \begin{aligned} E_2 &= K\Phi_2\omega_2 = K\Phi_2 \frac{2\pi}{60} n_2 \\ E_1 &= K\Phi_1\omega_1 = K\Phi_1 \frac{2\pi}{60} n_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{\Phi_2 n_2}{\Phi_1 n_1} \Rightarrow n_2 = n_1 \frac{E_2}{E_1} \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = (1500) \frac{157,08}{168} \frac{1}{0,935} = 1500 \text{ rpm}$$

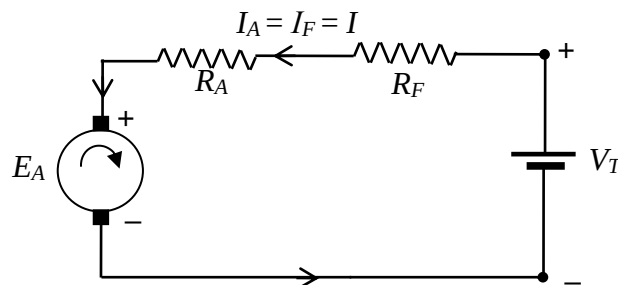
Αλλάζοντας τη διέγερση μπορώ να έχω σταθερή ταχύτητα για διαφορετικά φορτία.

ΘΕΜΑ 4. [2]

Κινητήρας διέγερσης σειράς αποδίδει στον άξονά του ροπή 36 Nm όταν διαρρέεται από ρεύμα 75 A.

Τι ροπή θα αποδίδει όταν θα διαρρέεται από ρεύμα 125 A (αγνοήστε τον κορεσμό, δηλαδή θεωρήστε ότι λειτουργεί στην γραμμική περιοχή της καμπύλης μαγνήτισης όπου $\Phi = cI_F$). [1]

Αν και τις δύο φορές αποδίδει την ονομαστική του ισχύ 9 kW με τι ταχύτητες (rpm) περιστρέφεται ? [1]



$$\left. \begin{aligned} \tau_1 &= K\Phi_1 I_1 = KcI_1^2 \\ \tau_2 &= K\Phi_2 I_2 = KcI_2^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{I_1^2}{I_2^2} \Rightarrow \tau_2 = \tau_1 \frac{I_2^2}{I_1^2} = 36 \frac{125^2}{75^2} = 36 \cdot \left(\frac{5}{3}\right)^2 = 100 \text{ Nm}$$

$$P_{\text{out}} = \tau_{\alpha\xi} \omega \Rightarrow \omega = \frac{P_{\text{out}}}{\tau_{\alpha\xi}}$$

$$\text{Αρα } \omega_1 = \frac{P_{out}}{\tau_1} = \frac{9000}{36} = 250 \text{ rad/s} = 250 \text{ rad/s} \frac{1 \text{ r}}{2\pi \text{ rad}} \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 2.387,32 \text{ rpm} \approx 2.390 \text{ rpm} \quad \text{και}$$

$$\omega_2 = \frac{P_{out}}{\tau_2} = \frac{9000}{100} = 90 \text{ rad/s} = 90 \text{ rad/s} \frac{1 \text{ r}}{2\pi \text{ rad}} \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 859,44 \text{ rpm} \approx 859 \text{ rpm}$$

$$\text{Η } P_{1out} = P_{2out} \Rightarrow \tau_1 \omega_1 = \tau_2 \omega_2 \Rightarrow \tau_1 n_1 = \tau_2 n_2 \Rightarrow n_2 = n_1 \frac{\tau_1}{\tau_2} \Rightarrow n_2 = 859,44 \text{ rpm}$$

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ