

Εισηγητής: Κ. Φιλίππιδης, kphilippides@teiwm.gr
[μονάδες 3,5]

Θέμα 1

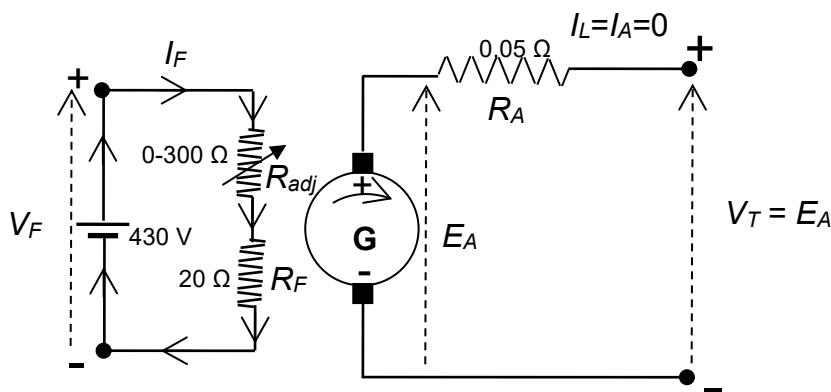
Μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος ανεξάρτητης διέγερσης, που διαθέτει τυλίγματα αντιστάθμισης, διαθέτει τα εξής ονομαστικά μεγέθη λειτουργίας : $P_{out} = 172 \text{ kW}$, $V_T = 430 \text{ V}$, $n_{ov} = 1800 \text{ rpm}$. Η γεννήτρια δουλεύει στη γραμμική περιοχή της καμπύλης μαγνήτισης όπου ισχύει $E_A = k\omega I_F$ και έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά : $R_A = 0,05 \Omega$, $R_F = 20 \Omega$, $R_{adj} =$ από 0 έως 300Ω , $V_F = 430 \text{ V}$.

1.1 [0,5] Ποιο είναι το ρεύμα φορτίου I_L , στη λειτουργία της μηχανής με τα ονομαστικά μεγέθη ;

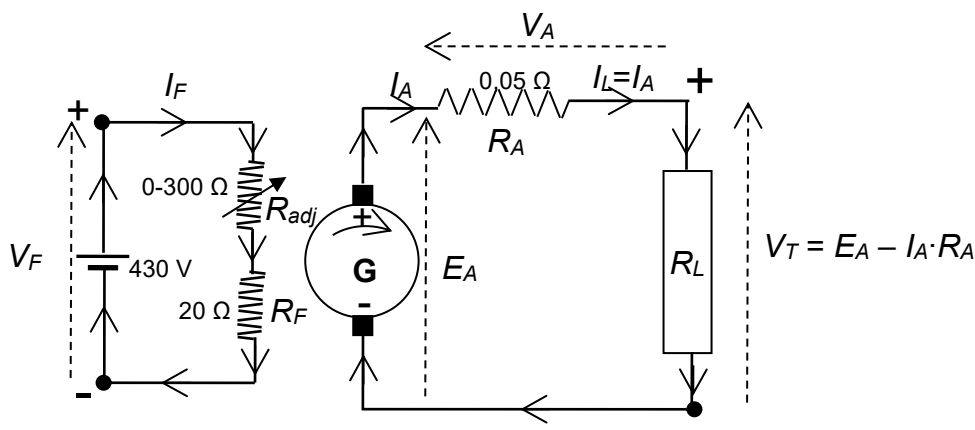
$$I_L = \frac{P_{out}}{V_T} = \frac{172 \text{ kW}}{430 \text{ V}} = \frac{172.000 \text{ W}}{430 \text{ V}} \Rightarrow \boxed{I_L = 400 \text{ A}}$$

1.2 [1,0] Να σχεδιάσετε τα ισοδύναμα κυκλώματα για τη λειτουργία της γεννήτριας α) χωρίς φορτίο και β) με φορτίο R_L .

ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ (NO LOAD)



ΜΕ ΦΟΡΤΙΟ (LOAD)



1.3 [0,5] Αν στις ονομαστικές στροφές η επαγωγική τάση είναι 100 V για ρεύμα διέγερσης 1 A , να υπολογιστεί η τιμή κι οι μονάδες της σταθεράς k .

$$E_A = k\omega I_F = k \frac{2\pi n}{60} I_F \Rightarrow k = \frac{30 E_A}{\pi n I_F} = \frac{30 \cdot 100}{\pi \cdot 1800 \cdot 1} = \frac{5}{3\pi} = 0,53 \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A}}$$

1.4 [1] Αν η μεταβλητή αντίσταση R_{adj} του κυκλώματος διέγερσης της γεννήτριας ρυθμιστεί στα 195Ω και η κινητήρια μηχανή περιστρέφει τη γεννήτρια με ταχύτητα $n=1600 \text{ rpm}$, ποια θα είναι η τάση στα άκρα της γεννήτριας V_T , όταν αυτή λειτουργεί χωρίς φορτίο ;

Βρίσκουμε το ρεύμα διέγερσης και από αυτό την επαγωγική τάση.

$$R_{F \text{ ολική}} = R_F + R_{adj} = 20 + 195 = 215 \Omega$$

$$I_F = V_T / R_{F \text{ ολική}} = 430 \text{ V} / 215 \Omega = 2 \text{ A}$$

$$E_A = k\omega I_F = \frac{5}{3\pi} \frac{2\pi \cdot 1600}{60} \cdot 2 = \frac{1600}{9} = 177,778 = 178 \text{ V}$$

Επειδή η μηχανή λειτουργεί χωρίς φορτίο δεν διαρρέεται από ρεύμα και δεν υπάρχει πτώση τάσης στην αντίσταση του τυμπάνου. Οπότε ισχύει

$$V_T = E_A = 178 \text{ V}$$

1.5 [0,5] Ποια θα ήταν η αντίστοιχη με το ερώτημα 1.2 τάση εξόδου αν συνδεόταν στη γεννήτρια ένα φορτίο που προκαλούσε $I_L = 360 \text{ A}$;

$$I_A = I_L = 360 \text{ A}$$

$$V_T = E_A - I_A R_A = 178 \text{ V} - 360 \text{ A} \cdot 0,05 \Omega \Rightarrow V_T = 160 \text{ V}$$

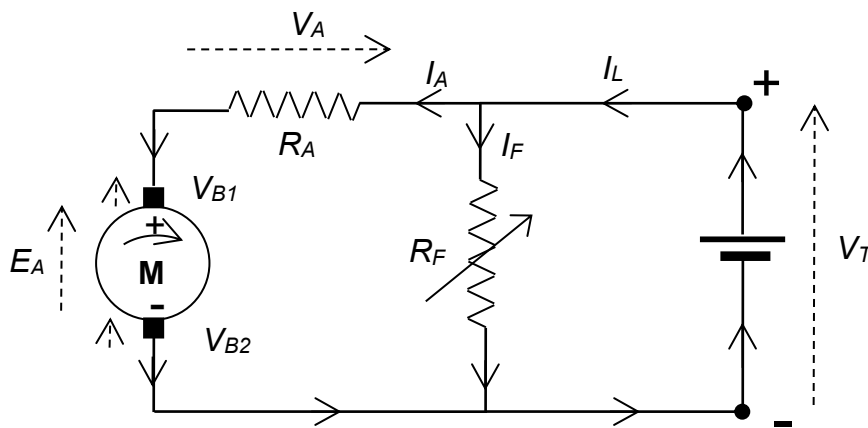
Θέμα 2

[μονάδες 2,5]

Κινητήρας συνεχούς ρεύματος, παράλληλης διέγερσης, με ονομαστικά μεγέθη $P_{out} = 40,0 \text{ Hp}$ και $V_T = 50 \text{ V}$ έχει αντίσταση τυμπάνου $R_A = 1,00 \Omega$ και αντίσταση παράλληλου πεδίου διέγερσης $R_F = 200 \Omega$, ενώ η πτώση τάσης στις ψήκτρες του συλλέκτη είναι $V_B = 8 \text{ V}$. Ο κινητήρας απορροφά από το δίκτυο ρεύμα $I_L = 100 \text{ A}$ στο πλήρες φορτίο και περιστρέφεται με ταχύτητα $n = 1000 \text{ rpm}$.

2.1 [0,5] Να σχεδιαστεί το ισοδύναμο κύκλωμα του κινητήρα.

Το ισοδύναμο κύκλωμα του κινητήρα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, όπου $V_B = V_{B1} + V_{B2} = 8 \text{ V}$



2.2 [0,5] Να υπολογιστεί το ρεύμα τυμπάνου I_A

$$I_L = 100 \text{ A}, \quad I_F = V_T / R_F = 400 \text{ V} / 50 \Omega \Rightarrow I_F = 8 \text{ A}$$

$$I_A = I_L - I_F = 100 \text{ A} - 8 \text{ A} \Rightarrow I_A = 92 \text{ A}$$

2.3 [0,5] Να υπολογιστεί η επαγόμενη τάση τυμπάνου E_A

$$E_A = V_T - I_A R_A - V_B = 400 - 92 \cdot 1 - 8 \Rightarrow E_A = 300 \text{ V}$$

2.4 [0,5] Να υπολογιστεί ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα ($1 \text{ Hp} = 0,746 \text{ kW}$)

$$P_{out} = 40 \text{ Hp} \cdot 0,746 \text{ kW/HP} \Rightarrow P_{out} = 29,84 \text{ kW}$$

$$P_{in} = V_T \cdot I_L = 400 \text{ V} \cdot 100 \text{ A} \Rightarrow P_{in} = 40 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\% = \frac{29,84 \text{ kW}}{40 \text{ kW}} \cdot 100 \Rightarrow \eta = 74,6\%$$

2.5 [0,5] Να υπολογιστεί η ροπή στον άξονα του κινητήρα τ_{out}

$$\omega = \frac{2\pi}{60} n = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1000}{60} \Rightarrow \omega = 104,7 \text{ rad/s}$$

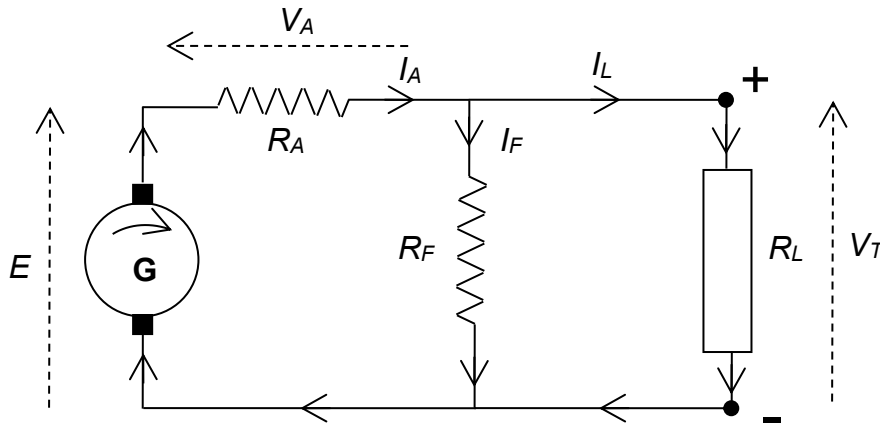
$$\tau_{out} = \frac{P_{out}}{\omega} = \frac{29.840 \text{ W}}{104,7 \text{ rad/s}} = 284,95 \text{ N} \cdot \text{m} \Rightarrow \tau_{out} = 285 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Θέμα 3**[μονάδες 1,5]**

Μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος παράλληλης διέγερσης λειτουργεί στις ονομαστικές της τιμές $P_{ov} = 20$ kW, $V_{ov} = 500$ V. Η πτώση τάσης τυμπάνου V_A είναι 8% της τάσης εξόδου και το ρεύμα διέγερσης I_F είναι ίσο με 4% του ονομαστικού ρεύματος εξόδου I_L (ρεύμα φορτίου).

Να υπολογίσετε

- 3.1 [0,5] την επαγωγική τάση της γεννήτριας
- 3.2 [0,5] την αντίσταση του τυμπάνου (οπλισμού) R_A και
- 3.3 [0,5] την αντίσταση του πηνίου διέγερσης R_F



Οι διαφορές δυναμικού είναι :

$$V_T = 500 \text{ V},$$

$$V_A = 0,08 \cdot V_T = 0,08 \cdot 500 \text{ V} \Rightarrow V_A = 40 \text{ V},$$

$$3.1 \quad E_A = V_A + V_T = 40 \text{ V} + 500 \text{ V} \Rightarrow E_A = 540 \text{ V}$$

Τα ρεύματα είναι :

$$I_L = \frac{P_{ov}}{V_T} = \frac{20 \text{ kW}}{500 \text{ V}} = \frac{20.000 \text{ W}}{500 \text{ V}} \Rightarrow I_L = 40 \text{ A}$$

$$I_F = 0,04 \cdot I_L = 0,04 \cdot 40 \text{ A} \Rightarrow I_F = 1,6 \text{ A}$$

$$I_A = I_F + I_L = 40 \text{ A} + 1,6 \text{ A} \Rightarrow I_A = 41,6 \text{ A}$$

Οπότε από το νόμο του Ohm οι αντιστάσεις είναι :

$$3.2 \quad R_A = \frac{V_A}{I_A} = \frac{40 \text{ V}}{41,6 \text{ A}} \Rightarrow R_A = 0,96 \Omega$$

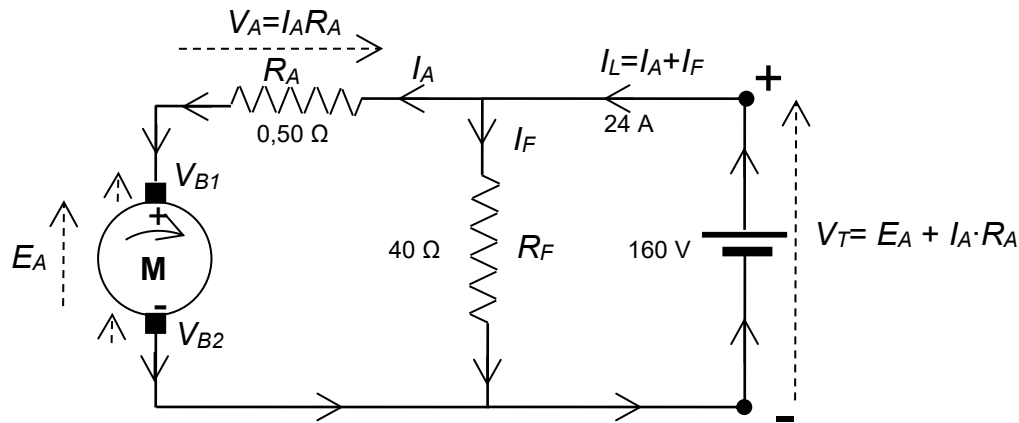
$$3.3 \quad R_F = \frac{V_T}{I_F} = \frac{500 \text{ V}}{1,6 \text{ A}} \Rightarrow R_F = 312,5 \Omega$$

Θέμα 4**[μονάδες 1,5]**

Κινητήρας συνεχούς ρεύματος, παράλληλης διέγερσης, έχει ονομαστική τάση 160 V. Η αντίσταση τυμπάνου είναι $R_A = 0,50 \Omega$, ενώ η αντίσταση του πηνίου διέγερσης είναι $R_F = 40 \Omega$ και η πτώση τάσης επάνω στις ψήκτρες του συλλέκτη είναι 2 V. Το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας στο πλήρες φορτίο είναι 24 A.

Να υπολογιστούν

- 4.1 [0,6] η επαγόμενη τάση τυμπάνου στο πλήρες φορτίο.
- 4.2 [0,3] η ωμική απώλεια ισχύος στο τύμπανο
- 4.3 [0,3] η ωμική απώλεια ισχύος στο πηνίο διέγερσης
- 4.4 [0,3] η απώλεια ισχύος στις ψήκτρες



Υπολογίζουμε τα ρεύματα και τις διαφορές δυναμικού

$$I_L = 24 \text{ A}$$

$$I_F = \frac{V_T}{R_F} = \frac{160 \text{ V}}{40 \Omega} \Rightarrow \boxed{I_F = 4 \text{ A}}$$

$$I_A = I_L - I_F = 24 \text{ A} - 4 \text{ A} \Rightarrow \boxed{I_A = 20 \text{ A}}$$

4.1 Επαγωγική τάση

$$E_A = V_T - I_A R_A - V_B = 160 \text{ V} - 20 \text{ A} \cdot 0,50 \Omega - 2 \text{ V} \Rightarrow \boxed{E_A = 148 \text{ V}}$$

4.2 Ωμικές απώλειες τυμπάνου

$$P_A = I_A^2 \cdot R_A = 20^2 \text{ A}^2 \cdot 0,50 \Omega \Rightarrow \boxed{P_A = 200 \text{ W}}$$

4.3 Ωμικές απώλειες πηνίων παράλληλης διέγερσης

$$P_F = I_F^2 \cdot R_F = 4^2 \text{ A}^2 \cdot 40 \Omega \Rightarrow \boxed{P_F = 640 \text{ W}}$$

4.4 Απώλειες ψηκτρών

$$P_B = V_B \cdot I_A = 2 \text{ V} \cdot 20 \text{ A} \Rightarrow \boxed{P_B = 40 \text{ W}}$$

Θέμα 5

[μονάδες 1]

Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος εμφανίζει $E_1 = 240 \text{ V}$ όταν ο δρομέας περιστρέφεται με ταχύτητα $f_1 = 30 \text{ rps}$ (στροφές το δευτερόλεπτο). Προσδιορίστε την επί τοις % απαιτούμενη αύξηση της μαγνητικής ροής ώστε να εμφανίζει 250 V στις 25 rps .

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= K \Phi_1 \omega_1 = K \Phi_1 2\pi f_1 \\ E_2 &= K \Phi_2 \omega_2 = K \Phi_2 2\pi f_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{\Phi_1 f_1}{\Phi_2 f_2} \Rightarrow \Phi_2 = \Phi_1 \frac{E_2}{E_1} \frac{f_1}{f_2} = \Phi_1 \cdot \frac{250}{240} \cdot \frac{30}{25} \Rightarrow \Phi_2 = 1,25 \Phi_1$$

$$\alpha \% = \frac{\Delta \Phi}{\Phi_1} \cdot 100\% = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Phi_1} \cdot 100\% = \frac{1,25 \Phi_1 - \Phi_1}{\Phi_1} \cdot 100\% = 0,25 \cdot 100\% = 25\%$$