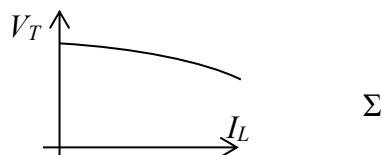


Θέμα 1 Γενικές Ερωτήσεις

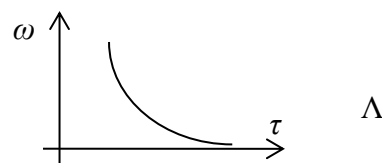
Σωστό - Λάθος

1. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς, απαιτείται η χρήση ηλεκτρικών μηχανών Λ
2. Ο φορτιστής του κινητού σας είναι μια ηλεκτρική μηχανή Σ
3. Η χαρακτηριστική καμπύλη $\omega - \tau$ ενός κινητήρα διέγερσης σειράς δίνεται από εξίσωση της μορφής $\omega = \alpha - \beta \cdot \tau$ όπου α, β σταθερές. Λ
4. Οι κινητήρες διέγερσης σειράς προσφέρονται για την έλξη μεγάλων φορτίων κατά την εκκίνηση (χαμηλές στροφές) Σ
5. Αν μια αυτοδιεγερούμενη γεννήτρια δεν παράγει ικανοποιητική τάση τότε το πρώτο πράγμα που κάνουμε είναι να αλλάξουμε τη πολικότητα του ρεύματος διέγερσης Σ
6. Για να λειτουργήσει μια γεννήτρια DC ξένης διέγερσης δεν χρειάζεται να υπάρχει παραμένουσα μαγνήτιση στους πόλους του στάτη Σ

7. Η χαρακτηριστική καμπύλη μιας γεννήτριας παράλληλης διέγερσης δίνεται από την διπλανή γραφική παράσταση



8. Η χαρακτηριστική καμπύλη ενός κινητήρα παράλληλης διέγερσης δίνεται από την διπλανή γραφική παράσταση

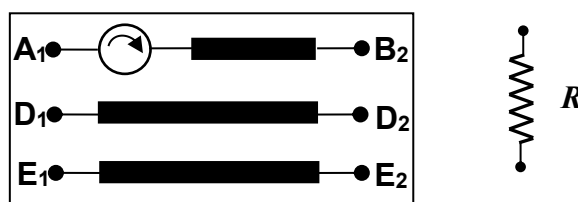


Αντιστοίχισης - Σχεδιαστικές

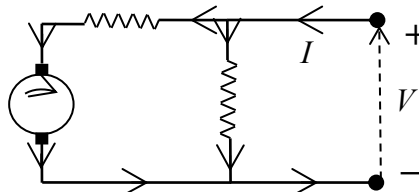
9. Αντιστοιχίστε (με βελάκια) πιθανές τιμές των αντιστάσεων στα πηνία της μηχανής.

A_1 • • B_2	75 Ω
D_1 • • D_2	0,05 Ω
E_1 • • E_2	0,2 Ω

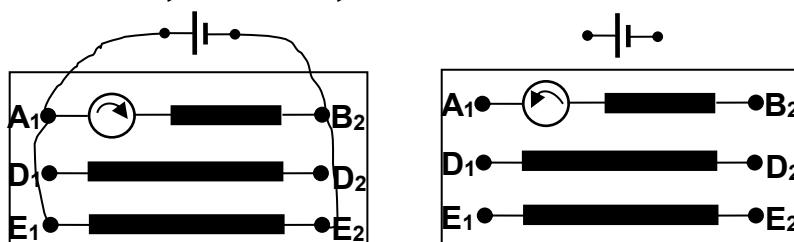
10. Πραγματοποιήστε σύνδεση γεννήτριας διέγερσης σειράς που να τροφοδοτεί τον αντιστάτη R (φορτίο).



11. Χαρακτηρίστε τη διπλανή μηχανή i) ως προς τη λειτουργία της : **Γεννήτρια** ή **Κινητήρας** και ii) ως προς τη διέγερση της: **Ξένης, Παράλληλης, Σειράς, Σύνθετης**



12. Αν ο κινητήρας περιστρέφεται σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού (CW) όπως στο σχήμα, να αλλάξετε τις συνδέσεις ώστε να αντιστραφεί η φορά περιστροφής του.

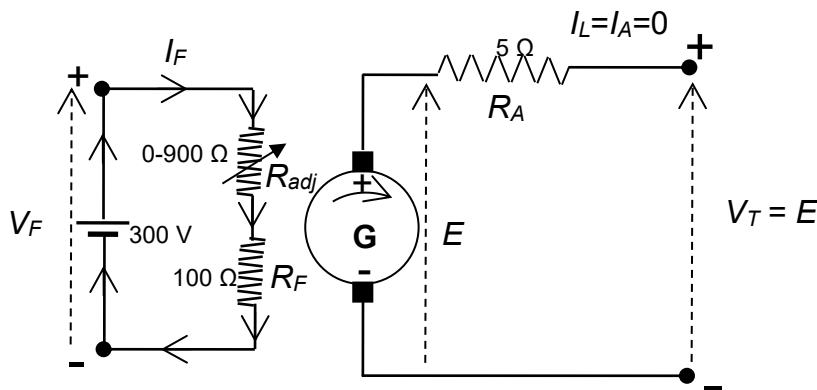


Θέμα 2 Γεννήτρια Ξένης Διέγερσης**[μονάδες 3]**

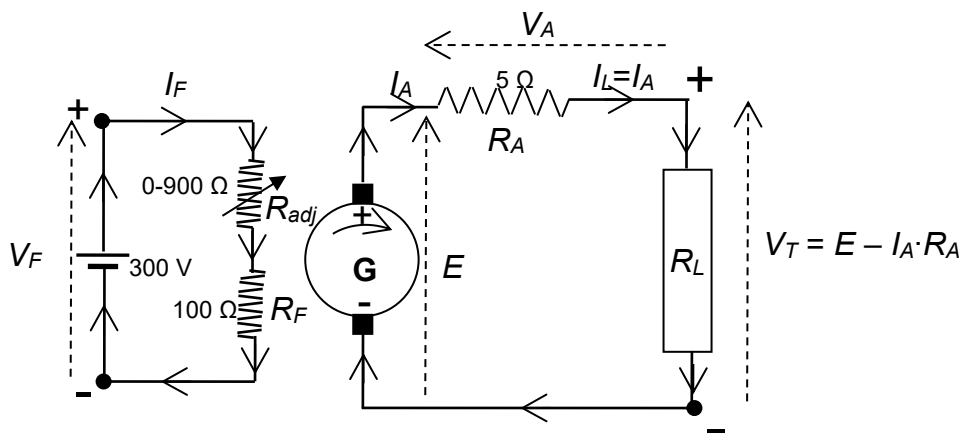
Μηχανή συνεχούς ρεύματος, που διαθέτει τυλίγματα αντιστάθμισης, τη συνδέουμε ως γεννήτρια ανεξάρτητης διέγερσης. Η μηχανή διαθέτει τα εξής ονομαστικά μεγέθη λειτουργίας : $P_{out} = 50 \text{ kW}$, $V_T = 400 \text{ V}$, $V_T = 500 \text{ V}$, $n_{ov} = 1500 \text{ rpm}$ και επίσης έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά : αντίσταση τυμπάνου $R_A = 0,5 \Omega$, αντίσταση πηνίου παράλληλης διέγερσης $R_F = 100 \Omega$. Στο κύκλωμα διέγερσης συνδέουμε σε σειρά με την R_F ρυθμιστική αντίσταση που παίρνει τιμές $R_{adj} =$ από 0 έως 900Ω και δίνουμε τάση διέγερσης $V_F = 300 \text{ V}$, $V_F = 200 \text{ V}$. Θεωρήστε ότι η μηχανή δουλεύει στη γραμμική περιοχή της καμπύλης μαγνήτισης όπου για την επαγωγική τάση ισχύει $E = k\omega I_F$.

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)



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

$$I_L = \frac{P_{out}}{V_T} = \frac{50 \text{ kW}}{400 \text{ V}} = \frac{50.000 \text{ W}}{400 \text{ V}} \Rightarrow \boxed{I_L = 125 \text{ A}}$$

$$I_L = \frac{P_{out}}{V_T} = \frac{50 \text{ kW}}{500 \text{ V}} = \frac{50.000 \text{ W}}{500 \text{ V}} \Rightarrow \boxed{I_L = 100 \text{ A}}$$

1.3 [0,5] Αν στις ονομαστικές στροφές χωρίς φορτίο η τάση εξόδου της γεννήτριας είναι 100 V όταν ρυθμίσουμε την μεταβλητή αντίσταση στα 200 Ω 300 Ω, να υπολογιστεί η τιμή κι οι μονάδες της σταθεράς k .

Στη λειτουργία χωρίς φορτίο $E_A = V_T = 100 \text{ V}$

Το ρεύμα διέγερσης είναι (από νόμο του Ohm στο κύκλωμα διέγερσης)

$$I_F = \frac{V_F}{R_F + R_{adj}} = \frac{300}{100 + 200} = 1 \text{ A}$$

$$I_F = \frac{V_F}{R_F + R_{adj}} = \frac{200}{100 + 300} = 0,5 \text{ A}$$

Οπότε

$$E_A = k\omega I_F = k \frac{2\pi n}{60} I_F \Rightarrow k = \frac{30E_A}{\pi n I_F} = \frac{30 \cdot 100 \text{ V}}{\pi \cdot 1500 \text{ rad/s} \cdot 1 \text{ A}} \Rightarrow k = \frac{2}{\pi} = 0,637 \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A}}$$

$$E_A = k\omega I_F = k \frac{2\pi n}{60} I_F \Rightarrow k = \frac{30E_A}{\pi n I_F} = \frac{30 \cdot 100 \text{ V}}{\pi \cdot 1500 \text{ rad/s} \cdot 0,5 \text{ A}} \Rightarrow k = \frac{4}{\pi} = 1,273 \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A}}$$

1.4 [1] Αν η μεταβλητή αντίσταση R_{adj} του κυκλώματος διέγερσης της γεννήτριας ρυθμιστεί στα 50 Ω 100 Ω και η κινητήρια μηχανή περιστρέφει τη γεννήτρια με ταχύτητα $n=2400 \text{ rpm}$, 1800 rpm ποια θα είναι η τάση στα άκρα της γεννήτριας V_T , όταν αυτή λειτουργεί χωρίς φορτίο και όταν λειτουργεί με ωμικό φορτίο $R_L = 3,5 \Omega$;

Βρίσκουμε το ρεύμα διέγερσης και από αυτό την επαγωγική τάση.

$$R_{F \text{ ολική}} = R_F + R_{adj} = 100 + 50 = 150 \Omega$$

$$I_F = V_F / R_{F \text{ ολική}} = 300 \text{ V} / 150 \Omega = 2 \text{ A}$$

$$E = k\omega I_F = \frac{2}{\pi} \frac{2\pi \cdot 2400}{60} \cdot 2 = 320 \text{ V}$$

$$R_{F \text{ ολική}} = R_F + R_{adj} = 100 + 100 = 200 \Omega$$

$$I_F = V_F / R_{F \text{ ολική}} = 200 \text{ V} / 200 \Omega = 1 \text{ A}$$

$$E = k\omega I_F = \frac{4}{\pi} \frac{2\pi \cdot 1800}{60} \cdot 1 = 240 \text{ V}$$

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

$$V_T = E = 320 \text{ V}$$

$$V_T = E = 240 \text{ V}$$

Όταν συνδέουμε φορτίο, το ρεύμα στη γεννήτρια και στο φορτίο είναι (από νόμο Ohm στο κύκλωμα της γεννήτριας)

$$I_A = I_L = \frac{E}{R_A + R_L} = \frac{320}{0,5 + 3,5} = 80 \text{ A}$$

$$V_T = E - I_A R_A = 320 \text{ V} - 80 \text{ A} \cdot 0,5 \Omega \Rightarrow V_T = 280 \text{ V}$$

$$I_A = I_L = \frac{E}{R_A + R_L} = \frac{240}{0,5 + 5,5} = 40 \text{ A}$$

$$V_T = E - I_A R_A = 240 \text{ V} - 40 \text{ A} \cdot 0,5 \Omega \Rightarrow V_T = 220 \text{ V}$$

Θέμα 3

[μονάδες 3]

4) Μείωση μαγνητικής ροής σε κινητήρα παράλληλης διέγερσης

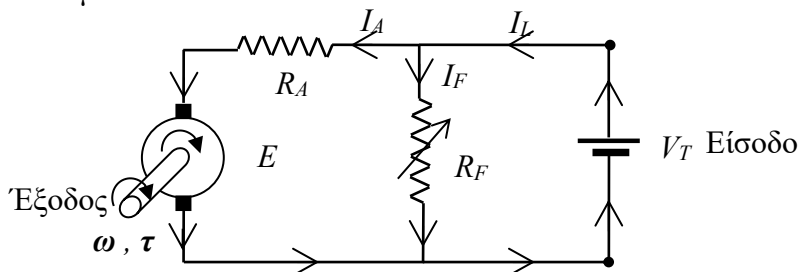
Κινητήρας παράλληλης διέγερσης έχει αντίσταση τυμπάνου $R_A=0,25 \Omega$ λειτουργεί με τάση εισόδου $V_T=250 \text{ V}$, παράγει στο εσωτερικό του επαγωγική τάση $E_0=245 \text{ V}$ και περιστρέφεται με ταχύτητα $n_0=1500 \text{ rpm}$, μετακινώντας φορτίο $\tau_0=30 \text{ N} \cdot \text{m}$. Ρυθμίζοντας την αντίσταση του πηνίου παράλληλης διέγερσης R_F μεταβάλλουμε το ρεύμα διέγερσης $I_F = V_T / R_F$ και άρα τη μαγνητική ροή $\Phi = kI_F$. Έτσι μειώνουμε απότομα τη μαγνητική ροή κατά 80% : $\Phi_0 \rightarrow \Phi_f = 0,2 \cdot \Phi_0$

4.1 Ποιες θα είναι οι άμεσες (στιγμιαίες) επιπτώσεις στην επαγωγική τάση, στο ρεύμα οπλισμού, και στη ροπή του κινητήρα ? Υπολογίστε τις νέες, αρχικά, τιμές τους και την ποσοστιαία μεταβολή τους. (θεωρήστε ότι η ταχύτητα δεν μεταβάλλεται στιγμιαία)

4.2 Ποιες θα είναι οι τελικές τιμές στις οποίες θα ισορροπήσει πάλι ο κινητήρας?

Λύση

Κύκλωμα



Εξισώσεις

Μαγνητικές	$E = K\Phi\omega$, $\tau = K\Phi I_A$,	$\Phi = kI_F$
Ηλεκτρικές	$I_L = I_F + I_A$, $V_T = E + I_A R_A$,	$P_{in} = V_T I_L$
Μηχανικές	$\omega = \frac{2\pi}{60} n$,	$P_{out} = \tau\omega$

Η επαγωγική τάση θα μειωθεί στιγμιαία επίσης κατά 80% καθώς είναι ανάλογη της μαγνητικής ροής $E = K\Phi n$ (η ταχύτητα n δεν θα αλλάξει στιγμιαία)

Νέα τιμή επαγωγικής τάσης αρχικά $E' = K\Phi'\omega = 0,2 \cdot K\Phi\omega = 0,2 \cdot 245 = 49 \text{ V}$

Ποσοστιαία μεταβολή $\frac{\Delta E}{E} 100\% = \frac{E' - E}{E} 100\% = \frac{49 - 245}{245} 100\% = -80\%$

Το ρεύμα τυμπάνου που ήταν αρχικά $I_A = \frac{V_T - E}{R_A} = \frac{250 - 245}{0,25} = \frac{5}{0,25} = 20 \text{ A}$ θα αυξηθεί αφού έχει μειωθεί η E .

Νέα τιμή ρεύματος τυμπάνου: $I'_A = \frac{V_T - E'}{R_A} = \frac{250 - 49}{0,25} = \frac{201}{0,25} = 784 \text{ A}$

$$\frac{I'_A}{I_A} = \frac{784}{20} \Rightarrow I'_A = 39,2 \cdot I_A$$

Ποσοστιαία μεταβολή ρεύματος τυμπάνου

$$\frac{\Delta I_A}{I_A} 100\% = \frac{I'_A - I_A}{I_A} 100\% = \frac{39,2 \cdot I_A - I_A}{I_A} 100\% = 38,2 \cdot 100\% = +3820\%$$

Η αρχική αύξηση του ρεύματος τυμπάνου είναι τεράστια.

Αγνοούμε την αντίδραση οπλισμού δηλαδή τη μείωση της μαγνητικής ροής λόγω αυτής της αύξησης του ρεύματος τυμπάνου.

Οπότε και η ροπή, που δίνεται από τον τύπο $\tau = K\Phi I_A$, θα αυξηθεί, καθώς η απότομη μείωση της μαγνητικής ροής υπερκαλύπτεται από την επακόλουθη απότομη αύξηση του ρεύματος τυμπάνου :

Νέα τιμή ροπής $\tau' = K\Phi' I'_A = 0,2 \cdot 39,2 \cdot K\Phi I_A = 7,84 \cdot \tau = 7,84 \cdot 30 = 235,2 \text{ N} \cdot \text{m}$

Ποσοστιαία μεταβολή ροπής

$$\frac{\Delta \tau}{\tau} 100\% = \frac{\tau' - \tau}{\tau} 100\% = \frac{7,84 \cdot \tau - \tau}{\tau} 100\% = 7,84 \cdot 100\% = +784\%$$

Η ροπή σχεδόν οκταπλασιάζεται. Όμως μέχρι εκείνη τη στιγμή η ροπή του κινητήρα εξισορροπούσε τη ροπή του φορτίου $\tau_0 = \tau_{φορτ}$ ώστε ο κινητήρας να γυρίζει και να μετακινεί το φορτίο με σταθερή ταχύτητα (αγνοούμε τριβές στον άξονα και παίρνουμε τη ροπή που αναπτύσσεται από επαγωγή ίση με την τελική ροπή εξόδου στον άξονα του κινητήρα)

Επειδή τώρα $\tau' > \tau_{\phi\phi\tau}$ ο κινητήρας θα επιταχύνει και θα ανέβει σε μεγαλύτερη ταχύτητα.

Αυτό θα προκαλέσει αύξηση της παραγόμενης επαγωγικής τάσης και επακόλουθα μείωση του ρεύματος τυμπάνου και της ροπής μέχρι η ροπή να γίνει πάλι ίση με τη ροπή του φορτίου και ο κινητήρας να περιστρέφεται πάλι με σταθερή αλλά μεγαλύτερη ταχύτητα.

$$\tau' > \tau_{\phi\phi\tau} \Rightarrow \sum \tau \neq 0 \Rightarrow \text{Επιτάχυνση} \rightarrow \text{αύξηση } n \rightarrow \text{αύξηση } E \rightarrow \text{μείωση } I_A \rightarrow \text{μείωση } \tau \text{ έως } \tau_f = \tau_{\phi\phi\tau}$$

3.2 Από την εξισορρόπηση των ροπών βρίσκουμε το τελικό ρεύμα τυμπάνου

$$\tau_0 = K\Phi I_A = \tau_{\phi\phi\tau}$$

$$\tau_f = K\Phi_f I_{Af} = \tau_{\phi\phi\tau} \Rightarrow I_{Af} = \frac{\tau_{\phi\phi\tau}}{K\Phi_f} = \frac{K\Phi I_A}{K\Phi_f} = \frac{1}{0,2} I_A = \frac{20}{0,2} \Rightarrow \boxed{I_{Af} = 100 \text{ A}}$$

Τελική ποσοστιαία μεταβολή ρεύματος τυμπάνου

$$\frac{\Delta I_A}{I_A} 100\% = \frac{I_{Af} - I_A}{I_A} 100\% = \frac{100 - 20}{20} 100\% = 4 \cdot 100\% = +400\%$$

Το ρεύμα τυμπάνου θα σταθεροποιηθεί τελικά σε πενταπλάσια τιμή από την αρχική.

Η τελική επαγωγική τάση θα είναι

$$E_f = V_T - I_{Af} R_A = 250 - 100 \cdot 0,25 \Rightarrow \boxed{E_f = 225 \text{ V}}$$

$$\text{Τελική ποσοστιαία μεταβολή } \frac{\Delta E}{E} 100\% = \frac{E' - E}{E} 100\% = \frac{225 - 245}{245} 100\% = -8,16\%$$

$$\frac{E_f}{E} = \frac{225}{245} = 0,9184$$

Η τελική ταχύτητα θα βρεθεί από :

$$E_f = K\Phi_f \omega_f \Rightarrow \omega_f = \frac{E_f}{K\Phi_f} = \left(\frac{0,9184}{0,2} \right) \frac{E_0}{K\Phi_0} = 4,592 \cdot \omega_0 \Rightarrow n_f = 4,592 \cdot n \Rightarrow n_f = 4,592 \cdot 1500$$

$$\boxed{n_f = 6888 \text{ rpm}}$$

Τεράστια αύξηση στροφών κατά 359,2 %