

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ, ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.
ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2018-19
ΜΑΘΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ (Εξ.μ. 6ο)
Παρασκευή, 20 Σεπτεμβρίου 2019
 (Εισηγητής: Κώστας Φιλίππιδης - kphilippides@teiwm.gr)

Εισηγητής: Κ. Φιλίππιδης

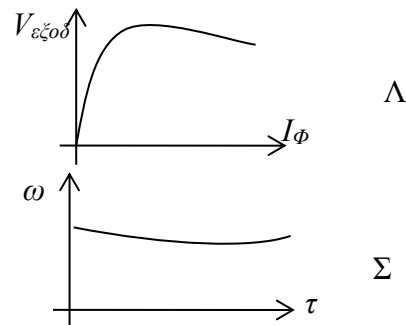
Θέμα 1 Γενικές Ερωτήσεις

[μονάδες 0,5/ερώτηση, μέγιστο 4 μονάδες]

1. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σε πυρηνικούς σταθμούς, απαιτείται η χρήση ηλεκτρικών μηχανών **Σ**
2. Οι υαλοκαθαριστήρες του αυτοκινήτου είναι μια ηλεκτρική μηχανή **Σ**
3. Η μαγνητική ροή Φ των πόλων του στάτη αυξάνει πάντα ευθέως ανάλογα με το ρεύμα διέγερσης I_F **Λ**
4. Για να λειτουργήσει μια γεννήτρια DC διέγερσης σειράς δεν χρειάζεται να υπάρχει παραμένουσα μαγνήτιση στους πόλους του στάτη **Λ**
5. Για να αντιστρέψουμε τη φορά περιστροφής ενός κινητήρα πρέπει να αλλάξουμε είτε τη φορά του ρεύματος τυμπάνου I_A είτε τη φορά του ρεύματος διέγερσης I_F **Σ**
6. Η χαρακτηριστική καμπύλη $\omega - \tau$ ενός κινητήρα διέγερσης σειράς (για σταθερή τάση εισόδου) δίνεται από

εξίσωση της μορφής $\omega = -\alpha + \frac{\beta}{\sqrt{\tau}}$ όπου α, β σταθερές. **Σ**

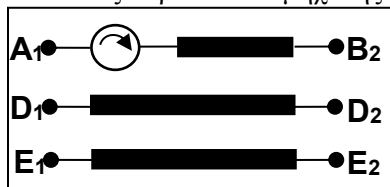
7. Η χαρακτηριστική καμπύλη μιας γεννήτριας παράλληλης σειράς δίνεται από την διπλανή γραφική παράσταση



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

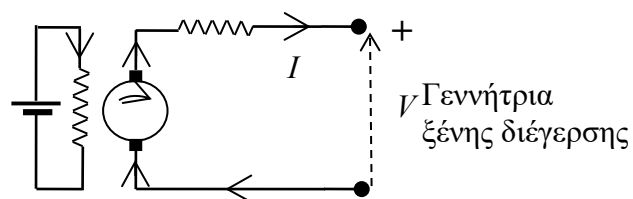
9. Αντιστοιχίστε (με βελάκια) τα πηνία της μηχανής με τα ονόματά τους

Πίνακας ακροδεκτών μηχανής

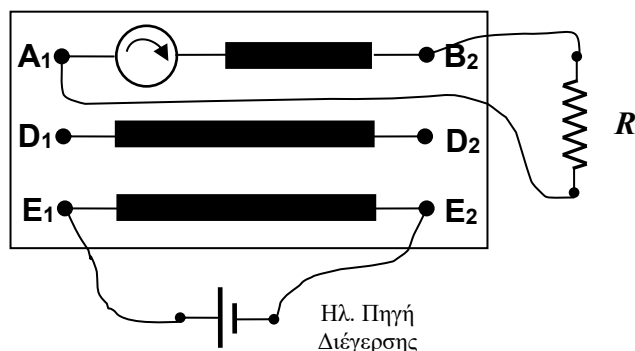


- πηνίο παράλληλης διέγερσης
- πηνίο τυμπάνου (ή οπλισμού)
- πηνίο διέγερσης σειράς

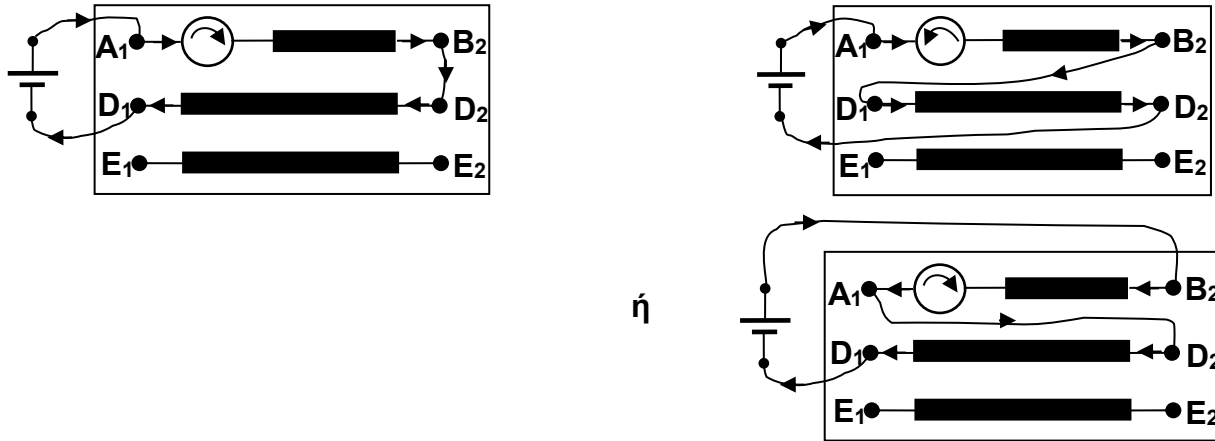
10. Χαρακτηρίστε τη διπλανή μηχανή i) ως προς τη λειτουργία της : **Γεννήτρια** ή **Κινητήρας** και ii) ως προς τη διέγερση της: **Ξένης, Παράλληλης, Σειράς, Σύνθετης**



11. Πραγματοποιήστε σύνδεση γεννήτριας ξένης διέγερσης που να τροφοδοτεί τον αντιστάτη R (φορτίο).



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 : $P_{out} = 50 \text{ kW}$, $V_T = 500 \text{ V}$, $n_{ov} = 1500 \text{ rpm}$ και 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 μια ρυθμιστική αντίσταση που παίρνει τιμές R_{adj} από 0 έως 900Ω και δίνουμε τάση διέγερσης $V_F = 200 \text{ V}$. Θεωρήστε ότι η μηχανή δουλεύει στη γραμμική περιοχή της καμπύλης μαγνήτισης όπου για την επαγωγική τάση ισχύει $E = k\omega I_F$

2.1 [0,4] Να σχεδιάσετε τα ισοδύναμα κυκλώματα για τη λειτουργία της γεννήτριας α) χωρίς φορτίο και β) με φορτίο R_L .

2.2 [0,2] Ποιο είναι το ρεύμα φορτίου I_L , στη λειτουργία της μηχανής με τα ονομαστικά μεγέθη ;

2.3 [1] Αν στις ονομαστικές στροφές χωρίς φορτίο η τάση εξόδου της γεννήτριας είναι 100 V όταν ρυθμίσουμε την μεταβλητή αντίσταση στα 300Ω , να υπολογιστεί η τιμή κι οι μονάδες της σταθεράς k .

2.4 [1,4] Αν η μεταβλητή αντίσταση R_{adj} του κυκλώματος διέγερσης της γεννήτριας ρυθμιστεί στα 100Ω και η κινητήρια μηχανή περιστρέφει τη γεννήτρια με ταχύτητα $n=1800 \text{ rpm}$, ποια θα είναι η τάση στα άκρα της γεννήτριας V_T

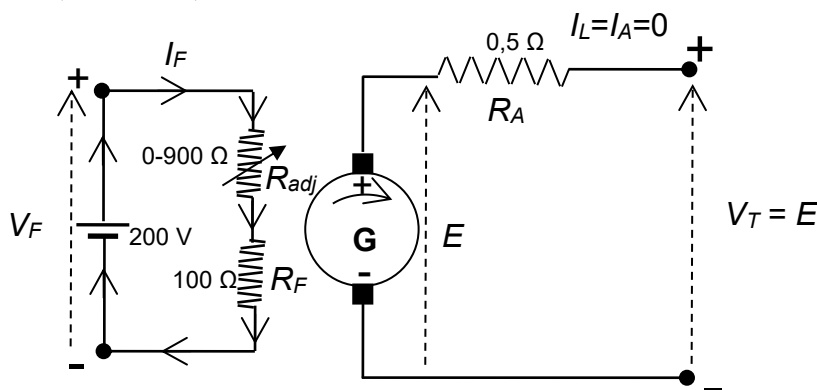
i) όταν αυτή λειτουργεί χωρίς φορτίο και

ii) όταν λειτουργεί με ωμικό φορτίο $R_L = 5,5 \Omega$;

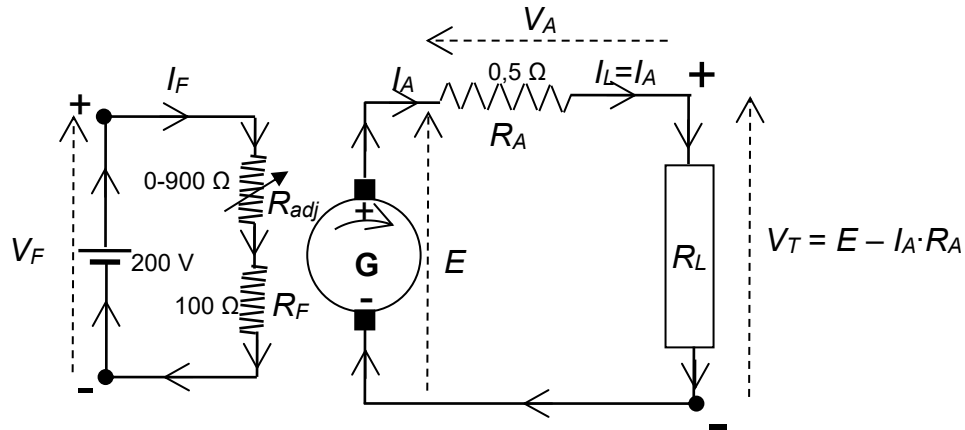
Λύση

2.1

ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ (NO LOAD)



ΜΕ ΦΟΡΤΙΟ (LOAD)



2.2 Ποιο είναι το ρεύμα φορτίου I_L , στη λειτουργία της μηχανής με τα ονομαστικά μεγέθη ;

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

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

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

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

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

Οπότε

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

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

Βρίσκουμε το ρεύμα διέγερσης και από αυτό την επαγωγική τάση.

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

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

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

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

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

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

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

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

Θέμα 3 Μείωση μαγνητικής ροής σε κινητήρα παράλληλης διέγερσης

[μονάδες 3]

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 50% : $\Phi_0 \rightarrow \Phi_f = 0,5 \cdot \Phi_0$

3.1 [1,5] 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)

3.2 [1,5] Ποιες θα είναι οι τελικές τιμές του ρεύματος τυμπάνου, της επαγωγικής τάσης και της ταχύτητας στις οποίες θα ισορροπήσει πάλι ο κινητήρας?

Λύση

3.1

$$\Phi' = 0,50 \cdot \Phi$$

$$E' = K\Phi'\omega = 0,50 \cdot K\Phi\omega = 0,50 \cdot E = 0,50 \cdot 245 = 122,5 \text{ V} \text{ αρχική μείωση κατά } 50\%$$

$$I'_A = \frac{V_T - E'}{R_A} = \frac{250 - 122,5}{0,25} = \frac{127,5}{0,25} = 510 \text{ A}$$

$$\frac{I'_A}{I_A} = \frac{510}{20} \Rightarrow I'_A = 25,5 \cdot I_A \text{ αρχική αύξηση κατά } \frac{\Delta I_A}{I_A} \cdot 100\% = \frac{I'_A - I_A}{I_A} \cdot 100\% = 24,5 \cdot 100\% = 2.450\%$$

(αγνοούμε την αντίδραση οπλισμού δηλαδή τη μείωση της μαγνητικής ροής λόγω αυτής της αύξησης του ρεύματος τυμπάνου)

$$\tau' = K\Phi'I'_A = 0,50 \cdot 25,5 \cdot K\Phi I_A = 12,75 \cdot \tau \text{ αύξηση κατά } 1.275 \%$$

3.2

$\tau'_{\text{αναπτ}} > \tau_{\text{φορτ}} \Rightarrow \sum \tau \neq 0 \Rightarrow \text{Επιτάχυνση} \rightarrow \text{αύξηση στροφών} \rightarrow \text{αύξηση } E \rightarrow \text{μείωση } I_A \rightarrow \text{μείωση ροπής}$
έως εξίσωσής της πάλι με τη ροπή φορτίου

$$\tau_{\text{αναπτ}} = K\Phi I_A = \tau_{\text{φορτ}} = \tau'' = K\Phi' I_A'' \Rightarrow$$

$$I_A'' = \frac{\tau_{\text{φορτ}}}{K\Phi'} = \frac{K\Phi I_A}{K\Phi'} = \frac{1}{0,50} I_A \Rightarrow I_A'' = 2I_A = 2 \cdot 20 = 40 \text{ A}$$

Το ρεύμα τυμπάνου θα σταθεροποιηθεί τελικά σε αυξημένη κατά 100 % τιμή από την αρχική. Η τελική επαγωγική τάση θα είναι

$$E'' = V_T - I_A'' R_A = 250 - 40 \cdot 0,25 = 240 \text{ V}$$

$$\frac{E''}{E} = \frac{240}{245} \Rightarrow E'' = 0,9796 \cdot E, \text{ μείωση κατά } 2,04 \%$$

Η τελική ταχύτητα θα βρεθεί από :

$$E'' = K\Phi'\omega'' \Rightarrow \omega'' = \frac{E''}{K\Phi'} = \left(\frac{0,9796}{0,50} \right) \frac{E}{K\Phi} = 1,9592 \cdot \omega \Rightarrow n'' = 1,9592 \cdot n \Rightarrow$$

$$n'' = 1,9592 \cdot 1500 = 2939 \text{ rpm} \quad \text{αύξηση στροφών κατά } 95,92 \%$$