ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Διδάσκων: Καραϊσάς Πέτρος, Αναπληρωτής καθηγητής
Ημερομηνία : 12/07/2023 **Διάρκεια: 2h**

Ονοματεπώνυμο φοιτητή	Αριθμός μητρώου	Κύκλος Σπουδών

Μάθημα: Ηλεκτρικές Μηχανές ΙΙ

ΘΕΜΑ 1ο (50%)

Τριφασικός τετραπολικός κινητήρας επαγωγής 20*Hp*, 400*V*, 50*Hz* σε συνδεσμολογία αστέρα έχει τις ακόλουθες παραμέτρους ανά φάση ανηγμένες στο στάτη.

$$R_1 = 0.65\,\Omega \;,\; R_2 = 0.32\,\Omega \;,\; X_1 = 1.1\,\Omega \;,\; X_2 = 0.45\,\Omega \;,\; X_m = 28.5\,\Omega$$

Να βρεθούν

1. Η μέγιστη ροπή του κινητήρα. Σε ποια τιμή της ταχύτητας περιστροφής εμφανίζεται αυτή η ροπή;
2. Η ροπή εκκίνησης του κινητήρα.
3. Αν η αντίσταση του δρομέα αυξηθεί κατά 70%, ποια θα είναι η νέα ταχύτητα στην οποία εμφανίζεται η μέγιστη ροπή; Ποια η μέγιστη ροπή και η ροπή εκκίνησης σε αυτή την περίπτωση;

Λύση

1. Η σύγχρονη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα, είναι

$$\omega_s = \frac{2\pi n_s}{60} = \frac{4\pi \times 1500}{60} = 157.08\frac{rad}{s}$$

Για τον υπολογισμό του ισοδυνάμου κυκλώματος Thevenin, ισχύει ότι

$$R_{TH} = \frac{X_m^2 R_1}{R_1^2 + \left(X_1 + X_m\right)^2} = \frac{28.5^2 \times 0.65}{0.65^2 + \left(28.5 + 1.1\right)^2} = 0.602\,\Omega$$

και

$$\mathrm{X}_{TH} = \frac{X_m\left[R_1^2 + X_1\left(X_1 + X_m\right)\right]}{R_1^2 + \left(X_1 + X_m\right)^2} = \frac{28.5 \times \left[0.65^2 + 1.1 \times \left(28.5 + 1.1\right)\right]}{0.65^2 + \left(28.5 + 1.1\right)^2} = 1.072\,\Omega$$

και

$$\mathbf{V_{TH}} = \mathbf{V_1}\frac{jX_m}{\left(R_1 + jX_1\right) + jX_m} = \frac{400}{\sqrt{3}}\angle 0^o \times \frac{j28.5}{\left(0.65 + j1.1\right) + j28.5} = 222.3\angle 1.26^o\ V$$

Η μέγιστη ροπή, είναι

$$T_{\max} = \frac{3}{2\omega_s}\frac{V_{TH}^2}{R_{TH} + \sqrt{R_{TH}^2 + \left(X_{TH} + X_2\right)^2}} = \frac{3}{2 \times 157.08} \times \frac{222.3^2}{0.602 + \sqrt{0.602^2 + \left(1.072 + 0.45\right)^2}} = 210.8Nm$$

Η ολίσθηση που εμφανίζεται η μέγιστη, είναι

$$s_{\max T} = \frac{R_2}{\sqrt{R_{TH}^2 + \left(X_{TH} + X_2\right)^2}} = \frac{0.32}{\sqrt{0.602^2 + \left(1.072 + 0.45\right)^2}} = 0.195$$

Και η ζητούμενη ταχύτητα περιστροφής

$$n_r = \left(1 - s_{\max T}\right) n_s = \left(1 - 0.195\right) \times 1500 = 1207\ rpm$$

2. Η ροπή εκκίνησης του κινητήρα, είναι:

$$T_{st} = \frac{3}{\omega_s} \frac{V_{TH}^2 R_2}{\left(R_{TH} + R_2\right)^2 + \left(X_{TH} + X_2\right)^2} = \frac{3}{157.08} \times \frac{222.3^2 \times 0.32}{\left(0.602 + 0.32\right)^2 + \left(1.072 + 0.45\right)^2} = 95.38Nm$$

3. Η νέα τιμή της αντίστασης του δρομέα είναι:

$$R_2' = 1.7 \times R_2 = 1.7 \times 0.32 = 0.544\ \Omega$$

Επίσης με το ίδιο ποσοστό αυξάνει και η ολίσθηση της μέγιστης ροπής, οπότε:

$$s_{\max T}' = 1.7 \times s_{\max T} = 1.7 \times 0.195 = 0.332\ \Omega$$

Και η νέα ταχύτητα περιστροφής

$$n_r' = \left(1 - s_{\max T}'\right) n_s = \left(1 - 0.332\right) \times 1500 = 1002\ rpm$$

Η μέγιστη ροπή παραμένει σταθερή και ίση με $T_{\max}' = T_{\max} = 210.8Nm$, ενώ η νέα ροπή εκκίνησης, είναι:

$$T_{st} = \frac{3}{\omega_s} \frac{V_{TH}^2 R_2}{\left(R_{TH} + R_2\right)^2 + \left(X_{TH} + X_2\right)^2} = \frac{3}{157.08} \times \frac{222.3^2 \times 0.544}{\left(0.602 + 0.544\right)^2 + \left(1.072 + 0.45\right)^2} = 141.4Nm$$

<u>ΘΕΜΑ 2^o (50%)</u>

Σύγχρονη τριφασική γεννήτρια, 2.5*MVA*, 8.5*KV*, 50*Hz* συνδεδεμένη σε αστέρα, έχει σύγχρονη αντίδρασή 18.5*Ω* ενώ αμελείται η ωμική αντίσταση. Η γεννήτρια είναι συνδεδεμένη σε άπειρο ζυγό και λειτουργεί σε ονομαστικό φορτίο με συντελεστή ισχύος 0.82 χωρητικό.

Να βρεθούν:

1. Η τιμή της τάσης διέγερσης που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της γεννήτριας στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας της.
2. Ας υποτεθεί ότι η γεννήτρια λειτουργεί αρχικά στις ονομαστικές συνθήκες. Αν η γωνία ροπής της αυξηθεί κατά 10^o, ποια τιμή θα πάρει το ρεύμα I_α. Δικαιολογήστε την απάντηση σας μέσω του διανυσματικού διαγράμματος.

<u>Λύση</u>

1. Στις ονομαστικές συνθήκες το ρεύμα θα είναι:

$$I_a = I_L = \frac{S}{\sqrt{3}V_a} = \frac{2.5\times10^6 VA}{\sqrt{3}\times 8500V} = 169.8A$$

Για λειτουργία με Σ.Ι.=0.82 χωρητ., το ρεύμα τυμπάνου θα καθυστερεί της τάσης, γωνία ίση με

$$\varphi = \cos^{-1}(0.82) = 34.91^o$$

Θεωρώντας την τάση του τυλίγματος τυμπάνου ως αναφορά, είναι

$$\mathbf{V_a} = \frac{8500}{\sqrt{3}}\angle 0^o\,V = 4907.5\angle 0^o\,V \qquad \text{και} \qquad \mathbf{I_a} = 169.8\angle 34.91^o\,A$$

Με βάση το νόμο τάσεων του Kirchhoff, η τάση διέγερσης είναι

$$\mathbf{E_f} = \mathbf{V_a} + jx_s\mathbf{I_a} = 4907.5\angle 0^o + 169.8\angle 34.91^o \times j18.5 = 4038.14\angle 39.64^o\,V$$

2. Ας υποτεθεί ότι η γεννήτρια λειτουργεί αρχικά στις ονομαστικές συνθήκες, τότε ισχύει:

$$P_{\text{int}} = \frac{3V_aE_f}{x_s}\sin\delta = \text{σταθερή} \quad \text{και} \quad E_f\sin\delta = E_f'\sin\delta'$$

Αν η γωνία ροπή της αυξηθεί κατά 10^o , θα έχουμε:

$$\delta' = \delta + 10^\circ = 39.64^\circ + 10^\circ = 49.64^\circ$$

οπότε

$$E_f\sin\delta = E_f'\sin\delta' \quad \Rightarrow \quad E_f' = \frac{\sin\delta}{\sin\delta'}E_f = \frac{\sin\left(39.64^o\right)}{\sin\left(49.64^o\right)}\times 4038.14 = 3380.85V$$

Και η νέα τιμή του ρεύματος είναι

$$\mathbf{I_a'} = \frac{\mathbf{E_f'} - \mathbf{V_a}}{jx_s} = \frac{3380.85\angle 49.64^o - 4907.5\angle 0^o}{j18.5} = 202.43\angle 46.53^o\,A$$

Άρα

$$I_a = 202.43A \quad \text{και} \quad \cos\varphi = 0.69 \ \text{χωρητ.}$$