

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΞΑΣΚΗΣΗ

### ΑΣΚΗΣΗ 1

Σύγχρονη τριφασική γεννήτρια, 5MVA, 11KV, 60Hz συνδεδεμένη σε αστέρα, έχει σύγχρονη αντίδραση 17.08Ω ενώ αμελείται η ωμική αντίσταση. Η γεννήτρια είναι συνδεδεμένη σε άπειρο ζυγό και λειτουργεί σε ονομαστικό φορτίο με συντελεστή ισχύος 0,8 επαγωγικό. Ο ζυγός έχει τη δυνατότητα να προσφέρει ή να καταναλώνει οποιαδήποτε ποσά ενεργού και άεργης ισχύος, χωρίς καμιά μεταβολή στην τάση ή τη συχνότητα λειτουργίας του.

Να βρεθούν:

1. Η τιμή του ρεύματος τυμπάνου της γεννήτριας  $I_a$  στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας της
2. Η τιμή της τάσης  $E_f$  που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της γεννήτριας στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας της.
3. Η γωνία ροπής και να σχεδιαστεί το διανυσματικό διάγραμμα.
4. Ας υποθεθεί ότι η γεννήτρια λειτουργεί αρχικά στις ονομαστικές συνθήκες. Αν η τάση διέγερσης της μειωθεί κατά 15%, ποια τιμή θα πάρει το ρεύμα  $I_a$ .

### Λύση

1. Στις ονομαστικές συνθήκες

$$I_a = I_L = \frac{S}{\sqrt{3}V_a} = \frac{5000000VA}{\sqrt{3} \times 11000V} = 262.43A$$

Για λειτουργία με  $\Sigma.I.=0.8$  επαγ., το ρεύμα τυμπάνου θα καθυστερεί της τάσης, γωνία ίση με

$$\phi = \cos^{-1}(0.8) = 36.87^\circ$$

Θεωρώντας την τάση του τυλίγματος τυμπάνου ως αναφορά, είναι

$$\mathbf{V}_a = \frac{11000}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ V = 6350.8 \angle 0^\circ V \quad \text{και} \quad \mathbf{I}_a = 262.43 \angle -36.87^\circ A$$

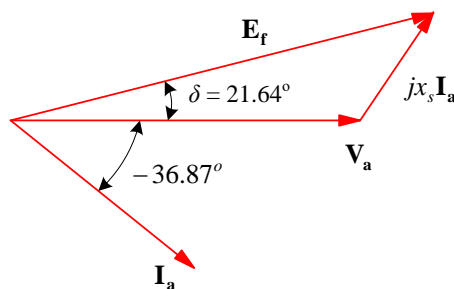
2. Με βάση το νόμο τάσεων του Kirchhoff, η τάση διέγερσης είναι

$$\mathbf{E}_f = \mathbf{V}_a + jx_s \mathbf{I}_a = 6350.8 \angle 0^\circ + 262.43 \angle -36.87^\circ \times j17.08 = 9725.4 \angle 21.64^\circ V$$

3. Η γωνία ροπής είναι

$$\delta = 21.64^\circ$$

και το διανυσματικό διάγραμμα



4. Ας υποθεθεί ότι η γεννήτρια λειτουργεί αρχικά στις ονομαστικές συνθήκες. Αν η τάση διέγερσης της μειωθεί κατά 15%, ποια τιμή θα πάρει το ρεύμα  $I_a$ .

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

Αν η τάση διέγερσης της μειωθεί κατά 15%, θα έχουμε:

$$E'_f = 0.85 \times E_f = 0.85 \times 9725.4 = 8266.6 \text{ V}$$

οπότε

$$E_f \sin \delta = E'_f \sin \delta' \Rightarrow \sin \delta' = \frac{E_f}{E'_f} \sin \delta = \frac{9725.4}{8266.6} \times \sin(21.64^\circ) = 0.434 \Rightarrow \delta' = 25.71^\circ$$

Και η νέα τιμή του ρεύματος είναι

$$\mathbf{I}'_a = \frac{\mathbf{E}_f - \mathbf{V}_a}{jx_s} = \frac{8266.6 \angle 25.71^\circ - 6350.8 \angle 0^\circ}{j17.08} = 219.6 \angle 72.98^\circ \text{ A}$$

Άρα

$$I_a = 219.6 \text{ A} \quad \text{και} \quad \cos \varphi = 0.29 \text{ χωρητ.}$$

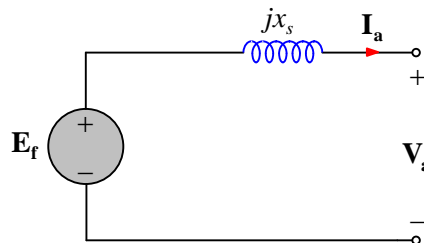
## ΑΣΚΗΣΗ 2

Τριφασική σύγχρονη γεννήτρια σύνδεσης τριγώνου 2KV, 200 KVA λειτουργεί υπό τάση 1.8KV και τροφοδοτεί φορτίο 170KW με συντελεστή ισχύος 0.7 χωρητικό. Αν η σύγχρονη αντίδραση ανά φάση είναι  $10\Omega$ , να βρεθούν:

1. Η τάση διέγερσης
2. Η ένταση ρεύματος γραμμής
3. Να γίνει το διανυσματικό διάγραμμα
4. Να γίνει το διανυσματικό διάγραμμα

### Λύση

Το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα της μιας φάσης είναι



Το ρεύμα θα είναι

$$I_a = \frac{P}{3V_a \cos \phi} = \frac{170000}{3 \times 1800 \times 0.7} = 44.97 \text{ A}$$

Για λειτουργία με  $\Sigma.I. = 0.7$  χωρητικό., το ρεύμα τυμπάνου θα έπεται της τάσης, γωνία ίση με

$$\varphi = \cos^{-1}(0.7) = 45.57^\circ$$

Θεωρώντας την τάση του τυλίγματος τυμπάνου ως αναφορά, είναι

$$\mathbf{V}_a = 1800 \angle 0^\circ \text{ V} \quad \text{και} \quad \mathbf{I}_a = 44.97 \angle 45.57^\circ \text{ A}$$

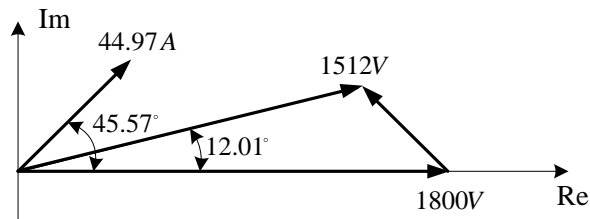
Με βάση το νόμο τάσεων του Kirchhoff, η τάση διέγερσης είναι

$$\mathbf{E}_f = \mathbf{V}_a + jx_s \mathbf{I}_a = 1800 \angle 0^\circ + j10 \times 44.97 \angle 45.57^\circ = 1512 \angle 12.01^\circ \text{ V}$$

Το ρεύμα γραμμής για σύνδεση κατά τρίγωνο θα είναι

$$I_{\gamma\pi} = \sqrt{3} I = \sqrt{3} \times 44.97 \text{ A} = 77.89 \text{ A}$$

Και το διανυσματικό διάγραμμα



### ΑΣΚΗΣΗ 3

Σύγχρονη τριφασική γεννήτρια σε συνδεσμολογία αστέρα, 10KV, 6MVA,  $\cos\phi = 0.8$  επαγ., έχει σύγχρονη αντίδραση 23Ω ενώ η αντίσταση τυμπάνου αμελείται.

Να βρεθεί:

1. Η γωνία φορτίου  $\delta$  γνωρίζοντας ότι η τάση διέγερσης στην εν κενώ λειτουργία είναι 24.4KV.
2. Ο συντελεστής υπερφόρτισης  $K_m = \frac{P_{\max}}{P}$
3. Η συχνότητα της τάσης στα άκρα της γεννήτριας για 3000rpm

### Λύση

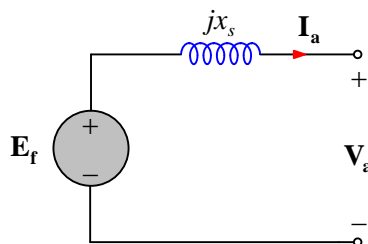
Με βάση τα δεδομένα της εκφώνησης, είναι

$$I_{a,no} = \frac{S_{a,no}}{\sqrt{3} V_a} = \frac{6 \times 10^6 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 10^4 \text{ V}} = 346.41 \text{ A}$$

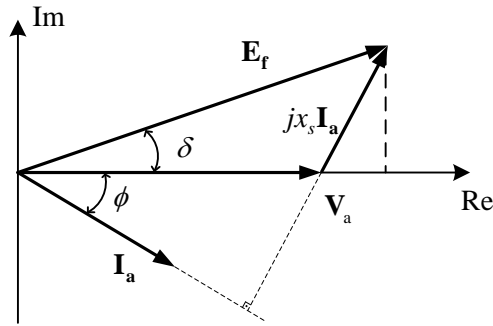
και

$$V_a = \frac{10000 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 5773.5 \text{ V} \quad , \quad E_f = \frac{24400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 14087.3 \text{ V}$$

Το ισοδύναμο κύκλωμα της γεννήτριας ανά φάση, είναι



Για επαγωγική φόρτιση, το διανυσματικό διάγραμμα των τάσεων-ρευμάτων είναι



Για λειτουργία υπό ονομαστική τάση και ρεύμα με συντελεστή ισχύος 0.8 επαγωγικό και θεωρώντας την τάση τυμπάνου ως αναφορά, με τάση διέγερσης στην εν κενώ λειτουργία 24.4KV από το διανυσματικό διάγραμμα. Έχουμε

$$E_f \cos(\delta + \phi) = V_a \cos \phi$$

την τελευταία σχέση προκύπτει ότι

$$\cos(\delta + \phi) = \frac{V_a}{E_f} \cos \phi \Rightarrow \cos(\delta + \phi) = \frac{5773.5V}{14087.5V} \times 0.8 = 0.3279 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\delta + \phi) = 70.86^\circ \Rightarrow \delta = 70.86^\circ - 36.87^\circ = 33.99^\circ$$

2. Ο συντελεστής υπερφόρτισης  $K_m = \frac{P_{\max}}{P}$  θα είναι

$$\left. \begin{aligned} P_{\max} &= \frac{3V_a E_f}{x_s} \sin \delta_{\max} \\ P &= \frac{3V_a E_f}{x_s} \sin \delta \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} \frac{P_{\max}}{P} &= \frac{\frac{3V_a E_f}{x_s} \sin \delta_{\max}}{\frac{3V_a E_f}{x_s} \sin \delta} \\ \delta_{\max} &= 90^\circ \Rightarrow \sin \delta_{\max} = 1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_{\max}}{P} = \frac{1}{\sin(33.83^\circ)} = \frac{1}{0.557} = 1.795$$

3. Η συχνότητα της τάσης στα άκρα της γεννήτριας για 3000rpm

$$\left. \begin{aligned} n_s &= \frac{120f}{P} \\ P &= 2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow f = \frac{n_s P}{120} = \frac{3000 \times 2}{120} = 50 \text{ Hz}$$

#### ΑΣΚΗΣΗ 4

Σύγχρονη τριφασική διπολική γεννήτρια, 10MVA, 13.8KV, 50Hz, συνδεδεμένη σε αστέρα, έχει σύγχρονη αντίδραση 18Ω ανά φάση και ωμική αντίσταση 2Ω ανά φάση. Η γεννήτρια είναι συνδεδεμένη σε άπειρο ζυγό και λειτουργεί σε ονομαστικό φορτίο με συντελεστή ισχύος 0.8 επαγωγικό.

1. Ποιο είναι το μέτρο της τάσης διέγερσης και η γωνία ροπής για τις ως άνω λειτουργικές συνθήκες.
2. Αν το ρεύμα διέγερσης θεωρηθεί σταθερό, ποια είναι η μέγιστη τιμή της ενεργού ισχύος που μπορεί να παράγει η γεννήτρια και ποια η αντίστοιχη μέγιστη ροπή.

### Λύση

Θεωρώντας τη φασική τάση του ζυγού σαν αναφορά

$$\mathbf{V}_a = \frac{13800 \angle 0^\circ \text{ V}}{\sqrt{3}} = 7967.43 \angle 0^\circ \text{ V}$$

Με βάση τα δεδομένα της εκφώνησης, το ρεύμα της γεννήτριας είναι

$$I_a = \frac{S_{no}}{\sqrt{3} V_{no}} = \frac{10 \times 10^3 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 13.8 \text{ KV}} = 418.37 \text{ A}$$

Λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή ισχύος, το ρεύμα τυμπάνου θα καθυστερεί της τάσης για γωνία ίση με

$$\varphi = \cos^{-1}(0.8) = 36.87^\circ$$

Οπότε το ρεύμα είναι

$$\mathbf{I}_a = 418.37 \angle -36.87^\circ \text{ A}$$

Η τάση διέγερσης της Σ/Γ είναι

$$\mathbf{E}_f = \mathbf{V}_a + \mathbf{I}_a (r_a + jx_s) = 7967.43 \angle 0^\circ \text{ V} + (418.37 \angle -36.87^\circ)(2 + j18) \Rightarrow$$

$$\mathbf{E}_f = 14.27 \angle 22.77^\circ \text{ KV}$$

Επομένως το μέτρο της τάσης διέγερσης και η γωνία ροπής ή γωνία φορτίου, για τις συγκεκριμένες λειτουργικές συνθήκες είναι

$$E_f = 14.27 \text{ KV} \quad \text{και} \quad \delta = 22.77^\circ$$

Εάν αμελήσουμε την ωμική αντίσταση του τυλίγματος τυμπάνου, η μέγιστη ενεργός ισχύς είναι

$$P_{\max} = \frac{3E_f V_a}{x_s} = \frac{3 \times 14267.37 \times 7967.43}{18} = 18.94 \text{ MW}$$

Οι σύγχρονες στροφές της διπολικής γεννήτριας, είναι

$$n_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 50}{2} = 3000 \text{ rpm}$$

Η μέγιστη ροπή ή ροπή ανατροπής που αντιστοιχεί στη μέγιστη ισχύ, είναι

$$T_{\max} = \frac{P_{\max}}{\omega_s} = \frac{P_{\max}}{2\pi n_s} = \frac{18940 \text{ KW}}{2\pi \times 3000} = \frac{18940 \text{ KW}}{314.16 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 60.29 \text{ KNm}$$