



Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

8. Σύγχρονες μηχανές - Ασκήσεις

Βασίλης Νικολαΐδης
Επίκουρος Καθηγητής



Άσκηση 8.4

Ένας σύγχρονος τριφασικός κινητήρας με 30 πόλους, 50 Hz, 2000 HP, 2,3 kV, συνδεσμολογίας αστέρα, αποδίδει στο μηχανικό φορτίο την ονομαστική του ισχύ και λειτουργεί με μοναδιαίο συντελεστή ισχύος. Η σύγχρονη αντίδραση ανά φάση είναι 1,95 Ω, ενώ η ωμική αντίσταση είναι αμελητέα.

- (α) Να υπολογιστεί η μέγιστη ροπή που μπορεί να αποδοθεί από τον κινητήρα αν συνδεθεί σε σύστημα σταθερής τάσης 2,3 kV, σταθερής συχνότητας 50 Hz και η διέγερση παραμένει ίση με αυτή που δίνει μοναδιαίο συντελεστή ισχύος για ονομαστικό μηχανικό φορτίο.
- (β) Αντί για σύστημα σταθερής τάσης, θεωρήστε ότι παρέχεται ηλεκτρική ισχύς στον κινητήρα από σύγχρονη τριφασική διπολική γεννήτρια, συνδεσμολογίας αστέρα, με στοιχεία 2,3 kV, 1,75 MVA, 3000 ΣΑΛ, με σύγχρονη αντίδραση ανά φάση 2,65 Ω και αμελητέα ωμική αντίσταση. Οι διεγέρσεις γεννήτριας και κινητήρα ρυθμίζονται ώστε ο κινητήρας να εργάζεται με μοναδιαίο συντελεστή ισχύος και ονομαστική τάση υπό πλήρες φορτίο. Με σταθερές τις διεγέρσεις, το μηχανικό φορτίο του κινητήρα αυξάνεται. Να υπολογιστεί η μέγιστη ροπή του κινητήρα υπό αυτές τις συνθήκες και η τάση λειτουργίας του κινητήρα όταν αποδίδει τη μέγιστη ροπή.

Σημείωση: Οι μηχανικές απώλειες του κινητήρα αμελούνται.



Άσκηση 8.4

Ένας σύγχρονος τριφασικός κινητήρας με 30 πόλους, 50 Hz, 2000 HP, 2,3 kV, συνδεσμολογίας αστέρα, αποδίδει στο μηχανικό φορτίο την ονομαστική του ισχύ και λειτουργεί με μοναδιαίο συντελεστή ισχύος. Η σύγχρονη αντίδραση ανά φάση είναι 1,95 Ω, ενώ η ωμική αντίσταση είναι αμελητέα.

Ονομαστικά μεγέθη κινητήρα

$$P = 30$$

$$f_N = 50 \text{ Hz}$$

$$P_{mN} = 2000 \text{ HP} = 2000 \cdot 746 \text{ W} = 1,492 \text{ MW}$$

$$V_{t,N} = 2,3 \text{ kV}$$

$$X_s = 1,95 \Omega$$

$$r_a \approx 0$$

Συνδεσμολογίας Υ

Βασικά μεγέθη συστήματος

$$S_B = 1,492 \text{ MVA}$$

$$V_B = 2,3 \text{ kV}$$

$$Z_B = \frac{V_B^2}{S_B} = \frac{(2,3 \text{ kV})^2}{1,492 \text{ MVA}} = 3,546 \Omega$$

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3}V_B} = \frac{1,492 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 2,3 \text{ kV}} = 374,536 \text{ A}$$

$$T_B = \frac{P_B}{\frac{\omega}{P/2}} = \frac{1,492 \text{ MW}}{\frac{2\pi 50}{15}} = 71273,79 \text{ Nm}$$



Άσκηση 8.4

(α) Να υπολογιστεί η μέγιστη ροπή που μπορεί να αποδοθεί από τον κινητήρα αν συνδεθεί σε σύστημα σταθερής τάσης 2,3 kV, σταθερής συχνότητας 50 Hz και η διέγερση παραμένει ίση με αυτή που δίνει μοναδιαίο συντελεστή ισχύος για ονομαστικό μηχανικό φορτίο.

Λειτουργικά μεγέθη ερωτήματος (α)

$$P_m = P_{mN} = 1,492 \text{ MW}$$

$$\cos\theta = 1$$

$$V_t = V_N = 2,3 \text{ kV}$$

$$T_{max} = T_B \frac{V_{t,\alpha\mu} E_{f,\alpha\mu}}{X_{s,\alpha\mu}}$$

↙
άγνωστη

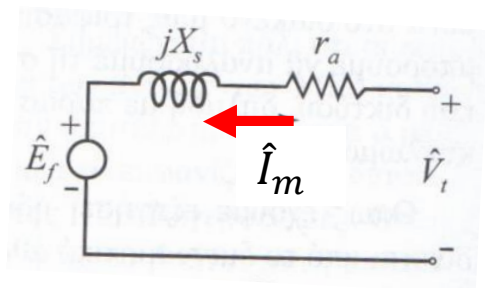
$$V_{t,\alpha\mu} = \frac{V_t}{V_B} = \frac{2,3 \text{ kV}}{2,3 \text{ kV}} = 1 \text{ αμ}$$

$$X_{s,\alpha\mu} = \frac{X_s}{Z_B} = \frac{1,95 \Omega}{3,546 \Omega} = 0,55 \text{ αμ}$$



Άσκηση 8.4

(α) Να υπολογιστεί η μέγιστη ροπή που μπορεί να αποδοθεί από τον κινητήρα αν συνδεθεί σε σύστημα σταθερής τάσης 2,3 kV, σταθερής συχνότητας 50 Hz και η διέγερση παραμένει ίση με αυτή που δίνει μοναδιαίο συντελεστή ισχύος για ονομαστικό μηχανικό φορτίο.



$$\hat{I}_{m,\alpha\mu} = \left(\frac{\mathbf{S}_{\alpha\mu}}{\hat{V}_{t,\alpha\mu}} \right)^* = \left(\frac{P_{e,\alpha\mu} + jQ_{e,\alpha\mu}}{V_t \angle 0} \right)^* = \frac{P_{e,\alpha\mu} - jQ_{e,\alpha\mu}}{V_t} \quad \text{0}$$

$$P_e = P_m + P_{\alpha\pi} = 1,492 \text{ MW} \quad \text{0}$$

$$P_{e,\alpha\mu} = \frac{P_e}{S_B} = 1,0 \text{ αμ}$$

$$\hat{I}_{m,\alpha\mu} = \frac{1}{1} \angle 0 = 1 \angle 0 \text{ αμ} \quad \text{ή} \quad \hat{I}_m = 374,536 \text{ A}$$

$$\hat{E}_{f,\alpha\mu} = \hat{V}_{t,\alpha\mu} - (r_a + jX_{s,\alpha\mu}) \hat{I}_{m,\alpha\mu} = 1 - j0,55 = 1,141 \angle -28,81^\circ \text{ αμ} \quad \text{0}$$

$$\text{ή} \quad \hat{E}_f = \frac{2,624 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \angle -28,81^\circ$$



Άσκηση 8.4

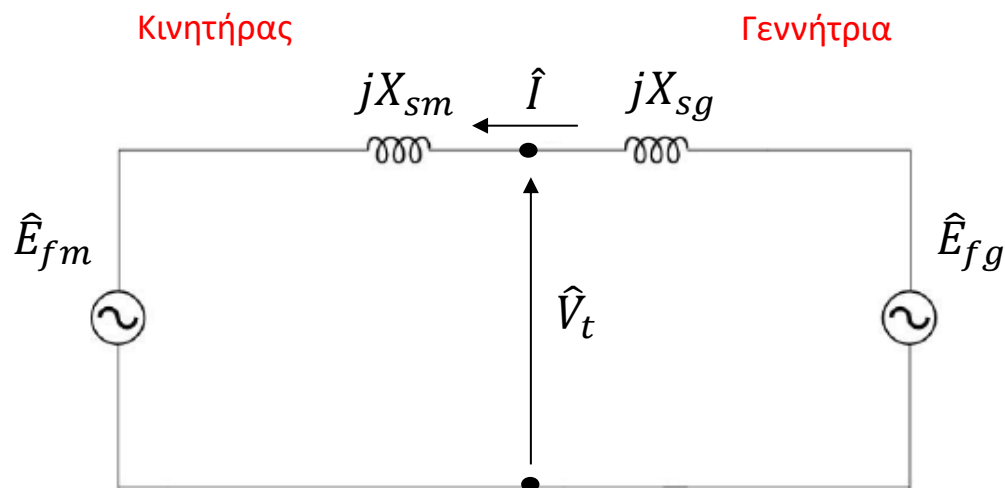
(α) Να υπολογιστεί η μέγιστη ροπή που μπορεί να αποδοθεί από τον κινητήρα αν συνδεθεί σε σύστημα σταθερής τάσης 2,3 kV, σταθερής συχνότητας 50 Hz και η διέγερση παραμένει ίση με αυτή που δίνει μοναδιαίο συντελεστή ισχύος για ονομαστικό μηχανικό φορτίο.

$$T_{max} = T_B \frac{V_{t,\alpha\mu} E_{f,\alpha\mu}}{X_{s,\alpha\mu}} = (71273,79 \text{ Nm}) \frac{1 \cdot 1,141}{0,55} = 147860,72 \text{ Nm}$$

Άσκηση 8.4

(β) Αντί για σύστημα σταθερής τάσης, θεωρήστε ότι παρέχεται ηλεκτρική ισχύς στον κινητήρα από σύγχρονη τριφασική διπολική γεννήτρια, συνδεσμολογίας αστέρα, με στοιχεία 2,3 kV, 1,75 MVA, 3000 ΣΑΛ, με σύγχρονη αντίδραση ανά φάση $2,65 \Omega$ και αμελητέα ωμική αντίσταση. Οι διεγέρσεις γεννήτριας και κινητήρα ρυθμίζονται ώστε ο κινητήρας να εργάζεται με μοναδιαίο συντελεστή ισχύος και ονομαστική τάση υπό πλήρες φορτίο. Με σταθερές τις διεγέρσεις, το μηχανικό φορτίο του κινητήρα αυξάνεται. Να υπολογιστεί η μέγιστη ροπή του κινητήρα υπό αυτές τις συνθήκες και η τάση λειτουργίας του κινητήρα όταν αποδίδει τη μέγιστη ροπή.

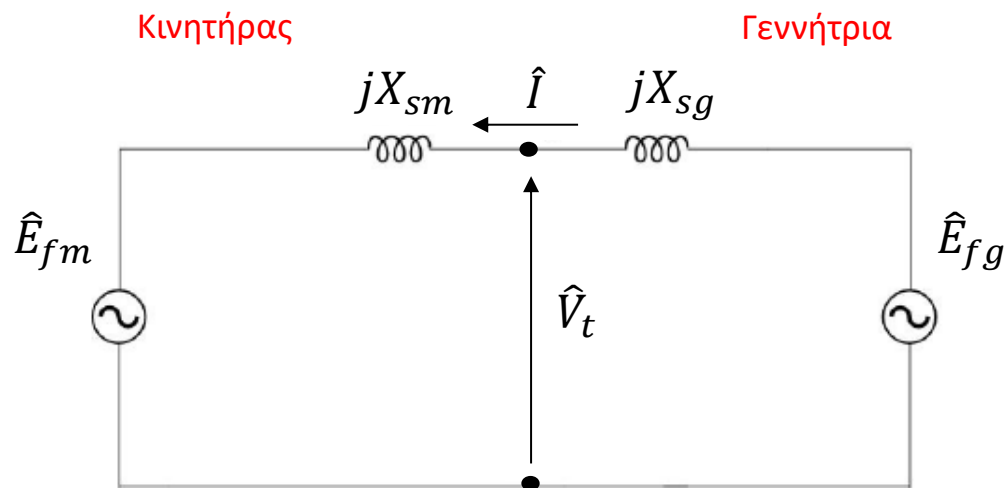
Ονομαστικά μεγέθη γεννήτριας
$P = 2$
$f_N = 50 \text{ Hz}$
$S_N = 1,75 \text{ MVA}$
$V_{t,N} = 2,3 \text{ kV}$
$X_s = 2,65 \Omega$
$r_a \simeq 0$
Συνδεσμολογίας Υ



Άσκηση 8.4

(β) Αντί για σύστημα σταθερής τάσης, θεωρήστε ότι παρέχεται ηλεκτρική ισχύς στον κινητήρα από σύγχρονη τριφασική διπολική γεννήτρια, συνδεσμολογίας αστέρα, με στοιχεία 2,3 kV, 1,75 MVA, 3000 ΣΑΛ, με σύγχρονη αντίδραση ανά φάση $2,65 \Omega$ και αμελητέα ωμική αντίσταση. Οι διεγέρσεις γεννήτριας και κινητήρα ρυθμίζονται ώστε ο κινητήρας να εργάζεται με μοναδιαίο συντελεστή ισχύος και ονομαστική τάση υπό πλήρες φορτίο. Με σταθερές τις διεγέρσεις, το μηχανικό φορτίο του κινητήρα αυξάνεται. Να υπολογιστεί η μέγιστη ροπή του κινητήρα υπό αυτές τις συνθήκες και η τάση λειτουργίας του κινητήρα όταν αποδίδει τη μέγιστη ροπή.

$$T_{max} = T_B \frac{E_{fg,\alpha\mu} E_{fm,\alpha\mu}}{X_{sg,\alpha\mu} + X_{sm,\alpha\mu}}$$





Άσκηση 8.4

(β) Αντί για σύστημα σταθερής τάσης, θεωρήστε ότι παρέχεται ηλεκτρική ισχύς στον κινητήρα από σύγχρονη τριφασική διπολική γεννήτρια, συνδεσμολογίας αστέρα, με στοιχεία 2,3 kV, 1,75 MVA, 3000 ΣΑΛ, με σύγχρονη αντίδραση ανά φάση 2,65 Ω και αμελητέα ωμική αντίσταση. Οι διεγέρσεις γεννήτριας και κινητήρα ρυθμίζονται ώστε ο κινητήρας να εργάζεται με μοναδιαίο συντελεστή ισχύος και ονομαστική τάση υπό πλήρες φορτίο. Με σταθερές τις διεγέρσεις, το μηχανικό φορτίο του κινητήρα αυξάνεται. Να υπολογιστεί η μέγιστη ροπή του κινητήρα υπό αυτές τις συνθήκες και η τάση λειτουργίας του κινητήρα όταν αποδίδει τη μέγιστη ροπή.

Ονομαστικά μεγέθη γεννήτριας

$$P = 2$$

$$f_N = 50 \text{ Hz}$$

$$P_N = 1,75 \text{ MVA}$$

$$V_{t,N} = 2,3 \text{ kV}$$

$$X_{sg} = 2,65 \Omega$$

$$r_a \simeq 0$$

Συνδεσμολογίας Υ

$$\hat{E}_{fm,\alpha\mu} = 1,141 \angle -28,81^\circ \text{ αμ}$$

$$\hat{I}_{\alpha\mu} = \hat{I}_{m,\alpha\mu} = 1 \text{ αμ} \quad \hat{V}_{t,\alpha\mu} = 1 \angle 0^\circ \text{ αμ}$$

$$X_{sg,\alpha\mu} = \frac{X_{sg}}{Z_B} = \frac{2,65 \Omega}{3,546 \Omega} = 0,747 \text{ αμ}$$

$$\hat{E}_{fg,\alpha\mu} = \hat{V}_{t,\alpha\mu} + jX_{sg,\alpha\mu}\hat{I}_{\alpha\mu} = 1 + j0,747 \cdot 1 = 1,248 \angle 36,76^\circ \text{ αμ}$$

$$\hat{E}_{fg} = \frac{2,870 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \angle 36,76^\circ$$



Άσκηση 8.4

(β) Αντί για σύστημα σταθερής τάσης, θεωρήστε ότι παρέχεται ηλεκτρική ισχύς στον κινητήρα από σύγχρονη τριφασική διπολική γεννήτρια, συνδεσμολογίας αστέρα, με στοιχεία 2,3 kV, 1,75 MVA, 3000 ΣΑΛ, με σύγχρονη αντίδραση ανά φάση $2,65 \Omega$ και αμελητέα ωμική αντίσταση. Οι διεγέρσεις γεννήτριας και κινητήρα ρυθμίζονται ώστε ο κινητήρας να εργάζεται με μοναδιαίο συντελεστή ισχύος και ονομαστική τάση υπό πλήρες φορτίο. Με σταθερές τις διεγέρσεις, το μηχανικό φορτίο του κινητήρα αυξάνεται. Να υπολογιστεί η μέγιστη ροπή του κινητήρα υπό αυτές τις συνθήκες και η τάση λειτουργίας του κινητήρα όταν αποδίδει τη μέγιστη ροπή.

Μέγιστη ροπή για ονομαστικές συνθήκες (ονομαστική τάση, πλήρες φορτίο):

$$T_{max} = T_B \frac{E_{fg,\alpha\mu} E_{fm,\alpha\mu}}{X_{sg,\alpha\mu} + X_{sm,\alpha\mu}} = (71273,79 \text{ Nm}) \frac{1,248 \cdot 1,141}{0,747 + 0,55} = 78258,62 \text{ Nm}$$



Άσκηση 8.4

(β) Αντί για σύστημα σταθερής τάσης, θεωρήστε ότι παρέχεται ηλεκτρική ισχύς στον κινητήρα από σύγχρονη τριφασική διπολική γεννήτρια, συνδεσμολογίας αστέρα, με στοιχεία 2,3 kV, 1,75 MVA, 3000 ΣΑΛ, με σύγχρονη αντίδραση ανά φάση $2,65 \Omega$ και αμελητέα ωμική αντίσταση. Οι διεγέρσεις γεννήτριας και κινητήρα ρυθμίζονται ώστε ο κινητήρας να εργάζεται με μοναδιαίο συντελεστή ισχύος και ονομαστική τάση υπό πλήρες φορτίο. Με σταθερές τις διεγέρσεις, το μηχανικό φορτίο του κινητήρα αυξάνεται. Να υπολογιστεί η μέγιστη ροπή του κινητήρα υπό αυτές τις συνθήκες και η τάση λειτουργίας του κινητήρα όταν αποδίδει τη μέγιστη ροπή.

Με τις διεγέρσεις σταθερές, θεωρούμε τη μέγιστη δυνατή γωνία ροπής ($\delta = 90^\circ$):

Παραδοχή: Η ονομαστική ισχύς του κινητήρα θεωρείται αυξημένη

$$\hat{E}'_{fm,\alpha\mu} = 1,141 \angle 0^\circ \text{ αμ} \quad \hat{E}'_{fg,\alpha\mu} = 1,248 \angle 90^\circ \text{ αμ}$$

$$\hat{I}'_{\alpha\mu} = \frac{\hat{E}'_{fg,\alpha\mu} - \hat{E}'_{fm,\alpha\mu}}{X_{sg,\alpha\mu} + X_{sm,\alpha\mu}} = \frac{j1,248 - 1,141}{1,297} = \frac{1,691 \angle -47,56^\circ}{1,297} = 1,304 \angle -47,56^\circ \text{ αμ}$$

$$\hat{I}' = 488,4 \angle -47,56^\circ \text{ A}$$

$$\hat{V}'_{t,\alpha\mu} = \hat{E}'_{fg,\alpha\mu} - jX_{sg}\hat{I}'_{\alpha\mu} = 1,248 \angle 90^\circ - j0,747 \cdot 1,304 \angle -47,56^\circ \text{ αμ}$$

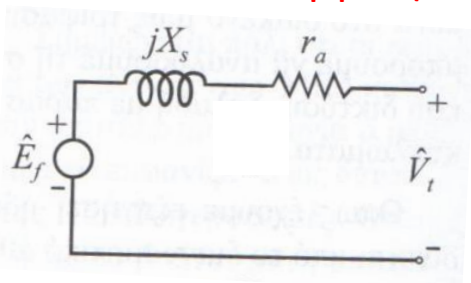
$$\hat{V}'_t = 1,122 \text{ kV} \angle -51,16^\circ$$



Άσκηση 8.7

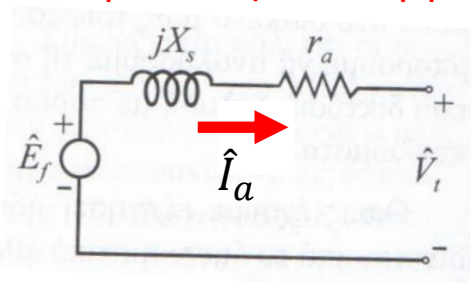
Τριφασική σύγχρονη γεννήτρια, 50 Hz, 20 kV, 1200 kVA, συνδεσμολογίας αστέρα, έχει σύγχρονη αντίδραση ανά φάση ίση με 50Ω και αμελητέα ωμική αντίσταση. Όταν η γεννήτρια λειτουργεί εν κενώ (χωρίς φορτίο), η τάση ακροδεκτών είναι ίση με την ονομαστική. Έστω τώρα ότι η γεννήτρια αποδίδει την ονομαστική της ισχύ με συντελεστή ισχύος 0,8 χωρητικό, ενώ η διέγερσή της κρατείται σταθερή. Να υπολογισθεί η τάση ακροδεκτών και η γωνία ροπής δ .

Εν κενώ λειτουργία (ανοικτοκυκλωμένος στάτης):



$$\hat{I}_a = 0 \quad \hat{E}_{f,\alpha\mu} = \hat{V}_{t,\alpha\mu} = \frac{20 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \angle 0 = 1 \angle 0 \text{ αμ}$$

Ονομαστική λειτουργία:



$$\hat{E}_{f,\alpha\mu} = 1 \angle \delta \text{ αμ}$$
$$\hat{I}_{\alpha,\alpha\mu} = \left(\frac{\mathbf{S}_{\alpha\mu}}{\hat{V}_{t,\alpha\mu}} \right)^* = \left(\frac{P_{e,\alpha\mu} + jQ_{e,\alpha\mu}}{V_t \angle 0} \right)^* = \frac{0,8 + j0,6}{V_t}$$



Άσκηση 8.7

Τριφασική σύγχρονη γεννήτρια, 50 Hz, 20 kV, 1200 kVA, συνδεσμολογίας αστέρα, έχει σύγχρονη αντίδραση ανά φάση ίση με 50Ω και αμελητέα ωμική αντίσταση. Όταν η γεννήτρια λειτουργεί εν κενώ (χωρίς φορτίο), η τάση ακροδεκτών είναι ίση με την ονομαστική. Έστω τώρα ότι η γεννήτρια αποδίδει την ονομαστική της ισχύ με συντελεστή ισχύος 0,8 χωρητικό, ενώ η διέγερσή της κρατείται σταθερή. Να υπολογισθεί η τάση ακροδεκτών και η γωνία ροπής δ .

Ονομαστική λειτουργία:

$$\hat{E}_{f,\alpha\mu} = \hat{V}_{t,\alpha\mu} + (jX_s)\hat{I}_{a,\alpha\mu} \Rightarrow 1\angle\delta = V_t + j \frac{50}{\frac{20kV^2}{1,2MVA}} \frac{0,8 + j0,6}{V_t}$$

$$\Rightarrow 1\angle\delta = V_t + j0,15 \frac{0,8 + j0,6}{V_t} \Rightarrow 1\angle\delta = V_t + j \frac{0,12 + j0,09}{V_t}$$

$$\Rightarrow 1\angle\delta = V_t + j \frac{0,12 + j0,09}{V_t} \Rightarrow \cos\delta + j\sin\delta = \left(V_t - \frac{0,09}{V_t}\right) + j \frac{0,12}{V_t}$$

$$\Rightarrow \left(V_t - \frac{0,09}{V_t}\right)^2 + \left(\frac{0,12}{V_t}\right)^2 = 1 \Rightarrow V_t^2 + \frac{0,0081}{V_t^2} - 0,18 + \frac{0,0144}{V_t^2} = 1$$



Άσκηση 8.7

Τριφασική σύγχρονη γεννήτρια, 50 Hz, 20 kV, 1200 kVA, συνδεσμολογίας αστέρα, έχει σύγχρονη αντίδραση ανά φάση ίση με 50Ω και αμελητέα ωμική αντίσταση. Όταν η γεννήτρια λειτουργεί εν κενώ (χωρίς φορτίο), η τάση ακροδεκτών είναι ίση με την ονομαστική. Έστω τώρα ότι η γεννήτρια αποδίδει την ονομαστική της ισχύ με συντελεστή ισχύος 0,8 χωρητικό, ενώ η διέγερσή της κρατείται σταθερή. Να υπολογισθεί η τάση ακροδεκτών και η γωνία ροπής δ .

Ονομαστική λειτουργία:

$$\Rightarrow V_t^4 + 0,0081 - 0,18V_t^2 + 0,0144 = V_t^2 \quad \Rightarrow V_t^4 - 1,18V_t^2 + 0,0225 = 0$$

$$\Rightarrow K^2 - 1,18K + 0,0225 = 0$$

$$\Rightarrow \Delta = 1,3024 \quad K_{1,2} = \frac{1,18 \pm 1,141}{2} = 1,1605 \text{ η } 0,0195$$

$$V_{t,1} = \sqrt{1,1605} = 1,077 \text{ αμ} \quad V_{t,2} = \sqrt{0,0195} = 0,14 \text{ αμ}$$

δεκτήαπορρίπτεται



Άσκηση 8.7

Τριφασική σύγχρονη γεννήτρια, 50 Hz, 20 kV, 1200 kVA, συνδεσμολογίας αστέρα, έχει σύγχρονη αντίδραση ανά φάση ίση με 50Ω και αμελητέα ωμική αντίσταση. Όταν η γεννήτρια λειτουργεί εν κενώ (χωρίς φορτίο), η τάση ακροδεκτών είναι ίση με την ονομαστική. Έστω τώρα ότι η γεννήτρια αποδίδει την ονομαστική της ισχύ με συντελεστή ισχύος 0,8 χωρητικό, ενώ η διέγερσή της κρατείται σταθερή. Να υπολογισθεί η τάση ακροδεκτών και η γωνία ροπής δ .

Ονομαστική λειτουργία:

$$V_{t,1} = 1,077 \text{ αμ}$$

$$1\angle\delta = V_t + j \frac{0,12 + j0,09}{V_t} \Rightarrow 1\angle\delta = 1,077 + j \frac{0,12 + j0,09}{1,077} \Rightarrow$$

$$1\angle\delta = 1,077 + j0,111 - 0,084 \Rightarrow \cos\delta + j\sin\delta = 0,993 + j0,111 \Rightarrow$$

$$\cos\delta = 0,993 \Rightarrow \delta = 6,78^\circ$$

$$\sin\delta = 0,111 \Rightarrow \delta = 6,37^\circ$$

$$\delta \simeq 6,5^\circ$$



Άσκηση 8.12

Βιομηχανικό φορτίο τροφοδοτείται από τριφασική παροχή 6,6 kV (σταθερή τάση) και αποτελείται από δύο συνιστώσες:

- Ένα επαγωγικό φορτίο 100 kVA με συντελεστή ισχύος 0,8
- Έναν τετραπολικό σύγχρονο κινητήρα 6,6 kV, 150 kVA, 50 Hz, ο οποίος κινεί μηχανικό φορτίο σταθερής ροπής $T = 442,45 \text{ Nm}$. Οι μηχανικές απώλειες περιστροφής του κινητήρα είναι 500 W και η σύγχρονη αντίδραση 1,5 αμ, ενώ οι ωμικές απώλειες του στάτη αμελούνται και ο κινητήρας θεωρείται μαγνητικά γραμμικός.

Ζητούνται:

- α) Η ΗΕΔ διέγερσης του σύγχρονου κινητήρα ώστε το συνολικό φορτίο της βιομηχανίας να έχει μοναδιαίο συντελεστή ισχύος
- β) Αν το ρεύμα διέγερσης του κινητήρα μειωθεί κατά 10% σε σχέση με την τιμή του προηγούμενου ερωτήματος, να υπολογιστεί ο συντελεστής ισχύος του συνολικού βιομηχανικού φορτίου.



Άσκηση 8.12

α) Η ΗΕΔ διέγερσης του σύγχρονου κινητήρα ώστε το συνολικό φορτίο της βιομηχανίας να έχει μοναδιαίο συντελεστή ισχύος.

Επαγωγικό φορτίο:

$$S_{\varphi} = S_{\varphi} \cos \theta + j S_{\varphi} \sin \theta$$

$$S_{\varphi(\alpha\mu)} = S_{\varphi(\alpha\mu)} \cos \theta + j S_{\varphi(\alpha\mu)} \sin \theta = P_{\varphi(\alpha\mu)} + Q_{\varphi(\alpha\mu)} = 1 \cdot 0,8 + j 1 \cdot 0,6 \text{ αμ}$$

Σύγχρονος κινητήρας:

$$P_{κιν,e} = P_{κιν,m} + P_{απ} = \omega_s T_m + P_{απ} = \left(\frac{2}{p} \omega\right) T_m + P_{απ} = 0,5 \cdot 100\pi \cdot 442,45 + 500 \\ = 69964,65 \text{ W} = 69,965 \text{ kW}$$

$$P_{κιν,e(\alpha\mu)} = 0,7 \text{ αμ} \quad Q_{κιν,e(pu)} = ? = -0,6 \text{ αμ}$$

Συνολικό φορτίο εγκατάστασης:

$$P_{εγκ(\alpha\mu)} = P_{\varphi(\alpha\mu)} + P_{κιν,e(\alpha\mu)} = 0,8 + 0,7 = 1,5 \text{ αμ}$$

$$Q_{εγκ(\alpha\mu)} = Q_{\varphi(\alpha\mu)} + Q_{κιν,e(\alpha\mu)} = 0,6 - 0,6 \text{ αμ} = 0$$

Βασικά μεγέθη συστήματος

$$S_B = 100 \text{ kVA}$$

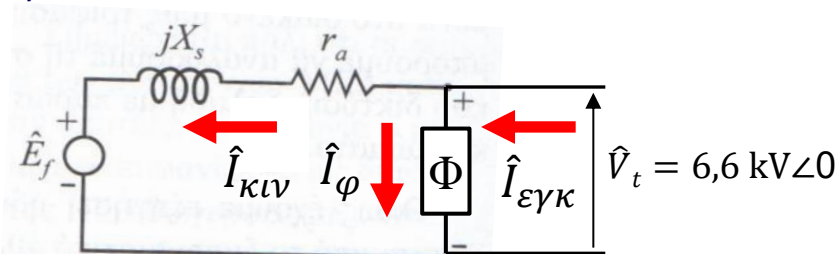
$$V_B = 6,6 \text{ kV}$$

$$Z_B = \frac{V_B^2}{S_B} = \frac{(6,6 \text{ kV})^2}{0,1 \text{ MVA}} = 435,6 \Omega$$

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} V_B} = \frac{100 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 6,6 \text{ kV}} = 8,748 \text{ A}$$

Άσκηση 8.12

α) Η ΗΕΔ διέγερσης του σύγχρονου κινητήρα ώστε το συνολικό φορτίο της βιομηχανίας να έχει μοναδιαίο συντελεστή ισχύος.



$$\hat{I}_{κιν(αμ)} = \left(\frac{\mathbf{S}_{κιν(αμ)}}{\hat{V}_{t(αμ)}} \right)^* = \left(\frac{0,7 - j0,6}{1 \angle 0} \right)^* = \frac{0,7 + j0,6}{1 \angle 0} = 0,7 + j0,6 \text{ αμ}$$

$$\hat{E}_f(αμ) = \hat{V}_{t(αμ)} - jX_{s(αμ)} \hat{I}_{κιν(αμ)} = 1 - j1 \cdot (0,7 + j0,6) = 1,6 - j0,7 = 1,746 \angle -23,63^\circ \text{ αμ}$$

$$\hat{E}_f = \frac{11,524 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \angle -23,63^\circ$$

$$\left. \begin{array}{l} S_{B1} = 150 \text{ kVA} \\ V_{B1} = 6,6 \text{ kV} \end{array} \right\} X_{s1(αμ)} = 1,5 \text{ αμ} \quad \left. \begin{array}{l} S_{B2} = 100 \text{ kVA} \\ V_{B2} = 6,6 \text{ kV} \end{array} \right\} X_{s2(αμ)} = 1,5 \frac{V_{B1}^2}{V_{B2}^2} \frac{S_{B2}}{S_{B1}} = 1,5 \frac{100}{150} = 1 \text{ αμ}$$



Άσκηση 8.12

β) Αν το ρεύμα διέγερσης του κινητήρα μειωθεί κατά 10% σε σχέση με την τιμή του προηγούμενου ερωτήματος, να υπολογιστεί ο συντελεστής ισχύος του συνολικού βιομηχανικού φορτίου.

$$E'_{f(\alpha\mu)} = 0,9 \cdot 1,746 = 1,571 \text{ αμ}$$

$$P = \frac{V_t E'_f \sin \delta'}{X_s} = \frac{1 \cdot 1,571 \cdot \sin \delta'}{1} = 1,571 \cdot \sin \delta' \text{ (αμ)}$$

Έκφραση για σύμβαση
σύγχρονης γεννήτριας

$$\sin \delta' = \frac{-0,7}{1,571} = -0,446$$

$$\delta' = -26,49^\circ$$

$$\hat{E}'_f = \frac{10,369 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \angle -26,49^\circ$$



Άσκηση 8.12

β) Αν το ρεύμα διέγερσης του κινητήρα μειωθεί κατά 10% σε σχέση με την τιμή του προηγούμενου ερωτήματος, να υπολογιστεί ο συντελεστής ισχύος του συνολικού βιομηχανικού φορτίου.

$$\hat{E}'_{f(\alpha\mu)} = \hat{V}_{t(\alpha\mu)} - jX_{s(\alpha\mu)}\hat{I}'_{κιν(\alpha\mu)}$$

$$\hat{I}'_{κιν(\alpha\mu)} = \frac{\hat{V}_{t(\alpha\mu)} - \hat{E}'_{f(\alpha\mu)}}{jX_{s(\alpha\mu)}} = \frac{1 - 1,571\angle - 26,49^\circ}{j} = -j(1 - 1,571\angle - 26,49^\circ) =$$
$$-j + 1,571\angle 63,51^\circ = -j + 0,7 + j1,406 = 0,7 + j0,406 = 0,809\angle 30,11^\circ \text{ αμ}$$

$$\mathbf{S}'_{κιν(\alpha\mu)} = \hat{V}_{t(\alpha\mu)}\hat{I}'_{κιν(\alpha\mu)*} = 1 \cdot 0,809\angle - 30,11^\circ \text{ αμ} \quad \left\{ \begin{array}{l} P'_{κιν(\alpha\mu)} = 0,7 \text{ αμ} \\ Q'_{κιν(\alpha\mu)} = -0,406 \text{ αμ} \end{array} \right.$$

$$P_{εγκ(\alpha\mu)} = P_{φ(\alpha\mu)} + P'_{κιν,ε(\alpha\mu)} = 0,8 + 0,7 = 1,5 \text{ αμ}$$

$$Q_{εγκ(\alpha\mu)} = Q_{φ(\alpha\mu)} + Q'_{κιν,ε(\alpha\mu)} = 0,6 - 0,406 \text{ αμ} = 0,194 \text{ αμ}$$

$$\tan\theta = \frac{Q_{εγκ(\alpha\mu)}}{P_{εγκ(\alpha\mu)}} = 0,129 \quad \theta = 7,37^\circ \quad \cos\theta = 0,992 \text{ επαγ.}$$