

İsim:

No:

Salon:

ELEKTRİK MAKİNELERİ II, 08 Nisan 2013 | Ara Sınav, Süre 80 dakikadır.

**Okunaklı yazınız, birimleri yazmayı unutmayınız!**

**ÖÇ3) <3x7p> (1)** Yıldız bağlı, 1200 kVA gücünde, 6000 V'luk yuvarlak kutuplu bir senkron generatörün  $R_a = 2 \Omega/\text{faz}$ ,  $X_s = 20 \Omega/\text{faz}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ ,  $2p = 4$  olduğuna göre, nominal akımda çalışırken

a) Omik yük durumunda b)  $\cos\Phi = 0,75$  endüktif yük durumunda

c)  $\cos\Phi = 0,75$  kapasitif yük durumunda, kutup tekerleği emk lerini ( $E_f$ ) ve yük açılarını bulunuz

$$S_n := 1200000 \text{ VA} \quad V_{1L} := 6000 \text{ V} \quad R_a := 2 \text{ Ohm} \quad X_s := 20 \text{ Ohm} \quad f := 50 \text{ Hz}$$

$p := 2$  yıldız bağlı YR Senkron Jeneratör

$$I_n := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_{1L}} \quad I_n = 115.47 \text{ A} \quad \arccos(0.75) = 0.723 \text{ rad} \quad 41.425 \text{ derece}$$

$$V_1 := \frac{V_{1L}}{\sqrt{3}} \quad V_1 = 3.464 \times 10^3 \text{ V} \quad i := \sqrt{-1}$$

a) Omik yük durumu  $\Phi = 0$

$$E_f := V_1 + I_n \cdot (\cos(0) + i \sin(0)) \cdot (R_a + i X_s)$$

$$E_f = 3.695 \times 10^3 + 2.309i \times 10^3 \text{ V} \quad |E_f| = 4.357 \times 10^3 \text{ V} \quad \text{delta1} := \text{atan}\left(\frac{2.309}{3.695}\right)$$

$$\text{delta1} = 0.559 \text{ rad} \quad \frac{0.559}{\pi} \cdot 180 = 32.028 \text{ derece}$$

b)  $\cos \Phi = 0.75$  geri durumu

$$\Phi_2 := -41.425 \text{ derece} \quad -41.425 \cdot \frac{\pi}{180} = -0.723 \text{ rad} \quad \Phi_2 := -0.723 \text{ rad}$$

$$E_f := V_1 + I_n \cdot (\cos(\Phi_2) + i \sin(\Phi_2)) \cdot (R_a + i X_s)$$

$$E_f = 5.165 \times 10^3 + 1.579i \times 10^3 \text{ V} \quad |E_f| = 5.401 \times 10^3 \text{ V} \quad \text{delta2} := \text{atan}\left(\frac{1.579}{5.165}\right)$$

$$\text{delta2} = 0.297 \text{ rad} \quad \frac{0.297}{\pi} \cdot 180 = 17.017 \text{ derece}$$

c)  $\cos \Phi = 0.75$  ileri durumu

$$\Phi_3 := 41.425 \text{ derece} \quad 41.425 \cdot \frac{\pi}{180} = 0.723 \text{ rad} \quad \Phi_3 := 0.723 \text{ rad}$$

$$E_f := V_1 + I_n \cdot (\cos(\Phi_3) + i \sin(\Phi_3)) \cdot (R_a + i X_s)$$

$$E_f = 2.109 \times 10^3 + 1.884i \times 10^3 \text{ V} \quad |E_f| = 2.828 \times 10^3 \text{ V} \quad \text{delta3} := \text{atan}\left(\frac{1.884}{2.109}\right)$$

$$\text{delta3} = 0.729 \text{ rad} \quad \frac{0.729}{\pi} \cdot 180 = 41.769 \text{ derece}$$

**ÖÇ3) <9+8+8p> (2)** Faz arası gerilimi 3450 V olan üç fazlı yuvarlak kutuplu yıldız bağlı bir senkron motorun endüvi sargı direnci ihmal edilmiş, senkron reaktansı 30  $\Omega$ /faz olup  $E_f = 1650$  V olduğunda, endüktif çalışan motor şebekeden 55 kW çekmektedir.  $\psi = 46^\circ$  olduğuna göre, doymanın ihmal edilmesi durumunda

a) Yük açısını    b)  $\cos\Phi$ 'yi    c) Endüvi akımını

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \cdot \cos\Phi$$

$$I \cos\Phi := \frac{55000}{\sqrt{3} \cdot 3450} \quad I \cos\Phi = 9.204 \quad A$$

$$\text{Endüktif motor fazör diyagramdan} \quad I \cos\Phi \cdot X_s = E_f \cdot \sin(\delta)$$

$$\delta := \arcsin\left(\frac{30 I \cos\Phi}{1650}\right) \quad \delta = 0.168 \quad \frac{\delta}{\pi} \cdot 180 = 9.634 \quad \text{derece}$$

$$|\Phi| = |\psi| + |\delta| \quad \Phi := 46 + 9.634 \quad \Phi = 55.634 \quad \text{derece geri}$$

$$\Phi := \frac{55.634}{180} \cdot \pi \quad \Phi = 0.971 \quad \text{rad geri}$$

$$I := \frac{I \cos\Phi}{\cos(\Phi)} \quad I = 16.306 \quad A$$

$$\cos(\Phi) = 0.564 \quad \text{geri}$$

**ÖÇ3) <(6+4)+(8+8)p> (3)** Yuvarlak kutuplu bir senkron generatör 1000 V' ta üçgen bağlı bir şekilde bir şebekeyi beslemekte olup hat akımı 172 A, güç faktörü 0.85 (endüktif) tir.  $X_s = 4,5 \Omega/\text{faz}$  ve generatör 1000 rpm ile dönerken boşa 56 Nm ile tahrik edilmektedir. Boşa çalışma karakteristiğinin lineer bölgesi  $E_f = 90 \cdot I_f$  olduğuna göre (doyma ihmal)

a) Kutup tekerleği gerilimi ( $E_f$ ) ve uyarma akımını bulunuz

b) Uyarma akımı sabit tutulup tahrik momentini % 90 ' a gerilirse yeni durumda makinanın şebekeye vereceği aktif ve reaktif güçleri bulunuz

$$\begin{aligned}
 V_1 &:= 1000 \text{ V} & I_1 &:= \frac{172}{\sqrt{3}} \text{ A} & F_i &:= \arccos(0.85) & F_i &= 0.555 \text{ rad geri} \\
 E_f &:= V_1 + I_1 \cdot (\cos(-F_i) + i \sin(-F_i)) \cdot (0 + i \cdot 4.5) & & & & & \frac{0.555}{\pi} \cdot 180 = 31.799 \text{ derece geri} \\
 E_f &= 1.235 \times 10^3 + 379.839i \text{ V} & |E_f| &= 1292.477 \text{ V} & \text{delta} &:= \arctan\left(\frac{379.839}{1.235 \times 10^3}\right) \\
 I_f &:= \frac{|E_f|}{90} & I_f &= 14.361 \text{ A} & \text{delta} &= 0.298 \text{ rad} & \frac{0.298}{\pi} \cdot 180 = 17.074 \text{ derece} \\
 P_d &:= \frac{3 \cdot V_1 \cdot |E_f| \cdot \sin(\text{delta})}{4.5} & P_d &= 2.533 \times 10^5 \text{ W} \\
 T_0 &:= 56 \text{ Nm} & P_{stv} &= T_0 \cdot \omega_s & P_{stv} &:= T_0 \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{1000}{60}\right) & P_{stv} &= 5.864 \times 10^3 \text{ W} \\
 P_m &:= P_d + P_{stv} & P_m &= 2.592 \times 10^5 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Tahrik momentinin %90 a düşmesi girişteki mil gücünün %90 a düşmesi demektir: mekanik kayıplar hız değişmediği için sabittir:

$$0.9 \cdot P_m = 2.332 \times 10^5 \quad P_{dyeni} := 0.9 \cdot P_m - P_{stv} \quad P_{dyeni} = 227.385 \times 10^3 \text{ W}$$

Ra ihmal edildiği için;

$$P := P_{dyeni} \text{ olur} \quad P = 227.385 \times 10^3 \text{ W} \quad 8 \text{ puan}$$

$$\text{deltayeni} := \arcsin\left(\frac{P_{dyeni} \cdot 4.5}{3 \cdot V_1 \cdot E_f}\right) \quad \text{deltayeni} = 0.267 \text{ rad} \quad \frac{\text{deltayeni}}{\pi} \cdot 180 = 15.301 \text{ derece}$$

Fazör diyagramdan

$$I \cdot X_s = \sqrt{(I \cdot X_s \cdot \cos(\text{fiyeni}))^2 + (I \cdot X_s \cdot \sin(\text{fiyeni}))^2}$$

$$I := \frac{\sqrt{(E_f \cdot \sin(\text{deltayeni}))^2 + (E_f \cdot \cos(\text{deltayeni}) - V_1)^2}}{X_s} \quad I = 93.538 \text{ A}$$

$$I \cdot X_s \cdot \sin(\text{fiyeni}) = E_f \cdot \cos(\text{deltayeni}) - V_1$$

$$\sin \text{fiyeni} := \frac{E_f \cdot \cos(\text{deltayeni}) - V_1}{I \cdot X_s} \quad \sin \text{fiyeni} = 0.586$$

$$Q_{yeni} := 3 \cdot V_1 \cdot I \cdot \sin \text{fiyeni} \quad Q_{yeni} = 164.441 \times 10^3 \text{ VAr} \quad \text{endüktif} \quad 8 \text{ puan}$$

**ÖÇ6) <12p> (4)** Senkron motora nasıl yol verilebileceğini açıklayınız.

- a) Amortisör sargılı senkron motora asenkron olarak yol verilebilir. Senkron motora asenkron yol verirken genellikle direk yol verme ve oto trafo ile yol verme yöntemlerinin kullanımı daha yaygındır. Yerine göre diğer asenkron yöntemler de kullanılabilir. Makine hızlanmasını tamamladıktan sonra senkronlama işlemi yapılır.
- b) Değişken frekans ile yol verme: Senkron motor düşük frekansta senkronlanıp yavaş yavaş hızlandırılarak yol verilir.
- c) Yardımcı motor ile yol verme. Genellikle yardımcı doğru akım motoru senkron motor senkron hıza kadar hızlandırılıp senkronizasyon işlemi tamamlanır.

**ÖÇ6) <16p> (5)** Senkron makinenin şebekeye paralel bağlanma şartlarını yazınız.

Darbesiz bir senkronizasyon için:

- a) Senkron generatörün gerilimi şebeke gerilimine eşit olmalıdır
- b) Senkron generatörün frekansı şebeke frekansına eşit olmalıdır
- c) Senkron generatörün faz sırası şebekenin faz sırası ile aynı olmalıdır.
- d) Senkron generatör fazör sistemi ile jeneratör fazör sistemi arasında faz farkı olmamalıdır.