

Örnek 6.1 (P.C. Sen)

P. ①

Hat gerilimi: 4 kV
 Bir fabrikada bir adet 3-fazlı, 400 kVA senkron makina ile asenkron makinalar vardır. Bu makinaların yük durumları;
 asenkron motorlar: 500 kVA, $\cos\phi = 0,8$ geri
 senkron motor: 300 kVA, $\cos\phi = 1,0$

- Fabrika yüklerinin toplam güç kat sayısını bulunuz
- Fabrikanın güç kat sayısını iyileştirmek için senkron makina sonrası uyartılmış (ikinci endüstri akımı: gerek) olarak çalıştırılmıştır (ancak yükü sabit kalmıştır). Motoru sonrası yüklemeden, fabrika güç kat sayısı ne kadar iyileştirilebilir? Bunu sağlamak için senkron makinanın akımı ve güç kat sayısı ne olmalıdır?

Gözüm

a) Asenkron motorlar: 500 kVA, $\cos\phi = 0,8$ geri

$$\text{Aktif Güç} = 500 \times 0,8 = 400 \text{ kW}$$

$$\text{Reaktif güç} = 500 \times 0,6 = 300 \text{ kVAR}$$

$$\text{Görünür güç} = 500 \text{ kVA}$$

Senkron motor: 300 kVA, $\cos\phi = 1,0$

$$\text{Aktif güç} = 300 \times 1,0 = 300 \text{ kW}$$

$$\text{Reaktif güç} = 300 \times 0,0 = 0,0$$

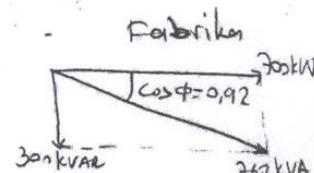
Fabrika:

$$\text{Aktif güç} = 400 + 300 = 700 \text{ kW}$$

$$\text{Reaktif güç} = 300 + 0,0 = 300 \text{ kVAR}$$

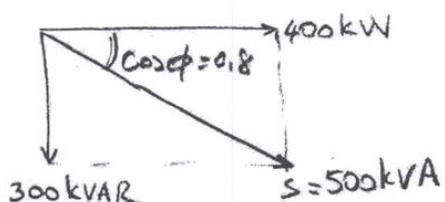
$$\text{Görünür güç} = \sqrt{700^2 + 300^2} = 762 \text{ kVA}$$

$$\cos\phi = \frac{700}{762} = 0,92 \text{ geri}$$

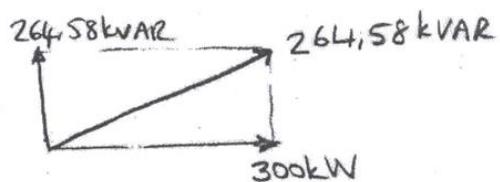


- b) Senkron motorun yükü sabit tutmayı için
 (Anma gücü, 400 kVA, aktif gücü = 300 kW)
 anma değerlerini aşmamak üzere sağlayabileceği
 maksimum reaktif gücü,

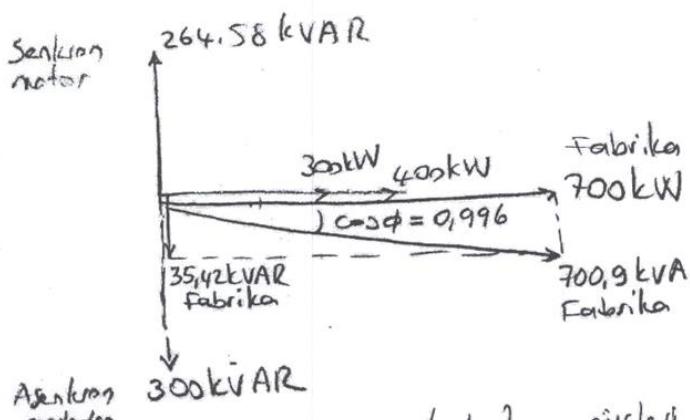
$$Q = \sqrt{400^2 - 300^2} = 264,58 \text{ kVAR}$$



A senkron motorlar



Senkron motorun
 sağlayabileceği maksimum
 reaktif gücü (yük sabit
 kalınca şartıyla)



Fabrikanın iyileştirilmış gücü ve güç katsayıısı

Fabrikanın iyileştirilmiş:

$$\text{Reaktif gücü} = 300 - 264,58 = 35,42 \text{ kVAR}$$

$$\text{Görünür gücü} = \sqrt{700^2 + 35,42^2} = 700,9 \text{ kVA}$$

Aktif gücü = 700 kW (değişmedi)

$$\text{Güç katsayıısı} = \cos \phi = \frac{700}{700,9} = 0,996$$

Senkron motorun akımı ve güç katsayıısı

$$I_a = \frac{400 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 4 \text{ kV}} = 57,74 \text{ A} \quad \cos \phi = \frac{300 \text{ kW}}{400 \text{ kVA}} = 0,75 \text{ iki}$$

Örnek 6.4. (P.C.Sen)

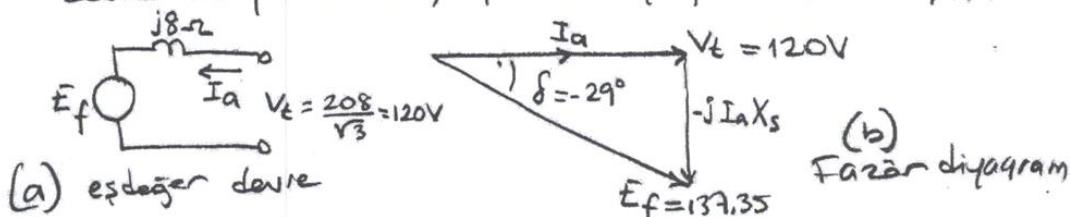
P. (3)

5 kVA, 208 V, 3-faz, 4-kutup, 60 Hz, Y-bağlı senkron makinonun stator sərgi direnci ihməl edilmiş ve faz basına senkron reaktansı (anma terminali gətirmədə) 8 Ω olaraq verilmiştir.

Makina, motor olaraq qalıştırılır və güç katsayısı 1.0 iken kaynaktan 3 kW aktif güç əməkdeşlik şəklində uyartım akımı ayarlanır ise;

- Uyartım gerilimini (E_f) və güç aqısını (δ) bulunuz
- Eğer uyartım akımı sabit tutulursa və məl (soft) yüksək yanar yanar artırılır isə, motorun üretebileceği maksimum momenti (kopma momenti) hesaplayınuz

Görüm: Motor olaraq qalışma üçün bir-faz eşdəğər devri və fazör diyaqramı aşağıda çizilmiştir.



$$\text{Giriş gücü} = 3V_t I_a \cos \phi = 3 \text{kW} \rightarrow \cos \phi = 1 \text{ üçün}$$

$$\text{Endüvi akımı} I_a = \frac{3 \times 10^3}{3 \times 120} = 8,33 \text{ A}$$

$$\text{Uyartım gerilimi} E_f = V_t - jI_a X_s = 120 \angle 0^\circ - 8,33 \angle 0^\circ \times 8 \angle 90^\circ$$

$$E_f = 137,35 \angle -29^\circ \text{ V}$$

$$\text{Güç aqısı} \delta = -29^\circ$$

Motor olaraq qalışma olduğu için güç aqısının negativ olduğunu dikkat ediniz

Şekil(b) deki fonör diyagramından da E_f ve P. ④
 δ hesaplanabilir

$$E_f = \sqrt{|V_t|^2 + |I_a X_s|^2} = \sqrt{120^2 + (8,33 \times 8)^2} = 137,35 \text{ V/fan}$$

$$\tan \delta = \frac{|I_a X_s|}{|V_t|} = \frac{8,33 \times 8}{120} = 0,555$$

$$\delta = 29^\circ$$

$$\delta = -29^\circ$$

(b) Maksimum moment $\delta = 90^\circ$ iken elde edilecektir.

$$P_{\max} = \frac{3 V_t \cdot E_f}{X_s} \sin \delta \rightarrow \delta = 90^\circ \text{ için}$$

$$P_{\max} = \frac{3 \cdot 120 \cdot 137,35}{8} = 6180,75 \text{ W}$$

$$T_{\max} = \frac{P_{\max}}{\omega_s} = \frac{6180,75}{1800 \frac{2\pi}{60}} = 32,8 \text{ Nm}$$

Örnek 6.6 (P.C. SEN)

P. (5)

3-faz, 5 MVA, 11 kV, 60 Hz senkron makina faz basına
senkron reaktansı $X_s = 10 \Omega$ ve stator direnci ihmal edilmiştir.
Makina 11 kV, 60 Hz bir baraya (şebekeye) bağlanmış
ve senkron kondanser (güç katsayısı dizeletici)
olarak çalışmaktadır.

1. Döner kayipları ihmal ediniz

- Normal uyartım için stator (endüri) akımının bulunur, fazör diyagramını çiziniz
- Uyartım, normal uyartımın %150' sine artırılır ise, stator akımını ve güç katsayıını bulunur, fazör diyagramını çiziniz
- Uyartım, normal uyartımın %50' sine azaltılır ise stator (endüri) akımını ve güç katsayıını bulunur, fazör diyagramını çiziniz.

2. Döner kayiplar 80 kW ise, normal uyartımda
stator akımını ve uyartım gerilimini (E_f)
bulunur, fazör diyagramını çiziniz.

Gözüm

1.a) $P = 3V_t I_a \cos\phi$ normal uyartım için
 $\cos\phi = 1$, V_t ile I_a aynı fonda

$P=0$ ise, $I_a=0$ olur, güç transferi olmadığı için
 $\delta=0$ olur. $I_a=0$ ise V_t ve E_f aynı genlikte olur.

$(P = \frac{3V_t E_f}{X_s} \sin\delta \text{ denklemine göre})$

$$E_f = V_t = \frac{11 \times 10^3}{\sqrt{3}} = 6350 \text{ V/faz veya } 6.35 \text{ kV/faz}$$

$$\xrightarrow{\begin{matrix} I_a=0 \\ \delta=0^\circ \end{matrix}} \frac{V_t}{E_f} \quad (a)$$

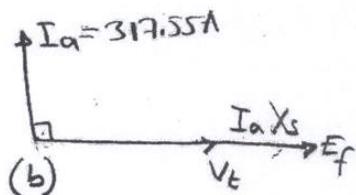
b) $P=0$ ve $\delta=0^\circ$ ve uyartım %150 artırılır ise ($1,5 \times 6351V$) P. (6)

$$I_a = \frac{V_t L^0 - E_f L^0}{j X_s} = \frac{6351 - 1,5 \times 6351}{10 L^0}$$

$$I_a = -317,55 L^0 A = 317,55 L^{180^\circ - 90^\circ}$$

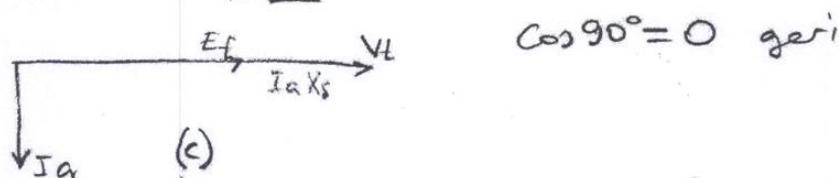
$$I_a = 317,55 L^90^\circ A$$

$$\cos 90^\circ = 0 \text{ ikeri}$$



c) uyartım %50 azaltılır ($0,5 \times 6351V$) ise,

$$I_a = \frac{6351 - 0,5 \times 6351}{10 L^0} = 317,55 L^0 A$$



2. Normal uyartım için, $\cos \phi = 1$ ise (V_t ve I_a aynı fazda)

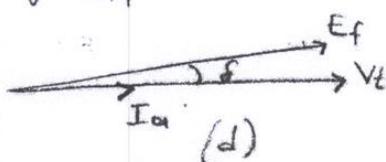
$$P = 3 V_t I_a \cos \phi = 80 \text{ kW} = 80000 \text{ W}$$

$$I_a = \frac{80000}{3 \times 6351 \times 1} = 4,2 A$$

$$E_f = V_t - j I_a X_s = 6351 L^0 - 4,2 L^0 \times 10 L^0$$

$$E_f = 6351 - j 42 \approx 6351 L^{0,4^\circ} \text{ V/faz}$$

$$\delta = 0,4^\circ$$



P. ⑦

Örnek 6.1 (M. E. El-Hawary)

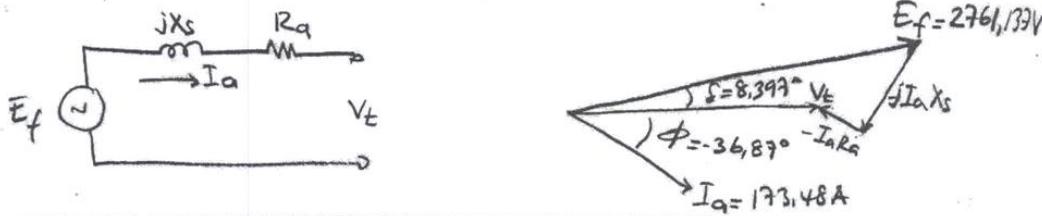
1250kVA, 3-faz, Y-bağlı, 4160V, 10 kütup, 60 Hz senkron发电机ının endüvi direnci $0.126 \Omega/\text{faz}$, senkron reaktansı $3 \Omega/\text{faz}$ olarak verilmiştir. $\cos\phi = 0.8$ geri ikeri tam yükte üretilen gerilimi bulunuz.

Cözüm:
Endüvi akımı, $I_a = \frac{1250 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 4160} = 173.48 \text{ A} = 173.48 L-36.87^\circ \text{ A}$
 $\cos\phi = 0.8$ geri

$$Z_s = R_a + jX_s = 0.126 + j3 = 3.00264 L 87.595^\circ \Omega$$

$$E_f = V_t + jI_a Z_s = \frac{4160}{\sqrt{3}} + (173.48 L 36.87^\circ)(3.00264 L 87.595^\circ)$$

$$E_f = 2761.137 L 8.397^\circ \text{ V}, \quad \delta = 8.397^\circ \text{ ileri}$$



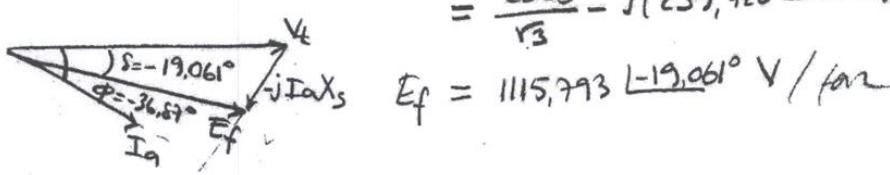
Örnek 6.2: 1000 HP senkron motorun döner kayipları 18 kW'tır. Motor, 2300V kaynakta çalışmaktadır ve güç katısayısı 0.8 geridir. Motorunun endüvi direnci ihmal edilmiş, senkron reaktansı 1.9Ω . Tam yükte uyardım gerilimini bulunuz.

Cözüm:
Giriş gücü, $P_n = 746 \times 1000 + 18000 = 764 \times 10^3 \text{ W} = 764 \text{ kW}$

$$\text{Endüvi akımı, } I_a = \frac{764 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 2300 \cdot 0.8} = 239.726 L-36.87^\circ \text{ A}$$

$$\cos\phi = 0.8$$
 verilmiştir.

Uyardım gerilimi, $E_f = V_t - jI_a X_s$
 $= \frac{2300}{\sqrt{3}} - j(239.726 L 36.87^\circ)(1.9)$



Örnek 6.4 (M.E. El-Hawary)

P. (8)

10 MVA, 13,8 kV, 60 Hz, 2-bilup, işi faz, Y-bağlı senkron generatorin
endüri sorğu diliçisi $0,06 \Omega/\text{faz}$ ve senkron reaktansı $1,8 \Omega/\text{faz}$
olarak verilmistir. Üyortan gerilimini yükselt, yarı yükli ve
tam yükli durumlar için a) 0,8 işi b) 1,0 c) 0,8 işi
gibi katsayılarına göre hesaplayınız. Gibi gerilimi (ω -
gibi terminal gerilimi) V_t sabit tutulacaktır.

Gözüm : $Z_s = 0,06 + j 1,8 = 1,801 \angle 88,09^\circ \Omega$

Tam yük akımı $I_a = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 13800} = 418,37 \text{ A}$

Faz basıga
Terminal gerilimi $V_t = \frac{13800}{\sqrt{3}} = 7967,434 \text{ V/faz}$

$E_f = 7967,434 + k(418,37)(1,801) \angle 88,09^\circ + \phi$

Burada k yük çarpanı, ϕ faz açısıdır.

a) 0,8 işi gibi katsayısına göre

$\phi = 36,87^\circ$

Yükseki durum için $k=0$

$E_f = 7967,434 \text{ V}$

Yarı yükli durum için $k=0,5$

$E_f = 7967,43 + 0,5(418,37)(1,801) \angle 88,09^\circ + 36,87^\circ$

$E_f = 7757,702 \angle 2,281^\circ \text{ V}$

Tam yükli durum için $k=1,0$

$E_f = 7560,935 \angle 4,685^\circ \text{ V}$

Yük arttıkça $|E_f|$ nin analojisine dikkat ediniz.

b) $\phi=0$ için

Yükseki, $k=0$, $E_f = 7967,434 \text{ V/faz}$

Yarı yükte, $k=0,5$

$E_f = 7967,434 + 0,5(418,37)(1,801) \angle 88,09^\circ$

Tam yükte, $k=1,0$

$E_f = 8027,935 \angle 5,383^\circ \text{ V}$

Yük arttıkça (E_f) arttı.

P. (9)

Örnek 6-4 (devamı)

c) $\phi = -36,87^\circ$ için

Yüksür, $E_f = 7967,434 \text{ V}$

Yarı yükli, $k = 0,5$

$$E_f = 7967,434 + 0,5(418,37)(1,80) \angle 151,221^\circ$$

$$E_f = 8208,65 \angle 2,05^\circ \text{ V}$$

Tam yükli, $k = 1,0$

$$E_f = 8459,772 \angle 3,981^\circ \text{ V}$$

Yük artarken ($\nu\phi$ sabit) $|E_f|$ 'nin artmasına
dikkat ediniz

Örnek 7.4

P. ⑩

3-faz, 13,2 kV, 60 Hz, 50 MVA, Y-bağlı, silindirik rotatif senkron发电机'nin endüvi reaktansı $X_{ar} = 2,19 \Omega$, endüvi kacak reaktansı $X_a = 0,137 \times X_{ar}$ (Ω/faz).

Endüvi direnci ihmal edilebilcek türdeki biriktir. Doyum shmal edilecektir. Generator'un anma gerilimi ve 0,8 geri giz kat sayısında tam yük akımını sağlayabileceğini kabul ediniz. Aşağıda istenilenleri bulunur.

- Faz basına senkron reaktansı, X_s
- Anma yük akımını, I_a
- Hava aralığı gerilimini, E_{aq}
- Dahili içecekler gerilimi veya ayar tim gerilimini, E_p
- Gic açısını, δ
- Gerilim regulasyonunu, VR

Çözüm:

- Faz basına kacak reaktans

$$X_a = 0,137 \times X_{ar} = 0,137 \times 2,19 \approx 0,3 \Omega/\text{faz}$$

Faz basına senkron reaktans

$$X_s = X_a + X_{ar} = 0,3 + 2,19 = 2,49 \Omega/\text{faz}$$

- Anma (tam yük) akımı

$$I_a = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_t} = \frac{50 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 13200} = 2186,93 \text{ A.}$$

Örnek 7.4 (Devam)

P.(11)

Fazör olarak $I_a = I_a (\cos \theta - j \sin \theta) = 2186,93 (0,8 - j0,6)$

$$I_a = 1749,55 - j 1312,16 = 2186,93 \angle -36,87^\circ A$$

c) Hava aralığı gerilimi, $E_{ag} = V_\phi + j I_a X_s$

$$(V_\phi, fm gerilimi) \quad E_{ag} = \frac{13200 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} + j 0,3 (2186,93 \angle -36,87^\circ)$$

$$E_{ag} = 8031,84 \angle 3,75^\circ V$$

d) Uyartım gerilimi, E_f

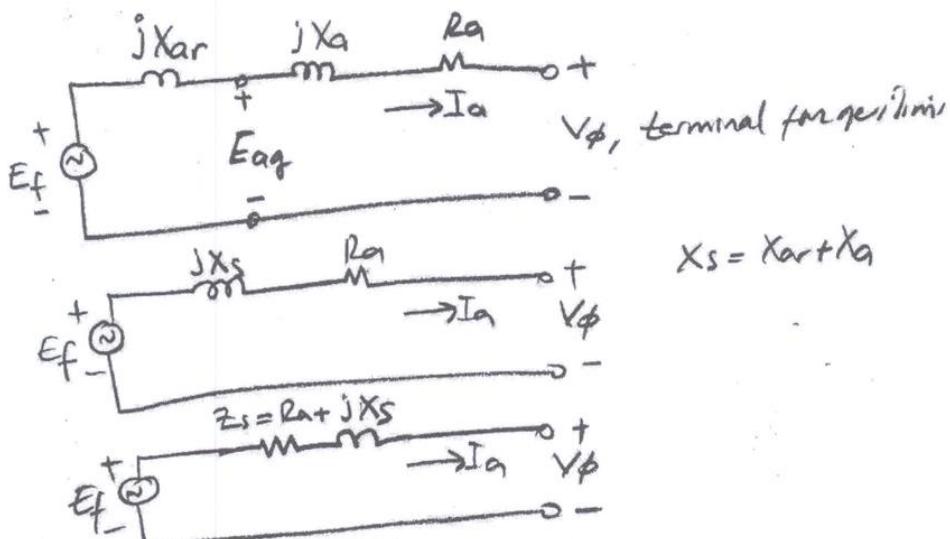
$$E_f = V_\phi + j I_a X_s \\ = \frac{13200 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} + j (2186,93 \angle -36,87^\circ) \times 2,49 = 9102,8 \angle 11,08^\circ V$$

e) Güç açısı (Tork açısı olarak da bilinir) δ

$$\delta = 11,08^\circ$$

f) Tam yükteki gerilim regulasyonu, VR veya GR

$$\% VR = \frac{E_f - V_\phi}{V_\phi} = \frac{9102,8 - 7621,02}{7621,02} \times 100 = \% 19,4$$



Örnek 7.5

P(12)

3-fazlı, 100 HP, 60 Hz, 480V, 4-kutup, T-bağlı, silindirik rotorlu sentron motorun endüvi direnci $0,15\Omega$ ve sentron reaktansı $2\Omega/\text{faz}$ idir. Anma yükü ve 0,8 ikeri güç katısayısında motor verimi 0,95'tir.

- Dahili üretilen gerilimi, E_f
- Tork açısı, δ
- Maksimum torku, T_{max} bulunur.

Görüm

(a) Motor giriş gücü, $P_n = \frac{(100\text{HP})(746\text{W/HP})}{0,95} = 78526,32\text{W}$

Anma yük akımı, $I_a = \frac{P_n}{\sqrt{3} V_L \cos \theta} = \frac{78526,32 \text{W}}{\sqrt{3} \cdot (480\text{V}) 0,8} = 118,07\text{A}$

Faz gerilimi, $V_\phi = \frac{480\text{V}}{\sqrt{3}} = 277,13\text{V}$

$\theta = \cos^{-1} 0,8 = 36,87^\circ$ ikeri

$$E_f = V_\phi - (R_a + jX_s) I_a \\ = 277,13 \angle 0^\circ - (0,15 + j2)(118,07 \angle 36,87^\circ)$$

$$E_f = 451,17 \angle -26,25^\circ \text{V}$$

$\delta = -26,25^\circ$, negatif açı E_f 'nin V_ϕ den geri olduğunu gösterir.

- Tork açısı alternatif olarak

$$\tan(\theta + \delta) = \frac{V_\phi \sin \theta + I_a X_s}{V_\phi \cos \theta - I_a R_a}$$

$$= \frac{277,13 \sin 36,87^\circ + (118,07) 2}{277,13 \cos 36,87^\circ - (118,07) 0,15} = 1,97$$

$$\theta + \delta = \tan^{-1}(1,97) = 63,12^\circ$$

$$\delta = 63,12^\circ - 36,87^\circ = 26,25^\circ$$

- Makina 4-kutuplu olduğu için, hizla 1800d/d veya $188,495 \text{ rad/s}$ olur. Maksimum tork (moment),

$$T_{max} = \frac{P_{max}}{\omega_m} = \frac{3 E_f V_\phi}{\omega_m X_s} = \frac{3 (451,17) 277,13}{(188,495) \cdot 2} = 994,98 \text{Nm}$$

(P.13)

Örnek 7.7

3-faz, 750 HP, 4160 V, Y-bağlı bir asenkron motorun tam yükteki verimi % 90, gic katsayı 0,75 geridir ve bir gic hafifine bağlıdır. Böyle bir yükün gic ve katsayı 0,85 geri durumuna düşültmek için gic bir kondansatör bağlanmıştır. Senkron kondansatör tarafından sağlanan reaktif gic hesaplayınız.

Görüm:

Asenkron motorun giriş gicisi

$$P = \frac{(750 \text{ HP}) (0,746 \text{ kW/HP})}{0,90} = 621,67 \text{ kW}$$

Asenkron motorun düzeltilmemiş gic katsayıındaki reaktif gicisi $Q_1 = P \cdot \tan \theta_1 = 621,67 \cdot \tan(\cos^{-1} 0,75)$

$$Q_1 = 548,26 \text{ kVAR}$$

Asenkron motorun düzeltilmiş gic katsayılarında reaktif gicisi $Q_2 = P \cdot \tan \theta_2 = 621,67 \cdot \tan(\cos^{-1} 0,85)$

$$Q_2 = 385,27 \text{ kVAR}$$

Senkron kondansatör tarafından sağlanan reaktif gic

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = 548,26 - 385,27$$

$$Q_C = 162,99 \text{ kVAR}$$

Örnek 7.9 (T-Gönen)

P. ④

50MVA, 13,2 kV, 60 Hz, Y-bağlı, 3-faz senkron发电机
törün $X_d = 1,52 \Omega$ ve $X_q = 0,91 \Omega$ olup sorgulanan i̇şmal
edilmiştir. Generator, 0,8 geri güç katısayısında ve tam yükle
galışırsa, izleyenleri bulunun.

- Tam yükteki faz gerilimi ve faz akımını
- Rotor silindirik olursa, E_f gerilimini
- Rotor 41kantılı kutuplu olursa, E_f gerilimini

Gözüm :

a) Faz gerilimi, $V_\phi = \frac{13200}{\sqrt{3}} = 7621 \text{ V}$ veya $7621 \angle 0^\circ \text{ V}$

Faz akımı, $I_{\alpha} = \frac{50 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 13200} = 2186,9 \text{ A}$

$\theta = \cos^{-1}(0,8) = 36,87^\circ$

Başlece, $I_a = 2186,9 \angle -36,87^\circ \text{ A}$.

b) Makina silindirik rotorlu i̇se,

$$E_f = V_\phi + j I_a X_s = 7621 \angle 0^\circ + j 1,52 (2186,9 \angle -36,87^\circ)$$

$$E_f = 7621 \angle 0^\circ + (1,52 \angle 90^\circ) (2186,9 \angle -36,87^\circ)$$

$$E_f = 9976,41 \angle 15,46^\circ \text{ V}$$

$$\delta = 15,46^\circ$$

c) Makina 41kantılı kutuplu rotora sahip i̇se,

$$E_f'' = V_\phi + j I_a X_q = 7621 \angle 0^\circ + j (2186,9 \angle -36,87^\circ) (0,91)$$

$$E_f'' = 8815,14 \angle 10,24^\circ \text{ V}$$

$$\delta = 10,24^\circ$$

$$I_d = I_a \cdot \sin(\theta + \delta) = 2186,9 \sin(36,87^\circ + 10,24^\circ) = 1602,26 \text{ A}$$

$$I_q = I_a \cdot \cos(\theta + \delta) = 2186,9 \cos(36,87^\circ + 10,24^\circ) = 1488,39 \text{ A}$$

Örnek 7.9 (devamı)

P(15)

$$I_d = 1602,26 \angle -79,76^\circ A$$

$$I_q = 1488,39 \angle 10,24^\circ A$$

$$E_f = V_\phi + j I_d X_d + j I_q X_q$$

$$E_f = 7621 \angle 0^\circ + j (1602,26 \angle -79,76^\circ)(1,52) + j (1488,39 \angle 10,24^\circ)(0,91)$$

$$E_f = 3935 \angle 10,24^\circ V$$

$f = 15,46^\circ$ silindirik rotor için

$\delta = 10,24^\circ$ çirkincli-kutuplu rotor için

çirkincli-kutuplu rotor için bulunan δ güç açısının silindirik rotorsu makinenin δ güç açısından daha küçük olduğunu dikkat ediniz. Bundan dolayı, çirkincli-kutuplu rotorsu olan senkron makinenin silindirik rotorsu makineden daha kuşretli olduğunu söyleyebilir