

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI
30.06.2010 Süre: 60 dakika

1) Üç fazlı, Y/Y bağlı, 50Hz'lik 6 kutuplu bir asenkron jeneratörün tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri

$$r_1 = 1\Omega, r'_2 = 2\Omega, x_1 = x'_2 = 10\Omega, g_c = 0,001S, b_m = 0,005S$$

olup statoruna fazlar arası 1000V uygulanarak 1100 devir/dakika hızla döndürülürken sürtünme kaybı 2000W olmaktadır. Yaklaşık eşdeğer devre kullanarak bu çalışma için jeneratörün verimini ve brüt giriş torkunu hesaplayınız. Stator hat akımının büyüklüğünü ve çıkış güç faktörünü hesaplayınız. (35 puan)

2) Üç fazlı, Y/Y bağlı bilezikli bir asenkron motorun stator/rotor tek faz sarım oranı 2/1, tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış sargı dirençleri $r_1 = 5\Omega, r'_2 = 9\Omega$ 'dur. Bu makinanın kalkış torkunu **maksimum** yapmak için rotor sargı uçlarına Y bağlı olarak ilave edilmesi gereken faz başına direncin 1Ω olması gerektiğine göre $x_1 = x'_2 = ?$ değerini bulunuz. Bu durumda (motorun kalkışta hız kazanmasının geciktiği düşünülerek) kalkış akımını bulunuz. (20 puan) Paralel kolu ihmal ederek yaklaşık eşdeğer devre ile hesaplayınız.

Yardımcı formül: $S_{T \max} = \frac{r'_{2top}}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + x'_2)^2}}$

Fazlar arası 400V
stator gerilimi için

3) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 1500 devir/dakikalık, **üçgen** bağlı, 400V'luk, 3,6kVA'lık bir senkron alternatöre açık devre ve kısa devre testleri yapılıyor. Aşağıdaki sonuçlar (hat değerleri) elde ediliyor. Ayrıca statorun bir hat ucu boştayken diğer iki hat ucu arasından ölçülen sargı direnci 10Ω 'dur. Makinanın doymuş ve doymamış senkron empedans ve reaktansları ile kısa devre oranını bulunuz (20 puan).

Açık Devre Testi	
Uyartım akımı (A)	Armatür hat gerilimi (V)
0,5	72
1	144
2,5	312
3	360
3,5	400

Kısa Devre Testi	
Uyartım akımı (A)	Armatür hat akımı (A)
0,5	1,04
1	2,08
2,5	5,20
3	6,24
3,5	7,28

4) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 1500 devir/dakikalık, Y bağlı bir senkron motorun tek faz senkron reaktansı 5Ω 'dur. Bu motor, hat reaktansı her faz için 1Ω olan fazlar arası 400V'luk 50 Hz'lik yıldız bağlı bir kaynağa bağlanıyor. Uyartım akımı, $E_f = 270V$ (tek faza indirgenmiş) değerinde olacak şekilde sabit tutularak maksimum torka kadar yükleniyor. Bu durumdaki brüt torku ve armatür hat akımını bulunuz (25 puan).

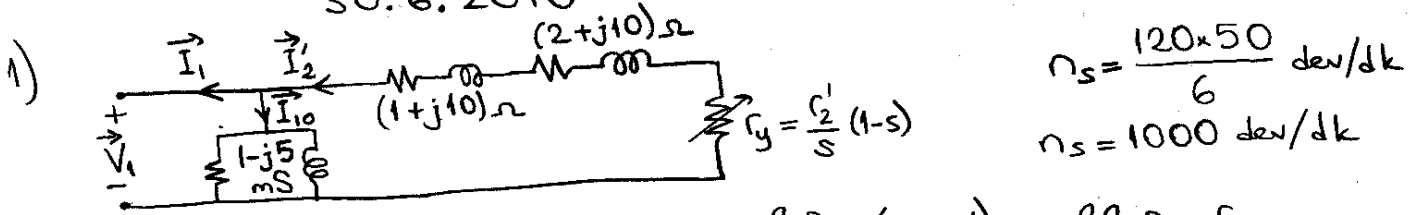
Yardımcı formül: $P = \frac{E_1 E_2}{X} \sin \delta$ (tek faz)

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI

30.6.2010



$$n_s = \frac{120 \times 50}{6} \text{ dev/dk}$$

$$n_s = 1000 \text{ dev/dk}$$

$$s = \frac{1000 - 1100}{1000} = -0,1 \rightarrow r_y = \frac{2\Omega}{-0,1} (1 + 0,1) = -22\Omega = r_y$$

$$V_1 = 1000V/\sqrt{3} = 577V \rightarrow \vec{V}_1 = 577V \angle 0^\circ \rightarrow \text{keyfi}$$

$$\vec{I}'_2 = \frac{-577 \angle 0^\circ}{(1+2-22) + j(10+10)} A = \frac{-577}{27,6 \angle 133,5^\circ} A = \underbrace{20,93A}_{I'_2} \angle 46,5^\circ = \vec{I}'_2 = (14,4 + j15,2) A$$

$$P_{cu} = 3(1+2) \times 20,93^2 W = 3942 W$$

$$P_{Fe} = 3 \times 0,001 \times 577^2 W = 1000 W$$

$$P_m = -3 \times (-22) \times 20,93^2 W = 28909 W$$

$$P_{giris} = 28909 W + 2000 W = 30909 W \rightarrow \text{brüt giriş gücü}$$

$$P_{cikis} = 28909 W - 3942 W - 1000 W = 23967 W$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{23967}{30909} = \boxed{\% 77,5 = \eta}$$

$$\omega_r = 2\pi \times \frac{1100}{60} \text{ rad/s} = 115,2 \text{ rad/s}$$

$$\text{Brüt giriş torku} = T_{giris} = \frac{30909}{115,2} \text{ Nm} = \boxed{268,3 \text{ Nm} = T_{giris}}$$

$$\vec{I}_{10} = (0,001 - j0,005) \times 577 \angle 0^\circ = (0,577 - j2,887) A$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}'_2 - \vec{I}_{10} = (14,4 + j15,2 - 0,577 + j2,887) A = (13,84 + j18,06) A$$

$$\vec{I}_1 = 22,75 A \angle 52,5^\circ \rightarrow \text{ölçülen hat akımı} = \boxed{I_h = 22,75 A}$$

$$\cos \varphi_1 = \cos(0^\circ - 52,5^\circ) = \boxed{\text{güç faktörü} = 0,608 \text{ ileri}}$$

(şekildeki \vec{I}_1 yön tanımına göre akım ileride)

2) Kalkışta $s=1 = s_{Tmax}$ $r_{2ilave} = 1\Omega \rightarrow r'_{2ilave} = \left(\frac{2}{1}\right)^2 \times 1\Omega$

$$r'_{2ilave} = 4\Omega \rightarrow r'_{2top} = 9\Omega + 4\Omega = 13\Omega$$

Yaklaşık eşdeğer devrede $R_1 \approx r_1, X_1 \approx x_1$

$$\frac{13\Omega}{\sqrt{(5\Omega)^2 + (x_1 + x'_2)^2}} = 1 \rightarrow (13\Omega)^2 = (5\Omega)^2 + (x_1 + x'_2)^2$$

$$(x_1 + x'_2) = \sqrt{13^2 - 5^2} \Omega = 12\Omega$$

$$x_1 = x'_2 = \frac{12\Omega}{2} = \boxed{6\Omega = x_1 = x'_2}$$

$$V_h = 400V \rightarrow V_1 = 400V/\sqrt{3} = 231V$$

$$I_h = I_1 \approx I'_2 = \frac{231V}{\sqrt{(5\Omega + \underbrace{13\Omega}_r) + (12\Omega)^2}} = \frac{231V}{21,63\Omega} = \boxed{10,68A = I_1 = I_h}$$

r'_{2top} kalkıştaki s

Hem hat, hem tek faz akımı (Y olduğundan)

$$3) r_1 = \frac{3}{2} 10 \Omega = 15 \Omega$$

$$Z_s (\text{doymamış}) = \frac{72V}{1,04A/\sqrt{3}} = \frac{144V}{2,08A/\sqrt{3}} = 119,9 \Omega \quad \left. \vphantom{\frac{72V}{1,04A/\sqrt{3}}} \right\} \text{senkron empedans}$$

$$Z_s (\text{doymuş}) = \frac{400V}{7,28A/\sqrt{3}} = 95,2 \Omega$$

$$X_s (\text{doymamış}) = \sqrt{119,9^2 - 15^2} \Omega = 119,0 \Omega \quad \left. \vphantom{\sqrt{119,9^2 - 15^2}} \right\} \text{senkron reaktans}$$

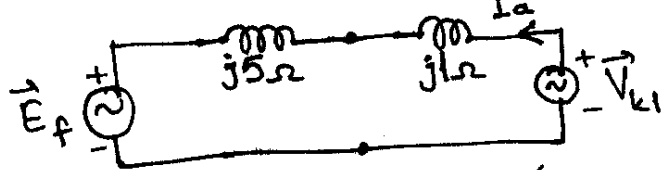
$$X_s (\text{doymuş}) = \sqrt{95,2^2 - 15^2} \Omega = 94,0 \Omega$$

$$\text{Ama armatür hat akımı} = \frac{3,6 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400V} = 5,20 \text{ A} \rightarrow \text{KDK'da } 2,5 \text{ A uyarım için görülür.}$$

ADK'da 400V ise 3,5A uyarımda görülür.

$$\text{Kısa devre oranı} = k_{do} = \frac{3,5}{2,5} = \boxed{1,4 = k_{do}}$$

4) Tek faza indirgenmiş eşdeğer devre



$$E_f = 270V \text{ sabit}$$

$$V_{k1} = \frac{400V}{\sqrt{3}} = 231V : \text{sabit}$$

$$\text{Tek faz maksimum gücü } (\delta = 90^\circ \text{ için}) : P_1 = \frac{231V \cdot 270V}{(5+1)\Omega} = 10,4 \text{ kW}$$

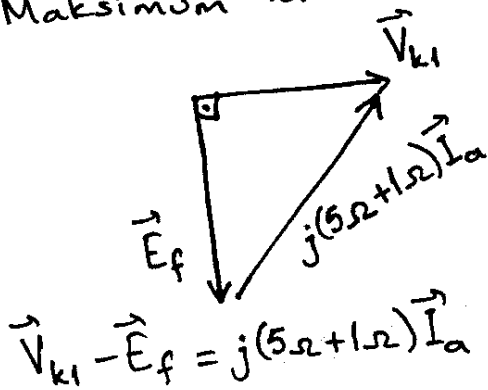
$$\text{Üç faz için ise } P_T = 3 \times 10,4 \text{ kW} = 31,8 \text{ kW}$$

$$n_r = 1500 \text{ dev/dk} \rightarrow \omega_r = 2\pi \cdot 1500/60 \text{ rad/s} = 157,1 \text{ rad/s}$$

Maksimum brüt sıkışma torku (elektromekanik tork):

$$T_m = \frac{31180}{157,1} \text{ Nm} = \boxed{198,5 \text{ Nm} = T_m}$$

Maksimum tork durumunda $\vec{E}_f \perp \vec{V}_{k1}$



$$(5\Omega + 1\Omega)I_a = \sqrt{231^2 + 270^2} V$$

$$6\Omega \cdot I_a = 355,3 V$$

$$\boxed{I_a = 59,2 \text{ A}} \rightarrow \text{Hem tek faz hem hat akımı}$$