

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 FİNAL SINAVI SORULARI

5 Temmuz 2024 Süre: 80 dakika

Ara işlemlerinizi çok hassas yazınız. En soldaki ve en sağdaki sıfırlar hariç varsa en az 4 anlamlı rakam yazınız. Mesela $\pi/100$ için 0,03142 .

1) Üç fazlı, statoru Δ bağlı, 50Hz'lik, 12 kutuplu bir asenkron jeneratörün tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 7,15 \, \Omega, \, r_2' = 14,45 \, \Omega, \, x_1 = x_2' = 33,6 \, \Omega, \, g_c = 525 \, \mu S, \, b_m = 1290 \, \mu S$$

Statoruna fazlar arası 1000V uygulanırken 515 devir/dakika hız ile dönmekte ve sürtünme kaybı 600 W olmaktadır. Yaklaşık eşdeğer devre kullanarak bu çalışma için jeneratörün verimini ve brüt giriş torkunu hesaplayınız. **(25 puan)** (Stator akımı ve güç faktörü sorulMUyor.)

2) Y/Y bağlı bilezikli bir asenkron motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 6,25 \, \Omega, \, r_2' = 5,205 \, \Omega, \, x_1 = x_2' = 4,65 \, \Omega, \, g_c = 390 \, \mu S, \, b_m = 450 \, \mu S$$

Ayrıca stator/rotor tek faz sarım oranı 4/1'dir. Kalkış torkunu maksimum tork yapmak için rotor sargılarına dışarıdan ilave edilmesi gereken faz başına direnci yaklaşık eşdeğer devre ile hesaplayınız. **(15 puan)**

$$s_{Tmax} = \frac{r_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + x_2')^2}}$$

3) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 1500 devir/dakikalık, yıldız bağlı, 800 V'luk, 12500 VA'lık bir senkron alternatöre açık devre ve kısa devre testleri yapılıyor. Aşağıdaki sonuçlar (hat değerleri) elde ediliyor. Makinanın doymuş ve doymamış senkron reaktanslarını p.u. cinsinden ve kısa devre oranını bulunuz **(20 puan)**. (Armatür direnci ihmal ediliyor.) (p.u. yerine Ω cinsinden bulursanız 6 puan eksik olur.)

Açık Devre Testi	
Uyartım akımı (A)	Armatür hat gerilimi (V)
0,8	250
1,6	500
2,4	660
3,2	800
4,0	880

Kısa Devre Testi	
Uyartım akımı (A)	Armatür hat akımı (A)
0,8	2,4
1,6	4,8
2,4	7,2
3,2	9,6
4,0	12,0

4) Her ikisi de özdeş ve silindirik rotorlu, yıldız bağlı, faz başına senkron reaktansları $X_s = 0,85$ p.u. olan bir senkron jeneratör ve senkron motor, armatürlerinden birbirine bağlı olup, biri jeneratör modunda motor olanı beslemektedir. Sargı dirençleri ihmal edilmektedir. Rotor akısından dolayı endüklenen gerilim büyüklüğü jeneratör için $E_{fg} = 1,18$ p.u. ve motor için $E_{fm} = 0,93$ p.u. olacak şekilde uyartım akımları ayarlanmıştır. Uyartım akımları bu değerlerinde sabit tutulurken motora aktarılabilecek maksimum gücü, ve maksimum güç çalışmasındaki armatür akımını p.u. cinsinden bulunuz. **(23 puan)**

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

5) Senkron reaktansları $X_{sd} = 0,95$ p.u. ve $X_{sq} = 0,65$ p.u. olan çıkık kutuplu rotorlu senkron bir jeneratör, anma geriliminde ve anma gücünün yarısında 0,7 geri güç faktörü ile çalışıyor. P.u. cinsinden E_f nedir? $\vec{V}_t$ vektörünün açısını 0° kabul edersek vektörel ve p.u. olarak $\vec{E}_f$ nedir? Armatür sargı direncini ihmal ediniz. **(17 puan)**

$$\vec{E}_f' = \vec{V}_t + r_1 \vec{I}_a + j X_{sq} \vec{I}_a \quad E_f = E_f' + (X_{sd} - X_{sq}) I_d$$

BAŞARILAR...

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 FİNAL ANAHTARI
5 Temmuz 2024

$$1) n_s = \frac{120 \times 50}{12} = 500 \text{ rpm}$$

$$s = -0,03$$

$$r_y = -496,12 \, \Omega$$

$$\vec{V}_1 = 1000 \text{ V} \angle 0^\circ$$

$$\vec{I}_2' = 2,087 \text{ A} \angle 8,06^\circ$$
$$= (2,066 + j0,293) \text{ A}$$

$$P_{Cu} = 282 \text{ W}$$

$$P_{Fe} = 1575 \text{ W}$$

$$P_m = 6480 \text{ W}$$

$$P_g = 7080 \text{ W}$$

$$P_a = 4623 \text{ W}$$

$$\eta = \%65,3$$

$$\omega_r = 53,93 \text{ rad/s}$$

$$T_g = 131,3 \text{ Nm}$$

Dikkat: Birinci soruda öğrenciden beklenen çözüm adımları, benzerleri daha önce çok paylaşıldığı için burada gösterilmeyip sadece sonuçlar verilmiştir.

$$2) S_{Tmax} \approx \frac{r_{2Top}}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}} = 1$$

$$r_{2Top}' = 11,205 \, \Omega$$

$$r_{2ilave}' = 6,00 \, \Omega$$

$$r_{2ilave} = \frac{6,00 \, \Omega}{42} = 0,375 \, \Omega$$

3) Önce Ω , sonra p.u.:

$$X_s^{\text{doymus}} = \frac{800V/\sqrt{3}}{9,6A} = 48,1\Omega$$

$$X_s^{\text{doymamis}} = \frac{250V/\sqrt{3}}{2,4A} = 60,1\Omega$$

$$I_a^{\text{anna}} = \frac{12500VA}{\sqrt{3} \times 800V} = 9,02A$$

$$Z_{\text{taban}} = \frac{800V/\sqrt{3}}{9,02A} = 51,2\Omega$$

$$X_{s(p.u)}^{\text{doymus}} = \frac{48,1}{51,2} = 0,9397 \text{ p.u.}$$

$$X_{s(p.u)}^{\text{doymamis}} = \frac{60,1}{51,2} = 1,1746 \text{ p.u.}$$

Doğrudan p.u.

$$S_{\text{taban}} = 12500VA$$

$$I_{\text{ataban}} = \frac{12500VA}{\sqrt{3} \times 800V} = 9,02A$$

$$X_{s(p.u)}^{\text{doymus}} = \frac{1,0 \text{ p.u.}}{9,6/9,02} = 0,9397 \text{ p.u.}$$

$$X_{s(p.u)}^{\text{doymamis}} = \frac{250/800}{2,4/9,02} = 1,1746 \text{ p.u.}$$

$$\text{KDK'da } I_a^{\text{anna}} \text{ için } I_a = \frac{4}{12} \times 9,02A = 3,01A$$

$$k.d.o. = \frac{3,2}{3,01} = 1,064$$

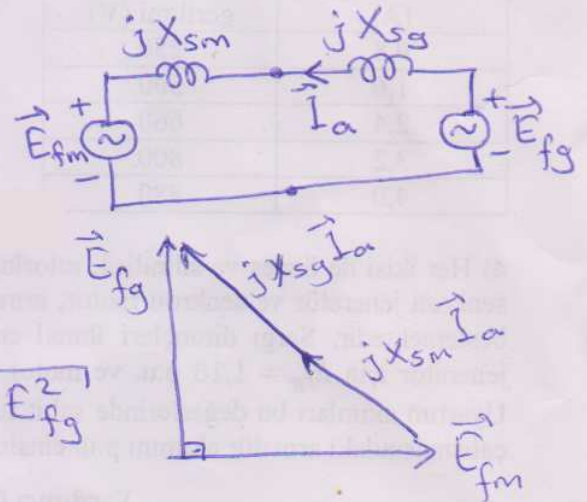
4) 3 faz için toplam

$$P_{\text{max}} = \frac{1,18 \times 0,93}{(0,85 + 0,85)} = 0,6455 \text{ p.u.}$$

$$\vec{E}_{fm} + j(X_{sm} + X_{sg})\vec{I}_a = \vec{E}_{fg}$$

$$\text{Hipotenüs} = (X_{sm} + X_{sg})I_a = \sqrt{E_{fm}^2 + E_{fg}^2}$$

$$I_a = \frac{\sqrt{0,93^2 + 1,18^2}}{0,85 + 0,85} = 0,8838 \text{ pu}$$



$$5) \vec{V}_t = 1,0 \text{ p.u. } \angle 0^\circ \quad \vec{I}_a = \frac{S}{V_t} \angle -\cos^{-1} 0,7 = 0,5 \text{ pu } \angle 45,57^\circ$$

$$= 0,35 - j0,3571 \text{ pu}$$

$$\vec{E}'_f = 1,0 + j0 + j0,65 \times (0,350 - j0,3571)$$

$$= 1,2321 + j0,2275 = 1,253 \text{ p.u. } \angle 10,46^\circ$$

$$I_d = 0,5 \text{ pu} \cdot \sin(45,57^\circ + 10,46^\circ) = 0,415 \text{ pu}$$

$$E_f = 1,253 + (0,95 - 0,65) \times 0,415$$

$$E_f = 1,377 \text{ pu}$$

$$\vec{E}_f = 1,377 \text{ pu } \angle 10,46^\circ$$