

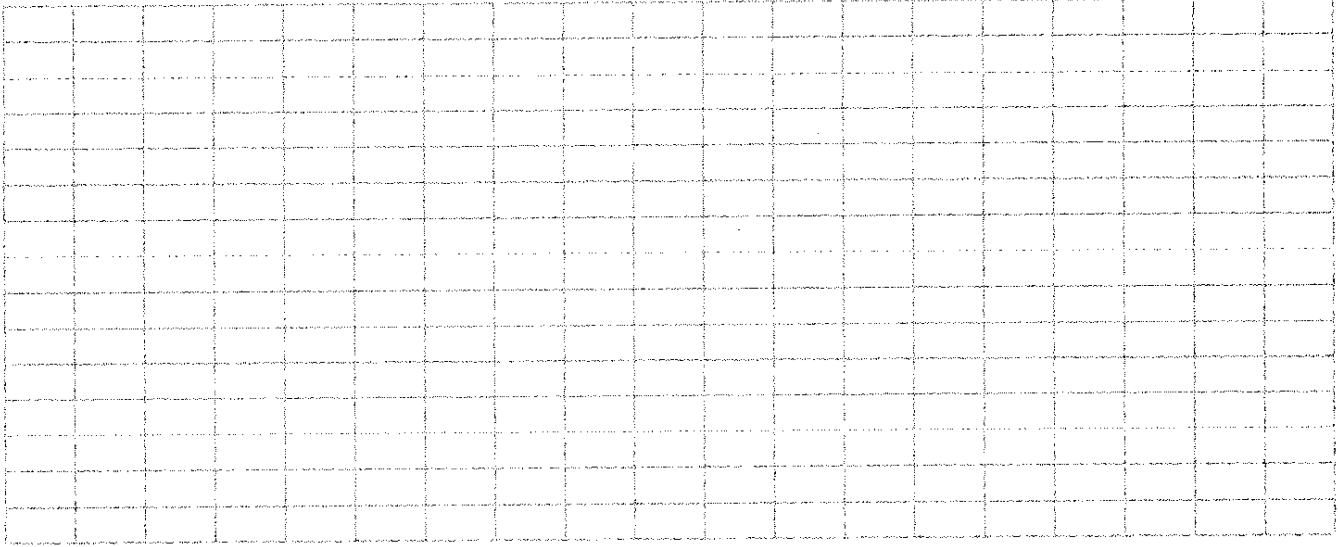
ELEKTRİK MAKİNALARI-2 ARASINAV SORULARI

Öğrenci No:

Adı Soyadı :

Normal Öğretim, 29.04.2005, Süre:90 dakika

1) Üç fazlı 18 oluklu bir AC makina statorunda 18 oluk olup, sargılar oluklara iki katlı olarak şekildeki gibi yerleştirilmişlerdir. Her sargıda 8 döngü vardır. Makina silindirik rotorlu olup hava aralığı düzgün ve manyetik çekirdek için $\mu_r \approx \infty$ Kabul edilmektedir.



A ₁	A ₂	A ₃	-C ₁	-C ₂	-C ₃	B ₁	B ₂	B ₃	-A ₄	-A ₅	-A ₆	C ₄	C ₅	C ₆	-B ₄	-B ₅	-B ₆
A ₅	A ₆	-C ₄	-C ₅	-C ₆	B ₄	B ₅	B ₆	-A ₁	-A ₂	-A ₃	C ₁	C ₂	C ₃	-B ₁	-B ₂	-B ₃	A ₄
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

- a) Stator sargılarına $i_A = I \cos \omega t$, $i_B = I \cos(\omega t - 120^\circ)$, $i_C = I \cos(\omega t + 120^\circ)$ akımları uygulanırsa, $\omega t = 60^\circ$ olduğu anda, bu akımların hava aralığında ürettiği bileşke manyetomotor kuvvet dağılımını çizin. (15 puan)
- b) 1., 3. ve 5. harmonikler için uzanım katsayılarını hesaplayınız. (4 puan)
- c) Her bir iletken 1., 3. ve 5. harmonikler için etkin değerleri sırasıyla $E_{1rms}/ilt = 4V$, $E_{3rms}/ilt = 2V$ ve $E_{5rms}/ilt = 1V$ olan gerilimler endükleniyor. Buna göre bir sargıda endüklenen gerilimin 1., 3. ve 5. harmonikler için etkin değerlerini bulunuz. (9 puan) Sonraki şıkları da bu gerilimlere göre çözünüz.
- d) 1., 3. ve 5. harmonikler için dağılım katsayılarını hesaplayınız. (4 puan)
- e) Faz başına sargı adedini bulunuz. (2 puan)
- f) Bir fazda endüklenen gerilimin 1., 3. ve 5. harmonikler için etkin değerlerini bulunuz. (8 puan)
- g) Bir faz geriliminin bileşke (tüm harmonikler birarada) etkin değerini bulunuz. (4 puan)
- h) Stator sargıları yıldız bağlı ise fazlararası geriliminin bileşke (tüm harmonikler birarada) etkin değerini bulunuz. (4 puan)

Formüller: n. harmonik için: Uzanım katsayısı $= \left| \sin \frac{n\rho}{2} \right|$, Dağılım katsayısı $= \left| \left(\sin \frac{qn\gamma}{2} \right) / \left(q \sin \frac{n\gamma}{2} \right) \right|$

2) Bir asenkron motorun etiketinde "Frekans: 60Hz", "hız: 800 devir/dakika" yazmaktadır. Bu motor, anma değerlerinde çalıştırılırsa kayma ne olur? ($0 < \text{kayma} < \%30$ gibi makul şartlarda) (15 puan)

3) Üç fazlı 50Hz'lik 6 kutuplu bir asenkron motorun statoru yıldız bağlı olup fazlararası 380V gerilim uygulandığında 980 devir/dakika hızında dönmektedir. Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri aşağıdaki gibidir. Bu çalışma için motorun verimini ve torkunu hesaplayınız. Sürtünmeyi ihmal ediniz. Yaklaşık eşdeğer devre kullanmanız tavsiye edilir. (35 puan)

$$g_c = 2mS, b_m = 6mS, r_1 = 0,4\Omega, x_1 = 0,2\Omega, r_2' = 0,5\Omega, x_2' = 0,2\Omega$$

BAŞARILAR...

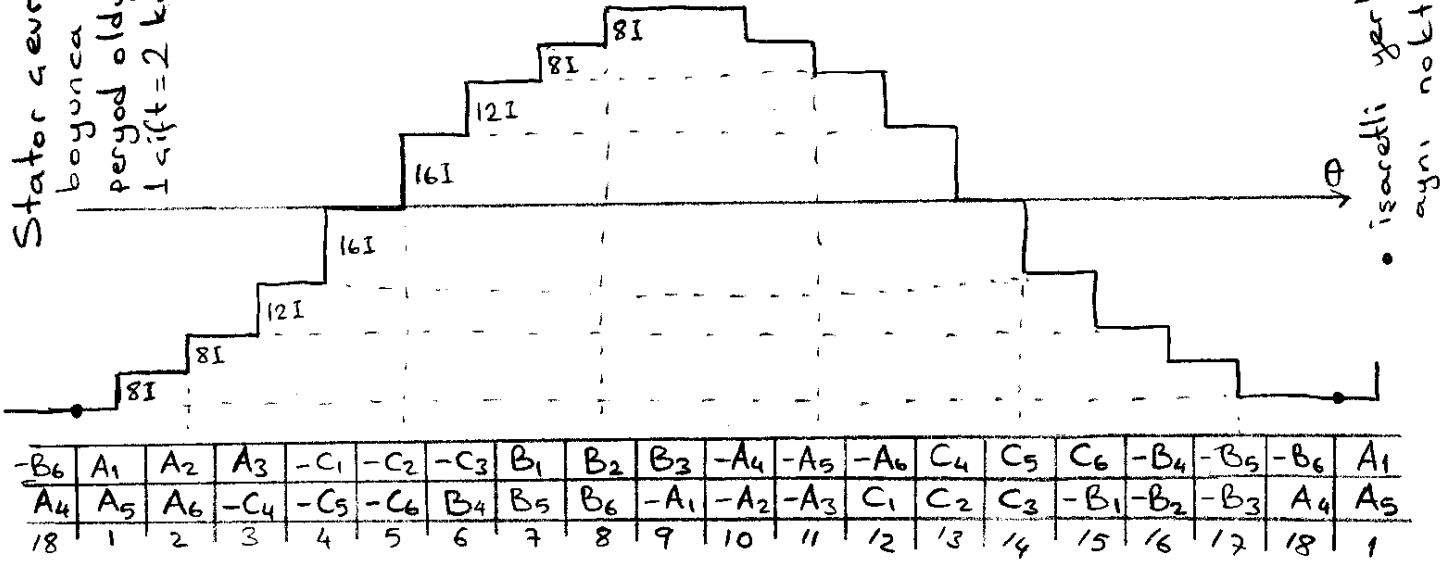
Yrd. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 ARASINAV CEVAP ANAHTARI:
Normal Öğretim, 29.04.2005

1) a) $\omega t = 60^\circ \Rightarrow i_A = \frac{I}{2}, i_B = \frac{I}{2}, i_C = -I; N = 8$

A için 4I, B için 4I, C için -8I değişim olacak.

Stator çevresi
boyunca bir tam
periyot olduğundan
1 çift = 2 kutuplu



b) Uzanım katsayısı = $k_{un} = \left| \sin \frac{n\phi}{2} \right|$

Kutup uzanımı = $\frac{18 \text{ oluk}}{2 \text{ kutup}} = 9 \text{ oluk} \equiv 180^\circ \text{ elk.} \rightarrow \gamma = \frac{180^\circ}{9} = 20^\circ \text{ elk.}$

$A_1 : 1. \text{ olukta}$
 $-A_1 : 9. \text{ olukta}$ } $\text{sargı uzanımı} = 9 - 1 = 8 \text{ oluk} \equiv 8\gamma$
 $\phi = 8 \times 20^\circ = 160^\circ \text{ elk.}$

$k_{u1} = \sin 80^\circ = 0,9848$

$k_{u3} = \left| \sin 240^\circ \right| = 0,8660$

$k_{u5} = \sin 400^\circ = \sin 40^\circ = 0,6428$

c) $E_{rms}/\text{sargı} = 2N (E_{rms}/\text{ilt}) \times k_{un}$

↳ 1 sargı = 2 iletken olduğundan

$E_{1rms}/\text{sargı} = 2 \times 8 \times 4V \times 0,9848 = 63,03V$

$E_{3rms}/\text{sargı} = 2 \times 8 \times 2V \times 0,8660 = 27,71V$

$E_{5rms}/\text{sargı} = 2 \times 8 \times 1V \times 0,6428 = 10,28V$

$$d) k_{dn} = \left| \frac{\sin\left(\frac{qn\gamma}{2}\right)}{q \sin\left(\frac{n\gamma}{2}\right)} \right|$$

$$q = \frac{18 \text{ oluk}}{3 \text{ faz} \times 2 \text{ kutup}} = 3$$

$$\gamma = 20^\circ$$

$$k_{d1} = \frac{\sin 30^\circ}{3 \sin 10^\circ} = 0,9598$$

$$k_{d3} = \frac{\sin 90^\circ}{3 \sin 30^\circ} = 0,6667$$

$$k_{d5} = \frac{\sin 150^\circ}{3 \sin 50^\circ} = 0,2176$$

e) Faz başına sargı sayısı = $N_{faz} = \frac{18 \text{ oluk}}{3 \text{ faz}} \times 2 \text{ kat} \times \frac{1}{2 \text{ kenar}} = 6$
Zaten A_1, A_2, \dots, A_6 olmasından belli.

$$f) E_{rms}/faz = N_{faz} \times (E_{rms}/sargı) \times k_{dn}$$

$$E_{1rms}/faz = 6 \times 63,03V \times 0,9598 = 363,0V$$

$$E_{3rms}/faz = 6 \times 27,71V \times 0,6667 = 110,8V$$

$$E_{5rms}/faz = 6 \times 10,28V \times 0,2176 = 13,4V$$

$$g) E_{rms}/faz = \sqrt{\sum_n (E_{rms}/faz)^2}$$

$$= \sqrt{363,0^2 + 110,8^2 + 13,4^2}$$

$$E_{rms}/faz = 379,8V$$

h) Dengeli yıldız bağlantıda fazlararası gerilim, faz geriliminin $\sqrt{3}$ katı olur, 3'ün tam katı numaralı harmonikler hariç.

$$E_{rms} \text{ (fazlararası)} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{363,0^2 + 13,4^2} = 629V$$

$$2) n_s = \frac{120 \times f}{P} = \frac{7200}{P} \text{ devir/dakika}$$

n_r , n_s 'e yakın olduğundan $P \approx \frac{7200}{800}$ civarında çift bir tamsayıdır ve $n_r = 800 \text{ devir/dakika} < n_s$ olmalıdır.

$P \approx 9$ fakat yukarıdaki şartlara göre

$$P=10 \text{ olsa } n_s = \frac{7200}{10} \text{ devir/dakika} = 720 \text{ devir/dakika} < n_r \text{ OLAMAZ.}$$

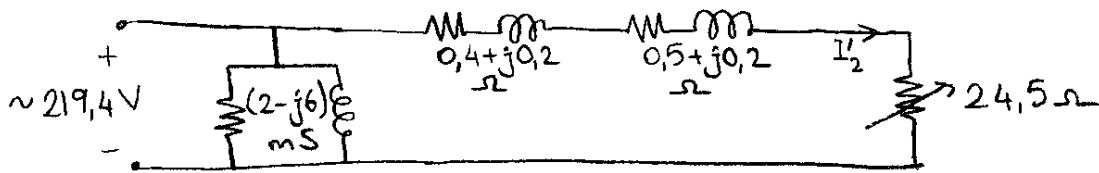
$$P=8 \text{ olsa } n_s = \frac{7200}{8} \text{ devir/dakika} = 900 \text{ devir/dakika} > n_r \text{ OLUR}$$

($P=6$ olsaydı $n_s = \frac{7200}{6} \text{ devir/dakika} = 1200 \text{ devir/dakika}$ durumunda kayma $\frac{1200-800}{1200} > \%30$ olurdu. Bu nedenle 6 da olamaz).

$$\boxed{P=8} \rightarrow \boxed{n_s = 900 \text{ devir/dakika}} \rightarrow s = \frac{900-800}{900}$$

$$\boxed{s = \%11,1 = 0,111}$$

3) Statora yansıtılmış, tek faza indirgenmiş yaklaşık esdeğer devre:



$$n_s = \frac{120 \times 50}{6} \text{ devir/dakika} = 1000 \text{ devir/dakika} \quad n_r = 980 \text{ devir/dakika}$$

$$s = \frac{1000-980}{1000} = 0,02 \quad \rightarrow \quad \frac{I_2'}{s} (1-s) = \frac{0,5}{0,02} (1-0,02) = 24,5 \Omega$$

$$V_1 = 380V/\sqrt{3} = 219,4V$$

$$P_{Fe} = 3 \times 2mS \times (219,4V)^2 = 289W$$

$$|I_2'| = \frac{219,4}{\sqrt{(0,4+0,5+24,5)^2 + (0,2+0,2)^2}} = 8,64A$$

$$P_{cu} = 3 \times (0,4\Omega + 0,5\Omega) \times (8,64A)^2 = 201W$$

$$P_m = 3 \times (24,5\Omega) \times (8,64A)^2 = 5483W$$

$$P_{giris} = P_{Fe} + P_{cu} + P_m = 5973W$$

$$P_{cikis} = P_m \text{ (sürtünme ihmal)}$$

$$\text{Verim} = \frac{P_{cikis}}{P_{giris}} = \frac{5483}{5973} = \%92$$

$$\omega_r = 2\pi \frac{n_r}{60} = 2\pi \frac{980}{60} \text{ rad/s} = 102,6 \text{ rad/s}$$

$$Tork = T_m = \frac{P_m}{\omega_r} = \frac{5483}{102,6} \text{ Nm}$$

$$T_m = 53,4 \text{ Nm}$$

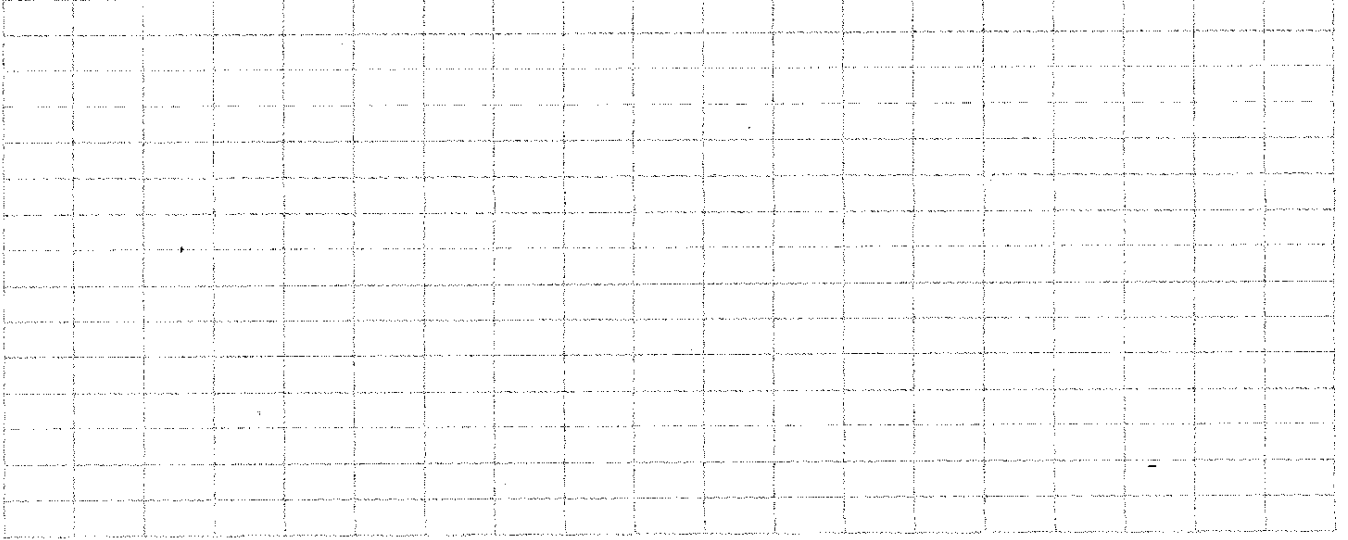
Öğrenci No:

Adı Soyadı :

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV SORULARI

İkinci Öğretim, 29.04.2005, Süre:90 dakika

1) Üç fazlı 18 oluklu bir AC makina statorunda 18 oluk olup, sargılar oluklara şekildeki gibi yerleştirilmişlerdir. Her sargıda 10 döngü vardır. Makina silindirik rotorlu olup hava aralığı düzgün ve manyetik çekirdek için $\mu_r \approx \infty$ Kabul edilmektedir.



A ₁	A ₂	A ₃	-C ₁	-C ₂	-C ₃	B ₁	B ₂	B ₃	-A ₁	-A ₂	-A ₃	C ₁	C ₂	C ₃	-B ₁	-B ₂	-B ₃
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

- a) Stator sargılarına $i_A = I \cos \omega t$, $i_B = I \cos(\omega t - 120^\circ)$, $i_C = I \cos(\omega t + 120^\circ)$ akımları uygulanırsa, $\omega t = 180^\circ$ olduğu anda, bu akımların hava aralığında ürettiği bileşke manyetomotor kuvvet dağılımını çiziniz. (10 puan)
- b) Stator sargılarına 50Hz'lik bir akı değişimi uygulanıyor. Bu akının 1., 3. ve 5. harmoniklerinin genlikleri sırasıyla $\hat{\Phi}_1 = 0,040 \text{ Wb}$, $\hat{\Phi}_3 = 0,012 \text{ Wb}$, $\hat{\Phi}_5 = 0,008 \text{ Wb}$ olduğuna göre, bir iletkende endüklenen gerilimin 1., 3. ve 5. harmonikler için etkin değerlerini bulunuz. (12 puan) Sonraki şıkları da bu gerilimlere göre çözünüz.
- c) Bir sargıda endüklenen gerilimin 1., 3. ve 5. harmonikler için etkin değerlerini bulunuz. (6 puan)
- d) 1., 3. ve 5. harmonikler için dağılım katsayılarını hesaplayınız. (4 puan)
- e) Faz başına sargı adedini bulunuz. (2 puan)
- f) Bir fazda endüklenen gerilimin 1., 3. ve 5. harmonikler için etkin değerlerini bulunuz. (8 puan)
- g) Bir faz geriliminin bileşke (tüm harmonikler birarada) etkin değerini bulunuz. (4 puan)
- h) Stator sargıları yıldız bağlı ise fazlararası geriliminin bileşke (tüm harmonikler birarada) etkin değerini bulunuz. (4 puan)

Formüller: n. harmonik için: Uzanım katsayısı $= \left| \sin \frac{n\rho}{2} \right|$, Dağılım katsayısı $= \left| \frac{\sin \frac{qn\gamma}{2}}{\left(q \sin \frac{n\gamma}{2} \right)} \right|$

2) 50Hz'de $s = 0,03$ kayma değeriyle 582 devir/dakika hızında dönen bir asenkron motorun senkron hızı nedir? Kaç kutupludur? Bu motor 60Hz'de çalıştırılırsa senkron hızı ne olur? (3×5=15 puan)

3) Üç fazlı 50Hz'lik 4 kutuplu bir asenkron motorun statoru üçgen bağlı olup fazlararası 1000V gerilim uygulandığında 1460 devir/dakika hızında dönmektedir. Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri aşağıdaki gibidir. Bu çalışma için motorun verimini ve torkunu hesaplayınız. Sürtünmeyi ihmal ediniz. Yaklaşık eşdeğer devre kullanmanız tavsiye edilir. (35 puan)

$$g_c = 3 \times 10^{-4} S, b_m = 5 \times 10^{-4} S, r_1 = 5 \Omega, x_1 = 3 \Omega, r_2' = 4 \Omega, x_2' = 3 \Omega$$

BAŞARILAR...

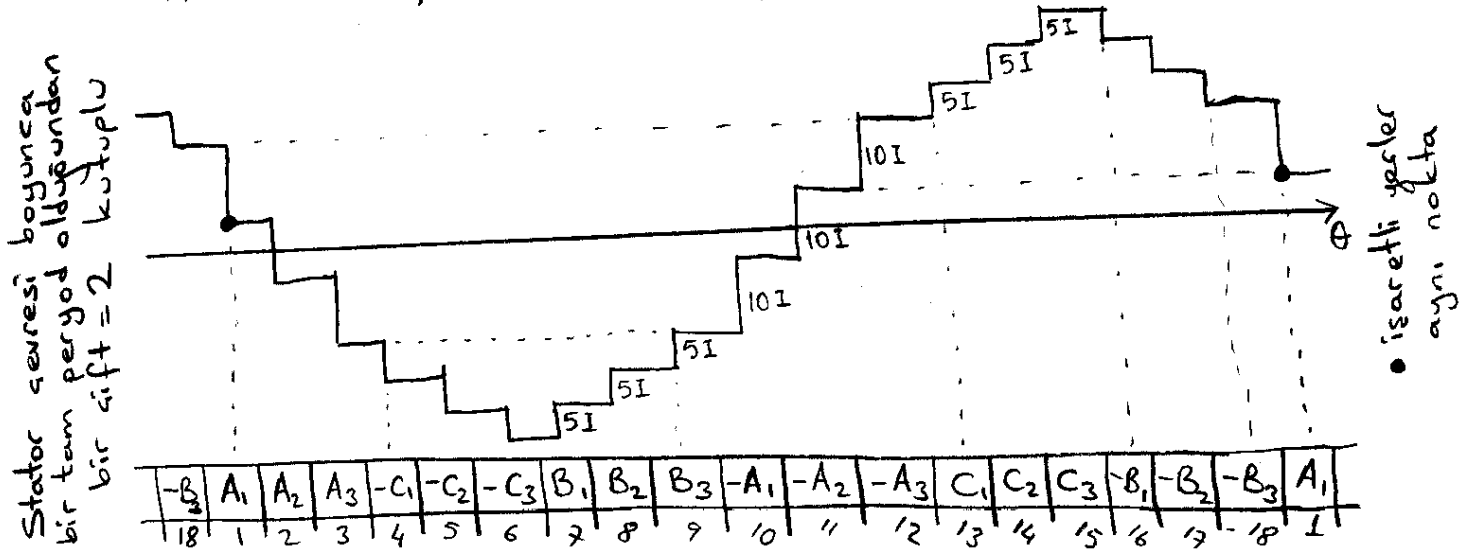
Yrd. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 ARASINAV CEVAP ANAHTARI:

İkinci Öğretim, 29.04.2005

1) a) $\omega t = 180^\circ \Rightarrow i_A = -I$, $i_B = \frac{I}{2}$, $i_C = \frac{I}{2}$; $N = 10$

A için $-10I$, B için $5I$, C için $5I$ değişim olacak.



b) $E_{rms}/ilt = 2,22 f_n \Phi_n$ $f_n = n \cdot 50 \text{ Hz}$
 $f_1 = 50 \text{ Hz}$, $f_3 = 150 \text{ Hz}$, $f_5 = 250 \text{ Hz}$

$E_{1rms}/ilt = 2,22 \times 50 \times 0,040 \text{ V} = 4,44 \text{ V}$

$E_{3rms}/ilt = 2,22 \times 150 \times 0,012 \text{ V} = 4,00 \text{ V}$

$E_{5rms}/ilt = 2,22 \times 250 \times 0,008 \text{ V} = 4,44 \text{ V}$

c) A_1 : 1. olukta } Sargı uzunluğu = $10 - 1 = 9$ oluk.
 $-A_1$: 10. olukta } Kutup uzunluğu = $\frac{18 \text{ oluk}}{2 \text{ kutup}} = 9 \text{ oluk}$ Tam uzunluk

Sargı uzunluğu katsayıları 1 olur. Yazmaya gerek yok.

$E_{rms}/sargı = 2 \cdot N \cdot (E_{rms}/ilt) = 20 \cdot (E_{rms}/ilt)$

$E_{1rms}/sargı = 88,8 \text{ V}$

$E_{3rms}/sargı = 80,0 \text{ V}$

$E_{5rms}/sargı = 88,8 \text{ V}$

d) $k_{dn} = \left| \frac{\sin \frac{q n \gamma}{2}}{q \sin \frac{n \gamma}{2}} \right|$

$q = \frac{18 \text{ oluk}}{2 \text{ kutup} \times 3 \text{ faz}} = 3$

$\gamma = \frac{180^\circ \text{ elk}}{9 \text{ oluk}} = 20^\circ$ kutup uzunluğu

$k_{d1} = \frac{\sin 30^\circ}{3 \sin 10^\circ} = 0,9598$

$k_{d5} = \frac{\sin 150^\circ}{3 \sin 50^\circ} = 0,2176$

$k_{d3} = \frac{\sin 90^\circ}{3 \sin 30^\circ} = 0,6667$

e) $\frac{18 \text{ oluk}}{3 \text{ faz}} \times \frac{1}{2} = N_{\text{faz}} = 3 \text{ sargı/faz} \rightarrow \text{zaten } A_1, A_2, A_3 \text{ olmasından belli}$

f) $E_{\text{rms/faz}} = N_{\text{faz}} \times (E_{\text{rms/sargı}}) \times k_{\text{dn}}$

$$E_{1\text{rms/faz}} = 3 \times 88,8 \text{ V} \times 0,9598 = 255,7 \text{ V}$$

$$E_{3\text{rms/faz}} = 3 \times 80,0 \text{ V} \times 0,6667 = 160,0 \text{ V}$$

$$E_{5\text{rms/faz}} = 3 \times 88,8 \text{ V} \times 0,2176 = 58,0 \text{ V}$$

g) $E_{\text{rms/faz}} = \sqrt{\sum_n (E_{\text{rms/faz}})^2} = \sqrt{255,7^2 + 160^2 + 58^2} \text{ V}$
 $= 312 \text{ V}$

h) Dengeli Yıldız bağlantıda fazlararası gerilim faz geriliminin $\sqrt{3}$ katı olur ama 3'ün tam katı numaralı harmonikler hariç.

$$E_{\text{rms (fazlararası)}} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{255,7^2 + 58^2} = 454 \text{ V}$$

2) $n_r = (1-s)n_s = 582 \text{ devir/dakika} = (1-0,03)n_s$

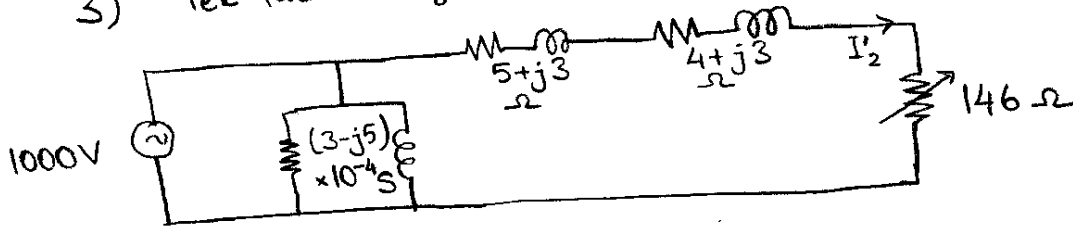
$$n_s = \frac{582}{0,97} \text{ devir/dakika} = 600 \text{ devir/dakika} = \text{Senkron hız}$$

$$n_s = \frac{120f}{p} = 600 \text{ devir/dakika} = \frac{120 \times 50}{p} \text{ devir/dakika}$$

$$p = \frac{6000}{600} \rightarrow p = 10 \text{ kutupludur.}$$

60 Hz 'deki senkron hız : $n'_s = \frac{120 \times 60}{10} \text{ devir/dakika} = 720 \text{ devir/dakika}$

3) Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre:



Δ bağlı olduğundan $V_1 = V_h = 1000 \text{ V}$

$$n_s = \frac{120 \times 50}{4} \text{ devir/dakika} = 1500 \text{ devir/dakika}$$

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{1500 - 1460}{1500} = 0,0267 \rightarrow \frac{r'_2}{s}(1-s) = \frac{4 \times 0,9733}{0,0267} \Omega = 146 \Omega$$

$$P_{Fe} \approx 3g_c |V_1|^2 = 3 \times 3 \times 10^{-4} \times 1000^2 \text{ W} = 900 \text{ W}$$

$$|I_2'| = \frac{1000}{\sqrt{(5+4+146)^2 + (3+3)^2}} \text{ A} = 6,45 \text{ A}$$

$$P_{Cu} \approx 3 \times (r_1 + r_2') |I_2'|^2 = 3 \times (5+4) \times 6,45^2 \text{ W} = 1122 \text{ W}$$

$$P_m = 3 \times \frac{r_2'}{s} (1-s) \cdot |I_2'|^2 = 3 \times 146 \times 6,45^2 \text{ W} = 18204 \text{ W}$$

$$\text{Verim} = \frac{P_{alkiz}}{P_{giriz}}$$

$$P_{giriz} = P_m + P_{Cu} + P_{Fe} = 20226 \text{ W}$$

$$P_{alkiz} = P_m = 18204 \text{ W} \quad (\text{sürtünme ihmal})$$

$$\text{Verim} = \frac{18204}{20226} = \%90$$

$$\omega_r = 2\pi \frac{n_r}{60} = 2\pi \times \frac{1460}{60} \text{ rad/s} = 152,89 \text{ rad/s}$$

$$\text{Torque} = \frac{P_m}{\omega_r} = \frac{18204}{152,89} \text{ Nm} = 119 \text{ Nm}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 FİNAL SINAVI SORULARI
Normal Öğretim, 13.06.2005, Süre: 90 dakika

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

$$r_1 = 1 \Omega ; r_2' = 2,1 \Omega ; x_1 = 4 \Omega ; x_2' = 3,2 \Omega ; g_c = 2,7 \text{ mS} ; b_m = 9,7 \text{ mS}$$

Bu motorun statoruna fazlararası 745V uygulanıyor ve rotor 935 ~~devir~~ devir/dakika hızla dönüyor. Bu durumda toplam sürtünme kayıpları 1000 W oluyor. Bu çalışma için motorun net çıkış torkunu ve verimini bulunuz. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız.

- 2) Birinci soruda parametreleri verilen motor, stator/rotor sarım oranı 2/1 olan bilezikli bir asenkron motor ise rotor sargılarına seri olarak dışarıdan bağlanacak yıldız bağlı direnç (R_2 ilave) ne olmalıdır ki motorun kalkış torku maksimum tork olsun? Yaklaşık eşdeğer devreye göre hesaplayınız.

Yardımcı formül:
$$S_{Tmax} = \frac{r_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

- 3) Üç fazlı, 50 Hz'lik, Y bağlı, 1280 V ve 53,2 kVA'lık bir senkron alternatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Test sonuçları uyartım akımına karşılık fazlararası gerilim ve hat akımı olarak şöyledir:

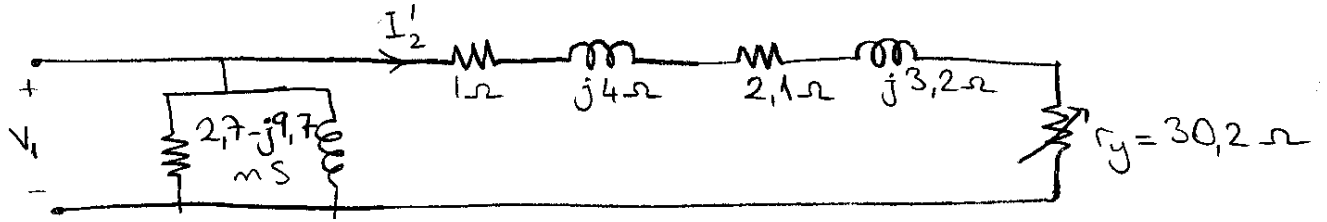
Uyartım akımı (A)	2	4	6	8
Açık devre gerilimi (V)	400	800	1070	1280
Kısa devre akımı (A)	8	16	24	32

Stator sargı direncini ihmal ederek alternatörün tek faza indirgenmiş senkron reaktansının doymuş ve doymamış değerlerini, ve kısa devre oranını hesaplayınız.

- 4) Üç fazlı, statoru Y bağlı bir asenkron makinaya ^{yüksüz çalışma} ~~açık devre testi~~ uygulanıyor ve hat değerleri $V_0 = 380 \text{ V}$, $I_0 = 2 \text{ A}$, $P_0 = 390 \text{ W}$ olarak ölçülüyor. ~~Kısa devre testi~~ ^{Kilitli rotor} testi yapıldığında ise hat değerleri $V_k = 38 \text{ V}$, $I_k = 9 \text{ A}$, $P_k = 360 \text{ W}$ olarak ölçülüyor. Stator sargılarının üçüncü ucu boştayken diğer iki ucu arasından $1,2 \Omega$ direnç okunduyuna göre, makinanın statora yansıtılmış ve tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz.

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 FİNAL SINAVI CEVAP ANAHTARI
Normal Öğretim, 13.06.2005

1)



$$|V_1| = \frac{745V}{\sqrt{3}} = 430,1V$$

$$n_s = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{ dev/dak}$$

$$s = \frac{1000 - 935}{1000} = 0,065 \rightarrow \text{Motor modu}$$

$$r_y = \frac{2,1\Omega}{0,065} (1 - 0,065) = 30,2\Omega$$

$$|I_2'| = \frac{430,1}{\sqrt{(1+2,1+30,2)^2 + (4+3,2)^2}} A = 12,6 A$$

$$P_{Fe} = 3 \times 2,7 \times 10^{-3} \times 430,1^2 W = 1498 W \rightarrow \text{Demir kaybı}$$

$$P_{cu} = 3 \times (1 + 2,1) \times 12,6^2 W = 1476 W \rightarrow \text{Bakır kaybı}$$

$$P_m = 3 \times r_y \times |I_2'|^2 = 3 \times 30,2 \times 12,6^2 W = 14384 W \rightarrow \text{Brüt mekanik güç}$$

$$P_{aıkış} = P_m - P_{sürtünme} = 14384 W - 1000 W = 13384 W \rightarrow \text{Net mekanik çıkış gücü}$$

$$P_{giris} = P_m + P_{Fe} + P_{cu} = 14384 W + 1498 W + 1476 W = 17358 W$$

(Dikkat! P_m zaten $P_{aıkış} + P_{sürtünme}$)

(elektriksel)

$$\text{Verim} = \frac{P_{aıkış}}{P_{giris}} = \frac{13384}{17358} = \boxed{\%77 = \text{Verim}}$$

$$\omega_r = 2\pi \frac{935}{60} \text{ rad/s} = 97,9 \text{ rad/s}$$

$$\text{Torque} = \frac{P_{aıkış}}{\omega_r} = \frac{13384}{97,9} \text{ Nm} = \boxed{137 \text{ Nm} = \text{Net çıkış torku}}$$

2) Kalkışta kayma = 1 = $s_{Tmax} = \frac{r_2'}{\sqrt{1^2 + (4 + 3,2)^2}} = 1$
($R_1 \approx r_1 = 1\Omega$, $X_1 \approx x_1 = 4\Omega$)

$$r_2' = 7,3\Omega = r_2' + r_2'_{ilave} \rightarrow r_2'_{ilave} = 7,3\Omega - 2,1\Omega = 5,2\Omega$$

$$r_2'_{ilave} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 r_2'_{ilave} = 2^2 \cdot r_2'_{ilave} \rightarrow r_2'_{ilave} = \frac{5,2\Omega}{4} = \boxed{1,3\Omega = r_2'_{ilave}}$$

3) Doğrusal bölge 4A'lık uyartım akımına kadar.

Örneğin 2A'lık uyartımdan

$$X_{s(\text{doymamış})} = \frac{400V/\sqrt{3}}{8A} \rightarrow \text{açık devre gerilimi (tek faz)}$$

$$X_{s(\text{doymamış})} = 28,9\Omega$$

$$X_{s(\text{doymuş})} = \frac{1280V/\sqrt{3}}{32A} \rightarrow \text{Anma gerilimi (tek faz)}$$

\rightarrow ADK'ide anma gerilimini veren uyartımdaki kısa devre akımı

$$X_{s(\text{doymuş})} = 23,1\Omega$$

$$\text{Anma akımı} = \frac{53200VA}{\sqrt{3} \times 1280V} = 24A$$

$$KDO = \frac{8A}{6A} \rightarrow \text{ADK'ide anma gerilimini veren uyartım}$$

\rightarrow KDK'ide " akımını " "

$$KDO = 1,33$$

4) Yüksüz çalışma testinde tek faz değerleri :

$$V_{10} = \frac{380V}{\sqrt{3}} = 219,4V, \quad I_{10} = 2A, \quad P_{10} = \frac{390W}{3} = 130W$$

$$g_c = \frac{130W}{219,4^2V^2} = 2,7mS = g_c \quad Y_0 = \frac{2A}{219,4V} = 9,1mS$$

$$b_m = \sqrt{9,1^2 - 2,7^2} mS = 8,7mS = b_m$$

Kilitli rotor testinde tek faz değerleri :

$$V_{1k} = \frac{38V}{\sqrt{3}} = 21,9V, \quad I_{1k} = 9A, \quad P_{1k} = \frac{360W}{3} = 120W$$

$$r_1 = \frac{1,2\Omega}{2} = 0,6\Omega = r_1$$

$$r_1 + r_2' = \frac{120}{9^2} \Omega = 1,48\Omega$$

$$r_2' = 1,48\Omega - 0,6\Omega = 0,88\Omega = r_2'$$

$$Z_k = \frac{21,9V}{9A} = 2,44\Omega$$

$$x_1 + x_2' = \sqrt{2,44^2 - 1,48^2} \Omega = 1,94\Omega$$

$$x_1 \approx x_2' \approx \frac{1,94\Omega}{2} = 0,97\Omega = x_1 = x_2'$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 FİNAL SINAVI SORULARI
İkinci Öğretim, 13.06.2005, Süre: 90 dakika

1) Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri

$$r_1 = 1\Omega ; r_2' = 2,1\Omega ; x_1 = 4\Omega ; x_2' = 3,2\Omega ; g_c = 2,7mS ; b_m = 9,7mS$$

olan üç fazlı 50 Hz'lik, 6 kutuplu, statoru yıldız bağlı bir asenkron makinanın statoruna fazlararası 745 V uygulanıyor ve rotoru 1065 devir/dakika hızla döndürülüyor. Sürtünmeyi ihmal ederek ve yaklaşık eşdeğer devre kullanarak üç faz için toplam

- a) Demir kaybını b) Bakır kaybını
c) Mekanik giriş gücünü d) Elektriksel çıkış gücünü
e) Mekanik giriş torkunu f) Verimi
hesaplayınız. (30 puan)

2) Üç fazlı, statoru yıldız bağlı bir asenkron makinaya yüksüz çalışma testi uygulanıyor ve hat değerleri $V_0 = 1280V$, $I_0 = 8A$, $P_0 = 6kW$ olarak ölçülüyor. Kilitli rotor testi yapıldığında ise hat değerleri $V_k = 230V$, $I_k = 32A$, $P_k = 5kW$ olarak ölçülüyor. Stator sargılarının üçüncü ucu boştayken diğer iki uç arasından $0,4\Omega$ direnç okunduğuna göre, makinanın tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. (30 puan)

3) Üç fazlı, yıldız bağlı, 770 V ve 20 kVA'lık bir senkron alternatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Uyarım akımının değişimine göre fazlararası gerilim ve hat akımları şöyle bulunuyor:

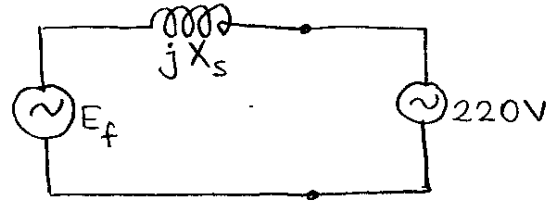
Uyarım Akımı (A)	1	2	3	4
Açık devre gerilimi (V)	250	500	670	770
Kısa devre akımı (A)	5	10	15	20

Stator sargı direncini ihmal ederek alternatörün tek faza indirgenmiş senkron reaktansının doymuş ve doymamış değerlerini ve kısa devre oranını hesaplayınız. (20 puan)

4) Faz başına senkron reaktansı $X_s = 4\Omega$ olan, üç fazlı, 2 kutuplu, yıldız bağlı, 50 Hz'lik bir senkron motorun uyarım akımı, tek faza indirgenmiş olarak $E_f = 200V$ olacak şekilde ayarlanıp sabit tutuluyor. Motor, faz-nötr gerilimi 220 V olan üç fazlı 50 Hz'lik ideal bir gerilim kaynağına bağlıdır. Motorun bu şartlarda sürebileceği maksimum torku hesaplayınız. (20 puan)

Yardımcı Formül:

$$P = \frac{E_1 E_2}{X} \sin \delta$$

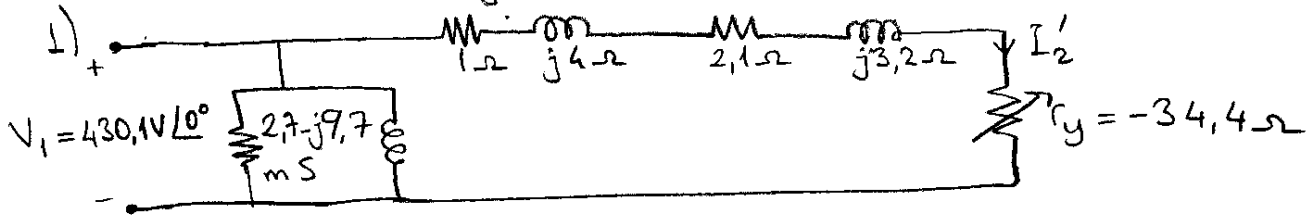


BAŞARILAR...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 FİNAL SINAVI CEVAP ANAHTARI

İkinci Öğretim, 13.06.2005



$$V_1 = \frac{745V}{\sqrt{3}} = 430,1V \angle 0^\circ \quad \rightarrow \text{olun.}$$

$$n_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 50}{6} \text{ dev/dak} = 1000 \text{ dev/dak}$$

$$s = \frac{1000 - 1065}{1000} = -0,065 \rightarrow \text{Jeneratör modu}$$

$$r_y = \frac{r_2'}{s} (1-s) = \frac{2,1\Omega}{-0,065} (1+0,065) = -34,4\Omega$$

$$|I_2'| = \frac{430,1V}{\sqrt{(1+2,1-34,4)^2 + (4+3,2)^2} \Omega} = 13,39A$$

$$a) P_{Fe} = 3 \times 2,7 \times 10^{-3} \times 430,1^2 W = 1498 W$$

$$b) P_{cu} = 3 \times (1+2,1) \times 13,39^2 W = 1667 W$$

$$c) -P_m = P_{giris} = -3r_y |I_2'|^2 = 3 \times 34,4 \times 13,39^2 W = 18503 W \text{ (mekanik)}$$

$$d) P_{cikis} = P_{giris} - P_{Fe} - P_{cu} = 15338 W \text{ (elektriksel çukür jeneratör)}$$

$$e) T_{giris} = \frac{P_{giris}}{\omega_r} \quad \omega_r = 2\pi \frac{1065}{60} \text{ rad/s} = 111,5 \text{ rad/s}$$

$$T_{giris} = \frac{18503}{111,5} \text{ Nm} = 166 \text{ Nm}$$

$$f) \text{ Verim} = \frac{P_{cikis}}{P_{giris}} = \frac{15338}{18503} = \%83$$

2) Yüksüz çalışmada tek faz değerleri:

$$V_{10} = \frac{1280V}{\sqrt{3}} = 739V, \quad I_{10} = 8A, \quad P_{10} = \frac{6000W}{3} = 2000W$$

$$g_c = \frac{2000}{739^2} S = 3,66 \text{ mS}$$

$$y_0 = \frac{8A}{739V} = 10,8 \text{ mS}$$

$$b_m = \sqrt{10,8^2 - 3,7^2} \text{ mS} = 10,2 \text{ mS} = b_m$$

Kilitli rotor testinde tek faz değerleri:

$$V_{lk} = \frac{230V}{\sqrt{3}} = 132,8V, \quad I_{lk} = 32A, \quad P_{lk} = \frac{5000W}{3} = 1667W$$

$$r_1 = \frac{0,4\Omega}{2} = \boxed{0,2\Omega = r_1}$$

$$r_1 + r_2' = \frac{1667}{32^2} \Omega = 1,63\Omega \rightarrow r_2' = 1,63\Omega - 0,2\Omega = \boxed{1,43\Omega = r_2'}$$

$$Z_k = \frac{132,8V}{32A} = 4,15\Omega \quad (x_1 + x_2') = \sqrt{4,15^2 - 1,63^2} \Omega = 3,8\Omega$$

$$x_1 \approx x_2' \approx \frac{3,8\Omega}{2} = \boxed{1,9\Omega = x_1 = x_2'}$$

3) Doğrusal bölge, uyartım akımının 2A'ye kadarki bölgesi.
 $X_{s(\text{doymamış})} = \frac{500V/\sqrt{3}}{10A} \rightarrow 2A$ uyartım için açık devre gerilimi
 $\rightarrow 2A$ " " kısa devre akımı

$$\boxed{X_{s(\text{doymamış})} = 28,9\Omega}$$

$$X_{s(\text{doymuş})} = \frac{770V/\sqrt{3}}{20A} \rightarrow \text{Anma gerilimi (tek faz)}$$

\rightarrow Tek faz için ADK'da anma gerilimini veren uyartımdaki kısa devre akımı

$$\boxed{X_{s(\text{doymuş})} = 22,2\Omega}$$

$$\text{Anma akımı} = \frac{20000VA}{\sqrt{3} \times 770V} = 15A$$

$$KDO = \frac{4A}{3A} \rightarrow \text{ADK'da anma gerilimini veren uyartım}$$

\rightarrow KDK'da " akımını " "

$$\boxed{KDO = 1,33}$$

4) Maksimum güç, $\sin\delta = 1$ için elde edilir. Bu durumda

$$\text{tek faz gücü} = P = \frac{200V \times 220V}{4\Omega} \times 1 = 11kW$$

$$\text{Üç faz maksimum gücü} = P_T = 3 \times 11kW = 33kW$$

$$\text{Maksimum tork} = T_{\max} = \frac{P_T}{\omega_r} = \frac{P_T}{\omega_s}$$

$$\omega_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 50}{2} \text{ devir/dak} = 3000 \text{ dev/dak}$$

$$\omega_s = \omega_r = 2\pi \times \frac{3000}{60} \text{ rad/s} = 314 \text{ rad/s}$$

$$(\text{veya kısaca } \omega_s = 2\pi \frac{f}{P/2} = 2\pi \times \frac{50}{2/2} = 314 \text{ rad/s})$$

$$T_{\max} = \frac{33000}{314} \text{ Nm} = \boxed{105 \text{ Nm} = T_{\max}}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

Normal Öğretim, 27.06.2005, Süre: 70 dakika

1) Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri

$$r_1 = 3\Omega ; r_2' = 2\Omega ; x_1 = 4\Omega ; x_2' = 4\Omega ; g_c = 4mS ; b_m = 5mS$$

olan üç fazlı 50 Hz'lik, 4 kutuplu, statoru yıldız bağlı bir asenkron makinanın statoruna fazlararası 380 V uygulanıyor ve rotoru 1575 devir/dakika hızla döndürülüyor. Bütün sürtünme kayıpları ~~500W olduğuna~~ göre yaklaşık eşdeğer devre kullanarak üç faz için toplam ~~ihmal edildiğine~~

a) Demir kaybını

b) Bakır kaybını

c) Mekanik giriş gücünü

d) Elektriksel çıkış gücünü

e) Mekanik giriş torkunu

f) Verimi

hesaplayınız. (30 puan)

2) Üç fazlı, statoru **üçgen** bağlı bir asenkron makinaya yüksüz çalışma testi uygulanıyor ve hat değerleri $V_0 = 500V$, $I_0 = 5A$, $P_0 = 3kW$ olarak ölçülüyor. Kilitli rotor testi yapıldığında ise hat değerleri $V_k = 100V$, $I_k = 20A$, $P_k = 3kW$ olarak ölçülüyor. Stator sargılarının üçüncü ucu boştayken diğer iki uç arasından $2,6\Omega$ direnç okunduğuna göre, makinanın tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. (30 puan)

3) Üç fazlı, **üçgen** bağlı, 250 V ve 3,9 kVA'lık bir senkron alternatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Uyartım akımının değişimine göre fazlararası gerilim ve hat akımları şöyle bulunuyor:

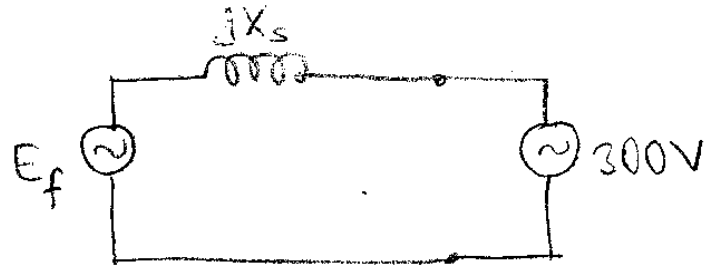
Uyartım Akımı (A)	0,5	1,0	1,5	2,0
Açık devre gerilimi (V)	75	150	210	250
Kısa devre akımı (A)	3	6	9	12

Stator sargı direncini ihmal ederek alternatörün tek faza indirgenmiş senkron reaktansının doymuş ve doymamış değerlerini ve kısa devre oranını hesaplayınız. (20 puan)

4) Faz başına senkron reaktansı $X_s = 3\Omega$ olan, üç fazlı, 4 kutuplu, yıldız bağlı, 50 Hz'lik bir senkron motorun uyartım akımı, tek faza indirgenmiş olarak $E_f = 250V$ olacak şekilde ayarlanıp sabit tutuluyor. Motor, faz-nötr gerilimi 300 V olan üç fazlı 50 Hz'lik ideal bir gerilim kaynağına bağlıdır. Motorun bu şartlarda sürebileceği maksimum torku hesaplayınız. (20 puan)

Yardımcı Formül:

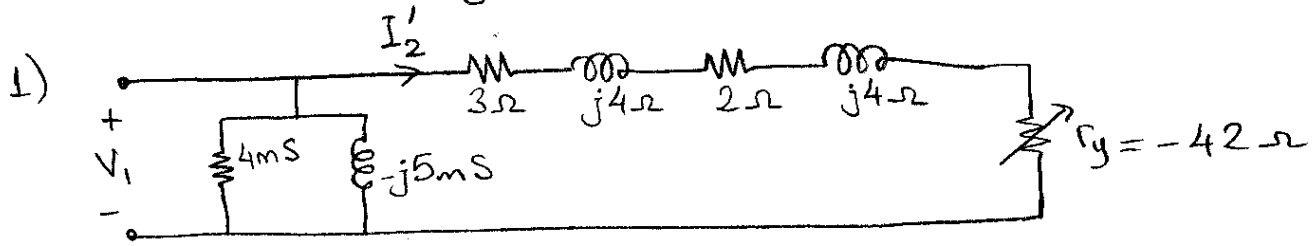
$$P = \frac{E_1 E_2}{X} \sin \delta$$



BAŞARILAR...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 BÜTÜNLEME SINAVI CEVAP ANAHTARI
Normal Öğretim, 27.06.2005



$$|V_1| = \frac{380V}{\sqrt{3}} = 219,4V$$

$$n_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ devir/dakika}$$

$$s = \frac{1500 - 1575}{1500} = -0,05 \rightarrow \text{Jeneratör modu (s < 0)}$$

$$r_y = \frac{r_2'}{s}(1-s) = \frac{2\Omega}{-0,05}(1+0,05) = -42\Omega$$

$$|I_2'| = \frac{219,4V}{\sqrt{(3+2-42)^2 + (4+4)^2}} = 5,8A$$

$$a) P_{Fe} = 3 \times 4 \times 10^{-3} \times 219,4^2 W = 578W$$

$$b) P_{Cu} = 3 \times (3+2) \times 5,8^2 W = 505W$$

$$c) -P_m = P_{giris} = -3r_y |I_2'|^2 = 3 \times 42 \times 5,8^2 W = 4239W \text{ (mekanik)}$$

$$d) P_{cikis} = P_{giris} - P_{Fe} - P_{Cu} = 3156W \text{ (elektriksel, çünkü jeneratör)}$$

$$e) T_{giris} = \frac{P_{giris}}{\omega_r} \quad \omega_r = 2\pi \frac{1575}{60} \text{ rad/s} = 164,9 \text{ rad/s}$$

$$T_{giris} = \frac{4239}{164,9} \text{ Nm} = 25,7 \text{ Nm}$$

$$f) \text{ Verim} = \frac{P_{cikis}}{P_{giris}} = \frac{3156}{4239} = \%74$$

2) Yüksüz çalışmada tek faz değerleri:

$$V_{10} = 500V, \quad I_{10} = \frac{5A}{\sqrt{3}} = 2,89A, \quad P_{10} = \frac{3kW}{3} = 1kW = 1000W$$

$$g_c = \frac{1000}{500^2} = 4mS, \quad Y_0 = \frac{2,89A}{500V} = 5,77mS$$

$$b_m = \sqrt{5,77^2 - 4^2} mS = 4,2mS$$

Kıtlılı rotor testinde tek faz değerleri:

$$V_{1k} = 100V, \quad I_{1k} = \frac{20A}{\sqrt{3}} = 11,55A, \quad P_{1k} = \frac{3kW}{3} = 1kW = 1000W$$

$$r_1 = \frac{3}{2} \times 2,6\Omega = 3,9\Omega = r_1$$

$$r_1 + r_2' = \frac{1000}{11,55^2} = 7,5 \Omega \rightarrow r_2' = 7,5 \Omega - 3,9 \Omega = \boxed{3,6 \Omega = r_2'}$$

$$Z_k = \frac{100V}{11,55A} = 8,66 \Omega \rightarrow (x_1 + x_2') = \sqrt{8,66^2 - 7,5^2} = 4,33 \Omega$$

$$x_1 = x_2' = \frac{4,33 \Omega}{2} = \boxed{2,2 \Omega = x_1 = x_2'}$$

3) Doğrusal bölgenin, uyartım akımının 1A'e kadarki bölgesi olduğu görülüyor.

$$X_{S(\text{doymamış})} = \frac{150V}{6A/\sqrt{3}} \rightarrow 1A \quad " \quad " \quad " \quad \text{kısa devre akımı}$$

$$\boxed{X_{S(\text{doymamış})} = 43,3 \Omega} \rightarrow (\text{veya } \frac{75V}{3A/\sqrt{3}} \text{ de aynı})$$

$$X_{S(\text{doymuş})} = \frac{250V}{12A/\sqrt{3}} \rightarrow \text{ADK'de anma gerilimini veren uyartımdaki tek faz kısa devre akımı}$$

$$\boxed{X_{S(\text{doymuş})} = 36,1 \Omega} \quad \text{Anma hat akımı} = \frac{3900VA}{\sqrt{3} \times 250V} = 9A$$

$$KDO = \frac{2A}{1,5A} \rightarrow \text{ADK'de anma gerilimini veren uyartım}$$

$$\boxed{KDO = 1,33}$$

4) Maksimum güç, $\sin \delta = 1$ için elde edilir. $E_1 = E_f = 250V$,
 $E_2 = 300V$ ve $X = X_s = 3 \Omega$ alınarak tek faz için maksimum güç:

$$P_{1\max} = \frac{250V \times 300V}{3 \Omega} \times 1 = 25kW$$

$$\text{Üç faz için maksimum güç} = P_{\max} = 3 \times 25kW = 75kW$$

$$\text{Maksimum tork} = T_{\max} = \frac{P_{\max}}{\omega_r} = \frac{P_{\max}}{\omega_s}$$

$$n_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{4} \text{ devir/dakika} = 1500 \text{ devir/dakika}$$

$$\omega_s = \omega_r = 2\pi \frac{1500}{60} \text{ rad/s} = 157 \text{ rad/s}$$

$$(\text{veya kısaca } \omega_s = 2\pi \frac{f}{p/2} = 2\pi \times \frac{50}{4/2} = 157 \text{ rad/s})$$

$$T_{\max} = \frac{75000W}{157 \text{ rad/s}} = \boxed{477 Nm = T_{\max}}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

İkinci Öğretim, 27.06.2005, Süre: 70 dakika

1) Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri

$$r_1 = 2\Omega ; r_2' = 3\Omega ; x_1 = 2\Omega ; x_2' = 2\Omega ; g_c = 1mS ; b_m = 3mS$$

olan üç fazlı 50 Hz'lik, 6 kutuplu, Y/Y bağlı bir asenkron makinanın statoruna fazlararası 700 V uygulanıyor ve rotoru 950 devir/dakika hızla dönüyor. Bütün sürtünme kayıpları 500W olduğuna göre yaklaşık eşdeğer devre kullanarak üç faz için toplam

- a) Demir kaybını
 - b) Bakır kaybını
 - c) Net çıkış gücünü
 - d) Elektriksel giriş gücünü
 - e) Net çıkış torkunu
 - f) Verimi
- hesaplayınız. (30 puan)

2) Birinci soruda verilen motor, stator/rotor sarım oranı 3/2 olan bilezikli bir asenkron motor ise rotor sargılarına seri olarak dışarıdan bağlanacak yıldız bağlı direncin faz başına değeri (r_{2ilave}) ne olmalıdır ki motorun kalkış torku maksimum olsun? (20 puan)

3) Üç fazlı, statoru üçgen bağlı bir asenkron makinaya yüksüz çalışma testi uygulanıyor ve hat değerleri $V_0 = 400V$, $I_0 = 3,73A$, $P_0 = 960W$ olarak ölçülüyor. Kilitli rotor testi yapıldığında ise hat değerleri $V_k = 55V$, $I_k = 10A$, $P_k = 510W$ olarak ölçülüyor. Stator sargılarının üçüncü ucu boştayken diğer iki uç arasından 2Ω direnç okunduğuna göre, makinanın tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. (30 puan)

4) Üç fazlı, üçgen bağlı, 300 V ve 22,5 kVA'lık bir senkron alternatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Uyartım akımının değişimine göre fazlararası gerilim ve hat akımları şöyle bulunuyor:

Uyartım Akımı (A)	1	2	3	4	5	6
Açık devre gerilimi (V)	70	140	200	250	280	300
Kısa devre akımı (A)	5	10	15	20	25	30

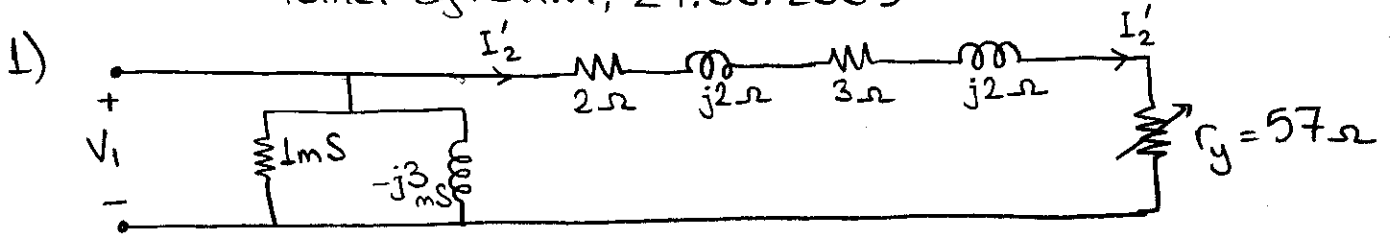
Stator sargı direncini ihmal ederek alternatörün tek faza indirgenmiş senkron reaktansının doymuş ve doymamış değerlerini ve kısa devre oranını hesaplayınız. (20 puan)

BAŞARILAR...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 BÜTÜNLEME SINAVI CEVAP ANAHTARI

İkinci Öğretim, 27.06.2005



$$|V_1| = \frac{700V}{\sqrt{3}} = 404V$$

$$n_s = \frac{120 \times 50}{6} \text{ devir/dakika} = 1000 \frac{\text{devir}}{\text{dakika}}$$

$$s = \frac{1000 - 950}{1000} = 0,05 \rightarrow \text{Motor modu}$$

$$r_y = \frac{3\Omega}{0,05} (1 - 0,05) = 57\Omega$$

$$|I_2'| = \frac{404}{\sqrt{(2+3+57)^2 + (2+2)^2}} A = 6,5A$$

$$a) P_{Fe} = 3 \times 1 \times 10^{-3} \times 404^2 W = 490 W$$

$$b) P_{Cu} = 3 \times (2+3) \times 6,5^2 W = 634 W$$

$$c) P_m = 3 r_y |I_2'|^2 = 3 \times 57 \times 6,5^2 W = 7225 W \rightarrow \text{Brüt mekanik güç}$$

$$P_{aıkış} = P_m - P_{sürtünme} = 7225 W - 500 W = 6725 W \rightarrow \text{Net mekanik aıkış gücü}$$

$$d) P_{giriş} = P_m + P_{Fe} + P_{Cu} = 7225 W + 490 W + 634 W = 8349 W \quad \text{(elektriksel)}$$

(Dikkat! P_m zaten $P_{aıkış} + P_{sürtünme}$)

$$e) T_{aıkış} = \frac{P_{aıkış}}{\omega_r} \quad \omega_r = 2\pi \times \frac{950}{60} \text{ rad/s} = 99,5 \text{ rad/s}$$

$$T_{aıkış} = \frac{6725}{99,5} \text{ Nm} = 67,6 \text{ Nm}$$

$$f) \text{Verim} = \frac{P_{aıkış}}{P_{giriş}} = \frac{6725}{8349} = \%81$$

$$2) \text{Kalkışta kayma} = 1 = s_{Tmax} = \frac{r_{2\tau}'}{\sqrt{2^2 + (2+2)^2}} = 1$$

($R_1 \approx r_1 = 2\Omega$, $X_1 \approx x_1 = 2\Omega$)

$$r_{2\tau}' = 4,47\Omega = r_2' + r_{2ilave}' \rightarrow r_{2ilave}' = 4,47\Omega - 3\Omega = 1,47\Omega$$

$$r_{2ilave}' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 r_{2ilave} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 r_{2ilave} = 1,47\Omega$$

$$r_{2ilave} = \frac{4}{9} \times 1,47\Omega = 0,65\Omega = r_{2ilave}$$

3) Yüksüz çalışma testinde tek faz değerleri:

$$V_{10} = 400V, \quad I_{10} = \frac{3,73A}{\sqrt{3}} = 2,15A, \quad P_{10} = \frac{960W}{3} = 320W$$

$$g_c = \frac{320W}{400^2 V^2} = 2mS = g_c$$

$$Y_0 = \frac{2,15A}{400V} = 5,38mS$$

$$b_m = \sqrt{5,38^2 - 2^2} mS = 5mS = b_m$$

Kilitli rotor testinde tek faz değerleri:

$$V_{1k} = 55V, \quad I_{1k} = \frac{10A}{\sqrt{3}} = 5,77A, \quad P_{1k} = \frac{510W}{3} = 170W$$

$$r_1 = \frac{3}{2} \times 2\Omega = 3\Omega = r_1$$

$$r_1 + r_2' = \frac{170}{5,77^2} \Omega = 5,1\Omega \rightarrow r_2' = 5,1\Omega - 3\Omega = 2,1\Omega = r_2'$$

$$Z_k = \frac{55V}{5,77A} = 9,53\Omega \rightarrow x_1 + x_2' = \sqrt{9,53^2 - 5,1^2} = 8\Omega$$

$$x_1 = x_2' = \frac{8\Omega}{2} = 4\Omega = x_1 = x_2'$$

4) Doğrusal bölge 2A'lık uyartım akımına kadar. Örneğin 2A için:

$$X_{s(\text{doymamış})} = \frac{140V}{10A/\sqrt{3}} \rightarrow \text{tek faz açık devre gerilimi}$$

$$\rightarrow \text{tek faz kısa devre akımı}$$

$$X_{s(\text{doymamış})} = 24,2\Omega$$

$$X_{s(\text{doymuş})} = \frac{300V}{30A/\sqrt{3}} \rightarrow \text{Anma gerilimi (tek faz)}$$

$$\rightarrow \text{ADK'de anma gerilimini veren uyartımdaki tek faz kısa devre akımı}$$

$$X_{s(\text{doymuş})} = 17,3\Omega$$

$$\text{Anma akımı} = \frac{22500VA}{\sqrt{3} \times 300V} = 43,3A$$

Kısa devre karakteristiği sonuçlarında bu akım görülüyor. Ancak kısa devre testinde bu hat akımını veren uyartım akımı doğru orantıyla bulunabilir. Çünkü KDK doğrusaldır.

$$I_u = 1A \Rightarrow I_h = 5A$$

$$I_u = ? \Rightarrow I_h = 43,3A$$

$$I_u = \frac{43,3}{5} \times 1A = 8,66A$$

$$KDO = \frac{6A}{8,66A} \rightarrow \text{ADK'de anma gerilimini veren uyartım}$$

$$\rightarrow \text{KDK'de " akımını " " "}$$

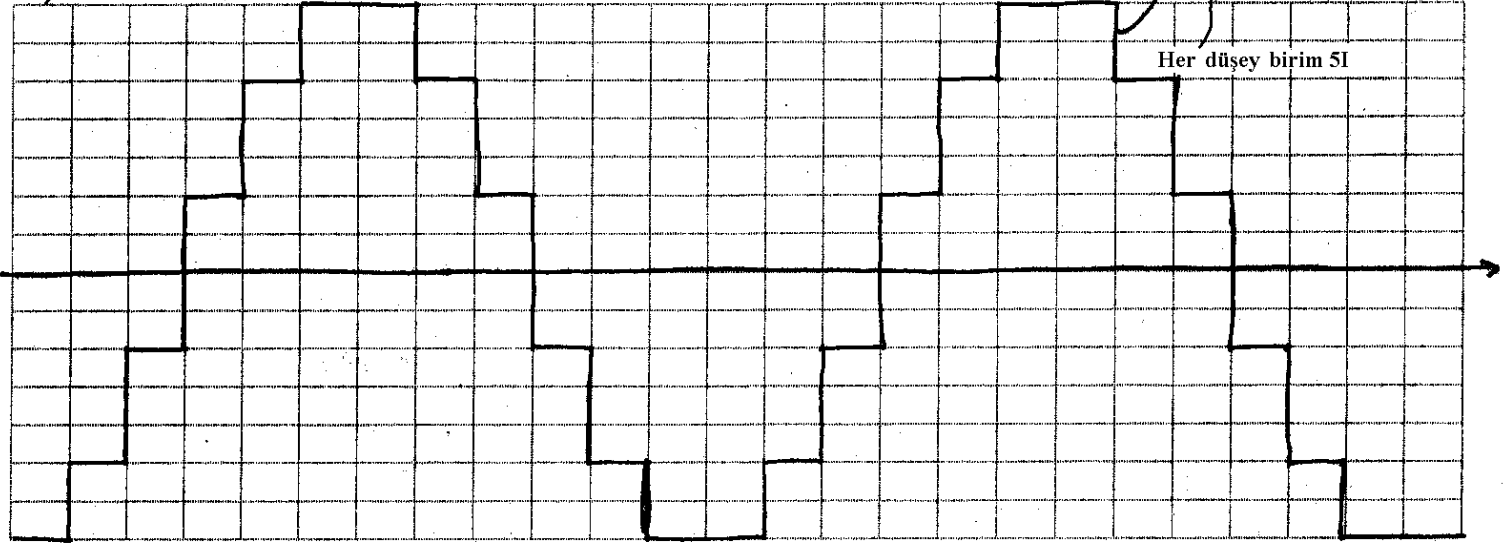
$$KDO = 0,69$$

Öğrenci No:
Öğrenci Adı:

ELEKTRİK MAKİNALARI -2 ARASINAV SORULARI
06.05.2006 Süre: 90 dakika

Bu çizim
cevap anahtarına
aittir. Soruda
verilmiyor.

1)



Her düşey birim 5I

A ₁	A ₂	-C ₁	-C ₂	B ₁	B ₂	-A ₃	-A ₄	C ₃	C ₄	-B ₃	-B ₄	A ₅	A ₆	-C ₅	-C ₆	B ₅	B ₆	-A ₇	-A ₈	C ₇	C ₈	-B ₇	-B ₈
A ₁	-C ₇	-C ₈	B ₇	B ₈	-A ₁	-A ₂	C ₁	C ₂	-B ₁	-B ₂	A ₃	A ₄	-C ₃	-C ₄	B ₃	B ₄	-A ₅	-A ₆	C ₅	C ₆	-B ₅	-B ₆	A ₇
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Üç fazlı 24 oluklu bir AC makine statorunda sargılar iki oluklara iki katlı olarak yukarıda gösterildiği gibi yerleştirilmiş olup, her sargıda 10 sarım (döngü) vardır.

- Stator sargılarına $i_A = I \cos(\omega t)$, $i_B = I \cos(\omega t - 120^\circ)$, $i_C = I \cos(\omega t - 240^\circ)$ biçiminde dengeli üç fazlı akım uygulanıyor. $\omega t = 60^\circ$ durumu için bu akımların hava aralığında ürettiği bileşke manyeto motor kuvvet dağılımını çiziniz. (13 puan). Makina kaç kutupludur? (3 puan)
- Sargılara, her bir sargıda endüklenen gerilimin 1., 3. ve 5. harmonik etkin (rms) değerleri sırasıyla $E_{1rms}/\text{sargı} = 85V$, $E_{3rms}/\text{sargı} = 26V$ ve $E_{5rms}/\text{sargı} = 14V$ olacak şekilde bir akı değişimi uygulanmaktadır. Buna göre her bir iletkende endüklenen gerilimin 1., 3. ve 5. harmonik etkin değerlerini bulunuz. (13 puan). Bundan sonraki şıkları da buna göre çözünüz.
- Bir fazda endüklenen gerilimin 1., 3. ve 5. harmonik etkin değerlerini bulunuz. (13 puan)
- Bir faz geriliminin bileşke (tüm harmonikler bir arada) etkin değerini bulunuz. (4 puan)
- Stator faz sargıları üçgen bağlı ise fazlararası geriliminin bileşke (tüm harmonikler bir arada) etkin değerini bulunuz. (4 puan)

Formüller: n. harmonik için uzanım katsayısı $k_{un} = \left| \sin\left(\frac{n\rho}{2}\right) \right|$, dağılım katsayısı $k_{dn} = \left| \frac{\sin\left(\frac{qn\gamma}{2}\right)}{\left(q \sin\frac{n\gamma}{2}\right)} \right|$

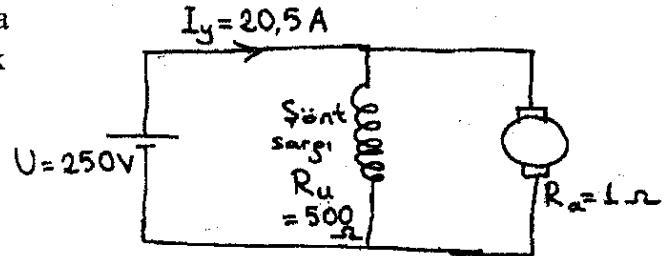
2) Bir şönt motorun armatür ve şönt sargı dirençleri sırasıyla $R_a = 1\Omega$ ve $R_u = 500\Omega$ 'dur. $U = 250V$ uç geriliminde yük altında kaynaktan $I_y = 20,5A$ çektiğine göre sürtünmeleri ve fırça kayıplarını ihmal ederek

a) Motorun verimini bulunuz. (20 puan)

b) Nm cinsinden yük torku T_y ve rad/s cinsinden

açısal dönüş hızı ω olmak üzere, yükün tork-hız ilişkisi

$T_y = a\omega^2$ ve $a = 5 \times 10^{-4} \text{ Nm} \cdot \text{s}^2/\text{rad}^2$ olduğuna göre dönüş hızı devir/dakika cinsinden nedir? (15 puan)



3) Bir iş için seçilecek asenkron motorun $f = 60\text{Hz}$ frekansta, $0 < s < 0,15$ aralığında bir kayma değeriyle 800 ila 900 devir/dakika hız aralığında çalıştırılması istenmektedir.

a) Kaç kutuplu bir asenkron motor seçilmelidir? (8 puan)

b) Bu motor $f = 50\text{Hz}$ frekansta $s = 0,06$ kayma değeriyle çalıştırılırsa devir/dakika cinsinden rotor dönüş hızı (n_r) ne olur? (7 puan)

ELEKTRİK MAKİNALARI - 2 ARASINAV CEVAP ANAHTARI
06.05.2006

1) a) $\omega t = 60^\circ \Rightarrow i_A = I \cos 60^\circ = \frac{1}{2} \rightarrow A$ sargısı için $NI = 5I$
 $i_B = I \cos(-60^\circ) = \frac{1}{2} \rightarrow B$ " " $NI = 5I$
 $i_C = I \cos(-180^\circ) = -1 \rightarrow C$ " " $NI = -10I$

Çizim soru kâğıdı üzerinde gösterilmiştir.

Şekilden görüldüğü gibi stator çevresi boyunca mmk 2 tam periyod yapmaktadır. Demek ki 2 çift = 4 kutup vardır.

$$P = 4$$

b) Sargı gerilimi ile iletken gerilimi arasındaki ilişki sargı uzanım katsayısına bağlıdır.

$A_1 : 1.$ olukta } Sargı uzanımı $6-1 = 5$ oluk
 $- A_1 : 6.$ olukta }

$$\text{Oluk açısı (elk)} = \gamma = \frac{360^\circ}{24} \cdot \frac{P}{2} = 30^\circ$$

$$\text{Sargı uzanımı (elk)} = \varphi = 5 \times 30^\circ = 150^\circ$$

$$k_{un} = |\sin(n \times 75^\circ)| \rightarrow k_{u1} = \sin 75^\circ = 0,9659$$
$$k_{u3} = |\sin 225^\circ| = 0,7071$$
$$k_{u5} = \sin 375^\circ = 0,2588$$

$$E_{rms}/\text{sargı} = (E_{rms}/\text{ilt}) \cdot 2N_{L10} \cdot k_{un}$$

$$E_{rms}/\text{ilt} = \frac{(E_{rms}/\text{sargı})}{20k_{un}}$$

$$E_{1rms}/\text{ilt} = \frac{85V}{20 \times 0,9659} = 4,4V$$

$$E_{3rms}/\text{ilt} = \frac{26V}{20 \times 0,7071} = 1,84V$$

$$E_{5rms}/\text{ilt} = \frac{14V}{20 \times 0,2588} = 2,7V$$

c) Faz gerilimi ile sargı gerilimi arasındaki ilişki dağılım katsayısına bağlıdır.

Faz.kutup başına oluk sayısı = $q = \frac{24}{3 \times 4} = 2$, $\gamma = 30^\circ$ → Şekilden de görülmüyor

$$k_{dn} = \left| \frac{\sin(n \times 30^\circ)}{2 \sin(n \times 15^\circ)} \right| \rightarrow \begin{matrix} k_{d1} = 0,9659 \\ k_{d3} = 0,7071 \\ k_{d5} = 0,2588 \end{matrix}$$

Faz başına sargı sayısı = $\frac{24}{3} \times 2 \times \frac{1}{2} = 8$ → Şekilden de görülmüyor.

$$E_{rms} / \text{faz} = (E_{rms} / \text{sargı}) \times 8 \times k_{dn}$$

$$E_{1rms} / \text{faz} = 85V \times 8 \times 0,9659 = 656,8V$$

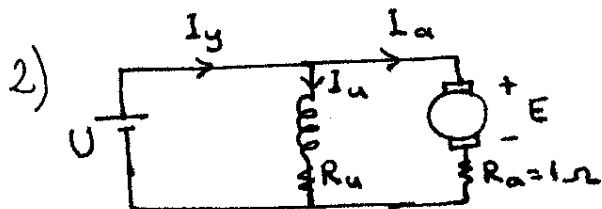
$$E_{3rms} / \text{faz} = 26V \times 8 \times 0,7071 = 147,1V$$

$$E_{5rms} / \text{faz} = 14V \times 8 \times 0,2588 = 28,99V$$

$$d) E_{rms} / \text{faz} = \sqrt{656,8^2 + 147,1^2 + 28,99^2} V = 674V$$

e) Üçgen bağlantıda

$$E_{rms} \text{ (fazlararası)} = E_{rms} / \text{faz} = 674V$$



$$I_u = \frac{U}{R_u} = \frac{250V}{500\Omega} = 0,5A$$

$$I_a = I_y - I_u = 20,5A - 0,5A = 20A$$

$$E = U - R_a I_a = 250V - 1\Omega \times 20A = 230V$$

$$a) P_{giris} = U I_y = 250V \times 20,5A = 5125W$$

$$P_{cikis} = P_m - P_{sur} = P_m = E I_a = 230V \times 20A = 4600W$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{P_{cikis}}{P_{giris}} = \frac{4600}{5125} = \boxed{\%90 = \eta}$$

$$b) Tork = T_m = \frac{P_m}{\omega} = \frac{4600W}{\omega} = T_y = a \omega^2$$

$$\rightarrow 4600W = a \omega^3 \rightarrow \omega = \left(\frac{4600W}{a} \right)^{1/3} = \left(\frac{4600}{5 \times 10^{-4}} \right)^{1/3} \text{ rad/s}$$

$$\omega = 209,5 \text{ rad/s} \rightarrow n = \frac{\omega}{2\pi} \times 60 \approx \boxed{2000 \text{ devir/dakika} = n}$$

$$3) a) n_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 60}{p} \text{ devir/dakika}$$

60 Hz 'deki mümkün senkron hızlar :

$p=2$	\Rightarrow	$n_s = 3600$	devir/dakika
		1800	"
4	\Rightarrow	1200	"
6	\Rightarrow	900	"
8	\Rightarrow	720	"
10	\Rightarrow		

Motor 10 ya da daha çok kutuplu olamaz.

Çünkü $n_s > n_r$ olmalı.

6 ya da daha az kutuplu da olamaz. Çünkü 6 kutuplu olsa $n_r = 800$ devir/dakika için

$$s = \frac{1200 - 800}{1200} = 0,33 > 0,15 \rightarrow \text{sartı sağlamaz.}$$

Daha az kutuplular da şart hiç sağlanmaz.

O halde $p=8$ kutuplu seçilmelidir. O zaman,

$$n_r > 800 \text{ devir/dakika} \Rightarrow s < \frac{900 - 800}{900} = 0,11 < 0,15$$

$$n_r < 900 \text{ devir/dakika} \Rightarrow s > \frac{900 - 900}{900} = 0$$

$$0 < s < 0,11 \text{ şart sağlanmaktadır. } \boxed{p=8}$$

$$b) f = 50 \text{ Hz} \Rightarrow n_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{8} \text{ devir/dakika}$$

$$n_s = 750 \text{ devir/dakika}$$

$$s = \frac{750 - n_r}{750} = 0,06 \Rightarrow n_r = -750 \times 0,06 + 750$$

$$\boxed{n_r = 705 \text{ devir/dakika}}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 YILSONU SINAVI SORULARI

19.06.2006 Normal Öğretim Süre:80 dakika

1) Üç fazlı, Y/Y bağlı 4 kutuplu bilezikli bir asenkron motorun stator/rotor sarım oranı 4 olup 50 Hz'deki yüksüz çalışma ve kilitli rotor test sonuçları hat değerleri olarak aşağıdaki gibi bulunmuştur:

Yüksüz çalışmada: $V_{h0} = 400V$, $I_{h0} = 1A$, $P_0 = 300W$

Kilitli rotorda: $V_{hk} = 40V$, $I_{hk} = 10A$, $P_k = 360W$

Ayrıca stator sargılarının iki ucu arasındaki direnç (üçüncü uç boştayken) $r_{ölçüm} = 2\Omega$ olarak ölçülüyor. Buna göre

- Makinanın tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. (20 puan)
- Rotor sargısı direncini ve endüktansını bulunuz (rotor tarafındaki gerçek direnç ve endüktans). (10 puan)
- Kalkış torkunu maksimum tork yapmak için rotora dışarıdan yıldız bağlı olarak ilave edilecek direncin her bir faz için gerçek değerini (rotor tarafındaki) bulunuz. (10 puan)

Yardımcı formül: $s_{T\max} \approx \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}}$

2) 3 fazlı 50 Hz'lik statoru üçgen bağlı, 6 kutuplu bir asenkron motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri, $r_1 = 0,01\Omega$, $r_2' = 0,01\Omega$, $x_1 = x_2' = 0,45\Omega$, $g_c = 7 \times 10^{-3} S$, $b_m = 7 \times 10^{-3} S$. Statora 50 Hz'de fazlararası 200V uygulanıyor ve makina dışarıdan mekanik bir etkiyle 1070 devir/dakika hızla döndürülüyor. Bu çalışmada makina hangi modda çalışmaktadır? Makinanın demir ve bakır kaybı ile giriş ve çıkış güçlerini, verimini, giriş torkunu ve stator hat akımının ölçülen (etkin) değerini yaklaşık olarak hesaplayınız. Sürtünmeyi ihmal ediniz. (40 puan)

3) Üç fazlı üçgen bağlı 380V, 6kVA'lık senkron bir alternatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor ve şu sonuçlar elde ediliyor (V_t fazlararası, I_a ise hat değerleridir):

Açık Devre Testi

$I_f(A)$	$V_t(V)$
1,0	100
2,0	200
4,3	380

Kısa Devre Testi

$I_f(A)$	$I_a(A)$
1,0	3,0
2,0	6,0
4,0	12,0

Armatür direncini ihmal ederek ($r_1 \approx 0$) makinanın tek faza indirgenmiş eşdeğer devresindeki senkron reaktansını doymuş ve doymamış olarak ve kısa devre oranını bulunuz. (20 puan)

BAŞARILAR ...

Y.Doç.Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 YILSONU SINAVI SORULARI

19.06.2006 İkinci Öğretim Süre:80 dakika

1) Bir şönt motorun şönt sargı direnci 125Ω , armatür direnci 1Ω olup 250 V ile beslenirken kaynaktan 12 A çekiyor ve 2000 devir/dakika hızla dönerek net 10 Nm çıkış torku üretiyor. Motorun sürtünme güç kaybını, sargılardaki bakır kayıplarını ve verimini bulunuz. (30 puan)

2) 3 fazlı 50 Hz 'lik statoru yıldız bağlı, 4 kutuplu bir asenkron motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri, $r_1 = 0,7 \Omega$, $r_2' = 0,5 \Omega$, $x_1 = x_2' = 0,3 \Omega$, $g_c = 7 \times 10^{-3} \text{ s}$, $b_m = 7 \times 10^{-3} \text{ s}$. Statora 50 Hz 'de fazlararası 380 V uygulanıyor ve makina 1425 devir/dakika hızla dönüyor. Sürtünme ve rüzgâr kayıpları toplam 500 W 'dır. Makinanın demir ve bakır kaybı ile giriş ve net çıkış güçlerini, verimini, net çıkış torkunu ve stator hat akımının ölçülen (etkin) değerini yaklaşık olarak hesaplayınız. (40 puan)

3) 2. sorudaki asenkron motor, bilezikli bir asenkron motor ve stator/rotor sarım oranı 6 olsun. Kalkış torkunu maksimum yapmak için rotora dışarıdan yıldız bağlı olarak ilave edilecek direncin her bir faz için gerçek değerini (rotor tarafındaki) bulunuz. (10 puan)

Yardımcı formül: $s_{T_{\max}} \approx \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}}$

4) Üç fazlı yıldız bağlı 60 Hz , 240 V , 6 kVA 'lık senkron bir alternatöre 50 Hz 'de açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor ve şu sonuçlar elde ediliyor (V_t fazlararası, I_a ise hat değerleridir):

Açık Devre Testi

$I_f(\text{A})$	$V_t(\text{V})$
1,0	50
2,0	100
5,0	200

Kısa Devre Testi

$I_f(\text{A})$	$I_a(\text{A})$
1,0	3,0
2,0	6,0
5,0	15,0

Armatür direncini ihmal ederek ($r_1 \approx 0$) makinanın 60 Hz 'deki çalışmaya göre tek faza indirgenmiş eşdeğer devresindeki senkron reaktansını doymuş ve doymamış olarak bulunuz. (20 puan)

BAŞARILAR ...

Y.Doç.Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 YILSONU SINAVI CEVAP ANAHTARI
19.06.2006 Normal Öğretim

1) Tek faza indirgenmiş değerler (Y bağlantı için):

$$V_{10} = 400V/\sqrt{3} = 230,9V$$

$$I_{10} = 1A$$

$$P_{10} = 300W/3 = 100W$$

$$V_{1k} = 40V/\sqrt{3} = 23,09V$$

$$I_{1k} = 10A$$

$$P_{1k} = 360W/3 = 120W$$

$$r_1 = 2\Omega/2 = 1\Omega = r_1$$

$$a) g_c = \frac{100W}{(230,9V)^2} = 1,9mS = g_c \quad y_0 = \frac{1A}{230,9V} = 4,3mS$$

$$b_m = \sqrt{4,3^2 - 1,9^2} mS = 3,9mS = b_m$$

$$r_1 + r_2' = \frac{120W}{(10A)^2} = 1,2\Omega$$

$$Z_k = \frac{23,09V}{10A} = 2,31\Omega$$

$$x_1 + x_2' = \sqrt{2,31^2 - 1,2^2} \Omega = 1,97\Omega$$

$$r_2' = 1,2\Omega - r_1 = 0,2\Omega = r_2'$$

$$x_1 = x_2' = \frac{1,97\Omega}{2} = 0,99\Omega = x_1 = x_2'$$

$$b) r_2 = \frac{r_2'}{(N_1/N_2)^2} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 r_2' = \frac{0,2\Omega}{4^2} = 0,0125\Omega = r_2$$

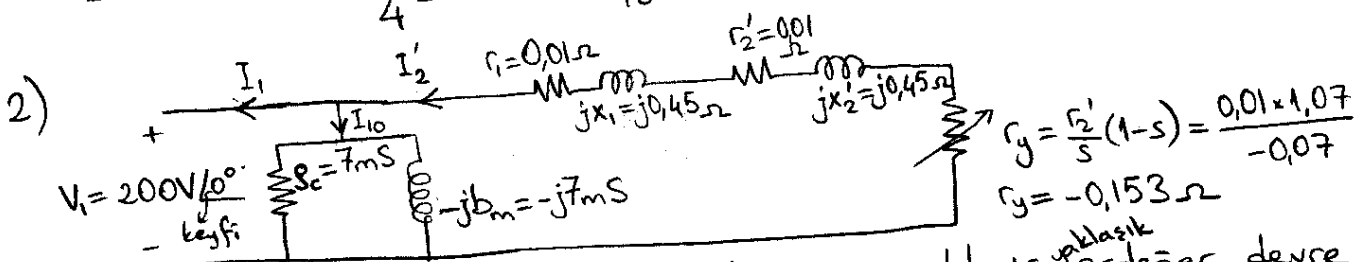
$$x_2 = \frac{0,99\Omega}{4^2} = 0,0619\Omega = 2\pi f L_r \quad \rightarrow \text{stator frekansı} = 50Hz$$

$$L_r = \frac{0,0619}{2\pi \times 50} H = 197\mu H = L_r$$

$$c) \text{ Kalkışta } s = 1 = s_{Tmax} = \frac{r_2'_{\text{Toplam}}}{\sqrt{r_1'^2 + (x_1 + x_2')^2}} = \frac{r_2'_{\text{Toplam}}}{\sqrt{1^2 + 1,97^2} \Omega} = 1$$

$$r_2'_{\text{Toplam}} = 2,21\Omega = \underset{0,2\Omega}{r_2'} + r_2'_{\text{ilave}} \rightarrow r_2'_{\text{ilave}} = 2,01\Omega$$

$$r_2'_{\text{ilave}} = \frac{r_2'_{\text{ilave}}}{4^2} = \frac{2,01\Omega}{16} = 0,1256\Omega$$



Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre
 Δ bağlantı $\rightarrow V_1 = 200V$, $n_s = \frac{120 \times 50}{6} \text{ dev/dk} = 1000 \text{ dev/dk}$, $s = \frac{1000 - 1070}{1000} = -0,07$

$S < 0$ olduğu için kina jeneratör modunda çalışmaktadır. Bu yüzden devredeki I_2' ve I_1 yönleri şekildeki gibi tanımlanmıştır. Doğru kullanmak şartıyla tersi olarak da tanımlanabilirdi.

$$P_{Fe} = 3g_c |V_1|^2 = 3 \times 7 \times 10^{-3} \times 200^2 \text{ W} = \boxed{840 \text{ W} = P_{Fe}} : \text{Demir kaybı}$$

$$I_2' = \frac{V_1}{\sqrt{(r_1 + r_2' + r_y) + j(x_1 + x_2')}} = \frac{-200 \text{ A}}{(0,01 + 0,01 - 0,153) + j(0,45 + 0,45)} = \frac{-200}{0,910 \angle 98,4^\circ} \text{ A}$$

akımın yön tanımından dolayı

$$I_2' = \frac{219,8 \text{ A}}{|I_2'|} \angle 81,6^\circ = 32,1 + j217,4 \text{ A}$$

$$P_{cu} = 3 \times (r_1 + r_2') |I_2'|^2 = 3 \times (0,01 + 0,01) \times 219,8^2 \text{ W}$$

$$\boxed{P_{cu} = 2899 \text{ W}} : \text{Bakır kaybı}$$

$$P_{giris} = -P_m = -3r_y |I_2'|^2 = 3 \times 0,153 \times 219,8^2 \text{ W} = \boxed{22175 \text{ W} = P_{giris}}$$

Güçtürme ihmal

$$P_{cikis} = -P_m - P_{Fe} - P_{cu} = 22175 - 840 - 2899 \text{ W} = \boxed{18436 \text{ W} = P_{cikis}}$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{18436}{22175} = \boxed{\%83 = \eta}$$

$$\text{Giris torku} = T_{giris} = \frac{P_{giris}}{\omega_r} ; \quad \omega_r = 2\pi \frac{n_r}{60}$$

$$\omega_r = 2\pi \frac{1070}{60} \text{ rad/s} = 112 \text{ rad/s}$$

$$T_{giris} = \frac{22175}{112} \text{ Nm} = \boxed{198 \text{ Nm} = T_{giris}}$$

$$I_1 = I_2' - I_{10} , \quad I_{10} = (g_c - jb_m) V_1 = (7 - j7) \times 10^{-3} \times (200 + j0) \text{ A}$$

$$I_{10} = 1,4 - j1,4 \text{ A}$$

$$I_1 = 32,1 + j217,4 - 1,4 + j1,4 \text{ A} = 30,7 + j216 \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{218,2 \text{ A}}{|I_1|} \angle 81,9^\circ$$

$$\Delta \text{ için Ölçülen hat akımı} : |I_h| = \sqrt{3} |I_1| = \sqrt{3} \times 218,2 \text{ A} = \underline{\underline{377,9 \text{ A} = |I_h|}}$$

Dikkat : İstenirse jeneratörün çıkış gücü söyle de bulunabilirdi:

$$P_{cikis} = \text{Gessel} \{ 3 V_1 I_1^* \} = 3 \times 200 \text{ V} \times 218,2 \text{ A} \times \cos(0^\circ - 81,9^\circ)$$

$$P_{cikis} = 18446 \text{ W} \rightarrow \text{hesaplardaki hassasiyet farkı ile} \approx 18436 \text{ W}$$

$$3) r_1 \approx 0 \Rightarrow X_s \approx Z_s$$

$$I_f = 4,3 A \Rightarrow V_t: \text{anma değeri}, I_a = \frac{12,0}{4,0} \times 4,3 A = 12,9 A \quad (\text{orantı ile})$$

$$X_{s(\text{doymuş})} = \frac{380 V}{12,9 A / \sqrt{3}} = 51 \Omega = X_{s(\text{doymuş})}$$

→ sürgen

Doymamış için ADK'nın doğrusal bölgesini mesela $I_f = 2,0 A$ kullanalım:

$$X_{s(\text{doymamış})} = \frac{200 V}{6,0 A / \sqrt{3}} = 57,7 \Omega = X_{s(\text{doymamış})}$$

$$\text{Anma akımı (hat)} = I_a^* = \frac{6 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 380 V} = 9,12 A$$

KDK'da bu akımı veren uyartım akımı, doğru orantıyla:

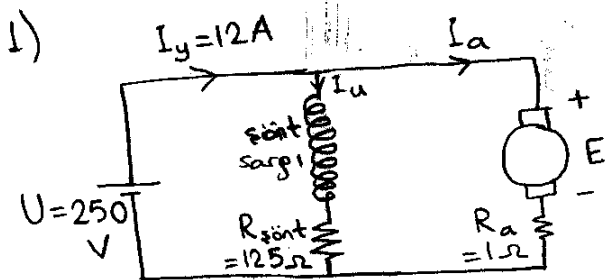
$$\frac{4,0}{12,0} \times 9,12 A = 3,04 A$$

ADK'da anma gerilimini veren uyartım akımı = 4,3 A

$$\text{Kısa devre oranı} = \frac{4,3 A}{3,04 A} = 1,41 = k_{sd}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 YIL SONU SINAVI CEVAP ANAHTARI

19.06.2006 İkinci Öğretim



$$I_u = \frac{U}{R_{sürt}} = \frac{250 V}{125 \Omega} = 2 A$$

$$I_a = I_y - I_u = 12 - 2 A = 10 A$$

$$E = U - R_a I_a = 250 - 1 \times 10 V = 240 V$$

$$\text{Brüt çıkış gücü} = P_m = E I_a = 240 \times 10 W = 2400 W$$

$$\text{Net çıkış gücü} = P_{\text{çıkış}} = T_{\text{çıkış}} \times \omega = 10 \text{ Nm} \times (2\pi \times \frac{2000}{60} \text{ rad/s}) = 2094 W$$

$$\text{Sürtünme güç kaybı} = P_m - P_{\text{çıkış}} = 2400 - 2094 W = 306 W = P_{sürt}$$

$$\text{Bakır kaybı} = P_{cu} = 125 \Omega \times (2 A)^2 + 1 \Omega \times (10 A)^2 = 600 W = P_{cu}$$

$$\text{Giriş gücü} = P_{\text{giriş}} = 250 V \times 12 A = 3000 W$$

$$\text{Verim} = \eta = 2094 / 3000 = \%70 = \eta$$

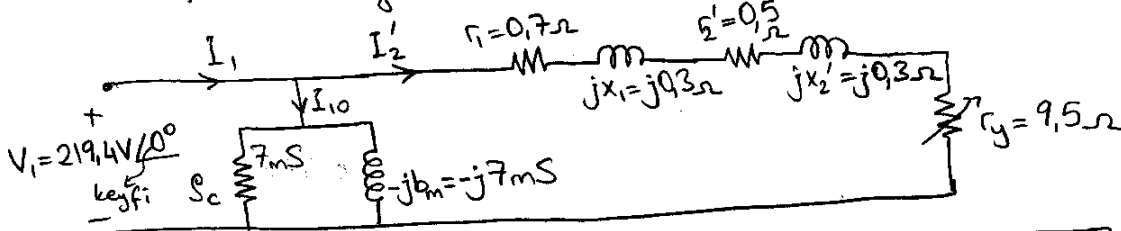
2) Y bağlantı $\rightarrow V_1 = 380V/\sqrt{3} = 219,4V$

$n_s = \frac{120 \times 50}{4} \text{ dev/dk} = 1500 \text{ dev/dk}$

$s = \frac{1500 - 1425}{1500} = 0,05$

Mekanik güce karşılık gelen direnç $= r_y = \frac{r_2'}{s}(1-s) = \frac{0,5\Omega \times 0,95}{0,05} = 9,5\Omega$

Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devre:



$P_{Fe} = 3 \times g_c |V_1|^2 = 3 \times 7 \times 10^{-3} \times 219,4^2 \text{ W} = \boxed{1011 \text{ W} = P_{Fe}}$: Demir kaybı

$I_2' = \frac{V_1}{(r_1 + r_2' + r_y) + j(x_1 + x_2')} = \frac{219,4 + j0}{(0,7 + 0,5 + 9,5) + j(0,3 + 0,3)} \text{ A} = \frac{|I_2'|}{\angle -3,2^\circ} = 20,47 \text{ A} \angle -3,2^\circ$
 $= 20,44 - j1,14 \text{ A}$

$P_{cu} = 3 \times (r_1 + r_2') |I_2'|^2 = 3 \times (0,7 + 0,5) \times 20,47^2 \text{ W} = \boxed{1508 \text{ W} = P_{cu}}$: Bakır kaybı

Brüt ağış gücü $= P_m = 3 r_y |I_2'|^2 = 3 \times 9,5 \times 20,47^2 \text{ W} = 11942 \text{ W} = P_m$

$P_{ağış} = P_m - P_{sürt} = 11942 - 500 \text{ W} = \boxed{11442 \text{ W} = P_{ağış}}$: Net ağış gücü

$P_{giriş} = P_m + P_{cu} + P_{Fe} = 11942 + 1508 + 1011 \text{ W} = \boxed{14461 \text{ W} = P_{giriş}}$: Giriş gücü

Verim $= \eta = \frac{11442}{14461} = \boxed{\%79 = \eta}$

Net ağış torku $= T_{ağış} = \frac{P_{ağış}}{\omega_r} = \frac{11442 \text{ W}}{2\pi \frac{1425}{60} \text{ rad/s}} = \boxed{76,7 \text{ Nm} = T_{ağış}}$

$I_1 = I_2' + I_{10}$, $I_{10} = (g_c - jb_m) V_1 = (7 - j7) \times 10^{-3} \times 219,4 \angle 0^\circ$
 $= 1,54 - j1,54 \text{ A}$

$I_1 = 20,44 - j1,14 + 1,54 - j1,54 \text{ A} = 21,98 - j2,68 \text{ A} = \frac{22,14 \text{ A}}{\angle -6,95^\circ} = I_1$

Y için ölçülen hat akımı $= |I_h| = |I_1| = \underline{\underline{22,14 \text{ A} = |I_h|}}$

Dikkat: İstenirse motorun giriş gücü şöyle de bulunabilirdi:

$P_{giriş} = \text{Gerçek} \{ 3 V_1 I_1^* \} = 3 \times 219,4 \text{ V} \times 22,14 \text{ A} \times \cos(0^\circ - [-6,95^\circ])$

$P_{giriş} = 14465 \text{ W} \rightarrow \text{hesaplardaki hassasiyet farkı ile } \approx 14461 \text{ W}$

$$3) \text{ Kalkışta } s=1 = s_{\text{max}} = \frac{r'_{2\text{Toplam}}}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x'_2)^2}} = \frac{r'_{2\text{Toplam}}}{\sqrt{0,7^2 + (0,3+0,3)^2}} = 1$$

$$r'_{2\text{Toplam}} = 0,922 \, \Omega = \underset{0,5 \, \Omega}{r'_2} + r'_{2\text{ilave}} \rightarrow r'_{2\text{ilave}} = 0,922 - 0,5 \, \Omega = 0,422 \, \Omega$$

$$r_{2\text{ilave}} = \frac{r'_{2\text{ilave}}}{(N_1/N_2)^2} = \frac{0,422 \, \Omega}{6^2} = \boxed{0,0117 \, \Omega = r_{2\text{ilave}}}$$

4) ADK 'da aynı uyartım akımına karşılık gelen gerilimler frekansla doğru orantılıdır. Yani 50 Hz 'deki ADK gerilimlerini $60/50 = 1,2$ ile çarparak 60 Hz 'deki ADK sonuçlarını buluruz:

60 Hz için ADK:

$I_f (A)$	$V_t (V)$
1,0	$50 \times 1,2 = 60$
2,0	$100 \times 1,2 = 120$
5,0	$200 \times 1,2 = 240 \rightarrow \text{anma değeri}$

KDK sonuçları ise $r_1 \approx 0$ için frekanstan bağımsızdır. Çünkü hem E_f , hem de X_s frekansla aynı oranda değişir.

Buna göre $r_1 \approx 0$ için $X_s \approx Z_s$ olduğundan:

$$X_{s(\text{doymuş})} = \frac{240V/\sqrt{3}}{15A} \quad (\gamma \text{ olduğu için})$$

$$\boxed{X_{s(\text{doymuş})} = 9,24 \, \Omega}$$

Doymamış için ADK 'nın doğrusal bölgesini, mesela

$I_f = 1,0 A$ 'i kullanalım:

$$X_{s(\text{doymamış})} = \frac{60V/\sqrt{3}}{3A} = \boxed{11,55 \, \Omega = X_{s(\text{doymamış})}}$$