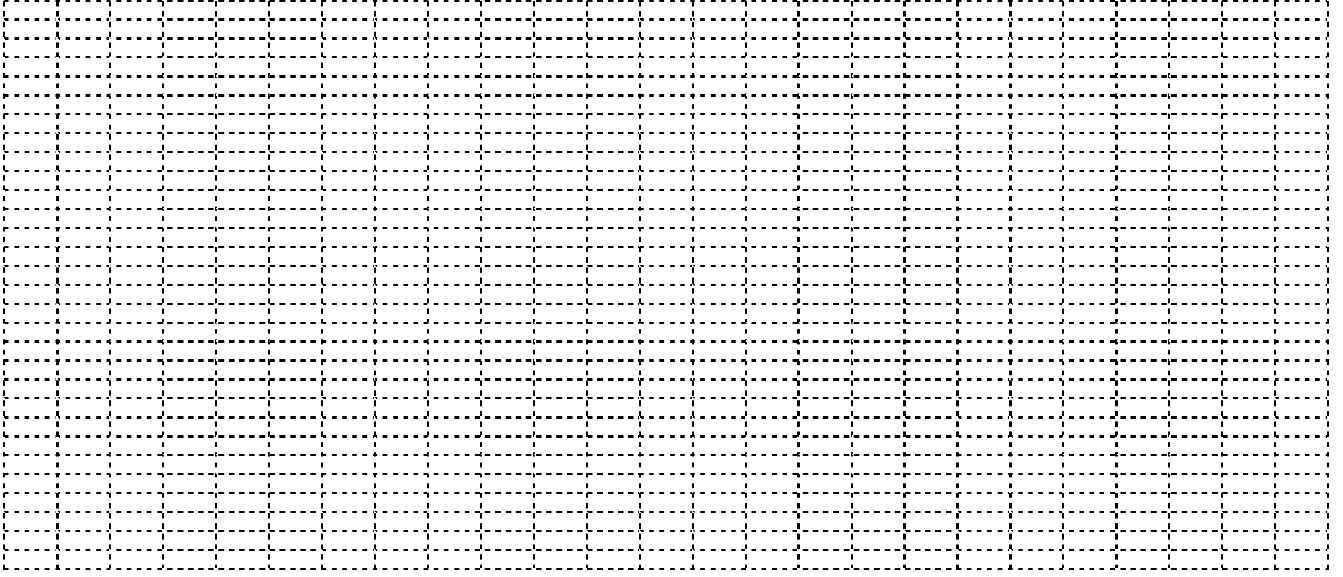


Öğrenci No		1	2	3	4	TOPLAM
Adı Soyadı						

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV SORULARI
28 Nisan 2011 Süre: 60 dakika

1) Aşağıdaki şekilde 1 birimlik yükseklik için aldığımız değeri yazınız: $\times \hat{I}$



A1	A2	A3	A4	-C1	-C2	-C3	-C4	B1	B2	B3	B4	-A5	-A6	-A7	-A8	C5	C6	C7	C8	-B5	-B6	-B7	-B8
-B3	-B4	A5	A6	A7	A8	-C5	-C6	-C7	-C8	B5	B6	B7	B8	-A1	-A2	-A3	-A4	C1	C2	C3	C4	-B1	-B2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Bir ac makina statorunda 24 oluk vardır ve Y bağlı sargıları oluklara çift katlı olarak şekildeki gibi yerleştirilmiştir. Stator ve rotor manyetik geçirgenliği $\mu \approx \infty$ ve hava aralığı düzgündür (silindirik). Her stator sargısı N = 10 sarımlıdır.

a) Stator dan $i_A = \hat{I} \cos \omega t$, $i_B = \hat{I} \cos(\omega t - 120^\circ)$, $i_C = \hat{I} \cos(\omega t - 240^\circ)$ biçiminde dengeli üç fazlı akım geçiyorsa göre hava aralığında stator tarafından üretilen mmk dağılımını $\omega t = 120^\circ$ anı için çiziniz.

b) Bu sargılara uygulanan manyetik akı sonucu iletken başına endüklenen gerilimin temel bileşen, 3. ve 5. harmonik etkin değerleri sırasıyla $E_{1rms}/iletken = 3,0V$, $E_{3rms}/iletken = 1,8V$, $E_{5rms}/iletken = 1,2V$ olduğuna göre, faz-nötr ve fazlar arası gerilimlerin etkin değerlerini tüm harmoniklerin bileşkesi olarak bulunuz.

$$k_{un} = \left| \sin\left(\frac{n\rho}{2}\right) \right| \quad k_{dn} = \left| \frac{\sin(qn\gamma/2)}{q \sin(n\gamma/2)} \right| \quad (40 \text{ puan})$$

2) Üç fazlı ac makinalarda, sargılarda endüklenen gerilimin 5. harmoniğini sargı uzanım katsayısıyla yok etmek için mümkün olan en küçük sayılardan oluşan toplam oluk sayısı, kutup sayısı ve oluk sayısı cinsinden sargı uzanımı takımını bulunuz. Fakat sargı uzanımını elektriksel 90° 'den küçük veya 270° 'den büyük seçmeyiniz. (15 puan)

3) Üç fazlı, 50 Hz'lik Δ / Y bağlı bilezikli bir asenkron motora yüksüz çalışma ve kilitli rotor testleri yapılırca stator dan hat ölçümleri aşağıdaki gibi alınıyor:

	Stator Hat Ölçümleri		
	Gerilim	Akım	Güç
Yüksüz çalışma testi	1000 V	1,20 A	1800 W
Kilitli rotor testi	46,2 V	40,0 A	2100 W

Ayrıca statorun iki hat ucu arasından ölçülen direnç (üçüncü hat ucu boştayken) $0,44 \Omega$ olmaktadır. Son olarak da rotor sargı uçları açık devre ediliyor ve stator dan fazlar arası 220 V uygulanınca rotordan da fazlar arası 190V ölçülüyor. Motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Ayrıca rotor sargısının kaçak endüktansı ile direncini de rotor tarafındaki değerleriyle bulunuz.

(30 puan)

4) Etiketinde 50 Hz'lik, 350 devir/dakika'lık olduğu yazan bir asenkron motorun kutup sayısı en muhtemelen kaçtır? Anma değerlerinde çalışırkenki kayması nedir? Bu motorun 60 Hz'deki senkron hızı nedir? (15 puan)

BAŞARILAR ...

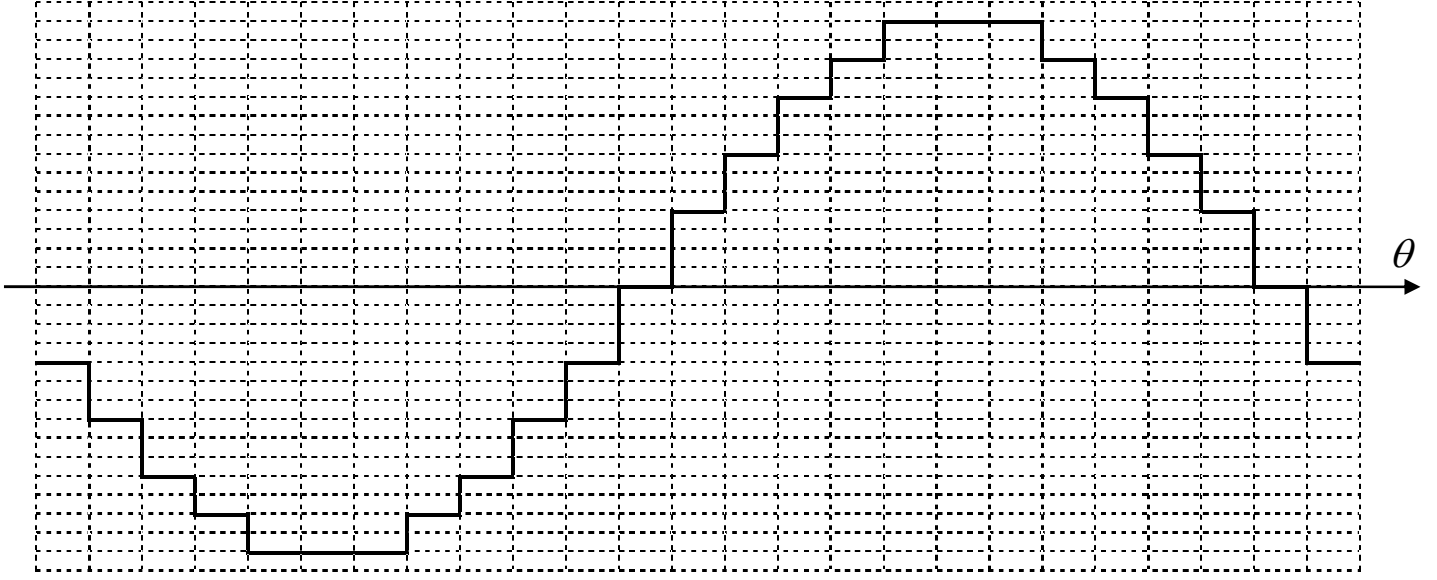
Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV CEVAP ANAHTARI
28 Nisan 2011

1) a) $\omega t = 120^\circ$ anı için $i_B = \hat{I}$, $i_A = i_C = -\hat{I}/2$

$N = 10$ olduğundan her bir B sargısı $Ni_B = 10\hat{I}$, her bir A veya C sargısı da $Ni_A = Ni_C = -5\hat{I}$ kadar seviye değişimi yapar. (Eksi işaretli kenarları da bunların eksisi kadar.) Bunların iki kat sargı için toplamı (\hat{I} 'nin kaç katı olduğu) aşağıda oluk numaralarının altında gösterilmiştir.

Aşağıdaki şekilde 1 birimlik yükseklik için alınan değer: $5 \times \hat{I}$



A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	-C ₁	-C ₂	-C ₃	-C ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	-A ₅	-A ₆	-A ₇	-A ₈	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	-B ₅	-B ₆	-B ₇	-B ₈
-B ₃	-B ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	-C ₅	-C ₆	-C ₇	-C ₈	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	-A ₁	-A ₂	-A ₃	-A ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	-B ₁	-B ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
-15	-15	-10	-10	0	0	10	10	15	15	20	20	15	15	10	10	0	0	-10	-10	-15	-15	-20	-20

$\times \hat{I}$

b) Önce sargı uzanım ve dağılım katsayılarını bulmalıyız. MMK dağılımı (veya faz sargılarının oluklara yerleşimi) statorun bir turu boyunca 1 tam periyot yaptığı için makina 1 çift kutupludur: $P = 2$

Elektriksel oluk açısı: $\gamma = \frac{360^\circ}{24 \text{ oluk}} \cdot \frac{P}{2} = 15^\circ / \text{oluk}$

A_1 : 1. olukta, $-A_1$: 15. olukta olduğu için sargı uzanımı = $15 - 1 = 14$ oluk (Tüm sargılarda da uzanım aynı)

Elektriksel sargı uzanımı: $\rho = 14 \cdot \gamma = 210^\circ$

$k_{un} = \left| \sin\left(\frac{n \cdot 210^\circ}{2}\right) \right|$ Harmoniklere göre uzanım katsayıları

$k_{u1} = \left| \sin(1 \times 105^\circ) \right| = 0,9659$ $k_{u3} = \left| \sin(3 \times 105^\circ) \right| = 0,7071$ $k_{u5} = \left| \sin(5 \times 105^\circ) \right| = 0,2588$

Aynı katta aynı faz sargısından yan yana 4 olukta bulunduğu için faz-kutup başına oluk sayısı: $q = 4$

$k_{dn} = \left| \frac{\sin(4n \cdot 15^\circ / 2)}{4 \sin(n \cdot 15^\circ / 2)} \right| = \left| \frac{\sin(n \cdot 30^\circ)}{4 \sin(n \cdot 7,5^\circ)} \right|$ Harmoniklere göre dağılım katsayıları

$k_{d1} = \left| \frac{\sin(30^\circ)}{4 \sin(7,5^\circ)} \right| = 0,9577$ $k_{d3} = \left| \frac{\sin(90^\circ)}{4 \sin(22,5^\circ)} \right| = 0,6533$ $k_{d5} = \left| \frac{\sin(150^\circ)}{4 \sin(37,5^\circ)} \right| = 0,2053$

Harmoniklere göre sargı başına endüklenen gerilim $E_{n \text{ rms}} / \text{sargı} = 2Nk_{un} (E_{n \text{ rms}} / \text{iletken})$

$E_{1 \text{ rms}} / \text{sargı} = 2 \times 10 \times 0,9659 \times 3,0V = 57,95V$ $E_{3 \text{ rms}} / \text{sargı} = 2 \times 10 \times 0,7071 \times 1,8V = 25,46V$

$E_{5 \text{ rms}} / \text{sargı} = 2 \times 10 \times 0,2588 \times 1,2V = 6,21V$

Aynı fazdan $N_{\text{faz}} = 8$ farklı numaralı sargı var. (Veya $N_{\text{faz}} = \frac{24 \text{ oluk}}{3 \text{ faz}} \times \frac{1 \text{ sargı}}{2 \text{ oluk}} \times 2 \text{ kat} = 8 \text{ sargı/faz}$)

Harmoniklere göre faz başına endüklenen gerilim $E_{n\text{rms}}/\text{faz} = N_{\text{faz}} k_{dn} (E_{n\text{rms}}/\text{sargı})$

$$E_{1\text{rms}}/\text{faz} = 8 \times 0,9577 \times 57,95V = 443,99V$$

$$E_{3\text{rms}}/\text{faz} = 8 \times 0,6533 \times 25,46V = 133,06V$$

$$E_{5\text{rms}}/\text{faz} = 8 \times 0,2053 \times 6,21V = 10,20V$$

Bütün harmonikler birlikte faz-nötr etkin gerilimi: $E_{\text{rms}}/\text{faz} = \sqrt{443,99^2 + 133,06^2 + 10,20^2} V = 464V$

Y bağlantıda 3'ün tam katı numaralı harmonikler fazlar arası gerilimde görülmeyeceği için tüm harmonikler

birlikte fazlar arası gerilim etkin değeri: $E_{\text{rms}}(\text{fazlar arası}) = \sqrt{3} \cdot \sqrt{443,99^2 + 10,20^2} V = 769V$

2) $k_{u5} = \left| \sin\left(\frac{5\rho}{2}\right) \right| = 0$ olması için $5\rho/2 = m \cdot 180^\circ$ (elektiriksel) olmalıdır (m herhangi bir pozitif tamsayı)

En küçük ρ için $m = 1$ seçersek $\rho < 90^\circ$ olacağından $m = 2$ seçmeliyiz. Böylece $5\rho/2 = 2 \times 180^\circ$ olur.

Oluk sayısı cinsinden yazarsak, elektiriksel 180° yerine kutup uzanımını, yani toplam oluk sayısının (N_o diyelim)

kutup sayısına (P) oranını, ρ yerine de oluk sayısı cinsinden sargı uzanımını (ρ_o diyelim) yazarız:

$$5\rho_o/2 = 2N_o/P \quad \rightarrow \quad \rho_o = \frac{4N_o}{5P} \quad \text{olur. } N_o \text{ kutup sayısının tam katı olmalıdır. Bu yüzden en küçük } N_o$$

için en küçük kutup sayısını, $P = 2$, seçeriz. Böylece $\rho_o = \frac{2N_o}{5}$

N_o aynı zamanda faz sayısının da (3'ün) tam katı olmalıdır. Kutup sayısının da tam katı olduğundan çift sayı olması gerekir. ρ_o da tam sayı olacağından, N_o , hem 2, hem 3, hem de 5'in tam katı olmalıdır ki en küçük pozitif değer $N_o = 30$ oluk olmalıdır. O zaman $\rho_o = 2 \times 30/5 = 12$ oluk olur. Ayrıca $P = 2$ demiştik.

$$\text{Sağlamasını yapalım: } \rho = 12 \times \frac{360^\circ}{30} \times \frac{P}{2} = 144^\circ (\text{elk}) \quad \rightarrow \quad k_{u5} = \left| \sin\left(\frac{5 \times 144^\circ}{2}\right) \right| = \left| \sin 360^\circ \right| = 0$$

3) Stator Δ olduğundan tek faz değerleri, $V_{10} = 1000V$, $I_{10} = 1,20A/\sqrt{3} = 0,693A$, $P_{10} = 1800W/3 = 600W$

$$V_{1k} = 46,2V, \quad I_{1k} = 40A/\sqrt{3} = 23,09A, \quad P_{1k} = 2100W/3 = 700W, \quad r_1 = 0,44\Omega \times 3/2 = 0,66\Omega \text{ bulunur.}$$

$$Y_0 = \frac{0,693A}{1000V} = 693\mu S \quad g_c = \frac{600W}{(1000V)^2} = 600\mu S \quad b_m = \sqrt{693^2 - 600^2} \mu S = 347\mu S$$

$$Z_k = \frac{46,2V}{23,09A} = 2,0\Omega \quad (r_1 + r'_2) = \frac{700W}{(23,09A)^2} = 1,31\Omega \quad r'_2 = 1,31\Omega - 0,66\Omega = 0,65\Omega$$

$$(x_1 + x'_2) = \sqrt{2,0^2 - 1,31^2} \Omega = 1,51\Omega \quad x_1 = x'_2 = 0,75\Omega$$

Rotor sargı uçları açıkken tek faz gerilimleri stator (Δ) $220V$, rotorda (Y) $190V/\sqrt{3} = 110V$

Stator/Rotor sarım oranı $N_1/N_2 = 220/110 = 2$

Kendi tarafındaki değerleriyle $r_2 = (N_2/N_1)^2 r'_2 = 0,65\Omega/2^2 = 0,163\Omega$ (rotor sargısı direnci)

$$x_2 = 0,75\Omega/2^2 = 0,189\Omega \quad (\text{stator frekansında hesaplanmış} = 2\pi f L_{2k})$$

$$\text{Rotor sargısı kaçak endüktansı ise: } L_{2k} = \frac{0,189\Omega}{2\pi \times 50\text{Hz}} = 602\mu H$$

$$4) n_r \approx n_s \quad \rightarrow \quad 350 \approx \frac{120 \times 50}{P} \quad \rightarrow \quad P \approx 6000/350 \approx 17,1$$

Aslında $n_r < n_s$ olduğundan $P < 17,1$ ve çift sayı olmalıdır. Yani $P = 16$ kutupludur.

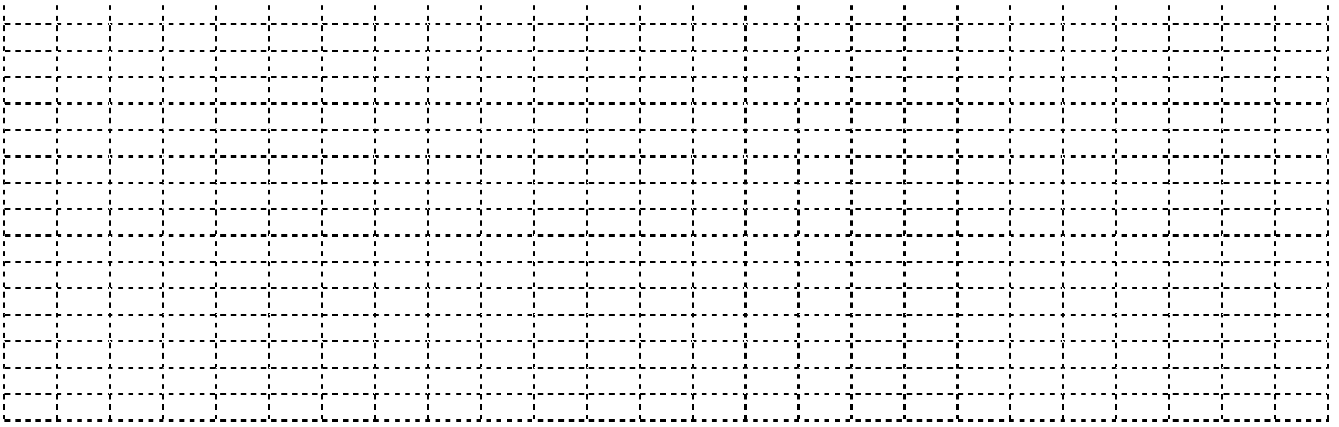
$$n_s = \frac{120 \times 50}{16} \text{ devir/dakika} = 375 \text{ devir/dakika} \quad \rightarrow \quad \text{Anma değerlerindeki kayma: } s = \frac{375 - 350}{375} = 0,0667$$

$$60 \text{ Hz'deki senkron hızı ise } n_s = \frac{120 \times 60}{16} \text{ devir/dakika} = 450 \text{ devir/dakika}$$

Öğrenci No		1	2	3	TOPLAM
Adı Soyadı					

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV SORULARI
20 Nisan 2012 Süre: 60 dakika

1) Aşağıdaki şekilde 1 birimlik yükseklik için aldığımız değeri yazınız: $\times \hat{I}$



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 ₈	-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

Bir ac makina statorunda 24 oluk vardır ve Y bağlı sargıları oluklara çift katlı olarak şekildeki gibi yerleştirilmiştir. Stator ve rotor manyetik geçirgenliği $\mu \approx \infty$ ve hava aralığı düzgündür (silindirik). Her stator sargısı N = 10 sarımlıdır.

a) Statordan $i_A = \hat{I} \cos \omega t$, $i_B = \hat{I} \cos(\omega t - 120^\circ)$, $i_C = \hat{I} \cos(\omega t - 240^\circ)$ biçiminde dengeli üç fazlı akım geçiyorsa göre hava aralığında stator tarafından üretilen mmk dağılımını $\omega t = 180^\circ$ anı için çiziniz.

b) Bu sargılara uygulanan manyetik akı sonucu iletken başına endüklenen gerilimin temel bileşen, 3. ve 5. harmonik etkin değerleri sırasıyla $E_{1rms}/iletken = 6,0V$, $E_{3rms}/iletken = 3,2V$, $E_{5rms}/iletken = 2,4V$ olduğuna göre, faz-nötr ve fazlar arası gerilimlerin etkin değerlerini tüm harmoniklerin bileşkesi olarak bulunuz.

$$k_{un} = \left| \sin\left(\frac{n\rho}{2}\right) \right| \quad k_{dn} = \left| \frac{\sin(qn\gamma/2)}{q \sin(n\gamma/2)} \right| \quad (35 \text{ puan})$$

2) Üç fazlı, 50 Hz'lik Δ / Y bağlı bilezikli bir asenkron motora yüksüz çalışma ve kilitli rotor testleri yapılınc statordan hat ölçümleri aşağıdaki gibi alınıyor:

	Stator Hat Ölçümleri		
	Gerilim	Akım	Güç
Yüksüz çalışma testi	15000 V	2,0 A	21,0 kW
Kilitli rotor testi	300 V	40,0 A	16,0 kW

Ayrıca statorun iki hat ucu arasından ölçülen direnç (üçüncü hat ucu boştayken) 4,20 Ω olmaktadır. Son olarak da rotor sargı uçları açık devre ediliyor ve statordan fazlar arası 12000 V uygulanınca rotordan da fazlar arası 4157 V ölçülüyor. Motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Ayrıca rotor sargısının kaçak endüktansı ile direncini de rotor tarafındaki değerleriyle bulunuz.

(25 puan)

3) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 2400V'luk, 950 devir/dakika'lık, statoru **yıldız(Y)** bağlı bir asenkron motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 1,2\Omega, \quad r'_2 = 1\Omega, \quad x_1 = x'_2 = 8\Omega, \quad g_c = 1,2mS, \quad b_m = 8,5mS$$

Bu motor anma değerleriyle çalışırken sürtnme kaybı 12kW'tır. Motorun verimini, çıkış torkunu, stator hat akımının büyüklüğünü ve giriş güç faktörünü bulunuz. (40 puan)

BAŞARILAR ...

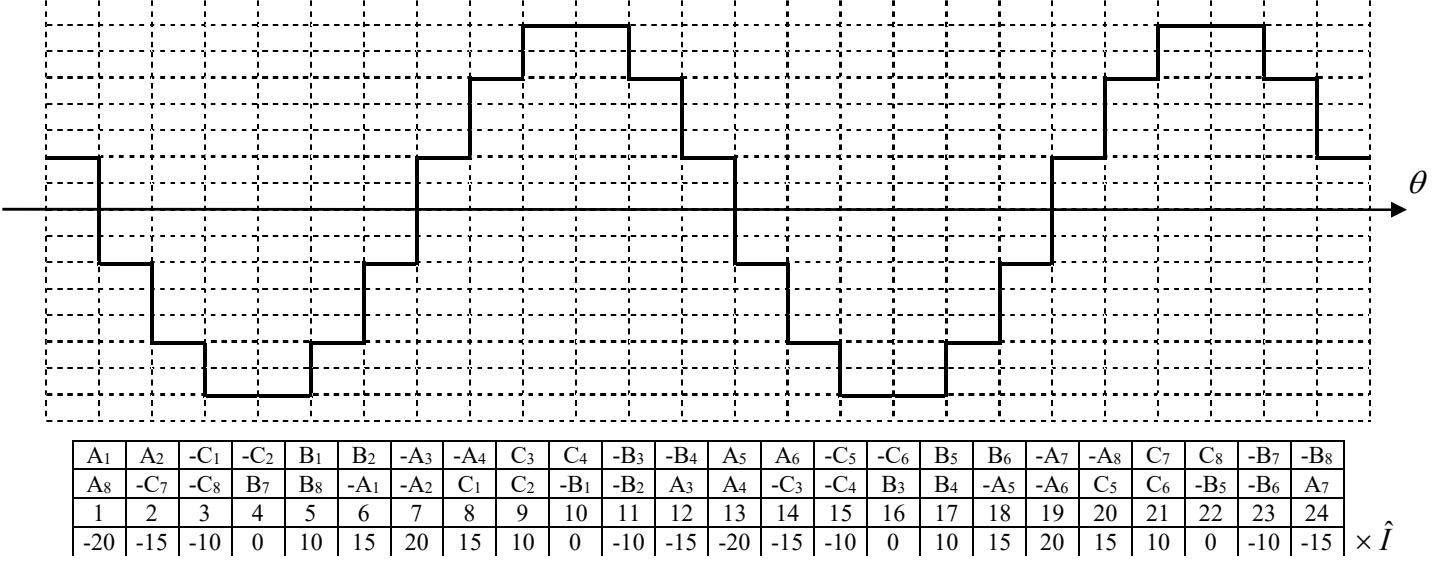
Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV CEVAP ANAHTARI
20 Nisan 2012

1) a) $\omega t = 180^\circ$ anı için $i_A = -\hat{I}$, $i_B = i_C = \hat{I}/2$

$N = 10$ olduğundan her bir A sargısı $Ni_A = -10\hat{I}$, her bir B veya C sargısı da $Ni_B = Ni_C = 5\hat{I}$ kadar seviye değişimi yapar. (Eksi işaretli kenarları da bunların eksisi kadar.) Bunların iki kat sargı için toplamı (\hat{I} 'nin kaç katı olduğu) aşağıda oluk numaralarının altında gösterilmiştir.

Aşağıdaki şekilde 1 birimlik yükseklik için alınan değer: $5 \times \hat{I}$



b) Önce sargı uzanım ve dağılım katsayılarını bulmalıyız. MMK dağılımı (veya faz sargılarının oluklara yerleşimi) statorun bir turu boyunca 2 tam periyot yaptığı için makina 2 **çift** kutupludur: $P = 4$

Elektriksel oluk açısı: $\gamma = \frac{360^\circ}{24 \text{ oluk}} \frac{P}{2} = 30^\circ / \text{oluk}$

A_1 : 1. olukta, $-A_1$: 6. olukta olduğu için sargı uzanımı = 6-1 = 5 oluk (Tüm sargılarda da uzanım aynı)
Elektriksel sargı uzanımı: $\rho = 5 \cdot \gamma = 150^\circ$

$k_{un} = \left| \sin\left(\frac{n \cdot 150^\circ}{2}\right) \right|$ Harmoniklere göre uzanım katsayıları

$k_{u1} = \left| \sin(1 \times 75^\circ) \right| = 0,9659$ $k_{u3} = \left| \sin(3 \times 75^\circ) \right| = 0,7071$ $k_{u5} = \left| \sin(5 \times 75^\circ) \right| = 0,2588$

Aynı katta aynı faz sargısından yan yana 2 olukta bulunduğu için faz·kutup başına oluk sayısı: $q = 2$

$k_{dn} = \left| \frac{\sin(2n \cdot 30^\circ/2)}{2 \sin(n \cdot 30^\circ/2)} \right| = \left| \frac{\sin(n \cdot 30^\circ)}{2 \sin(n \cdot 15^\circ)} \right|$ Harmoniklere göre dağılım katsayıları

$k_{d1} = \left| \frac{\sin(30^\circ)}{2 \sin(15^\circ)} \right| = 0,9659$ $k_{d3} = \left| \frac{\sin(90^\circ)}{2 \sin(45^\circ)} \right| = 0,7071$ $k_{d5} = \left| \frac{\sin(150^\circ)}{2 \sin(75^\circ)} \right| = 0,2588$

Harmoniklere göre sargı başına endüklenen gerilim $E_{n \text{ rms}} / \text{sargı} = 2Nk_{un} (E_{n \text{ rms}} / \text{iletken})$

$$E_{1\text{rms}}/\text{sargı} = 2 \times 10 \times 0,9659 \times 6,0V = 115,91V \quad E_{3\text{rms}}/\text{sargı} = 2 \times 10 \times 0,7071 \times 3,2V = 45,25V$$

$$E_{5\text{rms}}/\text{sargı} = 2 \times 10 \times 0,2588 \times 2,4V = 12,42V$$

$$\text{Aynı fazdan } N_{\text{faz}} = 8 \text{ farklı numaralı sargı var. (Veya } N_{\text{faz}} = \frac{24\text{oluk}}{3 \text{ faz}} \times \frac{1 \text{ sargı}}{2 \text{ oluk}} \times 2 \text{ kat} = 8 \text{ sargı/faz)}$$

$$\text{Harmoniklere göre faz başına endüklenen gerilim } E_{n\text{rms}}/\text{faz} = N_{\text{faz}} k_{dn} (E_{n\text{rms}}/\text{sargı})$$

$$E_{1\text{rms}}/\text{faz} = 8 \times 0,9659 \times 115,91V = 895,6V \quad E_{3\text{rms}}/\text{faz} = 8 \times 0,7071 \times 45,25V = 256,0V$$

$$E_{5\text{rms}}/\text{faz} = 8 \times 0,2588 \times 12,42V = 25,7V$$

$$\text{Bütün harmonikler birlikte faz-nötr etkin gerilimi: } E_{rms}/\text{faz} = \sqrt{895,6^2 + 256,0^2 + 25,7^2} V = 932V$$

Y bağlantıda 3'ün tam katı numaralı harmonikler fazlar arası gerilimde görülmeyeceği için tüm harmonikler birlikte fazlar arası gerilim etkin değeri:

$$E_{rms}(\text{fazlar arası}) = \sqrt{3} \cdot \sqrt{895,6^2 + 25,7^2} V = 1552V$$

2) Stator Δ olduğundan tek faz değerleri, $V_{10} = 15000V$, $I_{10} = 2,0A/\sqrt{3} = 1,155A$, $P_{10} = 21 kW/3 = 7000 W$

$V_{1k} = 300 V$, $I_{1k} = 40A/\sqrt{3} = 23,09A$, $P_{1k} = 16 kW/3 = 5333 W$, $r_1 = 4,2 \Omega \times 3/2 = 6,3 \Omega$ bulunur.

$$Y_0 = \frac{1,155A}{15000V} = 77 \mu S \quad g_c = \frac{7000W}{(15000V)^2} = 31 \mu S \quad b_m = \sqrt{77^2 - 31^2} \mu S = 70 \mu S$$

$$Z_k = \frac{300V}{23,09A} = 13,0 \Omega \quad (r_1 + r'_2) = \frac{5333W}{(23,09A)^2} = 10,0 \Omega \quad r'_2 = 10,0 \Omega - 6,3 \Omega = 3,7 \Omega$$

$$(x_1 + x'_2) = \sqrt{13,0^2 - 10,0^2} \Omega = 8,3 \Omega \quad x_1 = x'_2 = \frac{8,3 \Omega}{2} = 4,15 \Omega$$

Rotor sargı uçları açıkken tek faz gerilimleri stator da (Δ) $12000 V$, rotorda (Y) $4157 V/\sqrt{3} = 2400 V$

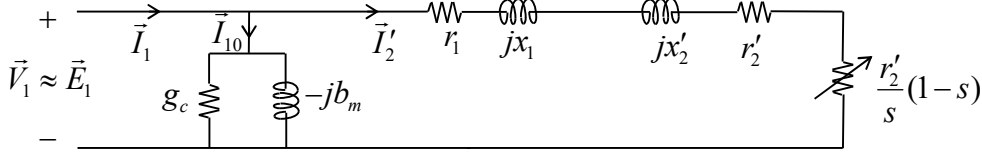
Stator/Rotor sarım oranı $N_1/N_2 = 12000/2400 = 5$

Kendi tarafındaki değerleriyle $r_2 = (N_2/N_1)^2 r'_2 = 3,7 \Omega/5^2 = 0,148 \Omega$ (rotor sargısı direnci)

$x_2 = 4,15 \Omega/2^2 = 0,166 \Omega$ (stator frekansında hesaplanmış $= 2\pi f L_{2k}$)

Rotor sargısı kaçak endüktansı ise: $L_{2k} = \frac{0,166 \Omega}{2\pi \times 50Hz} = 528 \mu H$

3)



$950 \text{ dev/dak} = n_r < n_s = \frac{120 \times 50}{P} \text{ dev/dak}$ olduğu için kutup sayısı (P) en fazla 6 olabilir. Asenkron motorda aksi söylenmedikçe senkron hız (n_s) gerçek hıza en yakın ve ondan biraz büyük değer olacağı için $P = 6$ kutupludur ve $n_s = 1000 \text{ dev/dak}$ 'dır. Kayma ve elektromekanik güce karşılık gelen direnç ise

$$s = \frac{1000 - 950}{1000} = 0,05 \quad \rightarrow \quad r_y = \frac{r_2'}{s}(1-s) = \frac{1 \Omega \cdot (1-0,05)}{0,05} = 19 \Omega$$

Y olduğundan, $V_1 = 2400V/\sqrt{3} = 1386V$. Akım veya gerilimlerden ilki olduğu için açısını keyfi olarak sıfır alabiliriz. $\vec{V}_1 = 1386V \angle 0^\circ$

$$\rightarrow \vec{I}_2' = \frac{1386}{(1,2+1+19) + j(8+8)} A = \frac{1386}{26,56 \angle 37,04^\circ} A = 52,17 A \angle -37,04^\circ$$

$$P_{Cu} = 3 \cdot (1,2+1) \cdot 52,17^2 W = 17,96 kW, \quad P_{Fe} = 3 \times 0,0012 \times 1386^2 W = 6,91 kW, \quad P_{sirr} = 12 kW,$$

$$P_m = 3 \times 19 \times 52,17^2 W = 155,14 kW \text{ (brüt çıkış gücü)}$$

$$\text{Net çıkış gücü: } P_\zeta = 155,14 kW - 12 kW = 143 kW$$

$$\text{Giriş gücü: } P_g = 155,14 kW + 17,96 kW + 6,91 kW = 180 kW$$

$$\text{Verim} = \frac{143}{180} = \%79,5$$

$$\omega_r = \frac{\pi}{30} \cdot 950 \text{ rad/s} = 99,5 \text{ rad/s}$$

$$\text{Net çıkış torku: } T_\zeta = \frac{143 kW}{99,5 \text{ rad/s}} = 1439 Nm$$

$$\vec{I}_{10} = (1,2 - j8,5) \times 10^{-3} \times 1386 \angle 0^\circ = (1,66 - j11,78) A$$

$$\vec{I}_2' = 52,17 A \angle -37,04^\circ = (41,64 - j31,43) A \quad \vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = (43,30 - j43,21) A = 61,17 A \angle -44,93^\circ$$

Stator Y bağlı olduğu için hat akımının büyüklüğü yine $61,17 A$ 'dir.

Giriş güç faktörü ise

$$\cos(0^\circ - (-44,93^\circ)) = \cos 44,93^\circ = 0,708 \text{ geri (akımın açısı voltajın açısından geride)}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV SORULARI
11 Nisan 2014 Süre:80 dakika

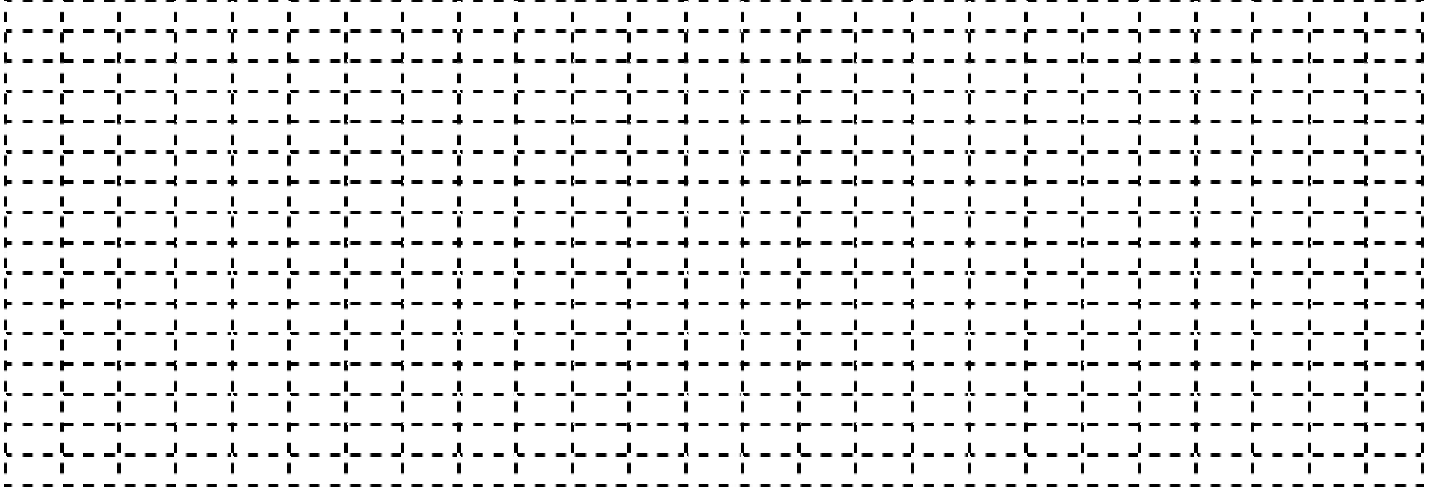
1) Üç fazlı, 50 Hz'lik, silindirik rotorlu (hava aralığı düzgün), hem stator hem rotor manyetik çekirdeklerinde $\mu \approx \infty$, sargıları oluklara şekildeki gibi 2 katlı olarak yerleştirilmiş bir AC makinanın statorunda 24 oluk olup her sargısında N=10 döngü bulunmaktadır.

a) Statora $i_A = I \cos \omega t$, $i_B = I \cos(\omega t - 120^\circ)$, $i_C = I \cos(\omega t - 240^\circ)$ akımları uygulanırsa, $\omega t = 180^\circ$ olan anda, bu akımların hava aralığında ürettiği bileşke mmk dağılımını çiziniz. (10 puan)

b) Her bir iletkende endüklenen gerilimler, 1., 3. ve 5. harmoniklerden oluşup, etkin değerleri sırasıyla $E_{1rms}/ilt = 6,2V$, $E_{3rms}/ilt = 3,1V$ ve $E_{5rms}/ilt = 1,5V$ olmaktadır. Stator tek faz gerilimini ve fazlararası gerilimi tüm harmoniklerin bileşke etkin değeri olarak bulunuz. Stator Y bağlıdır. (25 puan)

Sargı uzanım ve dağılım katsayı formülleri sırasıyla : $k_{un} = \left| \sin(n\rho/2) \right|$ $k_{dn} = \left| \frac{\sin(qn\gamma/2)}{q \sin(n\gamma/2)} \right|$

(Şekildeki 1 birimlik yüksekliği ne aldığınızı belirtiniz:)



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 ₈	-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

2) Üç fazlı 2 kutuplu bir AC makinada endüklenen gerilimin 5. harmoniğini sargı uzanım katsayısını sıfırlayarak yok edebilmek için makinanın en az kaç oluklu olması gerekir ve sargı uzanımı kaç oluk seçilmelidir? (10 puan)

3) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 1350rpm'lik, 1000V'luk, statoru Y bağlı, bir asenkron motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 0,5\Omega, \quad r_2' = 0,8\Omega, \quad x_1 = x_2' = 4\Omega, \quad g_c = 1,2mS, \quad b_m = 5,6mS$$

Motor anma voltajında ve anma hızında çalıştırılırken sürtünme kaybı 2500W olmaktadır. Motorun verimini, çıkış torkunu, stator hat akımı büyüklüğünü ve giriş güç faktörünü hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (35 puan)

4) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 1000V'luk, statoru Y bağlı, bir asenkron motora yüksüz çalışma ve kilitli rotor testleri uygulanıyor. Statordan alınan hat ölçümleri şöyle bulunuyor:

Yüksüz çalışma testi: $V_{h0} = 1000V$, $I_{h0} = 0,45A$, $P_{h0} = 420W$

Kilitli rotor testi: $V_{hk} = 32V$, $I_{hk} = 8,7A$, $P_{hk} = 150W$

Ayrıca motorun stator hatlarından biri boştayken diğer iki hat ucu arasından sargı dirençleri $r_{ölç} = 0,28\Omega$ ölçülüyor. Motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak hesaplayınız. (20 puan)

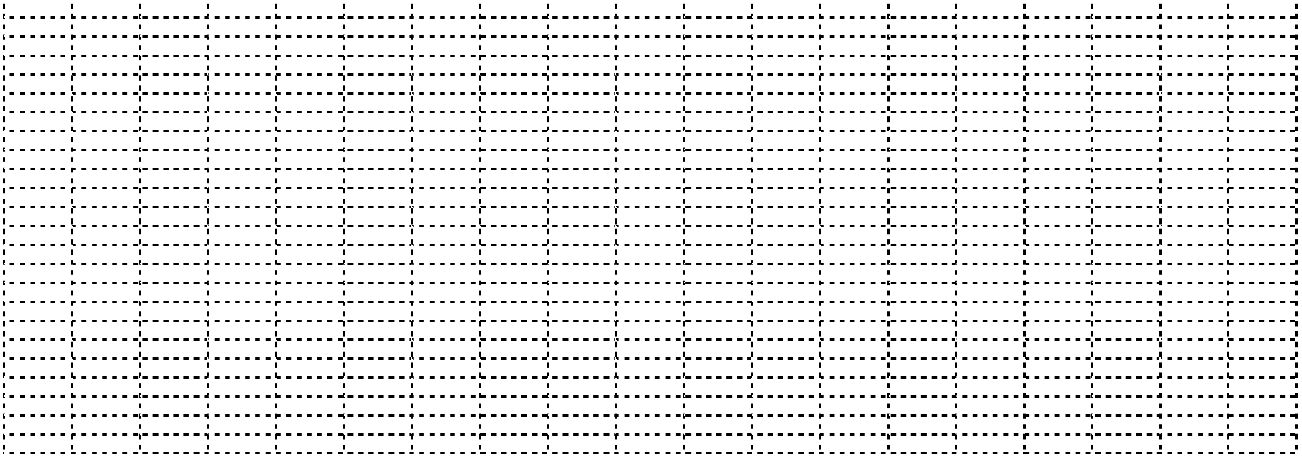
BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

Öğrenci No		1	2	3	4	TOPLAM
Adı Soyadı						

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV SORULARI
15 Nisan 2015 Süre: 75 dakika

1) Aşağıdaki şekilde 1 birimlik yükseklik için aldığımız değeri yazınız: $\times \hat{I}$



A1	A2	A3	-C1	-C2	-C3	B1	B2	B3	-A4	-A5	-A6	C4	C5	C6	-B4	-B5	-B6
A5	A6	-C4	-C5	-C6	B4	B5	B6	-A1	-A2	-A3	C1	C2	C3	-B1	-B2	-B3	A4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Bir ac makina statorunda 18 oluk vardır ve Y bağlı sargıları oluklara çift katlı olarak şekildeki gibi yerleştirilmiştir. Stator ve rotor manyetik geçirgenliği $\mu \approx \infty$ ve hava aralığı düzdür (silindirik). Her stator sargısı $N = 10$ sarımlıdır.

a) Statordan $i_A = \hat{I} \cos \omega t$, $i_B = \hat{I} \cos(\omega t - 120^\circ)$, $i_C = \hat{I} \cos(\omega t - 240^\circ)$ biçiminde dengeli üç fazlı akım geçiyorsa göre hava aralığında stator tarafından üretilen mmk dağılımını $\omega t = 300^\circ$ anı için çiziniz.

b) Bu sargılara uygulanan manyetik akı sonucu iletken başına endüklenen gerilimin temel bileşen, 3. ve 5. harmonik etkin değerleri sırasıyla $E_{1rms}/\text{iletken} = 6,2V$, $E_{3rms}/\text{iletken} = 2,8V$, $E_{5rms}/\text{iletken} = 1,9V$ olduğuna göre, faz-nötr ve fazlar arası gerilimlerin etkin değerlerini tüm harmoniklerin bileşkesi olarak bulunuz.

$$k_{un} = \left| \sin\left(\frac{n\rho}{2}\right) \right| \quad k_{dn} = \left| \frac{\sin(qn\gamma/2)}{q \sin(n\gamma/2)} \right| \quad (40 \text{ puan})$$

2) Üç fazlı, 50 Hz'lik Δ / Y bağlı bilezikli bir asenkron motora yüksüz çalışma ve kilitli rotor testleri yapınca statordan hat ölçümleri aşağıdaki gibi alınıyor:

	Stator Hat Ölçümleri		
	Gerilim	Akım	Güç
Yüksüz çalışma testi	400 V	2,35 A	840 W
Kilitli rotor testi	20,2 V	30,0 A	900 W

Ayrıca statorun iki hat ucu arasından ölçülen direnç (üçüncü hat ucu boşayken) $0,40 \Omega$ olmaktadır. Son olarak da rotor sargı uçları açık devre ediliyor ve statordan fazlar arası 200 V uygulanınca rotordan da fazlar arası 115,5V ölçülüyor. Motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Ayrıca rotor sargısının kaçak endüktansı ile direncini de rotor tarafındaki değerleriyle bulunuz.

(25 puan)

3) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 400V'luk, 1440 devir/dakika'lık, statoru yıldız(Y) bağlı bir asenkron motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 2\Omega, \quad r_2' = 1\Omega, \quad x_1 = x_2' = 6\Omega, \quad g_c = 1,5mS, \quad b_m = 5mS$$

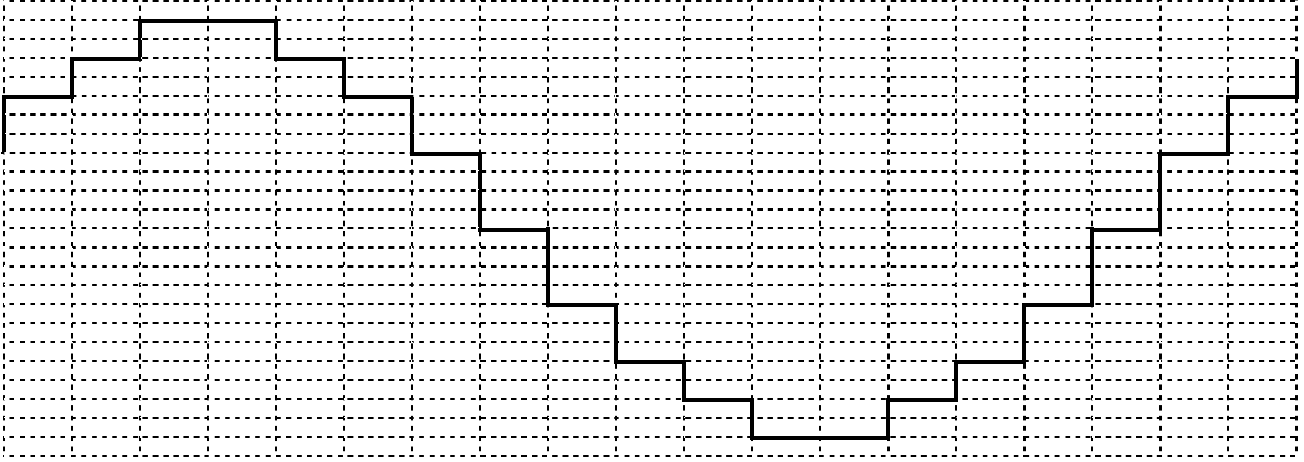
Bu motor anma değerleriyle çalışırken sürünme kaybı 350W'tır. Motorun verimini, çıkış torkunu, stator hat akımının büyüklüğünü ve giriş güç faktörünü bulunuz. (35 puan)

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV CEVAP ANAHTARI
15 Nisan 2015

1) a) $i_A = i_C = \hat{I}/2$, $i_B = \hat{I}$ Aşağıdaki şekilde 1 birimlik yükseklik için alınan değer: $5 \times \hat{I}$



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

b) P = 2 kutuplu. $\gamma = (P/2) \cdot 360^\circ / 18 = 20^\circ$, sargı uzanımı (9 - 1) oluk $\rightarrow \rho = 8\gamma = 160^\circ$

$$k_{u1} = 0,9848 \quad , \quad k_{u3} = 0,8660 \quad , \quad k_{u5} = 0,6428$$

$$q = 3 \quad , \quad k_{d1} = 0,9598 \quad , \quad k_{u3} = 0,6667 \quad , \quad k_{u5} = 0,2176$$

$$N = 10$$

$$E_{1rms} / \text{sargı} = 2N(E_{1rms} / \text{iletken}) \cdot k_{u1} = 122,1V \quad , \quad E_{3rms} / \text{sargı} = 48,5V \quad , \quad E_{5rms} / \text{sargı} = 24,4V$$

$$N_{faz} = 6$$

$$E_{1rms} / \text{faz} = N_{faz} (E_{1rms} / \text{sargı}) \cdot k_{d1} = 702V \quad , \quad E_{3rms} / \text{faz} = 194V \quad , \quad E_{5rms} / \text{faz} = 32V$$

$$\text{Faz-nötr tüm harmonikler bileşkesi: } \sqrt{702^2 + 194^2 + 32^2} V = 729 V$$

$$\text{Fazlar arası tüm harmonikler bileşkesi: } \sqrt{3} \cdot \sqrt{702^2 + 32^2} V = 1217 V$$

2) Stator Δ olduğundan tek faz değerleri, $V_{10} = 400 V$, $I_{10} = 1,357 A$, $P_{10} = 280 W$

$$V_{1k} = 20,2 V \quad , \quad I_{1k} = 17,32 A \quad , \quad P_{1k} = 300 W \quad , \quad r_1 = 0,60 \Omega$$

$$Y_0 = 3,39 mS \quad g_c = 1,75 mS \quad b_m = 2,90 mS$$

$$Z_k = 1,166 \Omega \quad (r_1 + r_2') = 1,00 \Omega \quad r_2' = 0,40 \Omega \quad (x_1 + x_2') = 0,60 \Omega \quad x_1 = x_2' = 0,30 \Omega$$

$$N_1 / N_2 = 200 / (115,5 / \sqrt{3}) = 3 \quad r_2 = 0,044 \Omega \quad x_2 = 0,033 \Omega \quad L_{2k} = 106 \mu H .$$

3) P = 4 kutuplu. $n_s = 1500 \text{ dev/dak}$ $s = 0,04$ $r_y = 24 \Omega$ $\vec{V}_1 = 230,94V \angle 0^\circ$

$$\vec{I}_2' = 7,816A \angle -23,96^\circ = (7,143 - j3,174)A$$

$$P_{Cu} = 550 W \quad , \quad P_{Fe} = 240 W \quad , \quad P_m = 4400 W \quad , \quad P_\phi = 4050 W \quad P_g = 5190 W \quad \text{Verim} = \%78,0$$

$$\omega_r = 150,8 \text{ rad/s} \quad T_\phi = 26,85 Nm$$

$$\vec{I}_{10} = (0,346 - j1,155)A$$

$$\vec{I}_1 = (7,49 - j4,33)A = 8,65A \angle -30,03^\circ$$

Stator Y bağlı olduğu için hat akımının büyüklüğü faz akımının büyüklüğüyle aynıdır $I_1 = 8,65 A$

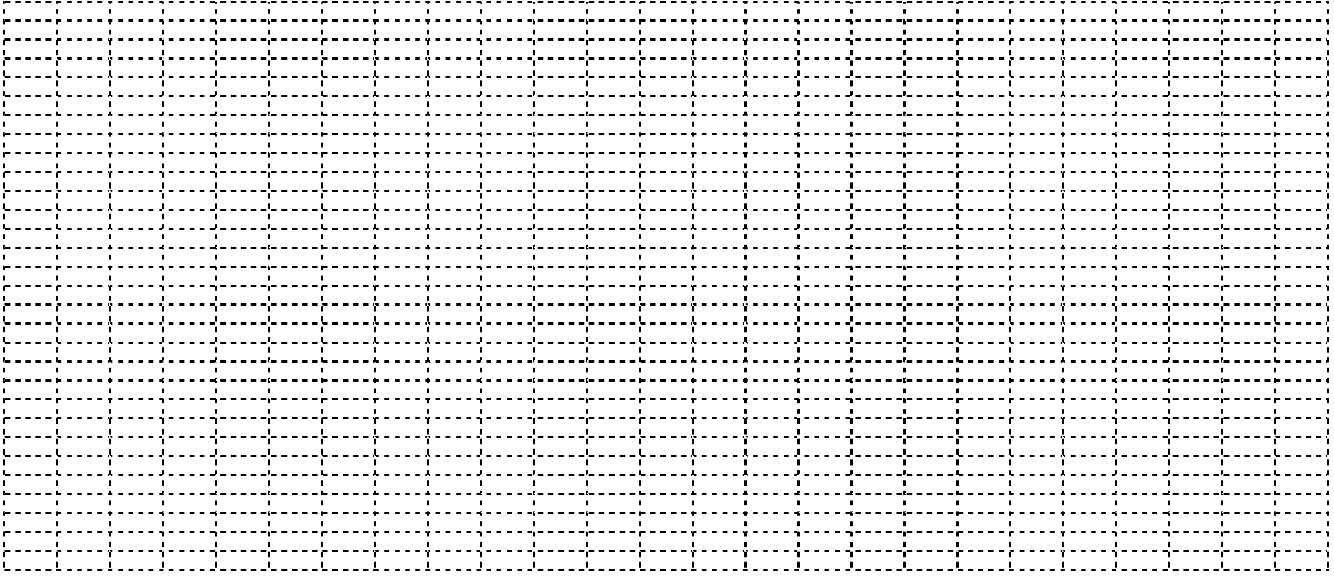
Giriş güç faktörü $\cos(0^\circ - (-30,03^\circ)) = \cos 44,93^\circ = 0,8658$ geri (akımın açısı voltajın açısından geride)

Öğrenci No			1	2	3	TOPLAM
Adı Soyadı						

ELEKTRİK MAKİNELERİ – 2 ARASINAV SORULARI

07 Nisan 2016 Süre: 75 dakika

1) Aşağıdaki şekilde 1 birimlik yükseklik için aldığımız değeri yazınız: $\times \hat{I}$



A1	A2	A3	A4	-C1	-C2	-C3	-C4	B1	B2	B3	B4	-A5	-A6	-A7	-A8	C5	C6	C7	C8	-B5	-B6	-B7	-B8
A6	A7	A8	-C5	-C6	-C7	-C8	B5	B6	B7	B8	-A1	-A2	-A3	-A4	C1	C2	C3	C4	-B1	-B2	-B3	-B4	A5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Bir ac makina statorunda 24 oluk vardır ve **üçgen** (Δ) bağlı sargıları oluklara çift katlı olarak şekildeki gibi yerleştirilmiştir. Stator ve rotor manyetik geçirgenliği $\mu \approx \infty$ ve hava aralığı düzgündür (silindirik). Her stator sargısı $N = 20$ sarımlıdır.

a) Statordan $i_A = \hat{I} \cos \omega t$, $i_B = \hat{I} \cos(\omega t - 120^\circ)$, $i_C = \hat{I} \cos(\omega t - 240^\circ)$ biçiminde 50Hz'lik dengeli üç fazlı akım geçiyorsa göre hava aralığında stator tarafından üretilen mmk dağılımını $\omega t = 60^\circ$ anı için çiziniz.

b) Tam uzanımlı varsayımına göre sargılara uygulanan manyetik akının temel bileşen, 3. ve 5. harmonik etkin değerleri sırasıyla $\Phi_1 = 1,12 \text{ Wb}$, $\Phi_3 = 0,25 \text{ Wb}$, $\Phi_5 = 0,08 \text{ Wb}$ olduğuna göre, tek faz ve fazlar arası gerilimlerin etkin değerlerini tüm harmoniklerin bileşkesi olarak bulunuz.

$$k_{un} = \left| \sin\left(\frac{n\rho}{2}\right) \right| \quad k_{dn} = \left| \frac{\sin(qn\gamma/2)}{q \sin(n\gamma/2)} \right| \quad (40 \text{ puan})$$

2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 1000V'luk, 1400 devir/dakika'lık, statoru **üçgen** (Δ) bağlı bir asenkron motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 3,15 \Omega, \quad r'_2 = 6,31 \Omega, \quad x_1 = x'_2 = 8,75 \Omega, \quad g_c = 1,2 \text{ mS}, \quad b_m = 9,5 \text{ mS}$$

Bu motor anma değerleriyle çalışırken sürtünme kaybı 1500 W'tır. Motorun verimini, çıkış torkunu, stator hat akımının büyüklüğünü ve giriş güç faktörünü bulunuz. (35 puan)

3) Üç fazlı, 50 Hz'lik Δ / Y bağlı bilezikli bir asenkron motora yüksüz çalışma ve kilitli rotor testleri yapılırca statordan hat ölçümleri aşağıdaki gibi alınır:

Yüksüz çalışma testi	220 V	1,65 A	600 W
Kilitli rotor testi	36,4 V	17,9 A	750 W

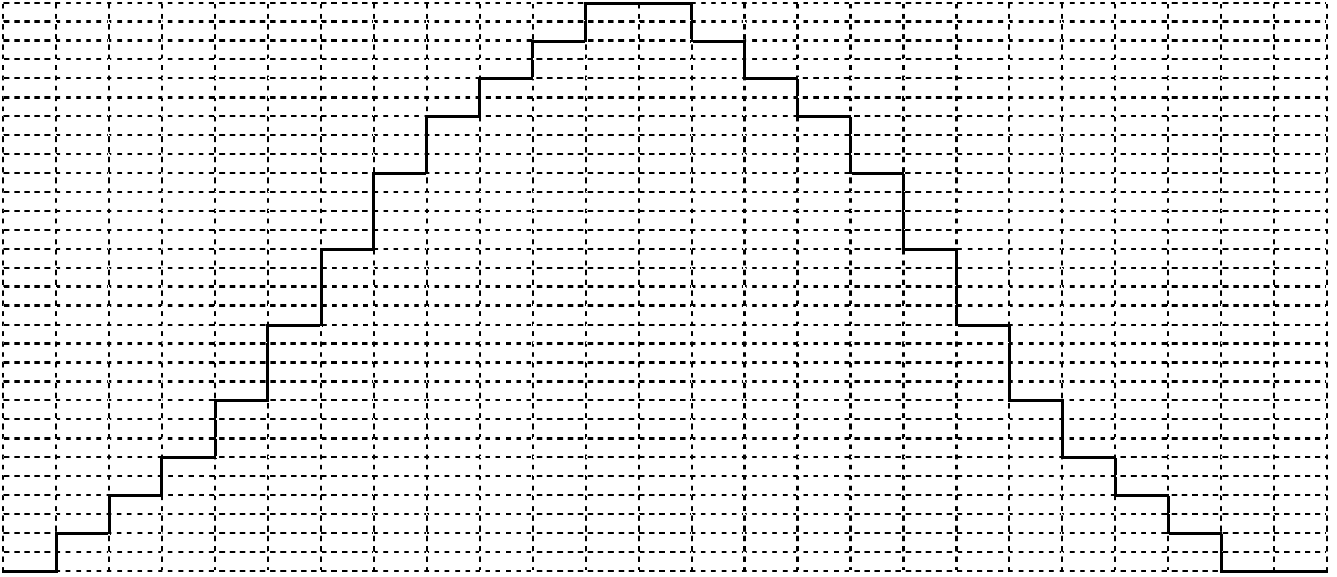
Ayrıca statorun iki hat ucu arasından ölçülen direnç (üçüncü hat ucu boştayken) $0,78 \Omega$ olmaktadır. Son olarak da rotor sargı uçları açık devre ediliyor ve statordan fazlar arası 220 V uygulanınca rotordan da fazlar arası 127V ölçülüyor. Motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Ayrıca rotor sargısının kaçak endüktansı ile direncini de rotor tarafındaki değerleriyle bulunuz.

(25 puan)

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV CEVAP ANAHTARI

07 Nisan 2016 Süre: 75 dakika

1) Aşağıdaki şekilde 1 birimlik yükseklik: 10 İ



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

a) $\omega t = 60^\circ \Rightarrow i_A = i_B = \hat{I}/2$, $i_C = -\hat{I}$ dolayısıyla mmk dağılımı yukarıdaki gibi bulunur.

b) $E_{1rms}/iletken = \frac{\pi}{\sqrt{2}} 1,12Wb \times 1 \times 50Hz = 124,4 V$,

$E_{3rms}/iletken = \frac{\pi}{\sqrt{2}} 0,25Wb \times 3 \times 50Hz = 83,3 V$, $E_{5rms}/iletken = \frac{\pi}{\sqrt{2}} 0,08Wb \times 5 \times 50Hz = 44,4 V$.

Şekilde 1 dolanımında 1 periyot var; yani 1 çift kutupludur. P = 2.

Oluk açısı $360^\circ/24 = 15^\circ$ mekanik. Elektriksel olarak da oluk açısı $(P/2) \times 15^\circ = \gamma = 15^\circ$.

Meselâ B₁ sargısının kenarları 20. ve 9. oluklarda olduğu için sargı uzanımı = 11 oluk. Yani $\rho = 11\gamma = 165^\circ$.

Sargı uzanım katsayıları

$$k_{u1} = \left| \sin\left(\frac{1 \times 165^\circ}{2}\right) \right| = 0,9914 , \quad k_{u3} = \left| \sin\left(\frac{3 \times 165^\circ}{2}\right) \right| = 0,9239 , \quad k_{u5} = \left| \sin\left(\frac{5 \times 165^\circ}{2}\right) \right| = 0,7934 .$$

$E_{1rms}/sargı = 2 \times 20 \times 124,4 V \times 0,9914 = 4933 V$,

$E_{3rms}/sargı = 2 \times 20 \times 83,3 V \times 0,9239 = 3078 V$,

$E_{5rms}/sargı = 2 \times 20 \times 44,4 V \times 0,7934 = 1409 V$

Bir faz kutupta aynı katta q = 4 oluk bulunmaktadır. Buna göre sargı dağılım katsayıları:

$$k_{d1} = \left| \frac{\sin(4 \times 1 \times 15^\circ/2)}{4 \sin(1 \times 15^\circ/2)} \right| = 0,9577 , \quad k_{d3} = \left| \frac{\sin(4 \times 3 \times 15^\circ/2)}{4 \sin(3 \times 15^\circ/2)} \right| = 0,6533 , \quad k_{d5} = \left| \frac{\sin(4 \times 5 \times 15^\circ/2)}{4 \sin(5 \times 15^\circ/2)} \right| = 0,2053 .$$

Her fazda $N_{faz} = 8$ sargı bulunmaktadır.

$E_{1rms}/faz = 8 \times 4933 V \times 0,9577 = 37796 V$,

$E_{3rms}/faz = 8 \times 3078 V \times 0,6533 = 16089 V$,

$E_{5rms}/faz = 8 \times 1409 V \times 0,2053 = 2314 V$.

Tüm harmoniklerin bileşkesi olarak rms tek faz gerilimi $E_{faz} = \sqrt{37796^2 + 16089^2 + 2314^2} V = 41143 V$.

Stator Δ bağlı olduğu için tüm harmoniklerin bileşkesi olarak rms fazlararası gerilim de aynıdır: 41143 V.

2. ve 3. soruların benzerleri çok çözüldüğü için burada gidiş yolu değil sonuçlar verilmiştir.

2) $P = 4$ kutuplu, $n_s = 1500$ rpm, $s = 0,0667$, $r_y = 88,34 \Omega$,

$$\vec{I}'_2 = (9,91 - j1,77)A = 10,07A \angle -10,14^\circ$$

$$P_{Cu} = 2875 \text{ W}, P_{Fe} = 3600 \text{ W},$$

$$P_{\text{çıkış}} = 25,35 \text{ kW}, P_{\text{giriş}} = 33,32 \text{ kW},$$

$$\text{verim} = \%76,$$

$$T_{\text{çıkış}} = 173 \text{ Nm}.$$

$$\vec{I}_{10} = (1,2 - j9,5)A,$$

$$\vec{I}_1 = (11,11 - j11,27)A = 15,83A \angle -45,4^\circ,$$

$$I_{\text{Ihat}} = 27,4 \text{ A},$$

$$\cos\phi_1 = 0,702 \text{ geri}.$$

3) $V_{10} = 220 \text{ V}$, $I_{10} = 0,953 \text{ A}$, $P_{10} = 200 \text{ W}$,
 $g_c = 4,1 \text{ mS}$, $Y_o = 4,3 \text{ mS}$, $b_m = 1,3 \text{ mS}$.

$$V_{1k} = 36,4 \text{ V}, I_{10} = 10,33 \text{ A}, P_{1k} = 250 \text{ W}, r_1 = 1,17 \Omega,$$

$$r_1 + r_2' = 2,34 \Omega, Z_k = 3,52 \Omega, x_1 + x_2' = 2,63 \Omega,$$

$$r_2' = 1,17 \Omega, x_1 = x_2' = 1,32 \Omega.$$

$$N_{St} / N_{Rot} = 3,$$

$$r_2 = 0,13 \Omega, x_2 = 0,146 \Omega,$$

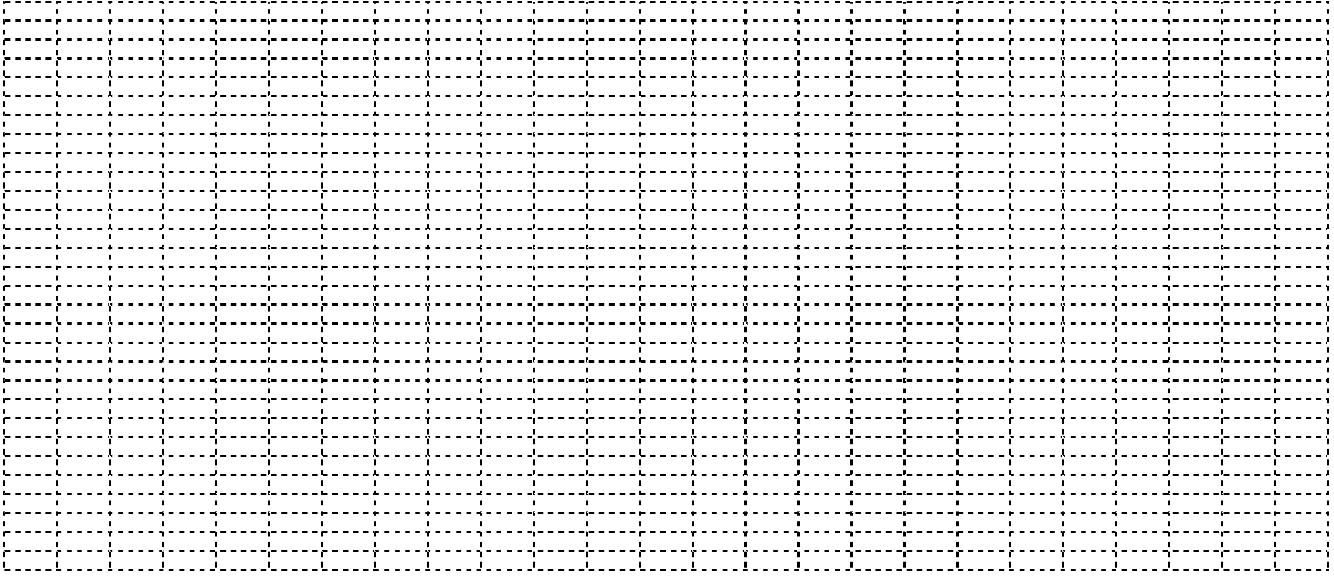
$$L_{2l} = 38 \mu\text{S}.$$

Öğrenci No			1	2	3	TOPLAM
Adı Soyadı						

ELEKTRİK MAKİNELERİ – 2 ARASINAV SORULARI

03 Nisan 2017 Süre: 75 dakika

1) Aşağıdaki şekilde 1 birimlik yükseklik için aldığımız değeri yazınız: $\times \hat{I}$



C7	C8	-B5	-B6	-B7	-B8	A1	A2	A3	A4	-C1	-C2	-C3	-C4	B1	B2	B3	B4	-A5	-A6	-A7	-A8	C5	C6
C4	-B1	-B2	-B3	-B4	A5	A6	A7	A8	-C5	-C6	-C7	-C8	B5	B6	B7	B8	-A1	-A2	-A3	-A4	C1	C2	C3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Bir ac makina statorunda 24 oluk vardır ve **üçgen (Δ)** bağlı sargıları oluklara çift katlı olarak şekildeki gibi yerleştirilmiştir. Stator ve rotor manyetik geçirgenliği $\mu \approx \infty$ ve hava aralığı düzgündür (silindirik). Her stator sargısı $N = 16$ sarımlıdır.

a) Statordan $i_A = \hat{I} \cos \omega t$, $i_B = \hat{I} \cos(\omega t - 120^\circ)$, $i_C = \hat{I} \cos(\omega t - 240^\circ)$ biçiminde 50Hz'lik dengeli üç fazlı akım geçiyorsa göre hava aralığında stator tarafından üretilen mmk dağılımını $\omega t = 180^\circ$ anı için çiziniz.

b) Her bir iletkende endüklenen gerilimin temel bileşen, 3. ve 5. harmonik etkin değerleri sırasıyla $E_{1rms}/iletken = 5,3V$, $E_{3rms}/iletken = 1,75V$, $E_{5rms}/iletken = 0,69V$ olduğuna göre, tek faz ve fazlar arası gerilimlerin etkin değerlerini tüm harmoniklerin bileşkesi olarak bulunuz.

$$k_{un} = \left| \sin\left(\frac{n\rho}{2}\right) \right| \quad k_{dn} = \left| \frac{\sin(qn\gamma/2)}{q \sin(n\gamma/2)} \right| \quad (40 \text{ puan})$$

2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 660V'luk, 920 devir/dakika'lık, statoru **yıldız (Y)** bağlı bir asenkron motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 2,0\Omega, \quad r_2' = 4,0\Omega, \quad x_1 = x_2' = 13\Omega, \quad g_c = 2,5mS, \quad b_m = 3,5mS$$

Bu motor anma değerleriyle çalışırken sürtünme kaybı 800 W'tır. Motorun verimini, çıkış torkunu, stator hat akımının büyüklüğünü ve giriş güç faktörünü bulunuz. (35 puan)

3) Üç fazlı, 50 Hz'lik Δ / Y bağlı bilezikli bir asenkron motora yüksüz çalışma ve kilitli rotor testleri yapılınc statorun hat ölçümleri aşağıdaki gibi alınıyor:

Yüksüz çalışma testi	380 V	0,65 A	300 W
Kilitli rotor testi	18,0 V	12,0 A	150 W

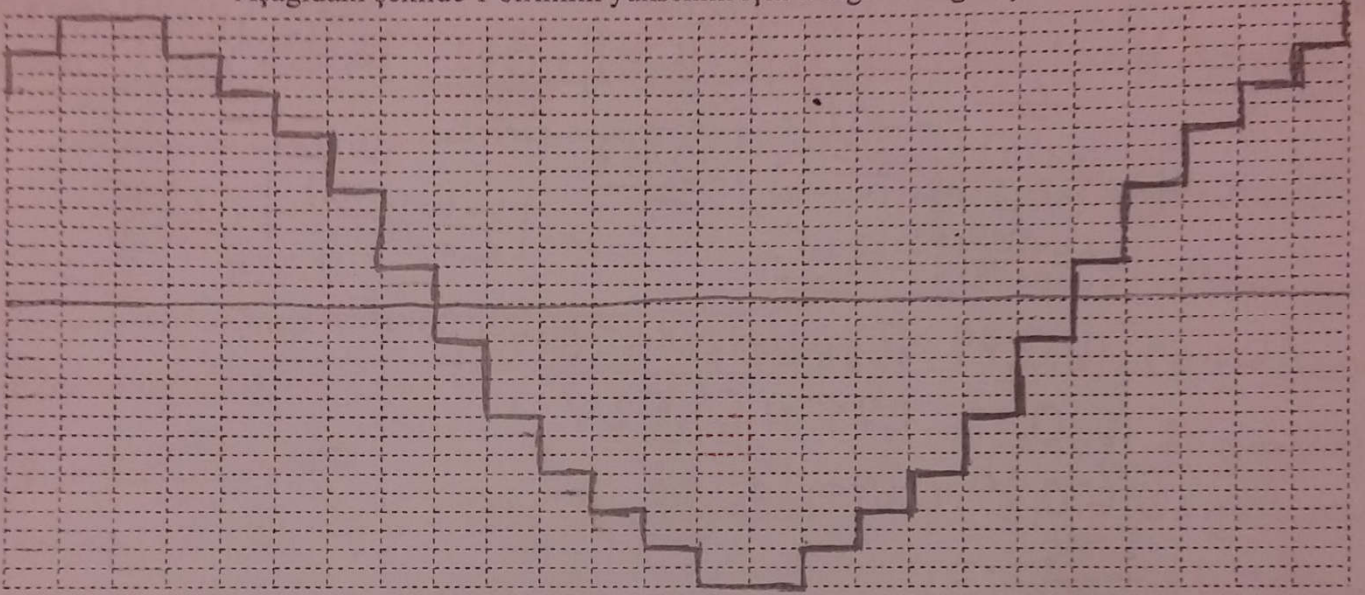
Ayrıca statorun iki hat ucu arasından ölçülen direnç (üçüncü hat ucu boştayken) $0,40 \Omega$ olmaktadır. Son olarak da rotor sargı uçları açık devre ediliyor ve statordan fazlar arası 220 V uygulanınca rotordan da fazlar arası 127V ölçülüyor. Motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Ayrıca rotor sargısının kaçak endüktansı ile direncini de rotor tarafındaki değerleriyle bulunuz.

(25 puan)

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV CEVAP ANAHTARI
03 Nisan 2017

1)

Aşağıdaki şekilde 1 birimlik yükseklik için aldığımız değeri yazınız: $8 \times \hat{i}$



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

$$1) \quad \varphi = 165^\circ \quad k_{u1} = 0,9914 \quad k_{u3} = 0,9239 \quad k_{u5} = 0,7934$$

$$k_{d1} = 0,9577 \quad k_{d3} = 0,6533 \quad k_{d5} = 0,2053$$

$$E_{1s} = 168,15V \quad E_{3s} = 51,74V \quad E_{5s} = 17,52V$$

$$E_{1f} = 1288,2V \quad E_{3f} = 270,4V \quad E_{5f} = 28,8V$$

$$E_f = 1316,6V = E_{f-f}$$

$$2) \quad r_y = 46 \Omega \quad I_2' = 5,86 - 2,93j_A = 6,554A \angle -26,57^\circ$$

$$P_{Fe} = 1089W \quad P_m = 5928W \quad P_a = 5128W$$

$$P_{cu} = 773W \quad P_g = 7791W \quad \eta = \% 65,8$$

$$\omega_r = 96,34 \text{ rad/s} \quad T_a = 53,2 \text{ Nm} \quad (T_m = 61,5 \text{ Nm})$$

$$\vec{I}_{10} = 0,9526 - 1,3337j_A \quad (1,639A \angle -54,4^\circ)$$

$$\vec{I}_1 = 6,815 - j4,265A = \underbrace{8,04A}_{I_h} \angle -32,0^\circ$$

$$\cos \varphi_1 = 0,8477 \text{ geri}$$

$$3) \quad V_{10} = 380V \quad I_{10} = 0,3753A \quad P_{10} = 100W$$

$$V_{1k} = 18,0V \quad I_{1k} = 6,9282A \quad P_{1k} = 50W$$

$$r_1 = 0,6 \Omega$$

$$g_c = 692,5 \mu S \quad \gamma_0 = 987,6 \mu S \quad b_m = 704,1 \mu S$$

$$(r_1 + r_2') = 1,04 \Omega \quad r_2' = 0,44 \Omega$$

$$z_k = 2,598 \Omega$$

$$x_1 + x_2' = 2,38 \Omega$$

$$x_1 = x_2' = 1,19 \Omega$$

$$N_1/N_2 = 220/73,3 = 3$$

$$r_2 = 0,049 \Omega$$

$$x_2 = 0,132 \Omega$$

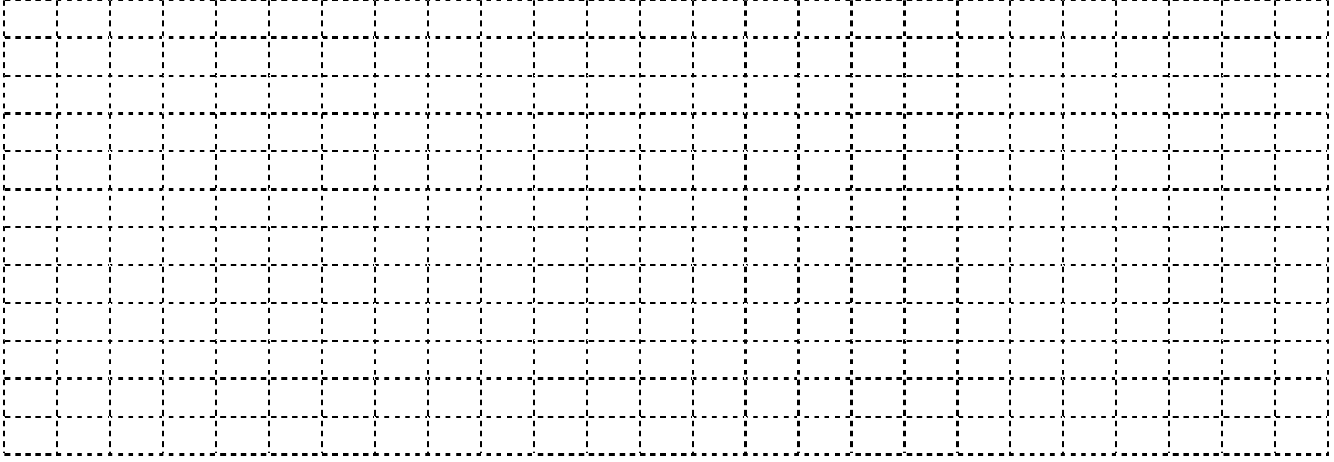
$$L_{2l} = 421 \mu H$$

Öğrenci No		1	2	3	4	TOPLAM
Adı Soyadı						

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV SORULARI

13 Nisan 2018 Süre: 75 dakika

1) Aşağıdaki şekilde 1 birimlik yükseklik için aldığımız değeri yazınız: $\times \hat{I}$



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

Bir ac makina statorunda 24 oluk vardır ve Δ bağlı sargıları oluklara çift katlı olarak şekildeki gibi yerleştirilmiştir. Stator ve rotor manyetik geçirgenliği $\mu \approx \infty$ ve hava aralığı düzdür (silindirik). Her stator sargısı $N = 10$ sarımlıdır.

a) Statordan $i_A = \hat{I} \cos \omega t$, $i_B = \hat{I} \cos(\omega t - 120^\circ)$, $i_C = \hat{I} \cos(\omega t - 240^\circ)$ biçiminde dengeli üç fazlı akım geçiyorsa göre hava aralığında stator tarafından üretilen mmk dağılımını $\omega t = 0^\circ$ anı için çizin.

b) Bu sargılara uygulanan manyetik akı sonucu iletken başına endüklenen gerilimin temel bileşen, 3. ve 5. harmonik etkin değerleri sırasıyla $E_{1rms}/iletken = 5,2V$, $E_{3rms}/iletken = 2,8V$, $E_{5rms}/iletken = 1,3V$ olduğuna göre, tek faz ve fazlar arası gerilimlerin etkin değerlerini tüm bu harmoniklerin bileşkesi olarak bulunuz.

$$k_{un} = \left| \sin\left(\frac{n\rho}{2}\right) \right| \quad k_{dn} = \left| \frac{\sin(qn\gamma/2)}{q \sin(n\gamma/2)} \right| \quad (30 \text{ puan})$$

2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 2000V'luk, 1425 devir/dakika'lık, statoru yıldız(Y) bağlı bir asenkron motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 1,0\Omega, \quad r_2' = 0,9\Omega, \quad x_1 = x_2' = 8\Omega, \quad g_c = 1,3mS, \quad b_m = 8,0mS$$

Bu motor anma değerleriyle çalışırken sürtme kaybı 4,0 kW'tır. Motorun verimini, çıkış torkunu, stator hat akımının büyüklüğünü ve giriş güç faktörünü bulunuz. (35 puan)

3) Üç fazlı, 50 Hz'lik Y / Y bağlı bilezikli bir asenkron motora yüksüz çalışma ve kilitli rotor testleri yapıldığında stator hat ölçümleri aşağıdaki gibi alınmıştır:

	Stator Hat Ölçümleri		
	Gerilim	Akım	Güç
Yüksüz çalışma testi	660 V	0,45 A	480 W
Kilitli rotor testi	88,0 V	4,27 A	600 W

Ayrıca statorun iki hat ucu arasından ölçülen direnç (üçüncü hat ucu boştayken) 20Ω olmaktadır. Son olarak da rotor sargı uçları açık devre ediliyor ve statorun fazlar arası 400 V uygulanınca rotordan da fazlar arası 100V ölçülüyor. Motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Ayrıca rotor sargısının kaçak endüktansı ile direncini de rotor tarafındaki değerleriyle bulunuz.

(25 puan)

4) Etiketinde 50 Hz'lik, 700 devir/dakika'lık olduğu yazan bir asenkron motorun kutup sayısı en muhtemelen kaçtır? Anma değerlerinde çalışırkenki kayması nedir? (10 puan)