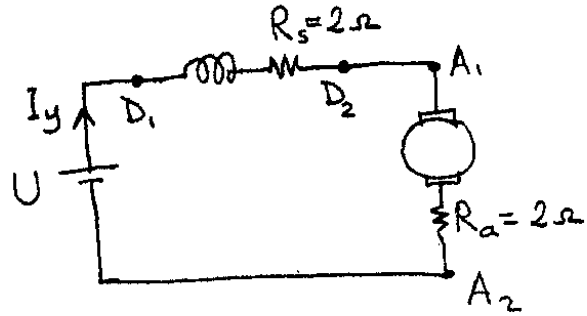


ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV SORULARI

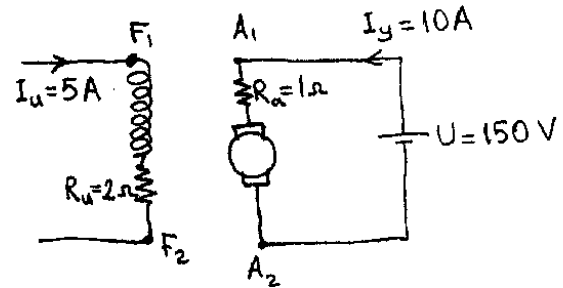
17 Nisan 2008 Süre: 75 dakika

1) Elektrik motorlarında genellikle (yük çok büyük değilse) manyetik akı azaltılırken hız artar. Tork ile akı orantılı olduğu halde akı azaltılırken hızın nasıl olup da arttığını şönt motorlar üzerinde bir mantık zinciri halinde açıklayınız. (15 puan)

2) Bir seri motor, $U=240V$ altında, uyarım akımı ile manyetik akının doğru orantılı olduğu bölgede çalışmaktadır. Motor ilk durumda, $I_y=I_{y1}=10A$ akım ve $n=n_1=2000$ devir/dakika hız değerleriyle çalışmaktadır. İkinci durumda ise motor, $I_y=I_{y2}=15A$ akımıyla başka bir yük altında çalışıyor. İkinci durumda motorun hızı nedir? (20 puan)



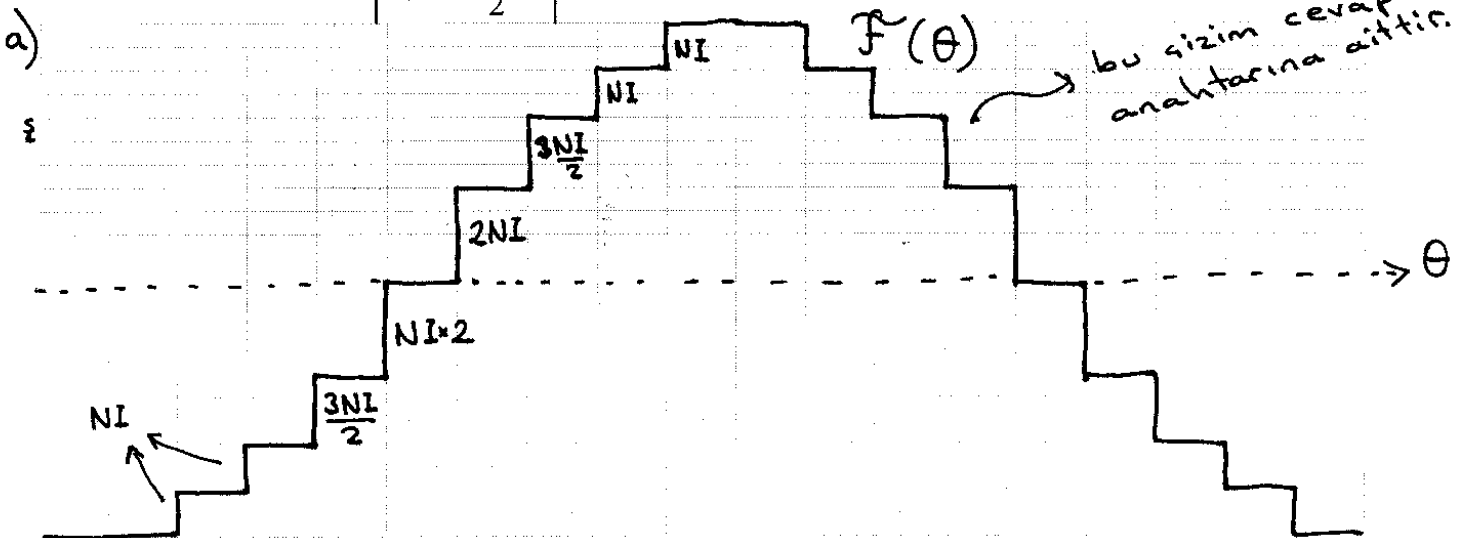
3) Şekilde gösterilen yabancı uyarımlı motor, $n=1500$ devir/dakika hızla ve $P_{sür}=200W$ sürtünme kaybıyla çalışmaktadır. Bu çalışma için motorun çıkış torkunu ve verimini hesaplayınız. (30 puan)



4) Üç fazlı 18 oluklu bir AC makina statoruna sargılar gösterildiği gibi çift katlı olarak yerleştirilmiştir. Makina hava aralığı düzgün (silindirik rotorlu), rotor ve statorun bağıl manyetik geçirgenliği $\mu_r \approx \infty$ kabul edilmektedir. Her sargı N sarımlıdır. Stator sargılarına $i_A = I \cos \omega t$, $i_B = I \cos(\omega t - 120^\circ)$, $i_C = I \cos(\omega t - 240^\circ)$ akımları uygulanıyor.

- Hava aralığındaki bileşke mmk dağılımını $\omega t = 60^\circ$ olan an için çiziniz. (19 puan)
- Sargı uzanım katsayısını 1., 3. ve 5. harmonikler için bulunuz. (8 puan)
- Sargı dağılım katsayısını 1., 3. ve 5. harmonikler için bulunuz. (8 puan)

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



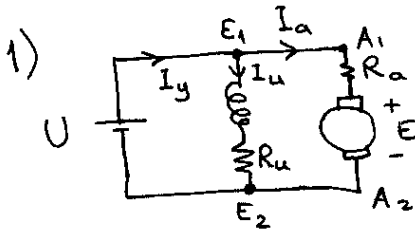
A ₁	A ₂	A ₃	-C ₁	-C ₂	-C ₃	B ₁	B ₂	B ₃	-A ₄	-A ₅	-A ₆	C ₄	C ₅	C ₆	-B ₄	-B ₅	-B ₆
-B ₃	A ₄	A ₅	A ₆	-C ₄	-C ₅	-C ₆	B ₄	B ₅	B ₆	-A ₁	-A ₂	-A ₃	C ₁	C ₂	C ₃	-B ₁	-B ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	NI	NI	3NI/2	2NI	2NI	3NI/2	NI	NI	0	-NI	-NI	-3NI/2	-2NI	-2NI	-3NI/2	-NI	-NI

BAŞARILAR...

Yardı. Doç. Dr. Atıf SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 ARASINAV CEVAP ANAHTARI:

17 Nisan 2008



$$\phi \Rightarrow E = K_a \phi \omega \Rightarrow (U - E) \Rightarrow I_a = \frac{U - E}{R_a} \Rightarrow T_m = K_a \phi I_a \Rightarrow \omega$$

Sonuçta I_a 'daki artış oranı ϕ 'deki azalış oranından büyükse T_m artarak hızı artırır.

$$2) E_1 = 240V - (2\Omega + 2\Omega) \times 10A = 200V = E_1 = K_a \phi_1 \omega_1$$

$$\phi \propto I_u = I_y, \quad \omega \propto n \Rightarrow E = K I_y n$$

$$E_1 = K I_{y1} n_1 \Rightarrow K = \frac{200V}{10A \times 2000 \text{ dev/dk}} = 0,01 \Omega \cdot \text{dk/dev}$$

$$E_2 = 240V - (2\Omega + 2\Omega) \times 15A = 180V = E_2 = K I_{y2} n_2 \Rightarrow n_2 = \frac{180V}{K I_{y2}}$$

$$n_2 = \frac{180V}{(0,01 \Omega \cdot \text{dk/dev}) \times 15A} = \boxed{1200 \text{ dev/dk} = n_2}$$

$$3) E = 150V - 1\Omega \times 10A = 140V \rightarrow P_m = E I_a = 140V \times 10A = 1400W$$

$$P_{\text{çıkış}} = P_m - P_{\text{sür}} = 1400W - 200W = \boxed{1200W = P_{\text{çıkış}}}$$

$$\omega = 2\pi \frac{1500}{60} \text{ rad/s} = 157,1 \text{ rad/s}$$

$$T_{\text{çıkış}} = \frac{P_{\text{çıkış}}}{\omega} = \frac{1200W}{157,1 \text{ rad/s}}$$

$$\text{Çıkış torku} = \boxed{T_{\text{çıkış}} = 7,64 \text{ Nm}}$$

$$P_{\text{giriş}} = U I_y + R_u I_u^2$$

$$P_{\text{giriş}} = 150V \times 10A + 2\Omega \times (5A)^2 = \boxed{1550W = P_{\text{giriş}}}$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{1200}{1550} = \boxed{\%77,4 = \eta}$$

$$4) \text{Kutup çifti sayısı} = 1, \text{ yani makina 2 kutuplu.} \rightarrow \text{Elk. açısı} = \text{Mek. açısı}$$

$$\text{Oluk açısı} = \gamma = \frac{360^\circ}{18} = 20^\circ / \text{oluk}$$

$$b) \text{Sargı uzanımı} = (11-1) \text{ oluk} \rightarrow p = 10 \text{ oluk} \times 20^\circ / \text{oluk} = 200^\circ \text{ elk.}$$

$$k_{u1} = \left| \sin \left(\frac{1 \cdot 200^\circ}{2} \right) \right| = \boxed{0,9848 = k_{u1}}$$

$$k_{u3} = \left| \sin 300^\circ \right| = \boxed{0,8660 = k_{u3}}$$

$$k_{u5} = \left| \sin 500^\circ \right| = \left| \sin 140^\circ \right| = \boxed{0,6428 = k_{u5}}$$

$$c) \text{Faz-kutup başına } q = 3 \text{ oluk var (yanyana } A_1, A_2, A_3 \text{ olması gibi).}$$

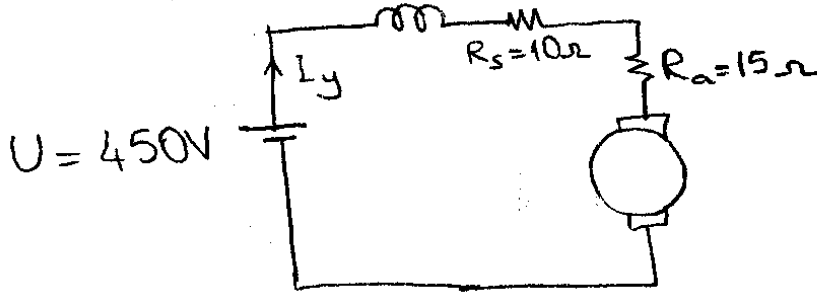
$$k_{d1} = \left| \sin \left(3 \times 1 \times \frac{20^\circ}{2} \right) / 3 \sin \left(1 \times \frac{20^\circ}{2} \right) \right| = \boxed{0,9598 = k_{d1}}$$

$$k_{d3} = \left| \sin 90^\circ / 3 \sin 30^\circ \right| = \boxed{0,6667 = k_{d3}}$$

$$k_{d5} = \left| \sin 150^\circ / 3 \sin 50^\circ \right| = \boxed{0,2176 = k_{d5}}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 FİNAL SINAVI SORULARI
09.06.2008 Süre: 80 dakika

1. Bir seri motor, akı ile uyartım akımının doğru orantılı olduğu bölgede $U=450V$ ile çalışıyor. Birinci çalışmada $I_{y1}=10A$ iken hız $n_1=2000$ devir/dakikadır. İkinci çalışmada $I_{y2}=8A$ olduğuna göre yeni hız (n_2) nedir? (20 puan)



2. Üç fazlı, 50 Hz'lik, statoru Y bağlı, 2 kutuplu, statoru 24 oluklu, her oluğunda **tam uzanımlı** iki katlı sargı bulunan, her sargısı $N=10$ sarımlı bir AC makinanın stator sargıları üzerindeki manyetik akı genlikleri harmoniklere göre şöyledir: Temel bileşen: $\hat{\Phi}_1 = 0,8$ Weber, 3. harmonik: $\hat{\Phi}_3 = 0,3$ Weber, 5. harmonik: $\hat{\Phi}_5 = 0,2$ Weber. Buna göre tek faz geriliminin ve fazlararası geriliminin etkin değerlerini bulunuz. (30 puan)

3. Üç fazlı, 50 Hz'lik, statoru **üçgen** bağlı 10 kutuplu bir asenkron jeneratörün statoruna fazlararası 1000V uygulanırken, mekanik bir dış etkiyle 660 devir/dakika hızla döndürülüyor. Yaklaşık eşdeğer devre kullanarak ve sürtünmeyi ihmal ederek, jeneratörün giriş ve çıkış güçlerini, verimini ve giriş torkunu bulunuz. . Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri: (30 puan)
- $$r_1 = r_2' = 1\Omega, x_1 = x_2' = 2\Omega, g_c = 1mS, b_m = 2mS$$

4. Üç fazlı, statoru **üçgen** bağlı bir asenkron makinaya yüksüz çalışma testi uygulandığında $V_{h0} = 1000V$, $I_{h0} = 1A$, $P_0 = 300W$ ve kilitli rotor testi uygulandığında $V_{hk} = 10V$, $I_{hk} = 10A \cdot \sqrt{3}$, $P_k = 240W$ ölçülüyor. Stator sargı uçlarının birisi boştayken diğer ikisi arasındaki direnç ise $0,4\Omega$ 'dur. Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. (20 puan)

BAŞARILAR...

Yar. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 FİNAL CEVAP ANAHTARI:

9.6.2008

$$1) E_1 = U - (R_a + R_s) I_{y1} = 450 - (10 + 15) \cdot 10 \text{ V} = 200 \text{ V} = E_1$$

$$E_2 = 450 - (10 + 15) \cdot 8 \text{ V} = 250 \text{ V} = E_2$$

$$E = K_a \phi \omega = K I_y n \rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{K I_{y2} n_2}{K I_{y1} n_1}$$

$$\frac{250}{200} = \frac{8 \cdot n_2}{10 \cdot 2000 \text{ dev/dk}} \rightarrow \boxed{n_2 = 3125 \text{ devir/dakika}}$$

$$2) E_{rms} / \text{sargı} = \sqrt{2} \pi f_n N \hat{\Phi}_n \text{ kun}$$

Sargılar tam uzanımli olduğu için, $k_{un} = 1$

$$E_{1rms} / \text{sargı} = \sqrt{2} \pi 50 \cdot 10 \cdot 0,8 \text{ V} = 1777,2 \text{ V}$$

$$E_{3rms} / \text{sargı} = \sqrt{2} \pi 3 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 0,3 \text{ V} = 1999,3 \text{ V}$$

$$E_{5rms} / \text{sargı} = \sqrt{2} \pi 5 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 0,2 \text{ V} = 2221,4 \text{ V}$$

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

$$q = \frac{24 \text{ oluk}}{3 \text{ faz} \cdot 2 \text{ kutup}} = 4 \text{ oluk/faz-kutup}$$

$$\gamma = \frac{360^\circ}{24 \text{ oluk}} = 15^\circ \quad (2 \text{ kutuplu olduğundan, mek. açısı} = \text{elk. açısı})$$

$$k_{d1} = \left| \frac{\sin\left(\frac{4 \cdot 1 \cdot 15^\circ}{2}\right)}{4 \sin\left(\frac{1 \cdot 15^\circ}{2}\right)} \right| = 0,95766 = k_{d1}$$

$$k_{d3} = \left| \frac{\sin\left(\frac{4 \cdot 3 \cdot 15^\circ}{2}\right)}{4 \sin\left(\frac{3 \cdot 15^\circ}{2}\right)} \right| = 0,65328 = k_{d3}$$

$$k_{d5} = \left| \frac{\sin\left(\frac{4 \cdot 5 \cdot 15^\circ}{2}\right)}{4 \sin\left(\frac{5 \cdot 15^\circ}{2}\right)} \right| = 0,20533 = k_{d5}$$

$$N_{faz} = \frac{24 \text{ oluk}}{3 \text{ faz} \cdot 2 \text{ oluk}} \cdot 2 \text{ kat} = 8 = N_{faz}$$

\swarrow
 her sargı 2 olukta
 olduğu için

$$E_{1rms}/faz = 8 \times 1777,2V \times 0,95766 = 13615,6V$$

$$E_{3rms}/faz = 8 \times 1999,3V \times 0,65328 = 10448,8V$$

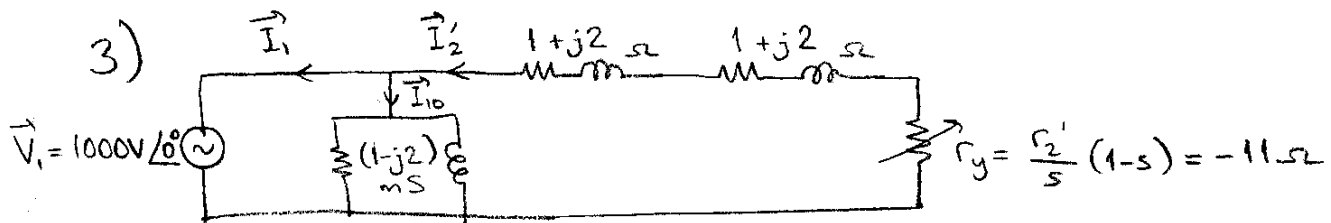
$$E_{5rms}/faz = 8 \times 2221,4V \times 0,20533 = 3649,0V$$

$$\text{Tek faz gerilimi} = E_{rms}/faz = \sqrt{13615,6^2 + 10448,8^2 + 3649,0^2} V$$

$$E_{rms}/faz = 17546V$$

$$\text{Fazlararası gerilim (Y)} = E_{rms}(\text{fazlararası}) = \sqrt{3} \sqrt{13615,6^2 + 3649,0^2} V$$

$$E_{rms}(\text{fazlararası}) = 24415V$$



$$n_s = \frac{120 \times 50}{10} \text{ dev/dk} = 600 \text{ dev/dk} \rightarrow s = \frac{600 - 660}{600} = -0,1$$

$$r_y = \frac{1\Omega}{-0,1} (1 + 0,1) = -11\Omega$$

$$I_2' = \frac{1000V}{\sqrt{(1+1-11)^2 + (2+2)^2}} = 101,53A$$

$$P_m = -3 \times (-11\Omega) \times (101,53A)^2 = 340175W = P_{giris} \quad (\text{çünkü } P_{sür} = 0)$$

$$P_{cu} = 3 \times (1+1) \times 101,53^2 W = 61850W = P_{cu}$$

$$P_{Fe} = 3 \times 1 \times 10^{-3} S \times (1000V)^2 = 3000W = P_{Fe}$$

$$P_{cikis} = P_{giris} - P_{cu} - P_{Fe} = 340175 - 61850 - 3000 W = 275325W = P_{cikis}$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{275325}{340175} = \%80,9 = \eta$$

$$\omega = 2\pi \frac{660}{60} \text{ rad/s} = 69,12 \text{ rad/s} \rightarrow T_{giris} = \frac{340175}{69,12} \text{ Nm} = 4922 \text{ Nm} = T_{giris}$$

$$4) V_{10} = 1000 \text{ V}, \quad I_{10} = \frac{1 \text{ A}}{\sqrt{3}} = 0,577 \text{ A}, \quad P_{10} = \frac{300 \text{ W}}{3} = 100 \text{ W}$$

$$g_c = \frac{100 \text{ W}}{(1000 \text{ V})^2} = \boxed{0,1 \text{ mS} = g_c} \quad \gamma_0 = \frac{0,577 \text{ A}}{1000 \text{ V}} = 0,577 \text{ mS}$$

$$b_m = \sqrt{0,577^2 - 0,1^2} \text{ mS} = \boxed{0,568 \text{ mS} = b_m}$$

$$r_{01\Delta} = 0,4 \Omega \rightarrow r_1 = \frac{3}{2} \times 0,4 \Omega = \boxed{0,6 \Omega = r_1}$$

$$V_{1k} = 10 \text{ V}, \quad I_{1k} = \frac{10\sqrt{3} \text{ A}}{\sqrt{3}} = 10 \text{ A}, \quad P_{1k} = \frac{240 \text{ W}}{3} = 80 \text{ W}$$

$$(r_1 + r_2') = \frac{80 \text{ W}}{(10 \text{ A})^2} = 0,8 \Omega \rightarrow r_2' = 0,8 \Omega - 0,6 \Omega = \boxed{0,2 \Omega = r_2'}$$

$$Z_k = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ A}} = 1,0 \Omega \rightarrow (x_1 + x_2') = \sqrt{1,0^2 - 0,8^2} \Omega = 0,6 \Omega$$

$$x_1 \cong x_2' = \frac{0,6 \Omega}{2} = \boxed{0,3 \Omega = x_1 = x_2'}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

23.06.2008 Süre: 90 dakika

1. Armatür direnci $R_a = 3\Omega$ ve seri sargı direnci $R_s = 2\Omega$ olan bir seri motor, akı ile uyartım akımının doğru orantılı olduğu bölgede $U=300V$ sabit kaynak gerilimi ile çalışıyor. Birinci çalışmada $I_{y1} = 12A$ iken hız $n_1 = 1200$ devir/dakikadır. İkinci çalışmada $I_{y2} = 6A$ olduğuna göre yeni hız (n_2) nedir? (15 puan)

2. Bir şönt motora sabit uç gerilimi (U) altında yol verme reostası kullanılarak yol verilecektir. Yol verme devresini çiziniz. Yol verme reostası en uygun yere konmalıdır. (10 puan)

3. Üç fazlı, 50 Hz'lik, statoru üçgen bağlı, 4 kutuplu, statoru 36 oluklu, her oluğunda tam uzanımlı 2 katlı sargı bulunan, her sargısı $N=5$ sarımlı bir AC makinanın stator sargıları üzerindeki manyetik akı genlikleri harmoniklere göre şöyledir: Temel bileşen: $\hat{\Phi}_1 = 1,8$ Weber, 3. harmonik: $\hat{\Phi}_3 = 0,4$ Weber, 5. harmonik: $\hat{\Phi}_5 = 0,1$ Weber. Buna göre statorda endüklenen tek faz geriliminin ve fazlararası gerilimin etkin değerlerini bulunuz. (25 puan)

4. Üç fazlı, statoru yıldız bağlı 10 kutuplu bir asenkron motorun statoruna 50 Hz'lik bilinmeyen bir gerilim uygulanırken, tork-kayma ilişkisinin kararlı bölgesi yaklaşık $T_m = k \cdot s$ olarak doğrusallaştırılabilmektedir. Burada $k = 100Nm$, s ise kaymadır. Motor, hızdan bağımsız olarak $T_y \approx 9Nm$ torkunda bir yükü döndürmektedir. Sürtünme ihmal edilmektedir. Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri: $r_1 = r_2' = 1\Omega$, $x_1 = x_2' = 2\Omega$, $g_c = 1mS$, $b_m = 2mS$ olduğuna göre,

a) Döndüş hızını devir/dakika cinsinden bulunuz.

b) Motorun giriş ve çıkış güçlerini ile verimini bulunuz.

(30 puan)

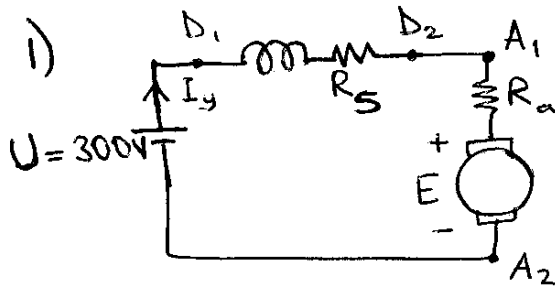
5. Üç fazlı, statoru yıldız bağlı bir asenkron makinaya yüksüz çalışma testi uygulandığında $V_{h0} = 1200V$, $I_{h0} = 3,8A$, $P_0 = 3600W$ ve kilitli rotor testi uygulandığında $V_{hk} = 66V$, $I_{hk} = 57A$, $P_k = 3900W$ ölçülüyor. Stator sargı uçlarının birisi boştayken diğer ikisi arasındaki direnç ise $0,4\Omega$ 'dur. Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. (20 puan)

BAŞARILAR...

Yar. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI:

23 Haziran 2008



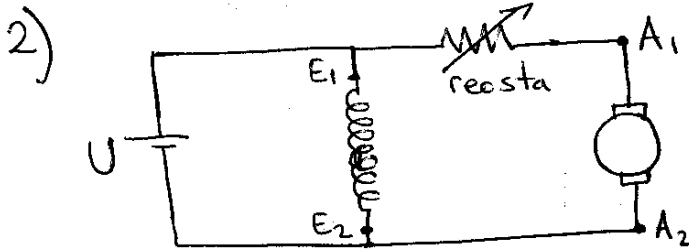
$$E_1 = 300V - (3\Omega + 2\Omega) \cdot 12A = 240V$$

$$E_2 = 300V - (5\Omega) \cdot 6A = 270V$$

$\phi \propto I_a = I_y$ olduğundan,

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{K I_{y2} n_2}{K I_{y1} n_1} = \frac{6 \cdot n_2}{12 \cdot 1200 \text{ dev/dk}} = \frac{270}{240}$$

$$n_2 = 2700 \text{ devir/dakika}$$



Reosta armatüre seri bağlanır. Kaynağa seri bağlamak uygun sayılmaz; çünkü bu, motora düşen

uc gerilim kaynağı bağlamakla aynı anlama gelirdi. Dahası, reosta en etkili şekilde kullanılmamış olurdu (akıyı da azaltacağı için)

3) $E_{rms}/\text{sargı} = \sqrt{2} \pi N \hat{\Phi}_n f_n$ (Tam uzanımı olduğu için $k_{un} = 1$)

$$E_{1rms}/\text{sargı} = 4,44 \times 5 \times 1,8 \times 50 V = 1998 V$$

$$E_{3rms}/\text{sargı} = 4,44 \times 5 \times 0,4 \times 50 \times 3 V = 1332 V$$

$$E_{5rms}/\text{sargı} = 4,44 \times 5 \times 0,1 \times 50 \times 5 V = 555 V$$

$$E_{rms}/\text{faz} = N_{faz} \times (E_{rms}/\text{sargı}) \times k_{d1}$$

$$\gamma = \frac{p}{2} \times \frac{360^\circ}{36} = \frac{4}{2} \times 10^\circ = 20^\circ = \gamma$$

$$q = \frac{36}{3 \times 4} = 3$$

$$N_{faz} = \frac{36}{3} \times \frac{1}{2} \times 2 \text{ kat} = 12$$

$$k_{d1} = \left| \frac{\sin\left(\frac{3 \times 1 \times 20^\circ}{2}\right)}{3 \sin\left(\frac{1 \times 20^\circ}{2}\right)} \right| = 0,9598$$

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

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

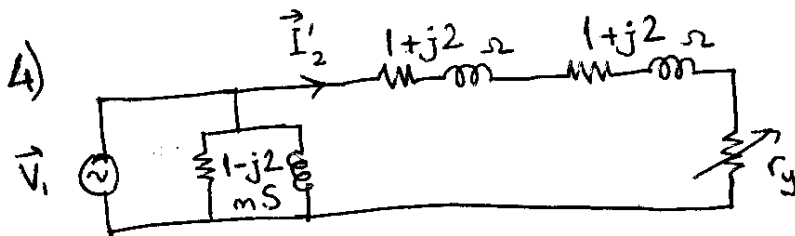
$$E_{1rms}/\text{faz} = 12 \times 1998 \times k_{d1} = 23012 V$$

$$E_{3rms}/\text{faz} = 12 \times 1332 \times k_{d3} = 10656 V$$

$$E_{5rms}/\text{faz} = 12 \times 555 \times k_{d5} = 1449 V$$

Δ bağlantıda tek faz ve fazlararası gerilim aynıdır: $E_{rms} = \sqrt{23012^2 + 10656^2 + 1449^2}$

$$E_{rms} = 25400 V$$



$$T_y = T_m$$

$$100 \text{ Nm} \quad k_s \approx 9 \text{ Nm}$$

$$s = 0,09$$

$$r_y = \frac{r'_y}{s} (1-s) = \frac{1 \Omega}{0,09} \times 0,91 = 10,11 \Omega$$

$$n_s = \frac{120 \times 50}{10} = 600 \text{ dev/dk}$$

$$n_r = (1-s)n_s = 0,91 \times 600 \text{ dev/dk} = \boxed{546 \text{ dev/dk}} \quad \omega_r = 2\pi \frac{n_r}{60} = 57,177 \text{ rad/s}$$

$$P_m = 9 \text{ Nm} \times 57,177 \text{ rad/s} = 514,59 \text{ W} = 3 \times 10,11 \Omega \times I_2'^2$$

$$I_2'^2 = 16,965 \text{ A}^2 \rightarrow I_2' = 4,12 \text{ A}$$

$$P_m = \boxed{P_{\text{giriş}} = 514,59 \text{ W}}$$

$$V_1^2 = ((1+1+10,11)^2 + (2+2)^2) \times I_2'^2 = 2760 \text{ V}^2 \rightarrow V_1 = 52,6 \text{ V}$$

$$P_{\text{cu}} = 3 \times (1+1) \times 16,965 \text{ W} = 515 \text{ W}$$

$$P_{\text{Fe}} = 3 \times 1 \times 10^{-3} \times 2760 \text{ W} = 8 \text{ W}$$

$$P_{\text{giriş}} = P_m \approx 515 \text{ W}$$

$$P_{\text{cu}} = 3 \times (1+1) \times 16,965 \text{ W} = 101,79 \text{ W}$$

$$P_{\text{Fe}} = 3 \times 1 \times 10^{-3} \times 2760 \text{ W} = 8,28 \text{ W}$$

$$P_{\text{giriş}} = 514,59 + 101,79 + 8,28 \text{ W} = \boxed{624,66 \text{ W} = P_{\text{giriş}}}$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{514,59}{624,66} = \boxed{\%82,4 = \eta}$$

5) $V_{10} = 1200 \text{ V} / \sqrt{3} = 692,8 \text{ V}$, $I_{10} = 3,8 \text{ A}$, $P_{10} = 3600 \text{ W} / 3 = 1200 \text{ W}$

$V_{1k} = 66 \text{ V} / \sqrt{3} = 38,1 \text{ V}$, $I_{1k} = 57 \text{ A}$, $P_{1k} = 3900 \text{ W} / 3 = 1300 \text{ W}$

$$r_1 = r_{0k} / 2 = 0,4 \Omega / 2 = \boxed{0,2 \Omega = r_1} \quad r_1 + r_2' = \frac{1300}{57^2} \Omega = 0,4 \Omega$$

$$r_2' = (r_1 + r_2') - r_1 = 0,4 \Omega - 0,2 \Omega = \boxed{0,2 \Omega = r_2'}$$

$$Z_k = \frac{38,1 \text{ V}}{57 \text{ A}} = 0,669 \Omega \quad (x_1 + x_2') = \sqrt{0,669^2 - 0,4^2} \Omega = 0,536 \Omega$$

$$x_1 \approx x_2' = \frac{0,536 \Omega}{2} = \boxed{0,27 \Omega = x_1 = x_2'}$$

$$g_c = 1300 / 692,8^2 \text{ S} = \boxed{2,7 \text{ mS} = g_c}$$

$$y_0 = \frac{3,8 \text{ A}}{692,8 \text{ V}} = 5,48 \text{ mS}$$

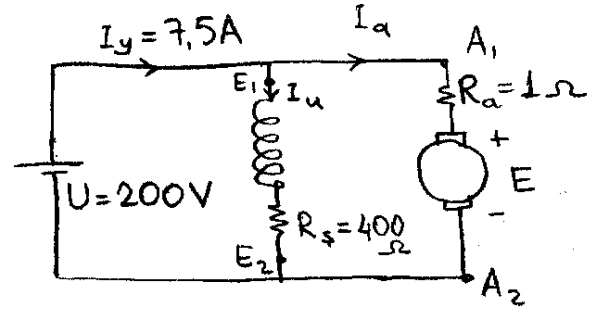
$$b_m = \sqrt{5,48^2 - 2,7^2} \text{ mS} = \boxed{4,77 \text{ mS} = b_m}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 ARASINAV SORULARI

17 Nisan 2009 Süre: 60 dakika

- 1) Yandaki şekilde verilen şönt motor, $n = 1700$ dev/dk hızla dönmekte ve $P_{\text{sur}} = 200\text{W}$ sürtünme kaybı olmaktadır. Bu çalışma için motorun verim ve torkunu hesaplayınız.

(35 puan)

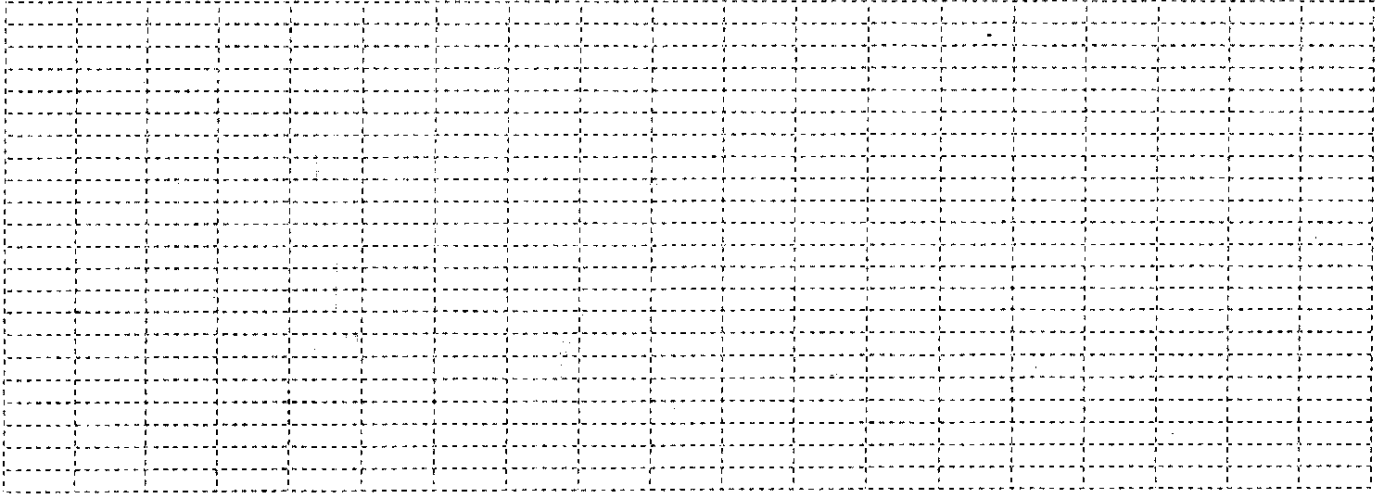


- 2) Bir asenkron motorun etiketinde frekans 50 Hz, hız ise 1350 dev/dk olarak yazılmıştır. Bu motor kaç kutupludur (kaymanın küçük bir değer olduğu düşünülüyor)? Motor etiket değerlerinde çalışırken kayması ne olur? Bu motor 60 Hz'de çalıştırılırsa senkron hızı ne olur? (3x5 = 15 puan)

- 3) Üç fazlı 50Hz'lik, silindirik rotorlu ve hava aralığı düzgün, manyetik çekirdeklerinde $\mu_r \approx \infty$ olan, stator sargıları yıldız bağlı ve oluklara çift katlı yerleştirilmiş bir AC makine statorunun sargılarının birer kenarlarının oluklara yerleştirilişi şekilde gösterilmiştir. Her sargı 6 döngülüdür.

- a) Sargı uzanımı 10 oluk olacak şekilde gösterilmemiş sargı kenarlarının oluklara yerleşimini gösteriniz.
 b) 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 3 fazlı akımlar uygulanırsa $\omega t = 60^\circ$ olan an için statorun ürettiği mmk dağılımını çiziniz.
 c) Her bir iletkende endüklenen gerilimin 1., 3. ve 5. harmonikleri sırasıyla $E_{1\text{rms}}/\text{ilt} = 3,6\text{V}$, $E_{3\text{rms}}/\text{ilt} = 1,3\text{V}$ ve $E_{5\text{rms}}/\text{ilt} = 0,6\text{V}$ olduğuna göre bütün harmonikler birlikte düşünüldüğünde bir faz geriliminin etkin değerini ve fazlararası gerilimin etkin değerini hesaplayınız.

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



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

BAŞARILAR...

Y.Doç.Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 ARASINAV CEVAP ANAHTARI

17 Nisan 2009

1) $I_u = \frac{200V}{400\Omega} = 0,5 A$

$I_a = 7,5A - 0,5A = 7A$

$E = 200V - 1\Omega \times 7A = 193V$

$P_m = EI_a = 193 \times 7 W = 1351 W$

$P_{aıkış} = P_m - P_{sür} = 1351W - 200W = 1151W$

$P_{giriş} = UI_g = 200V \times 7,5A = 1500W$

$\left. \begin{array}{l} P_{aıkış} = P_m - P_{sür} = 1351W - 200W = 1151W \\ P_{giriş} = UI_g = 200V \times 7,5A = 1500W \end{array} \right\} \text{Verim} = \frac{1151}{1500} = \boxed{\%76,7 = \eta}$

$\omega = 2\pi \times \frac{1700}{60} \text{ rad/s} = 178,0 \text{ rad/s}$

$T_{aıkış} = \frac{P_{aıkış}}{\omega} = \frac{1151}{178,0} \text{ Nm} = \boxed{6,47 \text{ Nm} = T_{aıkış}}$

2) Kutup sayısı için 1. yol: $n_r = 1350 \text{ dev/dk} < n_s = \frac{120 \times 50}{P} \text{ dev/dk}$

P çift sayı olmalıdır.

2 kutup da 4,4'ten küçüktür

ama biz yakın olan küçüğü

alırız; çünkü bu, kaymayı daha küçük yapar (o hız için).

$P < \frac{120 \times 50}{1350} = 4,4 \rightarrow \boxed{P = 4}$

2. yol: $P = 2 \Rightarrow n_s = \frac{120 \times 50}{P} = 3000 \text{ dev/dk}$

$P = 4 \Rightarrow$

$P = 6 \Rightarrow$

$= 1500 \text{ dev/dk}$

$= 1000 \text{ dev/dk}$

$\rightarrow n_r = 1350 \text{ dev/dk}$

bu aralıktadır.

$n_s > n_r$ olduğundan $n_s = 1500 \text{ dev/dk}$
(\approx) ve $P = 4$ 'tür.

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

Kayma = $\frac{1500 - 1350}{1500} = \boxed{0,1 = \%10 = s}$

$f' = 60 \text{ Hz} \Rightarrow \text{Yeni senkron hız: } n'_s = \frac{120 \times 60}{4} \text{ dev/dk} = \boxed{1800 \text{ dev/dk} = n'_s}$

3) (a) ve (b) şıklarının çözümleri sonraki sayfanın sonunda verilmiştir.

c) $(E_{rms} / \text{sargı}) = (E_{rms} / \text{ilt}) \times 2N \times k_{un}$
 $\hookrightarrow N = 6$

$k_{un} = \left| \sin \frac{nP}{2} \right|$

Sargı uzanımı = 10 oluk. Kutup sayısı = 2 = P
olduğu görülüyor.

Oluk açısı: $\gamma = \frac{360^\circ}{18 \text{ oluk}} \cdot \frac{P}{2} = 20^\circ \text{ (elk)}$

(Çünkü bir katta birer faz-kutup bölgesi var.)

$\tau = 10 \times 20^\circ = 200^\circ$

$k_{u1} = \left| \sin \frac{1 \times 200^\circ}{2} \right| = 0,9848$

$k_{u3} = \left| \sin \frac{3 \times 200^\circ}{2} \right| = 0,8660$

$k_{u5} = \left| \sin \frac{5 \times 200^\circ}{2} \right| = 0,6428$

$(E_{1rms} / \text{sargı}) = 3,6V \times 2 \times 6 \times 0,9848 = 42,54V$

$(E_{3rms} / \text{sargı}) = 1,3V \times 2 \times 6 \times 0,8660 = 13,51V$

$(E_{5rms} / \text{sargı}) = 0,6V \times 2 \times 6 \times 0,6428 = 4,63V$

3.c) (Devamı)

$$\text{Her fazdaki sargı sayısı} : N_{\text{faz}} = \frac{18 \text{ oluk}}{3 \text{ faz}} \times \frac{1}{2 \text{ kenar}} \times 2 \text{ kat} = 6 = N_{\text{faz}}$$

$$(E_{\text{rms}} / \text{faz}) = N_{\text{faz}} \times (E_{\text{rms}} / \text{sargı}) \times k_{d1}$$

$$(E_{1\text{rms}} / \text{faz}) = 6 \times 42,54 \text{ V} \times 0,9598 = 245,0 \text{ V}$$

$$(E_{3\text{rms}} / \text{faz}) = 6 \times 13,51 \text{ V} \times 0,6667 = 54,0 \text{ V}$$

$$(E_{5\text{rms}} / \text{faz}) = 6 \times 4,63 \text{ V} \times 0,2176 = 6,0 \text{ V}$$

Tüm harmonikler birlikte düşünülürse:

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

$$= \sqrt{245,0^2 + 54,0^2 + 6,0^2} \text{ V} = 251,0 \text{ V} = E_{\text{rms}} / \text{faz}$$

 $q = 3$ (A_1, A_2, A_3 gibi aynı katta yanyana 3 olukta)

$$k_{d1} = \left| \frac{\sin\left(\frac{3 \times 1 \times 20^\circ}{2}\right)}{3 \sin\left(\frac{1 \times 20^\circ}{2}\right)} \right| = 0,9598$$

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

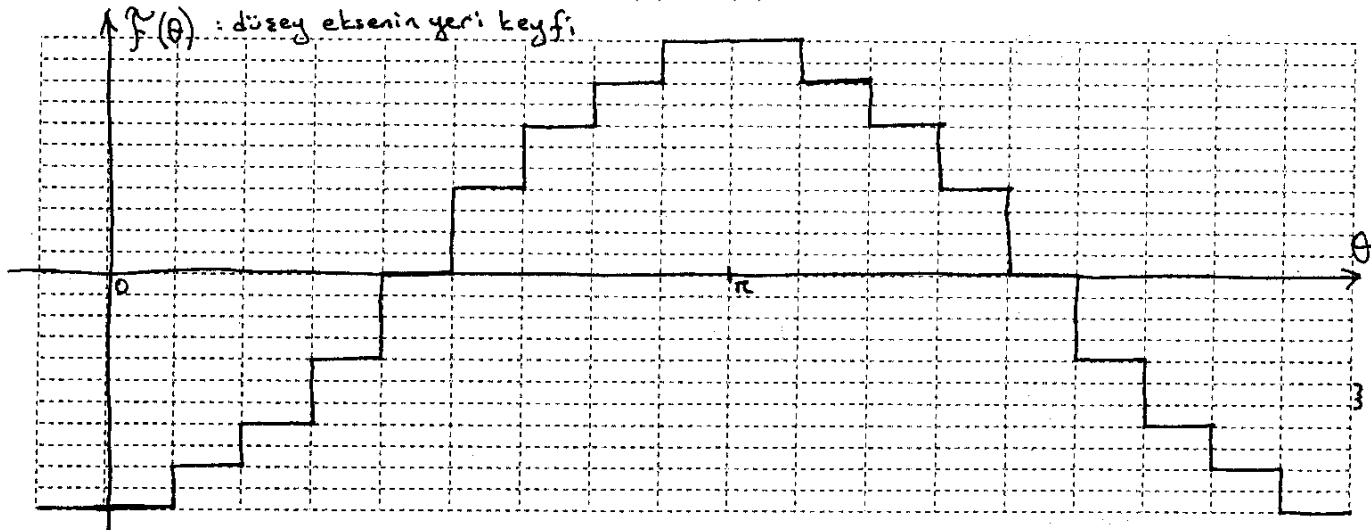
$$k_{d5} = \left| \frac{\sin 150^\circ}{3 \sin 50^\circ} \right| = 0,2176$$

Y bağlantıda tüm harmonikler birlikte fazlararası gerilim:

$$E_{\text{rms, fazlararası}}^Y = \sqrt{3} \cdot \sqrt{\sum_{(n \neq 3k)} (E_{\text{rms}} / \text{faz})^2} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{245,0^2 + 6,0^2} \text{ V}$$

$$= 424,5 \text{ V} : \text{fazlararası etkin gerilim}$$

3.(a) ve (b)



3.a) →

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	$-B_4$	$-B_5$	$-B_6$
$-B_3$	A_4	A_5	A_6	$-C_4$	$-C_5$	$-C_6$	B_4	B_5	B_6	$-A_1$	$-A_2$	$-A_3$	$+C_1$	$+C_2$	$+C_3$	$-B_1$	$-B_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	1	1	$\frac{3}{2}$	2	2	$\frac{3}{2}$	1	1	0	-1	-1	$-\frac{3}{2}$	-2	-2	$-\frac{3}{2}$	-1	-1

BAŞARILAR...

$$A_1 : 1. \text{ olukta} \rightarrow -A_1 : (1+10) = 11. \text{ olukta}$$

$$3.b) \omega t = 60^\circ \Rightarrow i_A = \frac{I}{2}, \quad i_B = \frac{I}{2}, \quad i_C = -I \text{ olur.}$$

$$N = 6 \rightarrow NI = 6I$$

$$\begin{aligned} 0 \times NI &= 0 \cdot I = 0 \rightarrow 0 \text{ adım} \\ 1 \times NI &= 6I \rightarrow 2 \text{ adım} \\ (3/2) \times NI &= 9I \rightarrow 3 \text{ adım} \\ 2 \times NI &= 12I \rightarrow 4 \text{ adım} \end{aligned}$$

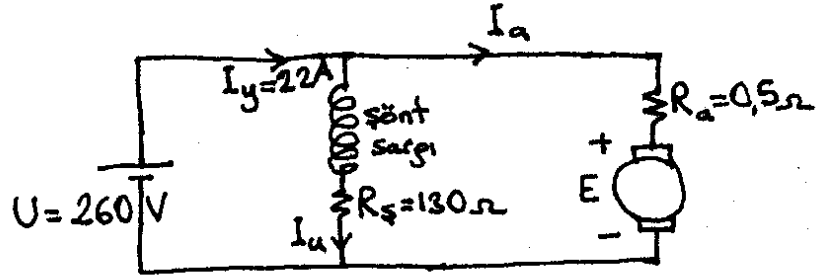
Y.Doç.Dr. Ata SEVİNÇ

yükseklikte değişim. Yani her kare yüksekliği 3I kadardır.

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 FİNAL SINAVI SORULARI

09.06.2009 Süre: 60 dakika

- 1) Şekildeki şönt motorun hızı 2000 devir/dakika ve sürtünme güç kaybı 620W'tır. Motorun verimini ve net çıkış torkunu hesaplayınız. (25 puan)



- 2) Üç fazlı, Δ/Y bağlı, 50Hz'lik bilezikli bir asenkron motora yüksüz çalışma ve kilitli rotor testleri uygulandığında, statordan hat değerleri olarak şu gerilim, akım ve güç değerleri ölçülüyor:

	Gerilim	Akım	Güç
Yüksüz çalışma	400V	3,2A	750W
Kilitli rotor	36V	26A	840W

Ayrıca stator sargılarının bir ucu boştayken diğer iki uç arasında okunan direnç $0,4\Omega$ 'dur. Bu asenkron motorun tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak hesaplayınız (17 puan). Stator/rotor fazlarının sarım oranı 4/1 olduğuna göre rotor tarafındaki faz başına sargı direncini ve kaçak endüktansı hesaplayınız (8 puan).

- 3) Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = r'_2 = 2\Omega$, $x_1 = x'_2 = 4\Omega$, $g_c = b_m = 4mS$ olan üç fazlı, Δ/Y bağlı, 50Hz'lik bilezikli bir asenkron motorun stator/rotor fazlarının sarım oranı 4/1'dir. Bu motorun kalkış torkunu maksimum yapmak için rotor sargı uçlarına Y bağlı olarak ilave edilmesi gereken faz başına direnç ne olmalıdır? (20 puan) Yaklaşık eşdeğer devre ile hesaplayınız.

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

- 4) Üç fazlı, 1500 devir/dakikalık, yıldız bağlı, 720V'luk, 20kVA'lık bir senkron alternatöre açık devre ve kısa devre testleri yapılıyor. Aşağıdaki sonuçlar (hat değerleri) elde ediliyor. Armatür direnci ihmal ediliyor. Makinanın doymuş ve doymamış senkron reaktansı ile kısa devre oranını bulunuz (16 puan). Senkron makine 800V hat gerilimi altında 7A uyarım akımıyla motor olarak çalıştırılıyor. Senkron reaktansın doymuş değerinde olduğunu varsayarak bu şartlarda motorun verebileceği maksimum brüt torku bulunuz (14 puan).

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

Açık Devre Testi	
Uyarım akımı (A)	Armatür hat gerilimi (V)
1	100
2	200
7	650
8	720
9	770

Kısa Devre Testi	
Uyarım akımı (A)	Armatür hat akımı (A)
1	2
2	4
7	14
8	16
9	18

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-2 FINAL CEVAP ANAHTARI

09.06.2009

1) $I_a = 260V/130\Omega = 2A$ $I_a = 22A - 2A = 20A$
 $E = 260V - 20A \cdot 0,5\Omega = 250V$ $P_{çıkış} = 250V \cdot 20A = 620W = 4380W$
 $P_{giriş} = 260V \cdot 22A = 5720W$ $\text{Verim} = \frac{4380}{5720} = \%76,6 = \eta$
 $\omega = 2\pi \cdot \frac{2000}{60} \text{ rad/s} = 209,4 \text{ rad/s}$ $T_{çıkış} = \frac{4380}{209,4} \text{ Nm} = 20,9 \text{ Nm} = T_{çıkış}$

2) $P_{10} = 750W/3 = 250W$ $V_{10} = 400V$ $I_{10} = 3,2A/\sqrt{3} = 1,85A$ (Δ)
 $g_c = \frac{250}{400^2} S = 1,6 \text{ mS} = g_c$ $Y_{10} = 1,85A/400V = 4,6 \text{ mS}$
 $b_m = \sqrt{4,6^2 - 1,6^2} \text{ mS} = 4,3 \text{ mS} = b_m$
 $P_{1k} = 840W/3 = 280W$ $V_{1k} = 36V$ $I_{1k} = 26A/\sqrt{3} = 15,0A$ (Δ)
 $r_1 = \frac{3}{2} \cdot 0,4\Omega = 0,6\Omega = r_1$ (Δ) $r_1 + r_2' = \frac{280}{15,0^2} \Omega = 1,24\Omega$
 $Z_{1k} = \frac{36V}{15,0A} = 2,40\Omega$ $x_1 + x_2' = \sqrt{2,40^2 - 1,24^2} \Omega = 2,05\Omega$
 $r_2' = 1,24\Omega - 0,6\Omega = 0,64\Omega = r_2'$ $x_1 = x_2' = \frac{2,05\Omega}{2} = 1,02\Omega = x_1 = x_2'$
 $r_2 = 0,64\Omega/4^2 = 0,04\Omega = r_2$ $x_2 = 1,02\Omega/4^2 = 0,064\Omega = x_2$
 $0,064\Omega = 2\pi f L_r^{\text{kacak}} \rightarrow L_r^{\text{kacak}} = \frac{0,064\Omega}{2\pi \cdot 50 \text{ Hz}} = 203\mu H = L_r^{\text{kacak}}$

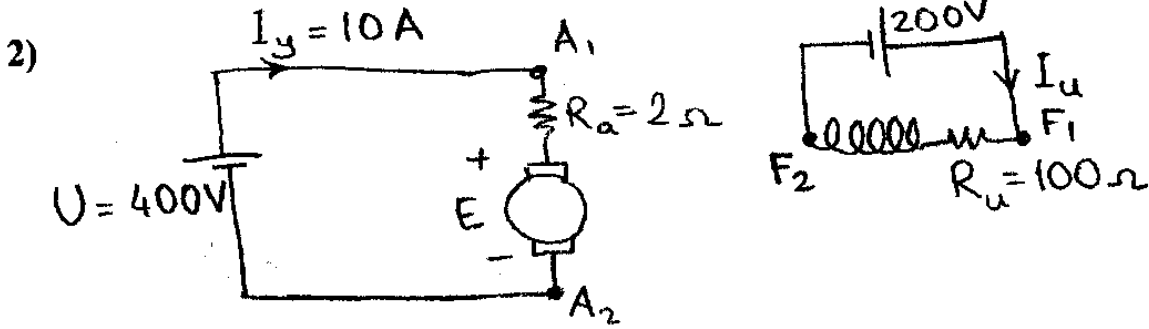
3) Yaklaşık $R_1 \approx r_1$, $X_1 \approx x_1$. Kalkışta $s=1 = s_{Tmax}$ yapılırsa:
 $s_{Tmax} = \frac{r_2'_{Top}}{\sqrt{(2\Omega)^2 + (4\Omega + 4\Omega)^2}} = 1 \rightarrow r_2'_{Top} = \sqrt{68}\Omega = 8,25\Omega$
 $r_2'_{Top} - r_2' = 8,25\Omega - 2\Omega = 6,25\Omega = r_2'_{ilave} \rightarrow r_2'_{ilave} = \frac{6,25\Omega}{4^2}$
 $r_2'_{ilave} = 0,39\Omega$ Değerler ve sarım oranı tek faz için olduğundan statorun Δ olması bilgisi kullanılmadı.

4) $Z_s^{\text{doymuş}} = \frac{720V/\sqrt{3}}{16A} = 26\Omega \approx X_s^{\text{doymuş}}$ ADK'nın 2A'lık uyartım akımına kadar doğrusal
 olduğu görüldüğü için: $Z_s^{\text{doymamış}} = \frac{200V/\sqrt{3}}{4A} = 28,9\Omega \approx X_s^{\text{doymamış}}$
 $I_h^{\text{anma}} = 20kVA/(\sqrt{3} \cdot 720V) = 16A \rightarrow 8A/8A = 1 = k.d.o.$
 $I_f = 7A \Rightarrow E_f = 650V/\sqrt{3} = 375V$ $V_{t1} = 800V/\sqrt{3} = 462V$
 $\sin\delta = 1$ için $P_1 = P_{max} = \frac{375V \cdot 462V}{26\Omega} = 6672W \rightarrow P_{Top} = 3P_{max} = 20,0kW$
 $\omega = 2\pi \cdot \frac{1500}{60} \text{ rad/s} = 157,1 \text{ rad/s} \rightarrow \frac{20000}{157,1} \text{ Nm} = 127 \text{ Nm} = T_{max}$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 2 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

23.06.2009 Süre: 80 dakika

1) Armatür reaksiyonu genel (ac/dc makinalarda ortak) olarak nedir? DC makinalardaki zararlı etkisi nedir? Bu etkiyi azaltmak için nasıl bir çözüm uygulanır? (3x5 = 15 puan)

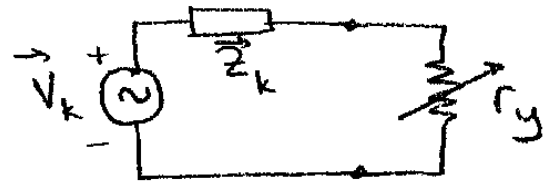


Yukarıdaki yabancı uyarımlı motor, $a = 0,0012 \text{ Nm} \cdot \text{s}^2 / \text{rad}^2$ olmak üzere net tork-hız ilişkisi ($T_y = a\omega^2$) olan bir yükü döndürürken sürtünme kaybı $P_{\text{sür}} = 350 \text{ W}$ olmaktadır. Motorun devir/dakika olarak dönüş hızını, net çıkış torkunu ve verimini hesaplayınız. (25 puan)

3) Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 0,7 \Omega$, $r_2' = 0,6 \Omega$, $x_1 = x_2' = 4,8 \Omega$, $g_c = 4,2 \text{ mS}$, $b_m = 6,4 \text{ mS}$ olan üç fazlı, 6 kutuplu statoru **üçgen bağlı** bir asenkron motorun statoruna 50Hz'de fazlararası 1000V gerilim uygulanıyor ve motor 950 devir/dakika hızla dönüyor. Sürtünme kaybı $P_{\text{sür}} = 350 \text{ W}$ olduğuna göre motorun verimini, net çıkış torkunu, statordan ölçülen hat akımının büyüklüğünü ve giriş güç faktörünü hesaplayınız. (35 puan) Yaklaşık eşdeğer devre kullanabilirsiniz.

4) 3. sorudaki asenkron motorda hangi hız değerinde brüt çıkış gücü (P_m) en büyük değerini alır? (10 puan) Yaklaşık eşdeğer devre kullanabilirsiniz.

Yardımcı formül: Yandaki gibi bir devrede V_k ve \bar{Z}_k belirli iken r_y 'ye maksimum güç aktarımı $r_y = |\bar{Z}_k|$ durumunda gerçekleşir.



5) Üç fazlı, **üçgen bağlı**, 2400V'luk, 71,5kVA'lık bir senkron motora açık devre ve kısa devre testleri uygulandığında statordan ölçülen hat değerleri şöyledir:

Uyarım akımı (A)	ADK hat Gerilimi (V)	KDK hat Akımı (A)
3,0	400	1,9
6,0	800	3,8
21,0	2200	13,4
24,0	2400	15,3
27,0	2550	17,2

Armatür sargı direncini ihmal ederek bu motorun doymuş ve doymamış senkron reaktanslarını hesaplayınız. (15 puan)

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

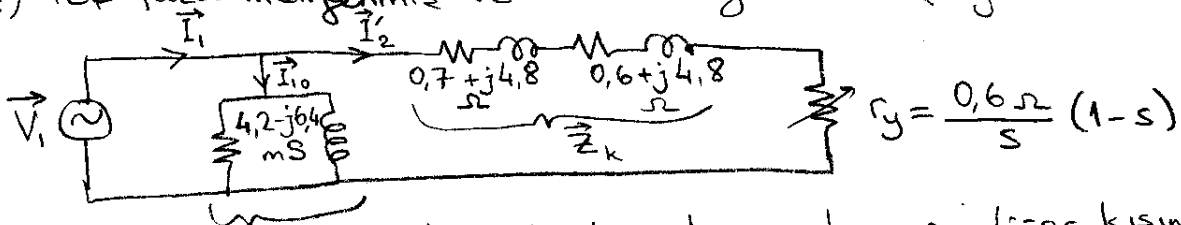
ELEKTRİK MAKİNALARI-2 BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI

23.06.2009

1) Armatür akımının oluşturduğu manyetik akının, hava aralığındaki bileşke manyetik akıya etkisine "armatür reaksiyonu" denir. Bu etki, DC makinelerde fırçaların kısa devre ettiği sargılardaki gerilimin o anda sıfırdan farklı olmasına, dolayısıyla da ark (kıvılcım) oluşmasına neden olur. Bunu azaltmak için kutuplar arasına "arakutup (aktarım = commutation) sargıları" yerleştirilir ve armatüre uygun yönde seri bağlanır.

2) $E = 400V - 2\Omega \times 10A = 380V \rightarrow P_m = EI_a = 380V \times 10A = 3800W$
 $P_{\text{çıkış}} = 3800W - 350W = 3450W \quad T_{\text{çıkış}} = \frac{3450W}{\omega} = T_y = a\omega^2$
 $3450W = a\omega^3 \rightarrow \omega = \left(\frac{3450}{0,0012}\right)^{1/3} \text{ rad/s} = 142,2 \text{ rad/s} = \omega$
 Net çıkış torku $= a\omega^2 = 0,0012 \times (142,2)^2 \text{ Nm} = \boxed{24,3 \text{ Nm} = T_{\text{çıkış}}}$
 $n = \frac{60}{2\pi} \omega = \frac{60}{2\pi} \times 142,2 \text{ devir/dak} = \boxed{1358 \text{ devir/dakika} = n}$
 $P_{\text{giriş}} = UI_y + R_u I_u^2 = 400V \times 10A + 100\Omega \times (2A)^2 = 4400W$
 $\text{Verim} = \frac{3450}{4400} = \boxed{\%78,4 = \eta}$ $\rightarrow 200V/100\Omega = I_u$

4) Tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devre:



Gerilim kaynağının paralel bağlı elemanların devrenin diğer kısımlarına etkisi yoktur. $\vec{Z}_k = (1,3 + j9,6) \Omega$ olur.

$$r_y = |\vec{Z}_k| = \sqrt{1,3^2 + 9,6^2} \Omega = 9,69 \Omega = \frac{0,6 \Omega}{s} (1-s)$$

$$9,69s/0,6 = 1-s \rightarrow 17,15s = 1 \rightarrow s = 0,05831$$

4 kutuplu $\left\{ \begin{aligned} n_s &= \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ devir/dakika} \rightarrow n_s - n_r = s n_s = 87,5 \text{ devir/dak.} \\ n_r &= (1500 - 87,5) \text{ devir/dak} = \boxed{1412,5 \text{ devir/dakika} = n_r} \end{aligned} \right. \rightarrow \text{Maksimum güçteki hız (4 kutuplu için)}$

6 kutuplu alınırsa (soruda düzeltme yapılmıştı.):

$$n_s = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{ devir/dakika} \rightarrow n_s - n_r = s n_s = 58,3 \text{ devir/dak.}$$

$$n_r = (1000 - 58,3) \text{ devir/dak} = \boxed{941,7 \text{ devir/dakika} = n_r} \rightarrow \text{Maksimum güçteki hız (6 kutuplu için)}$$

5) ADK'da 2400V için uyartım 24 A → KDK'da $15,3A = I_a^{hat} = \sqrt{3} I_{a1}$

$$Z_s^{doymus} = \frac{2400V}{15,3A/\sqrt{3}} = \boxed{272 \Omega \approx X_s^{doymus}}$$

İlk 2 değer takımı doğrusal (HAD) bölgede. Herhangi birinden:

$$Z_s^{doymamis} = \frac{800V}{3,8A/\sqrt{3}} = \boxed{365 \Omega \approx X_s^{doymamis}}$$

k.d.o. istenseydi:

$$Anma \text{ hat akımı} = \frac{71500VA}{\sqrt{3} \times 2400V} = 17,2A \rightarrow \text{KDK'da } 27A \text{ uyartım da görülüyor.}$$

$$k.d.o. = \frac{24}{27} = 0,889$$

3) 6 kutuplu → $n_s = \frac{120 \times 50}{6} \text{ dev/dk} = 1000 \text{ dev/dk} \rightarrow s = \frac{1000-950}{1000} = 0,05$

$$r_y = \frac{0,6\Omega}{0,05} (1-0,05) = 11,4\Omega$$

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

$$\vec{I}_2' = \frac{1000 \angle 0^\circ}{(0,7+0,6+11,4) + j(4,8+4,8)} A = \frac{1000}{15,92 \angle 37,09^\circ} A = \frac{I_2'}{15,92 \angle 37,09^\circ} A = 62,81A \angle -37,09^\circ = (50,11 - j37,88) A$$

$$P_{cu} = 3 \times (0,7+0,6) \times 62,81^2 W = 15,39 kW$$

$$P_{Fe} = 3 \times 4,2 \times 10^{-3} \times 1000^2 W = 12,60 kW$$

$$P_m = 3 \times 11,4 \times 62,81^2 W = 134,94 kW \rightarrow P_{aikis} = P_m - 350W = 134,59 kW$$

$$P_{giris} = P_m + P_{cu} + P_{Fe} = 162,93 kW \rightarrow \text{Verim} = \frac{134,59}{162,93} = \boxed{\%82,6 = \eta}$$

$$\omega = 2\pi \frac{950}{60} \text{ rad/s} = 99,48 \text{ rad/s}$$

$$\rightarrow T_{aikis} = \frac{134590}{99,48} Nm = 1353 Nm$$

$$\vec{I}_{10} = (1000V + j0V)(4,2mS - j6,4mS) = (4,2 - j6,4) A$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = 50,11 - j37,88 + 4,2 - j6,4 A$$

$$= 54,31 - j44,28 A = \frac{70,07A}{\angle -39,19^\circ} = \vec{I}_1$$

$$I_h = \sqrt{3} I_1 = \sqrt{3} \times 70,07 A = \boxed{121,4 A = I_h} \rightarrow \text{stator hat akımının büyüklüğü}$$

$$\varphi_1 = \angle \vec{V}_1 - \angle \vec{I}_1 = 0^\circ - (-39,19^\circ) = 39,19^\circ$$

$$\text{Giris güc faktörü} = \cos \varphi_1 = \cos 39,19^\circ = \boxed{0,775 = \cos \varphi_1 \text{ geri}}$$