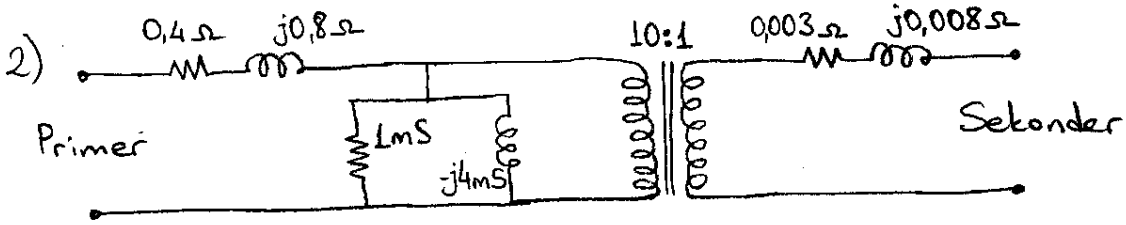
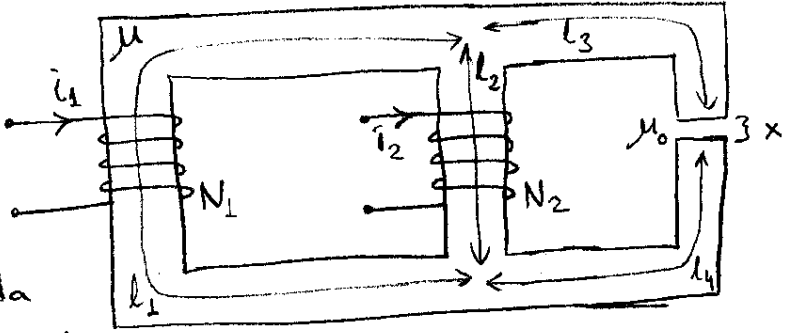


1) Şekildeki manyetik devrede kesit, bütün kollar ve hava aralığında aynı A değerindedir.

(30 puan) Manyetik geçirgenlik ise çekirdeğin bütün kollarında μ değerinde, hava aralığında ise μ_0 değerindedir. Sonuçta yalnızca 2 adet akı bilinmeyişi olacak şekilde bu akılar için verilenler cinsinden 2 adet bağımsız manyetik devre denklemi yazınız.



(40 puan) Esdeğer devresi yukarıda verilen tek fazlı, 50 Hz'lik, 200 kVA'lık 2300V:230V'lık bir trafo için yüksek gerilim sargısından gerilim uygulanarak, sekonderde güç faktörü 0,8 geri olan tam yük, 230V anma gerilimiyle beslenmektedir. Bu çalışma için trafo için demir ve bakır kaybını, verim ve regülasyonunu hesaplayınız. (Paralel kolu yok etmeden sola kaydırarak yaklaşık hesap yapabilirsiniz)

(30 puan) 3) 50 Hz'lik, 400V:2000V'lık, 14,7 kVA'lık tek fazlı bir trafoya açık devre testi yapıldığında primerden okunan gerilim 400V, akım 3,35 A ve güç 1200 W oluyor. Kısa devre testinde ise, primerden okunan gerilim 40V, akım 36,7 A ve güç 1080 W oluyor. Ayrıca primer sargısının direnci 0,3 ohm olarak ölçülüyor. Bu trafo için primere yansıtılmış esdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak hesaplayınız.

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 ARASINAV CEVAP ANAHTARI:

19.11.2005

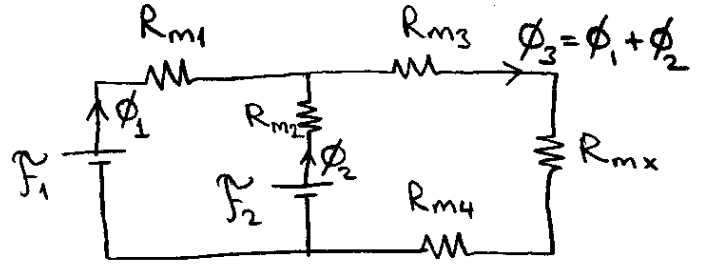
- ① Verilen manyetik devrenin elektrik devresi eşdeğeri, yandaki gibidir.

Burada:

$$\mathcal{F}_1 = N_1 i_1, \quad \mathcal{F}_2 = N_2 i_2$$

$$R_{m1} = \frac{l_1}{\mu A}, \quad R_{m2} = \frac{l_2}{\mu A}, \quad R_{m3} = \frac{l_3}{\mu A}, \quad R_{m4} = \frac{l_4}{\mu A}$$

$$R_{mx} = \frac{x}{\mu A}$$



İsterseniz bunları

$$R_{m34} = \frac{l_3 + l_4}{\mu A} \text{ gibi}$$

tek bir eleman şeklinde de kullanabiliriz.

Devrenin denklemleri:

$$\mathcal{F}_2 - R_{m2} \phi_2 + R_{m1} \phi_1 = \mathcal{F}_1$$

$$(R_{m4} + R_{mx} + R_{m3}) \phi_3 + R_{m2} \phi_2 = \mathcal{F}_2$$

} $\phi_3 = \phi_1 + \phi_2$ ve
diğer değerleri yazıp
düzenlersek:

$$\frac{l_1}{\mu A} \phi_1 - \frac{l_2}{\mu A} \phi_2 = N_1 i_1 - N_2 i_2$$

$$\left(\frac{l_3 + l_4}{\mu A} + \frac{x}{\mu_0 A} \right) \phi_1 + \left(\frac{l_2 + l_3 + l_4}{\mu A} + \frac{x}{\mu_0 A} \right) \phi_2 = N_2 i_2$$

- ③ Açık devre testinde: $P_o = 1200 \text{ W}$, $V_o = 400 \text{ V}$, $I_o = 3,35 \text{ A}$

$$\text{Buradan, } g_c = \frac{P_o}{V_o^2} = \frac{1200 \text{ W}}{(400 \text{ V})^2} = \underline{\underline{7,5 \text{ mS} = g_c}}$$

$$Y_o = \frac{I_o}{V_o} = \frac{3,35 \text{ A}}{400 \text{ V}} = 8,4 \text{ mS}$$

$$b_m = \sqrt{Y_o^2 - g_c^2} = \sqrt{8,4^2 - 7,5^2} \text{ mS} = \underline{\underline{3,7 \text{ mS} = b_m}}$$

Kısa devre testinde: $P_k = 1080 \text{ W}$, $V_k = 40 \text{ V}$, $I_k = 36,7 \text{ A}$

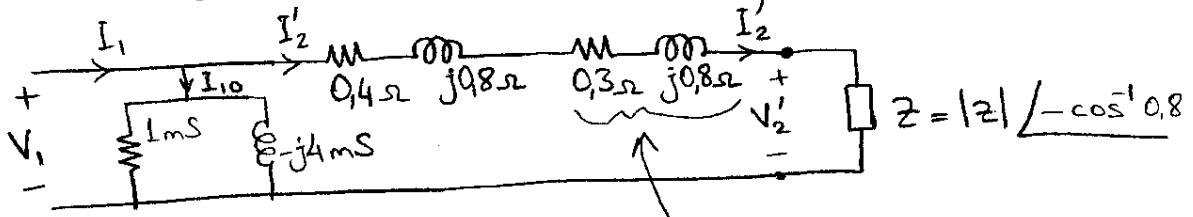
$$\text{Buradan, } (r_1 + r_2') = \frac{P_k}{I_k^2} = \frac{1080 \text{ W}}{(36,7 \text{ A})^2} = 0,8 \Omega = (r_1 + r_2')$$

$$\underline{\underline{r_1 = 0,3 \Omega}} \text{ olduğundan, } r_2' = (r_1 + r_2') - r_1 = 0,8 \Omega - 0,3 \Omega = \underline{\underline{0,5 \Omega = r_2'}}$$

$$\text{Ayrıca, } Z_k = \frac{V_k}{I_k} = \frac{40 \text{ V}}{36,7 \text{ A}} = 1,09 \Omega \rightarrow (x_1 + x_2') = \sqrt{1,09^2 - 0,8^2} \Omega$$

$$(x_1 + x_2') = 0,74 \Omega \rightarrow x_1 = x_2' = \frac{(x_1 + x_2')}{2} = \frac{0,74 \Omega}{2} = \underline{\underline{0,37 \Omega = x_1 = x_2'}}$$

② Primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devre:



$V_2 = 230V \angle 0^\circ$ olsun.
 gerilimi
 $V_2' = (10:1) \cdot V_2 = 2300V \angle 0^\circ$
 olarak yansıtılır.

Tam yük olduğundan,

$$|S_2| = 200 \text{ kVA} = |V_2' I_2'^*| \rightarrow |I_2'| = \frac{200000 \text{ VA}}{2300 \text{ V}} = 86,96 \text{ A}$$

$-\cos^{-1} 0,8 = -36,9^\circ$ olduğundan, $I_2 = 86,96 \text{ A} \angle -36,9^\circ = (69,57 - j52,17) \text{ A}$

$$V_1 = V_2' + I_2' \cdot (0,4 + j0,8 + 0,3 + j0,8 \Omega)$$

$$= 2300V + j0 + \underbrace{(69,57 - j52,17)(0,7 + j1,6)}_{132,2 + j74,8} \text{ V} = (2432,2 + j74,8) \text{ V}$$

$$V_1 = 2433 \text{ V} \angle 2^\circ$$

Demir kaybı: $P_{Fe} = (1 \text{ mS}) \cdot |V_1'|^2 = 10^{-3} \cdot 2433^2 \text{ W} = 5,9 \text{ kW} = P_{Fe}$

Bakır kaybı: $P_{Cu} = (0,4 \Omega + 0,3 \Omega) \cdot |I_2'|^2 = 0,7 \cdot 86,96^2 \text{ W} = 5,3 \text{ kW} = P_{Cu}$

Çıkış gücü: $P_2 = |S_2| \cdot 0,8 = 200 \text{ kVA} \cdot 0,8 = 160 \text{ kW} = P_2$
 ↳ güç faktörü

Giriş gücü: $P_1 = P_2 + P_{Fe} + P_{Cu} = (160 + 5,9 + 5,3) \text{ kW} = 171,2 \text{ kW} = P_1$

Verim = $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{160}{171,2} = \underline{\underline{\%93,5 = \eta}}$

Regülasyon = $\%100 \cdot \frac{|V_{20}| - |V_{2TY}|}{|V_{2TY}|} = \%100 \cdot \frac{|V_{20}'| - |V_{2TY}'|}{|V_{2TY}'|}$
 (Oran, yansıtılmış için de aynı)

$|V_{2TY}'| = 2300 \text{ V}$ (anma gerilimi, yansıtılmış)

Bu durumda (tam yükte) $|V_1| = 2433 \text{ V}$ bulunmuştur

Aynı primer geriliminde yüksüz çalışmada sekonder geriliminin yansıtılması: $|V_{20}'| = |V_1| = 2433 \text{ V}$ olur. (yaklaşık)

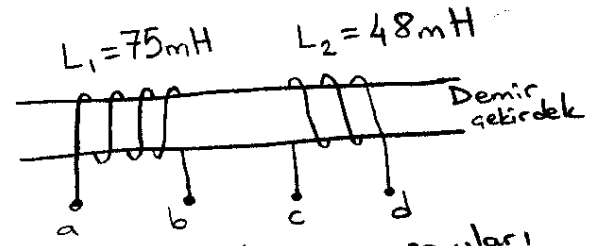
Regülasyon = $\%100 \cdot \frac{2433 - 2300}{2433} = \underline{\underline{\%5,8 = \text{Regülasyon}}}$

ELEKTRİK MAKİNALARI-I ARASINAV SORULARI

18.11.2006

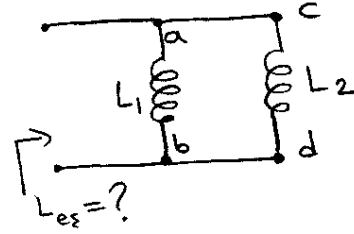
Süre: 90 dk.

- 1) Yandaki şekilde verilen sargılar aynı akıyla zincirlenmektedir, yani kaçak akı yoktur.



(Gerçek sarım sayıları şekildedeki kadar düşünülmemelidir.)

- a) İki sargı arasındaki karşılıklı endüktansın değerini ($M=?$) bulunuz ve etki yönünü belirten noktaları gösteriniz.



- b) Bu sargıların yandaki gibi paralel bağlanmaları halinde eşdeğer endüktans ne olur? (Sargı dirençleri ihmal ediliyor.)

- 2) Tek fazlı, 50 Hz'lik, 6 kVA'lık, 400V/2000V'lık bir trafonun eşdeğer devre parametreleri, alçak gerilim tarafına yansıtılmış olarak şunlardır: $r_1 = 0,6 \Omega$, $r_2' = 0,4 \Omega$, $x_1 = x_2' = 3 \Omega$, $g_c = 3 \text{ mS}$, $b_m = 5 \text{ mS}$. Trafonun sekonder gerilimi anma değerindeyken güç faktörü 0,94 geri olan bir tam yükü beslemektedir. Trafonun verimini, giriş güç faktörünü ve regülasyonunu hesaplayınız. (Yaklaşık eşdeğer devreyle)

- 3) Üç fazlı Y/Y bağlı, sarım oranı 3:1 olan bir trafoya açık devre testi uygulandığında ölçülen gerilim, akım ve gücün hat değerleri $|V_o| = 1000 \text{ V}$, $|I_o| = 0,75 \text{ A}$, $P_o = 450 \text{ W}$; kısa devre testi uygulandığında ise $|V_k| = 60 \text{ V}$, $|I_k| = 15 \text{ A}$, $P_k = 810 \text{ W}$ oluyor (tüm ölçümler primerden). Primer hat uçlarının biri boştayken diğer ikisi arasından ölçülen direnç de $r_{\text{ölçüm}} = 0,6 \Omega$ olduğuna göre trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini bulunuz. (Sekonder sargısının direnç ve kaçak reaktansının kendi tarafında olması isteniyor.)

- 4) Bir trafo belirli bir yükte 400V, 15A primer gerilim ve akımıyla çalışırken toplam bakır kaybı 900W'tır. Bu trafo başka bir yükte 440V, 18A primer gerilim ve akımıyla çalışırken toplam bakır kaybı ne olur? Yaklaşık olarak bulunuz.

ELEKTRİK MAKİNALARI-I ARASINAV CEVAP ANAHTARI:

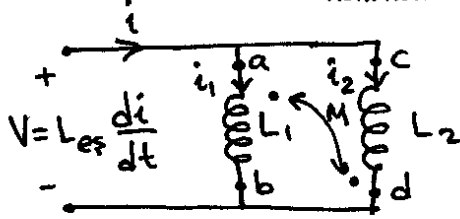
18.11.2006

Normal/İkinci Öğretim

1) a) Kaşak akı olmadığı için $k=1$ (kuplaj katsayısı)

$$M = k\sqrt{L_1 L_2} = 1 \cdot \sqrt{75 \cdot 48} \text{ mH} = \boxed{60 \text{ mH} = M}$$

b)



Akımlar a'dan ve d'den girerse birbirini desteklediğinden

$$V = L_{\text{eş}} \frac{di}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt}$$

i_1 , • tarafından giriyor,
 i_2 , • tarafından çıkıyor.

Aynı zamanda $V = L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt}$

Bu iki ifadeden

$$(L_1 + M) \frac{di_1}{dt} = (L_2 + M) \frac{di_2}{dt}$$

Yani $\frac{di_2}{dt} = \frac{L_1 + M}{L_2 + M} \frac{di_1}{dt}$, dolayısıyla $\frac{di}{dt} = \left(1 + \frac{L_1 + M}{L_2 + M}\right) \frac{di_1}{dt}$

Buradan $\frac{di_1}{dt} = \frac{L_2 + M}{L_1 + L_2 + 2M} \frac{di}{dt}$ ve $\frac{di_2}{dt} = \frac{L_1 + M}{L_1 + L_2 + 2M} \frac{di}{dt}$ bulunur.

Bunlar ilk denkleme yerine yazılırsa

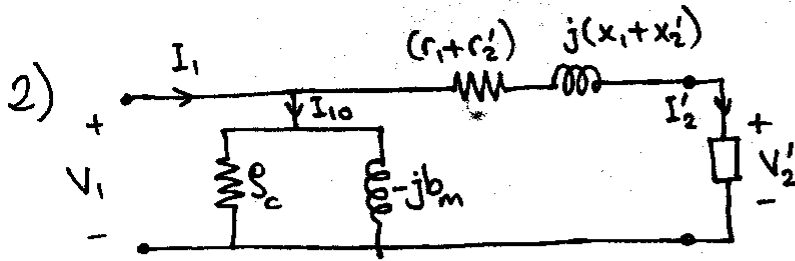
$$L_{\text{eş}} \frac{di}{dt} = \frac{L_1(L_2 + M) - M(L_1 + M)}{L_1 + L_2 + 2M} \frac{di}{dt} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M} \frac{di}{dt}$$

Yani $L_{\text{eş}} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$

$M^2 = L_1 L_2$ olduğundan

$$\boxed{L_{\text{eş}} = 0} \text{ bulunur.}$$

Dikkat: $k=1$ için $L_{\text{eş}} \neq 0$ olan tek istisna sargıların doğru paralel (M 'nin etkisi +, yani destekleyecek yönde) bağlandığı ve $L_1 = L_2$ olması durumudur. Nedenini düşünelim. Aksi halde $k=1$ iken sargı dirençleri sıfırsa bütün paralel bağlantılarda eşdeğer endüktans sıfırdır.



→ Yaklaşık eşdeğer devre.

$$I_{2\text{anma}} = \frac{6 \text{ kVA}}{2000 \text{ V}} = 3 \text{ A}$$

$$N_1/N_2 = 400/2000 = 1/5 \rightarrow I_{2\text{anma}}' = 5 \times 3 \text{ A} = 15 \text{ A}$$

$$V_2 = 2000 \text{ V} \angle 0^\circ \xrightarrow{\text{ilk ağı keyfi}} V_2' = \frac{1}{5} V_2 = 400 \text{ V} \angle 0^\circ$$

$$I_2' \text{ 'nün açısı} = 0^\circ - \cos^{-1} 0,94 = -19,95^\circ \rightarrow I_2' = 15 \text{ A} \angle -19,95^\circ$$

$$V_1 = 400 \text{ V} \angle 0^\circ + \underbrace{[(0,6+0,4) + j(3+3)](15 \text{ A} \angle -19,95^\circ)}_{6,083 \Omega \angle 80,54^\circ} = 444,8 + j79,5 \text{ V}$$

$$91,24 \text{ V} \angle 60,59^\circ = 44,8 + j79,5 \text{ V}$$

$$V_1 = 451,8 \text{ V} \angle 10,1^\circ$$

$$P_{Fe} = 3 \text{ mS} \times (451,8 \text{ V})^2 = 612 \text{ W}$$

$$P_{Cu} = (0,6+0,4) \Omega \times (15 \text{ A})^2 = 225 \text{ W}$$

$$P_{\text{çıkış}} = 6 \text{ kVA} \times 0,94 = 5640 \text{ W}$$

$$P_{\text{giriş}} = 5640 + 612 + 225 \text{ W} = 6477 \text{ W}$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{5640}{6477} = \boxed{\%87 = \eta}$$

Giriş güc faktörü için I_1 'in açısı gerekiyor.

$$I_1 = I_2' + I_{10} \quad I_{10} = \underbrace{(3-j5) \text{ mS}}_{5,83 \text{ mS} \angle -59^\circ} \times (451,8 \text{ V} \angle 10,1^\circ) = 2,63 \text{ A} \angle -48,9^\circ = 1,73 - j1,98 \text{ A}$$

$$I_1 = \underbrace{15 \text{ A} \angle -19,95^\circ}_{14,1 \text{ A} - j5,1 \text{ A}} + 1,73 \text{ A} - j1,98 \text{ A} = 15,83 \text{ A} - j7,1 \text{ A} = I_1 = 17,35 \text{ A} \angle -24,16^\circ$$

$$\text{Giriş güc faktörü} = \cos \left(\underbrace{10,1^\circ}_{V_1 \text{ 'in açısı}} - \underbrace{(-24,16^\circ)}_{I_1 \text{ 'in açısı}} \right) = \cos 34,3^\circ = \underline{\underline{0,826}} \text{ geri akım, gerilimden geride olduğu için}$$

Aynı V_1 geriliminde sekonder açık devre iken $|V_{20}'| = |V_1| = 451,8 \text{ V}$

$$|V_{2\text{TN}}'| = \frac{1}{5} 2000 \text{ V} = 400 \text{ V} \rightarrow \text{Regülasyon} = \%100 \frac{451,8 - 400}{400}$$

$$\boxed{\text{Regülasyon} = \%13}$$

3) Primer Y bağlı olduğu için tek faza indirgenmiş değerler :

$$|V_{10}| = 1000\text{V}/\sqrt{3} = 577\text{V}$$

$$|I_{10}| = 0,75\text{A}$$

$$P_{10} = 450\text{W}/3 = 150\text{W}$$

$$|V_{1k}| = 60\text{V}/\sqrt{3} = 34,64\text{V}$$

$$|I_{1k}| = 15\text{A}$$

$$P_{1k} = 810\text{W}/3 = 270\text{W}$$

$$r_1 = \frac{r_{ölçüm}}{2} = \frac{0,6\Omega}{2} = \boxed{0,3\Omega = r_1}$$

Açık devre testinden,

$$g_c = \frac{150\text{W}}{(577\text{V})^2} = \boxed{4,5 \times 10^{-4}\text{S} = g_c}$$

$$|Y_0| = \frac{0,75\text{A}}{577\text{V}} = 13 \times 10^{-4}\text{S} = 1,3 \times 10^{-3}\text{S}$$

$$b_m = \sqrt{13^2 - 4,5^2} \times 10^{-4}\text{S} = 12 \times 10^{-4}\text{S} = \boxed{1,2\text{mS} = b_m}$$

Kısa devre testinden,

$$r_1 + r_2' = \frac{270\text{W}}{(15\text{A})^2} = 1,2\Omega \rightarrow r_2' = 1,2\Omega - 0,3\Omega = \boxed{0,9\Omega = r_2'}$$

$$|Z_k| = \frac{34,64\text{V}}{15\text{A}} = 2,31\Omega \rightarrow (x_1 + x_2') = \sqrt{2,31^2 - 1,2^2}\Omega = 1,97\Omega$$

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

$$r_2 + jx_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 (r_2' + jx_2') = \frac{1}{3^2} \cdot (0,9 + j0,99)\Omega = 0,1 + j0,11\Omega$$

$$\boxed{r_2 = 0,1\Omega}$$

$$\boxed{x_2 = 0,11\Omega}$$

4) Bakır kaybı yaklaşık olarak akımın karesiyle orantılıdır.

$$\frac{P_{Cu2}}{P_{Cu1}} = \left(\frac{18\text{A}}{15\text{A}}\right)^2 = 1,44 \rightarrow P_{Cu2} = 1,44 \times 900\text{W} = 1296\text{W} \rightarrow \text{Yeni bakır kaybı}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI

15.01.2007 Süre: 70 dakika

1) Üç fazlı 50 Hz'lik 4:1 dönüştürme oranına sahip Δ / Δ bağlı bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Yüksek gerilim tarafı girişinden alınan hat ölçümleri şöyledir:

Açık Devre Testi: $V_0 = 1000 \text{ V}$, $I_0 = 1,0 \text{ A}$, $P_0 = 900 \text{ W}$

Kısa Devre Testi: $V_k = 70 \text{ V}$, $I_k = 26,0 \text{ A}$, $P_k = 1200 \text{ W}$

Ayrıca yüksek gerilim tarafı hat uçlarından birisi boştayken diğer 2 uç arasındaki direnç $r_{ölçüm} = 0,73 \Omega$ olarak bulunuyor. Buna göre trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak hesaplayınız. Alçak gerilim tarafına ait sargı direnç ve kaçak reaktansının kendi tarafındaki değerlerini de bulunuz. (30 puan)

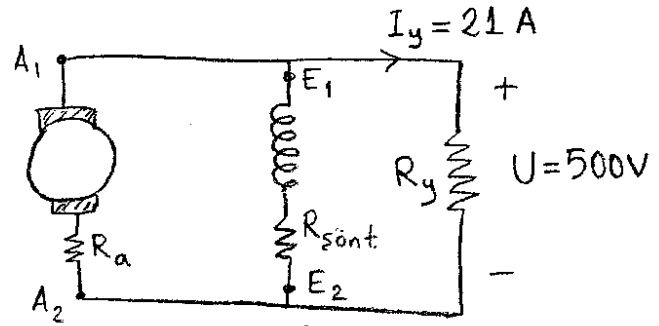
2) Görünür güç ve kısa devre oranları $S_1 = 40 \text{ kVA}$, $u_{k1} = \%4$; $S_2 = 20 \text{ kVA}$, $u_{k1} = \%2$ olan iki transformatör aynı yükü paylaşmak üzere paralel bağlanıyor.

a) Paralel bağlı trafoların eşdeğer kısa devre oranını,

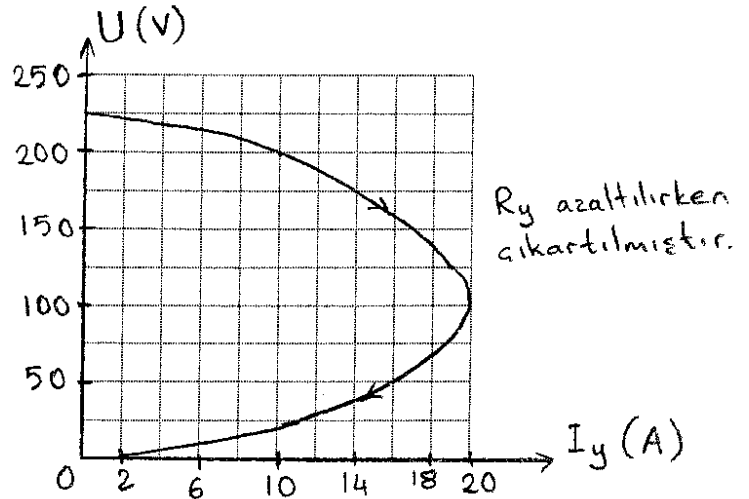
b) Toplam görünür gücü $S_T = S_1 + S_2 = 60 \text{ kVA}$ olan bir yükü yüklenirlerse her bir trafonun payına düşecek görünür gücü,

c) Hiçbir trafonun aşırı yüklenmemesi için toplam yük en fazla ne kadar olabileceğini ve o yük için her bir trafonun payına düşecek görünür gücü,
Yaklaşık olarak hesaplayınız. (30 puan)

3) Şekildeki gibi şönt bağlı bir dinamonun armatür ve şönt sargı dirençleri sırasıyla $R_a = 0,5 \Omega$ ve $R_{şönt} = 500 \Omega$ olduğuna ve dinamo $n = 2000$ devir/dakika hızla döndürüldüğüne göre, sürtünmeyi ihmal ederek dinamonun verim ve giriş torkunu hesaplayınız. (30 puan)



4) Bir dinamonun belirli şartlardaki dış karakteristiği yandaki şekildeki gibi ise bu dinamonun $R_y = 20 \Omega$ 'luk bir yükü aynı şartlarda hangi gerilim (U) ve akım (I_y) değerlerinde besleyeceğini bulunuz. (10 puan)



BAŞARILAR

Yrd.Doç.Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-I FİNAL CEVAP ANAHTARI
15.01.2007

1) Tek faz değerleri:

$$V_{10} = V_0 = 1000 \text{ V}, \quad I_{10} = \frac{1,0 \text{ A}}{\sqrt{3}} = 0,577 \text{ A} \quad P_{10} = \frac{900 \text{ W}}{3} = 300 \text{ W}$$

$$V_{1k} = V_k = 70 \text{ V}, \quad I_{1k} = \frac{26,0 \text{ A}}{\sqrt{3}} = 15,0 \text{ A} \quad P_{1k} = \frac{1200 \text{ W}}{3} = 400 \text{ W}$$

$$r_1 = \frac{3}{2} r_{\text{ölçüm}} = \frac{3}{2} \cdot 0,73 \Omega = \boxed{1,095 \Omega = r_1}$$

(Δ)

$$g_c = \frac{300}{1000^2} \text{ S} = \boxed{0,3 \text{ mS} = g_c} \quad y_0 = \frac{0,577}{1000} \text{ S} = 0,577 \text{ mS}$$

$$b_m = \sqrt{0,577^2 - 0,3^2} = \boxed{0,49 \text{ mS} = b_m}$$

$$r_1 + r_2' = \frac{400}{15,0^2} \Omega = 1,78 \Omega$$

$$z_k = \frac{70}{15,0} \Omega = 4,67 \Omega$$

$$x_1 + x_2' = \sqrt{4,67^2 - 1,78^2} \Omega = 4,31 \Omega$$

$$x_1 = x_2' = \frac{4,31}{2} \Omega = \boxed{2,16 \Omega = x_1 = x_2'}$$

$$r_2' = 1,78 \Omega - 1,095 \Omega = \boxed{0,68 \Omega = r_2'}$$

Alçak gerilim
tarafına gesserken
(4/1)² oranında
küçülürler.

$$r_2 = \frac{0,68 \Omega}{4^2} = \boxed{0,043 \Omega = r_2}$$

$$x_2 = \frac{2,16 \Omega}{4^2} = \boxed{0,135 \Omega = x_2}$$

2) $S_T = 40 + 20 \text{ kVA} = 60 \text{ kVA}$

a) $\frac{60}{u_{kes}} = \frac{40}{\%4} + \frac{20}{\%2} \rightarrow \boxed{u_{kes} = \%3}$

b) $S_{1y} = \frac{\%3}{\%4} \cdot 40 \text{ kVA} = \boxed{30 \text{ kVA} = S_{1y}}$

$$S_{2y} = \frac{\%3}{\%2} \cdot 20 \text{ kVA}$$

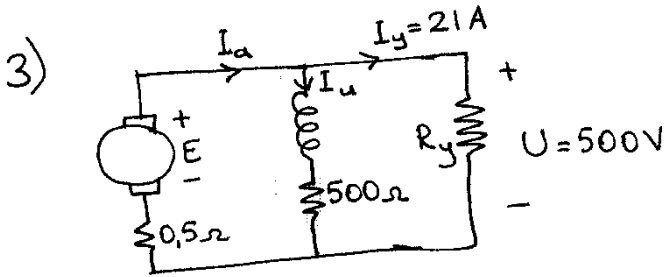
$$\boxed{S_{2y} = 30 \text{ kVA}}$$

c) 2. trafo $\frac{S_{2y}}{S_2} = \frac{30}{20}$ oranında aşırı yüklenmiş, diğer trafo ise düşük kapasiteli yüklenmiştir. Bütün yükleri aynı oranda azaltmak, yani $\frac{20}{30}$ katını almak gerekir. Yani:

$$S'_{1y} = S_{1y} \cdot \frac{20}{30} = 30 \text{ kVA} \cdot \frac{20}{30} = \boxed{20 \text{ kVA} = S'_{1y}}$$

$$S'_{2y} = S_{2y} \cdot \frac{20}{30} = 30 \text{ kVA} \cdot \frac{20}{30} = \boxed{20 \text{ kVA} = S'_{2y}}$$

Bu durumda yeni toplam güç $S'_T = 20 + 20 \text{ kVA} = 40 \text{ kVA}$
Toplam yeni anma gücü 1. trafonun anma gücünden bile büyük olmadığı için bu paralel bağlama işi yük paylaşımı için lüzumsuzdur.



$$I_u = \frac{500 \text{ V}}{500 \Omega} = 1 \text{ A}$$

$$I_a = I_y + I_u = 21 + 1 \text{ A}$$

$$I_a = 22 \text{ A}$$

$$E = U + 0.5 \Omega \cdot I_a = 500 \text{ V} + 0.5 \Omega \cdot 22 \text{ A} = 511 \text{ V} = E$$

$$P_{\text{giris}} = E I_a = 511 \times 22 \text{ W} = 11242 \text{ W}$$

$$P_{\text{cikis}} = U I_y = 500 \times 21 \text{ W} = 10500 \text{ W}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{giris}} \\ P_{\text{cikis}} \end{array} \right\} \text{Verim} = \eta = \frac{10500}{11242}$$

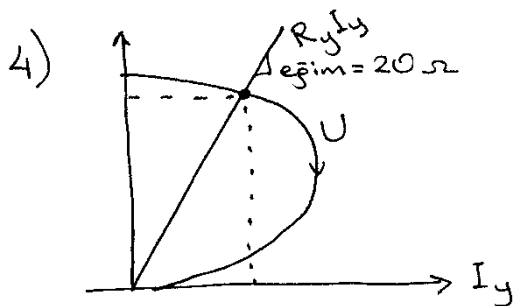
$$\boxed{\eta = \%93,4}$$

$$\omega = 2\pi \frac{n}{60} = 2\pi \cdot \frac{2000}{60} \text{ rad/s}$$

$$\omega = 209,44 \text{ rad/s}$$

$$T_{\text{giris}} = \frac{11242}{209,44} \text{ Nm} : \text{Giris torku}$$

$$\boxed{T_{\text{giris}} = 53,7 \text{ Nm}}$$



Kesişme noktası grafikten

$$U^* = 200 \text{ V}$$

$$I_y^* = 10 \text{ A}$$

olarak bulunur. Dinamo yükü bu değerlerle besler.

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

29.01.2007 Süre: 75 dakika

1) Tek fazlı, 50 Hz, 700V:1400V, 7kVA'lık bir transformatör, sekonderinde empedans açısı 45° olan endüktif bir yükü, anma geriliminde ve anma görünür gücünde beslemektedir. Trafonun primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

Paralel elemanlar: $(g_c - jb_m) = (3 - j5)mS$

Seri elemanlar: $((r_1 + r_2') + j(x_1 + x_2')) = (3,9 + j13)\Omega$

Bu çalışma için trafonun verimini, primer akımını ve giriş güç faktörünü bulunuz. Ayrıca bu tam yük için regülasyonu hesaplayınız. (Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız.) (40 puan)

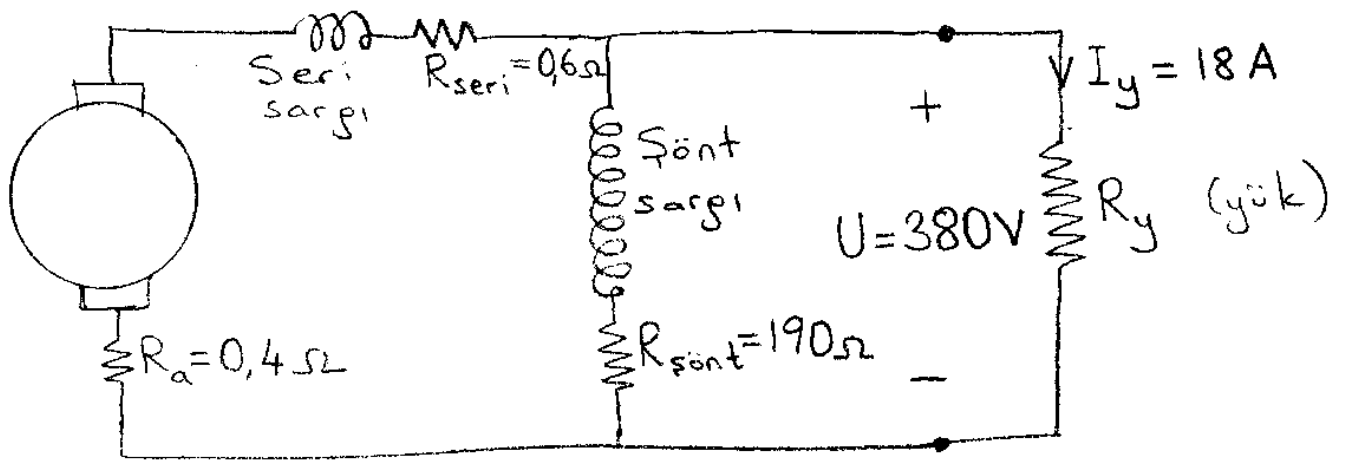
2) Üç fazlı, Y/Y bağlı, dönüştürme oranı 3:1 olan bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor ve yüksek gerilim tarafından hat değerleri şöyle ölçülüyor:

Açık Devre: $V_0 = 600 V$, $I_0 = 2 A$, $P_0 = 792 W$

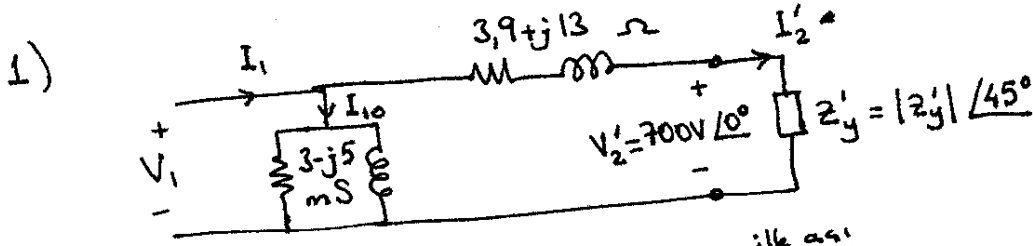
Kısa Devre: $V_k = 134 V$, $I_k = 10 A$, $P_k = 840 W$

Ayrıca, yüksek gerilim tarafı hat uçlarından biri boştayken diğer iki uç arasından ölçülen direnç $r_{ölçüm} = 2 \Omega$ olduğuna göre, trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak hesaplayınız. Alçak gerilim tarafının direnç ve kaçak reaktansının kendi tarafındaki değerlerini de bulunuz. (30 puan)

3) Şekildeki kompund dinamo $n = 3600$ devir/dakika hızla döndürülmektedir. Sürtünmeyi ihmal ederek dinamonun verimini ve giriş torkunu hesaplayınız. (Yük direnci R_y hariç, gösterilen dirençler, ilgili sargıların iç dirençleridir.) (30 puan)



ELEKTRİK MAKİNALARI-I BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI:
29.01.2007



$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{700}{1400} = \frac{1}{2}$$

$$|V_2| = 1400 \text{ V} \Rightarrow V_2' = 700 \text{ V} \angle 0^\circ \quad \text{ilk ağı keyf:}$$

$$|I_2| = \frac{7 \text{ kVA}}{1400 \text{ V}} = 5 \text{ A} \Rightarrow |I_2'| = 2 \times 5 \text{ A} = 10 \text{ A} \quad (\text{veya } |I_2'| = \frac{7 \text{ kVA}}{700 \text{ V}} = 10 \text{ A})$$

$$I_2' = \frac{V_2'}{Z_y'} = |I_2'| \angle 0^\circ - 45^\circ = 10 \text{ A} \angle -45^\circ$$

$$V_1 = \underbrace{(3.9 + j13) \Omega}_{13.57 \Omega \angle 73.3^\circ} \times 10 \text{ A} \angle -45^\circ + 700 \text{ V} \angle 0^\circ = \underbrace{135.7 \text{ V} \angle 28.3^\circ}_{119.5 + j64.3 \text{ V}} + 700 \text{ V}$$

$$V_1 = 819.5 + j64.3 \text{ V} = \underbrace{822 \text{ V} \angle 4.5^\circ}$$

$$|V_1| = |V_{1TV}| : \text{Yük tam olduğundan}$$

$$I_{10} = \underbrace{(3-j5) \text{ mS}}_{5.83 \text{ mS} \angle -59^\circ} \times 822 \text{ V} \angle 4.5^\circ = 4.8 \text{ A} \angle -54.5^\circ$$

$$I_1 = I_2' + I_{10} = \underbrace{10 \text{ A} \angle -45^\circ}_{7.1 - j7.1} + \underbrace{4.8 \text{ A} \angle -54.5^\circ}_{2.8 - j3.9} = \underbrace{14.76 \text{ A} \angle -48.1^\circ}_{= I_1}$$

Primer akımı:

$$|I_1| = 14.76 \text{ A}$$

$$\text{Giriş güç faktörü} = \cos(4.5^\circ - (-48.1^\circ)) = \cos 52.6^\circ$$

$$\cos \varphi_1 = 0.61 \text{ geri}$$

$$P_{Cu} = 3.9 \Omega \times (10 \text{ A})^2 = 390 \text{ W}$$

$$P_{Fe} = 3 \text{ mS} \times (822 \text{ V})^2 = 2027 \text{ W}$$

$$P_{aıkış} = 7 \text{ kVA} \cdot \cos 45^\circ = 4950 \text{ W}$$

$$P_{giriş} = 4950 + 390 + 2027 \text{ W} = 7367 \text{ W} = P_{giriş}$$

$$(\text{Veya biraz işlem hassasiyeti farklıyla, } P_{giriş} = 822 \text{ V} \times 14.76 \text{ A} \times 0.61 = 7400 \text{ W})$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{4950}{7367} = \boxed{\%67 = \eta}$$

$$\text{Regülasyon} = \%100 \frac{822 - 700}{700} = \%17.4$$

$$\begin{aligned} &\text{Çünkü} \\ &|V_{2TV}| = 700 \text{ V} \\ &|V_{20}| = 822 \text{ V} = |V_1| \end{aligned}$$

2) Tek faz değerleri: $V_{10} = \frac{V_0}{\sqrt{3}} = \frac{600V}{\sqrt{3}} = 346,4V$

$I_{10} = I_0 = 2A$ $P_{10} = \frac{P_0}{3} = \frac{792W}{3} = 264W$

$V_{1k} = \frac{134V}{\sqrt{3}} = 77,36V$ $I_{1k} = 10A$ $P_{1k} = \frac{840W}{3} = 280W$

$r_1 = \frac{r_{blgüm}}{2} = \frac{2\Omega}{2} = 1\Omega = r_1$

$g_c = \frac{264}{346,4^2} S = 2,2mS = g_c$ $Y_0 = \frac{2A}{346,4V} = 5,77mS$

$b_m = \sqrt{5,77^2 - 2,2^2} mS = 5,33mS = b_m$

$(r_1 + r_2') = \frac{280}{10^2} \Omega = 2,8\Omega$ $Z_k = \frac{77,36V}{10A} = 7,74\Omega$

$(x_1 + x_2') = \sqrt{7,74^2 - 2,8^2} = 7,2\Omega \rightarrow x_1 = x_2' = \frac{7,2\Omega}{2} = 3,6\Omega = x_1 = x_2'$

$r_2' = 2,8\Omega - r_1 = 1,8\Omega = r_2'$

$r_2 = \frac{1,8\Omega}{3^2} = 0,2\Omega = r_2$ $x_2 = \frac{3,6\Omega}{3^2} = 0,4\Omega = x_2$

3) Şönt sargı akımı = $I_{şönt} = \frac{380V}{190\Omega} = 2A$

Armatür akımı = $I_a = I_y + I_{şönt} = 18A + 2A = 20A = I_a$

Armatürde endüklenen iç emk = $E = 380V + 20A \times (0,6\Omega + 0,4\Omega)$
 $E = 400V$

$P_{giriş} = P_m + P_{sürt}^{ihmal} = E I_a = 400 \times 20 W = 8000 W = P_{giriş}$

$P_{çıkış} = U I_y = 380 \times 18 W = 6840 W = P_{çıkış}$

Verim: $\eta = \frac{6840}{8000} = \%85,5 = \eta$

$\omega = 2\pi \frac{n}{60} = 2\pi \frac{3600}{60} \text{ rad/s} = 377 \text{ rad/s} = \omega$

$T_{giriş} = \frac{P_{giriş}}{\omega} = \frac{8000}{377} \text{ Nm} = 21,2 \text{ Nm} = T_{giriş} \rightarrow \text{Giriş torku}$

24.11.2007 Süre: 90 dakika

-
- A hand-drawn diagram of a rectangular magnetic core. The core has a magnetic permeability μ and a cross-sectional area A . A coil with N turns is wound around the left vertical leg, with current i flowing into the page. The right vertical leg contains an air gap of length x . The bottom horizontal leg contains a switch, represented by a circle with a diagonal line. The length of the bottom horizontal leg is labeled l . The text "A: kesit sabit" is written below the diagram.

- Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ**

ELEKTRİK MAKİNALARI-I ARASINAV CEVAP ANAHTARI

24.11.2007

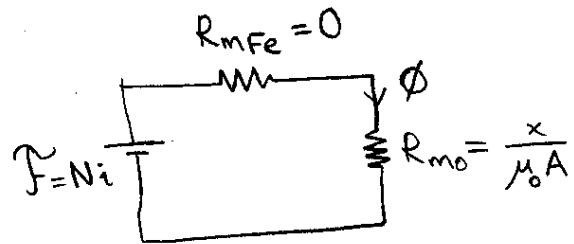
1) Sac yüzeyleri akı çizgilerine paralel olmalıdır. Çünkü manyetik akı ^{yönü} değişirken, akı çizgilerine dik düzlemlerdeki halkalarda akı değişir. Böylece bu halkalardan indüksiyon akımları geçirmeye salıyan emk endüklenmesi olur. Güç kaybına neden olmaması için akımların yolunun yalıtkan boyayla kesilmesi istenir. Bu da sac yüzeylerinin akı çizgilerine paralel yerleştirilmesiyle sağlanır.

2) Sekonder akımı, kendisini oluşturan manyetik akı değişimine karşı koyacak (değişimi azaltacak) yönde akar. Bu akım dış bir etkiyle azaltılırsa akı değişimi öncekine göre artmış olur. Bunun sonucunda aynı akı değişimiyle endüklenen primer zıt emk 'sı artar. Yani "primer kaynak gerilimi" ile zıt emk " farkı azalır. Bu fark, primer sargı direnci üzerine düştüğünden primer akımının azalmasıyla denge sağlanır.

3) $R_m = R_{mFe} + R_{mo}$
 \downarrow demir için \downarrow hava için

$$R_{mFe} = \frac{l}{\mu A} = 0$$

\downarrow
 ∞

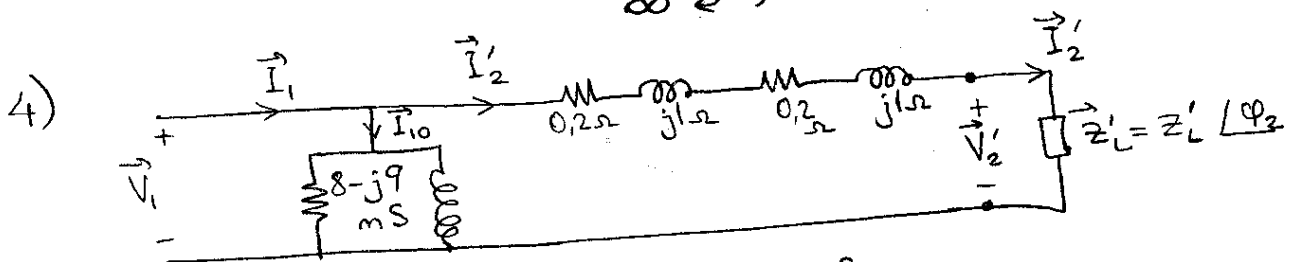


$$\text{Manyetik akı} = \phi = \frac{F}{R_m} = \frac{Ni}{\frac{x}{\mu_0 A}} = \mu_0 \frac{A}{x} Ni = BA$$

$$B = \frac{\mu_0 Ni}{x} = B_0 = B_{Fe} \quad \text{Hem demir, hem hava aralığı için manyetik akı yoğunluğu aynıdır.}$$

$$\text{Hava aralığındaki manyetik alan} = H_0 = \frac{B_0}{\mu_0} = \frac{Ni}{x} = H_0$$

$$\text{Demir içindeki manyetik alan} = \frac{B_{Fe}}{\infty \leftarrow \mu} = H_{Fe} = 0$$



$$\cos \phi_2 = 0,8 \rightarrow \phi_2 = 36,87^\circ$$

$$\vec{V}_2 = 900V \angle 0^\circ \rightarrow \text{keyfi} \rightarrow \vec{V}_2' = \frac{1}{3} 900V \angle 0^\circ = 300V \angle 0^\circ$$

\leftarrow sarım oranı V_2'

$$I_2' = \frac{20 \text{ kVA}}{V_2'} = 66,67 \text{ A} \quad \text{ağırlık ise } 0^\circ - \varphi_2 = -36,87^\circ$$

\downarrow
 \vec{V}_2' için ağırlık

$$\vec{I}_2' = 66,67 \text{ A} \angle -36,87^\circ \rightarrow \vec{V}_1 = \vec{V}_2' + \vec{I}_2' (0,4 \Omega + j2 \Omega)$$

$\underbrace{2,04 \Omega \angle 78,69^\circ}$

$$\vec{V}_1 = 300 \text{ V} + j0 + \underbrace{135,97 \text{ V} \angle 41,82^\circ}_{101,33 + j90,67 \text{ V}} = 401,33 + j90,67 \text{ V}$$

$$\vec{V}_1 = 411,4 \text{ V} \angle 12,73^\circ$$

V_1 : aynı zamanda regülasyon hesabında kullanılacak

$$\vec{I}_{10} = (8 - j9) \times 10^{-3} \text{ S} \cdot V_1 = 4,95 \text{ A} \angle -35,64^\circ = 4,02 - j2,88 \text{ A}$$

$\underbrace{12,04 \angle -48,37^\circ}$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = 57,35 - j42,88 \text{ A} = \underbrace{71,61 \text{ A} \angle -36,79^\circ}_{I_1 = \text{primer akımı (ölçülen değer)}} = \vec{I}_1$$

\downarrow
 $53,33 - j40 \text{ A}$

$$P_2 = 20 \text{ kVA} \cdot 0,8 = 16 \text{ kW} = P_2 : \text{ağırlık gücü}$$

$$P_{cu} = (0,2 + 0,2) \times 66,67^2 \text{ W} = 1778 \text{ W}$$

$$P_{Fe} = 0,008 \times 411,4^2 \text{ W} = 1354 \text{ W}$$

$$P_1 = 16000 + 1778 + 1354 \text{ W} = 19132 \text{ W} = \text{giriş gücü}$$

$$(\text{Diğer yol: } \vec{S}_1 = \vec{V}_1 \vec{I}_1^* = 411,4 \times 71,61 \text{ VA} \angle 12,73^\circ + 36,79^\circ = 29,46 \text{ kVA} \angle 49,52^\circ)$$

$$= 19125 \text{ W} - j22408 \text{ VAR}$$

P_1 : diğerleriyle arasındaki küçük fark yuvarlama hatalarından kaynaklanıyor.

$$\text{Verim} = \eta = \frac{16000}{19132} = \%83,6$$

$$\text{Regülasyon} = \frac{V_1 - V_2'}{V_2'} = \frac{411,4 - 300}{300} = \%37$$

\uparrow tam yükteki olduğu için

$$\text{Giriş güç faktörü} = \cos(12,73^\circ - (-36,79^\circ)) = \cos 49,52^\circ = 0,65 \text{ geri}$$

\downarrow
akım geride

$$5) V_{10} = 2000 \text{ V}, \quad I_{10} = 2 \text{ A} / \sqrt{3} = 1,155 \text{ A}, \quad P_{10} = 1200 \text{ W} / 3 = 400 \text{ W}$$

$$g_c = 400 / 2000^2 \text{ S} = 100 \mu\text{S} \quad Y_0 = 1,155 / 2000 \text{ S} = 577 \mu\text{S}$$

$$b_m = \sqrt{577^2 - 100^2} \mu\text{S} = 568 \mu\text{S}$$

$$\text{Sarılm oranı} = N_1 / N_2 = 2$$

$$V_{1k} = 80 \text{ V}, \quad I_{1k} = 50 \text{ A} / \sqrt{3} = 28,87 \text{ A}, \quad P_{1k} = 2500 \text{ W} / 3 = 833 \text{ W}$$

$$(r_1 + r_2') = 833 / 28,87^2 \Omega = 1 \Omega$$

$$r_1 = \frac{3}{2} r_{0k} = \frac{3}{2} \times 0,4 \Omega = 0,6 \Omega = r_1$$

$$r_2' = 1 \Omega - 0,6 \Omega = 0,4 \Omega = r_2'$$

$$Z_k = 80 / 28,87 \Omega = 2,77 \Omega$$

$$(x_1 + x_2') = \sqrt{2,77^2 - 1^2} \Omega = 2,58 \Omega \rightarrow x_1 = x_2' = 2,58 \Omega / 2 = 1,29 \Omega = x_1 = x_2'$$

$$x_2 = 1,29 \Omega / 2^2 = 0,32 \Omega = x_2$$

$$r_2 = 0,4 \Omega / 2^2 = 0,1 \Omega = r_2$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI

07.01.2008 Süre: 80 dakika

- 1) Üç fazlı, Δ / Δ bağlı 50Hz'lik, 1,44 kVA'lık, 240V:12V'luk bir transformatörün primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 1,4\Omega$, $r_2' = 1,2\Omega$, $x_1 = 8\Omega$, $x_2' = 8\Omega$, $g_c = 2 \times 10^{-4} S$, $b_m = 4 \times 10^{-4} S$ 'dir. Sekonderde güç faktörü 0,9 geri olan bir tam yük, anma geriliminde beslendiğine göre bu çalışma için transformatörün verimini, regülasyonunu, giriş güç faktörünü ve primer hat akımının ölçülen değerini hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (35 puan)

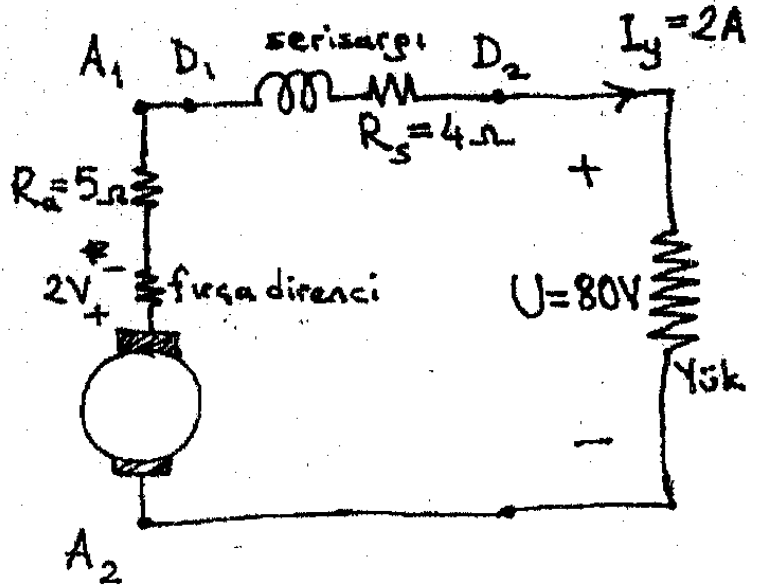
- 2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 400V:40V'luk, Y/Y bağlı bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Primerden alınan hat ölçümleri şöyledir:

Açık Devre Testi: $V_0 = 400 V$, $I_0 = 0,2 A$, $P_0 = 120 W$,

Kısa Devre Testi: $V_k = 20 V$, $I_k = 3,0 A$, $P_k = 90 W$.

Ayrıca primerin bir hat ucu boştayken, diğer iki hat ucu arasından ölçülen direnç $r_{olç} = 4,2\Omega$ 'dur. Trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini bulunuz. Sekonder sargı direnç ve reaktansının kendi tarafındaki değerlerini de bulunuz. (25 puan)

- 3) Şekilde verilen seri dinamo $n = 2000$ devir/dakika hızla döndürülmekte olup, dinamodan kaynaklanan sürtünme kaybı $P_{sür} = 40 W$ 'dır. Fırçalarda ise 2V'luk bir gerilim düşümü olmaktadır. Dinamonun verimini ve giriş torkunu hesaplayınız. (30 puan)



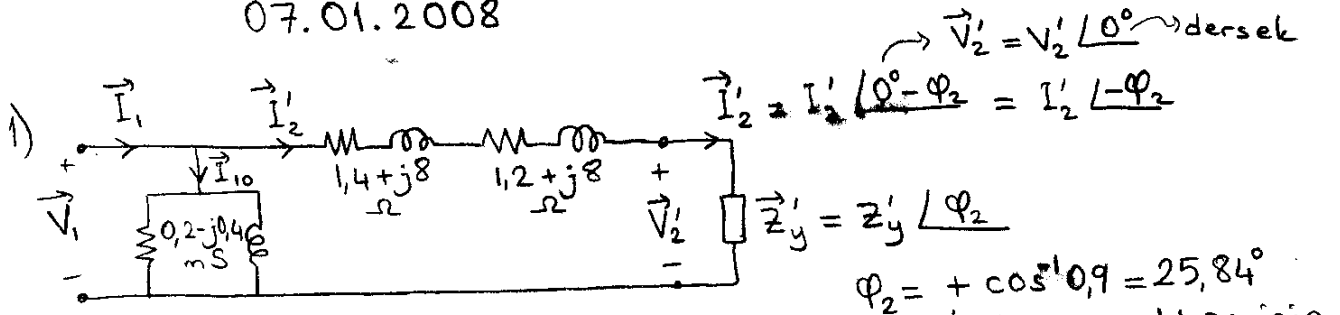
- 4) Bir şönt dinamonun $n = 2000$ devir/dakika hızındaki uyartım devresi kritik direnci 240Ω 'dur. $n = 1500$ devir/dakika hızla döndürülmesi halinde kritik direnç ne olur? Neden? (10puan)

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 FİNAL CEVAP ANAHTARI:

07.01.2008



$$\vec{V}_2' = 240V / 0^\circ$$

$$I_2' = \frac{1440VA/3}{240V} = 2A$$

$$\vec{I}_2' = 2A / -25,84^\circ = (1,80 - j0,87) A$$

$$\vec{V}_1 = 240V + j0V + (2A / -25,84^\circ)(1,4+j8+1,2+j8)\Omega$$

$$16,21\Omega / 80,77^\circ$$

$$32,42V / 54,73^\circ = (18,63 + j26,53)V$$

$$\vec{V}_1 = (258,63 + j26,53)V = 260,0V / 5,86^\circ$$

$$V_1 = V_{20} \quad (\text{yaklaşık eşdeğer devre kullanıldığı için})$$

$$P_{Cu} = 3 \times (1,4 + 1,2) \times 2^2 W = 31,2 W$$

$$P_{Fe} = 3 \times 2 \times 10^{-4} \times 260^2 W = 40,6 W$$

$$P_{\text{çıkış}} = 1440VA \times 0,9 = 1296 W$$

$$P_{\text{giriş}} = 1296 W + 40,6 W + 31,2 W \approx 1368 W$$

$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{çıkış}} \\ P_{\text{giriş}} \end{array} \right\} \text{Verim} = \eta = \frac{1296}{1368}$$

$$\boxed{\eta = \%94,7}$$

$$\vec{I}_{10} = \underbrace{(2-j4) \times 10^{-4} S}_{4,47 / -63,43^\circ} \times 260,0V / 5,86^\circ = 0,12 A / -57,57^\circ = (0,06 - j0,10) A$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = 1,80 - j0,87 + 0,06 - j0,10 A = 1,86 - j0,97 A = \underbrace{2,10 A}_{I_1} / -27,54^\circ = \vec{I}_1$$

Primer

$$\text{Hat akımının ölçülen değeri} = I_{h1} = \sqrt{3} I_1 = \sqrt{3} \times 2,10 A = \boxed{3,64 A = I_{h1}}$$

$$\text{Giriş güç faktörü} = \cos \varphi_1 = \cos (5,86^\circ - (-27,54^\circ))$$

$$= \cos 33,4^\circ = \boxed{0,835 = \cos \varphi_1}$$

$$\text{Regülasyon} = \frac{V_{20}' - V_{2TY}}{V_{2TY}} = \frac{260 - 240}{240} = \boxed{\%8,3 = \text{Regülasyon}}$$

2) $V_{10} = 400V/\sqrt{3} = 230,94V$ $I_{10} = 0,2A$ $P_{10} = 120W/3 = 40W$

$V_{1k} = 20V/\sqrt{3} = 11,55V$ $I_{1k} = 3,0A$ $P_{1k} = 90W/3 = 30W$

$r_1 = \frac{r_{01k}}{2} = \frac{4,2\Omega}{2} = 2,1\Omega = r_1$

$r_1 + r_2' = \frac{30W}{(3,0A)^2} = 3,3\Omega \Rightarrow r_2' = 3,3\Omega - 2,1\Omega = 1,2\Omega = r_2'$

$z_k = \frac{11,55}{3,0}\Omega = 3,85\Omega \Rightarrow x_1 + x_2' = \sqrt{3,85^2 - 3,3^2}\Omega = 1,926\Omega$

$x_1 = x_2' = \frac{1,926\Omega}{2} \approx 0,96\Omega = x_1 = x_2'$

$N_1/N_2 = 400/40 = 10 \rightarrow r_2 = \frac{1,2\Omega}{10^2} = 0,012\Omega = r_2$

$x_2 = \frac{0,96\Omega}{10^2} \approx 0,0096\Omega = x_2$

$s_c = \frac{40W}{(230,94V)^2} = 0,75mS = s_c$

$\gamma_0 = \frac{0,2}{230,94}S = 0,866mS$

$b_m = \sqrt{0,866^2 - 0,75^2}mS = 0,43mS = b_m$

3) $E = U + I_y \cdot (R_a + R_s) + 2V = 80V + 2A \cdot (5\Omega + 4\Omega) + 2V = 100V = E$

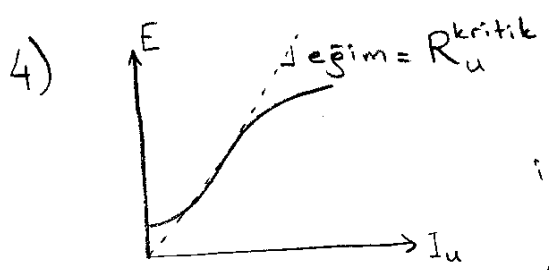
$P_{giris} = E I_a + P_{sur} = 100V \cdot 2A + 40W = 240W = P_{giris}$
 $\hookrightarrow I_y$

$P_{cikis} = U I_y = 80V \cdot 2A = 160W = P_{cikis}$

$Verim = \eta = 160/240 = \%67 = \eta$

$\omega = 2\pi \cdot \frac{2000}{60} rad/s = 209,4 rad/s$

Giris torku = $T_{giris} = P_{giris} / \omega = \frac{240}{209,4} Nm = 1,15 Nm = T_{giris}$



\rightarrow miknatıslanma eğrisine orijinden geçen tegetin eğimidir. Aynı I_a için $E \propto n$ orantısından dolayı miknatıslanma eğrisinin her noktadaki eğimi n ile orantılıdır. Yani

$R_{kritik} \propto n \rightarrow n = 1500 \frac{devir}{dakika} \Rightarrow 240\Omega \cdot \frac{1500}{2000} = 180\Omega = R_{kritik}$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

21.01.2008 Süre: 90 dakika

1) Üç fazlı 50 Hz'lik 10:1 dönüştürme oranına sahip Y / Y bağlı bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Yüksek gerilim tarafı girişinden alınan hat ölçümleri şöyledir:

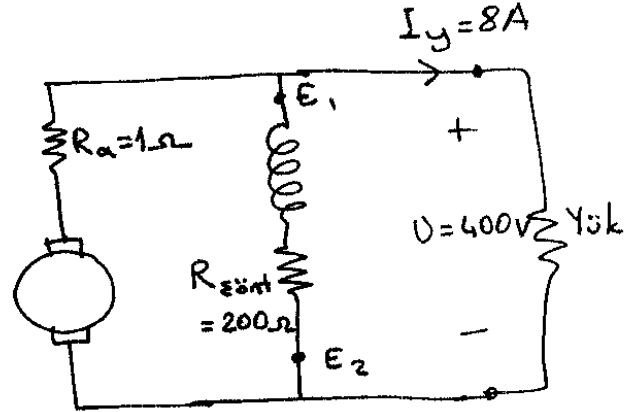
Açık Devre Testi: $V_0 = 1000 \text{ V}$, $I_0 = 1,0 \text{ A}$, $P_0 = 510 \text{ W}$

Kısa Devre Testi: $V_k = 50 \text{ V}$, $I_k = 20,0 \text{ A}$, $P_k = \frac{1200}{450} \text{ W}$

Ayrıca yüksek gerilim tarafı hat uçlarından birisi boştayken diğer 2 uç arasındaki direnç $r_{ölçüm} = \frac{20}{0,2} \Omega$ olarak bulunuyor. Buna göre trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak hesaplayınız. Alçak gerilim tarafına ait sargı direnç ve kaçak reaktansının kendi tarafındaki değerlerini de bulunuz. (25 puan)

2) 3 fazlı Δ/Δ bağlı 1200V:300V'luk, 96kVA'lık bir transformatörün tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 1\Omega$, $r'_2 = 1\Omega$; $x_1 = 6\Omega$, $x'_2 = 6\Omega$, $g_c = 3\text{mS}$ ve $b_m = 3\text{mS}$ 'dir. Trafo, sekonderinde güç faktörü 0,7 olan dengeli bir tamyükü anma geriliminde besliyor. Bu durum için trafonun demir ve bakır kaybını, verimini, regülasyonunu, giriş (primer) güç faktörünü ve primer hat akımının büyüklüğünü hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (35 puan)

3) Şekildeki gibi şönt bağlı bir dinamonun armatür ve şönt sargı dirençleri sırasıyla $R_a = 1,0\Omega$ ve $R_{şönt} = 200\Omega$ 'dur. Dinamo $n = 2000$ devir/dakika hızla döndürülürken, dinamodan kaynaklanan sürtünme $P_{sürt} = 100 \text{ W}$ olduğuna göre dinamonun verim ve giriş torkunu hesaplayınız. (Fırçalardaki gerilim düşümünü ihmal ediniz.) (30 puan)



4) Kendinden uyarımlı bir dinamonun, dışarıdan bir uyarım olmadığı halde nasıl olup da gerilim verebildiğini açıklayınız. Uyarım sargısının ters ve doğru bağlandığı durumlar için ne olacağını ayrı ayrı belirtiniz. (10 puan)

BAŞARILAR

Yrd.Doç.Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI

21.07.2008

1) Tek faz indirgenmiş değerler:

Açık devre : $V_{10} = 1000V/\sqrt{3} = 577,4V$, $I_{10} = 1,0A$, $P_{10} = 510W/3 = 170W$

Kısa devre : $V_{1k} = 50V/\sqrt{3} = 28,87V$, $I_{1k} = 20,0A$, $P_{1k} = 450W/3 = 150W$

$r_1 = r_{\text{ekv}}/2$ (Y için) $\rightarrow r_1 = 0,2\Omega/2 = 0,1\Omega = r_1$

$g_c = \frac{170W}{(577,4V)^2} = 0,51mS = g_c$ $\gamma_0 = \frac{1,0A}{577,4V} = 1,73mS$

$b_m = \sqrt{1,73^2 - 0,51^2} mS = 1,66mS = b_m$

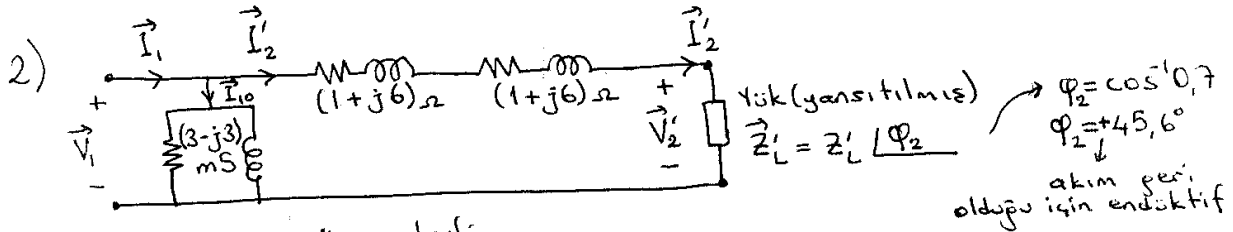
$r_1 + r_2' = \frac{150W}{(20,0A)^2} = 0,375\Omega \rightarrow r_2' = 0,375\Omega - 0,1\Omega = 0,275\Omega = r_2'$

$x_1 + x_2' = \sqrt{z_k^2 - (r_1 + r_2')^2}$ $z_k = \frac{28,87V}{20,0A} = 1,44\Omega$

$x_1 + x_2' = \sqrt{1,44^2 - 0,375^2} \Omega = 1,39\Omega \rightarrow x_1 = x_2' = \frac{1,39\Omega}{2} = 0,7\Omega = x_1 = x_2'$

$r_2 = \frac{0,275\Omega}{10^2} = 2,75m\Omega = r_2$

$x_2 = \frac{0,7\Omega}{10^2} = 7m\Omega = x_2$



$\vec{V}_2' = 1200V/\angle 0^\circ$ (önce $V_2 = 300V$ deşip dönüştürmeye gerek yok)

$S_T = 96kVA \rightarrow$ Tek faz için $S_1 = 96kVA/3 = 32kVA$

$\vec{I}_2' = I_2' \angle -\phi_2$ (akım geri $(0^\circ - \phi_2)$)

$I_2' = \frac{32kVA}{1200V} = 26,67A$

$\vec{I}_2' = 26,67A \angle -45,6^\circ = (18,67 - j19,04)A$

$\vec{V}_1 = \underbrace{1200V/\angle 0^\circ}_{(1200+j0)V} + \underbrace{(1+j6+1+j6)\Omega \times (26,67A \angle -45,6^\circ)}_{12,1655/80,5^\circ}$

$324,41V/34,96^\circ = (265,9 + j185,9)V$

$\vec{V}_1 = (1465,9 + j185,9)V = 1477,6V/\angle 7,2^\circ = \vec{V}_1$

V_1 : aynı zamanda yaklaşık eşdeğer devreyle regülasyon hesabındaki V_{20}'

$P_{Fe} = 3 \times 3 \times 10^{-3}S \times (1477,6V)^2 = 19,65kW = P_{Fe}$

$P_{Cu} = 3 \times (1\Omega + 1\Omega) \times (26,67A)^2 = 4,27kW = P_{Cu}$

$P_{\text{çıkış}} = 96kVA \times 0,7 = 67,20kW = P_{\text{çıkış}}$

$P_{\text{giriş}} = 67,20 + 19,65 + 4,27kW = 91,12kW = P_{\text{giriş}} \rightarrow$ diğer bir yol da \vec{I}_1 ve $\cos\phi_1$

Verim $= \eta = \frac{67,20}{91,12} = \%73,7 = \eta$

hesabından sonra gösterilmiştir.

$$V'_{2TY} = 1200V$$

$$\text{Regülasyon} = \%100 \frac{1477,6 - 1200}{1200} = \%23 = \text{Regülasyon}$$

$$\vec{I}_{10} = \underbrace{(3-j3) \times 10^{-3} S}_{4,243 \angle -45^\circ} \times (1477,6 V \angle 7,2^\circ) = 6,269 A \angle -37,8^\circ = \vec{I}_{10} = (4,95 - j3,84) A$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_2 + \vec{I}_{10} = 18,67 - j19,04 + 4,95 - j3,84 A$$

$$\vec{I}_1 = (23,62 - j22,88) A = \underbrace{32,88 A}_{I_1} \angle -44,1^\circ = \vec{I}_1$$

$$\text{Giriş güç faktörü} = \cos \varphi_1 = \cos (7,2^\circ - (-44,1^\circ)) = \cos 51,3^\circ$$

$$\cos \varphi_1 = 0,625 \text{ geri} \rightarrow (\text{akım, gerilimden geri})$$

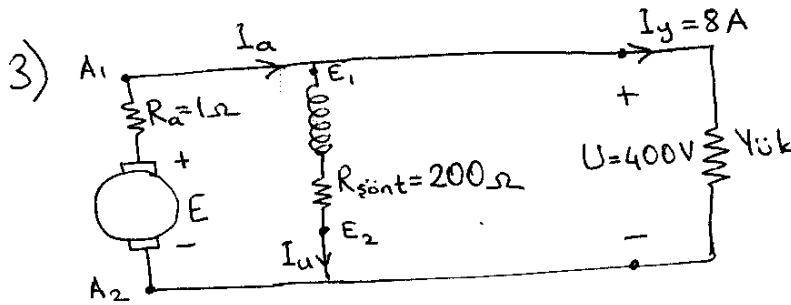
$$\text{Primer hat akımının büyüklüğü (A için)} = I_{1h} = \sqrt{3} I_1 = \sqrt{3} \times 32,88 A$$

$$I_{1h} = 56,95 A$$

$$(\text{Giriş gücü için diğer bir yol: } P_{\text{giriş}} = 3 V_1 I_1 \cos \varphi_1)$$

$$= 3 \times 1477,6 V \times 32,88 A \times 0,625 = 91,09 \text{ kW} = P_{\text{giriş}}$$

önceden bulunan 91,12 kW ile arasındaki fark, yuvarlama hatalarından kaynaklanmaktadır.)



$$I_u = \frac{400V}{200\Omega} = 2 A$$

$$I_a = 8 A + 2 A = 10 A$$

$$E = 400V + 1\Omega \times 10A = 410V = E$$

$$P_{\text{giriş}} = E I_a + P_{\text{sürt}} = 410V \times 10A + 100W = 4200W = P_{\text{giriş}}$$

$$P_{\text{çıkış}} = U I_y = 400V \times 8A = 3200W = P_{\text{çıkış}}$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{3200}{4200} = \%76 = \eta$$

$$\omega = 2\pi \times \frac{2000}{60} \text{ rad/s} = 209,4 \text{ rad/s} = \omega$$

$$\text{Giriş torku} = T_{\text{giriş}} = \frac{P_{\text{giriş}}}{\omega} = \frac{4200}{209,4} \text{ Nm} = 20,1 \text{ Nm} = T_{\text{giriş}}$$

4) Dışarıdan bir uyartım olmadan kendinden uyartımlı bir dinamonun ilk gerilimi verebilmesi, artık mıknatıslanma nedeniyledir. Oluşan bu başlangıç gerilimi, uyartım sargısından küçük bir uyartım akımı geçirir. Eğer uyartım sargısı ters bağlanmışsa, toplam akı azalacağı için gerilim azalarak küçük bir değerde dengeye gelir; yani büyük gerilimlere ulaşamaz. Uyartım sargısı doğru bağlanmışsa toplam akı artacağı için gerilim de artar. Dolayısıyla uyartım akısı artar, dolayısıyla gerilim yine artar, ... Sonuçta büyük bir gerilimde dengeye ulaşılır.