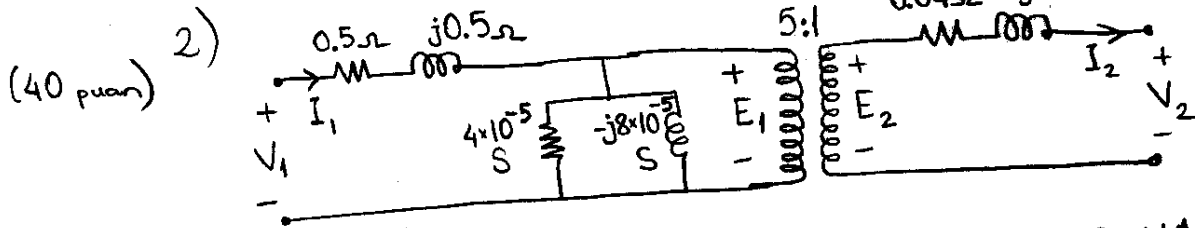
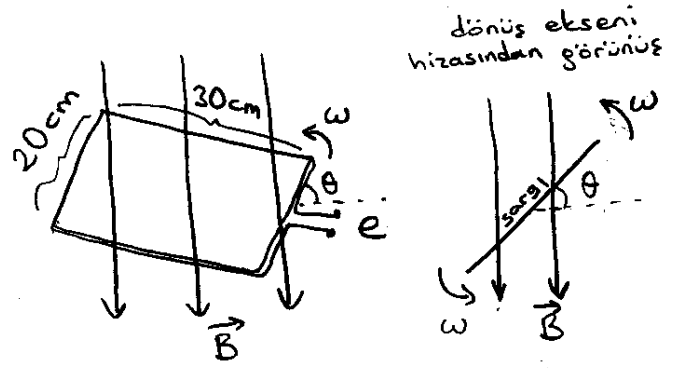


ELEKTRİK MAKİNALARI-I ARASINAV SORULARI

22.11.2004, N.Ö., Süre: 75 dakika

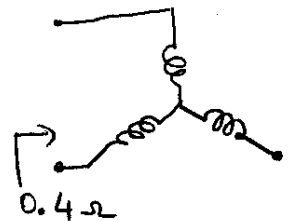
- (25 puan) 1) Dikdörtgen şeklinde, $20\text{cm} \times 30\text{cm}$ boyutlarında, $N=10$ sarımlık bir sargı, $B=1\text{T}$ 'lik düzgün bir akı yoğunluğu altında, dönüş eksenine \vec{B} 'ye dik bir şekilde $\omega=100\pi$ rad/s sabit açısal hızıyla döndürülüyor. Sargı uçlarında endüklenen e geriliminin, θ açısına bağlı ifadesini çıkartınız ve etkin değerini hesaplayınız.



Tek fazlı 50 Hz'lik, 5000V:1000V'lık, 150 kVA'lık bir trafo'nun tam esdeğer devresi şekildeki gibidir. Yüksek gerilim tarafından gerilim uygulanmakta ve ikinci tarafta güç faktörü $\cos\phi_2=0.8$ geri olan tam yük, anma geriliminde beslenmektedir. Bu durumda trafo'nun demir kaybı, bakır kaybı, verimlilik ve regülasyonunu bulunuz. (Paralel kolu yok etmeden kaydırarak yaklaşık hesap yapabilirsiniz.)

- (35 puan) 3) Üç fazlı, 50 Hz'lik, Y/Y bağlı, 400V:2400V'lık bir trafoya açık devre ve kısa devre testleri yapılıyor ve primerden hat gerilimi, hat akımı ve toplam güç şöyle ölçülüyor:
- Açık devrede: $V_0=400\text{V}$, $I_0=1.55\text{A}$, $P_0=480\text{W}$
- Kısa devrede: $V_k=19.6\text{V}$, $I_k=16\text{A}$, $P_k=384\text{W}$

Primer hatlarının bir ucu boştayken, diğer iki ucu arasından 0.4Ω direnç ölçülüyor. Trafo'nun tek faza indirgenmiş yaklaşık esdeğer devre parametrelerini, primer ve sekonder kendi taraflarında olmak üzere hesaplayınız.



ELEKTRİK MAKİNALARI-1, N.Ö. ARASINAV CEVAP ANAHTARI

① $\phi = BA \cos \theta$ $A = 20 \times 30 \text{ cm}^2 = 600 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 0.06 \text{ m}^2 = A$

(istenirse negatif de alınabilirdi)

$\psi = NBA \cos \theta$ $e = -\frac{d\psi}{dt} = +NBA \frac{d\theta}{dt} \sin \theta$ $\frac{d\theta}{dt} = \omega$

$e = \omega NBA \sin \theta = (100\pi \times 10 \times 1 \times 0.06) \text{ V} \cdot \sin \theta$

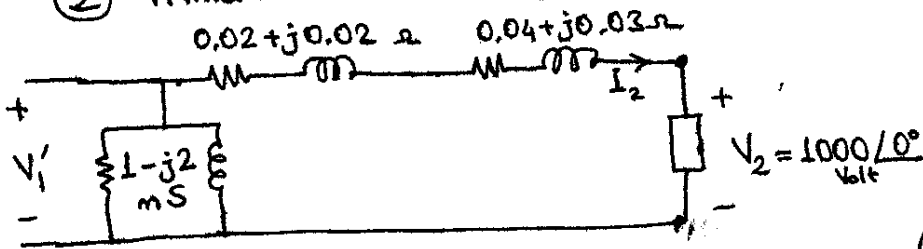
$e = (188.5 \text{ V}) \sin \theta$

ω sabit olduğundan $\theta = \omega t + \theta_0$
↳ $t=0$ 'daki açısı

Yani e , düzgün bir sinüzoidal dalgadır. Bu yüzden etkin değeri = genlik/ $\sqrt{2}$ olur.

$E_{\text{etkin}} = \frac{188.5 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 133.3 \text{ V} = E_{\text{etkin}}$

② Primeri sekondere yansıtalım, paralel kolu en sola alalım:



$0.5 \Omega \rightarrow \frac{0.5 \Omega}{5^2} = 0.02 \Omega$

$(4-j8) \times 10^{-5} \text{ S} \rightarrow 5^2 (4-j8) \times 10^{-5} \text{ S} = (1-j2) \times 10^{-3} \text{ S}$

Tam yükte $150 \text{ kVA} = |V_2| \cdot |I_2|$

$|I_2| = \frac{150 \text{ kVA}}{1000 \text{ V}} = 150 \text{ A}$

$\cos \varphi_2 = 0.8 \Rightarrow \varphi_2 = -36.87^\circ$
↳ geri

$I_2 = 150 \text{ A} \angle -36.87^\circ = (120 - j90) \text{ A}$

$V_1' = V_2 + (0.02 + j0.02 + 0.04 + j0.03) I_2$

$V_1' = 1000 \text{ V} + (0.06 + j0.05)(120 - j90) \text{ V} = 1011.7 \text{ V} \angle 0^\circ = V_1'$

$P_{Fe} = 1 \text{ mS} \cdot |V_1'|^2 = 10^{-3} \times 1011.7^2 \text{ W} = 1023 \text{ W} = P_{Fe}$

$P_{Cu} = (0.02 + 0.04) |I_2|^2 = (0.06) 150^2 \text{ W} = 1350 \text{ W} = P_{Cu}$

$P_{\text{çıkış}} = |V_2| \cdot |I_2| \cdot \cos \varphi_2 = 150 \text{ kVA} \times 0.8 = 120 \text{ kW}$

$P_{\text{giriş}} = 120000 \text{ W} + P_{Fe} + P_{Cu} = 122.37 \text{ kW}$

Verim $\eta = \frac{120}{122.37}$

$\eta = \%98$

Sekonder tam yük beslerken (anma geriliminde) $|V_1'| = 1011.7 \text{ V}$

Aynı gerilimde sekonder açık devre olursa $V_{20} \cong |V_1'| = 1011.7 \text{ V}$

Tam yükte ise $|V_2|_{\text{TY}} = 1000 \text{ V}$ idi.

$$\text{Regülasyon} = \%100 \frac{1011.7 - 1000}{1000} = \boxed{\%1.2 = \text{Regülasyon}}$$

③ Y/Y için tek faza indirgenmiş değerler:

$$\text{Açık devrede: } V_{10} = \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 231 \text{ V} \quad I_{10} = 1.55 \text{ A}$$

$$P_{10} = \frac{480 \text{ W}}{3} = 160 \text{ W}$$

$$\text{Kısa devrede: } V_{1k} = \frac{19.6 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 11.32 \text{ V} \quad I_{1k} = 16 \text{ A}$$

$$P_{1k} = \frac{384 \text{ W}}{3} = 128 \text{ W}$$

A.d. testinden:

$$g_c = \frac{P_{10}}{V_{10}^2} = \frac{160}{231^2} \text{ S} = \boxed{3 \text{ mS} = g_c}$$

$$|Y_0| = \frac{I_{10}}{V_{10}} = \frac{1.55}{231} \text{ S} = 6.7 \text{ mS}$$

$$b_m = \sqrt{6.7^2 - 3^2} \text{ mS} = \boxed{6 \text{ mS} = b_m}$$

K.d. testinden:

$$(r_1 + r_2') = \frac{P_{1k}}{I_{1k}^2} = \frac{128}{16^2} \Omega = 0.5 \Omega$$

$$\text{Ölçülen direnç} = 2r_1 = 0.4 \Omega \rightarrow \boxed{r_1 = 0.2 \Omega}$$

$$r_2' = 0.5 \Omega - r_1 = \boxed{0.3 \Omega = r_2'}$$

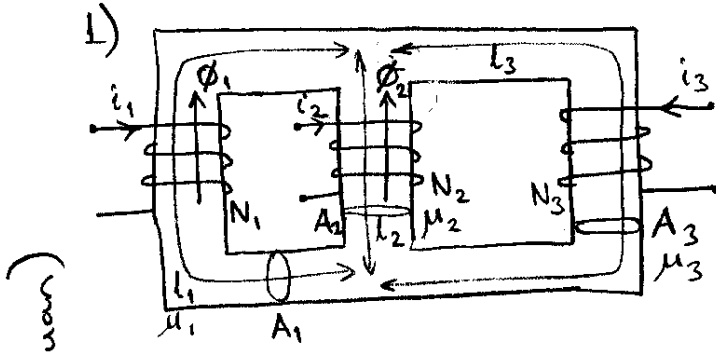
$$|Z_k| = \frac{V_{1k}}{I_{1k}} = \frac{11.32}{16} \Omega = 0.708 \Omega \rightarrow (x_1 + x_2') = \sqrt{0.708^2 - 0.5^2} \Omega = 0.5 \Omega$$

$$x_1 = x_2' = \frac{(x_1 + x_2')}{2} = \boxed{0.25 \Omega = x_1 = x_2'}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{2400/\sqrt{3}}{400/\sqrt{3}} = \frac{2400}{400} = 6$$
$$r_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 r_2' = \left(\frac{2400}{400}\right)^2 \cdot 0.3 \Omega = \boxed{10.8 \Omega = r_2}$$

$$x_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 x_2' = \left(\frac{2400}{400}\right)^2 \cdot 0.25 \Omega = \boxed{9 \Omega = x_2}$$

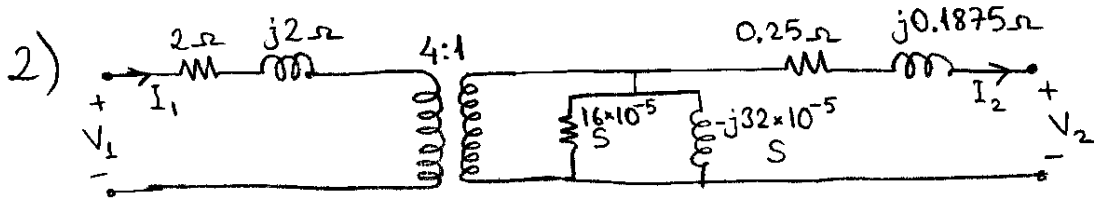
ELEKTRİK MAKİNALARI-1 ARASINAV SORULARI
22.11.2004, İ.Ö., Süre: 75 dakika



(27 puan)

taşımakta olup, sarım sayıları N_1, N_2 ve N_3 'dür. ϕ_1 ve ϕ_2 akıları için verilenler cinsinden 2 adet bağımsız manyetik devre denklemi yazınız.

Sırasıyla kollarının ortalama uzunlukları l_1, l_2, l_3 , kesit alanları A_1, A_2, A_3 , manyetik geçirgenlikleri μ_1, μ_2, μ_3 olan şekildeki manyetik devredeki sargılar i_1, i_2, i_3 akımlarını taşımakta olup, sarım sayıları N_1, N_2 ve N_3 'dür. ϕ_1 ve ϕ_2 akıları için verilenler cinsinden 2 adet bağımsız manyetik devre denklemi yazınız.



(45 puan)

Üç fazlı, Δ/Δ bağlı, 50 Hz, 10000V:2500 V'lık, 450 kVA'lık bir trafonun, tek faza indirgenmiş tam eşdeğer devresi şekildeki gibidir. Yüksek gerilim tarafından gerilim uygulanmakta ve ikinci tarafta anma geriliminde, güç faktörü $\cos \phi_2 = 0.8$ geri olan tam yük beslenmektedir. Bu durumda trafonun üç faz için toplam demir kaybı, bakır kaybı, verimlilik ve regülasyonunu bulunuz. (Paralel kolu yok etmeden kaydırarak yaklaşık hesap yapabilirsiniz.)

3) Tek fazlı, 50 Hz, 231V:1386V'lık bir trafoya açık devre ve kısa devre testleri yapılıyor ve primerden gerilim, akım ve güç değerleri şöyle ölçülüyor.

Açık devrede: $V_o = 231 \text{ V}$, $I_o = 1.55 \text{ A}$, $P_o = 160 \text{ W}$

Kısa devrede: $V_k = 11.32 \text{ V}$, $I_k = 16 \text{ A}$, $P_k = 128 \text{ W}$

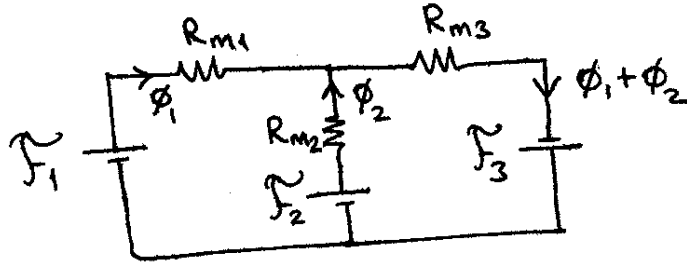
(28 puan)

Ayrıca primer sargı direnci 0.2Ω olarak ölçülüyor. Trafonun yaklaşık eşdeğer devre parametrelerini, primer ve sekonder kendi taraflarında olmak üzere hesaplayınız.

BAŞARILAR ...

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 İ.Ö. ARASINAV CEVAP ANAHTARI

① Devrenin elektrik devre benzetimi :



$$F_1 - R_{m1}\Phi_1 + R_{m2}\Phi_2 - F_2 = 0$$

$$F_2 - R_{m2}\Phi_2 - R_{m3}(\Phi_1 + \Phi_2) + F_3 = 0$$

Yani:

$$R_{m1}\Phi_1 + R_{m2}\Phi_2 = F_1 - F_2$$

$$+ R_{m3}\Phi_1 + (R_{m2} + R_{m3})\Phi_2 = F_2 + F_3$$

Verilenler cinsinden : $R_{m1} = \frac{l_1}{\mu_1 A_1}$, $R_{m2} = \frac{l_2}{\mu_2 A_2}$, $R_{m3} = \frac{l_3}{\mu_3 A_3}$

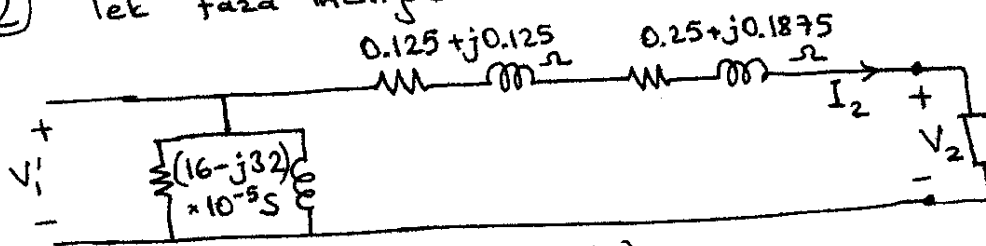
$F_1 = N_1 i_1$, $F_2 = N_2 i_2$, $F_3 = N_3 i_3$ olduğundan

iki abı denklemi şu hale gelir :

$$\frac{l_1}{\mu_1 A_1} \Phi_1 - \frac{l_2}{\mu_2 A_2} \Phi_2 = N_1 i_1 - N_2 i_2$$

$$\frac{l_3}{\mu_3 A_3} \Phi_1 + \left(\frac{l_2}{\mu_2 A_2} + \frac{l_3}{\mu_3 A_3} \right) \Phi_2 = N_2 i_2 + N_3 i_3$$

② Tek faza indirgenmiş ve sekondere yansıtılmış ^{yaklaşık} eşdeğer devre:



$$2 \Omega \rightarrow 2 \Omega \times \frac{1}{4^2} = 0.125 \Omega$$

(paralel kolu başa aldık)

Tam yükte tek faz gücü = $\frac{450}{3} \text{ kVA} = 150 \text{ kVA} = |V_2| \cdot |I_2|$

$V_2 = 2500 \text{ V} \angle 0^\circ$ alalım.

$$|I_2| = \frac{150 \text{ kVA}}{2500 \text{ V}} = 60 \text{ A}$$

$\cos \varphi_2 = 0.8 \rightarrow \varphi_2 = -36.87^\circ$
↳ geri

$$I_2 = 60 \text{ A} \angle -36.87^\circ = (48 - j36) \text{ A}$$

$$V_1' = V_2 + (0.125 + j0.125 + 0.25 + j0.1875) I_2$$

$$= 2500 \text{ V} + (0.375 + j0.3125)(48 - j36) \text{ V} = 2529.3 \text{ V} \angle 0^\circ$$

$$|V_1'| = 2529.3 \text{ V}$$

$$P_{Fe} = 3 \cdot g_c \cdot |V'|^2 = 3 \cdot 16 \cdot 10^{-5} \cdot 2529.3^2 \text{ W} = \boxed{3071 \text{ W} = P_{Fe}}$$

$$P_{cu} = 3 \cdot (r_1' + r_2) |I_2|^2 = 3 \cdot 0.375 \cdot 60^2 \text{ W} = \boxed{4050 \text{ W} = P_{cu}}$$

$$P_{aıkıs} = 3 |V_2| \cdot |I_2| \cos \varphi_2 = 3 \cdot 2500 \cdot 60 \cdot 0.8 \text{ W} = 360 \text{ kW} = P_{aıkıs}$$

$$P_{giris} = P_{aıkıs} + P_{cu} + P_{Fe} = 360 + 4.050 + 3.071 \text{ kW}$$

$$P_{giris} = 367.12 \text{ kW}$$

$$\text{Verim} = \frac{P_{aıkıs}}{P_{giris}} = \frac{360}{367.12} = \boxed{\% 98 = \eta \text{ verimlilik}}$$

Tam yükte sekonderden anma gerilimini veren gerilim (yansıtılmışı) : $|V'| = 2529.3 \text{ V}$ idi.

Aynı gerilim sekonder açık devre iken uygulanırsa sekonderde $|V_{20}| \cong |V'| = 2529.3 \text{ V}$ görülür.

tam yükte ise $|V_{2TY}| = 2500 \text{ V}$ idi. Buna göre

$$\text{Regülasyon} = \% 100 \frac{2529.3 - 2500}{2500} = \boxed{\% 1.2 = \text{Regülasyon}}$$

$$\textcircled{3} \text{ A.d. testinden : } g_c = \frac{P_o}{V_o^2} = \frac{160 \text{ W}}{231^2 \text{ V}^2} = \boxed{3 \text{ mS} = g_c}$$

$$|Y_o| = \frac{I_o}{V_o} = \frac{1.55}{231} \text{ S} = 6.7 \text{ mS} \quad b_m = \sqrt{|Y_o|^2 - g_c^2}$$

$$b_m = \sqrt{6.7^2 - 3^2} \text{ mS} = \boxed{6 \text{ mS} = b_m}$$

$$\text{K.d. testinden : } (r_1 + r_2') = \frac{P_k}{I_k^2} = \frac{128}{16^2} = 0.5 \Omega$$

$$\boxed{r_1 = 0.2 \Omega} \text{ ölçüldüğünden} \quad r_2' = 0.5 \Omega - r_1 = \boxed{0.3 \Omega = r_2'}$$

$$|z_k| = \frac{V_k}{I_k} = \frac{11.32}{16} \Omega = 0.708 \Omega \quad (x_1 + x_2') = \sqrt{|z_k|^2 - (r_1 + r_2')^2}$$

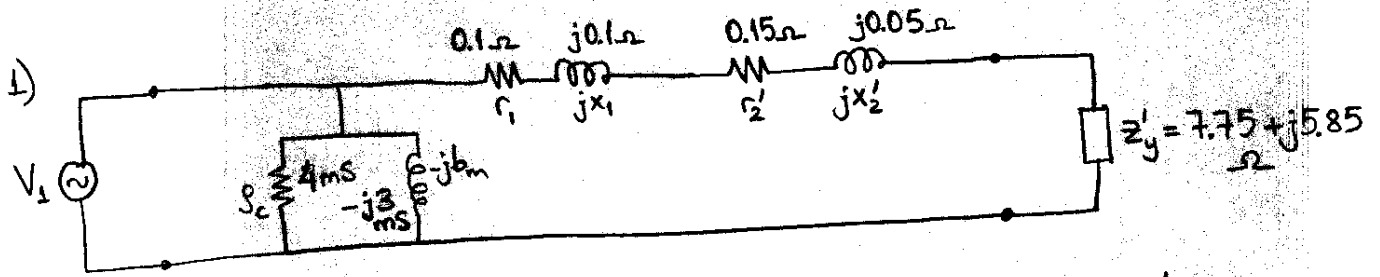
$$(x_1 + x_2') = \sqrt{0.708^2 - 0.5^2} \Omega = 0.5 \Omega \quad x_1 = x_2' = \frac{x_1 + x_2'}{2} = \boxed{0.25 \Omega = x_1 = x_2'}$$

$$N_2/N_1 = 1386/231 = 6$$

$$r_2 = (N_2/N_1)^2 r_2' = 6^2 \cdot 0.3 \Omega = \boxed{10.8 \Omega = r_2}$$

$$x_2 = (N_2/N_1)^2 x_2' = 6^2 \cdot 0.25 \Omega = \boxed{9 \Omega = x_2}$$

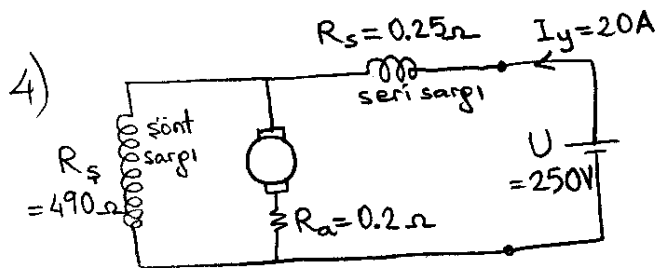
ELEKTRİK MAKİNALARI-1 FİNAL SINAVI SORULARI:
Birinci Öğretim, 5.1.2005, Süre: 80 dakika



Üç fazlı, Δ/Δ bağlı, 4000V:1000V'lık bir transformatorün tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devresi yukarıda gösterilmiştir. Sekondere bağlı yükün primere yansıtılmış (tek faza indirgenmiş) empedansı $Z'_y = 7.75 + j5.85 \Omega$ 'dır. Primerden fazlararası 4000V gerilim uygulanıyor. Buna göre primer ve sekonder akımlarının ve sekonder (yük üzerindeki) geriliminin hat değerlerini, üç faz için toplam giriş ve çıkış güçlerini hesaplayınız.

2) Bir trafonun giriş gerilim ve akımı 380V, 10A iken bakır kaybı 200W'dır. Giriş gerilim ve akımı 342V, 8A iken bakır kaybı ne olur?

3) Bir seri dinamoda uyartım akısı ile uyartım akımının doğru orantılı olduğu bölgede çalışıyoruz. Armatür direnci 0.2Ω , seri sargı direnci 0.1Ω 'dır. Dinamonun birinci çalışmasında döndürölme hızı $n_1 = 1250$ devir/dakika, yük akımı $I_{y1} = 20A$ ve uç gerilimi $U_1 = 94V$ 'dir. İkinci çalışmada ise yük akımı $I_{y2} = 10A$ ve uç gerilimi $U_2 = 77V$ 'dir. Dinamonun ikinci çalışmadaki döndürölme hızı (n_2) ve verimi ne olur?



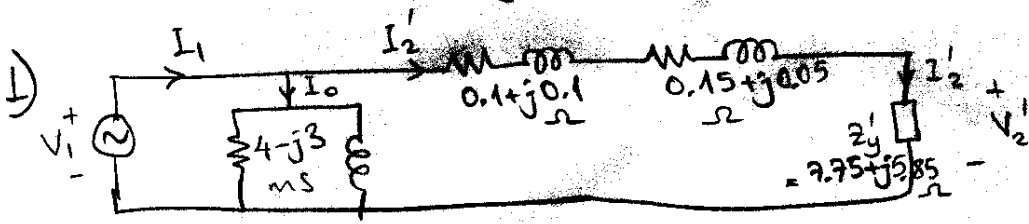
Şekilde verilen bileşik bağlı (kompund) motorun dönüş hızı $n = 1500$ devir/dakika olup 775 W'lık sürtünme güç

kayı vardır. Motorun net çıkış torkunu ve verimini hesaplayınız.

BAŞARILAR ...

Yrd.Doç.Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 FINAL SINAVI CEVAP ANAHTARI
Birinci Öğretim, 5.1.2005



$$V_{1h} = V_1 = 4000V \\ = 4000V/\angle 0^\circ$$

$$I_2' = \frac{4000V/\angle 0^\circ}{(7.75+0.1+0.15) + j(5.85+0.1+0.05) \Omega}$$

$$I_2' = \frac{4000V/\angle 0^\circ}{10\Omega/\angle 37^\circ} = 400A/\angle -37^\circ = 320 - j240 A$$

$$I_0 = (4000V/\angle 0^\circ)(4-j3 \text{ mS}) = (4000V/\angle 0^\circ)(5 \text{ mS}/\angle -37^\circ) = 20A/\angle -37^\circ = I_0$$

$$I_1 = I_2' + I_0 = 400A/\angle -37^\circ + 20A/\angle -37^\circ = 420A/\angle -37^\circ = I_1$$

$$V_2' = z_y' I_2' = (7.75+j5.85)(320-j240) V = 3884 + j12 V$$

$$V_2' = 3884V/\angle 0.18^\circ \rightarrow V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_2' = \frac{1000}{4000} \cdot 3884V/\angle 0.18^\circ = 971V/\angle 0.18^\circ = V_2$$

$$\text{Primer hat akımı} = |I_{1h}| = \sqrt{3}|I_1| = \sqrt{3} \cdot 420A = 727.5A = |I_{1h}|$$

$$\text{Sekonder faz akımı} = I_2 = \frac{N_1}{N_2} I_2' = \frac{4000}{1000} \times 400A/\angle -37^\circ = 1600A/\angle -37^\circ$$

$$\text{Sekonder hat akımı} = |I_{2h}| = \sqrt{3}|I_2| = \sqrt{3} \times 1600A = 2771.3A = |I_{2h}|$$

$$\text{Sekonder hat gerilimi} = |V_{2h}| = |V_2| = 971V = |V_{2h}|$$

$$\text{Üç faz toplam giriş gücü} = P_{1T} = \text{Gercel}\{3V_1 I_1^*\} = \text{Gercel}\{3 \times 4000 \times 420/\angle 37^\circ\} \\ = 3 \times 4000 \times 420 \times \cos 37^\circ = 4032 \text{ kW} = P_{1T}$$

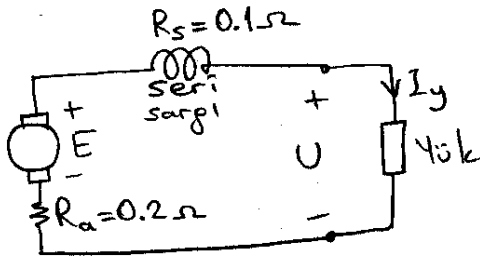
$$\text{Üç faz toplam çıkış gücü} = P_{2T} = \text{Gercel}\{3z_y'\} \times |I_2'|^2 \times 3 \\ = 3 \times 7.75 \times 400^2 W = 3720 \text{ kW} = P_{2T}$$

2) Bakır kaybı yaklaşık olarak akımın karesiyle doğru orantılıdır:

$$P_{cu2} \cong P_{cu1} \times \frac{|I_2|^2}{|I_1|^2} = 200W \times \frac{8^2}{10^2}$$

$$P_{cu2} \cong 128W = \text{ikinci durumdaki bakır kaybı}$$

3)



$$E = U + (R_a + R_s) I_y$$

$$E_1 = 94V + 0.3\Omega \times 20A$$

$$E_1 = 100V$$

$$E = K_1 \phi n \quad \text{ve} \quad \phi \propto \text{uyartım akımı} = I_y$$

$$E = K_2 I_{y1} n_1 \quad E_1 = K_2 I_{y1} n_1 \Rightarrow K_2 = \frac{E_1}{I_{y1} n_1}$$

$$K_2 = \frac{100V}{20A \times 1250 \text{ dev/dak}} = 0.004 \Omega \cdot \text{dak/devir}$$

$$E_2 = U_2 + 0.3\Omega \times I_{y2} = 77V + 0.3\Omega \times 10A = 80V = K_2 I_{y2} n_2$$

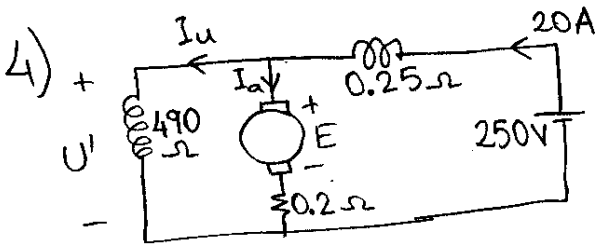
$$n_2 = \frac{80V}{K_2 I_{y2}} = \frac{80V}{0.004 \times 10 \text{ V} \cdot \text{dak/devir}} = \boxed{2000 \text{ devir/dakika} = n_2}$$

$$\text{Giriş gücü} = P_{g2} = E_2 I_{a2} = 80V \times 10A = 800W$$

$I_a = I_{y2}$

$$\text{Çıkış gücü} = P_{ç2} = U_2 I_{y2} = 77V \times 10A = 770W$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{770}{800} = \boxed{\%96 = \eta}$$



$$U' = 250V - 0.25\Omega \times 20A = 245V$$

$$I_u = \frac{U'}{490\Omega} = \frac{245V}{490\Omega} = 0.5A$$

$$I_a = 20A - I_u = 19.5A \rightarrow E = U' - 0.2\Omega \times I_a = 241.1V$$

$$\text{Çıkış gücü} = P_{ç} = E I_a - P_{sür} = 241.1 \times 19.5 - 775W$$

$$P_{ç} = 3926.5W$$

$$\text{Net çıkış torku} = T_a = \frac{P_{ç}}{\omega}$$

$$\omega = 2\pi \frac{n}{60} = \frac{\pi}{30} \times 1500 \text{ rad/s}$$

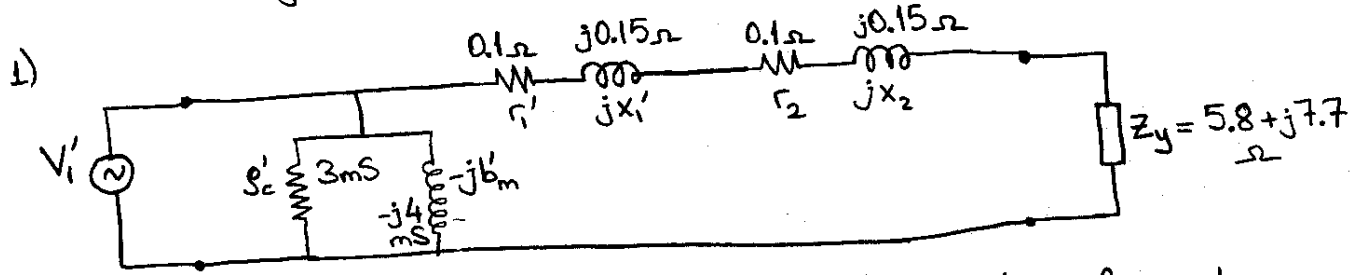
$$\omega = 157.1 \text{ rad/s}$$

$$T_a = \frac{3926.5}{157.1} \text{ Nm} = \boxed{25 \text{ Nm} = T_a}$$

$$\text{Giriş gücü} = 250V \times 20A = 5000W = P_g$$

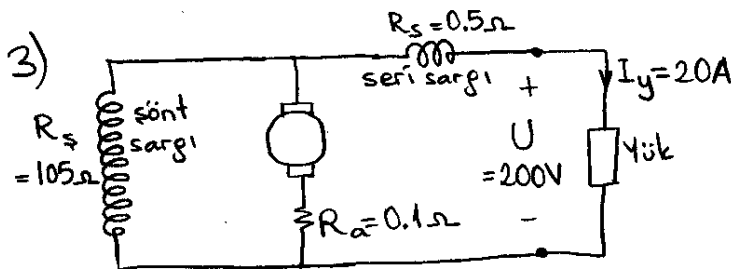
$$\text{Verim} = \eta = \frac{P_{ç}}{P_g} = \frac{3926.5}{5000} = \boxed{\%78.5 = \eta}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI-I FINAL SINAVI SORULARI:
İkinci Öğretim, 5.1.2005, Süre: 80 dakika

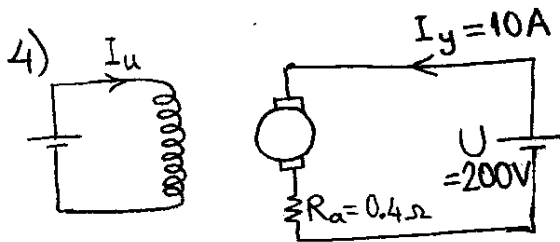


Üç fazlı, Δ/Δ bağlı, 1000V:500V 'luk bir transformatorün tek faza indirgenmiş ve sekondere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devresi yukarıda gösterilmiştir. Sekondere bağlı yükün tek faza indirgenmiş empedansı $Z_y = 5.8 + j7.7 \Omega$ 'dır. Primerden fazlararası 1000V (primer tarafındaki değeri) gerilim uygulanıyor. Buna göre, primer ve sekonder akımlarının ve sekonder (yük üzerindeki) geriliminin hat değerlerini, üç faz için toplam giriş ve çıkış güçlerini hesaplayınız.

2) Bir trafonun giriş gerilim ve akımı 220V, 10A iken demir kaybı 100W 'dır. Giriş gerilim ve akımı 242V, 12A iken demir kaybı ne olur?



Şekilde verilen bileşik bağlı (kompund) dinamonun verimini hesaplayınız.



a) Şekilde gösterilen yabancı uyarımlı motor, tork-hız fonksiyonu sürtünme dahil

$$T_y = (0.1 \text{ Nm} \cdot \text{s/rad}) \cdot \omega$$

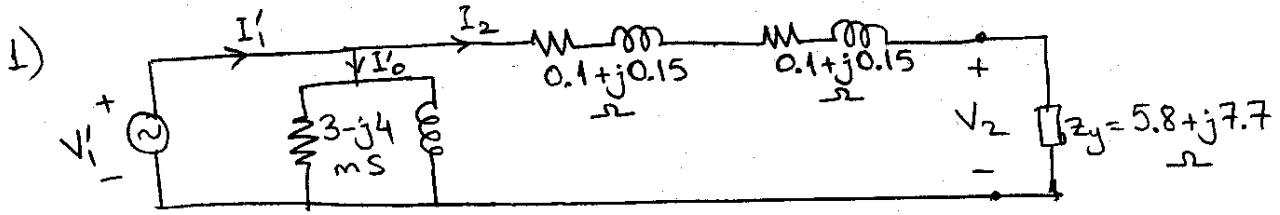
olan bir yükü döndürmektedir. Motorun yükü hangi hız ve tork değerlerinde döndürdüğünü bulunuz. (20 puan)

b) Motorun aynı U gerilimi ile kalkış akımını bulunuz. (5 puan)

BAŞARILAR ...

Yrd. Doç. Dr. Ata Sevinç

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 FİNAL SINAVI CEVAP ANAHTARI
İkinci Öğretim, 5.1.2005



$$V_{1h} = 1000V \Rightarrow V_1 = V_{1h} = 1000V \Rightarrow V_1' = \frac{N_2}{N_1} V_1 = \frac{500}{1000} \cdot 1000V = 500V$$

$$V_1' = 500V \angle 0^\circ \text{ olsun.}$$

$$I_0' = V_1' (3 - j4 \text{ mS}) = 2.5A \angle -53^\circ$$

$$I_2 = \frac{V_1'}{(5.8 + 0.1 + 0.1) + j(7.7 + 0.15 + 0.15) \Omega}$$

$$I_2 = \frac{500 \angle 0^\circ}{10 \angle 53^\circ} A = 50A \angle -53^\circ = (30 - j40) A$$

$$I_1' = I_2 + I_0' = 50A \angle -53^\circ + 2.5A \angle -53^\circ = 52.5A \angle -53^\circ = I_1'$$

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} I_1' = \frac{500}{1000} \times 52.5 \angle -53^\circ = 26.25A \angle -53^\circ$$

$$\text{Primer hat akımı} = |I_{1h}| = \sqrt{3} \cdot |I_1| = \sqrt{3} \times 26.25A = 45.47A = |I_{1h}|$$

$$\text{Sekonder hat akımı} = |I_{2h}| = \sqrt{3} \cdot |I_2| = \sqrt{3} \times 50A = 86.6A = |I_{2h}|$$

$$V_2 = Z_y I_2 = (5.8 + j7.7)(30 - j40)V = (482 - j1)V = 482V \angle -0.12^\circ$$

$$\text{Sekonder hat gerilimi} = |V_{2h}| = |V_2| = 482V$$

$$\text{Üç faz toplam giriş gücü} = P_{1T} = 3 \times \text{Gercek} \{V_1' I_1'^*\}$$

$$= 3 \times 500 \times 52.5 \times \cos 53^\circ \text{ W} = 47.25 \text{ kW} = P_{1T}$$

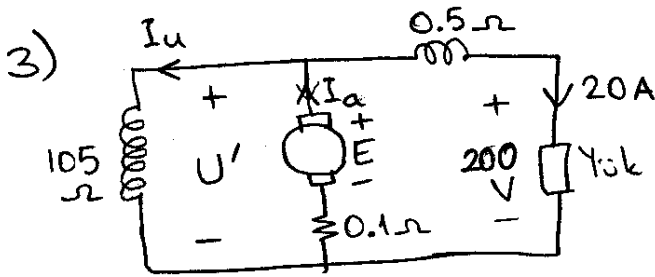
$$\text{Üç faz toplam çıkış gücü} = P_{2T} = 3 \times \text{Gercek} \{V_2 I_2^*\} = 3 \times \text{Gercek} \{Z_y\} |I_2|^2$$

$$= 3 \times 5.8 \times 50^2 \text{ W} = 43.50 \text{ kW} = P_{2T}$$

2) Demir kaybı yaklaşık olarak uygulanan gerilimin karesiyle doğru orantılıdır.

$$P_{Fe2} \approx P_{Fe1} \times \frac{242^2}{220^2} = 100W \times 1.1^2$$

$$P_{Fe2} \approx 121W \rightarrow \text{İkinci durumdaki demir kaybı}$$



$$U = 200V = U' - 0.5\Omega \times 20A$$

$$U' = 210V$$

$$I_u = \frac{210V}{105\Omega} = 2A$$

$$I_a = 20A + I_u = 22A$$

$$E = U' + 0.1\Omega \times I_a = 210V + 0.1\Omega \times 22A = 212.2V = E$$

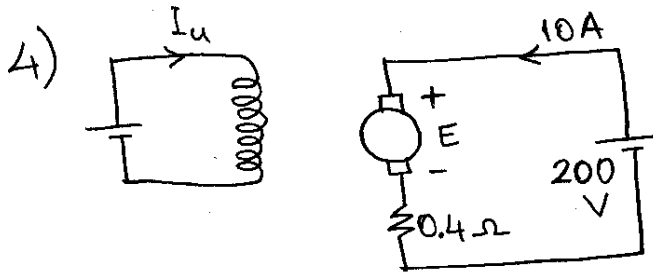
$$\text{Giriş gücü} = P_g = EI_a = 212.2 \times 22 \text{ W}$$

$$P_g = 4668.4W$$

$$\text{Çıkış gücü} = P_a = UI_y = 200V \times 20A$$

$$P_a = 4000W$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{P_a}{P_g} = \frac{4000}{4668.4} = \boxed{\%85.7 = \eta}$$



$$a) E = 200V - 0.4\Omega \times 10A$$

$$E = 196V$$

$$I_a = I_y = 10A$$

$$\text{Motorun ürettiği tork} = T_m = \frac{EI_a}{\omega} = \frac{1960W}{\omega}$$

$$\text{Dengede } T_m = T_y$$

$$\frac{1960W}{\omega} = (0.1 \text{ Nm} \cdot \text{s/rad}) \omega$$

$$\rightarrow \omega^2 = 19600 (\text{rad/s})^2 \rightarrow \omega = \sqrt{19600} \text{ rad/s}$$

$$\boxed{\omega = 140 \text{ rad/s}} \rightarrow \text{Dönüş hızı}$$

$$\text{Tork} = T_m = \frac{1960W}{\omega} = (0.1 \text{ Nm} \cdot \text{s/rad}) \cdot \omega$$

$$\boxed{T_m = 14 \text{ Nm}}$$

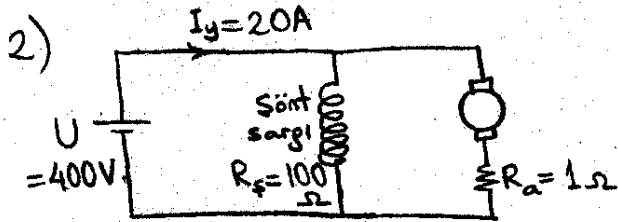
$$b) \text{ Kalkış anında } \omega = 0 \rightarrow E = K\phi\omega = 0 \rightarrow I_a = I_y = \frac{U}{R_a}$$

$$\rightarrow I_a = I_y = \frac{200V}{0.4\Omega} = \boxed{500A = \text{kalkış akımı}}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI:

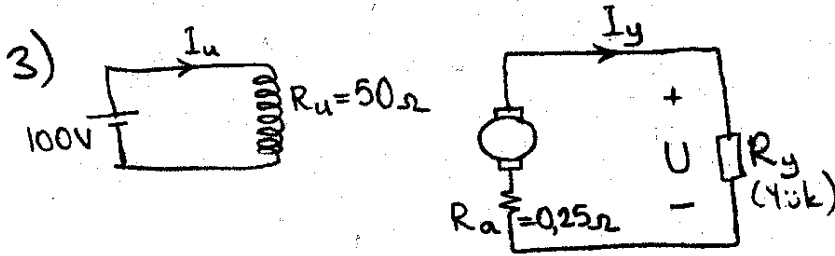
Normal Öğretim, 26.1.2005, Süre: 80 dakika

- 1) Bir trafo'nun giriş gerilim ve akımı 400V, 20A iken demir kaybı 300W'dır. Giriş gerilim ve akımı 365V, 24A iken demir kaybı yaklaşık ne olur? (5 puan)



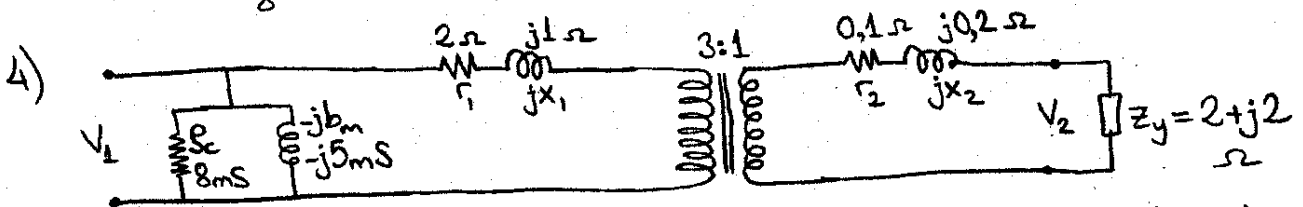
$T_y = (0,249 \text{ Nm} \cdot \text{s/rad}) \cdot \omega$

olan bir yükü hangi hız ve tork değerlerinde döndürür? (20 puan)



- a) Şekilde gösterilen yabancı uyarımlı dinamo, $n_1 = 1000$ devir/dak hızla döndürülürken yük uçlarındaki gerilim $U_1 = 200V$, akım ise $I_{y1} = 40A$ oluyor. Bu durum için dinamonun verimini hesaplayınız. (20 puan)

- b) Dinamo aynı uyarım şartlarında $n_2 = 1500$ devir/dak hızla döndürülürse ve R_y aynı ise bu durumda yük uçlarındaki gerilim (U_2) ne olur? (10 puan)



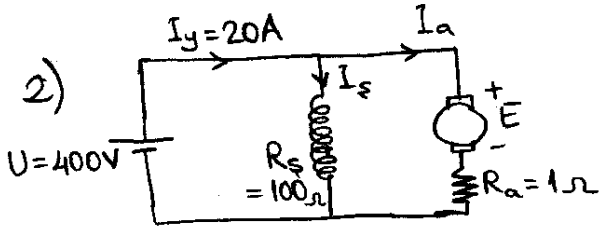
Üç fazlı Y/Y bağlı bir trafo'nun tek faza indirgenmiş yaklaşık eşdeğer devresi yukarıda gösterilmiştir. Sekondere bağlı yükün tek faza indirgenmiş empedansı $Z_y = 2 + j2 \Omega$ 'dır.

- a) Tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devreyi çiziniz ve parametrelerini üzerinde ayrı ayrı gösteriniz. (5 puan)
- b) Primerden fazlararası 3000V gerilim uygulanıyor. Buna göre, primer ve sekonder akımlarının ve sekonder geriliminin hat değerlerini, üç faz için toplam giriş ve çıkış güçlerini hesaplayınız. (40 puan)

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 BUTÜNLEME SINAVI CEVAP ANAHTARI
Normal Öğretim, 26.01.2005

1) Demir kayıpları, uygulanan gerilimle yaklaşık doğru orantılıdır. Yani:

$$\frac{P_{Fe2}}{300W} = \left(\frac{365V}{400V}\right)^2 = 0,8327 \rightarrow P_{Fe2} = 0,8327 \times 300W \approx \underline{250W}$$



$$I_s = \frac{U}{R_s} = \frac{400V}{100\Omega} = 4A = I_s$$

$$I_a = I_y - I_s = 20A - 4A = 16A = I_a$$

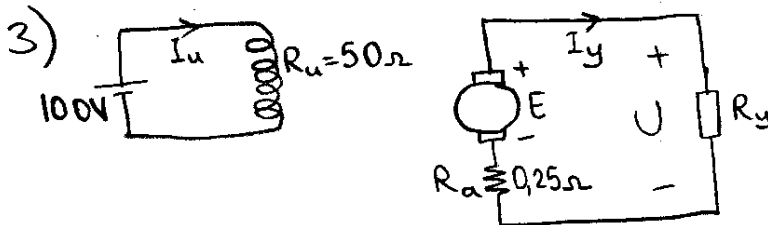
$$E = U - R_a I_a = 400V - 1\Omega \times 16A = 384V = E$$

$$P_{alkis} = E I_a = 384V \times 16A = 6144W = P_{alkis}$$

$$T_{alkis} = \frac{P_{alkis}}{\omega} = \frac{6144W}{\omega} = T_y = (0,249 \text{ Nm} \cdot \text{s/rad}) \cdot \omega \quad (\text{Denge de})$$

$$\rightarrow \frac{6144}{0,249} (\text{rad/s})^2 = \omega^2 \rightarrow \boxed{\omega = 157 \text{ rad/s}}$$

$$T_{alkis} = T_y = 0,249 \times 157 \text{ Nm} = \boxed{39 \text{ Nm} = T_y = T_{alkis}}$$



$$a) E_1 = U_1 + R_a I_{y1}$$

$$E_1 = 200V + 0,25\Omega \times 40A$$

$$E_1 = 210V$$

Bu durumda

$$P_{giris} = E_1 I_{y1} + \frac{(100V)^2}{R_u} = 210V \times 40A + \frac{(100V)^2}{50\Omega} = 8600W = P_{giris}$$

elektromekanik giriş gücü
uyartım giriş gücü

$$P_{alkis} = U_1 I_{y1} = 200V \times 40A = 8000W = P_{alkis}$$

$$\text{Verim} = \frac{P_{alkis}}{P_{giris}} = \frac{8000}{8600} = \boxed{\%93 = \eta}$$

$$b) \text{ Aynı uyartım akısında } \frac{n_2}{n_1} = \frac{E_2}{E_1} \rightarrow E_2 = \frac{n_2}{n_1} \times E_1$$

$$E_2 = \frac{1500}{1000} \times 210V = 315V = E_2$$

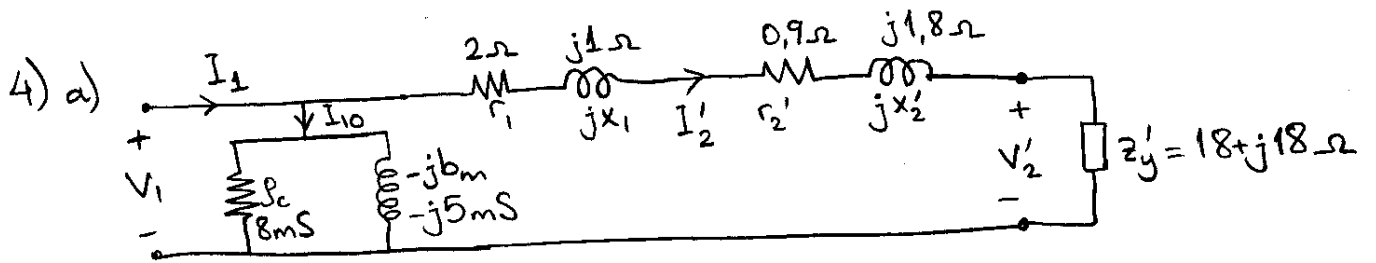
$$R_y = \frac{U_1}{I_{y1}} = \frac{200}{40}\Omega = 5\Omega$$

$$I_{y2} = \frac{E_2}{R_a + R_y} = \frac{315}{0,25 + 5} A = 60A$$

$$U_2 = E_2 - R_a I_{y2} = 315V - 0,25\Omega \times 60A$$

Dirençler aynı olduğu için kısaca $n_2/n_1 = U_2/U_1$ diye de çözebilirdik.

$$\boxed{U_2 = 300}$$



$$N_1/N_2 = 3 \quad r_2' = r_2 \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = 9r_2 = 9 \times 0,1\Omega = 0,9\Omega = r_2'$$

$$x_2' = x_2 \times 3^2 = 9x_2 = 9 \times 0,2\Omega = 1,8\Omega = x_2'$$

$$z_y' = z_y \times 9 = 9 \times (2 + j2)\Omega = 18 + j18\Omega = z_y'$$

b) $V_{1h} = \sqrt{3} V_1 = 3000V \rightarrow V_1 = 3000V/\sqrt{3} = 1732V \angle 0^\circ$
 ilk ağırlı kabul ediyoruz.

$$I_2' = \frac{V_1}{(r_1 + r_2') + j(x_1 + x_2') + z_y'}$$

$$I_2' = \frac{1732}{20,9 + j20,8} = \frac{1732 \times (20,9 - j20,8)}{20,9^2 + 20,8^2} = 41,64 - j41,44 \text{ A}$$

$$= 58,74A \angle -44,9^\circ = I_2'$$

$$I_{10} = V_1 \times (g_c - jb_m) = 1732 \times (8 - j5) \times 10^{-3} = 13,86 - j8,66 \text{ A}$$

$$= 16,34 \angle -32^\circ = I_{10}$$

$$I_1 = I_{10} + I_2' = (13,86 + 41,64) - j(8,66 + 41,44) \text{ A}$$

$$= 55,5 - j50,1 \text{ A} = 74,77A \angle -42^\circ = I_1$$

Primer hat akımı = primer faz akımı $\rightarrow |I_{h1}| = |I_1| = 74,77A$

Sekonder hat akımı = sekonder faz akımı $= I_2 = 3 \times I_2' = 3 \times 58,74A \angle -44,9^\circ$

$$|I_{h2}| = |I_2| = 176,22A$$

$$V_2' = z_y' I_2' = (18 + j18) \times (41,64 - j41,44)V = 1495 + j3,6V$$

$$= 1495V \angle 0,14^\circ = V_2'$$

$$V_2 = \frac{1}{3} V_2' = 498,3V \angle 0,14^\circ$$

Sekonder hat gerilimi $= V_{h2}$

$$|V_{h2}| = \sqrt{3} \times 498,3V = 863V = |V_{h2}|$$

$$P_{giris} = \sqrt{3} |V_{h1}| \cdot |I_{h1}| \cdot \cos \varphi_1$$

$$\varphi_1 = 0^\circ - (-42^\circ) = 42^\circ$$

$$= \sqrt{3} \cdot 3000 \times 74,77 \times \cos 42^\circ = 288,7kW = P_{giris}$$

$$P_{cikis} = \sqrt{3} \cdot |V_{h2}| \cdot |I_{h2}| \cdot \cos \varphi_2$$

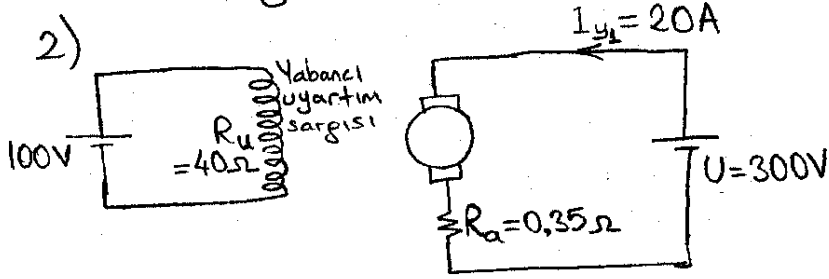
$$\varphi_2 = 0,14^\circ - (-44,9^\circ) = 45,04^\circ$$

$$= \sqrt{3} \times 863 \times 176,22 \times \cos 45,04^\circ = 186,1kW = P_{cikis}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

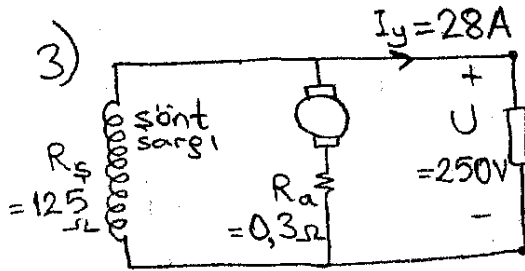
İkinci Öğretim, 26.1.2005, Süre: 80 dakika

- 1) Bir trafonun giriş akım ve gerilimi 40A, 1000V iken bakır kaybı 400W'dır. Giriş akım ve gerilimi 48A, 900V iken bakır kaybı yaklaşık ne olur? (5 puan)

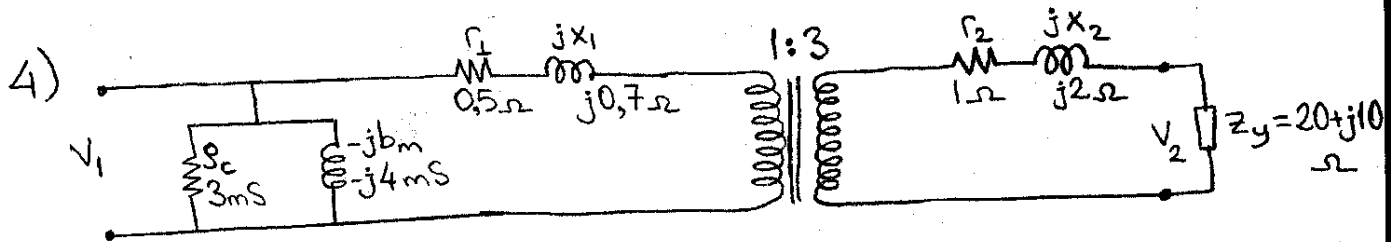


a) Şekilde gösterilen yabancı uyartımlı motor, $n_1 = 2000$ devir/dak hızla dönüyor. Motorun verimini ve net çıkış torkunu hesaplayınız. (20 puan)

b) Aynı uyartım şartları ve aynı U gerilimi altında, motor yükündeki değişiklik nedeniyle hız $n_2 = 1600$ devir/dak değerine düşüyor. Bu durumda yük akımı (I_{y2}) ne olur? (10 puan)



Şekilde verilen sönt dinamonun verimini hesaplayınız. (20 puan)



Üç fazlı Y/Y bağlı bir trafonun tek faza indirgenmiş yaklaşık eşdeğer devresi yukarıda gösterilmiştir. Sekondere bağlı yükün tek faza indirgenmiş empedansı $Z_y = 20 + j10 \Omega$ 'dır.

a) Tek faza indirgenmiş ve sekondere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devreyi çiziniz ve parametrelerini üzerinde ayrı ayrı gösteriniz. (10 puan)

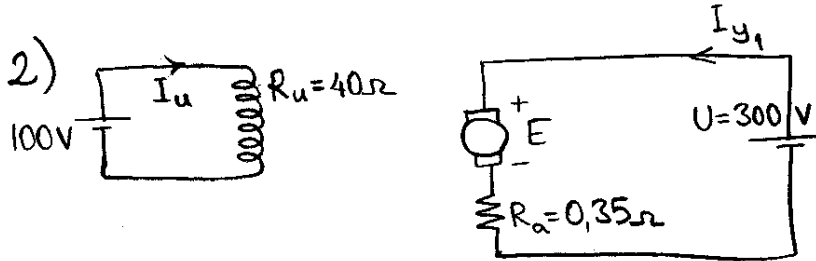
b) Primerden uygulanan gerilim nedeniyle sekonderdeki yük üzerinde fazlararası 3000V gerilim görülüyor. Buna göre primer ve sekonder akımlarının hat değerlerini, primerden uygulanan fazlararası gerilim değerini ve üç faz için toplam giriş ve çıkış güçlerini hesaplayınız. (35 puan)

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 BÜTÜNLEME SINAVI CEVAP ANAHTARI

İkinci Öğretim, 26.01.2005

- 1) Trafonun bakır kaybı, geçen akımın karesiyle yaklaşık doğru orantılıdır. Yani :

$$\frac{P_{Cu2}}{400W} \approx \left(\frac{48A}{40A} \right)^2 \rightarrow P_{Cu2} \approx \left(\frac{48}{40} \right)^2 \times 400W = 576W \approx P_{Cu2}$$



a) $E_1 = U - R_a I_{y1}$
 $= 300V - 0,35\Omega \times 20A$
 $E_1 = 293V$

$$P_{giris} = \underbrace{U I_{y1}}_{\text{armatüre bağlı kaynaktan}} + \underbrace{\frac{(100V)^2}{R_u}}_{\text{uyartım devresi kaynağından}} = 300 \times 20 + \frac{100^2}{40} W = 6250W = P_{giris}$$

$P_{cikis} = E_1 I_{y1} = 293 \times 20 W = 5860W = P_{cikis}$ (sürtünme ihmal)

Verim $= \eta = \frac{P_{cikis}}{P_{giris}} = \frac{5860}{6250} = \%94 = \eta$

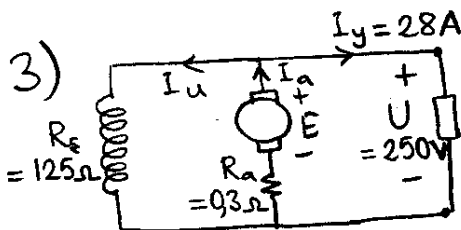
$$T_{cikis} = \frac{P_{cikis}}{\omega} = \frac{5860 Nm}{2\pi \cdot \frac{2000}{60}}$$

$$T_{cikis} \approx 28 Nm$$

b) $E_1 = K\phi n_1$, $E_2 = K\phi n_2 \rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{n_2}{n_1}$
 (akı aynı)

$$E_2 = \frac{n_2}{n_1} \times E_1 = \frac{1600}{2000} \times 293V = 234,4V = E_2$$

$$I_{y2} = \frac{U - E_2}{R_a} = \frac{300 - 234,4}{0,35} A = 187,4A = I_{y2}$$



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

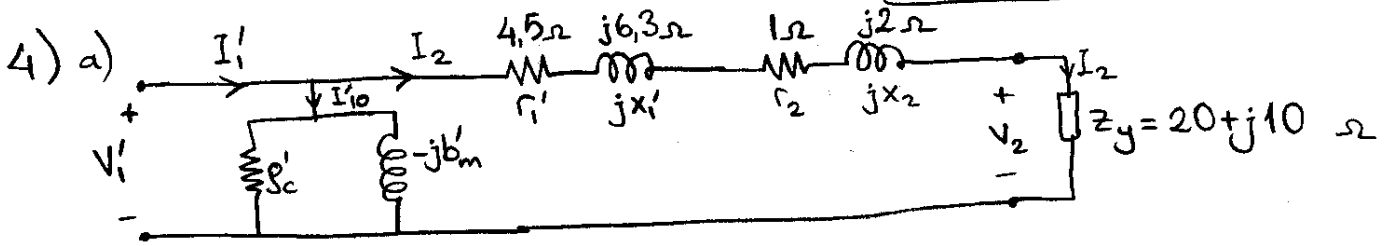
$$I_a = I_y + I_u = 28A + 2A = 30A = I_a$$

$$E = U + R_a I_a = 250V + 0,3\Omega \times 30A = 259V = E$$

$$P_{giris} = E I_a = 259V \times 30A = 7770W = P_{giris}$$

$$P_{cikis} = U I_y = 250V \times 28A = 7000W = P_{cikis}$$

Verim $= \eta = \frac{P_{cikis}}{P_{giris}} = \frac{7000}{7770} = \%90 = \eta$



$$N_1/N_2 = 1/3$$

$$r_1' = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 r_1 = \left(\frac{3}{1}\right)^2 \cdot 0,5 \Omega = 4,5 \Omega = r_1'$$

$$x_1' = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 x_2 = 3^2 \times 0,7 \Omega = 6,3 \Omega = x_2'$$

$$g_c' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 g_c = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \times 3 \text{ mS} = 3,33 \times 10^{-4} \text{ S}$$

$$b'_m = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 b_m = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \times 4 \text{ mS} = 4,44 \times 10^{-4} \text{ S}$$

$$b) |V_{h2}| = 3000 \text{ V} = \sqrt{3} |V_2| \quad (\text{Y bağlantı}) \quad \rightarrow V_2 = 1732 \text{ V} \angle 0^\circ$$

$$I_2 = \frac{V_2}{Z_y} = \frac{1732}{20 + j10} \text{ A} = \frac{1732 \cdot (20 - j10)}{20^2 + 10^2} = 69,28 - j34,64 \text{ A}$$

$$= 77,46 \text{ A} \angle -26,6^\circ = I_2$$

Sekonder hat akımı = $I_{h2} = I_2$ (Y bağlantı) $\rightarrow |I_{h2}| = 77,46 \text{ A}$

$$V_1' = V_2 + (r_1' + jx_1' + r_2 + jx_2) \cdot I_2 = 1732V + (5,5 + j8,3) \cdot (69,28 - j34,64) V$$

$$= 2400,6 + j384,5 \text{ V} = 2431,2 V \angle 9,1^\circ = V_1'$$

$$I'_{10} = (g'_c - jb'_m) \times V'_1 = (3,33 - j4,44) \times 10^{-4} \times 2431,2 \angle 9,1^\circ \text{ A}$$

$$= (5,56 \times 10^{-4} \angle -53,1^\circ) \times (2431,2 \angle 9,1^\circ) \text{ A} = 1,35 \text{ A} \angle 44^\circ = I'_{10}$$

$$I'_1 = I_2 + I'_{10} = 69,28 - j34,64 + 1,35 \cos 44^\circ + j1,35 \sin 44^\circ \quad A$$

$$= 70,25 - j33,70 \quad A = 77,92 \quad A \angle -25,6^\circ = I'_1$$

Primer hat akımı = $I_{h1} = I_1 = \frac{N_2}{N_1} I'_1 = 3 \times I'_1 = 3 \times 77,92 \text{ A} / -25,6^\circ$

$$I_{h1} = 233,76 A \angle -25,6^\circ = I_1 \rightarrow |I_{h1}| = 233,76 A$$

Primerden uygulanan fazlararası gerilim $= |V_{h1}| = \sqrt{3} |V_1|$, $V_1 = \frac{N_1}{N_2} V_1' = \frac{V_1'}{3}$
 $\rightarrow V_1 = \frac{1}{3} \times 2431,2V \angle 9,1^\circ = 810,4V \angle 9,1^\circ \rightarrow |V_{h1}| = \sqrt{3} \times 810,4V$

$$\rightarrow |V_{n1}| = 1403,7 \text{ V}$$

$$\text{Giriş gücü} = P_1 = \sqrt{3} |V_{h1}| \cdot |I_{h1}| \cdot \cos \varphi_1 \quad \varphi_1 = 9,1^\circ - (-25,6^\circ) = 34,7^\circ$$

$$= \sqrt{3} \times 1403,7 \times 233,76 \times \cos 34,7^\circ \text{ W} = 467,3 \text{ kW} = P_1$$

$$G_{ik} \text{ gücü} = P_2 = \sqrt{3} \cdot |V_{h2}| \cdot |I_{h2}| \cdot \cos \varphi_2 \quad \varphi_2 = 0^\circ - (-26,6^\circ) = 26,6^\circ$$

$$= \sqrt{3} \cdot 3000 \cdot 77,46 \cdot \cos 26,6^\circ \text{ W} = \boxed{359,9 \text{ kW} = P_2}$$