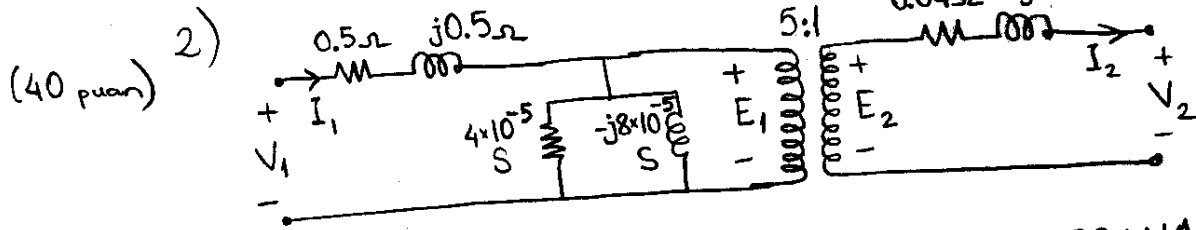
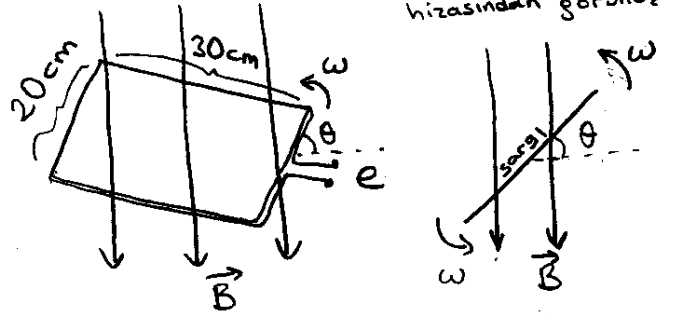


ELEKTRİK MAKİNALARI-I ARASINAV SORULARI

22.11.2004, N.Ö., Süre: 75 dakika

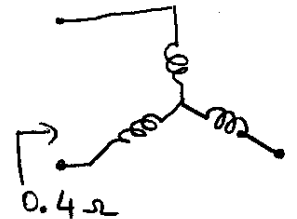
- (25 puan) 1) Dikdörtgen şeklinde, $20\text{cm} \times 30\text{cm}$ boyutlarında, $N=10$ sarımlık bir sargı, $B=1\text{T}$ 'lik düzgün bir akı yoğunluğu altında, dönüş eksenini \vec{B} 'ye dik bir şekilde $\omega=100\pi$ rad/s sabit açısal hızıyla döndürülüyor. Sargı uçlarında endüklenen e geriliminin,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



Tek fazlı 50 Hz'lik, 5000V:1000V'lük, 150 kVA'lık bir trafo'nun tam esdeğer devresi şekildeki gibidir. Yüksek gerilim tarafından gerilim uygulanmakta ve ikinci tarafta güç faktörü $\cos\phi_2=0.8$ gerilim 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'lük 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)

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

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

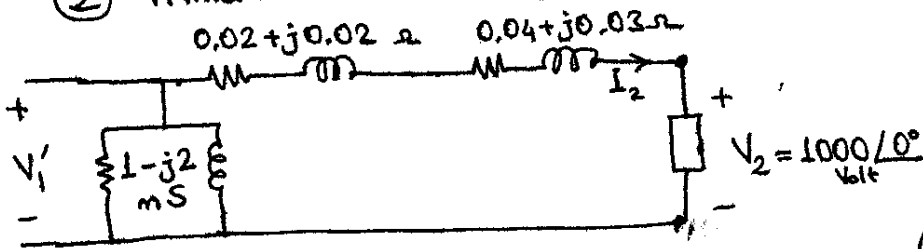
$e = (188.5 \text{ V}) \sin \theta$

ω sabit olduğundan $\theta = \omega t + \theta_0$
 $\hookrightarrow t=0$ 'daki açı

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$\eta = \%98$

Sekonder tam yük beslerken (anma geriliminde) $|V_1'| = 1011.7V$

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

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

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

③ Y/Y için tek faza indirgenmiş değerler:

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

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

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

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

A.d. testinden:

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

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

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

K.d. testinden:

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

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

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

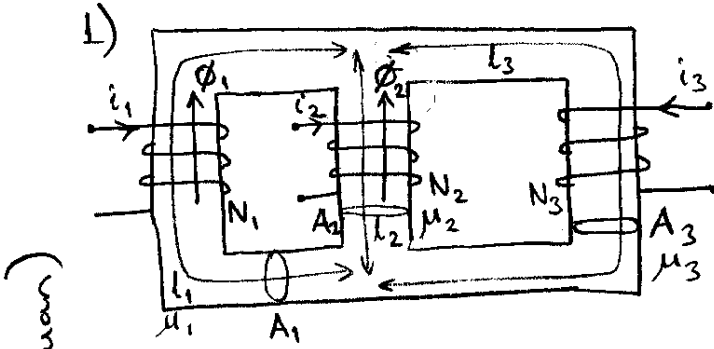
$$|Z_k| = \frac{V_{1k}}{I_{1k}} = \frac{11.32}{16} \Omega = 0.708 \Omega \rightarrow (x_1 + x_2') = \sqrt{0.708^2 - 0.5^2} \Omega = 0.5 \Omega$$

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

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

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

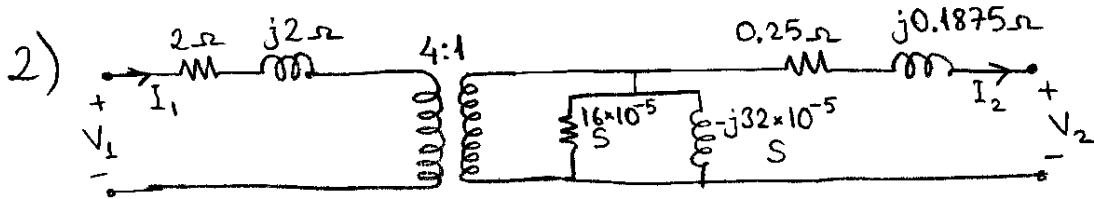
ELEKTRİK MAKİNALARI-1 ARASINAV SORULARI
22.11.2004, i.ö., Süre: 75 dakika



(27 puan)

tasımlanmış olup, sarım sayıları N_1, N_2 ve N_3 akılları için verilenler cinsinden devre denklemleri 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 N_1, N_2 ve N_3 'dür. ϕ_1 ve ϕ_2 2 adet bağımsız manyetik



(45 puan)

Üç fazlı, Δ/Δ bağlı, 50 Hz, 10000V:2500V'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: $V_0 = 231V$, $I_0 = 1.55A$, $P_0 = 160W$

Kısa devrede: $V_k = 11.32V$, $I_k = 16A$, $P_k = 128W$

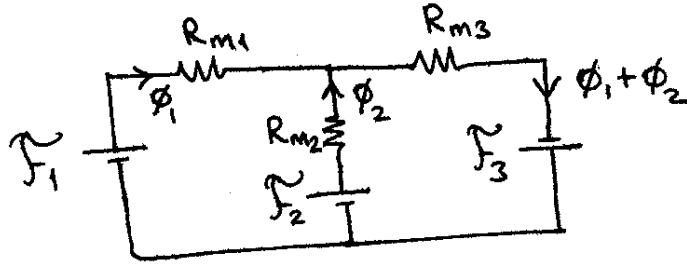
(28 puan)

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

BAŞARILAR ...

ELEKTRİK MAKİNALARI-I 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 : $R_{m1} = \frac{l_1}{\mu_1 A_1}$, $R_{m2} = \frac{l_2}{\mu_2 A_2}$, $R_{m3} = \frac{l_3}{\mu_3 A_3}$

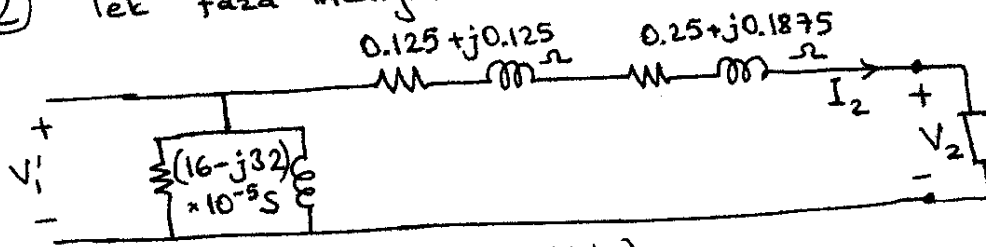
$F_1 = N_1 i_1$, $F_2 = N_2 i_2$, $F_3 = N_3 i_3$ olduğundan

iki adı denklemleri 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 ^{klasik} eşdeğer devre:



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

(paralel kolunu başa aldık)

Tam yükte tek faz gücü = $\frac{450}{3}$ kVA = 150 kVA = $N_2 \cdot |I_2|$

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

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

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

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

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

$$P_{Fe} = 3 \cdot g_c \cdot |V_1'|^2 = 3 \cdot 16 \cdot 10^{-5} \cdot 2529.3^2 \text{ W} = \boxed{3071 \text{ W} = P_{Fe}}$$

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

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

$$P_{giris} = P_{aktif} + P_{Cu} + P_{Fe} = 360 + 4.050 + 3.071 \text{ kW}$$

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

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

Tam yükte sekonderden anma gerilimini veren gerilim (yansıtılması) : $|V_1'| = 2529.3 \text{ V}$ idi.

Aynı gerilim sekonder açık devre iken uygulanırsa sekonderde $|V_{20}| \cong |V_1'| = 2529.3 \text{ V}$ görülür.

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

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

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

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

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

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

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

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

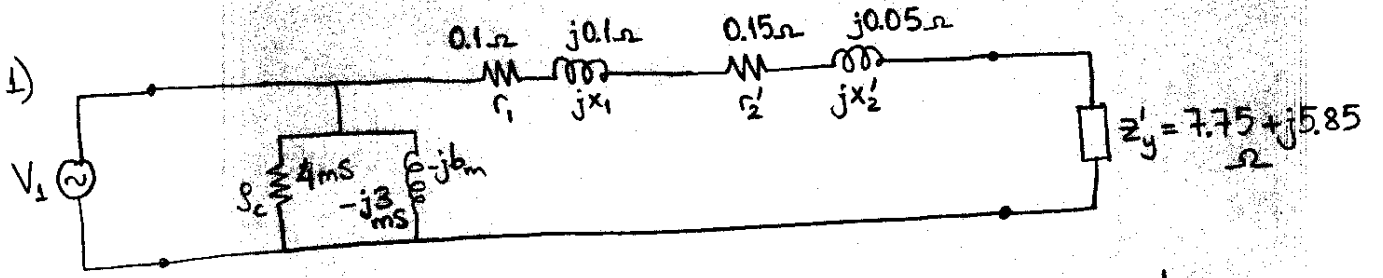
$$(x_1 + x_2') = \sqrt{0.708^2 - 0.5^2} \Omega = 0.5 \Omega \quad x_1 = x_2' = \frac{x_1 + x_2'}{2} = \boxed{0.25 \Omega = x_1 = x_2'}$$

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

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

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

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



Üç fazlı, Δ/Δ bağlı, 4000V:1000V'luk 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.

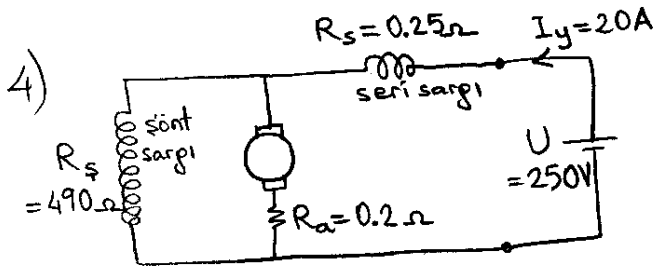
(40 puan)

(10 puan)

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 döndürülme hızı $n_1 = 1250$ devir/dakika, yük akımı $I_{y1} = 20A$ ve uç gerilimi $U_1 = 94V$ 'dir. İkinci çalışmasında ise yük akımı $I_{y2} = 10A$ ve uç gerilimi $U_2 = 77V$ 'dir. Dinamonun ikinci çalışmasındaki döndürülme hızı (n_2) ve verimi ne olur?

(25 puan)



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

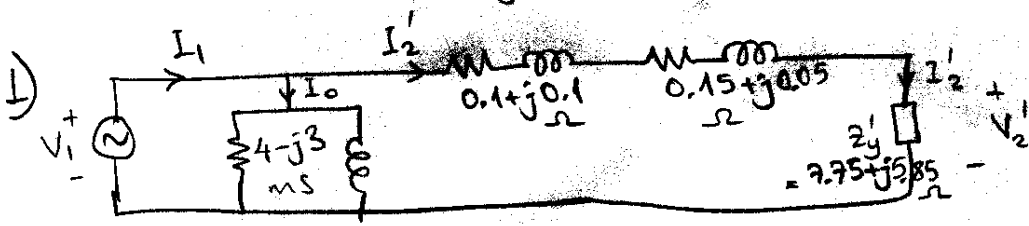
kayı vardır. Motorun net çıkış torkunu ve verimini hesaplayınız.

Yrd.Doç.Dr. Ata SEVİNÇ

BAŞARILAR ...

(25 puan)

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

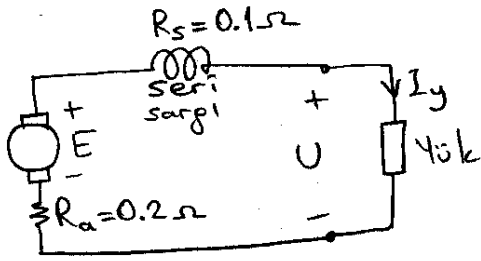
$$\text{Üç faz toplam çıkış gücü} = P_{2T} = \text{Gercek} \{ z_y' \} \times |I_2'|^2 \times 3 \\ = 3 \times 7.75 \times 400^2 \text{ W} = 3720 \text{ kW} = P_{2T}$$

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)



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

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

$$E_1 = 100V$$

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

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

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

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

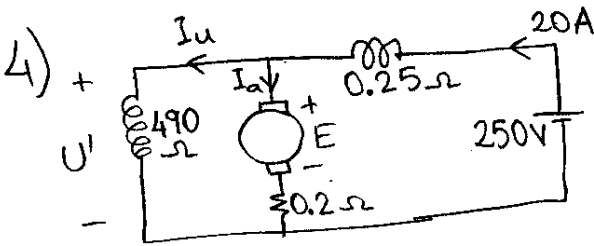
$$n_2 = \frac{80V}{K_2 I_{y2}} = \frac{80V}{0.004 \times 10 \text{ V} \cdot \text{dak}/\text{devir}} = \boxed{2000 \text{ devir/dakika} = n_2}$$

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

$I_{a2} = I_{y2}$

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

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



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

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

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

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

$$P_{ç} = 3926.5W$$

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

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

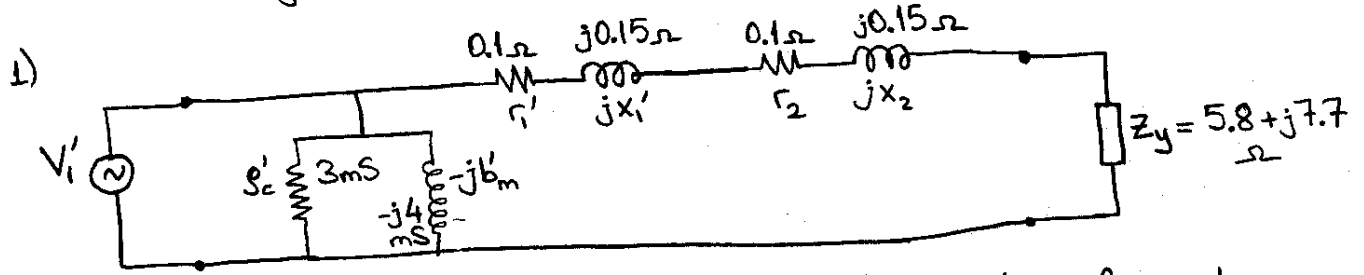
$$\omega = 157.1 \text{ rad/s}$$

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

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

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

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



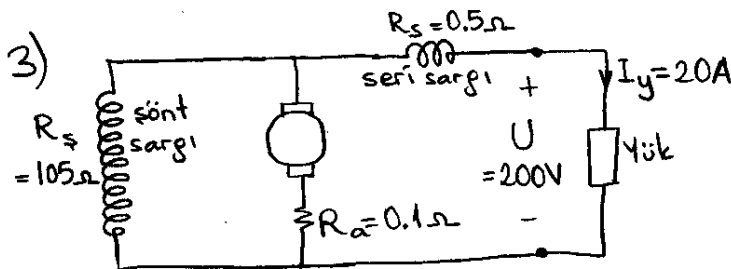
(40 puan)

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.

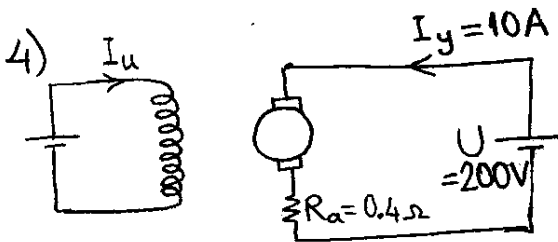
(10 puan)

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?

(25 puan)



Şekilde verilen bileşik bağlı (kompund) dinamonun verimini hesaplayınız.



a) Şekilde gösterilen yabancı uyartımlı motor, tork-hız fonksiyonu sürtünme dahil $T_y = (0.1 \text{ Nm}\cdot\text{s/rad}) \cdot \omega$

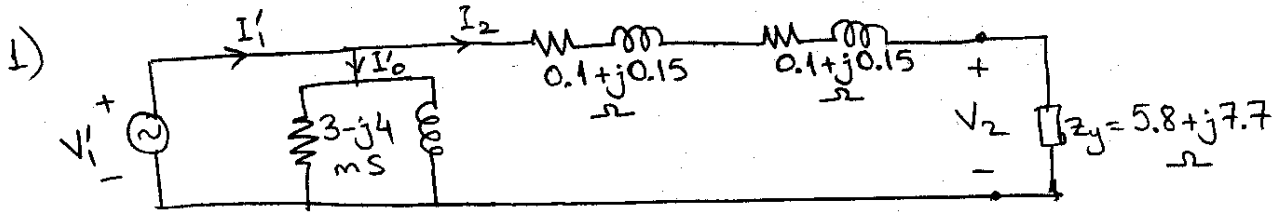
olan bir yükü döndürmektedir. Motorun yükü hangi hız ve tork değerlerinde döndürdüğünü bulunuz. (20 puan)

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

BAŞARILAR ...

Yrd. Doç. Dr. Ata Sevinç

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

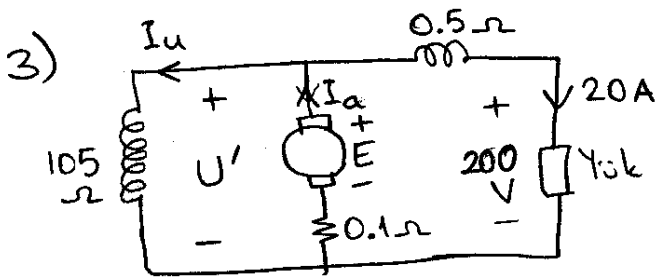
$$\text{Üç faz toplam çıkış gücü} = P_{2T} = 3 \times \text{Gercek} \{V_2 I_2^*\} = 3 \times \text{Gercek} \{Z_y\} |I_2|^2$$

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

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

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

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



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

$$U' = 210V$$

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

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

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

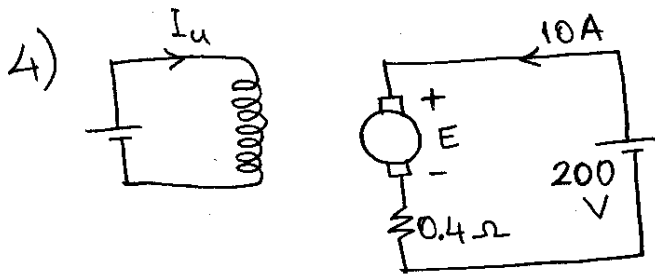
$$\text{Giriş gücü} = P_g = EI_a = 212.2 \times 22 \text{ W}$$

$$P_g = 4668.4 \text{ W}$$

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

$$P_a = 4000 \text{ W}$$

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



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

$$E = 196V$$

$$I_a = I_y = 10A$$

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

$$\text{Denge} \quad T_m = T_y$$

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

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

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

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

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

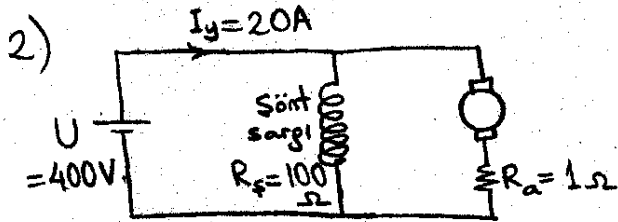
$$b) \text{ Kalkış anında } \omega = 0 \rightarrow E = K\phi\omega = 0 \rightarrow I_a = I_y = \frac{U}{R_a}$$

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

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI:

Normal Öğretim, 26.1.2005, Süre: 80 dakika

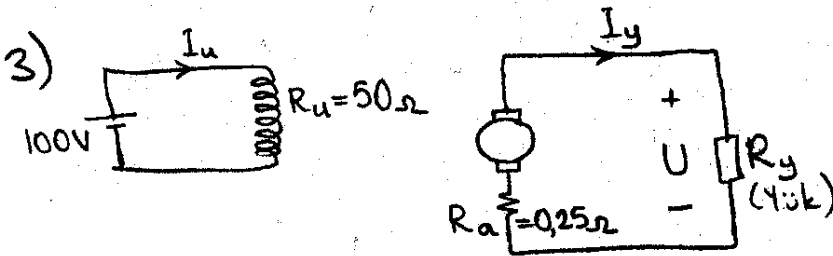
- 1) Bir trafoyun giriş gerilim ve akımı 400V, 20A iken demir kaybı 300W'dır. Giriş gerilim ve akımı 365V, 24A iken demir kaybı yaklaşık ne olur? (5 puan)



Şekilde gösterilen sürt motor, tork-hız fonksiyonu sürtünme dahil

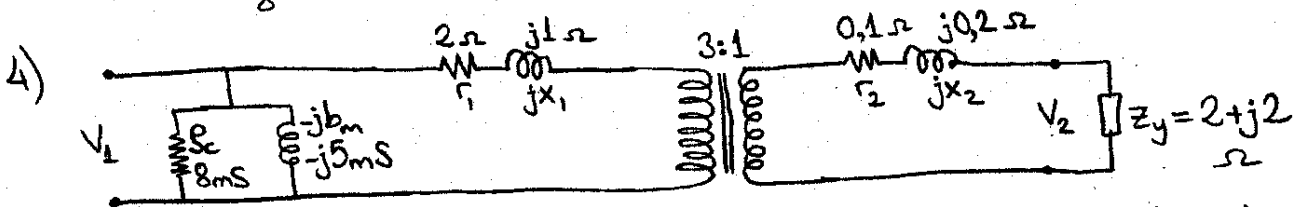
$$T_y = (0,249 \text{ Nm} \cdot \text{s/rad}) \cdot \omega$$

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 dinamoyun 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)



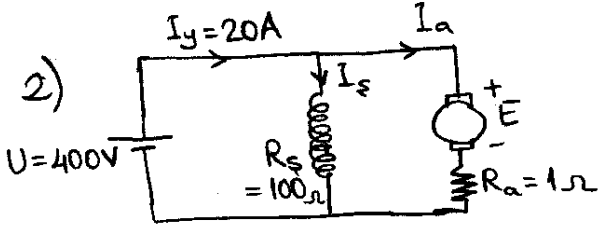
Üç fazlı Y/Y bağlı bir trafoyun tek faza indirgenmiş yaklaşık eşdeğer devresi yukarıda gösterilmiştir. Sekondere bağlı yükün tek faza indirgenmiş empedansı $Z_y = 2 + j2 \Omega$ 'dır.

- 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:

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



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

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

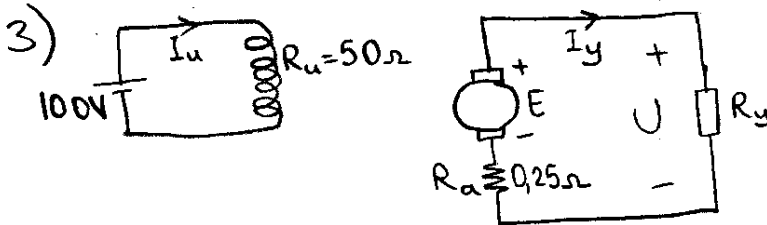
$$E = U - R_a I_a = 400V - 1\Omega \times 16A = 384V = E$$

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

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

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

$$T_{akti\epsilon} = T_y = 0,249 \times 157 \text{ Nm} = \underline{\underline{39 \text{ Nm} = T_y = T_{akti\epsilon}}}$$



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

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

$$E_1 = 210V$$

Bu durumda

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

elektromekanik giriş gücü
uyartım giriş gücü

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

$$\text{Verim} = \frac{P_{akti\epsilon}}{P_{giri\epsilon}} = \frac{8000}{8600} = \underline{\underline{\%93 = \eta}}$$

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

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

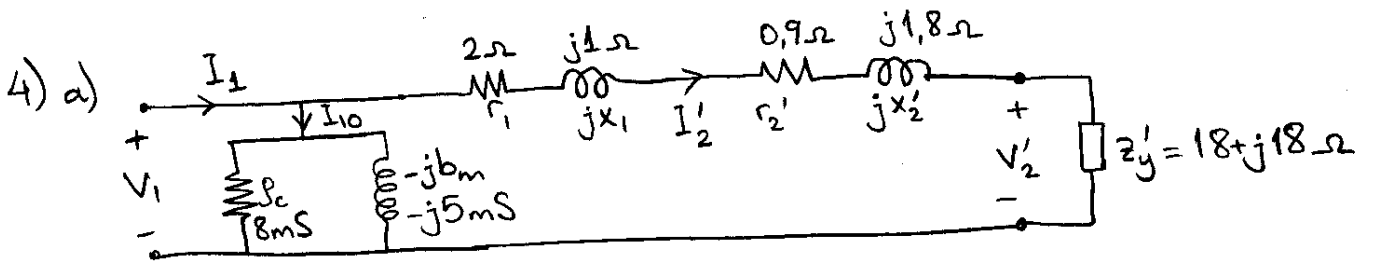
$$R_y = \frac{U_1}{I_{y1}} = \frac{200}{40} \Omega = 5\Omega$$

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

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

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

$$\underline{\underline{U_2 = 300}}$$



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Sekonder hat gerilimi = V_{h2}

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

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

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

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

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

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

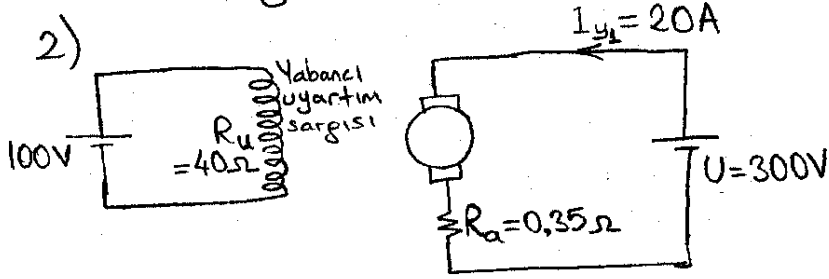
$$\varphi_2 = 0,14^\circ - (-44,9^\circ) = 45,04^\circ$$

$\rightarrow V_2$ 'nin acısı $\rightarrow I_2$ 'nin acısı

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

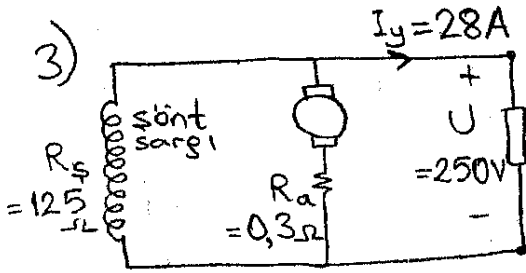
İkinci Öğretim, 26.1.2005, Süre: 80 dakika

- 1) Bir trafo'nun 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)

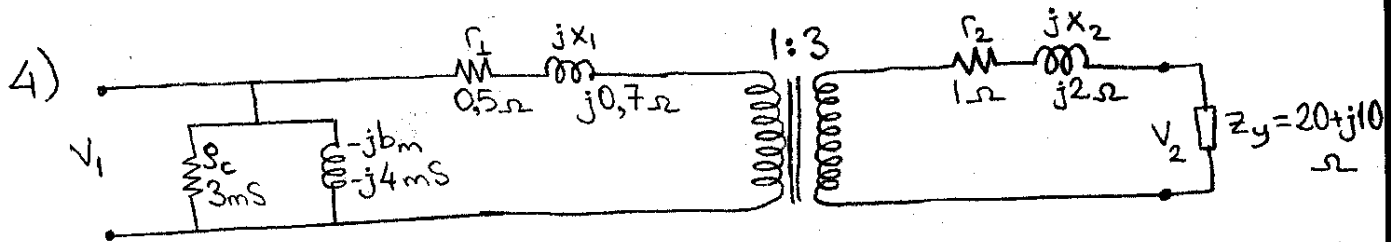


- a) Şekilde gösterilen yabancı uyartımlı motor, $n_1 = 2000$ devir/dak hızla dönüyor. Motorun verimini ve net çıkış torkunu hesaplayınız. (20 puan)

- 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 trafo'nun 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)

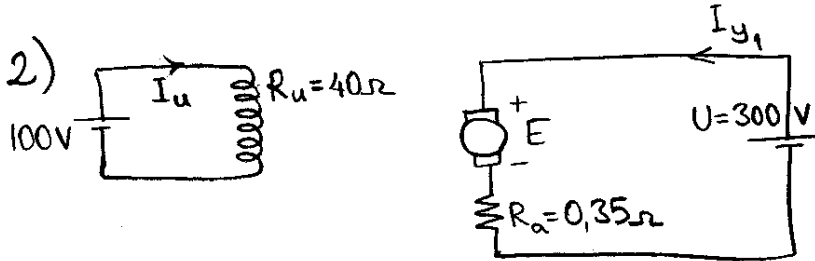
- b) Primerden uygulanan gerilim nedeniyle sekonderdeki yük üzerinde fazlararası 3000V gerilim görülüyor. Buna göre primer ve sekonder akımlarının hat değerlerini, primerden uygulanan fazlararası gerilim değerini ve üç faz için toplam giriş ve çıkış güçlerini hesaplayınız. (35 puan)

ELEKTRİK MAKİNALARI-I 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)

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

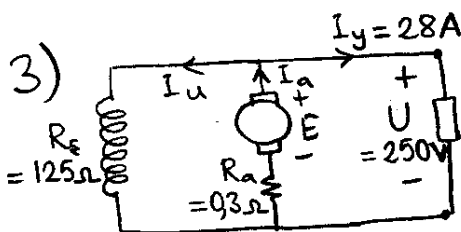
$$T_{cikis} = \frac{P_{cikis}}{\omega} = \frac{5860 Nm}{2\pi \cdot \frac{2000}{60}}$$

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

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)

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

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



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

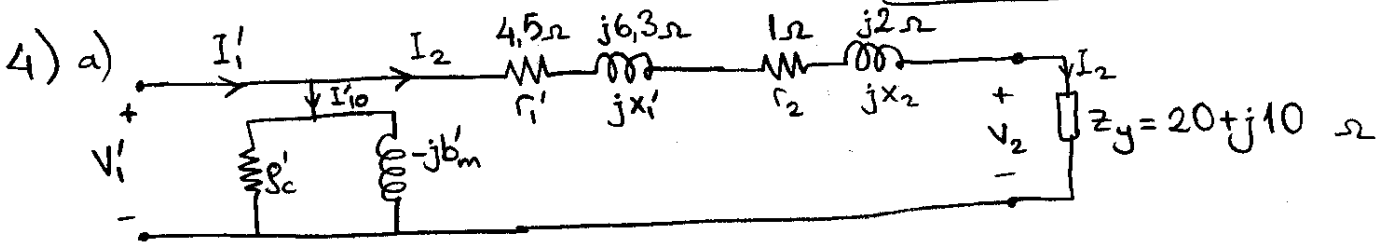
$$I_a = I_y + I_u = 28A + 2A = 30A = I_a$$

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

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

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

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



$$N_1/N_2 = 1/3$$

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

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

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

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

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

$$I_2 = \frac{V_2}{Z_y} = \frac{1732}{20 + j10} \text{ A} = \frac{1732 \cdot (20 - j10)}{20^2 + 10^2} = 69,28 - j34,64 \text{ A} = 77,46 \text{ A} \angle -26,6^\circ = I_2$$

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

$$V_1' = V_2 + (r_1' + jx_1' + r_2 + jx_2) \cdot I_2 = 1732 \text{ V} + (5,5 + j8,3) \cdot (69,28 - j34,64) \text{ V} = 2400,6 + j384,5 \text{ V} = 2431,2 \text{ V} \angle 9,1^\circ = V_1'$$

$$I_{10}' = (g_c' - jb_m') \cdot V_1' = (3,33 - j4,44) \times 10^{-4} \times 2431,2 \angle 9,1^\circ \text{ A} = (5,56 \times 10^{-4} \angle -53,1^\circ) \times (2431,2 \angle 9,1^\circ) \text{ A} = 1,35 \text{ A} \angle 44^\circ = I_{10}'$$

$$I_1' = I_2 + I_{10}' = 69,28 - j34,64 + 1,35 \cos 44^\circ + j1,35 \sin 44^\circ \text{ A} = 70,25 - j33,70 \text{ A} = 77,92 \text{ A} \angle -25,6^\circ = I_1'$$

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

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

Primerden uygulanan fazlararası gerilim = $|V_{h1}| = \sqrt{3} |V_1|$, $V_1 = \frac{N_1}{N_2} V_1' = \frac{V_1'}{3}$

$$\rightarrow V_1 = \frac{1}{3} \times 2431,2 \text{ V} \angle 9,1^\circ = 810,4 \text{ V} \angle 9,1^\circ \rightarrow |V_{h1}| = \sqrt{3} \times 810,4 \text{ V}$$

$$\rightarrow |V_{h1}| = 1403,7 \text{ V}$$

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

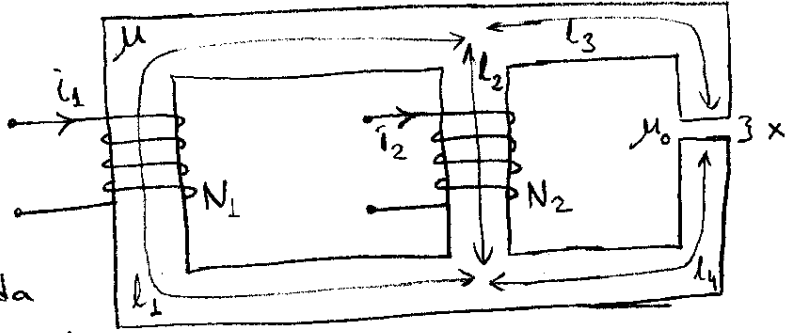
$$= \sqrt{3} \times 1403,7 \times 233,76 \times \cos 34,7^\circ \text{ W} = 467,3 \text{ kW} = P_1$$

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

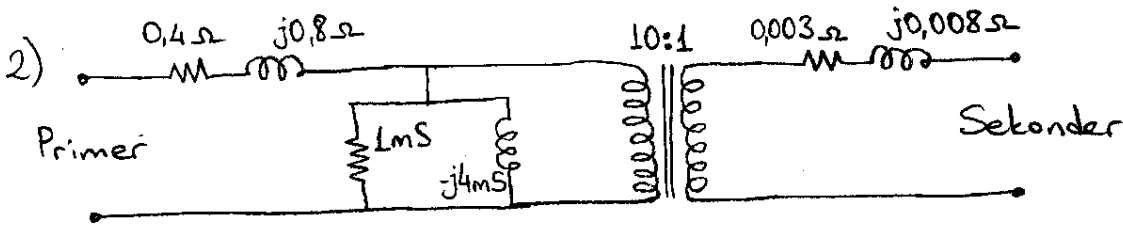
$$= \sqrt{3} \times 3000 \times 77,46 \times \cos 26,6^\circ \text{ W} = 359,9 \text{ kW} = P_2$$

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

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.



(30 puan)



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

(40 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 $0,3 \Omega$ olarak ölçülüyor. Bu trafonun primere yansıtılmış esdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak hesaplayınız.

(30 puan)

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 ARASINAV CEVAP ANAHTARI:
19.11.2005

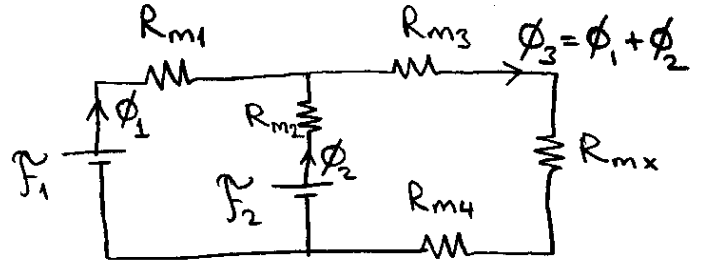
① Verilen manyetik devrenin elektrik devresi eşdeğeri, yandaki gibidir.

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

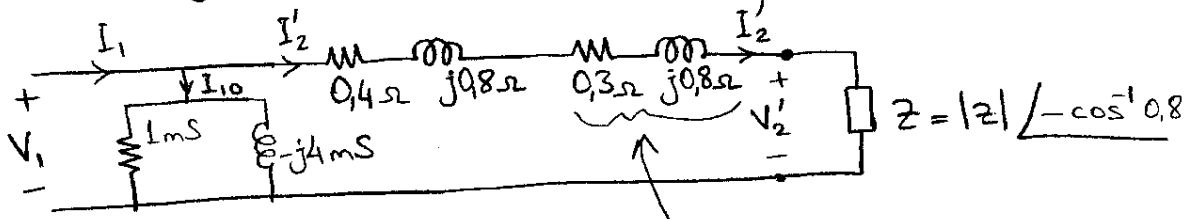
$$\text{Buradan, } (r_1 + r_2') = \frac{P_k}{I_k^2} = \frac{1080 \text{ W}}{(36,7 \text{ A})^2} = 0,8 \Omega = (r_1 + r_2')$$

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

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

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

② Primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devre:



$$V_2 = 230V \angle 0^\circ \quad \text{gerilimi}$$

$$V_2' = (10:1) \cdot V_2 = 2300V \angle 0^\circ$$

olarak yansıtılır.

Tam yük olduğundan,

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

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

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

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

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

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

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

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

↳ güç faktörü

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

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

$$\text{Regülasyon} = \% 100 \cdot \frac{|V_{20}| - |V_{2TY}|}{|V_{2TY}|} = \% 100 \cdot \frac{|V_{20}'| - |V_{2TY}'|}{|V_{2TY}'|}$$

(Oran, yansıtılmış için de aynı)

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

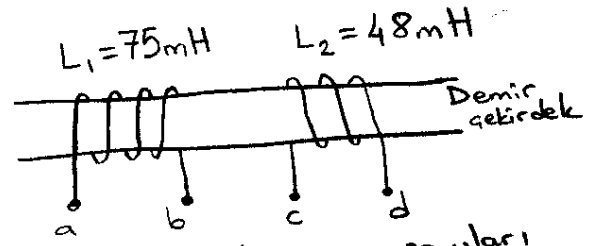
Bu durumda (tam yükte) $|V_1| = 2433 \text{ V}$ bulunmuştu

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

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

ELEKTRİK MAKİNALARI-I ARASINAV SORULARI
18.11.2006 Süre: 90dk.

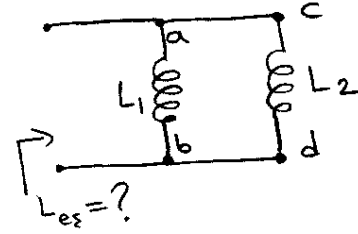
1) Yandaki şekilde verilen sargılar aynı akıyla zincirlenmektedir, yani kaçak akı yoktur.



(Gerçek sarım sayıları şekildeki kadar düşünülmemelidir.)

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

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



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

(25 puan) 3) Üç fazlı Y/Y bağlı, sarım oranı 3:1 olan bir trafoya açık devre testi uygulandığında ölçülen gerilim, akım ve gücün hat değerleri $|V_0| = 1000V$, $|I_0| = 0,75A$, $P_0 = 450W$; kısa devre testi uygulandığında ise $|V_k| = 60V$, $|I_k| = 15A$, $P_k = 810W$ oluyor (tüm ölçümler primerden). Primer hat uçlarının biri bostayken diğer ikisi arasından ölçülen direnç de $r_{ölçüm} = 0,6\Omega$ olduğuna göre trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini bulunuz. (Sekonder sargısının direnç ve kaçak reaktansının kendi tarafında olması isteniyor.)

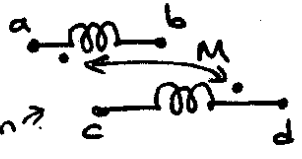
(10 puan) 4) Bir trafo belirli bir yükte 400V, 15A primer gerilim ve akımıyla çalışırken toplam bakır kaybı 900W'tır. Bu trafo başka bir yükte 440V, 18A primer gerilim ve akımıyla çalışırken toplam bakır kaybı ne olur? Yaklaşık olarak bulunuz.

ELEKTRİK MAKİNALARI-I ARASINAV CEVAP ANAHTARI:

18.11.2006 Normal/İkinci Öğretim

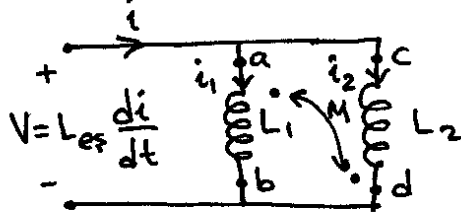
1) a) Kaçak akı olmadığı için $k=1$ (kuplaj katsayısı)

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



Akımlar a'dan ve d'den girerse birbirini desteklediğinden?

b)



$$V = L_{e\varnothing} \frac{di}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt}$$

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

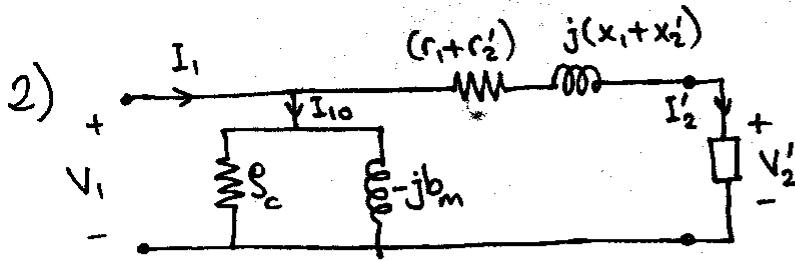
$$L_{e\varnothing} \frac{di}{dt} = \frac{L_1(L_2 + M) - M(L_1 + M)}{L_1 + L_2 + 2M} \frac{di}{dt} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M} \frac{di}{dt}$$

Yani $L_{e\varnothing} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$

$M^2 = L_1 L_2$ olduğundan

$$\boxed{L_{e\varnothing} = 0} \text{ bulunur.}$$

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



→ Yaklaşık eşdeğer devre.

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

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

$$V_2 = 2000 \text{ V} \angle 0^\circ \text{ (ilk ağı keyfi)} \quad \rightarrow \quad V'_2 = \frac{1}{5} V_2 = 400 \text{ V} \angle 0^\circ$$

$$I'_2 \text{ 'nin ağısı} = 0^\circ - \cos^{-1} 0,94 = -19,95^\circ \quad \rightarrow \quad I'_2 = 15 \text{ A} \angle -19,95^\circ$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Giriş gücü faktörü için I_1 'in ağısı gerekiyor.

$$I_1 = I'_2 + I_{10} \quad I_{10} = \underbrace{(3 - j5) \text{ mS}}_{5,83 \text{ mS} \angle -59^\circ} \times (451,8 \text{ V} \angle 10,1^\circ) = 2,63 \text{ A} \angle -48,9^\circ = 1,73 - j1,98 \text{ A}$$

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

$$\text{Giriş gücü faktörü} = \cos \left(\underbrace{10,1^\circ}_{V_1 \text{ 'in ağısı}} - \underbrace{(-24,16^\circ)}_{I_1 \text{ 'in ağısı}} \right) = \cos 34,3^\circ = \underline{\underline{0,826}} \text{ geri}$$

akım, gerilimden geride olduğu için

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

$$|V'_{2T}| = \frac{1}{5} 2000 \text{ V} = 400 \text{ V} \quad \rightarrow \quad \text{Regülasyon} = \% 100 \frac{451,8 - 400}{400}$$

$$\boxed{\text{Regülasyon} = \% 13}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Açık devre testinden,

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

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

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

Kısa devre testinden,

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

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

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

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

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

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

4) Bakır kaybı yaklaşık olarak akımın karesiyle orantılıdır.

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

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.

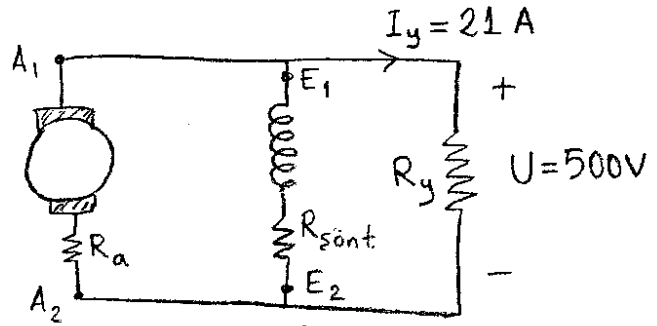
a) Paralel bağlı trafoların eşdeğer kısa devre oranını,

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

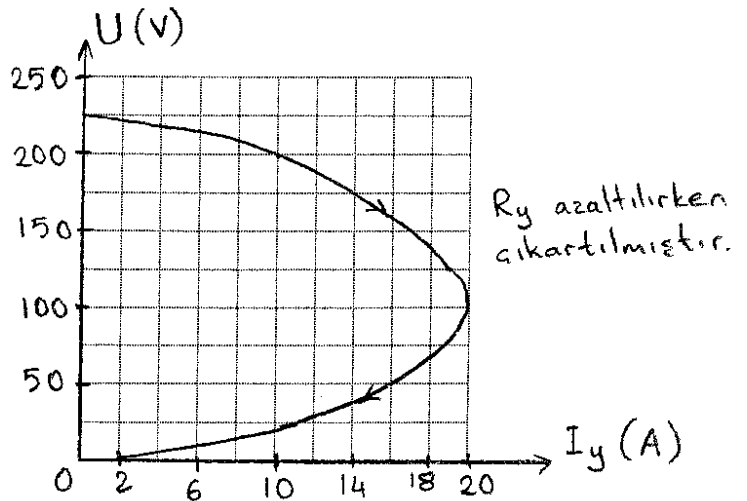
c) Hiçbir trafonun aşırı yüklenmemesi için toplam yük en fazla ne kadar olabileceğini ve o yük için her bir trafonun payına düşecek görünür gücü,

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 FINAL CEVAP ANAHTARI
15.01.2007

1) Tek faz değerleri:

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

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

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

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

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

$$r_1 + r_2' = \frac{400}{15,0^2} \Omega = 1,78\Omega \quad z_k = \frac{70}{15,0} \Omega = 4,67\Omega$$

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

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

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

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

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

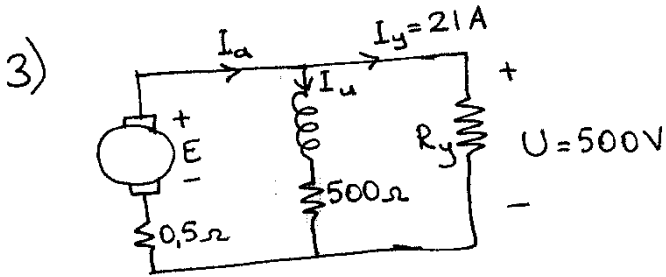
$$\boxed{S_{2y} = 30 \text{ kVA}}$$

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.



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

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

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

$$E = U + 0,5 \Omega \cdot I_a = 500 \text{ V} + 0,5 \Omega \cdot 22 \text{ A} = 511 \text{ V} = E$$

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

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

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

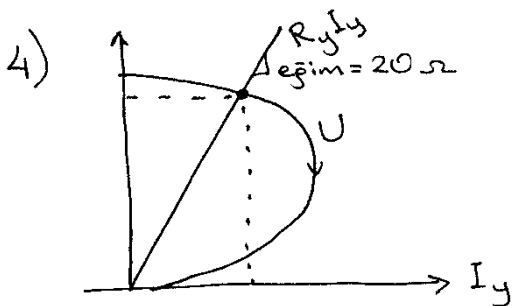
$$\boxed{\eta = \%93,4}$$

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

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

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

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



Kesime 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)

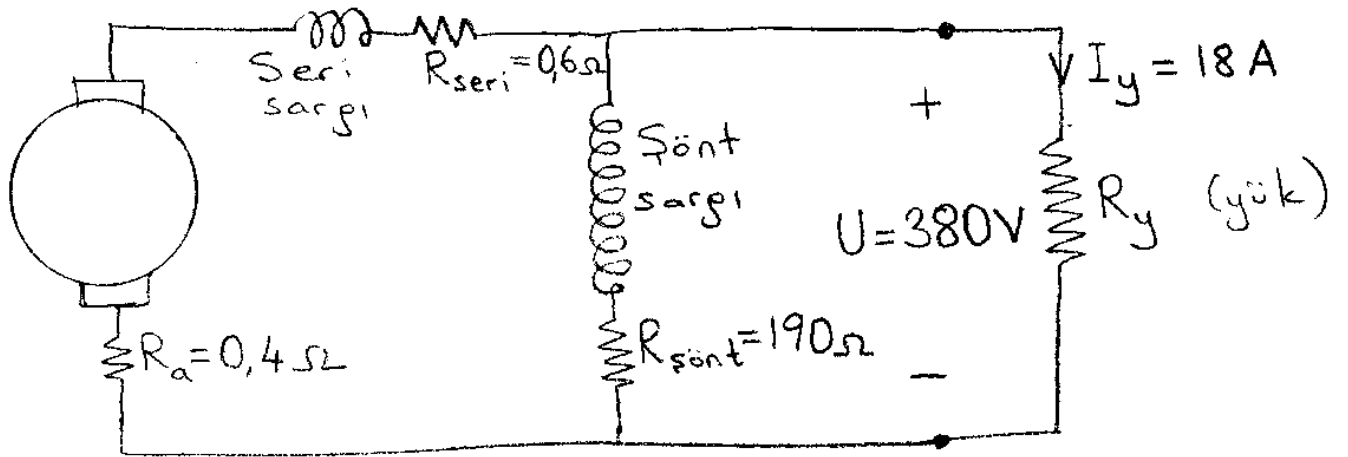
2) Üç fazlı, Y/Y bağlı, dönüştürme oranı 3:1 olan bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor ve yüksek gerilim tarafından hat değerleri şöyle ölçülüyor:

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

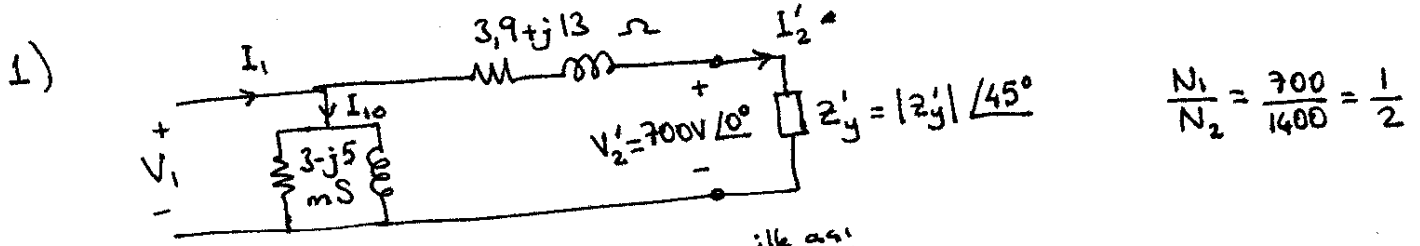
Kısa Devre: $V_k = 134 V$, $I_k = 10 A$, $P_k = 840 W$

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



$$|V_2| = 1400 \text{ V} \Rightarrow V_2' = 700 \text{ V} \angle 0^\circ \rightarrow \text{ilk ağı keyfi}$$

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

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

$$V_1 = \underbrace{(3,9 + j13) \Omega}_{13,57 \Omega \angle 73,3^\circ} \times 10 \text{ A} \angle -45^\circ + 700 \text{ V} \angle 0^\circ = \underbrace{135,7 \text{ V} \angle 28,3^\circ}_{119,5 + j64,3 \text{ V}} + 700 \text{ V}$$

$$V_1 = 819,5 + j64,3 \text{ V} = \underbrace{822 \text{ V} \angle 4,5^\circ}$$

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

$$I_{10} = \underbrace{(3 - j5) \text{ mS}}_{5,83 \text{ mS} \angle -59^\circ} \times 822 \text{ V} \angle 4,5^\circ = 4,8 \text{ A} \angle -54,5^\circ$$

$$I_1 = I_2' + I_{10} = \underbrace{10 \text{ A} \angle -45^\circ}_{7,1 - j7,1} + \underbrace{4,8 \text{ A} \angle -54,5^\circ}_{2,8 - j3,9} = 9,86 - j10,98 \text{ A} = \boxed{14,76 \text{ A} \angle -48,1^\circ = I_1}$$

Primer akımı: $|I_1| = 14,76 \text{ A}$

$$\text{Giriş güç faktörü} = \cos(4,5^\circ - (-48,1^\circ)) = \cos 52,6^\circ$$

$$\boxed{\cos \varphi_1 = 0,61 \text{ geri}}$$

$$P_{Cu} = 3,9 \Omega \times (10 \text{ A})^2 = 390 \text{ W}$$

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

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

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

(Veya biraz işlem hassasiyeti farkıyla, $P_{giriş} = 822 \text{ V} \times 14,76 \text{ A} \times 0,61 = 7400 \text{ W}$)

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

$$\text{Regülasyon} = \%100 \frac{822 - 700}{700} = \%17,4$$

Çünkü
 $(|V_{2TV}| = 700 \text{ V}$
 $|V_{20}| = 822 \text{ V} = |V_1|)$

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

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

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

$r_1 = \frac{r_{1küm}}{2} = \frac{2\Omega}{2} = \boxed{1\Omega = r_1}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

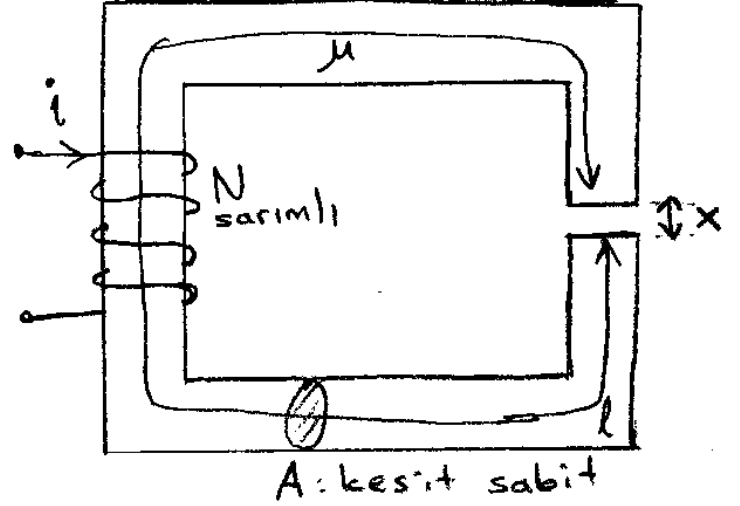
$\omega = 2\pi \frac{n}{60} = 2\pi \frac{3600}{60} \text{ rad/s} = \boxed{377 \text{ rad/s} = \omega}$

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

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

24.11.2007 Süre: 90 dakika

- 1) Trafo saclarının yüzeylerinin, akı yoğunluğu çizgilerine göre konumu nasıl olmalıdır (dik mi, paralel mi) (3 puan)? Neden (7 puan)?
- 2) Bir trafonun primerinde belirli bir AC gerilim kaynağı varken sekonderindeki yük değiştirilerek sekonder akımı **azaltılıyor**. Bu durumda primer akımını da azalmaya zorlayan nedeni bir mantık zinciri şeklinde açıklayınız. (Enerjinin korunumuna dayanan açıklamalar, zorlamayı ifade etmediğinden geçersiz sayılacaktır.) (10 puan)
- 3) Şekildeki manyetik devrede ferromanyetik malzeme için $\mu = \infty$ kabul ediliyor. Hava aralığının etkin kesit alanı çekirdek kesit alanıyla aynıdır. Buna göre çekirdek içindeki ve hava aralığındaki manyetik alanları ve manyetik akı yoğunluklarını bulunuz. (15 puan)



- 4) Tek fazlı, 50Hz'lik, 20kVA'lık, 300V:900V'luk bir transformatörün primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 0,2\Omega$, $r_2' = 0,2\Omega$, $x_1 = 1,0\Omega$, $x_2' = 1,0\Omega$, $g_c = 0,008S$, $b_m = 0,009S$ 'dir. Sekonderde güç faktörü 0,8 geri olan bir tam yük, anma geriliminde beslendiğine göre bu çalışma için transformatörün verimini, regülasyonunu, primer akımını ve giriş güç faktörünü hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (40 puan)
- 5) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 173 kVA'lık, 2000V:1000V'luk, Δ / Δ bağlı bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Primerden alınan hat ölçümler şöyledir:

Açık Devre Testi: $V_0 = 2000V$, $I_0 = 2,0A$, $P_0 = 1200W$,

Kısa Devre Testi: $V_k = 80,0V$, $I_k = 50,0A$, $P_k = 2500W$.

Ayrıca primerin bir hat ucu boştayken, diğer iki hat ucu arasından ölçülen direnç $r_{ölç} = 0,4\Omega$ 'dur. Trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini bulunuz. Sekonder sargı direnç ve reaktansının kendi tarafındaki değerlerini de bulunuz. (25 puan)

ELEKTRİK MAKİNALARI-I ARASINAV CEVAP ANAHTARI

24.11.2007

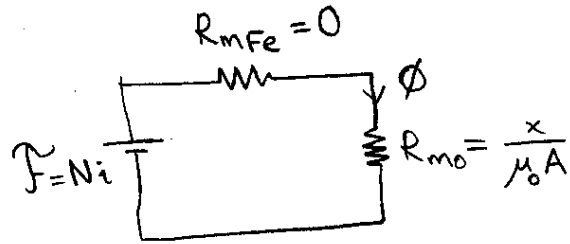
1) Sac yüzeyleri akı çizgilerine paralel olmalıdır. Çünkü manyetik akı ^{yoğunluğu} değişirken, akı çizgilerine dik düzlemlerdeki halkalarda akı değişir. Böylece bu halkalardan indüksiyon akımları geçirmeye salıyan emk endüklenmesi olur. Güç kaybına neden olmaması için akımların yolunun yalıtkan boyayla 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) $R_m = R_{mFe} + R_{m0}$
 ↓ demir için ↓ hava için

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

↓
∞



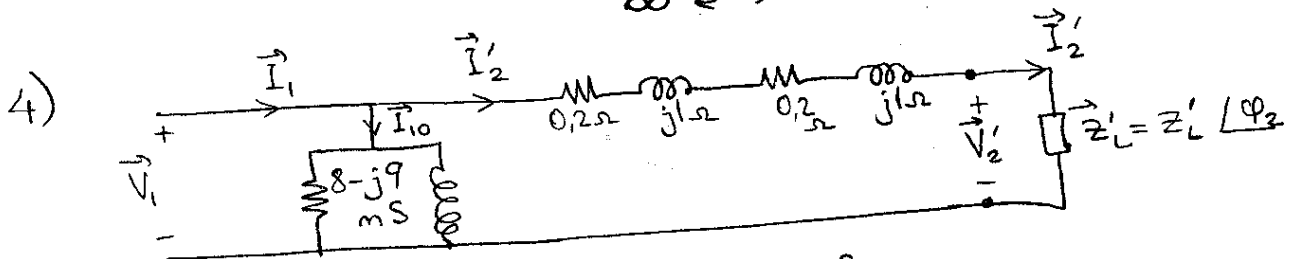
$$\text{Manyetik akı} = \phi = \frac{F}{R_m} = \frac{Ni}{\frac{x}{\mu_0 A}} = \mu_0 \frac{A}{x} Ni = BA$$

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

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

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

∞ ← μ



$$\cos \varphi_2 = 0,8 \rightarrow \varphi_2 = 36,87^\circ$$

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

↙ sarım oranı ↘ V2

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

\downarrow
 V_2' için acısı

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

$\underbrace{0,4 \Omega + j2 \Omega}_{2,04 \Omega \angle 78,69^\circ}$

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

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

V_1 aynı zamanda regülasyon hesabında kullanılacak

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

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

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = 57,35 - j42,88 \text{ A} = 71,61 \text{ A} \angle -36,79^\circ = \vec{I}_1$$

\downarrow
53,33 - j40 A

I_1 = primer akımı (ölçülen değer)

$$P_2 = 20 \text{ kVA} \times 0,8 = 16 \text{ kW} = P_2 \quad \text{çıkış gücü}$$

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

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

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

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

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

P_1 : diğerleriyle arasındaki ^{büyük} fark yuvarlama hatalarından kaynaklanıyor.)

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

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

\rightarrow tam yükteki olduğu için

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

\downarrow
akım geride

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

$$g_c = 400 / 2000^2 \text{ S} = 100 \mu\text{S} \quad \gamma_0 = 1,155 / 2000 \text{ S} = 577 \mu\text{S}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

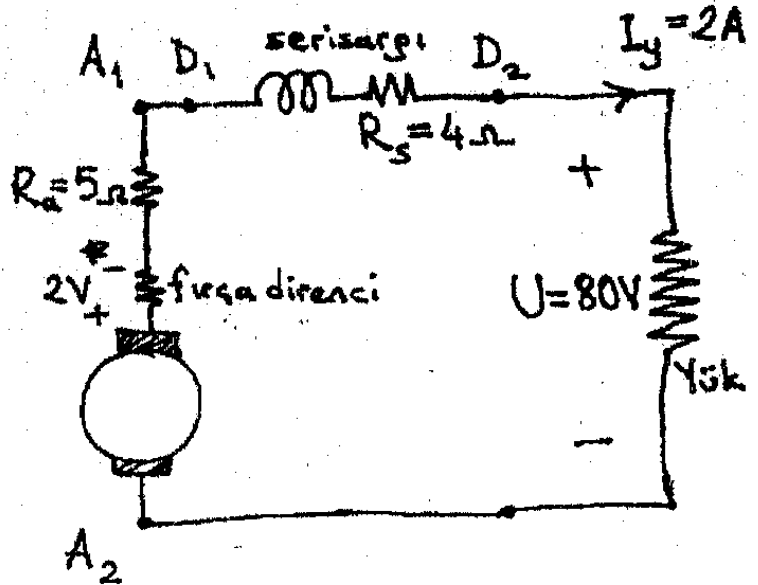
- 2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 400V:40V'luk, Y/Y bağlı bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Primerden alınan hat ölçümleri şöyledir:

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 $P_{sür} = 40 W$ 'dir. Fırçalarda ise 2V'luk bir gerilim düşümü olmaktadır. Dinamonun verimini ve giriş torkunu hesaplayınız. (30 puan)



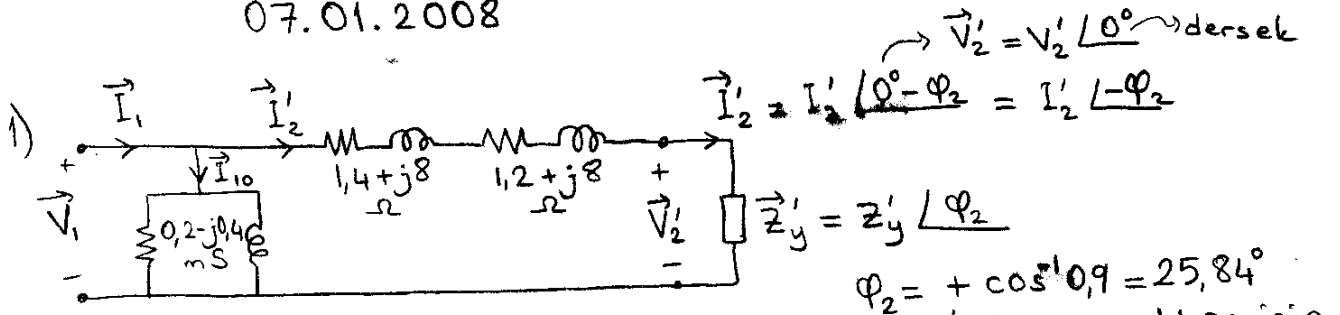
- 4) Bir şönt dinamonun $n = 2000$ devir/dakika hızındaki uyarım devresi kritik direnci 240Ω 'dur. $n = 1500$ devir/dakika hızla döndürülmesi halinde kritik direnç ne olur? Neden? (10puan)

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 FİNAL CEVAP ANAHTARI:

07.01.2008



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

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

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

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

$$\underbrace{16,21\Omega \angle 80,77^\circ}$$

$$32,42V \angle 54,93^\circ = (18,63 + j26,53)V$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Primer

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

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

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

geri \rightarrow akım geri

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

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

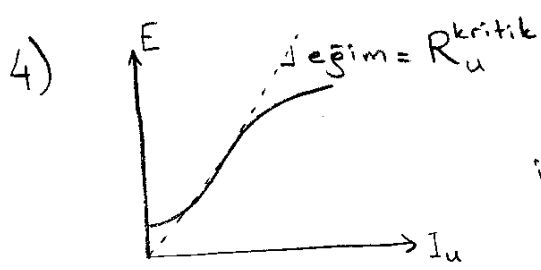
$P_{giris} = E I_a + P_{sur} = 100V \cdot 2A + 40W = 240W = P_{giris}$
 $\hookrightarrow I_y$

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

Verim $\eta = \frac{160}{240} = \%67 = \eta$

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

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



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

$R_u^{kritic} \propto n \rightarrow n = 1500 \frac{devir}{dakika} \Rightarrow 240\Omega \cdot \frac{1500}{2000} = 180\Omega = R_u^{kritic}$

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:

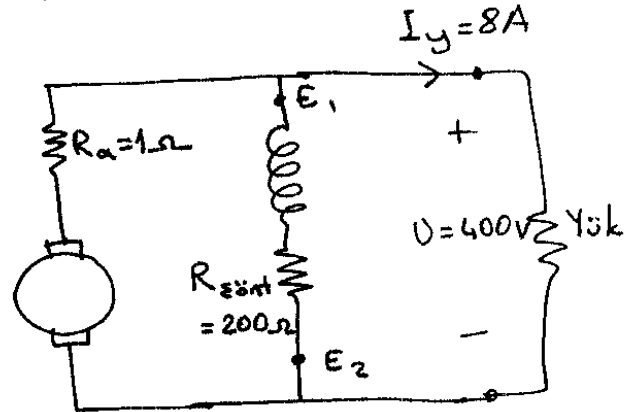
Açık Devre Testi: $V_0 = 1000\text{ V}$, $I_0 = 1,0\text{ A}$, $P_0 = 510\text{ W}$

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)

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI

21.07.2008

1) Tek faza indirgenmiş değerler:

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

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

$r_1 = r_{\text{ölküm}}/2$ (4 için) $\rightarrow r_1 = 0,2\Omega/2 = 0,1\Omega = r_1$

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

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

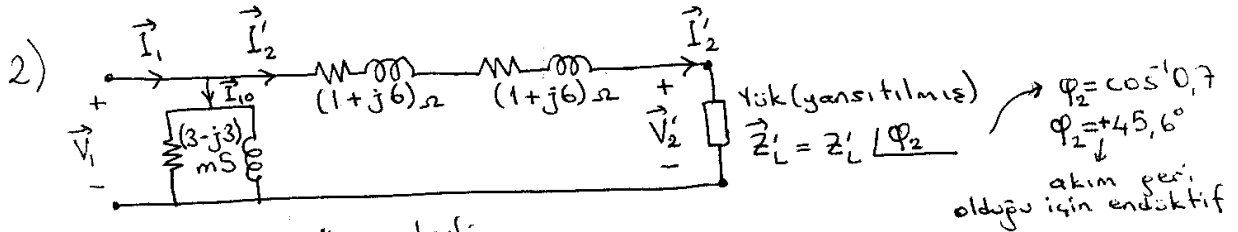
$r_1 + r_2' = \frac{150W}{(20,0A)^2} = 0,375\Omega \rightarrow r_2' = 0,375\Omega - 0,1\Omega = 0,275\Omega = r_2'$

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

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

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

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



$\vec{V}_2' = 1200V/0^\circ$ *nikle açı kaydı (önce $V_2 = 300V$ deşip dönüştürme gerekle yük)*

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

$\vec{I}_2' = I_2' \angle -\phi_2$ *akım geri ($0^\circ - \phi_2$)* $I_2' = \frac{32kVA}{1200V} = 26,67A$

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

$\vec{V}_1 = \underbrace{1200V/0^\circ}_{(1200+j0)V} + \underbrace{(1+j6+1+j6)\Omega \times (26,67A \angle -45,6^\circ)}_{12,1655/80,5^\circ}$
 $324,41V/34,96^\circ = (265,9 + j185,9) V$

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

V_1 : aynı zamanda yaklaşık eşdeğer devreyle regülasyon hesabındaki V_2'

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

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

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

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

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

\vec{I}_1 ve $\cos \phi_1$ hesabından sonra gösterilmiştir.

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

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

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

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

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

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

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

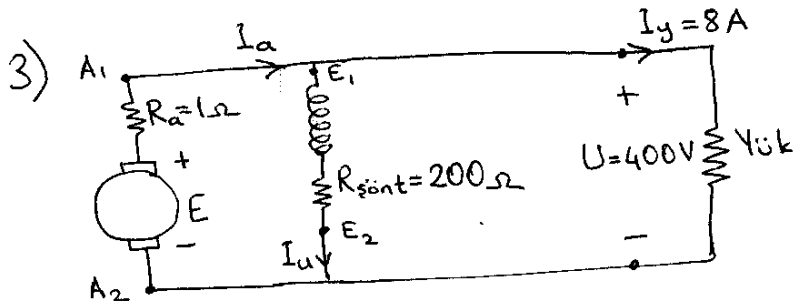
$$\text{Primer hat akımının büyüklüğü (A için)} = I_{1h} = \sqrt{3} I_1 = \sqrt{3} \times 32,88 A$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

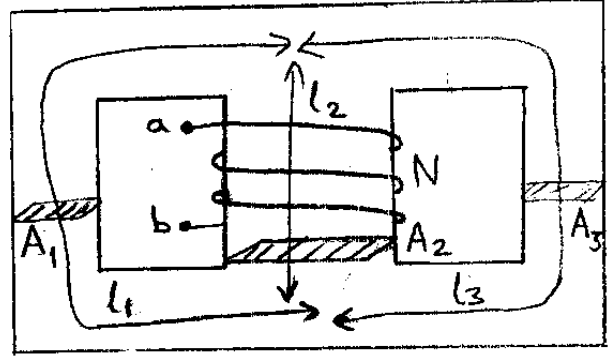
$$\text{Giriş torku} = T_{\text{giriş}} = \frac{P_{\text{giriş}}}{\omega} = \frac{4200}{209,4} \text{ Nm} = 20,1 \text{ Nm} = T_{\text{giriş}}$$

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.

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

22.11.2008 Süre:80 dakika

- 1) Şekildeki manyetik devrede nüvenin tüm kollarında manyetik geçirgenlik $\mu = 1,2 \times 10^{-4} \text{ H/m}$ değerinde sabittir.
 $l_1 = l_3 = 0,8 \text{ m}$, $A_1 = A_3 = 0,008 \text{ m}^2$,
 $l_2 = 0,4 \text{ m}$, $A_2 = 0,016 \text{ m}^2$ ve $N = 200$ sarım olduğuna göre sargı uçlarından (a-b) görülen endüktans (L) ne olur? (20 puan).



- 2) Bakır kaybı, demir kaybı ve kaçak akıları sıfır kabul edilebilecek kadar kaliteli bir trafoda bile akım dönüşüm formülü ($N_1 I_1 \approx N_2 I_2$) neden yaklaşıkştir? (10 puan)

- 3) Tek fazlı 50 Hz'lik, 220V:110V'luk, 440 VA'lik bir trafonun eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 1,5 \Omega, \quad x_1 = 5,2 \Omega, \quad r_2 = 0,25 \Omega, \quad x_2 = 1,3 \Omega, \quad \underbrace{g_c = 0,5 \text{ mS}, \quad b_m = 2,2 \text{ mS}}_{\text{primerdeki değerler}}$$

- Bu trafo sekonderinde güç faktörü $\cos \varphi_2 = 0,8$ ileri olan bir tam yükü anma gerilimiyle besliyor. Yaklaşık eşdeğer devre kullanarak bu çalışma için trafonun, verimini, regülasyonunu, primer akımını ve giriş güç faktörünü hesaplayınız. (40 puan)
(Not: Kapasitif bir tam yük için regülasyon alışılmışın dışında bir değer olabilir.)

- 4) Üç fazlı, 50 Hz'lik, Y/ Δ bağlı, 15000V:1237V'luk bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri yapıldığında primerden okunan toplam güç, fazlararası gerilim ve hat akımları şöyledir:

$$\text{Açık devre testi: } P_0 = 2700 \text{ W}, \quad V_{h0} = 15000 \text{ V}, \quad I_{h0} = 0,22 \text{ A}$$

$$\text{Kısa devre testi: } P_k = 2490 \text{ W}, \quad V_{hk} = 204 \text{ V}, \quad I_{hk} = 12,0 \text{ A}$$

- Ayrıca primerin iki hat ucu arasından ölçülen direnç (diğer hat ucu boştayken) $r_{ölçüm} = 5,2 \Omega$
Trafonun tek faza indirgenmiş yaklaşık eşdeğer devre parametrelerini hesaplayınız. Sekonder sargısının direnç ve kaçak reaktansının kendi tarafındaki değerlerini de bulunuz. (30 puan)

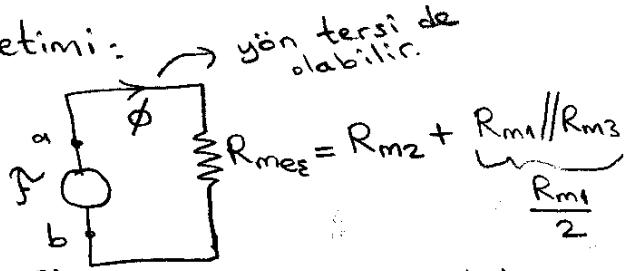
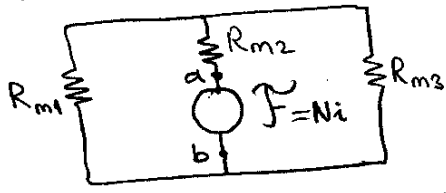
BAŞARILAR...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-I ARASINAV CEVAP ANAHTARI

22.11.2008

1) Devrenin elektrik devresi benzetimi:



mmk kaynağının yönü akım yönüne bağlı olduğu için belirlenmemiş; ama bu endüktans değerini etkilemez.

$$\phi = \frac{F}{R_{meş}} \rightarrow \Psi = N\phi = \frac{N^2}{R_{meş}} i \quad L = \frac{d\Psi}{di} = \frac{N^2}{R_{meş}} = L$$

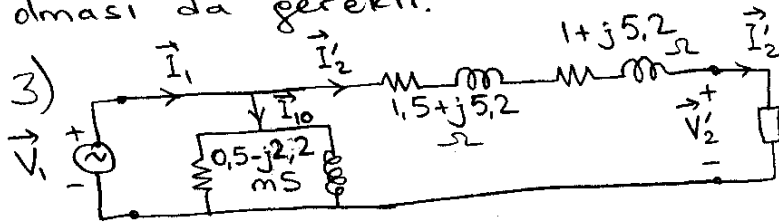
$$R_{m1} = R_{m3} = \frac{0,8m}{1,2 \times 10^{-4} \frac{H}{m} \times 0,008m^2} = 8,33 \times 10^5 H^{-1}$$

$$R_{m2} = \frac{0,4m}{1,2 \times 10^{-4} \frac{H}{m} \times 0,016m^2} = 2,083 \times 10^5 H^{-1}$$

$$R_{meş} = \left(2,083 + \frac{8,33}{2}\right) \times 10^5 H^{-1} = 6,25 \times 10^5 H^{-1}$$

$$L = \frac{200^2}{6,25 \times 10^5 H^{-1}} = 64mH = L$$

2) Eşdeğer devredeki $b_m \neq 0$ olduğu için sekonder akımı $I_2 = 0$ olsa bile primerden küçük bir mıknatıslanma akımı geçer. Kayıpsız ve kasaksız bir trafo bile ideal değildir. İdeal olması için ayrıca primer toplam endüktansının sonsuz ($b_m = 0$) olması da gerekir.



$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{220V}{110V} = 2$$

$$(r_2' + jx_2') = 2^2 \times (0,25 + j1,3) \Omega = (1 + j5,2) \Omega$$

$$\phi_2 = -\cos^{-1} 0,8 = -36,87^\circ$$

↳ akım ileri olduğundan kapasitif

$$\vec{V}_2' = V_2' \angle 0^\circ \rightarrow \text{ilk acı keyfi}$$

$$\vec{I}_2' = I_2' \angle 0^\circ - \phi_2 = I_2' \angle 36,87^\circ$$

V_2 anma değerinde olduğu için V_2' primerin anma değerindedir.

$$\vec{V}_2' = 220V \angle 0^\circ$$

$$I_2' = \frac{440VA}{220V} = 2A \rightarrow \vec{I}_2' = 2A \angle 36,87^\circ$$

$$\vec{V}_1 = 220 + j0 + ([1,5 + 1] + j[5,2 + 5,2]) \times (2 \angle 36,87^\circ) V$$

$$10,70 \angle 76,48^\circ + 21,39 \angle 113,35^\circ = -8,48 + j19,64j$$

$$\vec{V}_1 = (211,52 + j19,64)V = 212,43V \angle 5,30^\circ$$

$$P_{Fe} = 0,5 \times 10^{-3} \times 212,43^2 W = 22,6 W$$

$$P_{Cu} = (1,5 + 1) \times 2^2 W = 10,0 W$$

$$P_{ikis} = 440VA \times 0,8 = 352 W$$

$$P_{siris} = (352 + 10,0 + 22,6) W = 384,6 W$$

$$\text{Verim: } \eta = \frac{352}{384,6} = \%91,5$$

Aynı V_1 için sekonder açık devre geriliminin yansıtılması (V'_{20}) yaklaşık eşdeğer devrede V_1 olur. $V'_{20} = 212,43 \text{ V}$

Tam yükte ise $V'_{2TV} = 220 \text{ V}$

$$\text{Regülasyon} = \frac{212,43 - 220}{220} = -0,034 = \%(-3,4)$$

$$\vec{I}_{10} = \underbrace{(0,5 - j2,2)}_{2,26 \angle -77,20^\circ} \times 10^{-3} \times (212,43 \angle 5,30^\circ) \text{ A} = 0,479 \text{ A} \angle -71,90^\circ = (0,149 - j0,455) \text{ A}$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_{10} + \vec{I}'_2 = (1,749 + j0,7445) \text{ A} = \underbrace{1,90 \text{ A}}_{I_1} \angle 23,06^\circ$$

$$\boxed{I_1 = 1,90 \text{ A}}$$

$$\cos \varphi_1 = \cos(5,30^\circ - 23,06^\circ) = \cos(-17,75^\circ)$$

Giriş güç faktörü = 0,95 ileri

4) Tek faza indirgenmiş değerler:

Açık devre testi: $P_{10} = \frac{2700 \text{ W}}{3} = 900 \text{ W}$, $V_{10} = \frac{15000 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 8660 \text{ V}$, $I_{10} = 0,22 \text{ A}$

Kısa devre testi: $P_{1k} = \frac{2490 \text{ W}}{3} = 830 \text{ W}$, $V_{1k} = \frac{204 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 117,8 \text{ V}$, $I_{1k} = 12,0 \text{ A}$

$$Y_0 = |s_c - j b_m| = \frac{I_{10}}{V_{10}} = \frac{0,22 \text{ A}}{8660 \text{ V}} = 25,4 \mu\text{S}$$

$$s_c = \frac{900}{8660^2} \text{ S} = \boxed{12 \mu\text{S} = s_c}$$

$$b_m = \sqrt{25,4^2 - 12^2} \mu\text{S} = \boxed{22,4 \mu\text{S} = b_m}$$

$$Z_k = |r_T + j x_T| = \frac{V_{1k}}{I_{1k}} = \frac{117,8}{12,0} \Omega = 9,815 \Omega$$

$$r_T = r_1 + r'_2 = \frac{830}{12,0^2} \Omega = 5,76 \Omega \rightarrow x_T = x_1 + x'_2 = \sqrt{9,815^2 - 5,76^2} \Omega = 7,94 \Omega$$

$$r_1 = \frac{r_{\text{ölçüm}}}{2} = \frac{5,2 \Omega}{2} = \boxed{2,6 \Omega = r_1}$$

$$r'_2 = r_T - 2,6 \Omega = \boxed{3,16 \Omega = r'_2}$$

$$x_1 = x'_2 = \frac{7,94}{2} \Omega = \boxed{3,97 \Omega = x_1 = x'_2}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{15000 \text{ V} / \sqrt{3}}{1237 \text{ V}} \rightarrow \Delta \rightarrow \boxed{\frac{N_1}{N_2} = 7}$$

$$r_2 = \frac{r'_2}{7^2} = \frac{3,16 \Omega}{49} = \boxed{0,065 \Omega = r_2}$$

$$x_2 = \frac{3,97}{49} \Omega = \boxed{0,081 \Omega = x_2}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI

05 Ocak 2009 Süre: 90 dakika

- 1) Üç fazlı, Δ / Δ bağlı 50Hz'lik, 150 kVA'lık, 2kV:10kV'luk bir transformatörün eşdeğer devre parametreleri her biri kendi tarafındaki değeriyle:

Alçak gerilim (primer) tarafı: $r_1 = 0,36 \Omega$, $x_1 = 1,2 \Omega$, $g_c = 75 \mu S$, $b_m = 130 \mu S$

Yüksek gerilim (sekonder) tarafı: $r_2 = 7,0 \Omega$, $x_2 = 30,0 \Omega$

Sekonderde güç faktörü 0,97 geri olan bir tam yük, anma geriliminde beslendiğine göre bu çalışma için transformatörün toplam demir ve bakır kayıplarını, giriş ve çıkış gücünü, verimini, regülasyonunu, giriş güç faktörünü ve primer hat akımının büyüklüğünü hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (Birden fazla adımda yapılabilen karmaşık sayı işlemlerinin ara adımlarını da gösteriniz. Doğrudan sonucu yazarsanız özel programlı hesap makinesi olmadan yapamayacağınız varsayılarak o işlemlerden puan verilmeyecektir.) (35 puan)

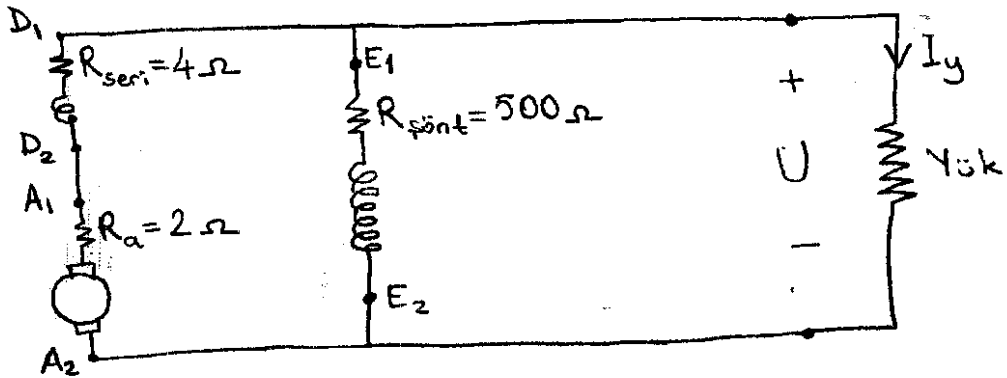
- 2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 4000V:400V'luk, Y/Y bağlı bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Primerden alınan hat ölçümleri şöyledir:

Açık Devre Testi: $V_0 = 4000 \text{ V}$, $I_0 = 0,045 \text{ A}$, $P_0 = 270 \text{ W}$,

Kısa Devre Testi: $V_k = 60 \text{ V}$, $I_k = 2,6 \text{ A}$, $P_k = 180 \text{ W}$.

Ayrıca primerin bir hat ucu boştayken, diğer iki hat ucu arasından ölçülen direnç $r_{ölç} = 10,4 \Omega$ 'dur. Trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini bulunuz. Sekonder sargı direnç ve reaktansının kendi tarafındaki değerlerini de bulunuz. (25 puan)

- 3) Şekilde verilen 1000V'luk, 25kW'lık, $n = 2000$ devir/dakika'lık dinamo uzun kompond bağlı olarak anma hızında döndürülürken tam yükünü anma değerlerinde beslemekte olup, dinamodan kaynaklanan sürtünme $P_{sür} = 2,5 \text{ kW}$ 'dir. Dinamonun verimini ve giriş torkunu hesaplayınız. (25 puan)



- 4) Yukarıdaki soruda verilen dinamonun eklemeli kompond olarak çalıştığını düşünelim. Bu dinamonun hem A1-A2 armatür uçları, hem de döndürülme yönü tersine çevrilerek çalıştırılırsa

- Eklemeli kompond mu çıkarmalı kompond mu olur? (5 puan)
- $|U|$, anma gerilimi civarında mı, artık mıknatısiyet gerilimi civarında mı olur? (5 puan)
- Şekildeki tanım yönüne göre U pozitif mi negatif mi olur? (5 puan)

Nedenlerini kısaca belirterek cevaplayınız. (Nedeni belirtilmemiş doğru cevaba puan verilmeyecektir)

BAŞARILAR ...

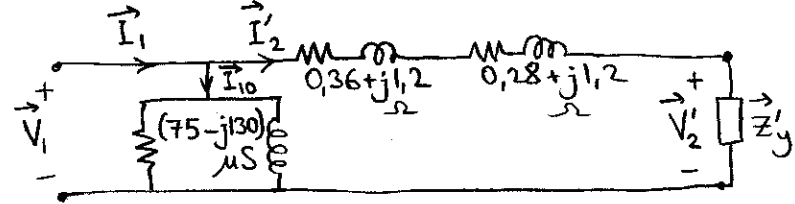
Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 FİNAL CEVAP ANAHTARI
05.01.2009

1) $\Delta/\Delta \rightarrow V_1 = V_{h1}, V_2 = V_{h2} \rightarrow N_1/N_2 = 2kV/10kV = 1/5$

Primere yansıtılmış değerler: $r_2' + jx_2' = \frac{1}{5^2}(r_2 + jx_2) = 0,28 + j1,2 \Omega$

Tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devre:



$\vec{Z}'_y = Z'_y \angle \varphi_2$, $\varphi_2 = +\cos^{-1} 0,97 = 14,07^\circ \rightarrow \vec{I}'_2 = I'_2 \angle -14,07^\circ$ olur.

$V_2 = V_2^{anma} \Rightarrow V'_2 = V_1^{anma} = 2000V$ olur. $\vec{V}'_2 = 2000V \angle 0^\circ$ dersek $\delta = \varphi_2$

$I'_2 = \frac{150kVA/3}{2kV} = 25A$ (veya $I'_{h2} = \frac{150kVA}{\sqrt{3} \times 2kV}$ ve $I'_2 = I'_{h2} / \sqrt{3}$)

$\vec{I}'_2 = 25A \angle -14,07^\circ \rightarrow \vec{V}_1 = 2000V + j0V + (25 \angle -14,07^\circ) \left(\underbrace{[0,36 + 0,28] + j[1,2 + 1,2]}_{0,64 + j2,4 = 2,48 \angle 75,07^\circ} \right) V$

$\vec{V}_1 = (2030,1 + j54,3)V = \underbrace{2031V}_{V_1} \angle 1,53^\circ$
 $62,1V \angle 61^\circ = (30,1 + j54,3)V$

$P_{Fe} = 3 \times 75 \times 10^{-6} \times 2031^2 W = 928 W$	} $P_{giriş} = (145500 + 1200 + 928) W$
$P_{cu} = 3 \times (0,36 + 0,28) \times 25^2 W = 1200 W$	
$P_{alış} = 150kVA \times 0,97 = 145500 W$	
	$P_{giriş} = 147628 W$
	Verim $\eta = \frac{145500}{147628} = \% 98,6$

$\vec{I}_{10} = (75 - j130) \times 10^{-6} \times 2031 \angle 1,53^\circ A \rightarrow \vec{I}_{10} = 0,305 A \angle -58,48^\circ$
 $\vec{I}_{10} = (0,16 - j0,26) A$

$\vec{I}_1 = \vec{I}'_2 + \vec{I}_{10} = 25A \angle -14,07^\circ + (0,16 - j0,26)A = (24,41 - j6,34)A$
 $(24,25 - j6,08)A = \vec{I}_1 = 25,22A \angle -14,56^\circ$

$I_{h1} = \sqrt{3} I_1 = \sqrt{3} \times 25,22 A = 43,68 A = I_{h1} \rightarrow$ primer hat akımının büyüklüğü

$\cos \varphi_1 = \cos (\angle V_1 - \angle I_1) = \cos (1,53^\circ - (-14,56^\circ))$
 $=$ Giriş güç faktörü $= \cos 16,09^\circ = 0,961$

Regülasyon $= \frac{2031 - 2000}{2000} = \% 1,55$

2) Tek faza indirgenmiş değerler:

$V_{10} = 4000V / \sqrt{3} = 2309,4V$	$I_{10} = 0,045A$	$P_{10} = \frac{270W}{3} = 90W$
$V_{1k} = 60V / \sqrt{3} = 34,64V$	$I_{1k} = 2,6A$	$P_{1k} = \frac{180W}{3} = 60W$

$$g_c = \frac{90}{2309,4^2} S = 16,9 \mu S$$

$$y_o = \frac{0,045}{2309,4} S = 19,5 \mu S$$

$$b_m = \sqrt{19,5^2 - 16,9^2} \mu S = 9,7 \mu S$$

$$(r_1 + r_2') = \frac{60}{2,6^2} \Omega = 8,88 \Omega$$

$$r_1 = \frac{10,4 \Omega}{2} = 5,2 \Omega$$

$$r_2' = 8,88 \Omega - 5,2 \Omega = 3,68 \Omega$$

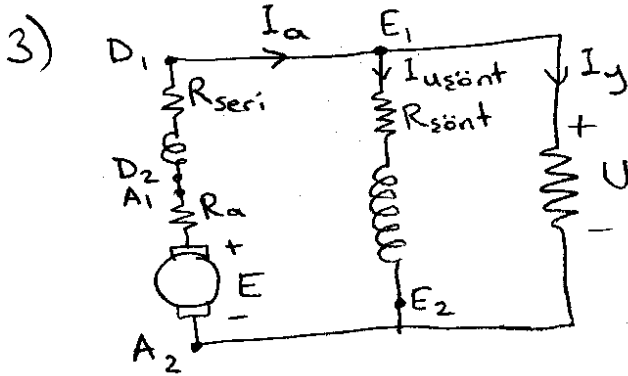
$$z_k = \frac{34,64}{2,6} \Omega = 13,32 \Omega$$

$$(x_1 + x_2') = \sqrt{13,32^2 - 8,88^2} \Omega = 9,93 \Omega \rightarrow x_1 = x_2' = \frac{9,93}{2} \Omega = 4,96 \Omega$$

$$N_1/N_2 = \frac{4000/\sqrt{3}}{400/\sqrt{3}} = 10$$

$$r_2 = \frac{3,68 \Omega}{10^2} = 0,0368 \Omega$$

$$x_2 = \frac{4,96 \Omega}{10^2} \approx 0,050 \Omega$$



$$I_y = \frac{25 \text{ kW}}{1000 \text{ V}} = 25 \text{ A}$$

$$I_{L_{sönt}} = \frac{1000 \text{ V}}{500 \Omega} = 2 \text{ A}$$

$$I_a = 25 \text{ A} + 2 \text{ A} = 27 \text{ A}$$

$$E = 1000 \text{ V} + 27 \text{ A} \cdot (4 \Omega + 2 \Omega) = 1162 \text{ V}$$

$$P_{giris} = 1162 \text{ V} \cdot 27 \text{ A} + 2,5 \text{ kW} = 33874 \text{ W}$$

$$P_{cıkıs} = 25 \text{ kW}$$

$$\text{Verim} = 25000 / 33874 = \% 73,8$$

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

$$\text{Giris torku: } T_{giris} = \frac{P_{giris}}{\omega}$$

$$T_{giris} = \frac{33874}{209,4} \text{ Nm} = 161,7 \text{ Nm}$$

- 4) Endüklenen ia emk $E = K_a \phi \omega$
 ϕ yalnız artık mıknatısiyet akısıyken ω işaret değiştirirse E de A_1-A_2 'ye göre işaret değiştirir. Ama A_1-A_2 de ters çevrildiği için devrenin diğer kısımlarına uygulanan gerilim aynı yönde etki eder. Dolayısıyla seri ve sönt sargı uyarımları aynı yönde, yani artık mıknatısiyeti yine destekleyecek yönde olur. Sonuçta yüklü durumda da değişen birşey olmaz.
- * Yine eklemeli kompond olur.
 - * Yine $|U|$ arnma gerilimi civarında olur.
 - * Yine U pozitif olur.

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

19 Ocak 2009 Süre: 80 dakika

- 1) Üç fazlı, Δ/Δ bağlı 50Hz'lik, 5,2 kVA'lık, 500V:2000V'luk bir transformatörün tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametreleri her biri kendi tarafındaki değeriyle:

Alçak gerilim (primer) tarafı: $r_1 = 3,0\Omega$, $x_1 = 7,0\Omega$, $g_c = 0,3\text{ mS}$, $b_m = 1,2\text{ mS}$

Yüksek gerilim (sekonder) tarafı: $r_2 = 35,2\Omega$, $x_2 = 112\Omega$

Sekonderde güç faktörü 0,94 geri olan bir tam yük, anma geriliminde beslendiğine göre bu çalışma için transformatörün toplam demir ve bakır kayıplarını, giriş ve çıkış gücünü, verimini, regülasyonunu, giriş güç faktörünü ve primer hat akımının büyüklüğünü hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (Birden fazla adımda yapılabilen karmaşık sayı işlemlerinin ara adımlarını da gösteriniz. Doğrudan sonucu yazarsanız özel programlı hesap makinesi olmadan yapamayacağınız varsayılarak o işlemlerden puan verilmeyecektir.)

(35 puan)

- 2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 620V:179V'luk, Y/ Δ bağlı bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Primerden alınan hat ölçümleri şöyledir:

Açık Devre Testi: $V_0 = 620\text{ V}$, $I_0 = 0,90\text{ A}$, $P_0 = 420\text{ W}$,

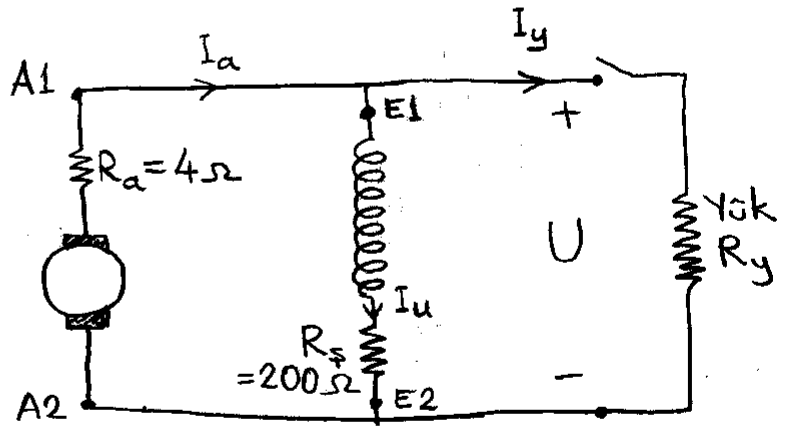
Kısa Devre Testi: $V_k = 52\text{ V}$, $I_k = 12\text{ A}$, $P_k = 480\text{ W}$.

Ayrıca primerin bir hat ucu boştayken, diğer iki hat ucu arasından ölçülen direnç $r_{ölç} = 1,0\Omega$ 'dur. Trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini bulunuz. Sekonder sargı direnç ve reaktansının kendi tarafındaki değerlerini de bulunuz. (25 puan)

- 3) Şekilde verilen şönt dinamonun çıkış voltajı hep $U = 400\text{ V}$ olacak şekilde hızı ayarlanıyor. Yüksüz çalışmada $n_0 = 1000$ devir/dakika'lık hızla bu sağlandığına göre

a) $I_y = 12\text{ A}$ çeken bir yük bağlandığında aynı çıkış voltajı için yeni hız ne olmalıdır? (15 puan)

b) Yeni durum için dinamodan kaynaklanan sürtünme $P_{sür} = 300\text{ W}$ olduğuna göre dinamodonun verimini ve giriş torkunu hesaplayınız. (15 puan)



- 4) Yukarıdaki soruda verilen dinamoyu, U gerilimi anma değeri civarında fakat şönt sargının uçlarına göre işareti önceki çalışmadakinin zıttı olacak şekilde çalıştırmak mümkün müdür? Mümkünse nasıl? Değilse neden? (Tehlikeli derecede yüksek hızlara çıkılmayacaktır.) (10 puan)

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI

19.01.2009

1) $N_1/N_2 = 500/2000 = 1/4$

$(r_2' + jx_2') = (1/4)^2 (35,2 + j112) \Omega$

$r_2' = 2,2 \Omega, \quad x_2' = 7,0 \Omega$

$\phi_2 = +\cos^{-1} 0,94 = 19,95^\circ$

↳ akım geri olduğu için

Δ bağlantısı:

$\vec{V}_2' = 500V \angle 0^\circ$ (V_2 sekonderin anma değerinde olunca, V_2' de primerin anma değerinde)

$I_2 = \frac{5,2 \text{ kVA}}{500V} = 3,467A \rightarrow \vec{I}_2' = 3,467A \angle -19,95^\circ = (3,259 - j1,183)A$

$\vec{V}_1 = \underbrace{500 + j0}_{\vec{V}_2'} + \underbrace{([3,0 + 2,2] + j[7,0 + 7,0])}_{14,935 / 69,62^\circ} (3,467 \angle -19,95^\circ)_{51,773 / 49,67^\circ} \text{ Volt}$

$\vec{V}_1 = (533,50 + j39,47) V = 534,96V \angle 4,23^\circ$

$V_1 \rightarrow$ regülasyon için kullanılacak.

$\vec{I}_{10} = (534,96 \angle 4,23^\circ) (0,3 - j1,2) \times 10^{-3} A = 0,662A \angle -71,73^\circ = (0,207 - j0,628)A$

$\vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = (3,466 - j1,811)A$

$\vec{I}_1 = 3,91A \angle -27,59^\circ$

$P_{cu} = 3 \times (3,0 + 2,2) \times 3,467^2 W = 187,5W$

$P_{Fe} = 3 \times 0,3 \times 10^{-3} \times 534,96^2 W = 257,6W$

$P_{çıkış} = 5200VA \times 0,94 = 4888W$

$P_{giriş} = (4888 + 257,6 + 187,5) W = 5333W$

Verim = $\frac{4888}{5333} = \% 91,7$

Regülasyon = $\frac{534,96 - 500}{500} = \% 7,0$

$I_{h1} = \sqrt{3} I_1 = \sqrt{3} \times 3,91A$
 $I_{h1} = 6,77A$

$\phi_1 = \angle \vec{V}_1 - \angle \vec{I}_1 = 4,23^\circ - (-27,59^\circ) = 31,82^\circ \rightarrow \cos \phi_1 = 0,85$ geri

2) Tek faza indirgenmiş değerler:

$V_{10} = 620V / \sqrt{3} = 358,0V \quad I_{10} = 0,90A$

$P_{10} = 420W / 3 = 140W$

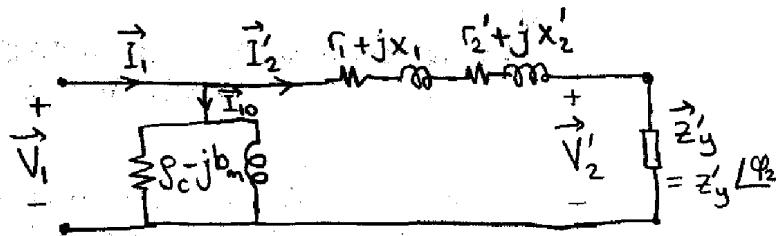
$V_{1k} = 52V / \sqrt{3} = 30,02V \quad I_{1k} = 12A$

$P_{1k} = 480W / 3 = 160W$

$Y \rightarrow r_1 = r_{\text{ölk}} / 2 = 1,0\Omega / 2 = 0,5\Omega = r_1$

$s_c = \frac{140}{358,0^2} S = 1,1mS \quad y_o = \frac{0,90A}{358,0V} = 2,5mS$

$b_m = \sqrt{2,5^2 - 1,1^2} mS = 2,3mS$



$$(r_1 + r_2') = \frac{160 \Omega}{12^2} = 1,11 \Omega$$

$$r_2' = 1,11 \Omega - 0,5 \Omega = 0,61 \Omega$$

$$x_1 \approx x_2' \approx \frac{2,24 \Omega}{2} = 1,12 \Omega$$

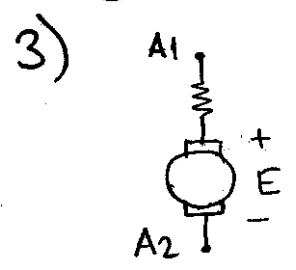
$$r_2 = \frac{0,61 \Omega}{2^2} = 0,153 \Omega$$

$$Z_k = \frac{30,02 V}{12 A} = 2,5 \Omega$$

$$(x_1 + x_2') = \sqrt{2,5^2 - 1,11^2} \Omega = 2,24 \Omega$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{620/\sqrt{3}}{179} \rightarrow Y \quad \frac{N_1}{N_2} = 2$$

$$x_2 = \frac{1,12 \Omega}{2^2} = 0,280 \Omega$$



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

Yüksüz iken $I_{y_0} = 0 A$

$$I_{a_0} = I_{y_0} + I_u = 2 A \rightarrow E_0 = 400 V + 4 \Omega \times 2 A$$

$$E_0 = 408 V = K \phi n_0$$

a) U aynı $\rightarrow I_u$ aynı $\rightarrow \phi$ aynı $\rightarrow E = K \phi n$

$$I_y = 12 A \rightarrow I_a = I_y + I_u = 12 A + 2 A = 14 A$$

$$E = 400 V + 4 \Omega \times 14 A = 456 V = E$$

$$\frac{E}{E_0} = \frac{K \phi n}{K \phi n_0} \rightarrow n = \frac{E}{E_0} n_0 = \frac{456}{408} \times 1000 \text{ dev/dk}$$

$$n = 1118 \text{ devir/dk}$$

b) $P_{giris} = E I_a + P_{sur} = 456 V \times 14 A + 300 W = 6684 W = P_{giris}$

$$P_{cikis} = U I_y = 400 V \times 12 A = 4800 W \rightarrow \text{Verim} = \frac{4800}{6684} = \%71,8$$

$$\omega = 2\pi \times 1118/60 \text{ rad/s} = 117,04 \text{ rad/s} \rightarrow T_{giris} = \frac{6684}{117,04} \text{ Nm} = 57,1 \text{ Nm}$$

4) Sorunun iki ayrı seviyede farklı cevapları vardır. Bunların ikisi de yeterli açıklama varsa doğru sayılır:

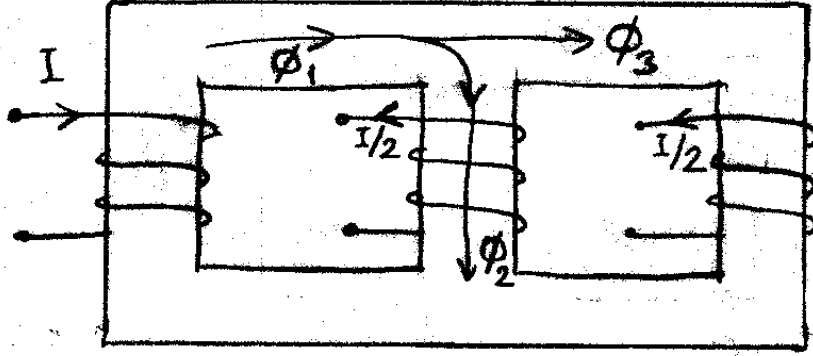
a) Bağlantı veya dönüş yönünü değiştirerek mümkün değildir. Çünkü A1-A2 uçları ya da dönüş yönü ters çevrilirse şönt sargıdaki akım (ve U) tersi olur; ancak artık mıknatısiyetin geçirdiği bu akım, artık mıknatısiyete zıt yönde akı üreteceği için anma gerilimi civarına ulaşmak mümkün olmaz.

b) Eğer şönt sargı bir süre dış bir kaynaktan ters yönde beslenerek, artık mıknatısiyetin yönünün ters çevrilmesi sağlanırsa, aynı dönüş yönüyle A1-A2 uçlarındaki gerilim ve şönt sargı akımı tersine çevrilmiş olur. Bu durumda şönt sargının yeni akım yönü, Böylece E1 (-), E2 (+) yönde anma gerilimine ulaşılabilir.

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

05 Aralık 2009 Süre:80 dakika

1)



Şekildeki manyetik devrede her üç kolun kesidi her yerde A, manyetik geçirgenliği μ değerinde sabit, her üç sargının sarım sayısı N, orta kolun uzunluğu L, sağ ve sol kolların her birinin orta kolla birleşme yerleri arasındaki uzunlukları $2L$, akımlar ise şekil üzerindeki gibi olduğuna göre ϕ_1 ve ϕ_2 'nin, ϕ_3 'ün kaç katı olduğunu bulunuz. (20 puan)

↳ manetık akılar

2) Tek fazlı 50Hz'lik 880V:220V'luk bir trafoya açık devre ve kısa devre testleri uygulandığında primer tarafından ölçülen gerilim, akım ve güç değerleri şöyledir:

Açık devre testi: 880V, 0,2A, 120W

Kısa devre testi: 16V 10A, 100W

Ayrıca primer sargı direnci $0,8\Omega$ olarak ölçülüyor. Trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak hesaplayınız. Sekonder sargı direnç ve kaçak reaktansını kendi tarafındaki değerleriyle bulunuz. (20 puan)

3) Üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Y bağlı 6kVA'lık, 3000V:400V'luk bir transformatörün tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri:

$$r_1 = 50\Omega, \quad r_2' = 70\Omega, \quad x_1 = x_2' = 200\Omega, \quad g_c = 7\mu S, \quad b_m = 20\mu S$$

Trafonun sekonderinde güç faktörü 0,9 geri olan bir tam yük, anma geriliminde besleniyor. Yaklaşık eşdeğer devre kullanarak üç faz için toplam demir ve bakır kaybını, verim ve regülasyonu hesaplayınız. Ayrıca primer hat akımının büyüklüğünü ve trafonun giriş güç faktörünü hesaplayınız. (35 puan)

4) Anma güçleri ve kısa devre oranları sırasıyla $S_1 = 200kVA$, $u_{k1} = \%2$; $S_2 = 120kVA$, $u_{k2} = \%3$; $S_3 = 200kVA$, $u_{k3} = \%5$ olan 3 trafo paralel bağlanıyor. Hiçbir trafo aşırı yüklenmeden paralel bağlı sistemin besleyebileceği en büyük toplam yük yaklaşık nedir? Bu yükte çalışırken her bir trafonun payına düşen yükü yaklaşık olarak bulunuz. (25 puan)

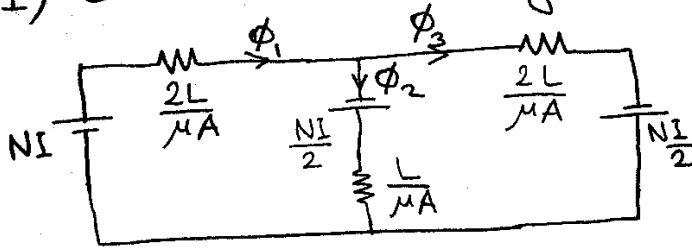
BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI - I ARASINAV CEVAP ANAHTARI

05 Aralık 2009

1) Elektrik devresi eşdeğeri:



$$\textcircled{1} \quad NI + \frac{NI}{2} - \frac{L}{\mu A} \Phi_2 - \frac{2L}{\mu A} \Phi_1 = 0$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{L}{\mu A} \Phi_2 - \frac{NI}{2} + \frac{NI}{2} - \frac{2L}{\mu A} \Phi_3 = 0$$

$$\textcircled{3} \quad \Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_3$$

$$\textcircled{2} \rightarrow \Phi_2 = 2\Phi_3 \rightarrow \textcircled{3} \rightarrow \Phi_1 = 3\Phi_3 \quad (\textcircled{1} \text{ gerekmedi.})$$

$$2) \quad S_c = \frac{120W}{(880V)^2} = 155 \mu S \quad \gamma_0 = \frac{0,2A}{880V} = 227 \mu S$$

$$b_m = \sqrt{227^2 - 129^2} \mu S = 166 \mu S$$

$$r_1 = 0,8 \Omega \quad r_1 + r_2' = \frac{100W}{(10A)^2} = 1 \Omega \rightarrow r_2' = 1 \Omega - 0,8 \Omega = 0,2 \Omega$$

$$Z_k = \frac{16V}{10A} = 1,6 \Omega \quad x_1 + x_2' = \sqrt{1,6^2 - 1^2} = 1,249 \Omega$$

$$x_1 \approx x_2' \approx \frac{1,249 \Omega}{2} = 0,625 \Omega$$

$$N_1/N_2 = 880/220 = 4$$

$$r_2 = \frac{0,2 \Omega}{4^2} = 0,0125 \Omega$$

$$x_2 = \frac{0,625 \Omega}{4^2} = 0,039 \Omega$$

$$4) \quad S_T = S_1 + S_2 + S_3 = 520 \text{ kVA}$$

$$\frac{520}{U_{kes}} = \frac{200}{\%2} + \frac{120}{\%3} + \frac{200}{\%5}$$

$$U_{kes} = \%2,89$$

Sistem 520 kVA ile yüklenirse:

$$S_{1y} = \frac{\%2,89}{\%2} 200 \text{ kVA} = 289 \text{ kVA}$$

$$S_{2y} = \frac{\%2,89}{\%3} 120 \text{ kVA} = 116 \text{ kVA}$$

$$S_{3y} = \frac{\%2,89}{\%5} 200 \text{ kVA} = 116 \text{ kVA}$$

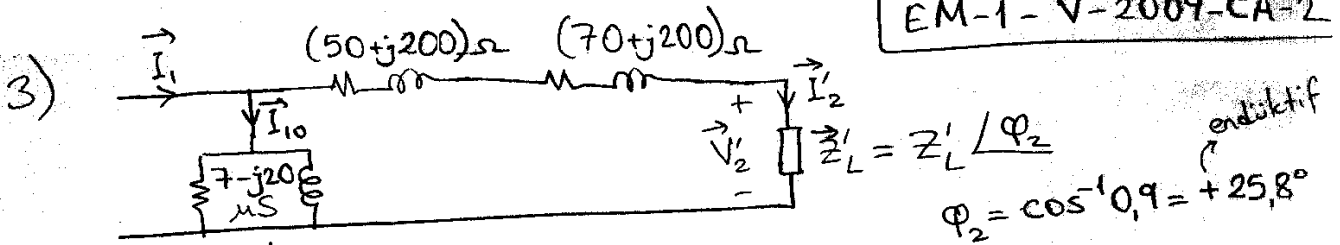
1. trafo aşırı yüklendi. Tüm yükler 200/289 ile sarpılarak azaltılmalı.

$$\text{Böylece } S_T' = 520 \text{ kVA} \times \frac{200}{289} = 360 \text{ kVA} \rightarrow \text{Sistemin anma gücü (aşırı yüklenmesiz en büyük toplam güç)}$$

$$S_{1y}' = 289 \text{ kVA} \times \frac{200}{289} = 200 \text{ kVA}$$

$$S_{2y}' = 116 \text{ kVA} \times \frac{200}{289} = 80 \text{ kVA} = S_{3y}'$$

↳ Trafoların payına düşen yükler



Primer Δ olduğundan,

$$V_2' = 3000V$$

(Sekonder anma voltajındaysa, yansıtılması da primerin anma voltajında olur. Bu sarım oranı ve sekonder bağlantı şekli kullanılmayarak yoldur, isterirse:

$$V_{\text{anma}} = 400V/\sqrt{3} = 231V, \quad V_1^{\text{anma}} = 3000V$$

$$N_1/N_2 = 3000/231 = 13, \quad V_2' = 13 \times 231V = 3000V$$

uzun yolla da bulunabilirdi.)

$$\vec{V}_2' = 3000V \angle 0^\circ \rightarrow \text{keyfi}$$

$$I_2' = \frac{6kVA/3}{3000V} = 0,667A$$

$$\vec{I}_2' = 0,667A \angle -25,8^\circ = (0,6 - j0,291)A$$

$$\vec{V}_1 = 3000V + j0V + (0,6 - j0,291)(120 + j400)V$$

$$(72 + 116,2) + j(240 - 34,9) = 188,2 + j205,1$$

$$\vec{V}_1 = (3188,2 + j205,1)V = 3195V \angle 3,7^\circ$$

$V_1 = V_2' \rightarrow$ regülasyon hesabı için

$$P_{Fe} = 3 \times 7 \times 10^{-6} \times 3195^2 W = 214W$$

$$P_{Cu} = 3(50 + 70) \times 0,667^2 W = 160W$$

$$P_{\text{aktif}} = 6kVA \times 0,9 = 5400W$$

$$P_{\text{giriş}} = (5400 + 214 + 160)W = 5774W$$

$$\text{Verim} = 5400/5774 = \underline{\underline{\%93,5}}$$

$$\text{Regülasyon} = \frac{3195 - 3000}{3000} = \underline{\underline{\%6,5}}$$

$$\vec{I}_{10} = (7 - j20) \times 10^{-6} \times (3188,2 + j205,1)A = (0,0223 + j0,0041) + j(0,00144 - 0,0638)$$

$$= (0,0264 - j0,0623)A$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = 0,6 - j0,291 + 0,0264 - j0,0623 A$$

$$= (0,626 - j0,353)A = 0,719A \angle -29,4^\circ = \vec{I}_1$$

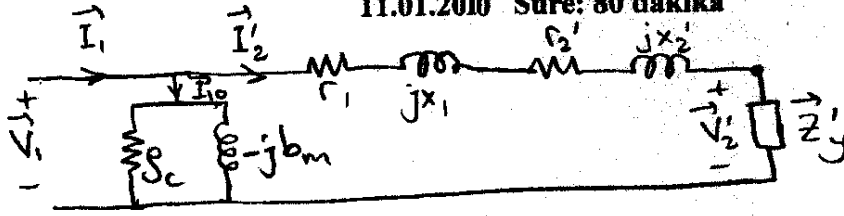
$$\text{Primer } \Delta \text{ olduğundan } I_n = \sqrt{3} I_1 = \sqrt{3} \times 0,719A = \underline{\underline{1,245A}}$$

$$\varphi_1 = \angle V_1 - \angle I_1 = 3,7^\circ - (-29,4^\circ) = 33,1^\circ \text{ (akım geride)}$$

$$\text{Giriş güç faktörü} = \cos 33,1^\circ = \underline{\underline{0,838 \text{ geri}}}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI - 1 FİNAL SINAVI

11.01.2010 Süre: 80 dakika



Üç fazlı bir trafonun tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devresi.

Bakır ve demir kaybı P_{Cu} ve P_{Fe} , giriş ve çıkış gücü P_g ve P_c , anma değerindeki çıkış görünür gücü

\vec{S} (Hepsi 3 faz için toplam)

Dikkat: ★ işaretli sorularda karmaşık sayı işlemlerinin (toplamada sayılardan biri kutupsal, çarpmada sayılardan biri kartezyen gösterimliyse) ara adım(lar)ını da göstermelisiniz. Aksi halde doğru seçeneği işaretleseniz bile puan verilmeyecektir.

1-2) Trafo 90kVA'lık, 2000V/400V'luk ve Y/Y bağlı olsun. Sekonderde güç faktörü 0.8 geri olan bir tam yük varsa \vec{V}_2' nedir (açısı sıfır seçiliyor)? \vec{I}_2' nedir? $2000V/\sqrt{3} = 1155V \angle 0^\circ$

A) $\vec{V}_2' = 2000V$ B) $\vec{V}_2' = 400V$ C) $\vec{V}_2' = 231V$ D) $\vec{V}_2' = 1155V$ E) $\vec{V}_2' = 1400V$

A) $\vec{I}_2' = 45A \angle 37^\circ$ B) $\vec{I}_2' = 15A \angle 37^\circ$ C) $\vec{I}_2' = 26A \angle -37^\circ$ D) $\vec{I}_2' = 26A \angle 37^\circ$ E) $\vec{I}_2' = 45A \angle -37^\circ$
 $90kVA/\sqrt{3} \cdot 2000V = 26A$ açısı $-\cos^{-1}0,8 \approx -37^\circ$

*3-4) $\vec{I}_2' = 10A \angle -53^\circ$ ve $\vec{V}_2' = 700V$ (= yansıtılmış tek faz anma gerilimi), $r_1 = r_2' = 5\Omega$, $x_1 = x_2' = 7\Omega$ ise \vec{V}_1 nedir? Regülasyon nedir? $\vec{V}_1 = \vec{V}_2' + (10\Omega + j14\Omega)(10A \angle -53^\circ)$

$$\vec{V}_1 = (872 + j4,4)V = 872V \angle 0,3^\circ$$

$$Reg = \frac{872 - 700}{700} = \%25$$

A) $\vec{V}_1 = (872 - j4,4)V$ B) $\vec{V}_1 = (872 + j4,4)V$ C) $\vec{V}_1 = (648 - j164)V$

D) $\vec{V}_1 = (669 + j0)V$ E) $\vec{V}_1 = (648 + j164)V$

A) %(-25) B) %4,4 C) %(-4,4) D) %20 E) %25

*5) $\vec{V}_1 = 3000V \angle 18^\circ$, $g_c = 5mS$ ve $b_m = 8mS$ ise \vec{I}_{10} nedir? $\vec{I}_{10} = (3000V \angle 18^\circ)(9,43mS \angle -58^\circ)$
 $g_0 = (5 - j8)mS = 9,43mS \angle -58^\circ$
 $\vec{I}_{10} = 28,3A \angle -40^\circ$

Hiçbiri → Cevap ↑

A) $21,3A \angle -40^\circ$ B) $28,3A \angle 76^\circ$ C) $28,3A \angle -76^\circ$ D) $28,3A \angle 40^\circ$ E) $(15 - j24)A$ Hiçbiri?

*6) $\vec{I}_2' = (50 - j20)A$ ve $\vec{I}_{10} = 5A \angle -37^\circ$ ise \vec{I}_1 nedir? $\vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = (54 - j23)A$
 $(4 - j3)A$

A) $(55 - j20)A$ B) $(54 + j23)A$ C) $(58,85 + j0)A$ D) $(54 - j23)A$ E) $(55 - j57)A$

7-8) $r_1 = r_2' = 0,5\Omega$, $x_1 = x_2' = 3\Omega$, $g_c = 10\mu S$, $b_m = 20\mu S$, $\vec{I}_2' = (40 - j30)A$ ve $\vec{V}_1 = 25kV \angle -37^\circ$ ise P_{Cu} ve P_{Fe} nedir? $P_{Cu} = 3 \times (0,5 + 0,5) \times 50^2 W$ $P_{Fe} = 3 \times 10^{-5} \times (25000)^2 W = 18,75kW$

A) $P_{Cu} = 1875kW$ B) $P_{Cu} = 1875MW$ C) $P_{Cu} = 4,8kW$ D) $P_{Cu} = 45kW$ E) $P_{Cu} = 7,5kW$

A) $P_{Fe} = 6,25kW$ B) $P_{Fe} = 7,68kW$ C) $P_{Fe} = 1250kW$ D) $P_{Fe} = (1000 - j750)kW$ E) $P_{Fe} = 2,5kW$

8. soru: Hiçbiri → $P_{Fe} = 18,75kW$

9) Trafo primeri Δ bağlı ve $\vec{I}_1 = (80 - j60)A$ ise primer hat akımının büyüklüğü nedir?

A) 139A B) 104A C) 173A D) 57,7A E) 100A

$$\vec{I}_1 = 100A \angle -37^\circ$$

$$I_h = \sqrt{3} I_1 = 173A$$

10-15 arası sorularda üç fazlı bir trafonun primerden ölçülen hat değerleri açık devre testinde güç, akım ve gerilim: P_{h0}, I_{h0}, V_{h0} ; kısa devre testinde ise güç, akım ve gerilim: P_{hk}, I_{hk}, V_{hk}

10-11) Trafo primeri Y bağlı, $P_{h0} = 3000W$, $V_{h0} = 1000V$, $I_{h0} = 2A$ ise g_c ve Y_0 nedir?
 $P_1 = 1000W$, $V_{10} = 1000V/\sqrt{3} = 577V$
 $g_c = 3mS$ (A) $g_c = 1mS$ (B) $g_c = 1,73mS$ (C) $g_c = 250S$ (D) $g_c = 750S$ (E) $g_c = 1000/577^2 S = 3mS$
 $Y_0 = 1,2mS$ (A) $Y_0 = 3,5mS$ (B) $Y_0 = 2mS$ (C) $Y_0 = 3S$ (D) $Y_0 = 3mS$ (E) $Y_0 = \frac{2A}{577V} = 3,5mS$

12) $g_c = 16\mu S$ ve $Y_0 = 20\mu S$ ise b_m nedir?
 A) $4\mu S$ B) $6\mu S$ C) $25,6\mu S$ (D) $12\mu S$ E) $36\mu S$ $b_m = \sqrt{20^2 - 16^2} \mu S = 12\mu S$

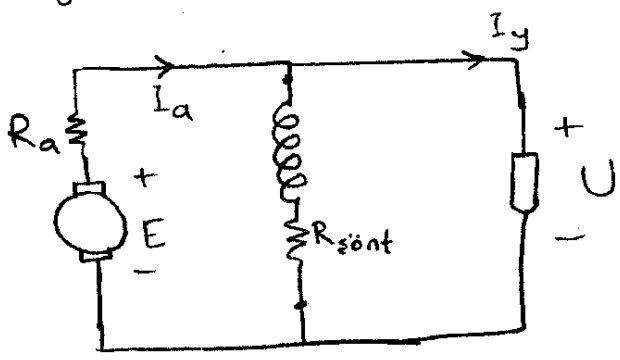
13-14) Trafo primeri Δ bağlı, $P_{hk} = 1200W$, $V_{hk} = 40V$, $I_{hk} = 20A$ ise $(r_1 + r_2')$ ve z_k nedir?
 $P_{1k} = 400W$, $V_{1k} = 20A/\sqrt{3} = 11,55A$

A) $(r_1 + r_2') = 10\Omega$ (B) $(r_1 + r_2') = 3\Omega$ C) $(r_1 + r_2') = 0,5\Omega$ D) $(r_1 + r_2') = 0,75\Omega$ E) $(r_1 + r_2') = 1\Omega$
 A) $z_k = 10\Omega$ B) $z_k = 0,5\Omega$ C) $z_k = 2\Omega$ D) $z_k = 1\Omega$ E) $z_k = 3\Omega$

$r_1 + r_2' = \frac{400}{11,55^2} \Omega = 3\Omega$ $z_k = \frac{40V}{11,55A} = 3,46\Omega$ 14. soru: Hiçbiri

15) $(r_1 + r_2') = 4\Omega$ ve $z_k = 6\Omega$ ise δ_m nedir?
 A) $\delta_m = 0,67\Omega$ B) $\delta_m = 1,5\Omega$ C) $\delta_m = 2\Omega$ (D) $\delta_m = 4,47\Omega$ E) $\delta_m = 7,21\Omega$

b_m yanlışlıkla yazılmış. $(x_1 + x_2')$ soruluyor. $(x_1 + x_2') = \sqrt{6^2 - 4^2} \Omega = 4,47\Omega$



$P_{sür}$ = sürtünme kaybı
 P_m = elektromekanik güç

16-20 nolu sorular için dinamo devresi

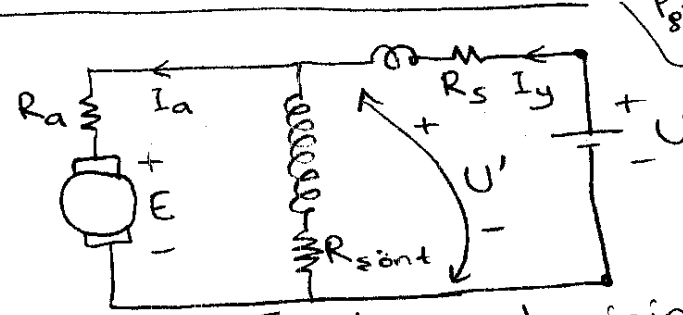
16) $U = 500V$, $I_y = 32A$ ve $R_{sönt} = 250\Omega$ ise I_a nedir?
 $I_u = 500V/250\Omega = 2A$
 $I_a = 32A + 2A = 34A$
 (A) 34A B) 30A C) 2A D) 32A E) 15,6A

17) $U = 400V$, $I_a = 10A$ ve $R_a = 4\Omega$ ise E nedir?
 $E = 400V + 4\Omega \times 10A = 440V$
 A) 360V B) 560V C) 240V (D) 440V E) 400V

18) $E = 200V$, $I_a = 10A$ ise P_m nedir?
 $P_m = 200V \times 10A = 2000W$
 A) 2W (B) 2000W C) 20W D) 20000W E) 100W

19-20) $P_m = 1000W$, $U = 200V$, $I_y = 4A$ ve $P_{sür} = 100W$ ise brüt giriş gücü ve çıkış gücü nedir?
 $P_{giriş} = P_m + P_{sür} = 1100W$
 $P_a = 200V \times 4A = 800W$

(A) $P_{giriş} = 1100W$ B) $P_{giriş} = 900W$ C) $P_{giriş} = 800W$ D) $P_{giriş} = 700W$ E) $P_{giriş} = 1900W$
 (A) $P_c = 800W$ B) $P_c = 900W$ C) $P_c = 700W$ D) $P_c = 1100W$ E) $P_c = 100W$



$P_{sür}$: sürtünme kaybı
 P_m : elektromekanik güç

21-25 nolu sorular için motor devresi

21-22) $U = 250V$, $I_y = 20,0A$, $R_s = 2,5\Omega$ ve $R_{\text{önt}} = 250\Omega$ ise U' nedir? I_a nedir? $I_{u\epsilon} = \frac{200}{250} A = 0,8A$
 $U' = 250V - 2,5\Omega \times 20A = 200V$
 A) $U' = 5250V$ B) $U' = 300V$ C) $U' = 200V$ D) $U' = 50V$ E) $U' = 500V$ $I_a = 20A - 0,8A = 19,2A$
 A) $I_a = 19,0A$ B) $I_a = 100A$ C) $I_a = 20,0A$ D) $I_a = 19,2A$ E) $I_a = 20,8A$

23-24) $E = 300V$, $I_a = 15A$, $U = 350V$, $I_y = 16A$ ve $P_{\text{sur}} = 500W$ ise net çıkış gücü ve giriş gücü nedir?
 $P_a = 300V \times 15A - 500W = 4kW$ $P_{\text{giriş}} = 350V \times 16A = 5,6kW$
 A) $P_c = 4,5kW$ B) $P_c = 5,6kW$ C) $P_c = 4kW$ D) $P_c = 5,1kW$ E) $P_c = 6,1kW$
 A) $P_{\text{giriş}} = 4,5kW$ B) $P_{\text{giriş}} = 5,6kW$ C) $P_{\text{giriş}} = 4kW$ D) $P_{\text{giriş}} = 5,1kW$ E) $P_{\text{giriş}} = 6,1kW$

25) $P_m = 5000W$, $P_{\text{sur}} = 500W$ ve hız $n = 1000 \text{devir/dakika}$ ise net çıkış torku nedir?
 A) $5Nm$ B) $5,5Nm$ C) $4,5Nm$ D) $43Nm$ E) $52,5Nm$ $\text{Net çıkış gücü} = 5000W - 500W = 4500W$
 $\omega = 2\pi \frac{1000}{60} \text{rad/s} = 104,7 \text{rad/s}$ $T_{\text{çıkış}} = \frac{4500}{104,7} Nm = 43Nm$

26) Bir seri dinamo yüksüz (açık devre) çalışırken çıkıştaki uç gerilimi
 A) Seri sargı doğru bağlanmışsa anma gerilimi civarındadır. \rightarrow Hayır $I_u = I_y = 0$ iken $U = Er \rightarrow$ küçük
 B) Artık mıknatısiyet gerilimidir.
 C) Daima sıfırdır.
 D) Miknatislanma eğrisi üzerinde seri sargı direnç doğrusunun kesişim noktasından bulunur. \rightarrow Hayır, seri sargı armatüre paralel olmadığı için gerilimi miknatislanma eğrisindekiyle eşitlenmez.
 E) Sinüsoidaldir. \rightarrow Hayır, durgun ortamda gerilim değildir.

27) Tek fazlı bir trafo çekirdeğinin histerezis (B-H) döngüsü içinde kalan alan $3000Ws/m^3$ ve çekirdek hacmi $6000cm^3$ olduğuna göre histerezis kaybı nedir?
 A) $18MW$ B) $900W$ C) $18W$ D) Frekans bilinmeden bulunamaz.
 E) μ bilinmeden bulunamaz. $\rightarrow \mu$ gerekmez; çünkü döngü içindeki alan verilmiş.

28) Üç fazlı bir sistemde yalnızca 2 adet tek fazlı wattmetreyle ölçüm yaparak
 A) Nötr hattı kullanılıyor ve dengesiz çalışıyor olsa bile toplam aktif güç ölçülebilir. \rightarrow Hayır. Nötrden akım geçiyorsa en az 3 wattmetre gerekir.
 B) Nötr hattı kullanılmıyorsa toplam aktif güç ölçülemez. \rightarrow Bilakis 2 taneyle ölçülebilir.
 C) Dengeli çalışmada reaktif güç ölçülebilir. $Q = \sqrt{3}(P_1 - P_2)$
 D) Nötr hattı kullanılmıyorsa dengesiz çalışıyor olsa bile reaktif güç ölçülebilir.
 E) Sistemin Y mı Δ mi bağlı olduğu anlaşılabilir. \rightarrow Hayır. Yukarıdaki formül dengeli çalışma için çıkarılmıştır.
 \rightarrow 3 hat ucundan Y mı Δ mi anlaşılabilir.

29) Tüm dinamolarda iç emk (E)
 A) Sabit hızda uyartım akımı ile tam doğru orantılıdır. \rightarrow Hayır yaklaşık doğru orantılıdır.
 B) Belirli bir uyartım akısı altında hızla tam doğru orantılıdır. $\rightarrow E = K_a \phi \omega$
 C) Yüklü durumda çıkıştaki uç geriliminden (U) küçüktür. \rightarrow Hayır, büyüktür.
 D) Armatür akımıyla yaklaşık doğru orantılıdır.
 E) Armatür akımıyla yaklaşık ters orantılıdır. \rightarrow Dinamo tipine göre I_a artırıcı veya azaltıcı etki yapabilir; ama doğru veya ters orantı yoktur.

30) Sağlıklı çalışan eklemeli komund bir dinamoun şönt sargı uçları ters çevrilip tekrar çalıştırılırsa
 A) Sağlıklı çalışan bir çıkarmalı kompund dinamo olur. \rightarrow Hayır. Yüksüzken $U < E_r$ olur.
 B) Yine sağlıklı çalışan bir eklemeli kompund dinamo olur. \rightarrow Hayır, şönt ve seri sargı akıları zıt.
 C) Aşırı akım geçer. İlgisiz
 D) Sürücü motor veya döndürme sistemini aşırı zorlar. İlgisiz
 E) Uç gerilimi artık miknatisiyet gerilimini aşamaz. (Yüksüzken denilse daha doğru olurdu; ama yüklükten de genellikle öyledir. Ancak istisnai durumlarda seri sargı akısının daha güçlü olmasıyla $U > E_r$ olabilir ise de bu sağlıklı bir çalışma olmaz.)

BAŞARILAR...

Yard. Doç. Dr. ATA SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SORULARI

25 Ocak 2010 Süre: 80 dakika

- 1) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 360kVA'lık, Y/Δ bağlı, 5200V:1000V'luk bir transformatör, sekonderinde güç faktörü 0,94 geri olan bir tam yükü anma gerilimiyle beslemektedir. Bu çalışma için trafonun toplam demir ve bakır kayıplarını giriş gücünü, verimini, regülasyonunu, primer hat akımının büyüklüğünü ve giriş güç faktörünü bulunuz. Yaklaşık eşdeğer devre kullanabilirsiniz. Trafonun tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir: $r_1 = 0,3\Omega$, $r_2' = 0,4\Omega$, $x_1 = x_2' = 1,8\Omega$, $g_c = 0,15mS$, $b_m = 0,85mS$ (35 puan)

- 2) Üç fazlı 50 Hz'lik, Y/Δ bağlı, 5200V:1000V'luk bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanırsa primerden ölçülen gerilim, akım ve güçlerin hat değerleri şöyle oluyor:

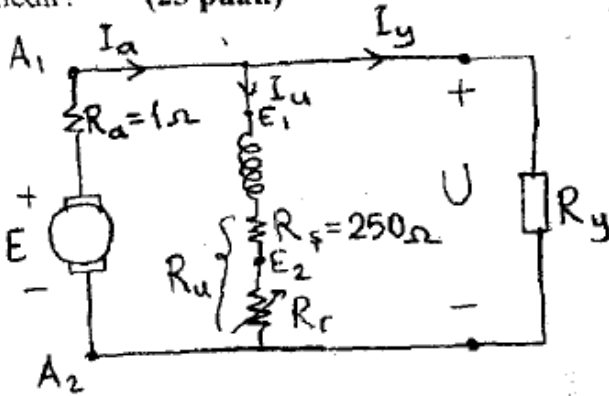
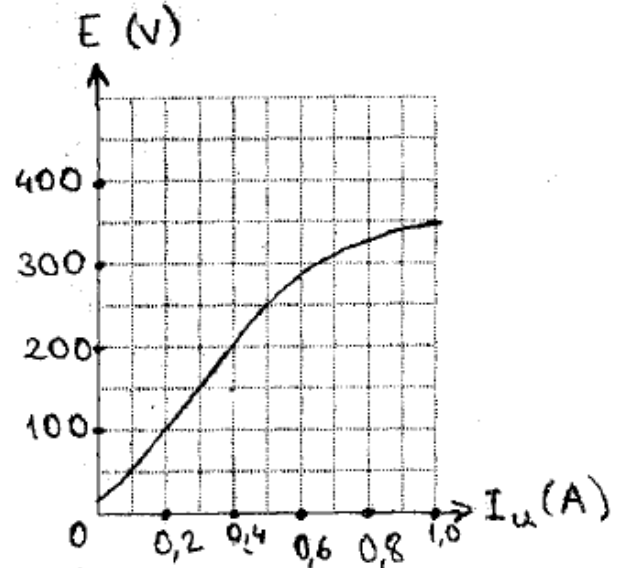
Açık devre testi: $V_{h0}=5200V$, $I_{h0}=5,2A$ $P_{h0}=29,7kW$

Kısa devre testi: $V_{hk}=358V$, $I_{hk}=120A$ $P_{hk}=43,2kW$

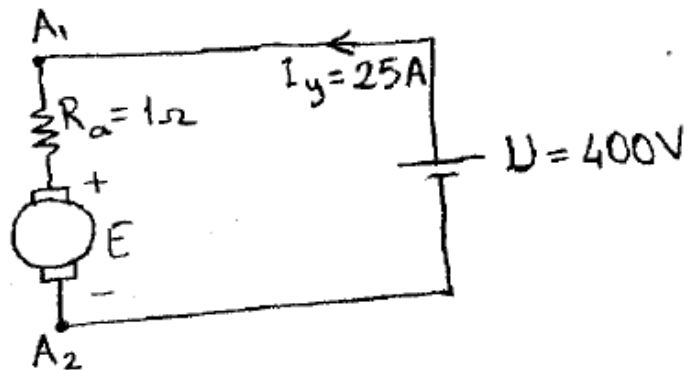
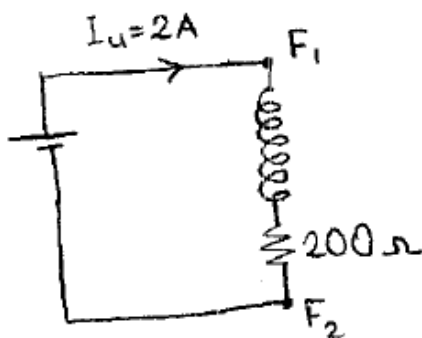
Enerjisizken primer bir hat ucu boştayken diğer iki hat ucu arasından görülen direnç: $r_{0\phi} = 0,8\Omega$

Bu transformatörün tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz (r_2 ve x_2 dahil). (20 puan)

- 3) Bir şönt dinamonun çalışma hızındaki mıknatıslanma eğrisi şekildeki gibidir. Bu şönt dinamonun uyarım devresi kritik direncini (R_u^{kritik}) bulunuz. Reosta direnci $R_r = 100\Omega$ değerine ayarlandığında E ne olur? Bu durumda $R_y = 37,7\Omega$ ve sürtünme kaybı $P_{sür} = 300W$ ise dinamonun verimi nedir? (25 puan)



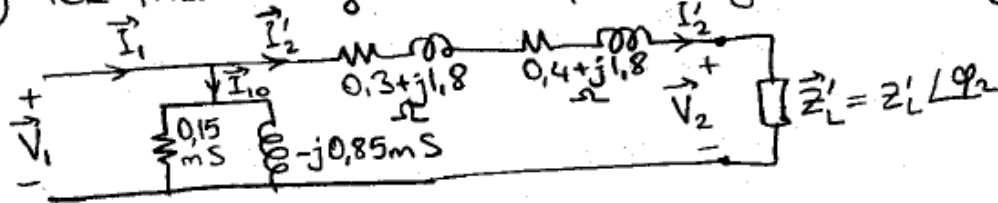
- 4) Şekildeki yabancı uyarımlı motor $n = 1000$ devir/dakika hızla dönüyor ve $P_{sür} = 300W$ oluyor. Motorun verimini ve net çıkış torkunu hesaplayınız. (20 puan)



ELEKTRİK MAKİNALARI-1 CEVAP ANAHTARI

25 Ocak 2010

1) Tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devre:



$$\varphi_2 = +\cos^{-1} 0,94 = +19,95^\circ$$

↓
endüktif

$$I_2' = \frac{360 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 5200 \text{ V}} = 39,97 \text{ A} \rightarrow \text{kısa yol.}$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{Uzun yol: } I_{2h} = \frac{360 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 10000 \text{ V}} = 207,85 \text{ A} \\ I_2 = I_{2h} / \sqrt{3} \approx 120 \text{ A} \rightarrow I_2' = \frac{120 \text{ A}}{N_1/N_2} \approx 40 \text{ A} \end{array} \right) \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{5200/\sqrt{3}}{1000} \approx 3$$

$$\vec{V}_2' = \frac{5200 \text{ V}}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \xrightarrow{\text{ilk a.c. keyfi}} \vec{V}_2' = 3002 \text{ V} \angle 0^\circ \rightarrow \text{kısa yol.}$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{Uzun yol: } \vec{V}_2 = 1000 \text{ V} \angle 0^\circ \rightarrow \vec{V}_2' = \frac{N_1}{N_2} \vec{V}_2 = \end{array} \right)$$

$$\vec{I}_2' = 39,97 \text{ A} \angle -19,95^\circ \xrightarrow{\text{a.c.}} \vec{I}_2' = \vec{V}_2' - \vec{Z}_L'$$

$$\vec{V}_1 = 3002 \text{ V} + j0 + (39,97 \text{ A} \angle -19,95^\circ) \underbrace{(0,3 + 0,4 + j1,8 + j1,8) \Omega}_{3,67 \Omega \angle 79^\circ}$$

$$146,59 \text{ V} \angle 59,05^\circ = (75,4 + j125,7) \text{ V}$$

$$\vec{V}_1 = (3078 + j125,7) \text{ V}$$

$$\vec{V}_1 = 3080 \text{ V} \angle 2,34^\circ$$

$$P_{Fe} = 3 \times 0,15 \times 10^{-3} \times 3080^2 \text{ W} = 4269 \text{ W}$$

$$P_{Cu} = 3 \times (0,3 + 0,4) \times 39,97^2 \text{ W} = 3355 \text{ W}$$

$$P_{aktif} = 360 \text{ kVA} \times 0,94 = 338,4 \text{ kW}$$

$$P_{giris} = 338400 \text{ W} + 4269 \text{ W} + 3355 \text{ W} = 346,0 \text{ kW}$$

$$\text{Verim} = \eta = \frac{338,4}{346,0} = \%97,8$$

$$\text{Regülasyon} = \frac{3080 - 3002}{3002} = \%2,6$$

$$\vec{I}_{10} = (0,15 - j0,85) \times 10^{-3} \times (3078 + j125,7) \text{ A}$$

$$= 0,462 + j0,019 + 0,107 - j2,616 \text{ A} = (0,569 - j2,597) \text{ A}$$

$$\vec{I}_2' = 39,97 \text{ A} \angle -19,95^\circ = 37,572 \text{ A} - j13,637 \text{ A}$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = (38,14 - j16,23) \text{ A} = \underline{41,45 \text{ A} \angle -23,06^\circ}$$

$$I_1 \rightarrow Y \text{ olduğundan } I_{1h} = 41,45 \text{ A}$$

$$\varphi_1 = 2,34^\circ - (-23,06^\circ) = 25,4^\circ$$

$$\text{Primer güç faktörü} = \cos 25,4^\circ = 0,903 \text{ geri}$$

2) Tek faza indirgenmiş değerler:

$$V_{10} = 5200V/\sqrt{3} = 3002V \quad I_{10} = 5,2A \quad P_{10} = \frac{29,7}{3} kW$$

$$V_{1k} = 358V/\sqrt{3} = 206,7V \quad I_{1k} = 120A \quad P_{1k} = \frac{43,2kW}{3} = 14400W$$

$$g_c = \frac{9900}{3002^2} S = 1,1 mS \quad \gamma_0 = 5,2A/3002V = 1,7 mS$$

$$b_m = \sqrt{1,7^2 - 1,1^2} mS = 1,3 mS$$

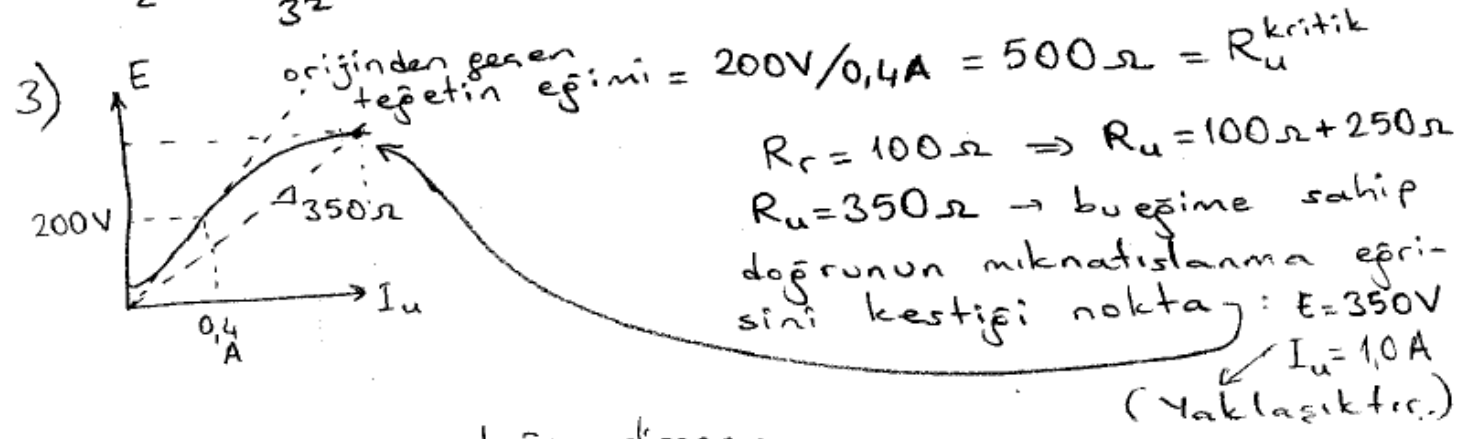
$$r_1 = \frac{0,8\Omega}{2} = 0,4\Omega \quad (r_1 + r_2') = \frac{14400}{120^2} \Omega = 1,0\Omega$$

$$r_2' = 1,0\Omega - 0,4\Omega = 0,6\Omega \quad z_k = 206,7V/120\Omega = 1,72\Omega$$

$$(x_1 + x_2') = \sqrt{1,72^2 - 1,0^2} = 1,40\Omega \rightarrow x_1 \approx x_2' \approx \frac{1,40\Omega}{2} = 0,7\Omega$$

$$N_1/N_2 = \frac{5200/\sqrt{3}}{1000} = 3 \rightarrow r_2 = \frac{0,6\Omega}{3^2} = 66,7 m\Omega$$

$$x_2 = \frac{0,7\Omega}{3^2} = 77,9 m\Omega$$



E'nin gördüğü eşdeğer direnç:

$$R_{es} = 1\Omega + (350\Omega // 37,7\Omega) = 1\Omega + \left(\frac{1}{350} + \frac{1}{37,7}\right)^{-1} = 35\Omega$$

$$I_a = 350V/R_{es} = 10A \rightarrow U = 350V - 10A \times 1\Omega = 340V$$

$$P_{giris} = E I_a + P_{sür} = 350 \times 10W + 300W = 3800W$$

$$I_y = 10A - \frac{340V}{350\Omega} = 9,03A \rightarrow P_{cikis} = 340V \times 9,03A = 3070W$$

$$Verim = 3070/3800 = \%80,8$$

Dikkat: E = 350V, I_u = 1A noktası yaklaşık olduğu için:
U = 350Ω × I_u = 350V alanlar I_y = 350V/37,7Ω = 9,3A

$$I_a = I_u + I_y = 10,3A \rightarrow E = U + R_a I_a = 350V + 1\Omega \times 10,3A = 360,3V$$

yoluyla gittiyse yine doğru kabul edilir. O zaman:

$$P_{giris} = 360,3 \times 10,3W + 300W = 4,01kW \quad P_{cikis} = U I_y = 350V \times 9,3A$$

$$P_{cikis} = 3,26kW \rightarrow Verim = 3,26/4,01 = \%81,2 olur.$$

$$4) E = 400V - 1\Omega \times 25A = 375V$$

$$P_{\text{alk}} = 375V \times 25A - 300W = 9075W$$

$$P_{\text{gic}} = 400V \times 25A + 200\Omega \times (2A)^2 = 10800W$$

$$\text{Verim} = 9075/10800 = \%84$$

$$\omega = 2\pi \frac{1000}{60} \text{ rad/s} = 104,7 \text{ rad/s}$$

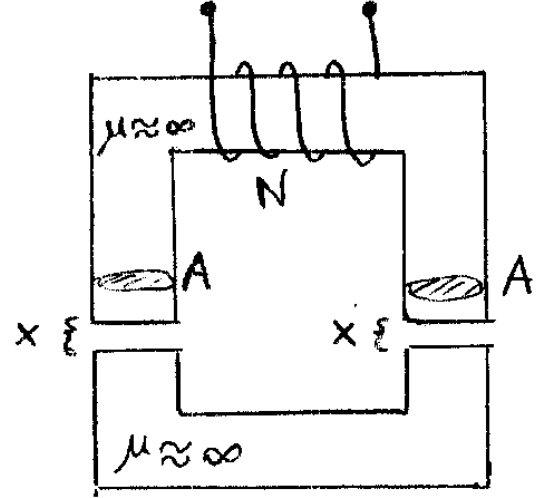
$$T_{\text{alk}} = \frac{9075}{104,7} \text{ Nm} = 86,7 \text{ Nm}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

27 Kasım 2010 Süre: 60 dakika

1) Şekildeki manyetik devrede her iki hava aralığının da uzunluğu x , kesit alanı A 'dır. Demir çekirdeğin iki kısmında da manyetik geçirgenlik $\mu \approx \infty$ 'dur. Sargı N sarımlıdır. Sargı uçlarına göre endüktansı bulunuz.

(25 puan)



2) Üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Δ bağlı 60kVA'lık, 2000V:4000V'luk bir trafoya açık devre ve kısa devre testleri uygulandığında primer tarafından ölçülen gerilim, akım ve güç değerleri şöyledir:

Açık devre testi: 2000V, 0,325A, 720W
Kısa devre testi: 36,8V, 17,6A, 555W

} Hat ölçümleri

Ayrıca primer hat uçlarından biri boştayken diğer 2 hat arasından görülen direnç $0,64\Omega$ olarak ölçülüyor. Trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak hesaplayınız. Sekonder sargı direnç ve kaçak reaktansını kendi tarafındaki değerleriyle bulunuz. (30 puan)

1600VA'lık,

3) Tek fazlı 50Hz'lik, 800V:160V'luk bir transformatörün eşdeğer devre parametreleri:

$r_1 = 12\Omega$, $r_2 = 0,6\Omega$, $x_1 = 20\Omega$, $x_2 = 1,0\Omega$, $g_c = 30\mu S$, $b_m = 80\mu S$

Trafonun sekonderinde güç faktörü 0,9 ileri olan bir tam yük, anma geriliminde besleniyor. Yaklaşık eşdeğer devre kullanarak bu çalışma için verim ve regülasyonu hesaplayınız. Ayrıca primer akımının büyüklüğünü ve trafonun giriş güç faktörünü hesaplayınız. (45 puan)

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI - I ARASINAV CEVAP ANAHTARI
27 Kasım 2010

1)

$$N_1 = \frac{2x}{\mu_0 A} \Phi$$

$$\Phi = \frac{\mu_0 AN_1 i}{2x}$$

$$\Psi = N_2 \Phi = \frac{\mu_0 AN^2}{2x} i$$

$$L = \frac{d\Psi}{di} = \frac{\mu_0 AN^2}{2x} = L$$

2) Tek faza indirgenmiş ölçümler:

a.d. testi: $V_{10} = 2000V$ $I_{10} = \frac{0,325A}{\sqrt{3}} = 0,1876A$ $P_{10} = \frac{720W}{3}$
 $P_{10} = 240W$

k.d. testi: $V_{1k} = 36,8V$ $I_{1k} = \frac{17,6A}{\sqrt{3}} = 10,161A$ $P_{1k} = \frac{555W}{3} = 185W$

$$r_1 = \frac{3}{2} \times 0,64 \Omega = 0,96 \Omega = r_1$$

a.d. testinden $g_c = \frac{240W}{(2000V)^2} = 60 \mu S = g_c$ $\gamma_0 = \frac{0,1876A}{2000V} = 93,8 \mu S$

$$b_m = \sqrt{93,8^2 - 60^2} \mu S = 72,1 \mu S = b_m$$

k.d. testinden: $(r_1 + r_2') = \frac{185W}{(10,161A)^2} = 1,79 \Omega = (r_1 + r_2')$

$$r_2' = 1,79 \Omega - 0,96 \Omega = 0,83 \Omega = r_2'$$

$$z_k = \frac{36,8V}{10,161A} = 3,62 \Omega$$

$$(x_1 + x_2') = \sqrt{3,62^2 - 1,79^2} \Omega = 3,147 \Omega$$

$$x_1 = x_2' = \frac{3,147 \Omega}{2} = 1,57 \Omega = x_1 = x_2'$$

Tek faz anahtar gerilimleri: primer = 2000V, sekonder = 4000V

$$N_1/N_2 = 2000/4000 = 1/2$$

$$r_2 = \frac{0,83 \Omega}{(1/2)^2} = 3,33 \Omega = r_2$$

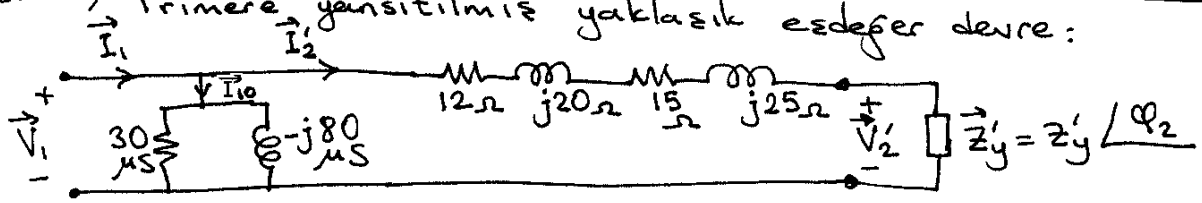
$$x_2 = \frac{1,57 \Omega}{(1/2)^2} = 6,29 \Omega = x_2$$

3) $N_1/N_2 = 800/160 = 5$

$$r_2' = 5^2 \times 0,6 \Omega = 15 \Omega = r_2'$$

$$x_2' = 5^2 \times 1,0 \Omega = 25 \Omega = x_2'$$

3) (devamı) Primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devre:



$$\phi_2 = -\cos^{-1} 0,9 = -25,84^\circ$$

↳ akım ileri → kapasitif

$\vec{V}'_2 = 800V \angle 0^\circ$ → açısı keyfi, çünkü ilk ası büyüklüğü primerin anma değeri, çünkü $V_2 =$ sekonder anma değeri.

$$I'_2 = \frac{1600VA}{V'_2 \sim 800V} = 2A \rightarrow \vec{I}'_2 = 2A \angle 0^\circ - (-25,84^\circ) = 2A \angle 25,84^\circ$$

$$\vec{V}_1 = \vec{V}'_2 + j0V + \underbrace{([12+15] + j[20+25])}_{52,48 \angle 59,04^\circ} (2 \angle 25,84^\circ) V$$

$$= 800V + j0V + 104,96 \angle 84,88^\circ = 9,37 + j104,55$$

$$\vec{V}_1 = (809,37 + j104,55) V = \underbrace{816,1V}_{V_1} \angle 7,36^\circ = \vec{V}_1$$

$$\left. \begin{aligned} P_{Fe} &= 30 \times 10^{-6} \times 816,1^2 W = 20 W \\ P_{Cu} &= (12+15) \times 2^2 W = 108 W \\ P_{aktif} &= 1600VA \times 0,9 = 1440 W \end{aligned} \right\} \begin{aligned} P_{giriş} &= 1440 + 108 + 20 W \\ &= 1568 W \\ \text{verim} &= \frac{1440}{1568} = \underline{\underline{\% 91,8}} \end{aligned}$$

$$V'_{2TY} = 800V \quad V'_{20} = V_1 = 816,1V \quad (\text{yaklaşık eşdeğer devrede})$$

$$\text{Regülasyon} = \frac{816,1 - 800}{800} = 0,020 = \underline{\underline{\% 2,0}}$$

$$\vec{I}_{10} = \underbrace{(30 - j80) \times 10^{-6}}_{85,44 \angle -69,44^\circ} \times 816,1 \angle 7,36^\circ \quad A$$

$$\vec{I}_{10} = 0,0697A \angle -62,08^\circ = 0,0326 - j0,0616 \quad A$$

$$\vec{I}'_2 = 2A \angle 25,84^\circ = 1,8 + j0,8717 \quad A$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}'_2 + \vec{I}_{10} = 1,8326 + j0,8101 \quad A$$

$$\vec{I}_1 = \underline{\underline{2,0037A}} \angle 23,85^\circ$$

$I_1 \approx 2,004A$: primer akımı büyüklüğü

$$\cos \phi_1 = \cos(7,36^\circ - 23,85^\circ) = \cos(-16,49^\circ) = \underline{\underline{0,9589}} \text{ ileri}$$

primer (giriş) güç faktörü (akım ileride)

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI

10 Ocak 2011 Süre: 60 dakika

1) Anma güçleri ve kısa devre oranları sırasıyla $S_1 = 300kVA$, $u_{k1} = \%4$ ve $S_2 = 150kVA$, $u_{k2} = \%2$ olan iki trafo paralel bağlanırsa, aşırı yüklenme olmadan besleyebilecekleri en büyük toplam yük nedir ve bu yükü nasıl paylaşırlar? (20 puan)

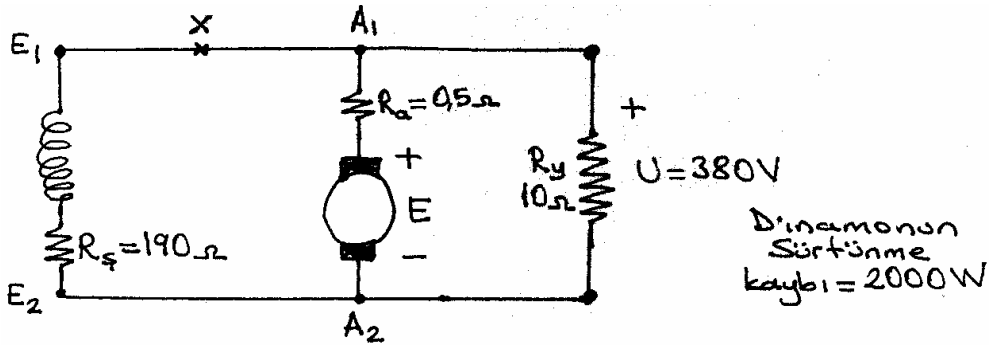
2) Üç fazlı Y/ Δ bağlı 600V:693V'luk bir transformatöre 50Hz'de açık devre ve kısa devre testleri uygulandığında primer hat uçlarından şu ölçümler alınıyor:

Açık devre testi: 600V, 0,52A, 450W

Kısa devre testi: 30V, 18A, 480W

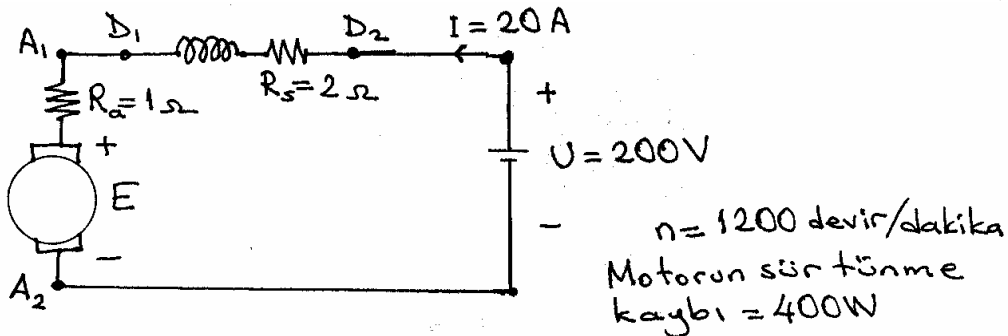
Ayrıca primerin 2 hat ucu arasından (diğer hat ucu boştayken) sargıların direnci $0,56\Omega$ ölçülüyor. Trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Sekonder sargı direnç ve kaçak reaktansını kendi tarafındaki değeriyle bulunuz. (25 puan)

3) Aşağıdaki şekildeki gibi çalışan şönt dinamonun verimini hesaplayınız (20 puan). Şönt sargının bir kablosu dikkatsizlikle x noktasından koparsa ve hız sabit tutulursa kopmadan sonraki yük akımı ne olur? (Kopmadan sonraki artık mıknatısiyet akısının, önceki çalışmadaki akımın %5'i olduğunu varsayınız) (10 puan)



4) Aşağıdaki şekildeki gibi çalışan seri motorun verimini ve net çıkış torkunu hesaplayınız.

(25 puan)



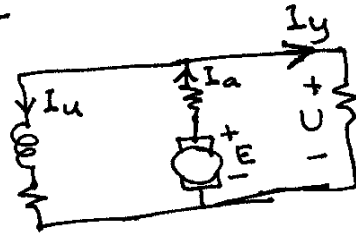
BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

$$3) I_u = \frac{380V}{190\Omega} = 2A$$

$$I_y = \frac{380V}{10\Omega} = 38A$$

$$I_a = 38A + 2A = 40A$$



$$E = 380V + 40A \times 0,5\Omega = 400V$$

$$P_{giris} = EI_a + P_{sur} = 400V \times 40A + 2000W$$

$$P_{giris} = 18000W$$

$$P_{cikis} = UI_y = 380V \times 38A = 14440W$$

$$\text{Verim} = \frac{14440}{18000} = \boxed{\%80,2}$$

Kopmadan önce $E = K_a \phi \omega$

Kopmadan sonra $E' = K_a \phi_{artik} \omega = 0,05 K_a \phi \omega = 0,05 E$

$L > 0,05 \phi$

$$E' = 0,05 \times 400V = 20V$$

$$I_u = 0 \rightarrow I_a = I_y = \frac{E}{(R_a + R_y)} = \frac{20V}{10,5\Omega} = \boxed{1,9A}$$

$$4) E = 200V - (1\Omega + 2\Omega) \times 20A = 140V = E$$

$$P_{giris} = 200V \times 20A = 4000W$$

$$P_{cikis} = 140V \times 20A - \underbrace{400W}_{\text{sürtünme}} = 2400W$$

$$\text{Verim} = \frac{2400}{4000} = \boxed{\%60}$$

$$\omega = 2\pi \frac{1200}{60} \text{ rad/s} = 40\pi \text{ rad/s}$$

$$T_{cikis} = \frac{2400}{40\pi} \text{ Nm} = \boxed{19,1 \text{ Nm}} \rightarrow \text{net cikis torqu}$$

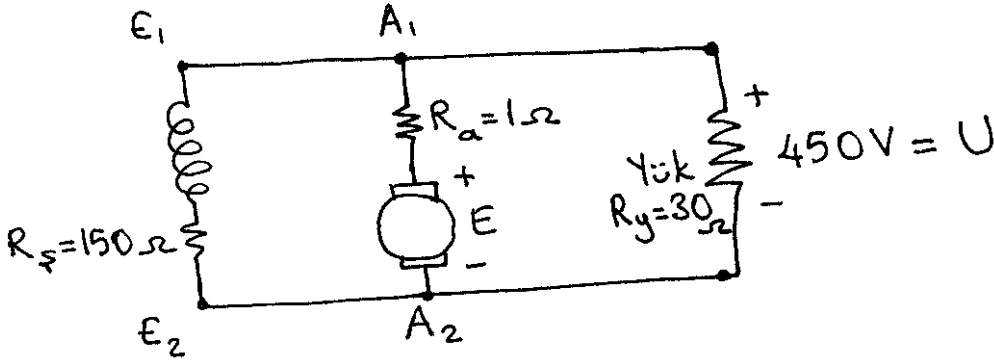
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SORULARI

24 Ocak 2011 Süre: 80 dakika

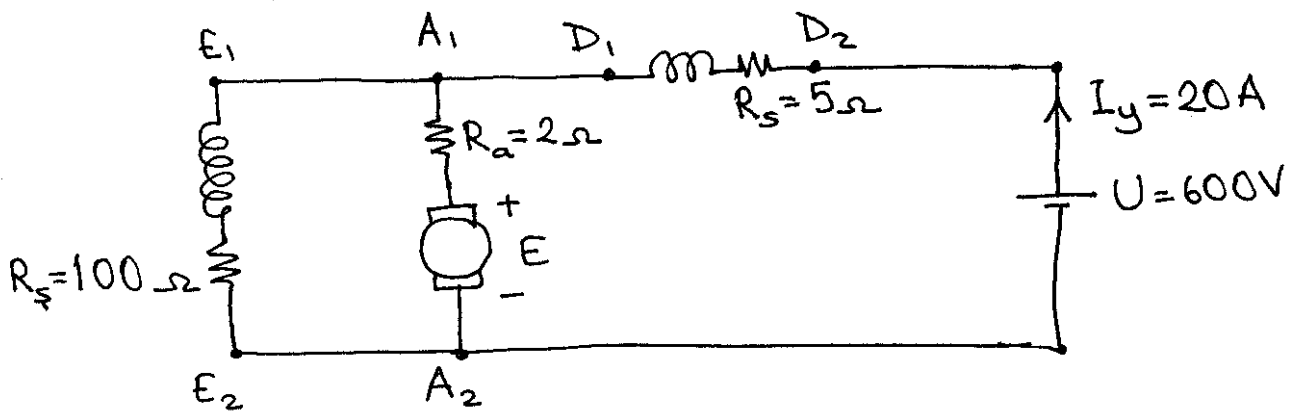
- 1) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 300kVA'lık, Δ / Δ bağlı, 3600V:1800V'luk bir transformatör, sekonderinde güç faktörü 0,85 geri olan bir tam yükü anma gerilimiyle beslemektedir. Bu çalışma için trafonun toplam demir ve bakır kayıplarını giriş gücünü, verimini, regülasyonunu, primer hat akımının büyüklüğünü ve giriş güç faktörünü bulunuz. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. Trafonun tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir: $r_1 = 0,25\Omega$, $r_2' = 0,4\Omega$, $x_1 = x_2' = 2\Omega$, $g_c = 0,1mS$, $b_m = 0,6mS$ (40 puan)

- 2) Anma güçleri ve kısa devre oranları sırasıyla $S_1 = 250kVA$, $u_{k1} = \%2$; $S_2 = 225kVA$, $u_{k2} = \%3$ olan iki transformatör paralel bağlanıyor. Hiçbir trafo aşırı yüklenmeden paralel bağlı sistemin besleyebileceği toplam yük en fazla ne kadardır ve o yükten her bir trafonun payına ne kadar düşer? (20 puan)

- 3) Şekildeki gibi çalışan şönt dinamonun sürtünme kaybı 1000W ise verimi nedir? (15 puan)



- 4) Şekildeki kompond motor $n = 1000$ devir/dakika hızla dönüyor ve sürtünme kaybı 500W oluyor. Motorun verimini ve net çıkış torkunu hesaplayınız. (25 puan)



BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

$$2) \frac{250+225}{u_{kes}} = \frac{250}{\%2} + \frac{225}{\%3} \rightarrow u_{kes} = \% \frac{475}{125+75} = \%2,375$$

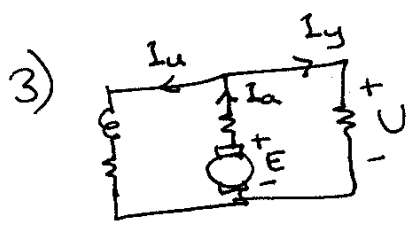
Sistem (250+225)kVA = 475 kVA ile yüklenirse

$$S_{1y} = 250kVA \times \frac{2,375}{2} = 297kVA > 250kVA \quad S_{2y} = 225kVA \times \frac{2,375}{3} = 178kVA$$

1. trafo aşırı yüklenir. Bunu kendi anma değerine düşürmek için tüm yükler $\frac{297}{250} = \frac{2}{2,375}$ katına düşürülmelidir.

Buna göre toplam yük en fazla $475kVA \times 2/2,375 = 400kVA$ yapılabilir.

Trafoların payları: $S'_{1y} = 250kVA$ ve $S'_{2y} = 178kVA \times \frac{2}{2,375} = 150kVA$



$$I_y = \frac{450V}{30\Omega} = 15A \quad I_u = \frac{450V}{150\Omega} = 3A$$

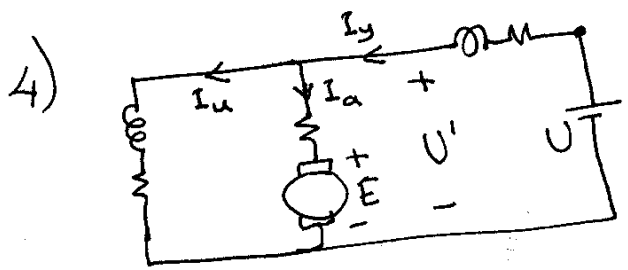
$$I_a = 15A + 3A = 18A$$

$$E = 450V + 1\Omega \times 18A = 468V$$

$$P_{cikis} = 450V \times 15A = 6750W$$

$$P_{giris} = 468V \times 18A + 1000W = 9424W$$

$$Verim = \frac{6750}{9424} = \%71,6$$



$$U' = 600V - 5\Omega \times 20A = 500V$$

$$I_u = 500V / 100\Omega = 5A$$

$$I_a = 20A - 5A = 15A$$

$$E = 500V - 15A \times 2\Omega = 470V$$

$$P_{giris} = 600V \times 20A = 12000W$$

$$P_{cikis} = 470V \times 15A - 500W = 6550W$$

↓
sürtünme

$$Verim = \frac{6550}{12000} = \%54,6$$

$$\omega = \frac{2\pi \times 1000}{60} \text{ rad/s} = 104,7 \text{ rad/s}$$

$$Çıkış torku = \frac{6550}{104,7} \text{ Nm} = 62,5 \text{ Nm}$$