

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

22.11.2008 Süre:80 dakika

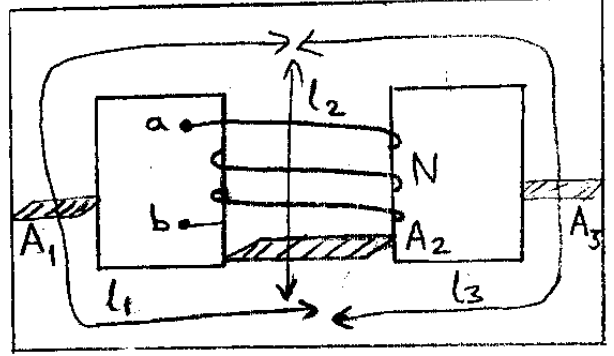
1) Şekildeki manyetik devrede nüvenin tüm kollarında manyetik geçirgenlik

$\mu = 1,2 \times 10^{-4} \text{ H/m}$ 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 yaklaşıktır? (10 puan)

3) Tek fazlı 50 Hz'lik, 220V:110V'luk, 440 VA'lık 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)

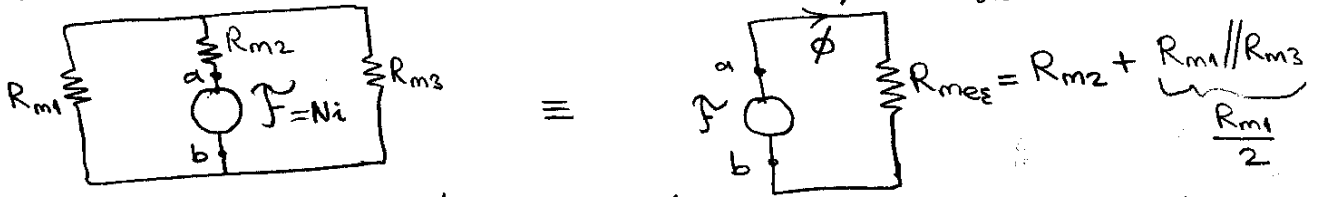
BAŞARILAR...

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.

$$\phi = \frac{F}{R_{mes}} \rightarrow \Psi = N\phi = \frac{N^2}{R_{mes}} i$$

$$L = \frac{d\Psi}{di} = \frac{N^2}{R_{mes}} = L$$

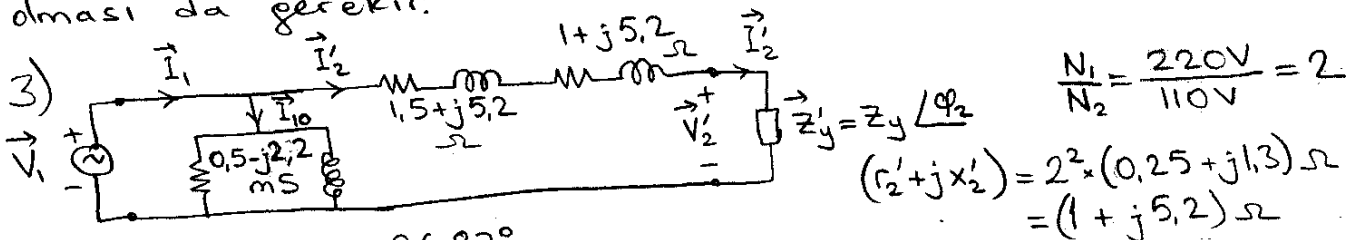
$$R_{m1} = R_{m3} = \frac{0,8m}{1,2 \times 10^{-4} \frac{H}{m} \times 0,008m^2} = 8,33 \times 10^5 H^{-1}$$

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

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

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

2) Eğer devredeki $b_m \neq 0$ olduğu için sekonder akımı $I_2 = 0$ olsa bile primerden küçük bir manyetislanma 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

$$\vec{V}_2' = V_2' \angle 0^\circ \rightarrow \vec{I}_2' = I_2' \angle 0^\circ - \phi_2 = I_2' \angle 36,87^\circ$$

V_2 anma değerinde olduğu için V_2' primerin anma değerindedir.

$$\vec{V}_2' = 220V \angle 0^\circ \quad I_2' = \frac{440VA}{220V} = 2A \rightarrow \vec{I}_2' = 2A \angle 36,87^\circ$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Giriş gücü faktörü = 0,95 ileri

4) Tek faza indirgenmiş değerler:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

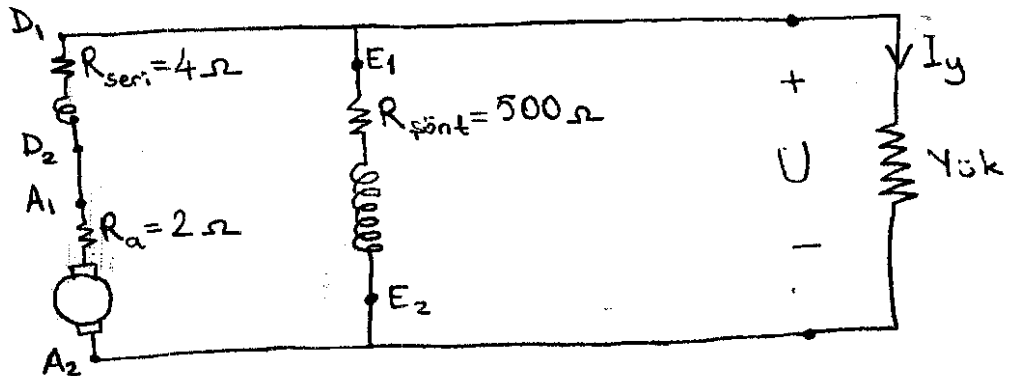
- 2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 4000V:400V'luk, Y/Y bağlı bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Primerden alınan hat ölçümleri şöyledir:

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 kompund bağlı olarak anma hızında döndürülürken tam yükünü anma değerlerinde beslemekte olup, dinamodan kaynaklanan sürtünme $P_{sür} = 2,5 \text{ kW}$ 'dır. Dinamonun verimini ve giriş torkunu hesaplayınız. (25 puan)



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

- Eklemeli kompund mu çıkarmalı kompund 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)

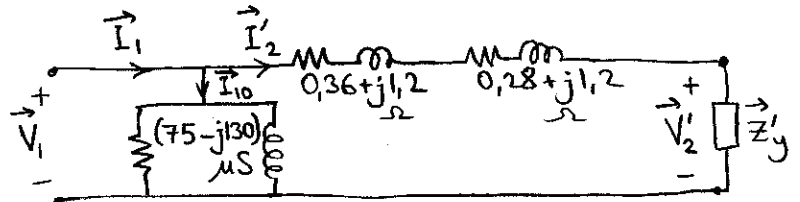
ELEKTRİK MAKİNALARI-1 FİNAL CEVAP ANAHTARI

05.01.2009

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

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.
 $V_2 = V_2^{anma} \Rightarrow V'_2 = V_1^{anma} = 2000\text{ V}$ olur. $\vec{V}'_2 = 2000\text{ V} \angle 0^\circ \rightarrow$ dersek $\delta = 2\varphi_2$

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

$\vec{I}'_2 = 25\text{ A} \angle -14,07^\circ \rightarrow \vec{V}_1 = 2000\text{ V} + j0\text{ V} + (25 \angle -14,07^\circ) ([0,36 + 0,28] + j[1,2 + 1,2])\text{ V}$
 $0,64 + j2,4 = 2,48 \angle 75,07^\circ$

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

$P_{Fe} = 3 \times 75 \times 10^6 \times 2031^2\text{ W} = 928\text{ W}$

$P_{cu} = 3 \times (0,36 + 0,28) \times 25^2\text{ W} = 1200\text{ W}$

$P_{alike} = 150\text{ kVA} \times 0,97 = 145500\text{ W}$

$P_{giriş} = (145500 + 1200 + 928)\text{ W}$

$P_{giriş} = 147628\text{ W}$

Verim $\eta = \frac{145500}{147628} = \% 98,6$

$\vec{I}_{10} = \underbrace{(75 - j130)}_{150,1 \angle -60,02^\circ} \times 10^{-6} \times 2031 \angle 1,53^\circ\text{ A}$

$\rightarrow \vec{I}_{10} = 0,305\text{ A} \angle -58,48^\circ$

$\vec{I}_{10} = (0,16 - j0,26)\text{ A}$

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

$= \vec{I}_1 = \underbrace{25,22\text{ A}}_{I_1} \angle -14,56^\circ$

$I_{h1} = \sqrt{3} I_1 = \sqrt{3} \times 25,22\text{ A} = 43,68\text{ A} = I_{h1} \rightarrow$ 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:

$V_{10} = 4000\text{ V} / \sqrt{3} = 2309,4\text{ V}$

$I_{10} = 0,045\text{ A}$

$P_{10} = \frac{270\text{ W}}{3} = 90\text{ W}$

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

$I_{1k} = 2,6\text{ A}$

$P_{1k} = \frac{180\text{ W}}{3} = 60\text{ W}$

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

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

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

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

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

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

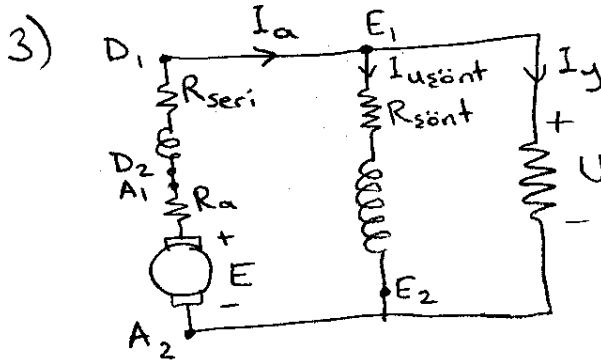
$$Z_k = \frac{34,64}{2,6} \Omega = 13,32 \Omega$$

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

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

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

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



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

$$I_{u\text{önt}} = \frac{1000V}{500\Omega} = 2A$$

$$I_a = 25A + 2A = 27A$$

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

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

$$P_{çıkış} = 25kW$$

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

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

$$\text{Giriş torku: } T_{giriş} = \frac{P_{giriş}}{\omega}$$

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

4) Endüklenen ia emk $E = K_a \phi \omega$

ϕ yalnız artık mıknatısıyet 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 uyar tımları aynı yönde, yani artık mıknatısıyeti yine destekleyecek yönde olur. Sonuçta yüklü durumda da değişen birşey olmaz.

* Yine eklemeli kompond olur.

* Yine $|U|$ anma gerilini 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: $V_k = 52\text{ V}$, $I_k = 12\text{ A}$, $P_k = 480\text{ W}$.

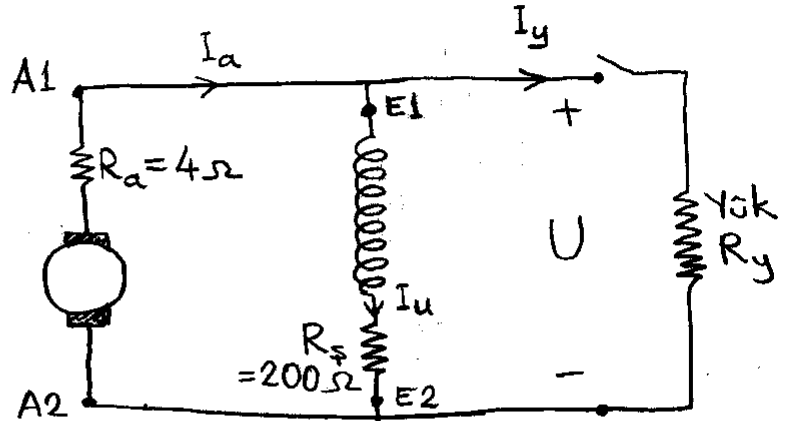
Ayrıca primerin bir hat ucu boştayken, diğer iki hat ucu arasından ölçülen direnç $r_{ölç} = 1,0\Omega$ 'dur. Trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini bulunuz.

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

$(r_2' + jx_2') = \left(\frac{1}{4}\right)^2 (35,2 + j112) \Omega$

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

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

akım geri olduğu için

Δ bağlantı:

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

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

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

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

$V_1 \rightarrow$ regülasyon için kullanılacak.

$\vec{I}_{10} = (534,96 \angle 4,23^\circ) \underbrace{(0,3 - j1,2)}_{1,237 \angle -75,96^\circ} \times 10^{-3} A = 0,662A \angle -71,73^\circ = (0,207 - j0,628)A$

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

$P_{cu} = 3 \times (3,0 + 2,2) \times 3,467^2 W = 187,5W \quad \vec{I}_1 = 3,91A \angle -27,59^\circ$

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

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

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

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

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

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

$\phi_1 = \angle V_1 - \angle I_1 = 4,23^\circ - (-27,59^\circ) = 31,82^\circ \rightarrow \cos \phi_1 = 0,85$ geri

2) Tek faza indirgenmiş değerler:

$V_{10} = 620V/\sqrt{3} = 358,0V$

$I_{10} = 0,90A$

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

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

$I_{1k} = 12A$

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

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

$s_c = \frac{140}{358,0^2} S = 1,1mS$

$y_o = \frac{0,90A}{358,0V} = 2,5mS$

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

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

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

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

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

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

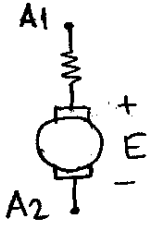
$$(x_1 + x_2') = \sqrt{2,5^2 - 1,11^2} \Omega = 2,24 \Omega$$

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

$$\frac{N_1}{N_2} = 2$$

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

3)



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

$$\text{Yüksüz iken } I_{y_0} = 0 A$$

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

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

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

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

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

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

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

$$b) P_{\text{giriş}} = E I_a + P_{\text{sür}} = 456 V \times 14 A + 300 W = 6684 W = P_{\text{giriş}}$$

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

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

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

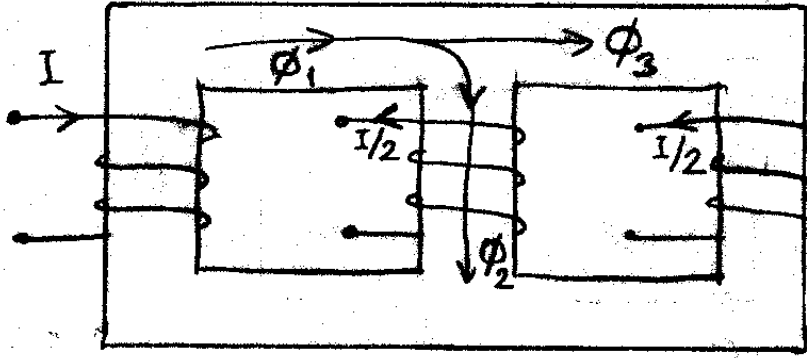
a) Bağlantı veya dönüş yönünü değiştirerek mümkün değildir. Çünkü A1-A2 uçları ya da dönüş yönü ters çevrilirse şönt sargıdaki akım (ve U) tersi olur; ancak artık mıknatısiyetin geçirdiği bu akım, artık mıknatısiyete zıt yönde akı üreteceği için anma gerilimi civarına ulaşmak mümkün olmaz.

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, yeni artık mıknatısiyeti destekler. 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)

↳ manyetik 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)

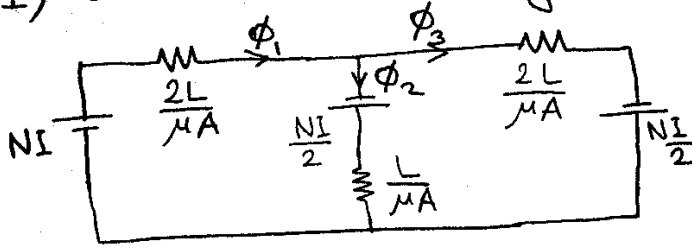
BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 ARASINAV CEVAP ANAHTARI

05 Aralık 2009

1) Elektrik devresi eşdeğeri



$$① \quad NI + \frac{NI}{2} - \frac{L}{\mu A} \phi_2 - \frac{2L}{\mu A} \phi_1 = 0$$

$$② \quad \frac{L}{\mu A} \phi_2 - \frac{NI}{2} + \frac{NI}{2} - \frac{2L}{\mu A} \phi_3 = 0$$

$$③ \quad \phi_1 = \phi_2 + \phi_3$$

$$② \rightarrow \phi_2 = 2\phi_3 \rightarrow ③ \rightarrow \phi_1 = 3\phi_3 \quad (① \text{ gerekmedi.})$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

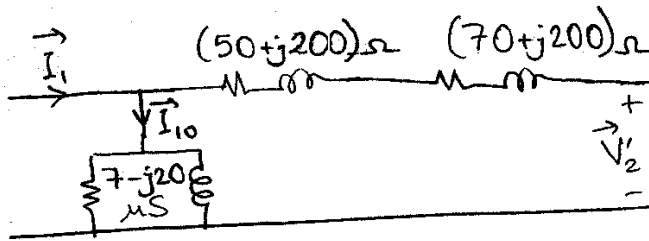
Böylece $S_T' = 520 \text{ kVA} \times \frac{200}{289} = 360 \text{ kVA} \rightarrow$ Sistemin anma gücü (aşırı yüklenmesiz en büyük toplam güç)

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

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

↳ Trafoların payına düşen yükler

3)



$$\phi_2 = \cos^{-1} 0,9 = +25,8^\circ \quad \text{induktif}$$

Primer Δ olduğundan,

$$V_2' = 3000V$$

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

$$V_2^{\text{anma}} = 400V/\sqrt{3} = 231V, \quad V_1^{\text{anma}} = 3000V$$

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

uzun yoluyla da bulunabilirdi.)

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

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

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

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

$$(72 + j116,2) + j(240 - 34,9) = 188,2 + j205,1$$

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

$V_1 = V_2' \rightarrow$ regülasyon hesabı için

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

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

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

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

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

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

$$\vec{I}_{10} = (7 - j20) \times 10^{-6} \times (3188,2 + j205,1)A = (0,0223 + j0,0041) + j(0,00144 - 0,0638) \\ = (0,0264 - j0,0623)A$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = 0,6 - j0,291 + 0,0264 - j0,0623 A \\ = (0,626 - j0,353)A = 0,719A \angle -29,4^\circ = \vec{I}_1$$

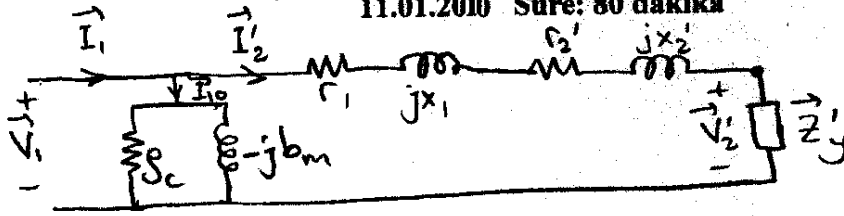
$$\text{Primer } \Delta \text{ olduğundan } I_h = \sqrt{3} I_1 = \sqrt{3} \times 0,719A = 1,245A$$

$$\phi_1 = \angle V_1 - \angle I_1 = 3,7^\circ - (-29,4^\circ) = 33,1^\circ \quad (\text{akım geride})$$

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

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

\bar{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 \bar{V}_2' nedir (açısı sıfır seçiliyor)? \bar{I}_2' nedir? $2000V/\sqrt{3} = 1155V \angle 0^\circ$

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

A) $\bar{I}_2' = 45A \angle 37^\circ$ B) $\bar{I}_2' = 15A \angle 37^\circ$ **C) $\bar{I}_2' = 26A \angle -37^\circ$** D) $\bar{I}_2' = 26A \angle 37^\circ$ E) $\bar{I}_2' = 45A \angle -37^\circ$
 $90kVA / (\sqrt{3} \cdot 2000V) = 26A$ açısı $-\cos^{-1}0.8 \approx -37^\circ$

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

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

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

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

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

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

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

Hiabiri → 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) $(15 - j24)A$ Hiabiri?

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

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

7-8) $r_1 = r_2' = 0,5\Omega$, $x_1 = x_2' = 3\Omega$, $g_c = 10\mu S$, $b_m = 20\mu S$, $\bar{I}_2' = 50A \angle -37^\circ$ ve $\bar{V}_1 = 25kV \angle -37^\circ$ 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: Hiabiri → **$P_{Fe} = 18,75kW$**

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

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

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

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

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?

- (A) $g_c = 3mS$ (B) $g_c = 1mS$ (C) $g_c = 1,73mS$ (D) $g_c = 250S$ (E) $g_c = 750S$
 (A) $Y_0 = 1,2mS$ (B) $Y_0 = 3,5mS$ (C) $Y_0 = 2mS$ (D) $Y_0 = 3S$ (E) $Y_0 = 3mS$

$$I_0 = \frac{2A}{\sqrt{3}} = 1,155A$$

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, $P_{hk} = 400W$, $V_{hk} = 40V$, $I_{hk} = 20A$ ise $(r_1 + r_2')$ ve z_k nedir?

- (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) $z_k = 3\Omega$

$$r_1 + r_2' = \frac{400}{11,55^2} \Omega = 3\Omega$$

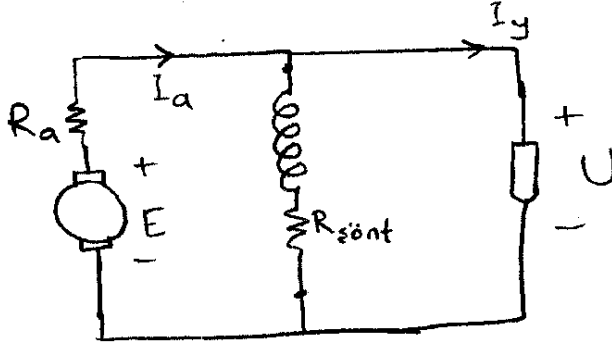
$$z_k = \frac{40V}{11,55A} = 3,46\Omega$$

$$14. soru: Hicbiri$$

15) $(r_1 + r_2') = 4\Omega$ ve $z_k = 6\Omega$ ise b_m nedir?

- (A) $b_m = 0,67\Omega$ (B) $b_m = 1,5\Omega$ (C) $b_m = 2\Omega$ (D) $b_m = 4,47\Omega$ (E) $b_m = 7,21\Omega$

b_m yanlılıkla 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?

- (A) 34A (B) 30A (C) 2A (D) 32A (E) 15,6A

$$I_u = 500V / 250\Omega = 2A$$

$$I_a = 32A + 2A = 34A$$

17) $U = 400V$, $I_a = 10A$ ve $R_a = 4\Omega$ ise E nedir?

- (A) 360V (B) 560V (C) 240V (D) 440V (E) 400V

$$E = 400V + 4\Omega \times 10A = 440V$$

18) $E = 200V$, $I_a = 10A$ ise P_m nedir?

- (A) 2W (B) 2000W (C) 20W (D) 20000W (E) 100W

$$P_m = 200V \times 10A = 2000W$$

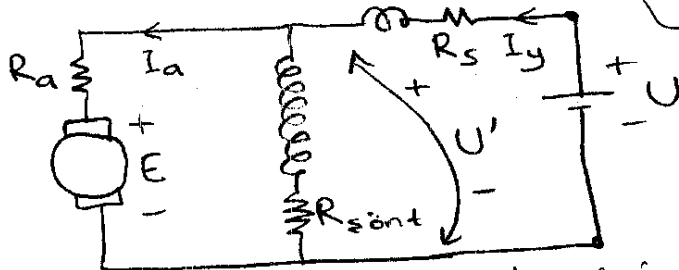
19-20) $P_m = 1000W$, $U = 200V$, $I_y = 4A$ ve $P_{sür} = 100W$ ise brüt giriş gücü ve çıkış gücü nedir?

- (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) $P_c = 100W$

$$P_{giriş} = P_m + P_{sür} = 1100W$$

$$P_a = 200V \times 4A = 800W$$



$P_{sür}$: 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 $R_{\text{yönl}} = 250\Omega$ ise U' nedir? I_a nedir? $U' = 250V - 2,5\Omega \times 20A = 200V$
 $I_{u\& = \frac{200}{250} A = 0,8A$
 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) $52,5Nm$ 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. → Hayır $I_u = I_y = 0$ iken $U = E_r \rightarrow$ küçük
 B) Artık mıknatısiyet gerilimidir.
 C) Daima sıfırdır.
 D) Miknatıslanma eğrisi üzerinde seri sargı direnç doğrusunun kesişim noktasından bulunur. eşitlenmez.
 E) Sinüsoidaldir. → Hayır, durgun ortamda gerilim dc'dir.

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. → μ 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 çalışılıyor olsa bile toplam aktif güç ölçülebilir. → Hayır. Nötrden akım geçiyorsa en az 3 wattmetre gerekir.

B) Nötr hattı kullanılmıyorsa toplam aktif güç ölçülemez. → Bilakis 2 taneyle ölçülebilir.

C) Dengeli çalışmada reaktif güç ölçülebilir. $Q = \sqrt{3}(P_1 - P_2)$

D) Nötr hattı kullanılmıyorsa dengesiz çalışılıyor olsa bile reaktif güç ölçülebilir.

E) Sistemin Y mı Δ mı bağlı olduğu anlaşılabılır.

→ 3 hat ucundan Y mı Δ mı anlaşılamaz.

→ Hayır. Yukarıdaki formül dengeli çalışma için çıkarılmıştır.

29) Tüm dinamolarda iç emk (E)

A) Sabit hızda uyarım akımı ile tam doğru orantılıdır. → Hayır yaklaşık doğru orantılıdır.

B) Belirli bir uyarım akısı altında hızla tam doğru orantılıdır. → $E = K_a \Phi \omega$

C) Yüklü durumda çıkıştaki uç geriliminden (U) küçüktür. → Hayır, büyüktür.

D) Armatür akımıyla yaklaşık doğru orantılıdır. → Dinamo tipine göre I_a artırıcı veya azaltıcı etki yapabilir; ama doğru veya ters orantı yoktur.

E) Armatür akımıyla yaklaşık ters orantılıdır.

30) Sağlıklı çalışan eklemeli komund bir dinamonun şönt sargı uçları ters çevrilip tekrar çalıştırılırsa

A) Sağlıklı çalışan bir çıkarmalı kompund dinamo olur. → Hayır. Yüksüzken $U < E_r$ olur.

B) Yine sağlıklı çalışan bir eklemeli kompund dinamo olur. → 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 miknatısiyet 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

BAŞARILAR...

Yard. Doç. Dr. ATA SEVİNÇ

bu sağlıklı bir çalışma olmaz.

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SORULARI

25 Ocak 2010 Süre: 80 dakika

- 1) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 360kVA'lık, Y/Δ bağlı, 5200V:1000V'lık 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'lık bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanırsa primerden ölçülen gerilim, akım ve güçlerin hat değerleri şöyle oluyor:

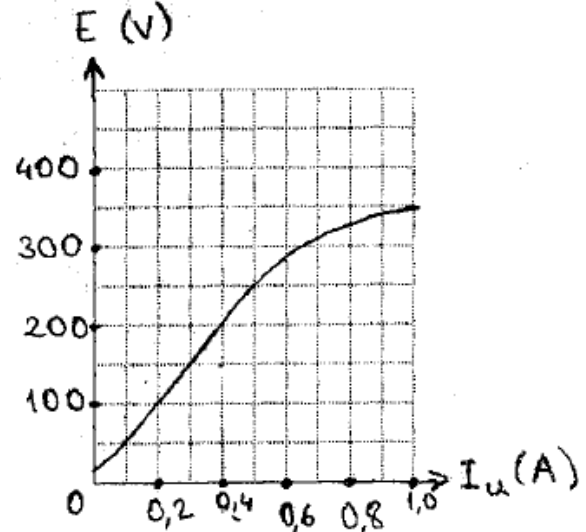
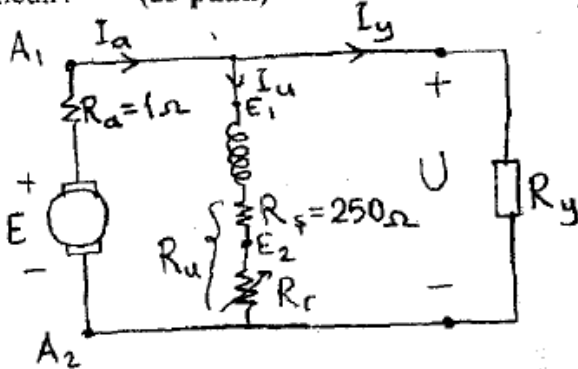
Açık devre testi: $V_{h0}=5200V$, $I_{h0}=5,2A$ $P_{h0}=29,7kW$

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

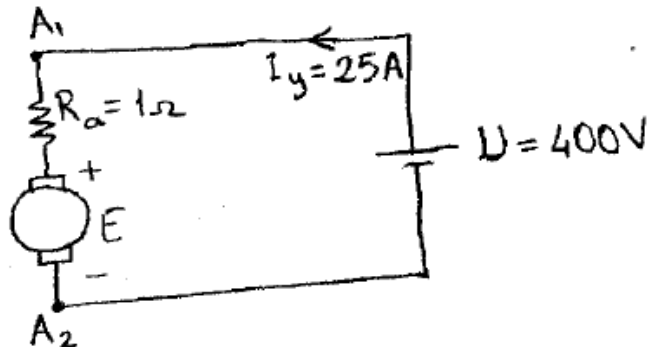
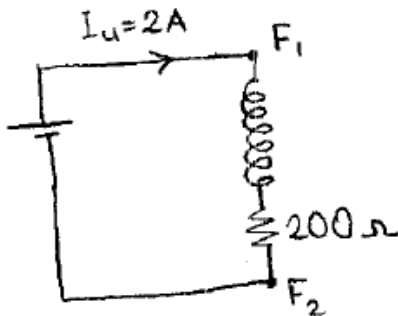
Enerjisizken primer bir hat ucu boştayken diğer iki hat ucu arasından görülen direnç: $r_{olq}=0,8\Omega$

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



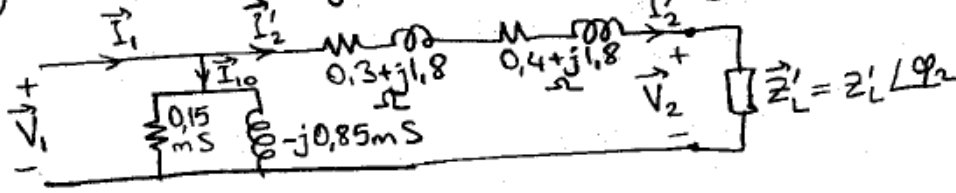
- 4) Şekildeki yabancı uyarımlı motor $n = 1000$ devir/dakika hızla dönüyor ve $P_{sür} = 300W$ oluyor. Motorun verimini ve net çıkış torkunu hesaplayınız. (20 puan)



ELEKTRİK MAKİNALARI-1 CEVAP ANAHTARI

25 Ocak 2010

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



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

↓
endüktif

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

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

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

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

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

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

$$= 3002 \text{ V} + j0 + 146,59 \text{ V} \angle 59,05^\circ = (3078 + j125,7) \text{ V}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\phi_1 = 2,34^\circ - (-23,06^\circ) = 25,4^\circ$$

akım geri

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

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

2) Tek faza indirgenmiş değerler:

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

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

$$S_c = \frac{9900}{3002^2} S = 1,1 mS$$

$$Y_o = 5,2A/3002V = 1,7 mS$$

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

$$r_1 = \frac{0,8\Omega}{2} = 0,4\Omega$$

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

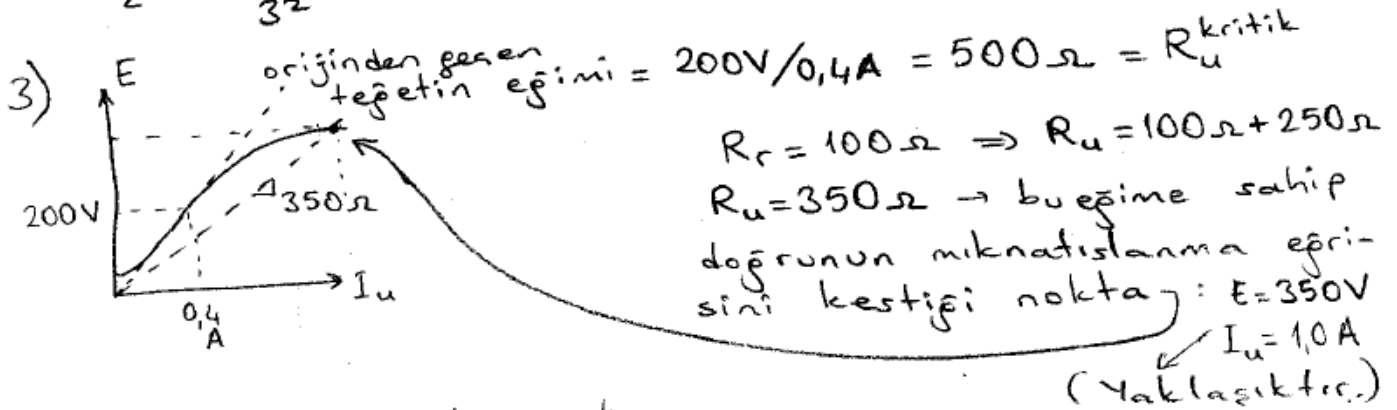
$$r_2' = 1,0\Omega - 0,4\Omega = 0,6\Omega$$

$$z_k = 206,7V/120\Omega = 1,72\Omega$$

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

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

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



E'nin gördüğü eşdeğer direnç:

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

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

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

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

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

Dikkat: $E=350V$, $I_u=1A$ noktası yaklaşık olduğu için:

$$U = 350\Omega \times I_u = 350V \quad \text{alanlar} \quad I_y = 350V/37,7\Omega = 9,3A$$

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

yoluyla gittiyseler yine doğru kabul edilir. O zaman:

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

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

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

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

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

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

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

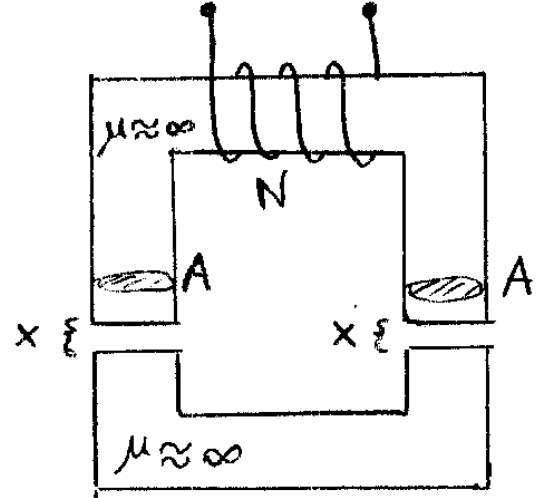
$$T_{\text{atke}} = \frac{9075}{104,7} \text{ Nm} = 86,7 \text{ Nm}$$

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)

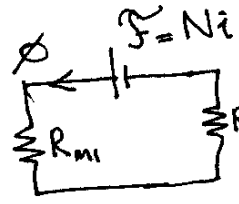
BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI - I ARASINAV CEVAP ANAHTARI

27 Kasım 2010

1)



$$N_1 = \frac{2x}{\mu_0 A} \Phi$$

$$\Phi = \frac{\mu_0 A N_1}{2x}$$

$$\Psi = N_1 \Phi = \frac{\mu_0 A N_1^2}{2x} i$$

$$L = \frac{d\Psi}{di} = \frac{\mu_0 A N_1^2}{2x} = L$$

2) Tek faz indirgenmiş ölçümler:

a.d. testi: $V_{10} = 2000V$ $I_{10} = \frac{0,325A}{\sqrt{3}} = 0,1876A$ $P_{10} = \frac{720W}{3} = 240W$

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 anma gerilimleri: primer = 2000V, sekonder = 4000V

$$N_1/N_2 = 2000/4000 = 1/2$$

$$r_2 = \frac{0,83\Omega}{(1/2)^2} = 3,33\Omega = r_2$$

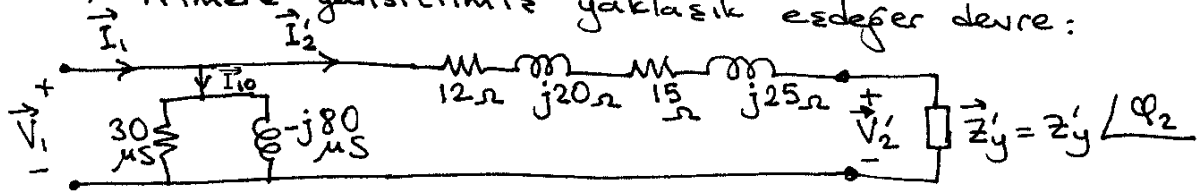
$$x_2 = \frac{1,57\Omega}{(1/2)^2} = 6,29\Omega = x_2$$

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:



$$\varphi_2 = -\cos^{-1} 0,9 = -25,84^\circ$$

↳ akım ileri → kapasitif

$$\vec{V}_2' = 800V \angle 0^\circ \rightarrow \text{ağısı keyfi, çünkü ilk ağı}$$

büyüklüğü primerin anma değeri, çünkü V_2 = sekonder anma değeri.

$$I_2' = \frac{1600VA}{V_2' \sim 800V} = 2A \rightarrow \vec{I}_2' = 2A \angle 0^\circ - (-25,84^\circ) = 2A \angle 25,84^\circ$$

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_2' + j\omega L I_2' + (12 + j20 + 15 + j25) I_2'$$

$$= 800V + j\omega L I_2' + (27 + j45) I_2'$$

$$= 800V + j\omega L I_2' + 52,48 \angle 59,04^\circ \cdot 2 \angle 25,84^\circ$$

$$= 800V + j\omega L I_2' + 104,96 \angle 84,88^\circ = 9,37 + j104,55$$

$$\vec{V}_1 = (809,37 + j104,55)V = \frac{816,1V}{V_1} \angle 7,36^\circ = \vec{V}_1$$

$$\left. \begin{aligned} P_{Fe} &= 30 \times 10^{-6} \times 816,1^2 W = 20 W \\ P_{cu} &= (12 + 15) \times 2^2 W = 108 W \\ P_{akıe} &= 1600VA \times 0,9 = 1440 W \end{aligned} \right\} \begin{aligned} P_{gırie} &= 1440 + 108 + 20 W \\ &= 1568 W \\ \text{verim} &= \frac{1440}{1568} = \underline{\underline{\% 91,8}} \end{aligned}$$

$$V_{2TY} = 800V \quad V_{20}' = V_1 = 816,1V \quad (\text{yaklaşık eşdeğer devrede})$$

$$\text{Regülasyon} = \frac{816,1 - 800}{800} = 0,020 = \underline{\underline{\% 2,0}}$$

$$\vec{I}_{10} = \frac{(30 - j80) \times 10^{-6} \times 816,1 \angle 7,36^\circ}{85,44 \angle -69,44^\circ} A$$

$$\vec{I}_{10} = 0,0697A \angle -62,08^\circ = 0,0326 - j0,0616 A$$

$$\vec{I}_2' = 2A \angle 25,84^\circ = 1,8 + j0,8717 A$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = 1,8326 + j0,8101 A$$

$$\vec{I}_1 = 2,0037A \angle 23,85^\circ$$

$I_1 \approx 2,004A$: primer akımı büyüklüğü

$$\cos \varphi_1 = \cos(7,36^\circ - 23,85^\circ) = \cos(-16,49^\circ) = \underline{\underline{0,9589 \text{ ileri}}}$$

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)

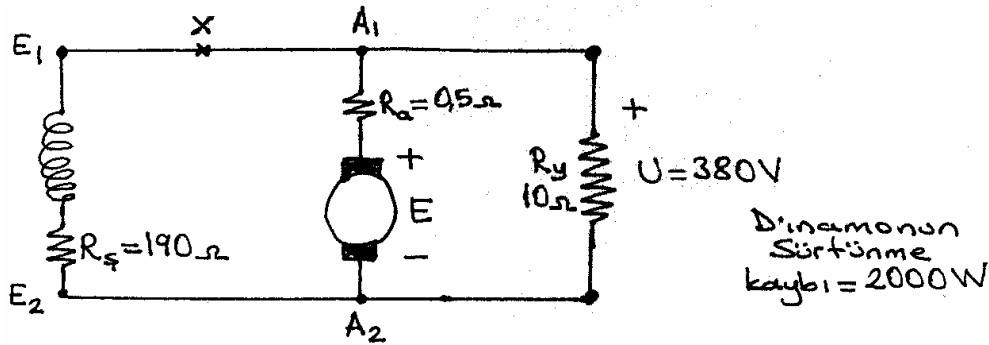
2) Üç fazlı Y/Δ bağlı 600V:693V'luk bir transformatöre 50Hz'de açık devre ve kısa devre testleri uygulandığında primer hat uçlarından şu ölçümler alınıyor:

Açık devre testi: 600V, 0,52A, 450W

Kısa devre testi: 30V, 18A, 480W

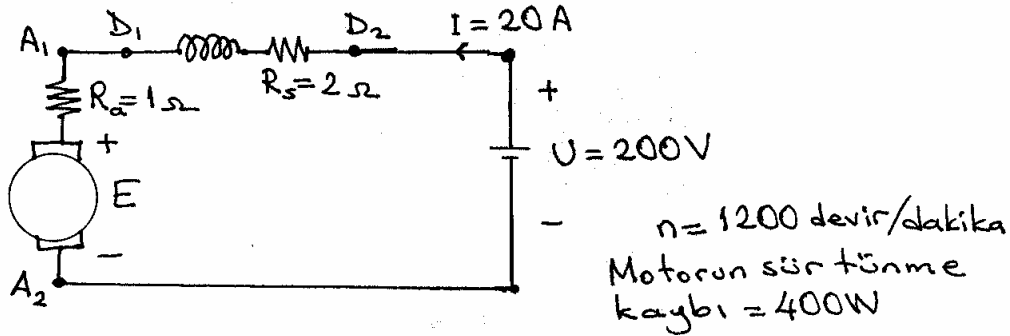
Ayrıca primerin 2 hat ucu arasından (diğer hat ucu boştayken) sargıların direnci $0,56\Omega$ ölçülüyor. Trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Sekonder sargı direnç ve kaçak reaktansını kendi tarafındaki değeriyle bulunuz. (25 puan)

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 akının %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

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 FİNAL CEVAP ANAHTARI

10 Ocak 2011

$$1) S_T = S_1 + S_2 = 450 \text{ kVA}$$

$$\frac{450}{u_{kes}} = \frac{300}{\%4} + \frac{150}{\%2} \rightarrow u_{kes} = \%3$$

Sistem $S_T = 450 \text{ kVA}$ ile yüklense:

$$S_{1y} = 300 \text{ kVA} \times \frac{\%3}{\%4} = 225 \text{ kVA} \quad \hookrightarrow S_1$$

Aşırı yüklenen 2. trafonun gücünü 150kVA'ya düşürmek için tüm yükler $150/225 = 2/3$ katsayısıyla azaltılır. Böylece paralel bağlı sistemin, aşırı yüklenme olmadan besleyebileceği en büyük yük $= 450\text{kVA} \times \frac{2}{3} = \boxed{300\text{kVA} = S'_T}$
↳ sistemin ana gücü

Her trafonun payı ise:

$$S'_{iy} = 225 \text{ kVA} \times \frac{2}{3} = 150 \text{ kVA} = S'_{iy}$$

$$S'_{2y} = S_{2y} \cdot 2/3 = 150 \text{ kVA} = S'_{2y}$$

2) Tek faza indirgenirse: $V_{10} = 600V/\sqrt{3} = 346V$
 $I_{10} = 0,52A$ $P_{10} = 450W/3 = 150W$
 $30V/\sqrt{3}$

$$V_{IK} = 17,3 \text{ V} \quad I_{IK} = 18 \text{ A} \quad P_{IK} = 480 \text{ W} / 3 = 160 \text{ W}$$

$$r_1 = 0,56 \Omega / 2 = 0,28 \Omega$$

$$g_c = \frac{150}{346^2} \text{ s} = 1,25 \text{ ms}$$

$$Y_0 = \frac{0,52}{346} S = 1,5 \text{ mS}$$

$$b_m = \sqrt{1,5^2 - 1,25^2} \text{ mS} = 0,83 \text{ mS}$$

$$(r_1 + r_2') = \frac{160}{18^2} \Omega = 0,494 \Omega$$

$$Z_k = \frac{17,3}{18} \Omega = 0,961 \Omega$$

$$r_2' = 0,494 \Omega - 0,28 \Omega = 0,214 \Omega$$

$$(x_1 + x'_2) = \sqrt{0,961^2 - 0,494^2} \text{ m}$$

$$(x_1 + x_2') = 0,824 \Omega \rightarrow x_1 = x_2' = \frac{0,824}{2} \Omega = 0,412 \Omega$$

Primer tek faz anma gerilimi = $600V/\sqrt{3} = 346,4V$
 Sekonder " " " " = $693V$

Sekonder " " " " = 693V

(Sekonder yüksek gerilim tarafı oluyor tek faz için)

$$r_2 = 0,214 \Omega / (1/2)^2 = 4 \times 0,214 \Omega = 0,856 \Omega = r_2$$

$$x_2 = 0,412 \Omega / (1/2)^2 = 4 \times 0,412 \Omega = 1,648 \Omega = x_2$$

$$3) I_u = \frac{380V}{190\Omega} = 2A$$

$$I_y = \frac{380V}{10\Omega} = 38A$$

$$I_a = 38A + 2A = 40A$$

$$E = 380V + 40A \times 0,5\Omega = 400V$$

$$P_{giris} = E I_a + P_{sur} = 400V \times 40A + 2000W$$

$$P_{giris} = 18000W$$

$$P_{cikis} = U I_y = 380V \times 38A = 14440W$$

$$Verim = \frac{14440}{18000} = \boxed{\%80,2}$$

Kopmadan önce $E = K_a \phi \omega$

Kopmadan sonra $E' = K_a \phi_{artik} \omega = 0,05 K_a \phi \omega = 0,05 E$

$$\hookrightarrow 0,05 \phi$$

$$E' = 0,05 \times 400V = 20V$$

$$I_u = 0 \rightarrow I_a = I_y = \frac{E}{(R_a + R_y)} = \frac{20V}{10,5\Omega} = \boxed{1,9A}$$

$$4) E = 200V - (1\Omega + 2\Omega) \times 20A = 140V = E$$

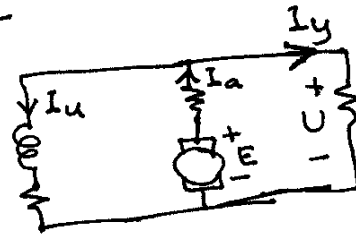
$$P_{giris} = 200V \times 20A = 4000W$$

$$P_{cikis} = 140V \times 20A - \underbrace{400W}_{sürtünme} = 2400W$$

$$Verim = \frac{2400}{4000} = \boxed{\%60}$$

$$\omega = 2\pi \frac{1200}{60} \text{ rad/s} = 40\pi \text{ rad/s}$$

$$T_{cikis} = \frac{2400}{40\pi} \text{ Nm} = \boxed{19,1 \text{ Nm}} \rightarrow \text{net çıkış torku}$$



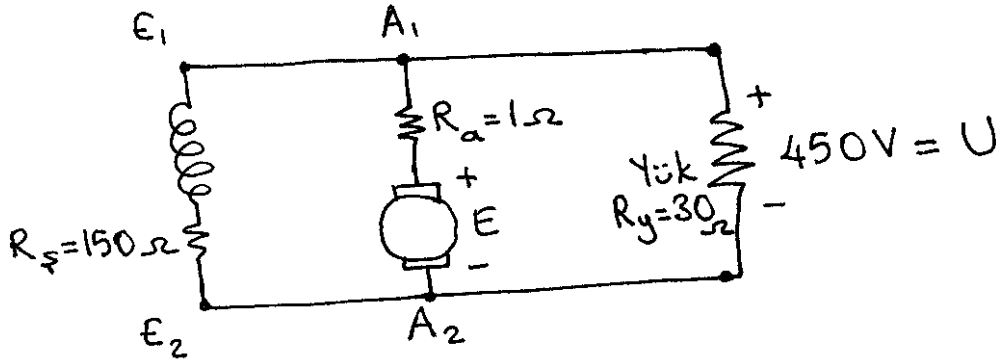
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SORULARI

24 Ocak 2011 Süre: 80 dakika

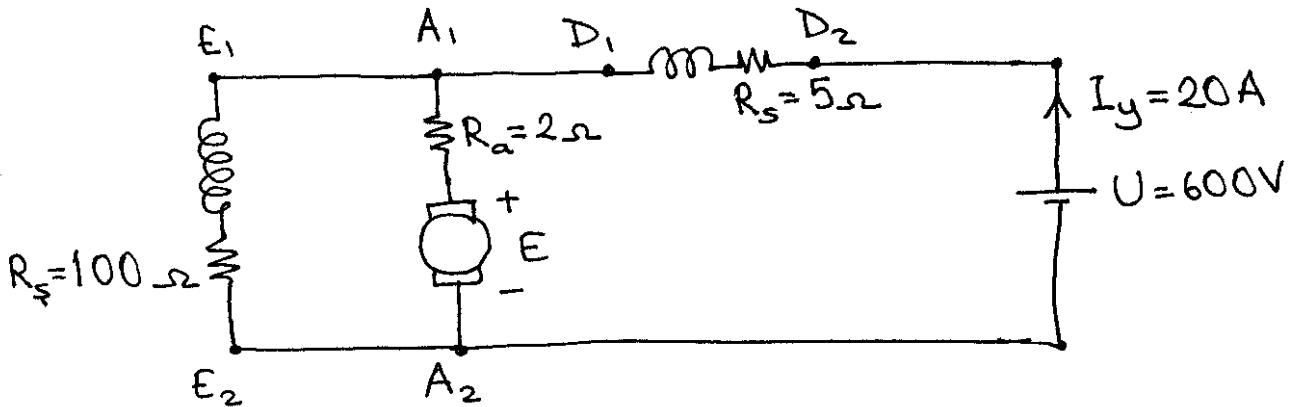
- 1) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 300kVA'lık, Δ / Δ bağlı, 3600V:1800V'luk bir transformatör, sekonderinde güç faktörü 0,85 geri olan bir tam yükü anma gerilimiyle beslemektedir. Bu çalışma için trafonun toplam demir ve bakır kayıplarını giriş gücünü, verimini, regülasyonunu, primer hat akımının büyüklüğünü 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 kompund motor $n = 1000$ devir/dakika hızla dönüyor ve sürtünme kaybı 500W oluyor. Motorun verimini ve net çıkış torkunu hesaplayınız. (25 puan)

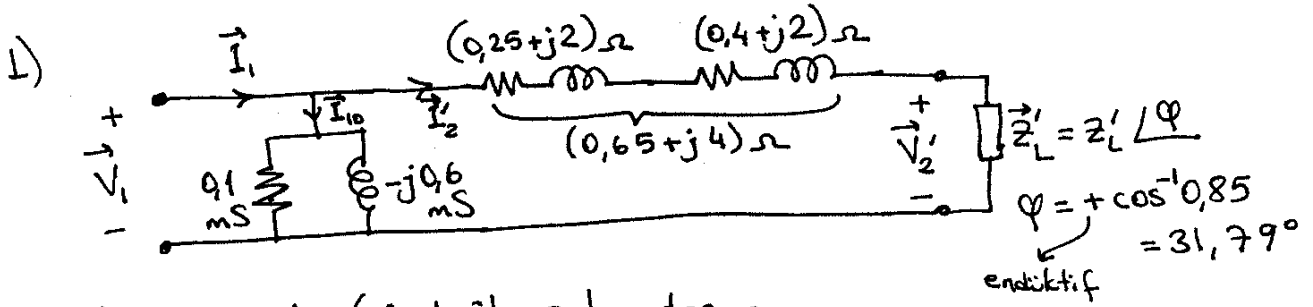


BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-I BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI

24 Ocak 2011



$V_2' = 3600V$ (Δ bağlı, sekonder anma

geriliminde $\rightarrow V_2' = \text{primer anma gerilimi}$)

$$\vec{V}_2' = 3600V \angle 0^\circ \rightarrow \text{keyfi}$$

$$I_2' = \frac{300000VA/3}{3600V} = 27.78A$$

$$\vec{I}_2' = 27.78A \angle 0^\circ - \varphi = 27.78A \angle -31.79^\circ = (23.61 - j14.63)A$$

$$\vec{V}_1 = 3600V + j0V + \underbrace{(0.65 + j4)\Omega \times 27.78A \angle -31.79^\circ}_{4.0525\Omega \angle 80.77^\circ}$$

$$112.57V \angle 48.98^\circ = (73.88 + j84.93)V$$

$$\vec{V}_1 = (3673.88 + j84.93)V$$

$$\vec{V}_1 = \underbrace{3674.9V}_{V_1} \angle 1.32^\circ$$

$$P_{Fe} = 3 \times 0.1 \times 10^{-3} \times 3674.9^2 W = 4051 W$$

$$P_{cu} = 3 \times 0.65 \times 27.78^2 W = 1505 W$$

$$P_{\text{çıkış}} = 300kVA \times 0.85 = 255000 W$$

$$P_{\text{giriş}} = (255000 + 1350 + 502)W = 260556 W$$

$$\text{Verim} = \frac{255000}{260556} = \%97.87$$

$$V_{20}' = V_1$$

$$V_{2TY}' = V_2'$$

$$\text{Regülasyon} = \frac{3674.9 - 3600}{3600} = \%2.1$$

$$\vec{I}_{10} = \underbrace{(0.1 - j0.6) \times 10^{-3}}_{0.608 \angle -80.54^\circ} \times 3674.9 \angle 1.32^\circ A$$

$$\vec{I}_{10} = 2.235A \angle -79.21^\circ = 0.42 - j2.20 A$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}_2' + \vec{I}_{10} = 23.61 - j14.63 + 0.42 - j2.20 A$$

$$\vec{I}_1 = (24.03 - j16.83)A = \underbrace{29.34A}_{I_1} \angle -35.00^\circ$$

$$I_1 \rightarrow I_h = \sqrt{3} 29.34A = 50.8A$$

$$\varphi_1 = 1.32^\circ - (-35.00^\circ) = 36.32^\circ$$

$$\text{Giriş gücü faktörü} = \cos \varphi_1 = \cos 36.32^\circ = 0.806 \text{ geri (akım geri)}$$

$$2) \frac{250+225}{u_{kes}} = \frac{250}{\%2} + \frac{225}{\%3} \rightarrow u_{kes} = \% \frac{475}{125+75} = \%2,375$$

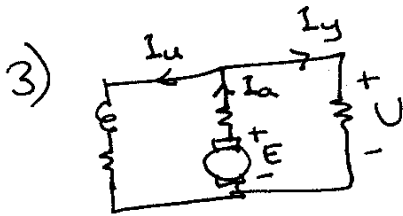
Sistem $(250+225)kVA = 475 kVA$ ile yüklenirse

$$S_{1y} = 250kVA \times \frac{2,375}{2} = 297kVA > 250kVA \quad S_{2y} = 225kVA \times \frac{2,375}{3} = 178kVA$$

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.

Trafoyun payları: $S'_{1y} = 250kVA$ ve $S'_{2y} = 178kVA \times \frac{2}{2,375} = 150kVA$



$$I_y = \frac{450V}{30\Omega} = 15A$$

$$I_u = \frac{450V}{150\Omega} = 3A$$

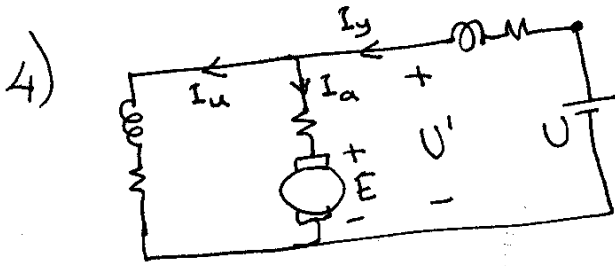
$$I_a = 15A + 3A = 18A$$

$$E = 450V + 1\Omega \times 18A = 468V$$

$$P_{\text{aıkış}} = 450V \times 15A = 6750W$$

$$P_{\text{giriş}} = 468V \times 18A + 1000W = 9424W$$

$$\text{Verim} = \frac{6750}{9424} = \%71,6$$



$$U' = 600V - 5\Omega \times 20A = 500V$$

$$I_u = 500V / 100\Omega = 5A$$

$$I_a = 20A - 5A = 15A$$

$$E = 500V - 15A \times 2\Omega = 470V$$

$$P_{\text{giriş}} = 600V \times 20A = 12000W$$

$$P_{\text{aıkış}} = 470V \times 15A - 500W = 6550W$$

sürtünme

$$\text{Verim} = \frac{6550}{12000} = \%54,6$$

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

$$G_{\text{ıkış}} \text{ torku} = \frac{6550}{104,7} \text{ Nm} = 62,5 \text{ Nm}$$