

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

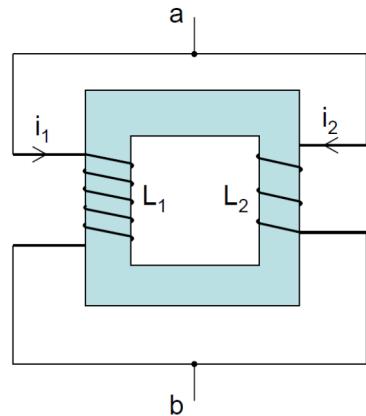
19.11.2011 Süre: 60 dakika

- 1)** Manyetik geçirgenliği (μ) sabit bir ortamda L_1 ve L_2 gibi iki endüktans arasındaki ortak endüktans (M) için, tam kuplajlı (kaçak akı olmayan) durumda

$$M^2 = L_1 \cdot L_2$$

olduğunu ispatlayınız.

Yol gösterme: Şekildeki gibi ortak nüvede farklı sarım sayılı iki sarginın ters paralel bağlı olduğunu düşününüz. Sarım başına voltun her iki sargında da aynı olduğunu da dikkate alarak ab arası voltajın ne olması gerektiğini bulunuz. ab arası voltajın her iki sargından da aynı hesaplanması gerekiğinden de faydalananız.



(25 puan)

- 2)** Eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 0,2\Omega$, $r_2' = 0,1\Omega$, $x_1 = 0,3\Omega$, $x_2' = 0,3\Omega$, $g_c = 120\mu S$, $b_m = 600 \mu S$ (g_c ve b_m değerleri primer tarafında gösterilen değerleridir) olan $400V:80V$ 'luk, $50Hz$ 'lik, $1600VA$ 'lık tek fazlı bir transformatör, sekonderinde güç faktörü $\cos\phi_2=0,8$ geri olan bir tam yükü anma değerlerinde beslemektedir. Bu çalışma için trafonun verimini, regülasyonunu, primer akımını ve giriş güç faktörünü hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız.

(45 puan)

- 3)** Tek fazlı $300V:60V$ 'luk bir transformatöre açık devre testi ve kısa devre testi uygulandığında primerden ölçülen gerilim, akım ve güçler şöyle bulunmaktadır:

Açık devre testi: $300V$, $1,0A$, $150W$

Kısa devre testi: $15V$, $12A$, $110W$

Ayrıca primer sargası direnci $r_1 = 0,2\Omega$ ölçüldüğüne göre trafonun eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Sekonder sargası direnç ve kaçak reaktansını, sekonderdeki değerleriyle de bulunuz. **(30 puan)**

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV CEVAP ANAHTARI

19.11.2011

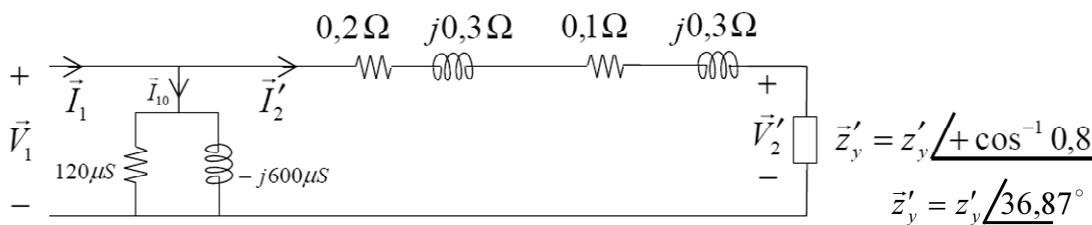
1) Kaçak akı olmadığı için iki sargının da akısı, dolayısıyla sarım başına voltu aynıdır. Paralel bağlı oldukları için toplam voltajları da aynıdır. Farklı sarım sayılarına sahip bir sargıda bu iki şart, ancak sargı voltajlarının (dolayısıyla net akının) sıfır olmasıyla sağlanabilir. Her iki sargı üzerindeki voltajı da sıfıra eşitlersek:

$$L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt} = 0 = L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt} \quad \rightarrow \quad \frac{di_2}{dt} = \frac{L_1}{M} \frac{di_1}{dt} \quad \rightarrow \quad 0 = L_2 \frac{L_1}{M} \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_1}{dt}$$

Son eşitliğin her türlü i_1 akımı için sağlanması gerektiğinden, $0 = L_2 \frac{L_1}{M} - M \rightarrow M^2 = L_1 L_2$

Burada akım yönleri tanımına göre sargıların akıları birbirini zayıflattığı için M , başında eksi işaretle kullanılmıştır. Bu ispat, sargı akılarının birbirini desteklediği (M 'nin artı alındığı) durum için de geçerlidir.

2) Primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devreyi kullanalım:



Yük sekonderde anma voltajında ise yansıtılmış yük voltajı V'_2 de primerin anma voltajında olur. Bunun açısını da devredeki akım ve gerilim açılarından ilk tanımlanan olduğu için keyfi olarak sıfır alalım: $\vec{V}'_2 = 400V \angle 0^\circ$

$$\vec{I}'_2 = \vec{V}'_2 / \bar{z}'_y = I'_2 \angle (0^\circ - 36,87^\circ) \quad I'_2 = \frac{1600VA}{400V} = 4A$$

(veya $I_2 = \frac{1600VA}{80V} = 20A \rightarrow I'_2 = \frac{N_2}{N_1} 20A = 4A$ diye de hesaplanabilirdi ama yansıtılmış yukarıdaki gibi

doğrudan bulmak daha kolaydır.) $\rightarrow \vec{I}'_2 = 4A \angle -36,87^\circ$

$$\vec{V}'_1 = 400V \angle 0^\circ + ((0,2 + 0,1) + j(0,3 + 0,3))\Omega (4A \angle -36,87^\circ) = 400V + j0V + 2,683V \angle 26,57^\circ$$

$$\vec{V}'_1 = 400V + j0V + (2,4 + j1,2)V = (402,4 + j1,2)V = 402,4V \angle 0,17^\circ$$

$$P_{Cu} = (0,2 + 0,1)\Omega \cdot (4A)^2 \approx 5W \quad P_{Fe} = 120 \times 10^{-6} S \times (402,4V)^2 \approx 19W$$

$$\text{Çıkış gücü: } P_2 = 1600VA \times 0,8 = 1280W \quad \text{Giriş gücü: } P_1 = 1280W + 5W + 19W = 1304W$$

Verim: $\eta = \frac{1280}{1304} = \%98$

V_1 aynı değerinde tutulup yük açık devre edilirse, sekonder voltajının yansıtımışi yine bu değer olur:

$$V'_{20} = V_1 = 402,4V \quad (\vec{V}'_1 \text{ vektörünün kutupsal gösterimdeki büyüklüğü})$$

$$\text{Regülasyon} = \%100 \frac{V'_{20} - V'_{2TY}}{V'_{2TY}} = \%100 \frac{402,4 - 400}{400} \quad \boxed{\text{Regülasyon} = \%0,6}$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}'_2 + \vec{I}_{10} = (3,20 - j2,40)A + \underbrace{(120 - j600)10^{-6}(402,4 + j1,2)}_{0,0483 + j0,0001 + j0,0007 - j0,2414} = (3,249 - j2,641)A = \vec{I}_1 = 4,19A \angle -39,11^\circ$$

Ölçülen primer akımı $I_1 = 4,19A$

Giriş (primer) güç faktörü $\cos(0,17^\circ - (-39,11^\circ)) = \cos 39,28^\circ = [\cos \varphi_1 = 0,774 \text{ geri}]$

$$3) g_c = \frac{150W}{(300V)^2} = [1,67mS = g_c] \quad Y_0 = \frac{1,0A}{300V} = [3,33mS = Y_0] \quad b_m = \sqrt{3,33^2 - 1,67^2} mS = [b_m = 2,89mS]$$

$$(r_1 + r'_2) = \frac{110W}{(12A)^2} = 0,76\Omega \quad [r_1 = 0,2\Omega] \quad \rightarrow \quad r'_2 = 0,76\Omega - 0,2\Omega = [r'_2 = 0,56\Omega]$$

$$z_k = \frac{15V}{12A} = 1,25\Omega \quad (x_1 + x'_2) = \sqrt{1,25^2 - 0,76^2} \Omega = 0,989\Omega \quad \rightarrow \quad \frac{0,989\Omega}{2} = [x_1 = x'_2 = 0,49\Omega]$$

Sekonder sargısının direnç ve reaktansının sekonderdeki değerlerini bulalım:

$$\frac{300V}{60V} = [N_1/N_2 = 5] \quad r_2 = (N_2/N_1)^2 \times 0,56\Omega = \frac{0,56\Omega}{5^2} = [r_2 = 23m\Omega]$$

$$x_2 = (N_2/N_1)^2 \times 0,49\Omega = \frac{0,49\Omega}{5^2} = [x_2 = 20m\Omega]$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI

02.01.2012 Süre: 70 dakika

Her soru eşit puanlıdır.

1) Tek fazda indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 22\Omega$, $r_2' = 18\Omega$, $x_1 = x_2' = 100\Omega$, $g_c = 100\mu S$, $b_m = 800\mu S$ olan üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Δ bağlı, 60kVA'lık, 4000V:400V'luk bir transformatör, sekonderinde güç faktörü $\cos\phi_2=0,6$ geri olan bir tam yük anma değerlerinde beslemektedir. Bu çalışma için trafonun toplam demir ve bakır kayıplarını, toplam giriş ve çıkış güçlerini, verim ve regülasyonunu hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız.

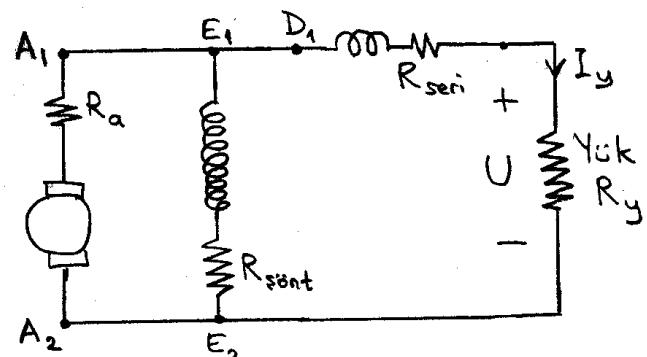
2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, Δ/Δ bağlı, 1000V:2000V'luk bir transformatöre açık devre testi ve kısa devre testi uygulandığında primerden ölçülen gerilim, akım ve güçler, hat değeri olarak şöyle bulunmaktadır:

Açık devre testi: 1000V, 1,75A, 1200W

Kısa devre testi: 38,0V, 20,0A, 1080W

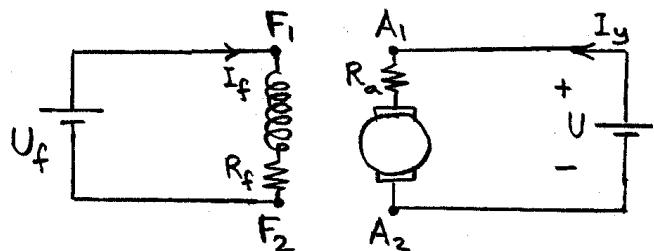
Ayrıca primer hatlarının bir ucu boştayken diğer iki ucundan ölçülen direnç $r_{ölç} = 0,8\Omega$ olduğuna göre trafonun eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Sekonder sargası direnç ve kaçak reaktansını, sekonderdeki değerleriyle de bulunuz.

3) Seri, şönt ve armatür sargı dirençleri sırasıyla $R_{seri}=2\Omega$, $R_{şönt}=150\Omega$ ve $R_a=3\Omega$ olan şekildeki kompound dinamo, $n=3000$ devir/dakika hızla döndürülürken yük uçlarında $U=350V$, $I_y=25A$ görülmektedir. Dinamonun sürütme kaybı $P_{sür}=1000W$ olduğuna göre dinamonun verimini ve giriş torkunu hesaplayınız.



4) Uyartım ve armatür sargılarının dirençleri sırasıyla $R_f=200\Omega$, ve $R_a=4\Omega$ olan şekildeki yabancı uyartımlı motor, $U_f=300V$, $U=600V$ iken $n=3000$ devir/dakika hızla dönüyor ve $I_y=25A$ oluyor. Bu sırada dikkatsizlik sonucu uyartım

sargasına bağlı kabloların biri F_1 noktasından kopuyor. Bu anda artık mıknatısıyet akımı kopmadan hemen önceki akının %4'ü oluyor. Hızdaki değişmenin akımdaki değişmeye göre yavaş kaldığını (mekanik zaman sabitinin, L_a/R_a 'dan çok daha büyük olduğunu (L_a armatür endüktansı)) varsayıarak kopmadan sonra armatür akımının ulaşacağı değeri bulunuz.



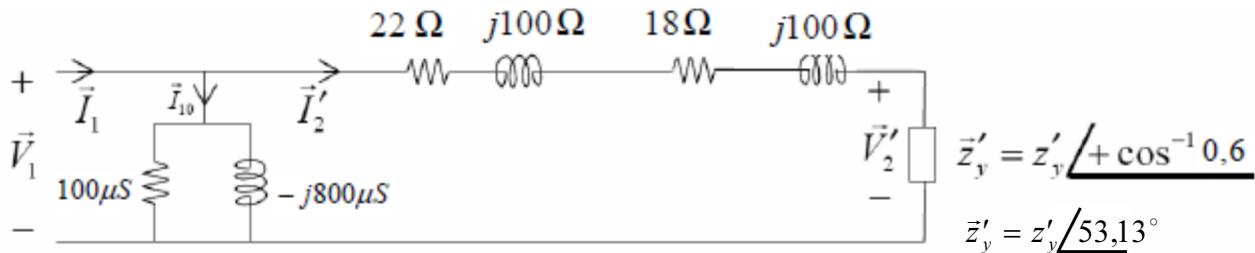
BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL CEVAP ANAHTARI

02.01.2012

1) Tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devreyi kullanalım:



Δ/Δ bağlı olduğu için tek faz voltajları hem primer hem sekonderde fazlararası voltajlarla aynı olur. Yük sekonderde anma voltajında ise yansıtılmış yük voltajı V_2' de primerin anma voltajında olur. Bunun açısını da devredeki akım ve gerilim açılarından ilk tanımlanan olduğu için keyfi olarak sıfır alalım:

$$\vec{V}_2' = 4000V\angle 0^\circ \quad \vec{I}_2' = \vec{V}_2'/z_y' = I_2' \angle (0^\circ - 53,13^\circ)$$

$$\text{Tek faz görünür gücü} = \frac{60kVA}{3} = 20kVA \quad I_2' = \frac{20000VA}{4000V} = 5A$$

$$(\text{veya hat akımı} = \frac{60kVA}{\sqrt{3} \cdot 4000V} = 8,77A \rightarrow I_2' = \frac{8,77A}{\sqrt{3}} = 5A)$$

$$(\text{veya } I_2 = \frac{20000VA}{400V} = 50A \rightarrow I_2' = \frac{N_2}{N_1} 50A = \frac{400}{4000} 50A = 5A \text{ diye de hesaplanabilirdi ama})$$

yansıtılmış yukarıdaki gibi doğrudan bulmak daha kolaydır.) \quad \rightarrow \vec{I}_2' = 5A \angle -53,13^\circ

$$\vec{V}_1 = 4000V\angle 0^\circ + ((22+18)+j(100+100))\Omega (5A \angle -53,13^\circ) = 4000V + j0V + 1019,8V \angle 26,56^\circ$$

$$\vec{V}_1 = 4000V + (920+j456)V = (4920+j456)V = 4941V \angle 5,30^\circ$$

$$P_{Cu} = 3 \times (22+18)\Omega \cdot (5A)^2 = 3000W$$

$$P_{Fe} = 3 \times 100 \times 10^{-6} S \times (4941V)^2 = 7324W$$

$$\text{Çıkış gücü: } 60kVA \times 0,6 = [36000W = P_2]$$

$$\text{Giriş gücü: } 36000W + 3000W + 7324W = [46324W = P_1]$$

$$\text{Verim: } \eta = \frac{36000}{46324} = \%77,7$$

V_1 aynı değerinde tutulup yük açık devre edilirse, sekonder voltajının yansıtımışi yine bu değer olur:

$$V'_{20} = V_1 = 4941V \quad (\vec{V}_1 \text{ vektörünün kutupsal gösterimdeki büyüklüğü})$$

$$\text{Regülasyon} = \%100 \frac{V'_{20} - V'_{2TY}}{V'_{2TY}} = \%100 \frac{4941 - 4000}{4000} = [\text{Regülasyon} = \%23,5]$$

2) Önce ölçümleri tek faza indirgeyelim. Primer Δ bağlı olduğu için:

$$\text{Açık devre testi ölçümleri: } V_{10} = 1000V, \quad I_{10} = 1,75A/\sqrt{3} = 1,01A, \quad P_{10} = 1200W/3 = 400W$$

$$\text{Kısa devre testi ölçümleri: } V_{1k} = 38V, \quad I_{1k} = 20,0A/\sqrt{3} = 11,55A, \quad P_{1k} = 1080W/3 = 360W$$

$$\text{Tek faz primer sargı direnci } \frac{3}{2} 0,8\Omega = [1,2\Omega = r_1]$$

$$g_c = \frac{400W}{(1000V)^2} = [0,4mS = g_c] \quad Y_0 = \frac{1,01A}{1000V} = 1,01mS \quad b_m = \sqrt{1,01^2 - 0,4^2} mS = [b_m = 0,93mS]$$

$$(r_1 + r'_2) = \frac{360W}{(11,55A)^2} = 2,7\Omega \quad \rightarrow \quad r'_2 = 2,7\Omega - 1,2\Omega = [r'_2 = 1,5\Omega]$$

$$z_k = \frac{38V}{11,55A} = 3,29\Omega \quad (x_1 + x'_2) = \sqrt{3,29^2 - 2,7^2} \Omega = 1,88\Omega \quad \rightarrow \quad \frac{1,88\Omega}{2} = [x_1 = x'_2 = 0,94\Omega]$$

Sekonder sargısının direnç ve reaktansının sekonderdeki değerlerini bulalım:

$$\text{Tek faz anma gerilimleri oranı } \frac{1000V}{2000V} = [N_1/N_2 = 1/2]$$

$$r_2 = (N_2/N_1)^2 \times 1,5\Omega = 2^2 \times 1,5\Omega = [r_2 = 6\Omega]$$

$$x_2 = (N_2/N_1)^2 \times 0,94\Omega = 2^2 \times 0,94\Omega = [x_2 = 3,76\Omega]$$

$$3) U' = 350V + 2\Omega \times 25A = 400V$$

$$I_u^{\text{sönt}} = \frac{400V}{150\Omega} = 2,67A$$

$$I_a = I_y + I_u^{\text{sönt}} = 25A + 2,67A = 27,67A$$

$$E = 400V + 3\Omega \times 27,67A = 483V$$

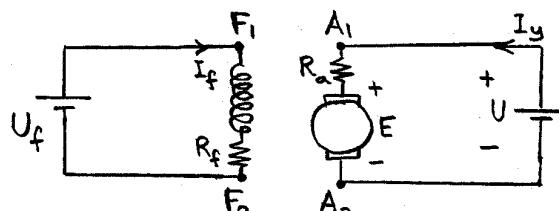
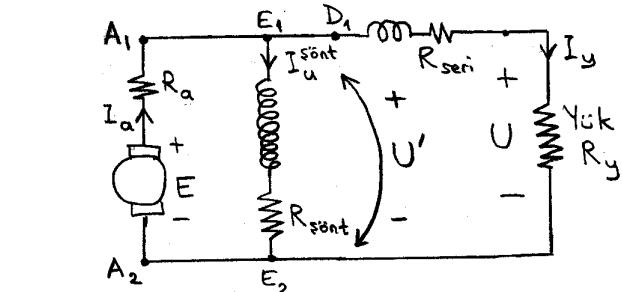
$$\text{Çıkış gücü: } P_c = U \cdot I_y = 350V \times 25A = 8750W$$

$$\text{Giriş gücü: } P_g = E \cdot I_a + P_{\text{sürt}} = 483V \times 27,67A + 1000W = 14363W$$

$$P_c/P_g = 8750/14363 = [\text{Verim} = \% 60,9]$$

$$\text{Açışal dönüş hızı: } \omega = 3000 \times (\pi/30) rad/s = 314,2 rad/s \rightarrow \text{Giriş torku: } \frac{14363W}{314,2 rad/s} = [T_g = 45,7 Nm]$$

4) $E = K\phi n$ olduğu için (K sabit) E ile manyetik akı ϕ doğru orantılıdır. Hızın değişmesi gecikeceğine göre kopmadan önceki ve sonraki denge değerleri arasında



$$\frac{E_{\text{sonra}}}{E_{\text{önce}}} = \frac{\phi_{\text{sonra}}}{\phi_{\text{önce}}} = 0,04 \quad \text{yazılabilir.}$$

$$E_{\text{önce}} = 600V - 4\Omega \times 25A = 500V \quad \rightarrow \quad E_{\text{sonra}} = 500V \times 0,04 = 20V$$

$$\text{Kopmadan sonra yük ve armatür akımının ulaşacağı değer: } \frac{600V - 20V}{4\Omega} = [145A]$$

Gerçekte artık mıknatısıyet akısı yetmeyeceği için hız düşer. Sigorta atmazsa, motor yanana kadar bu akıma hatta daha fazlasına gerçekten ulaşılır ve motor yanabilir. Bu yüzden yabancı veya sönt uyartım sargılarının kablolarına çok dikkat edilmelidir.

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

16.01.2012 Süre: 75 dakika

1) Tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 0,35\Omega$, $r_2' = 0,25\Omega$, $x_1 = x_2' = 4,1\Omega$, $g_c = 300\mu S$, $b_m = 800\mu S$ olan üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Δ bağlı, 180kVA'lık, 1600V:400V'luk bir transformatör, sekonderinde güç faktörü $\cos\phi_2=0,9$ geri olan bir tam yükü anma değerlerinde beslemektedir. Bu çalışma için trafonun toplam demir ve bakır kayıplarını, toplam giriş ve çıkış güçlerini, verim ve regülasyonunu hesaplayınız. Ayrıca primer hat akımının ölçülen büyüklüğü ile giriş güç faktörünü de bulunuz. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (**35 puan**)

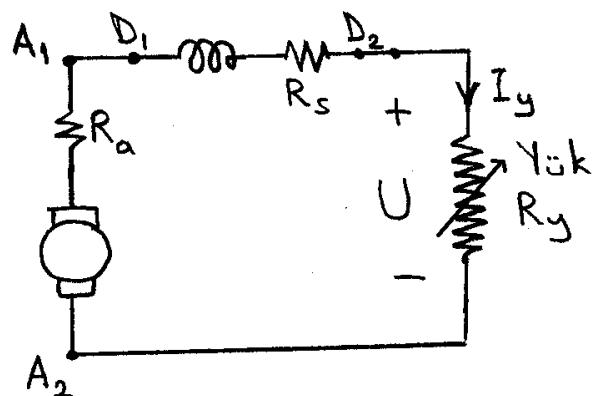
2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, Δ/Δ bağlı bir transformatore açık devre testi ve kısa devre testi uygulandığında primerden ölçülen gerilim, akım ve güçler, hat değeri olarak şöyle bulunmaktadır:

Açık devre testi: 15000V, 2,8A, 62500W

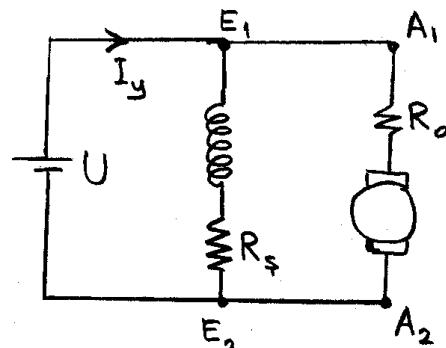
Kısa devre testi: 322V, 120A, 58500W

Ayrıca primer hatlarının bir ucu boştayken diğer iki ucundan ölçülen direnç $r_{ölç} = 1,2\Omega$ olduğuna göre trafonun tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. (**20 puan**)

3) Seri ve armatür sargı dirençleri sırasıyla $R_{seri}=2\Omega$ ve $R_a=3\Omega$ olan şekildeki seri dinamo, $n=3000$ devir/dakika hızla döndürülürken değişken bir yük direncinin belirli bir değeri için uçlarında $U_1=300V$, $I_{y1}=15A$ görülmektedir. Daha sonra dinamo aynı hızda döndürülürken yük direnci değiştirilerek akımı $I_{y2}=10A$ değerine getiriliyor. Bu durumda üç gerilimi (U_2) ne olur? Uyartım akımıyla akının doğru orantılı olduğu bölgede çalışıldığını varsayıınız. (**20 puan**)



4) Şönt ve armatür sargılarının dirençleri sırasıyla $R_s=200\Omega$, ve $R_a=4\Omega$ olan şekildeki şönt motor, $U=600V$ iken $n=3000$ devir/dakika hızla dönüyor ve $I_y=25A$ oluyor. Bu çalışma için sürünme kaybı $P_{sür} = 1200W$ olduğuna göre motorun verimini ve çıkış torkunu bulunuz. (**25 puan**)



BAŞARILAR ...

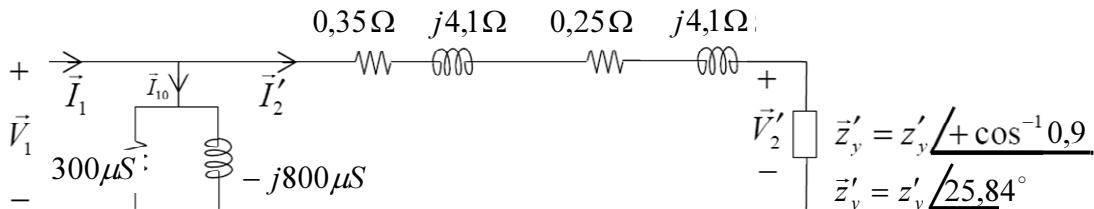
Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI

16.01.2012

- 1)** Primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devreyi kullanalım. V_2 anma sekonder geriliminde olduğu için primere yansıtılmış V'_2 de anma primer geriliminde olur. Δ/Δ bağlı olduğundan her ikisinin tek faz değeri, fazlararası değerlere eşittir: $V'_2 = 1600V$. Tek faz akımı ise: $I'_2 = \frac{180kVA/3}{1600V} = 37,5A$

$$(\text{veya primer } \Delta \text{ bağlı olduğundan } I'_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{180kVA}{\sqrt{3} \cdot 1600V} = 37,5A)$$



Devredeki akım ve gerilim açılarından ilki keyfi olarak sıfır tanımlanabilir: $\vec{V}'_2 = 400V \angle 0^\circ$

$$\text{Buna göre } \vec{I}'_2 = \vec{V}'_2 / \vec{z}'_y = I'_2 \angle (0^\circ - 25,84^\circ) \quad I'_2 = 37,5A \angle -25,84^\circ = (33,75 - j16,35)A$$

$$\vec{V}'_1 = 1600V \angle 0^\circ + \underbrace{((0,35 + 0,25) + j(4,1 + 4,1))\Omega}_{8,222\Omega \angle 85,82^\circ} (37,5A \angle -25,84^\circ) = 1600V + j0V + 308,32V \angle 59,97^\circ$$

$$\vec{V}'_1 = 1600V + j0V + (154 + j267)V = (1754 + j267)V = 1774V \angle 8,65^\circ$$

$$P_{Cu} = 3 \times (0,35 + 0,25)\Omega \cdot (37,5A)^2 = \boxed{P_{Cu} = 2531W} \quad P_{Fe} = 3 \times 300 \times 10^{-6} S \times (1774V)^2 = \boxed{P_{Fe} = 2834W}$$

$$\text{Çıkış gücü: } 180kVA \times 0,9 = \boxed{P_2 = 162kW} \quad \text{Giriş gücü: } 162kW + 2,531kW + 2,834kW = \boxed{P_1 = 167,4kW}$$

$$\text{Verim: } \eta = \frac{162}{167,4} = \%96,8$$

V_1 aynı değerinde tutulup yük açık devre edilirse, sekonder voltajının yansıtımışi yine bu değer olur:

$$V'_{20} = V_1 = 1774V \quad (\vec{V}'_1 \text{ vektörünün kutupsal gösterimdeki büyüklüğü})$$

$$\text{Regülasyon} = \%100 \frac{V'_{20} - V'_{2TY}}{V'_{2TY}} = \%100 \frac{1774 - 1600}{1600} = \boxed{\text{Regülasyon} = \%10,9}$$

$$\begin{aligned} \vec{I}'_1 &= \vec{I}'_2 + \vec{I}_{10} = (33,75 - j16,35)A + \underbrace{(300 - j800)10^{-6} S \times 1774V}_{854,4\mu S \angle -69,44^\circ} \angle 8,65^\circ \\ &= (33,75 - j16,35)A + 1,516A \angle -60,79^\circ = (33,75 - j16,35)A + (0,74 - j1,32)A = (34,49 - 17,67)A \end{aligned}$$

$$\vec{I}'_1 = 38,75A \angle -27,13^\circ \quad \text{Ölçülen primer hat akımı ise } \sqrt{3} \times 38,75A = \boxed{I_1 = 67,12A}$$

$$\text{Giriş (primer) güç faktörü } \cos(8,65^\circ - (-27,13^\circ)) = \cos 35,78^\circ = \boxed{\cos \varphi_1 = 0,811 \text{ geri}}$$

- 2)** Ölçümleri tek faza indirgeyelim. Ölçümler primerden alındığı ve primer Δ bağlı olduğu için

$$V_{10} = 15000V, \quad I_{10} = 2,8A/\sqrt{3} = 1,617A, \quad P_{10} = 62500/3 = 20833W,$$

$$V_{1k} = 322V, \quad I_{1k} = 120A/\sqrt{3} = 69,28A, \quad P_{1k} = 58500/3 = 19500W, \quad r_1 = 1,2\Omega \times 3/2 = \boxed{1,8\Omega = r_1}$$

$$g_c = \frac{20833W}{(15000V)^2} = [92,6\mu S = g_c]$$

$$Y_0 = \frac{1,617A}{15000V} = [107,8\mu S = Y_0]$$

$$b_m = \sqrt{107,8^2 - 92,6^2} \mu S =$$

$$55,1\mu S = b_m$$

$$(r_1 + r'_2) = \frac{19500W}{(69,28A)^2} = 4,06\Omega \quad \rightarrow \quad r'_2 = 4,06\Omega - 1,8\Omega = [2,26\Omega = r'_2] \quad z_k = \frac{322V}{69,28A} = 4,65\Omega$$

$$\rightarrow (x_1 + x'_2) = \sqrt{4,65^2 - 4,06^2}\Omega = 2,26\Omega \quad \rightarrow \quad \frac{2,26\Omega}{2} = [1,13\Omega = x_1 = x'_2]$$

3) Birinci yük için

$$E_1 = 300V + (3\Omega + 2\Omega) \times 15A = 375V$$

ϕ akısı $I_u = I_y$ ile ve ω da n ile doğru orantılı

olduğu için $E = K_a \phi \omega = K I_u n = K I_y n$

$$n \text{ değişmediği için } \frac{E_2}{E_1} = \frac{I_{y2}}{I_{y1}} \text{ olur. Böylece}$$

ikinci yük için emk:

$$E_2 = E_1 \frac{I_{y2}}{I_{y1}} = 375V \times \frac{10}{15} = 250V \text{ olur. Yeni uç gerilimi ise}$$

$$U_2 = 250V - (3\Omega + 2\Omega) \times 10A = [200V = U_2]$$

$$4) I_u = \frac{600V}{200\Omega} = 3A$$

$$I_a = 25A - 3A = 22A$$

$$E = 600V - 4\Omega \times 22A = 512V$$

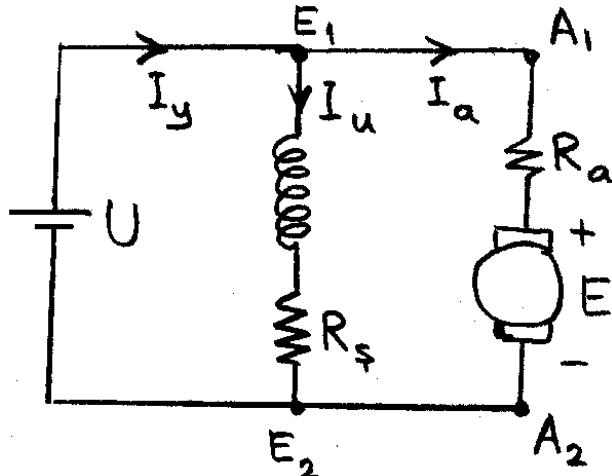
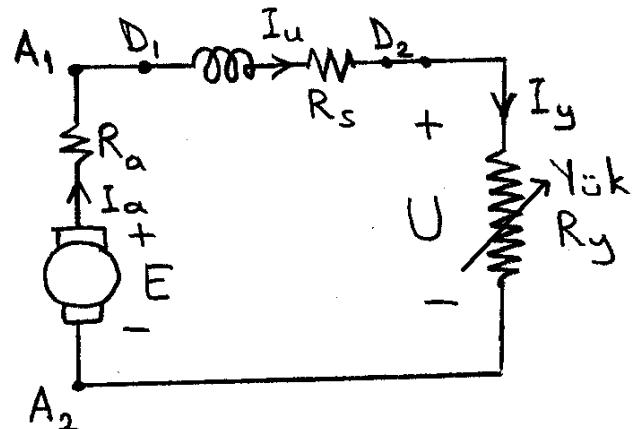
$$\text{Giriş gücü } P_g = 600V \times 25A = 15000W$$

$$\text{Çıkış gücü } P_c = 512V \times 22A - 1200W = 10064W$$

$$\text{Verim} = \frac{10064}{15000} = [\eta = \%67,1]$$

$$\text{Açışal dönüş hızı: } \omega = 3000 \times (\pi/30) rad/s = 314,16 rad/s$$

$$\text{Çıkış torku: } T_c = \frac{10064}{314,16} Nm = [T_c = 32,0Nm]$$



ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI
24.11.2013 Süre: 75 dakika

1) Aşağıdaki (A) ya da (B) sorularından yalnız birisini cevaplayınız.

(A) Tek sargılı (akımına i diyelim) bir elektromıknatısta sargı uçlarına göre endüktans $L(x) = a(b - |x|)$ formülüyle veriliyor. Burada $a > 0$ ve $b > 0$ yapıya bağlı sabitler, x ise sistemdeki herhangi bir mesafe olup $|x| \leq b$ bölgesinde çalışılmaktadır. Bu parçalar arasındaki manyetik kuvvetin mutlak değerini bulunuz. Bu kuvvetin x mesafesini ve $L(x)$ endüktansını artırmaya mı azaltmaya mı çalıştığını ayrı ayrı belirtiniz. Ortamda bu manyetik kuvvetten başka tek kuvvet basit sürtünme kuvveti ise denge konumunda $L(x)$ hangi değeri alır? **(8+5+5+7 puan).**

Yardımcı formül: $F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(x)}{dx}$

(B) Trafo sac yüzeylerinin, akı yoğunluğu çizgilerine göre konumu nasıl olmalıdır (dik mi, paralel mi) **(5 puan)?** Neden **(10 puan)**? AC gerilimde trafo primer boşta çalışma akımının dalga şeklini sinüzoidalilikten bozan sebep nedir? **(10 puan)**

2) Aşağıdaki (A) ya da (B) sorularından yalnız birisini cevaplayınız. **(45 puan)**

(A) Tek fazlı, 50Hz'lik, 20kVA'lık, 2700V:900V'luk bir transformatörün eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 0,2\Omega$, $r_2 = 0,02\Omega$, $x_1 = 1,0\Omega$, $x_2 = 0,1\Omega$, $g_c = 0,008S$, $b_m = 0,009S$ 'dir. Sekonderde güç faktörü 0,8 ileri 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.

(B) Tek fazlı, 50Hz'lik, 20kVA'lık, 300V:900V'luk bir transformatörün eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 0,2\Omega$, $r_2 = 0,02\Omega$, $x_1 = 1,0\Omega$, $x_2 = 0,1\Omega$, $g_c = 0,008S$, $b_m = 0,009S$ 'dir. Sekonderde güç faktörü 0,8 ileri 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.

3) Üç fazlı, 50 Hz'lik, 139 kVA'lık, 2kV:10kV'luk, Δ / Δ bağlı bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Primerden alınan hat ölçümeler şöyledir:

Açık Devre Testi: $V_0 = 2000V$, $I_0 = 2,0 A$, $P_0 = 6000W$,

Kısa Devre Testi: $V_k = 120V$, $I_k = 40 A$, $P_k = 4500W$.

Ayrıca primerin bir hat ucu boştayken, diğer iki hat ucu arasından ölçülen direnç $r_{ölc} = 0,6\Omega$ 'dur. Trafonun tek faza indirgenmiş eşdeğer devre parametrelerini bulunuz. Sekonder sargı direnç ve reaktansının kendi tarafındaki değerlerini de bulunuz. **(30 puan)**

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV CEVAP ANAHTARI

24.11.2013

1) (A)

$$F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(x)}{dx} = \frac{1}{2} i^2 \frac{d}{dx} \{a(b - |x|)\} = -\frac{ai^2}{2} \frac{d|x|}{dx}$$

Burada $\frac{d|x|}{dx} = \frac{|x|}{x}$ olup $x = 0$ 'da tanımsızdır.

$$\text{Dolayısıyla } F = -\frac{ai^2}{2} \frac{|x|}{x} = \begin{cases} -ai^2/2 & x > 0 \text{ ise} \\ ai^2/2 & x < 0 \text{ ise} \end{cases}$$

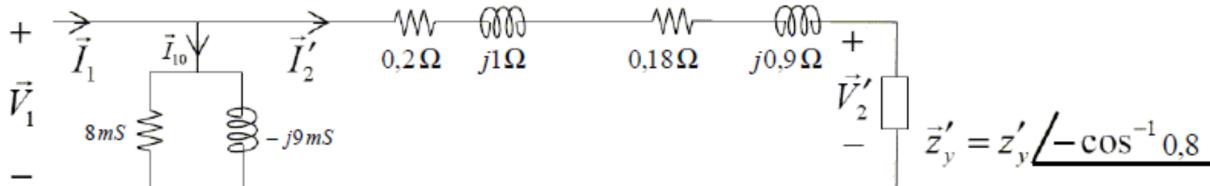
Verilen formüldeki kuvvet, x 'in artış yönünde tanımlı olduğu için mutlak değerce $|F| = ai^2/2$ kuvveti, $x > 0$ iken x 'i azaltmaya, $x < 0$ iken ise x 'i artırmaya çalışan yönedir. Yani $|x|$ 'i azaltmaya çalışmaktadır. Bu ise $L(x) = a(b - |x|)$ endüktansını artırmaya çalıştığı anlamına gelir. Her ne kadar ideal formüle göre $x = 0$ 'da tanımsızlık olsa da idealliği bozan nedenlerden dolayı sistemin $x = 0$ 'da dengeye geleceğini anlayabiliriz. Buna göre denge durumundaki endüktans $L = ab$ olur.

(B)

Trafo sac yüzeyleri, akı yoğunluğu çizgilerine paralel olmalıdır. Çünkü akı değişiminden dolayı oluşan indüksiyon (girdap) akımları akı çizgilerine dik düzlemde dolaşır ve bu akımların yolunu yalıtkan boyasıyla kesebilmesi için, sacların akım dolaşan yüzeye dik, yani akı çizgilerine paralel yerleştirilmesi gereklidir.

AC gerilimde trafo primer boşta çalışma akımının dalga şeklini sinüzoidalilikten bozan sebep, ferromanyetik nüvenin B-H histerezis döngüsünün doğrusal olmamasıdır. Sinüzoidal gerilimin integrali de sinüzoidal olduğundan, bu integralle orantılı B de sinüzoidal olur. Ama H ile B arasında doğru oranti olmayınca kaçınılmaz olarak H ve onunla orantılı primer boşta çalışma akımı sinüzoidalilikten bozulur.

2) (A) Primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devreyi kullanalım. Sarım oranı $N_1/N_2 = 2700/900 = 3$ olduğu için $r'_2 = 3^2 \times 0,02\Omega = 0,18\Omega$ ve $x'_2 = 3^2 \times 0,1\Omega = 0,9\Omega$.



Yük sekonderde anma voltajında ise yansıtılmış yük voltajı V_2' de primerin anma voltajında olur. Bunun açısını da devredeki akım ve gerilim açılarından ilk tanımlanan olduğu için keyfi olarak sıfır alalım: $\vec{V}_2' = 2700V \angle 0^\circ$

$$\vec{I}'_2 = \vec{V}'_2 / \vec{z}'_y = I'_2 \angle (0^\circ - (-36,87^\circ)) \quad I'_2 = \frac{20000VA}{2700V} = 7,41A$$

(veya $I_2 = \frac{20000VA}{900V} = 22,22A \rightarrow I'_2 = \frac{N_2}{N_1} 22,22A = 7,41A$ diye de hesaplanabilirdi ama yansıtılmış yukarıdaki gibi doğrudan bulmak daha kolaydır.) $\rightarrow \vec{I}'_2 = 7,41A \angle 36,87^\circ \rightarrow \vec{I}'_2 = (5,93 + j4,44)A$

$$\vec{V}_1 = 2700V \angle 0^\circ + (0,38 + j1,9)(5,93 + j4,44)V = 2700V + (2,25 + j1,69 + j11,26 - 8,44)V$$

$$\vec{V}_1 = (2694 + j13)V = 2694V \angle 0.3^\circ$$

$$P_{Cu} = 0,38 \Omega \cdot (7,41A)^2 \approx 21W$$

$$P_{Fe} = 8 \times 10^{-3} S \times (2694V)^2 = 58054W$$

$$\text{Çıkış gücü: } P_2 = 20000VA \times 0,8 = 16000W \quad \text{Giriş gücü: } P_1 = 16000W + 21W + 58054W = 74075W$$

$$\text{Verim: } \eta = \frac{16000}{74075} = \% 21,6$$

V_1 aynı değerinde tutulup yük açık devre edilirse, sekonder voltajının yansıtımışi yine bu değer olur:

$$V'_{20} = V_1 = 2694V \quad (\vec{V}_1 \text{ vektörünün kutupsal gösterimdeki büyüklüğü})$$

$$\text{Regülatör} = \% 100 \cdot \frac{V'_{20} - V'_{2TY}}{V'_{2TY}} = \% 100 \cdot \frac{2694 - 2700}{2700} = \boxed{\text{Regülatör} = \% -0,23}$$

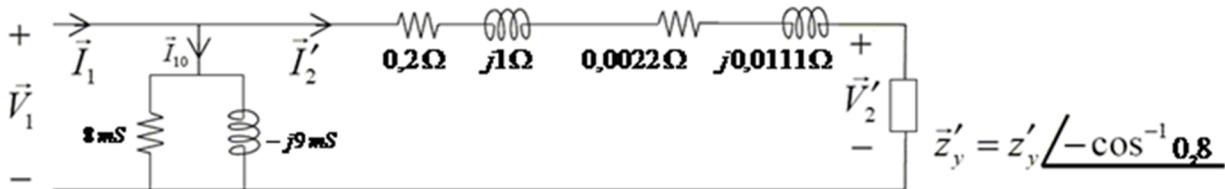
(Kapasitif yükle göre hesaplanırsa regülatör bazen eksi olabilir. Bunun anlamı yüklenince voltajın yükseldiğidır.)

$$\vec{I}_1 = \vec{I}'_2 + \vec{I}_{10} = (5,93 + j4,44)A + \underbrace{(0,008 - j0,009)(2694 + j13)A}_{21,55+j0,10-j24,24+0,12} = (27,59 - j19,70)A = \vec{I}_1 = 33,90A \angle -35,5^\circ$$

$$\text{Ölçülen primer akımı } I_1 = 33,9A$$

$$\text{Giriş (primer) güç faktörü } \cos(0,3^\circ - (-35,5^\circ)) = \cos 35,8^\circ = \boxed{\cos \varphi_1 = 0,811 \text{ geri}}$$

(B) Primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devreyi kullanalım. Sarım oranı $N_1/N_2 = 300/900 = 1/3$ olduğu için $r'_2 = 0,02\Omega/3^2 = 2,2m\Omega$ ve $x'_2 = 0,1\Omega/3^2 = 11,1m\Omega$.



Diğer şıktakine benzer yollarla şunlar bulunur:

$$\vec{V}'_2 = 300V \angle 0^\circ \quad \vec{I}'_2 = \vec{V}'_2 / \vec{z}'_y = I'_2 \angle (0^\circ - (-36,87^\circ)) \quad I'_2 = \frac{20000VA}{300V} = 66,67A$$

$$\rightarrow \vec{I}'_2 = 66,67A \angle 36,87^\circ \rightarrow \vec{I}'_2 = (53,33 + j40,00)A$$

$$\vec{V}_1 = 300V \angle 0^\circ + (0,2022 + j1,011)(53,33 + j40,00)V = 300V + (10,785 + j8,089 + j53,926 - 40,444)V$$

$$\vec{V}_1 = (270,34 + j62,02)V = 277,36V \angle 12,9^\circ$$

$$P_{Cu} = 0,2022 \Omega \cdot (66,67A)^2 = 899W$$

$$P_{Fe} = 8 \times 10^{-3} S \times (277,36V)^2 = 615W$$

$$\text{Çıkış gücü: } P_2 = 20000VA \times 0,8 = 16000W$$

$$\text{Giriş gücü: } P_1 = 16000W + 899W + 615W = 17514W$$

$$\text{Verim: } \eta = \frac{16000}{17514} = \% 91,4$$

V_1 aynı değerinde tutulup yük açık devre edilirse, sekonder voltajının yansıtımışı yine bu değer olur:

$$V'_{20} = V_1 = 277,36 \text{ V} \quad (\vec{V}_1 \text{ vektörünün kutupsal gösterimdeki büyüklüğü})$$

$$\text{Regülasyon} = \%100 \cdot \frac{V'_{20} - V'_{2TY}}{V'_{2TY}} = \%100 \cdot \frac{277,36 - 300}{300} = \boxed{\text{Regülasyon} = \% - 7,5}$$

$$\begin{aligned} \vec{I}_1 &= \vec{I}'_2 + \vec{I}_{10} = (53,33 + j40,00)A + \underbrace{(0,008 - j0,009)(270,34 + j62,02)}_{2,16+j0,50-j2,43+0,56} A \\ &= (56,05 + j38,06)A = \vec{I}_1 = 67,76A \angle 34,2^\circ \end{aligned}$$

Ölçülen primer akımı $I_1 = 67,76A$

Giriş (primer) güç faktörü $\cos(12,9^\circ - 34,2^\circ) = \cos(-21,3^\circ) = \boxed{\cos \varphi_1 = 0,932}$ ileri

3) Ölçümleri tek fazda indirgeyelim. Primer Δ olduğu için:

$$V_{10} = 2000 \text{ V} \quad I_{10} = \frac{2,0A}{\sqrt{3}} = 1,155A \quad P_{10} = \frac{6000 \text{ W}}{3} = 2000 \text{ W}$$

$$V_{1k} = 120 \text{ V} \quad I_{1k} = \frac{40A}{\sqrt{3}} = 23,09A \quad P_{1k} = \frac{4500 \text{ W}}{3} = 1500 \text{ W} \quad r_1 = \frac{3}{2} \cdot 0,6 \Omega = \boxed{r_1 = 0,9 \Omega}$$

$$g_c = \frac{2000 \text{ W}}{(2000 \text{ V})^2} = \boxed{500 \mu S = g_c} \quad Y_0 = \frac{1,155A}{2000 \text{ V}} = \boxed{577 \mu S = Y_0}$$

$$b_m = \sqrt{577^2 - 500^2} \mu S = \boxed{b_m = 289 \mu S}$$

$$(r_1 + r'_2) = \frac{1500 \text{ W}}{(23,09A)^2} = 2,81 \Omega \quad \rightarrow \quad r'_2 = 2,81 \Omega - 0,9 \Omega = \boxed{r'_2 = 1,91 \Omega}$$

$$z_k = \frac{120 \text{ V}}{23,09A} = 5,20 \Omega \quad (x_1 + x'_2) = \sqrt{5,20^2 - 2,81^2} \Omega = 4,37 \Omega \quad \rightarrow \quad \frac{4,37 \Omega}{2} = \boxed{x_1 = x'_2 = 2,18 \Omega}$$

Sekonder sargısının direnç ve reaktansının sekonderdeki değerlerini bulalım:

Sarım oranı primer ve sekonder aynı bağlantı türünde olduğu için $2kV/10kV = \boxed{N_1/N_2 = 1/5}$

$$r_2 = (N_2/N_1)^2 \times 1,91 \Omega = 5^2 \times 1,91 \Omega = \boxed{r_2 = 47,8 \Omega}$$

$$x_2 = (N_2/N_1)^2 \times 2,18 \Omega = 5^2 \times 2,18 \Omega = \boxed{x_2 = 54,6 \Omega}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

09.11.2014 Süre: 75 dakika

1) Trafoda akım dönüşüm oranını, manyetik devresi üzerinde her türlü kayıpları ve kaçak akıları sıfır alarak çıkartmaya çalışınız. Endüktans (sarım sayıları ya da μ) sonlu olduğu sürece akım dönüşüm oranı formülünün yaklaşık olduğunu gösteriniz. (**25 puan**)

2) Tek fazlı, 50Hz'lik, 250kVA'lık, 10kV:1kV'luk bir transformatörün eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 2,2\Omega$, $r_2 = 0,018\Omega$, $x_1 = 15\Omega$, $x_2 = 0,15\Omega$, $g_c = 15\mu\text{S}$, $b_m = 120\mu\text{S}$ 'dir. Sekonderde güç faktörü 0,9 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. (**45 puan**)

3) Tek fazlı, 50 Hz'lik, 100 kVA'lık, 4kV:1kV'luk, bir transformatöre açık devre ve kısa devre testleri uygulanıyor. Primerden alınan ölçümler şöyledir:

Açık Devre Testi: $V_0 = 4000\text{V}$, $I_0 = 0,65\text{A}$, $P_0 = 850\text{W}$,

Kısa Devre Testi: $V_k = 40\text{V}$, $I_k = 25\text{A}$, $P_k = 700\text{W}$.

Ayrıca primerin sargı direnci $0,48\Omega$ ölçülüyor. Trafonun eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Sekonder sargı direnç ve reaktansının kendi tarafındaki değerlerini de bulunuz. (**30 puan**)

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 2014 VİZE SINAVI CEVAPLARI (9 Kasım 2014)

Cevap 1) Trafo prensip şemasına Amper kanunu uygulanırsa, ya da manyetik devrede mmk kaynakları bileşkesi relüktansa eşitlenirse:

$$N_1 i_1 - N_2 i_2 = \frac{l\phi}{\mu A}$$

olur. Ancak $\mu \approx \infty$ ya da " $N_1 = \infty$ ve $N_2 = \infty$ " olursa sağ taraf, sol tarafın yanında sıfır kabul edilebilir. Aksi halde yaklaşık sıfır alınarak (ihmal edilerek)

$$N_1 i_1 - N_2 i_2 \approx 0 \rightarrow [N_1 i_1 \approx N_2 i_2] \text{ yazılabilir.}$$

Cevap 2) Primere yansıtılmış devre kullanılırsa

$$r'_2 = 1,8 \Omega, x'_2 = 15 \Omega$$

$$I'_2 = (22,5 - j10,89)A = 25A \angle -25,84^\circ$$

$$I_{10} = (0,232 - j1,241)A$$

$$I_1 = (22,732 - j12,138)A = 25,77A \angle -28,1^\circ \text{ (Primer akımı büyüklüğü } 25,77A)$$

$$V_1 = 10436 V \angle 3,5^\circ$$

$$P_{Cu} = 2500 W \quad P_{Fe} = 1634 W \quad P_1 = 229134 W \quad P_2 = 225000 W$$

$$\eta = \% 98,2 \quad \text{Reg} = \% 4,4 \quad \cos \varphi_1 = \cos 31,6^\circ = 0,852 \text{ geri}$$

Cevap 3) $g_c = 53,1 \mu S \quad Y_o = 162,5 \mu S \quad b_m = 153,6 \mu S$

$$r_1 + r'_2 = 1,12 \Omega \quad Z_k = 1,60 \Omega \quad x_1 + x'_2 = 1,14 \Omega$$

$$r_1 = 0,48 \Omega \quad r'_2 = 0,64 \Omega \quad x_1 = x'_2 = 0,57 \Omega$$

$$r_2 = 40 m\Omega \quad x_2 = 35,7 m\Omega$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI

30.12.2014 Süre: 90 dakika

- 1) Üç fazlı, 50Hz'lik, Y/Y bağlı, 20kVA'lık, 1600V:400V'luk, bir transformatörün tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

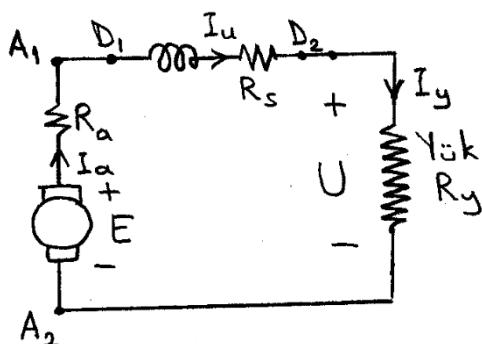
$$r_1 = 1,5 \Omega, r'_1 = 2,5 \Omega, x_1 = 12 \Omega, x'_1 = 12 \Omega, g_c = 50 \mu\text{S}, b_m = 320 \mu\text{S}$$

Sekonderde güç faktörü 0,8 geri olan bir tam yük anma geriliminde besleniyor. Trafonun toplam demir kaybını, bakır kaybını, giriş ve çıkış güçlerini, verimini ve regülasyonunu bulunuz. **(25 puan)**

- 2) Anma güçleri ve kısa devre oranları sırasıyla $S_1 = 100\text{kVA}$, $u_{k1} = \%4$ ve $S_2 = 50\text{kVA}$, $u_{k2} = \%2$ olan 2 trafo paralel bağlanırsa sistemin yeni anma gücü ne olur? Bu yeni anma gücüyle yüklenirse her bir trafonun payına düşen yük ne olur? Yaklaşık olarak hesaplayınız. **(20 puan)**

- 3) AC akımlı bir elektromagneti, bir demir parçasını $A = 20 \text{ cm}^2$ kesit alanı üzerinde yere göre sabit sayılabilenek şekilde $B = (1,414T) \cdot \sin(314t)$ biçiminde zaman(t) ile değişen akı yoğunluğuna maruz bırakıyor. Elektromagneti demire uyguladığı manyetik çekme kuvvetinin ortalama değerini bulunuz. **(15 puan)**

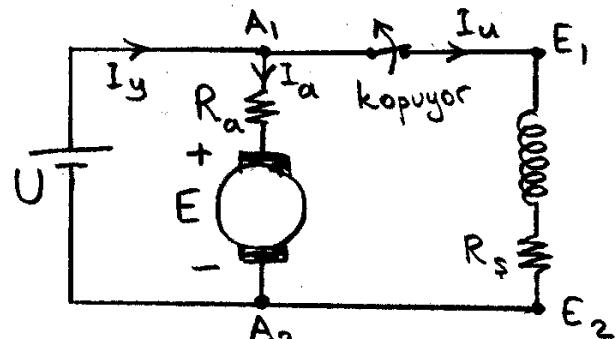
Yardımcı formül: Mutlak değerce anlık manyetik kuvvet: $F = \frac{B^2 A}{2\mu_0}$ ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$)



- 4) Yandaki seri dinamoda $R_a = R_s = 1 \Omega$ olup, $U = 200 \text{ V}$, $I_y = 15 \text{ A}$, $n = 1000 \text{ devir/dakika}$, sürtünme kayıpları ise $300\text{W}'tir$. Dinamonun verimini ve brüt giriş torkunu hesaplayınız. **(20 puan)**

- 5) Yandaki şekildeki şont motorda $R_a = 1 \Omega$, $R_s = 200 \Omega$ olup, $U = 400 \text{ V}$ ile $I_y = 40 \text{ A}$ çekerek çalışırken, birden bir kazayla şont sargı hattı gösterilen yerden kopuyor. Kopmadan sonraki artık mıknatısıyet akısı, kopmadan hemen önceki uyartım akısının $\%4$ 'ü oluyor. Hızdaki değişimin akımdaki değişimine göre çok yavaş olduğu varsayımyla, kopmadan hemen sonraki I_y akımını bulunuz. **(20 puan)**

BAŞARILAR ...



Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI CEVAP ANAHTARI

30.12.2014 (Güz 2014-15 final)(31.12.2014 tarihinde düzeltilmiş)

Geçmiş cevap anahtarlarında benzeri çok olan soruların gidiş yolu anlatılmadan sadece ara değerleri ve sonuçları verilmiştir.

$$1) \vec{V}'_2 = 924 V \angle 0^\circ, \quad \vec{I}'_2 = 7,22 A \angle -36,87^\circ = (5,77 - j4,33) A, \\ \vec{V}_1 = 1058 V \angle 6,58^\circ = (1051 + j121) V, \\ P_{Cu} = 625 W, \quad P_{Fe} = 168 W, \quad P_2 = 16\,000 W, \quad P_1 = 16\,793 W \\ \eta = \frac{16\,000}{16\,793} = \%95,3, \quad \text{Reg} = \frac{1058 - 924}{924} = \%14,5$$

$$2) S_T = 100 \text{ kVA} + 50 \text{ kVA} = 150 \text{ kVA} \quad \frac{150}{u_{kes}} = \frac{100}{\%4} + \frac{50}{\%2} \quad \rightarrow \quad u_{kes} = \%3$$

Sistem S_T ile yüklenirse her birinin payına düşen yük:

$$S_{1y} = \frac{100 \text{ kVA}}{\%4} \cdot \%3 = 75 \text{ kVA} < S_1 \quad S_{2y} = \frac{50 \text{ kVA}}{\%2} \cdot \%3 = 75 \text{ kVA} > S_2$$

2. trafo aşırı yükleniği için toplam yük onu kendi anma gücüne düşürecek şekilde $50/75 = 2/3$ katına düşürülür. Her tafonun payına düşen yük de aynı oranda azalır.

$$\text{Paralel bağlı sistemin anma gücü} = S'_T = \frac{2}{3} \cdot 150 \text{ kVA} = 100 \text{ kVA}$$

$$\text{Bu yükte her bir tafonun payına düşen yük: } S'_{1y} = \frac{2}{3} \cdot 75 \text{ kVA} = 50 \text{ kVA} \quad S'_{2y} = \frac{2}{3} \cdot 75 \text{ kVA} = 50 \text{ kVA}$$

Trafoların paralel bağlanması sonucunda yeni anma gücü, trafolardan bazısının tek başına anma gücünden küçük bile olabilir. Burada birinin gücüne eşit çıkmıştır. Ama sonuçta kayıplar ve kısa devre oranı azalmıştır (iyileşmiş).

3) Anlık kuvvet B^2 ile orantılı olduğuna göre ortalama kuvvet B 'nin karesinin ortalaması ile yani kare ortalamasının karekökü ($rms = root mean square$) değerinin karesi ile orantılı olur. Yani:

$$F_{ort} = \frac{B_{rms}^2 A}{2\mu_0} \text{ olur.} \quad B_{rms} = \frac{1,414 T}{\sqrt{2}} = 1,0 T \quad A = 20 \text{ cm}^2 = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \\ \rightarrow F_{ort} = \frac{(1,0 T)^2 \times 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2}{2 \times 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}} = 796 \text{ N}$$

$$4) E = 230 V, \quad P_{cikis} = 3000 W, \quad P_m = 3450 W$$

$$\text{Sürtünme dahil (brüt) giriş gücü: } P_{giris} = 3750 W, \quad \eta = \frac{3000}{3750} = \%80$$

$$\omega = \frac{\pi}{30} \cdot 1000 \text{ rad/s} = 104,7 \text{ rad/s}$$

$$\text{Sürtünme dahil (brüt) giriş torku: } T_{giris} = \frac{3750 W}{104,7 \text{ rad/s}} = 35,8 \text{ Nm}$$

$$5) \text{Kopmadan önce } I_u = 2 \text{ A}, \quad I_a = 38 \text{ A}, \quad E = 362 \text{ V.}$$

E ile akı orantılı olduğu için kopmadan sonra akı $\%4$ 'üne düşunce E de $\%4$ 'üne düşer: $E' = 14,5 \text{ V}$
 $I_y' = I_a' = 386 \text{ A}$. Koruma sistemiyle akım kesilmmezse motor yanar.

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

20.01.2015 Süre: 90 dakika

- 1) Üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Y bağlı, 50kVA'luk, 1155V:400V'luk, bir transformatörün tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

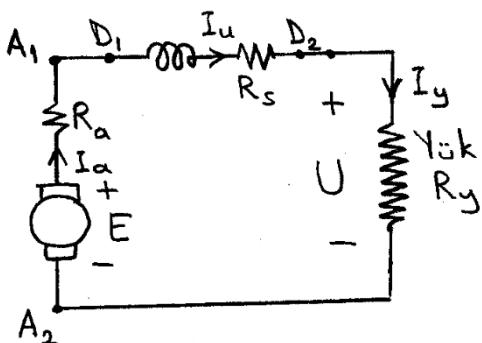
$$r_1 = 0,5 \Omega, r'_1 = 0,3 \Omega, x_1 = 6 \Omega, x'_1 = 6 \Omega, g_c = 125 \mu\text{S}, b_m = 950 \mu\text{S}$$

Sekonderde güç faktörü 0,7 geri olan bir tam yük, anma geriliminde besleniyor. Trafonun toplam demir kaybını, bakır kaybını, giriş ve çıkış güçlerini, verimini ve regülasyonunu bulunuz. (25 puan)

- 2) Anma güçleri ve kısa devre oranları sırasıyla $S_1 = 160\text{kVA}$, $u_{k1} = \%4$, $S_2 = 120\text{kVA}$, $u_{k2} = \%3$ ve $S_3 = 90\text{kVA}$, $u_{k3} = \%3$ olan 3 trafo paralel bağlanırsa sistemin yeni anma gücü ne olur? Bu yeni anma gücüyle yüklenirse her bir trafonun payına düşen yük ne olur? Yaklaşık olarak hesaplayınız. (20 puan)

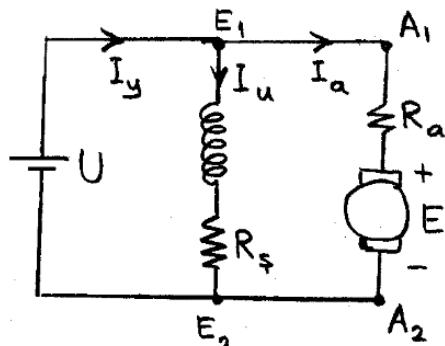
- 3) Tek sargılı bir elektromagnatın endüktansı, $L(x) = \frac{\mu_0 N^2 A}{2g \cdot a} (a - |x|)$ formülüyle veriliyor. Burada N sarım sayısı, A en büyük etkin kesit, g bir hava aralığı ve a genişliktir. x ise hareketli parçanın denge konumundan uzaklığı olup $|x| < a$ bölgesiyle ilgileniyoruz. Buna göre sargıdan i akımı geçerken hareketli parça üzerindeki kuvvet ne olur? Mutlak değerce konuşursak, bu kuvvet x mesafesini ne yapmaya yöndedir? Son kısım için seçenekler: B) artıran, P) azaltan, M) mutlak değerce artıran, V) mutlak değerce azaltan.

Yardımcı formül: $F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(x)}{dx}$ (15 puan)



- 4) Yandaki seri dinamoda $R_a = R_s = 0,25 \Omega$ olup, $U = 100 \text{ V}$, $I_y = 20 \text{ A}$, $n = 1200$ devir/dakika, sürtünme kayipları ise 300W 'tir. Dinamondun verimini ve brüt giriş torkunu hesaplayınız. (20 puan)

- 5) Yandaki şekildeki şont motorda $R_a = 1 \Omega$, $R_s = 200 \Omega$ olup, $U = 400 \text{ V}$ ile $I_y = 40 \text{ A}$ çekerek çalışırken, hız $n=2000$ devir/dakika ve sürtünme kaybı 1400W olmaktadır. Motorun verimini ve çıkış torkunu bulunuz. (20 puan)



ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI CEVAP ANAHTARI

20.01.2015

Dikkat: 1., 4. ve 5. soru çözümlerinin adımları geçmişte çok verildiği için sadece ara değerler ve sonuçlar verilmiştir.

$$1) \vec{V}'_2 = 1155 V \angle 0^\circ, \quad \vec{I}'_2 = 14,43 A \angle -45,6^\circ = (10,1 - j10,3) A, \quad \vec{V}_1 = (1287 + j113) V = 1292 V \angle 5,0^\circ,$$

$$P_{Fe} = 626 W, \quad P_{Cu} = 500 W, \quad P_{cikis} = 35000 W, \quad P_{giris} = 36125 W$$

$$\text{Verim} = \%96,9 \quad \text{Regülasyon} = \%11,8$$

$$2) u_{kes} = \% \left(\frac{370}{110} \right) = \%3,36. \text{ Sistem } (160 + 120 + 90) \text{ kVA} = 370 \text{ kVA} \text{ ile yüklenirse, her bir trafonun payına düşen yük: } S_{1y} = \frac{3,36}{4} \cdot 160 \text{ kVA} = 135 \text{ kVA} < S_1,$$

$$S_{2y} = \frac{3,36}{3} \cdot 120 \text{ kVA} = 135 \text{ kVA} > S_2,$$

$$S_{3y} = \frac{3,36}{3} \cdot 90 \text{ kVA} = 101 \text{ kVA} > S_3$$

2. ve 3. trafolar aşırı yüklenmiş olur. $u_{k2} = u_{k3}$ olduğu için ikisinin de aşırı yüklenme oranı aynıdır. Bunların yükünü kendi anma güçlerine düşürmek için, bütün yükler $3/3,36$ katsayısıyla çarpılarak düşürülmelidir. Buna göre paralel bağlı sistemin anma gücü $= 370 \text{ kVA} \times 3 / 3,36 = S_T' = 330 \text{ kVA}$ olur.

$$S_T' \text{ ile yüklenmesi halinde her bir trafonun payına düşen yük: } S'_{1y} = \frac{3}{3,36} \cdot 135 \text{ kVA} = 120 \text{ kVA} < S_1,$$

$$S'_{2y} = \frac{3}{3,36} \cdot 135 \text{ kVA} = 120 \text{ kVA} = S_2, \quad S'_{3y} = \frac{3}{3,36} \cdot 101 \text{ kVA} = 90 \text{ kVA} = S_3$$

$$3) F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(x)}{dx} = \frac{-\mu_0 N^2 i^2 A}{4g \cdot a} \frac{d}{dx}(|x|)$$

Dikkat: $\frac{d}{dx}(|x|) = \frac{|x|}{x} = \frac{x}{|x|}$ olup, $x = 0$ 'da türevin tanımsızlığını da gösteren bir ifadedir.

$$\frac{d}{dx}(|x|) = \begin{cases} -1 & x < 0 \\ 1 & x > 0 \end{cases} \text{ biçiminde de yazılabilir. Yerine yazılırsa}$$

$$F = \begin{cases} \frac{\mu_0 N^2 i^2 A}{4g \cdot a} & x < 0 \text{ ise} \\ \frac{-\mu_0 N^2 i^2 A}{4g \cdot a} & x > 0 \text{ ise} \end{cases}$$

Formüldeki kuvvet, x 'in artış yönüne göre verildiği için kuvvet, $x < 0$ iken x 'i artırmaya, $x > 0$ iken ise x 'i azaltmaya çalışan yönedir. Özette kuvvet, $|x|$ 'i azaltmaya çalışan yönedir (V şıkları).

$$4) E = 110 \text{ V}, \quad P_{giris} = 2500 \text{ W}, \quad P_{cikis} = 2000 \text{ W}, \quad \text{Verim} = \%80, \quad \text{Giriş Torku} = \frac{2500 \text{ W}}{125,7 \text{ rad/s}} = 19,9 \text{ Nm}$$

$$5) I_u = 2 \text{ A}, \quad I_a = 38 \text{ A}, \quad E = 362 \text{ V}, \quad P_{giris} = 16000 \text{ W}, \quad P_{cikis} = 12356 \text{ W},$$

$$\text{Verim} = \%77,2, \quad \text{Çıkış Torku} = \frac{12356 \text{ W}}{209,4 \text{ rad/s}} = 59,0 \text{ Nm}$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

08.11.2015 Süre: 70 dakika

- 1) Tek sargılı (akımına i diyelim) bir rölede(elektromıknatıs), hareketli parçanın x konumuna bağlı olarak sargı uçlarına göre endüktans $L(x) = a(b - |x|)$ formülüyle veriliyor. Burada $a > 0$ ve $b > 0$ yapıya bağlı sabitler olup $|x| \leq b$ bölgesinde çalışılmaktadır. Bu parçalar arasındaki manyetik kuvvetin mutlak değerini bulunuz. Bu kuvvetin x ve $L(x)$ endüktans değerlerini artırmaya mı azaltmaya mı çalıştığını ayrı ayrı belirtiniz.

(10+5+5 puan)

Yardımcı formül: $F = \frac{1}{2}i^2 \frac{dL(x)}{dx}$

- 2) a) Trafo sac yüzeylerinin, akı yoğunluğu çizgilerine göre konumu nasıl olmalıdır (dik mi, paralel mi)? Neden? (5+5 puan)

b) AC gerilimde trafo primer boşta çalışma akımının dalga şeklini sinüzoidallikten bozan sebep nedir?

(5 puan)

- 3) Eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 8\Omega$, $r_2 = 0,06\Omega$, $x_1 = 27\Omega$, $x_2 = 0,27\Omega$, $g_c = 150\mu S$, $b_m = 800 \mu S$ olan (g_c ve b_m değerleri primer tarafında gösterilen değerleridir) 240V:24V 'luk, 50Hz'lik, 360VA'lık tek fazlı bir transformatör, sekonderinde birim güç faktörlü ($\cos\phi_2=1$) olan bir tam yükü anma değerlerinde beslemektedir. Bu çalışma için trafonun verimini, regülasyonunu, primer akımını ve giriş güç faktörünü hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (40 puan)

- 4) Tek fazlı 220V:55V'luk bir transformatöre açık devre testi ve kısa devre testi uygulandığında primerden ölçülen gerilim, akım ve güçler şöyle bulunmaktadır:

Açık devre testi: 220V , 0,15A , 8,0W

Kısa devre testi: 9,0V , 2,5A, 12W

Ayrıca primer sargısı direnci $r_1 = 0,85\Omega$ ölçüldüğüne göre trafonun eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Sekonder sargısı direnç ve kaçak reaktansını, sekonderdeki değerleriyle de bulunuz. (25 puan)

BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI-1 ARASINAV CEVAP ANAHTARI
08 Kasım 2015

$$1) F = \frac{1}{2} i^2 \frac{d}{dx} \{a(b-|x|)\} = -\frac{ai^2}{2} \frac{d}{dx} \{|x|\}$$

$$\frac{d}{dx} \{|x|\} = \frac{|x|}{x} = \frac{x}{|x|} = \begin{cases} 1 & x > 0 \text{ ise} \\ -1 & x < 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (x=0 \text{ ise tanımsız})$$

$$F = \begin{cases} -ai^2/2 & x > 0 \text{ ise} \\ ai^2/2 & x < 0 \text{ ise} \end{cases}$$

F , x 'in artışı yönünde tanımlı olduğundan,
 $x > 0$ için $F < 0$
olup x 'i artırmaya cağızır,
 $x < 0$ için $F > 0$ olup
 x 'i artırmaya cağızır.

Yani $|F| = \frac{ai^2}{2}$ kuvveti $|x|$ 'i artırmaya cağızır.

Bu da $L(x)$ endüktansını artırmaya cağızır.

- 2) a) Paralel olmalıdır. Çünkü induksiyonla oluşan girdap akımları
akı alegillerine dik düzleme dolaşır. Sac yüzeylerindeki
yalıtkan boyası, bu akımların yolunu keserek kaybı azaltır.
b) Histerezis-eğrisinin (döngüsünün) doğrusal olmaması.

$$3) N_1/N_2 = 10, \quad r_2' + jx_2' = (6+j27) \Omega \quad \vec{V}_2' = 240V \angle 0^\circ$$

$$\vec{I}_2' = 1,5A \angle 0^\circ \quad \vec{V}_1 = (261+j81)V = 273,3V \angle 17^\circ$$

$$P_{Fe} = 11,2W \quad P_{Cu} = 31,5W \quad P_2 = 360W \quad P_1 = 403W$$

$$\eta = P_2/P_1 = \%89,4 \quad \text{Reg} = \%13,9$$

$$\vec{I}_{10} = (0,104-j0,197)A \quad \vec{I}_1 = (1,604-j0,197)A = 1,62A \angle -7^\circ$$

$$\cos \varphi_1 = \cos 24^\circ = 0,912 \text{ geri}$$

$$4) \quad g_c = 165 \mu S \quad Y_o = 682 \mu S \quad b_m = 661 \mu S$$

$$r_1 + r_2' = 1,92 \Omega \quad r_1 = 0,85 \Omega \quad r_2' = 1,07 \Omega$$

$$Z_k = 3,6 \Omega \quad x_1 + x_2' = 3,05 \Omega \quad x_1 = x_2' = 1,52 \Omega$$

$$N_1/N_2 = 4 \quad r_2 = 67 m\Omega \quad x_2 = 95 m\Omega$$

Dikkat: 3. ve 4. sorular geçmişte çok sorulduğu için sadece cevapları verilmiştir. Sınavda öğrenciden ara adımları da göstermesi beklenir.

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI
28.12.2015 Süre: 60 dakika

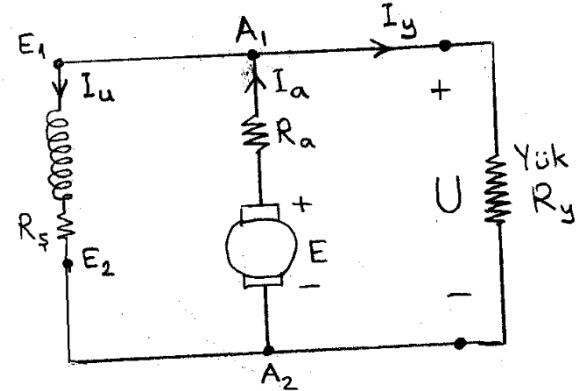
1) Üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Δ bağlı, 20kVA'lık, 1200V:400V'luk, bir transformatorun tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 0,5 \Omega, r'_1 = 0,3 \Omega, x_1 = 6 \Omega, x'_1 = 6 \Omega, g_c = 125 \mu\text{S}, b_m = 950 \mu\text{S}$$

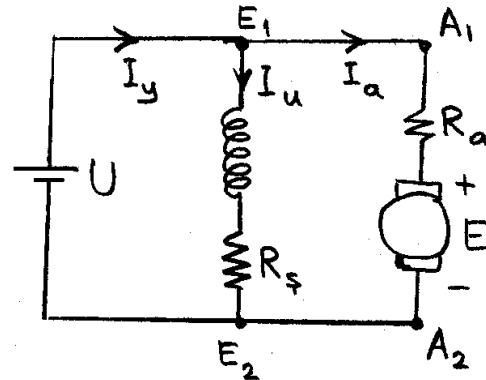
Sekonderde güç faktörü 0,7 geri olan bir tam yük, anma geriliminde besleniyor. Trafonun toplam demir kaybını, bakır kaybını, giriş ve çıkış güçlerini, verimini ve regülasyonunu bulunuz. **(25 puan)**

2) Anma güçleri ve kısa devre oranları sırasıyla $S_1 = 160\text{kVA}$, $u_{k1} = \%4$, $S_2 = 120\text{kVA}$, $u_{k2} = \%3$ ve $S_3 = 100\text{kVA}$, $u_{k3} = \%2$ olan 3 trafo paralel bağlanırsa sistemin yeni anma gücü ne olur? Bu yeni anma gücüyle yüklenirse her bir trafonun payına düşen yük ne olur? Yaklaşık olarak hesaplayınız. **(25 puan)**

3) Şekildeki şont dinamoda $R_a = 0,5 \Omega$, $R_s = 250 \Omega$, $U = 250 \text{ V}$, $I_y = 10\text{A}$, dönüş hızı $n = 1000 \text{ devir/dk}$, sürtünme kaybı $P_{sür} = 200\text{W}$ olduğuna göre verimi ve giriş torkunu hesaplayınız. **(25 puan)**



4) Şekildeki şont motorda $R_a = 0,3 \Omega$, $R_s = 125 \Omega$, $U = 250 \text{ V}$, $I_y = 10\text{A}$, dönüş hızı $n = 2000 \text{ devir/dk}$, sürtünme kaybı $P_{sür} = 200\text{W}$ olduğuna göre verimi ve çıkış torkunu hesaplayınız. **(25 puan)**



ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL CEVAP ANAHTARI
28.12.2015 (Güz 2015-16)

1) $\vec{V}'_2 = 1200 V \angle 0^\circ$, $\vec{I}'_2 = 5,56 A \angle -45,6^\circ = (3,89 - j3,97) A$,

$$\vec{V}_1 = (1251 + j43) V = 1251,5 V \angle 2,0^\circ,$$

$$P_{Fe} = 587 W, \quad P_{Cu} = 74 W, \quad P_{cikis} = 14000 W, \quad P_{giris} = 14661 W$$

$$\text{Verim} = \%95,5 \quad \text{Regülatör} = \%4,3$$

(Bu soru kalıbı daha önce çok çözüldüğü için öğrenciden istenen ayrıntılı adımlar burada gösterilmemiş, cevaplar ve önemli ara değerler verilmiştir.)

2) $u_{kes} = \% \left(\frac{380}{130} \right) = \%2,923$. Sistem $(160 + 120 + 100) \text{ kVA} = 380 \text{ kVA}$ ile yüklenirse, her bir trafonun payına düşen yük: $S_{1y} = \frac{2,923}{4} \cdot 160 \text{ kVA} = 117 \text{ kVA} < S_1$,

$$S_{2y} = \frac{2,923}{3} \cdot 120 \text{ kVA} = 117 \text{ kVA} < S_2,$$

$$S_{3y} = \frac{2,923}{2} \cdot 100 \text{ kVA} = 146 \text{ kVA} > S_3$$

3. trafo aşırı yüklenmiş olur. Bunun yükünü kendi anma gücüne düşürmek için, bütün yükler $2/2,923$ katsayısıyla çarpılarak düşürülmelidir. Buna göre paralel bağlı sistemin anma gücü $= 380 \text{ kVA} \times 2 / 2,923 = S_T' = 260 \text{ kVA}$ olur.

S_T' ile yüklenmesi halinde her bir trafonun payına düşen yük: $S'_{1y} = \frac{2}{2,923} \cdot 117 \text{ kVA} = 80 \text{ kVA} < S_1$,

$$S'_{2y} = \frac{2}{2,923} \cdot 117 \text{ kVA} = 80 \text{ kVA} < S_2, \quad S'_{3y} = \frac{2}{2,923} \cdot 146 \text{ kVA} = 100 \text{ kVA} = S_3$$

3) $I_u = \frac{250 V}{250 \Omega} = 1 A$, $I_a = 10 A + 1 A = 11 A$, $E = 250 V + 0,5 \Omega \times 11 A = 255,5 V = E$

$$P_{giris} = 255,5 V \times 11 A + 200 W = 3011 W = P_{giris}$$

$$P_{cikis} = 250 V \times 10 A = 2500 W = P_{cikis}$$

$$\text{Verim} = \frac{2500}{3011} = \%83$$

$$\omega = \frac{\pi}{30} 1000 \text{ rad/s} = 104,7 \text{ rad/s}$$

$$\text{Giriş torku} = \frac{3011}{104,7} Nm = 28,7 Nm$$

4) $I_u = \frac{250 V}{125 \Omega} = 2 A$, $I_a = 10 A - 2 A = 8 A$, $E = 250 V - 0,3 \Omega \times 8 A = 247,6 V = E$

$$P_{cikis} = 247,6 V \times 8 A - 200 W = 1781 W = P_{cikis}$$

$$P_{giris} = 250 V \times 10 A = 2500 W = P_{giris}$$

$$\text{Verim} = \frac{1781}{2500} = \%71$$

$$\omega = \frac{\pi}{30} 2000 \text{ rad/s} = 209,4 \text{ rad/s}$$

$$\text{Çıkış torku} = \frac{1781}{209,4} Nm = 8,5 Nm$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI
18.01.2016 Süre: 60 dakika

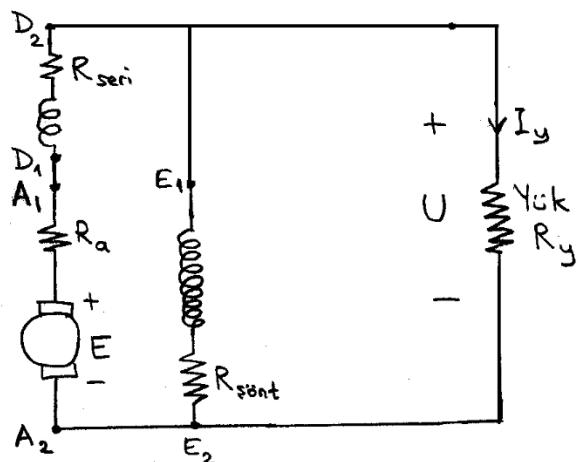
1) Üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Y bağlı, 81kVA'lık, 34500V:400V'luk, bir transformatörün tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 150 \Omega, r'_1 = 130 \Omega, x_1 = 470 \Omega, x'_1 = 470 \Omega, g_c = 2,25 \mu\text{S}, b_m = 9,50 \mu\text{S}$$

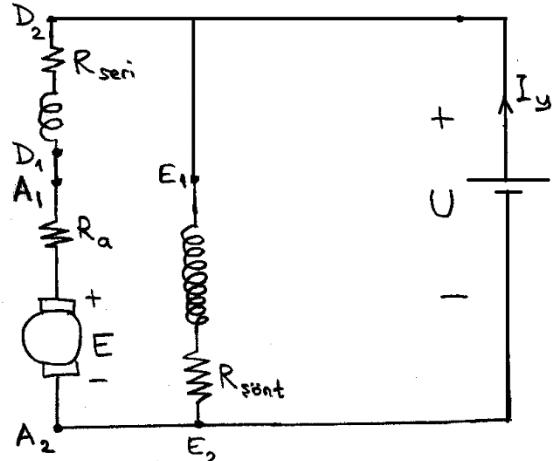
Sekonderde güç faktörü 0,7 geri olan bir tam yük, anma geriliminde besleniyor. Trafonun toplam demir kaybını, bakır kaybını, giriş ve çıkış güçlerini, verimini ve regülasyonunu bulunuz. **(25 puan)**

2) Anma güçleri ve kısa devre oranları sırasıyla $S_1 = 360\text{kVA}$, $u_{k1} = \%4$, $S_2 = 270\text{kVA}$, $u_{k2} = \%3$ ve $S_3 = 240\text{kVA}$, $u_{k3} = \%2$ olan 3 trafo paralel bağlanırsa sistemin yeni anma gücü ne olur? Bu yeni anma gücüyle yüklenirse her bir trafonun payına düşen yük ne olur? Yaklaşık olarak hesaplayınız. **(25 puan)**

3) Yandaki şekildeki kompund dinamoda $R_a = 0,25 \Omega$, $R_{\text{seri}} = 0,35 \Omega$, $R_{\text{sönt}} = 250 \Omega$, $U = 750 \text{ V}$, $I_y = 37\text{A}$, dönüş hızı $n = 1200$ devir/dk, sürtünme kaybı $P_{\text{sür}} = 2040\text{W}$ olduğuna göre verimi ve giriş torkunu hesaplayınız. **(25 puan)**



4) Yandaki şekildeki kompound motorda $R_a = 1,2 \Omega$, $R_{\text{seri}} = 2,3 \Omega$, $R_{\text{sönt}} = 150 \Omega$, $U = 600 \text{ V}$, $I_y = 24\text{A}$, dönüş hızı $n = 1800$ devir/dk, sürtünme kaybı $P_{\text{sür}} = 1100\text{W}$ olduğuna göre verimi ve çıkış torkunu hesaplayınız. **(25 puan)**



ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI
18.01.2016

1) $\vec{V}'_2 = 34500 V \angle 0^\circ$, $\vec{I}'_2 = 0,7826 A \angle -45,6^\circ = (0,5478 - j0,5589) A$,

$$\vec{V}_1 = (35179 + j358) V = 35181 V \angle 0,6^\circ ,$$

$$P_{Fe} = 8,35 kW, \quad P_{Cu} = 0,51 kW, \quad P_{cikis} = 56,7 kW, \quad P_{giris} = 65,6 kW$$

$$\text{Verim} = \% 86,5 \quad \text{Regülyasyon} = \% 2,0$$

(1. ve 2. soru kalıpları daha önce çok çözüldüğü için öğrenciden istenen ayrıntılı adımlar burada gösterilmemiş, cevaplar ve önemli ara değerler verilmiştir.)

2) $u_{kes} = \% \left(\frac{870}{300} \right) = \% 2,9$. Sistem $(360 + 270 + 240) \text{ kVA} = 870 \text{ kVA}$ ile yüklenirse, her bir trafonun payına düşen yük: $S_{1y} = \frac{2,9}{4} \cdot 360 \text{ kVA} = 261 \text{ kVA} < S_1$,

$$S_{2y} = \frac{2,9}{3} \cdot 270 \text{ kVA} = 261 \text{ kVA} < S_2 ,$$

$$S_{3y} = \frac{2,9}{2} \cdot 240 \text{ kVA} = 348 \text{ kVA} > S_3$$

3. trafo aşırı yüklenmiş olur. Bunun yükünü kendi anma gücüne düşürmek için, bütün yükler $2/2,9$ katsayısıyla çarpılarak düşürülmelidir. Buna göre paralel bağlı sistemin anma gücü $= 870 \text{ kVA} \times 2 / 2,9 = S_T' = 600 \text{ kVA}$ olur.

S_T' ile yüklenmesi halinde her bir trafonun payına düşen yük: $S'_{1y} = \frac{2}{2,9} \cdot 261 \text{ kVA} = 180 \text{ kVA} < S_1$,

$$S'_{2y} = \frac{2}{2,9} \cdot 261 \text{ kVA} = 180 \text{ kVA} < S_2 , \quad S'_{3y} = \frac{2}{2,9} \cdot 348 \text{ kVA} = 240 \text{ kVA} = S_3$$

3) $I_{us} = \frac{750 V}{250 \Omega} = 3 A$, $I_a = 37 A + 3 A = 40 A$,

$$E = 750 V + (0,25 + 0,35) \Omega \times 40 A = 774 V = E$$

$$P_{giris} = 774 V \times 40 A + 2040 W = 33,00 kW = P_{giris}$$

$$P_{cikis} = 750 V \times 37 A = 27,75 kW = P_{cikis}$$

$$\omega = \frac{\pi}{30} 1200 \text{ rad/s} = 125,7 \text{ rad/s}$$

$$\text{Verim} = \frac{27,75}{33} = \% 84,1$$

$$\text{Giriş torku} = \frac{33000}{125,7} Nm = 263Nm$$

4) $I_{us} = \frac{600 V}{150 \Omega} = 4 A$, $I_a = 24 A - 4 A = 20 A$,

$$E = 600 V - (2,3 + 1,2) \Omega \times 20 A = 530 V = E$$

$$P_{cikis} = 530 V \times 20 A - 1100 W = 9500 W = P_{cikis}$$

$$P_{giris} = 600 V \times 24 A = 14400 W = P_{giris}$$

$$\omega = \frac{\pi}{30} 1800 \text{ rad/s} = 188,5 \text{ rad/s}$$

$$\text{Verim} = \frac{9500}{14400} = \% 66,0$$

$$\text{Çıkış torku} = \frac{9500}{188,5} Nm = 50,4Nm$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

11.11.2016 Süre: 70 dakika

Yazı, insanın okuması içindir. Okunaklı, yormayan ve anlaşılır ifadelerle yazmanız insana değer verdığınızı gösterir.

1) Trafoda akım dönüşüm oranını, manyetik devresi üzerinde her türlü kayıpları ve kaçak akıları sıfır alarak çıkartınız. Endüktans (sarım sayıları ya da μ) sonlu olduğu sürece akım dönüşüm oranı formülünün yaklaşık olduğunu gösteriniz. **(25 puan)**

2) Eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 12 \Omega$, $x_1 = 120 \Omega$, $r_2 = 0,015 \Omega$, $x_2 = 0,090 \Omega$, $g_c = 3 \mu\text{S}$, $b_m = 50 \mu\text{S}$ (g_c ve b_m değerleri primer tarafında gösterilen değerleridir) olan 9200V:230V 'luk, 50Hz'lik, 20 kVA'lık tek fazlı bir transformatör, sekonderinde güç faktörü $\cos\phi_2=0,8$ geri olan bir tam yükü anma değerlerinde beslemektedir. Bu çalışma için trafonun verimini, regülasyonunu, primer akımını ve giriş güç faktörünü hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız.

(45 puan)

3) Üç fazlı, 50Hz'lik, Δ / Y bağlı, 2000V:693V'luk bir transformatöre açık devre testi ve kısa devre testi uygulandığında primerden ölçülen gerilim, akım ve güçler şöyle bulunmaktadır:

Açık devre testi: 2000 V ; 0,10 A ; 180 W

Kısa devre testi: 100 V ; 2,0 A ; 210 W

Ayrıca primer hatlarından biri boştayken diğer ikisi arasında sargıların dirençleri ölçüldünde $r_{ölç} = 20 \Omega$ bulunduğuna göre trafonun eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Sekonder sargısının direnç ve kaçak reaktansını, sekonderdeki değerleriyle de bulunuz. **(30 puan)**

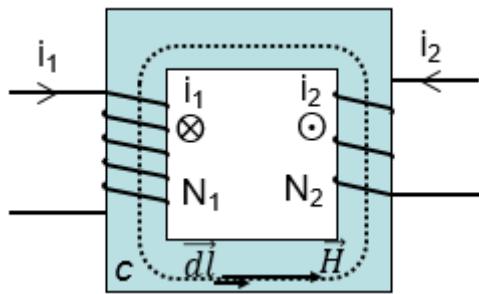
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV CEVAP ANAHTARI

11.11.2016

1) Yanda görülen trafo prensip şemasında c eğrisine Amper kanununu uygulayalım:

$$\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{l} = N_2 i_2 - N_1 i_1$$

$$= Hl = \frac{B}{\mu} l = \frac{l}{\mu A} \phi$$



Burada l uzunluk, A kesit alanı ve ϕ manyetik akı olup sonludur. μ de normalde sonlu olup, ancak ferromanyetiklikten dolayı çok büyükse $N_2 i_2 - N_1 i_1 \approx 0$ olduğundan, akım dönüşüm formülü $N_2 i_2 \approx N_1 i_1$ olur. μ çok büyük ise sargıların endüktansları da çok büyük demektir. Ancak $\mu = \infty$ ise dönüşüm formülü tam olur.

2) $N_1/N_2 = 9200/230 = 40$

Primere yansıtılmış eşdeğer devre kullanılırsa: $r'_2 + jx'_2 = 40^2 (0,015 + j0,090) \Omega = (24 + j144) \Omega$

$$\vec{V}'_2 = 9200V \angle 0^\circ \quad \vec{I}'_2 = \frac{20kVA}{9200V} \angle -\cos^{-1} 0,8 = 2,174A \angle -36,9^\circ = (1,739 - j1,304)A$$

$$\vec{V}_1 = 9200V \angle 0^\circ + ((\overbrace{(12+24)}^{36} + j\overbrace{(120+144)}^{264}) (1,739 - j1,304)V = (9200 + 62,61 - j46,96 + j459,13 + 344,35)V$$

$$\vec{V}_1 = (9607 + j412)V = 9616V \angle 2,5^\circ$$

$$P_{Fe} = 3 \times 10^{-6} \times 9616^2 W = 277W \quad P_{Cu} = 36 \times 2,174^2 W = 170W$$

$$P_2 = 20kVA \times 0,8 = 16000W \quad P_1 = 16000W + 277W + 170W = 16448W$$

$$\text{Verim} = 16000/16448 = \%97,3 \quad \text{Regülasyon} = \frac{9616 - 9200}{9200} = \%4,5$$

$$\vec{I}_{10} = (3 - j50) \times 10^{-6} \times (9607 + j412) = (0,029 + j0,001 - j0,480 + 0,021)A = (0,049 - j0,479)A$$

$$\vec{I}_1 = (1,739 - j1,304)A + (0,049 - j0,479)A = (1,789 - j1,784)A = \underbrace{\vec{I}_1}_{\text{ölçülen(rms)}} = 2,526A \angle -44,9^\circ$$

$$\text{Giriş güç faktörü} = \cos(2,5^\circ - (-44,9^\circ)) = \cos 47,4^\circ = 0,677 \text{ geri}$$

3) Primer Δ bağlı olduğundan tüm primer ölçümleri (hem açık devre hem kısa devre ölçümleri) Δ 'e göre tek faza indirgenir.

$$V_{10} = 2000V \quad I_{10} = 0,10A/\sqrt{3} = 0,0577A \quad P_{10} = 180W/3 = 60W$$

$$g_c = \frac{60}{2000^2} S = 15 \mu S \quad Y_0 = \frac{0,0577}{2000} S = 28,9 \mu S \quad b_m = \sqrt{28,9^2 - 15^2} \mu S = 24,7 \mu S$$

$$V_{1k} = 100V \quad I_{1k} = 2,0A/\sqrt{3} = 1,155A \quad P_{1k} = 210W/3 = 70W$$

$$r_1 = \frac{3}{2} \cdot 20 \Omega = 30 \Omega \quad \text{Sarım oranı} = \frac{2000}{693/\sqrt{3}} = \frac{2000}{400} = 5 \quad (\text{Primer } \Delta \text{'e, sekonder } Y \text{'a göre indirgendi.})$$

$$(r_1 + r'_2) = \frac{70}{1,155^2} \Omega = 52,5 \Omega \quad Z_k = \frac{100}{1,155} \Omega = 86,6 \Omega \quad (x_1 + x'_2) = \sqrt{86,6^2 - 52,5^2} \Omega = 68,9 \Omega$$

$$r'_2 = 52,5 \Omega - 30 \Omega = 22,5 \Omega \quad x_1 = x'_2 = \frac{68,9}{2} \Omega = 34,4 \Omega$$

$$r_2 + jx_2 = (22,5 + j34,4)\Omega/5^2 \rightarrow r_2 = 0,90 \Omega \quad x_2 = 1,38 \Omega$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI

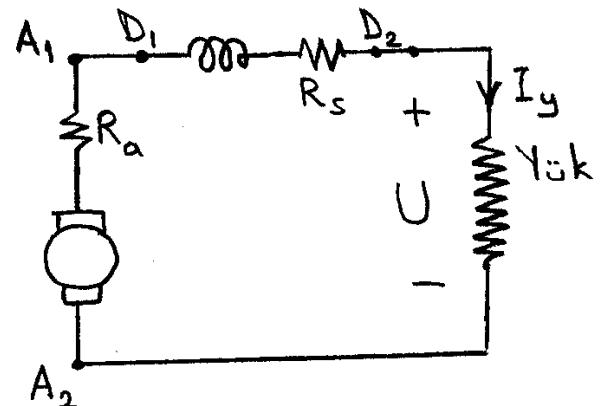
05.01.2017 Süre: 70 dakika

- 1) Tek fazda indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 2\Omega$, $r_2' = 4\Omega$, $x_1 = x_2' = 25\Omega$, $g_c = 150\mu S$, $b_m = 400\mu S$ olan üç fazlı, 50Hz'lik, Y/Y bağlı, 48kVA'lık, 3800V:380V'luk bir transformatör, sekonderinde güç faktörü $\cos\phi_2=0,8$ geri olan bir tam yük anma değerlerinde beslemektedir. Bu çalışma için trafonun toplam demir ve bakır kayıplarını, toplam giriş ve çıkış güçlerini, verim ve regülasyonunu hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (25 puan)

- 2) Anma güçleri ve kısa devre oranları sırasıyla $S_1 = 100\text{kVA}$, $u_{k1} = \%2$, $S_2 = 80\text{kVA}$, $u_{k2} = \%4$ ve $S_3 = 60\text{kVA}$, $u_{k3} = \%2$ olan 3 trafo paralel bağlanırsa sistemin yeni anma gücü ne olur? Bu yeni anma gücüyle yüklenirse her bir trafonun payına düşen yük ne olur? Yaklaşık olarak hesaplayınız. (25 puan)

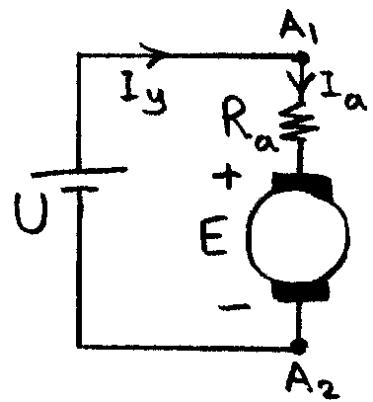
- 3) Seri sargı ve armatür sargısı dirençleri sırasıyla $R_s=1,5\Omega$ ve $R_a=0,5\Omega$ olan şekildeki seri dinamo, $n=2330$ rpm hızla döndürülürken yük uçlarında $U=200\text{V}$, $I_y=10\text{A}$ görülmektedir. Bu çalışmada dinamonun sürtünme kaybı $P_{sü}=240\text{W}$ 'tir.

- a) Dinamonun bu çalışmadaki verimini ve giriş torkunu hesaplayınız. (20 puan)
 b) Dinamonun yükünü sistemden ayırip diğer şartları aynı tutarak çalıştırılmaya devam edersek görülecek en kayda değer durum ne olur? (Doğru cevap 5 puan, normal yanlış cevap veya boş 0 puan, çok saçma (kavramsal hatalı) yanlış cevap -5 puan; ancak iki sık toplam puanı eksiyen düşmeyecek.)



- 4) Armatür direnci $R_a=4\Omega$ olan sabit mıknatıslı bir dc motor, $U=110\text{V}$ gerilimde $n=2000$ rpm hızla dönerken $I_y=2,5\text{A}$ akım çekerken sürtünme kaybı 41W oluyor.

- a) Motorun bu çalışmadaki verimini ve çıkış torkunu bulunuz. (17 puan)
 b) Aynı dc makinayı takojeneratör olarak kullanırsak armatür uçlarından ölçülen acık devre voltajını (U_0) hangi katsayıyla çarpmalıyız ki rpm cinsinden hız bulunsun? (Yani $n=k \cdot U_0$ bağlantısında k kaç rpm/V'tur?) (8 puan)



BAŞARILAR ...

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL CEVAP ANAHTARI

05.01.2017

$$1) N_1/N_2 = \frac{3800/\sqrt{3}}{380/\sqrt{3}} = \frac{2194}{219,4} = 10$$

Primere yansıtılmış eşdeğer devre kullanalım:

$$\vec{V}'_2 = 2194V \angle 0^\circ \quad \vec{I}'_2 = \frac{48kVA/3}{2194V} \angle -\cos^{-1} 0,8 = 7,293A \angle -36,9^\circ = (5,834 - j4,376)A$$

$$\vec{V}_1 = 2194V \angle 0^\circ + ((\overbrace{2+4}^6 + j(\overbrace{25+25}^{50}))(5,834 - j4,376)V = (2194 + 35,0 - j26,3 + j291,7 + 218,8)V$$

$$\vec{V}_1 = (2448 + j265)V = 2462V \angle \dots \text{(açısı bu soruda lazım değil)}$$

$$P_{Fe} = 3 \times 150 \times 10^{-6} \times 2462^2 W = 2728W \quad P_{Cu} = 3 \times 6 \times 7,293^2 W = 957W$$

$$\text{Çıkış gücü } P_2 = 48kVA \times 0,8 = 38400W \quad \text{Giriş gücü } P_1 = 38400W + 2728W + 957W = 42085W$$

$$\text{Verim} = 38400/42085 = \%91,2 \quad \text{Regülatör} = \frac{2462 - 2194}{2194} = \%12,2$$

$$2) S_T = 100 kVA + 80 kVA + 60 kVA = 240 kVA$$

$$\frac{240}{u_{kes}} = \frac{100}{\%2} + \frac{80}{\%4} + \frac{60}{\%2} \quad \rightarrow \quad u_{kes} = \%2,4$$

Sistem S_T ile yüklenirse her birinin payına düşen yük:

$$S_{1y} = \frac{100 kVA}{\%2} \cdot \%2,4 = 120 kVA > S_1 \quad S_{2y} = \frac{80 kVA}{\%4} \cdot \%2,4 = 48 kVA < S_2$$

$$S_{3y} = \frac{60 kVA}{\%2} \cdot \%2,4 = 72 kVA > S_3$$

1. ve 3. traflar aşırı yüklenir. Tek tek yükünün anma gücüne oranı en büyük olanın gücünü kendi anma gücüne düşürecek şekilde toplam yük azaltılır. 1. trafo $120/100 = 1,2$ kat, 2. trafo da $72/60 = 1,2$ kat yüklenmiştir. Toplam yük $1/1,2$ katına düşürülür. Her tafonun payına düşen yük de aynı oranda azalır.

$$\text{Paralel bağlı sistemin anma gücü} = S'_T = \frac{1}{1,2} \cdot 240 kVA = 200 kVA$$

$$\text{Bu yükte her bir tafonun payına düşen yük: } S'_{1y} = \frac{1}{1,2} \cdot 120 kVA = 100 kVA \quad S'_{2y} = \frac{1}{1,2} \cdot 48 kVA = 40 kVA$$

$$S'_{3y} = \frac{1}{1,2} \cdot 72 kVA = 60 kVA \text{ (Sağlaması bu üçünün toplamının } S'_T \text{ gücüne eşit olmalıdır.)}$$

$$3) \text{ a)} E = 200V + (1,5\Omega + 0,5\Omega) \times 10A = 220V \quad P_{giriş} = 220V \times 10A + 240W = 2440W$$

$$P_{çıkış} = 200V \times 10A = 2000W \quad \text{Verim} = 2000/2440 = \%82$$

$$\omega = (\pi/30) \times 2330 \text{ rad/s} = 244 \text{ rad/s} \quad \text{Giriş torku} = T_{giriş} = 2440W/(244\text{rad/s}) = 10\text{Nm}$$

b) Yük ayrılmınca, yani uçlar açık devre edilince $I_y = I_u = 0$ olacağından U sadece artık mıknatışiyet gerilimi olur; yani çok küçük bir değerde kalır.

$$4) \text{ a)} E = 110V - 4\Omega \times 2,5A = 100V \quad P_{çıkış} = 100V \times 2,5A - 41W = 209W$$

$$P_{giriş} = 110V \times 2,5A = 275W \quad \text{Verim} = 209/275 = \%76$$

$$\omega = (\pi/30) \times 2000 \text{ rad/s} = 209 \text{ rad/s} \quad \text{Çıkış torku} = T_{çıkış} = 209W/(209\text{rad/s}) = 1,0\text{Nm}$$

b) Sabit mıknatıslı jeneratörde açık devre voltajı $U_0 = E$ 'dir. Akı hep aynı olduğu için jeneratör durumunda da $n=2000$ rpm hızla dönerken $U_0 = E = 100V$ 'tur. Dolayısıyla $k = n / U_0 = 2000\text{rpm} / 100V = 20 \text{ rpm/V}$ 'tur. Hız ile orantılı bir voltaj ölçülüür ve ölçülen voltajı bu katsayı ile çarparak rpm cinsinden hız bulunur.

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

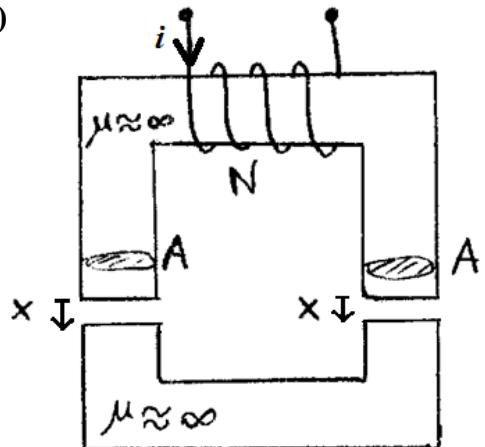
22.01.2017 Süre: 70 dakika

- 1) Tek fazda indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 0,04\Omega$, $r_2' = 0,02\Omega$, $x_1 = x_2' = 0,25\Omega$, $g_c = 15\text{mS}$, $b_m = 40\text{mS}$ olan üç fazlı, 50Hz'lik, Y/Y bağlı, 48kVA'lık, 380V:3800V'luk bir transformatör, sekonderinde güç faktörü $\cos\phi_2=0,8$ geri olan bir tam yükü anma değerlerinde beslemektedir. Bu çalışma için trafonun toplam demir ve bakır kayıplarını, toplam giriş ve çıkış güçlerini, verim ve regülasyonunu hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (25 puan)

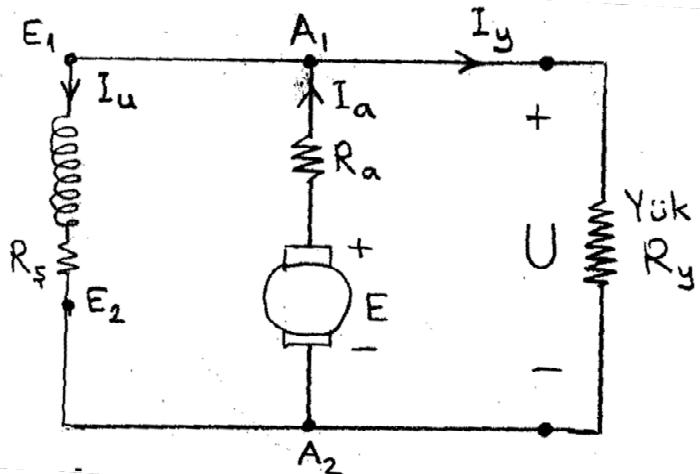
- 2) Yandaki şekilde üstteki parçanın alttaki parçaya uyguladığı F manyetik kuvvetini, x 'in artış yönü artı kabul edilen yöne göre bulunuz. Alttaki parçanın kesit alanı da A'dır. (25 puan)

Yardımcı formüller:

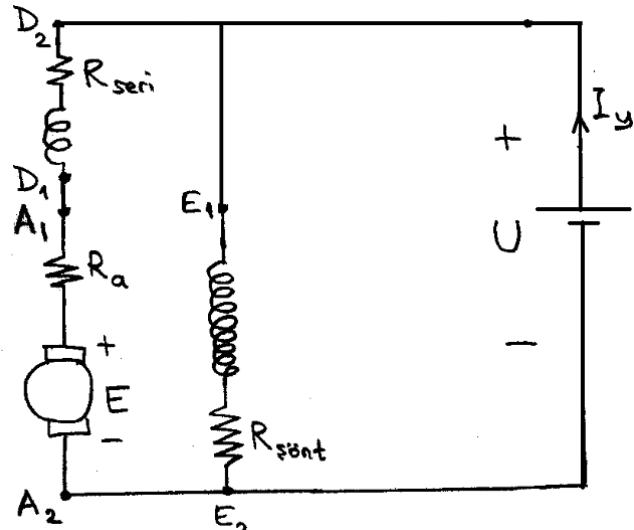
$$L(x) = \frac{N^2}{R_m(x)} \quad F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(x)}{dx}$$



- 3) Yandaki şekildeki şönt dinamoda $R_a = 2\Omega$, $R_s = 175\Omega$, $U = 350\text{ V}$, $I_y = 23\text{A}$, dönüş hızı $n = 1400$ devir/dk, sürtünme kaybı $P_{sür} = 500\text{W}$ olduğuna göre verimi ve giriş torkunu hesaplayınız. (25 puan)



- 4) Yandaki şekildeki kompound motorda $R_a = 2\Omega$, $R_{seri} = 3\Omega$, $R_{şönt} = 175\Omega$, $U = 350\text{ V}$, $I_y = 12\text{A}$, dönüş hızı $n = 1800$ devir/dk, sürtünme kaybı $P_{sür} = 150\text{W}$ olduğuna göre verimi ve çıkış torkunu hesaplayınız. (25 puan)



BAŞARILAR ...

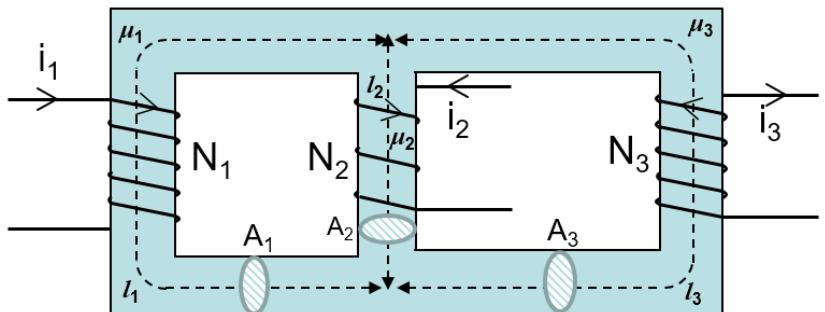
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

08.11.2017 Süre: 70 dakika

Yazı, insanın okuması içindir. Okunaklı, yormayan ve anlaşılır ifadelerle yazmanız insana değer verdığınızı gösterir.

- 1) Yandaki manyetik devre için bağımsız göz sayısı kadar manyetik akı bilinmeyeni tanımlayınız ve o sayıda bağımsız denklemi bu akılar ve verilenler cinsinden yazınız.

(25 puan)



- 2) Eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 0,55 \Omega$, $x_1 = 8 \Omega$, $r_2 = 0,025 \Omega$, $x_2 = 0,75 \Omega$, $g_c = 55 \mu\text{S}$, $b_m = 330 \mu\text{S}$ (g_c ve b_m değerleri primer tarafında gösterilen değerleridir), sarım oranı 4:1, 1000 VA'lık, sekonderi 100V'luk tek fazlı bir transformatör, sekonderinde güç faktörü $\cos\phi_2=0,85$ geri olan bir tam yükü anma değerlerinde beslemektedir. Bu çalışma için trafonun verimini, regülasyonunu, primer akımını ve giriş güç faktörünü hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (45 puan)

- 3) Tek fazlı, 50Hz'lik bir transformatöre açık devre testi ve kısa devre testi uygulandığında, V_{20} hariç primerden ölçülen gerilim, akım ve güçler şöyle bulunmaktadır:

Açık devre testi: $V_{10} = 2000 \text{ V}$; $I_{10} = 10 \text{ mA}$; $P_0 = 18 \text{ W}$; $V_{20} = 400 \text{ V}$ (yalnız V_{20} sekonder ölçümü)

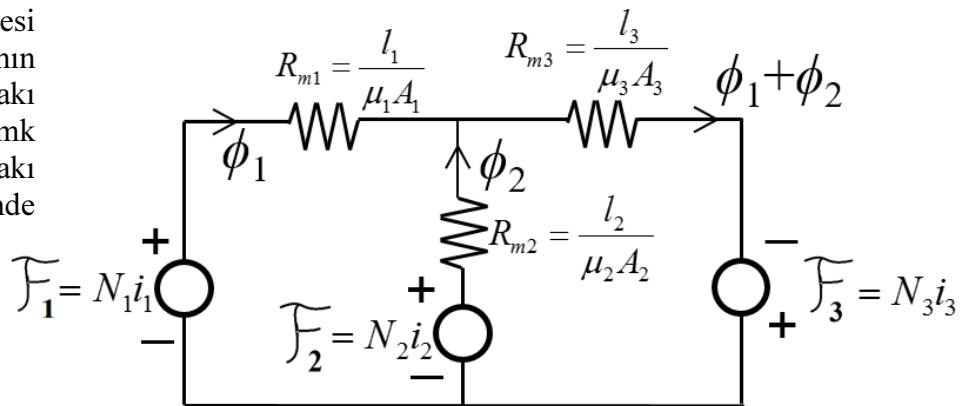
Kısa devre testi: $V_{1k} = 60 \text{ V}$; $I_{1k} = 500 \text{ mA}$; $P_k = 21 \text{ W}$

- Ayrıca bağlantılar söküldünce sargılar soğumadan ölçülen primer sargı direnci $r_{\text{ölç}} = 34 \Omega$ bulunduğuuna göre trafonun eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Sekonder sargısının direnç ve kaçak reaktansını, sekonderdeki değerleriyle de bulunuz. (30 puan)

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV CEVAP ANAHTARI

08.11.2017

1) Manyetik devrenin elektrik devresi benzetimi yandaki gibidir. Her sarginın mmk'sı, geçirmeye çalıştığı akı yönünde akım geçirmeye çalışan emk kaynağı gibi gösterilmiştir. İlk iki akı tanımı ise keyfi olarak, gösterilen yönde seçilmiştir.



Sol ve sağ gözler için sırasıyla:

$$\bar{F}_1 - R_{m1}\phi_1 + R_{m2}\phi_2 - \bar{F}_2 = 0$$

$$\bar{F}_2 - R_{m2}\phi_2 - R_{m3}(\phi_1 + \phi_2) + \bar{F}_3 = 0$$

Karşılıklarını verilenler cinsinden yerine yazarak düzenlersek bağımsız göz sayısı kadar (2 adet) denklem:

$$N_1i_1 - N_2i_2 = \frac{l_1}{\mu_1 A_1} \phi_1 - \frac{l_2}{\mu_2 A_2} \phi_2$$

$$N_2i_2 + N_3i_3 = \frac{l_3}{\mu_3 A_3} \phi_1 + \left(\frac{l_2}{\mu_2 A_2} + \frac{l_3}{\mu_3 A_3} \right) \phi_2 \quad \text{bulunur.}$$

$$2) r'_2 + jx'_2 = 4^2 \cdot (0,025 + j0,75) \Omega = (0,4 + j12) \Omega, \quad \vec{V}_2 = 100V \angle 0^\circ \text{ (açısı keyfi)}, \quad \vec{V}'_2 = 4 \times 100V \angle 0^\circ = 400V \angle 0^\circ,$$

$$I'_2 = \frac{1000VA}{400V} = 2,5A, \quad \varphi_2 = +\cos^{-1}(0,85) = 31,8^\circ. \text{ Bunu } \vec{V}'_2 \text{ 'nın açısından çıkararak } \vec{I}'_2 \text{ 'nın açısı bulunur.}$$

$$\vec{I}'_2 = 2,5A \angle -31,8^\circ = (2,125 - j1,317)A$$

$$\vec{V}_1 = \vec{V}'_2 + ((r_1 + r'_2) + j(x_1 + x'_2)) \vec{I}'_2 = 400V + j0V + \underbrace{(0,95 + j20)\Omega \cdot (2,125 - j1,317)A}_{(2,02 - j1,25 + j42,50 + 26,34)V}$$

$$\vec{V}_1 = (428,4 + j41,2)V = 430,3V \angle 5,5^\circ$$

$$P_{Cu} = 0,95 \times 2,5^2 W = 5,9W, \quad P_{Fe} = 55 \times 10^{-6} \times 430,3^2 W = 10,2W$$

$$\text{Çıkış gücü } P_c = 1000VA \times 0,85 = 850W, \quad \text{giriş gücü } P_g = (850 + 5,9 + 10,2)W = 866W$$

$$\text{Verim} = \eta = 850/866 = 0,981 = \%98,1$$

$$\text{Regülasyon} = \frac{430,3 - 400}{400} = 0,076 = \%7,6$$

$$\vec{I}_{10} = (55 - j330) \times 10^{-6} \times (428,4 + j41,2)A = (0,024 + j0,002 - j0,141 + 0,014)A = (0,037 - j0,139)A$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}'_2 + \vec{I}_{10} = (2,125 - j1,317)A + (0,037 - j0,139)A = (2,162 - j1,456)A = \vec{I}_1 = 2,61A \angle -34,0^\circ$$

Yani ölçülen primer akımı = 2,61A.

Güç faktörü ise $\cos \varphi_1 = \cos(5,5^\circ - (-34,0^\circ)) = \cos 39,5^\circ = 0,772$ geri (çünkü \vec{I}_1 açısı \vec{V}_1 açısından geride).

$$3) g_c = (18/2000^2)S = \boxed{4,5 \mu S = g_c} \quad Y_0 = (0,010A/2000V) = \boxed{5,0 \mu S = Y_0} \quad b_m = \sqrt{5,0^2 - 4,5^2} \mu S = \boxed{b_m = 2,2 \mu S}$$

$$(r_1 + r'_2) = (21/0,500^2) \Omega = 84 \Omega \quad \boxed{r_1 = 34 \Omega} \rightarrow r'_2 = 84 \Omega - 34 \Omega = \boxed{r'_2 = 50 \Omega}$$

$$z_k = 60V/0,500A = 120 \Omega \quad (x_1 + x'_2) = \sqrt{120^2 - 84^2} \Omega = 86 \Omega \quad \rightarrow 86 \Omega / 2 = \boxed{x_1 = x'_2 = 43 \Omega}$$

$$V_{10}/V_{20} = 2000V/400V = \boxed{N_1/N_2 = 5} \quad r_2 = 50 \Omega / 5^2 = \boxed{r_2 = 2,0 \Omega} \quad x_2 = 43 \Omega / 5^2 = \boxed{x_2 = 1,7 \Omega}$$

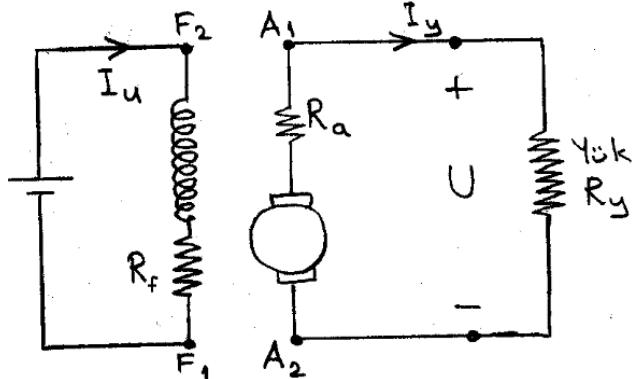
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI

05.01.2018 Süre: 70 dakika

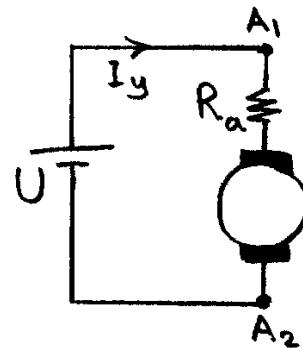
- 1) Tek fazda indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 13\Omega$, $r_2' = 12\Omega$, $x_1 = x_2' = 30\Omega$, $g_c = 24\mu S$, $b_m = 330\mu S$ olan üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Δ bağlı, 127kVA'lık, primer/sekonder sarım oranı $N_1/N_2=15$ olan bir transformatör, sekonderinde güç faktörü $\cos\phi_2=0,9$ ileri olan bir tam yükü, anma sekonder gerilimi olan 400V'ta beslemektedir. Bu çalışma için trafonun toplam demir ve bakır kayıplarını, toplam giriş ve çıkış güçlerini, verim ve regülasyonunu hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (30 puan)
(Primer akımı ve güç faktörünü sorulmuyor.)

- 2) $S_1 = 100\text{kVA}$ 'lık, kısa devre oranı $u_{k1} = \%2$ olan bir transformatörle beslenen bölgede zamanla yük artışı olduğu için $S_2 = 120\text{kVA}$ 'lık bir trafo paralel bağlanıyor. Ancak sonradan bağlı trafonun kalitesizliğinden ($u_{k2} > u_{k1}$) dolayı paralel bağlı sistemin anma gücü 160kVA olabiliyor. Sonradan bağlanan (120kVA 'lık) trafonun kısa devre oranı (u_{k2}) nedir? (Yol gösterme: Kaliteli trafonun payına düşen yükü anma gücüne çekmek için gereken yük azaltma işlemiyle başlayınız.) (20 puan)

- 3) Yandaki şekildeki yabancı uyartımlı dinamoda $R_a = 2\Omega$, $U = 230\text{V}$, $I_y = 10\text{A}$, $R_f = 400\Omega$, $I_u = 0,5\text{A}$, dönüş hızı $n = 1400$ devir/dk, sürtünme kaybı $P_{sür} = 275\text{W}$ olduğuna göre verimi ve giriş torkunu hesaplayınız. (30 puan)
(Giriş gücünü dikkatli hesaplayınız.)



- 4) Yandaki şekildeki sabit mıknatıslı motorda $R_a = 2\Omega$, $U = 230\text{V}$, $I_y = 10\text{A}$ 'dır. Motor, toplam sürtünme dahil (brüt) tork-hız(ω) ilişkisi $T_y = a\omega + b$ olan ($a = 0,1\text{Nm} \cdot \text{s}^2/\text{rad}$, $b = 11\text{Nm}$) yükü hangi pozitif hız ve brüt torkla döndürür? Hızı devir/dakika cinsine de dönüştürünüz. (20 puan)



BAŞARILAR ...

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI CEVAP ANAHTARI

05.01.2018

1) Sekonder Δ bağlı olduğundan fazlar arası sekonder gerilimi = tek faz gerilimi = $\vec{V}_2 = 400V \angle 0^\circ$ (açısı keyfi), Tek faz sarım oranı 15 olduğundan bunun primere yansıtımışı: $\vec{V}'_2 = 15 \times 400V \angle 0^\circ = 6000V \angle 0^\circ$,

Tek faz akımı $I'_2 = \frac{127000VA/3}{6000V} = 7,056A$, $\varphi_2 = -\cos^{-1}(0,9) = -25,8^\circ$. Bunu \vec{V}'_2 'nın açısından

çıkararak \vec{I}'_2 'nın açısı bulunur. $\vec{I}'_2 = 7,056A \angle 25,8^\circ = (6,350 + j3,075)A$

$$\vec{V}_1 = \vec{V}'_2 + ((r_1 + r'_2) + j(x_1 + x'_2))\vec{I}'_2 = 6000V + j0V + \underbrace{(25 + j60)\Omega \cdot (6,350 + j3,075)A}_{(159 + j77 + j381 - 185)V}$$

$$\vec{V}_1 = (5974 + j458)V = 5992V \angle 4,4^\circ$$

$$P_{Cu} = 3 \times 25 \times (7,056)^2 W = 3734W, \quad P_{Fe} = 3 \times 24 \times 10^{-6} \times 5992^2 W = 2585W$$

$$\text{Çıkış gücü } P_c = 127kVA \times 0,9 = 114,3kW, \text{ giriş gücü } P_g = (114300 + 3734 + 2585)W = 120,6kW$$

$$\text{Verim} = \eta = 114,3/120,6 = 0,948 = \%94,8 \quad \text{Regülasyon} = \frac{5992 - 6000}{6000} = -0,0014 = \%(-0,14)$$

2) Eşdeğer kısa devre oranı en küçük ve en büyük u_k 'lar arasında olduğundan $u_{kes} > u_{k1}$ dolayısıyla sistemi $100kVA + 120kVA = 220kVA$ ile yüklersek 1. trafo aşırı yüklenir:

$S_{1y} = 100kVA \cdot \frac{u_{kes}}{u_{k1}} > 100kVA$ Bunu $S_1 = 100kVA$ değerine çekmek için tüm yükü $\frac{u_{k1}}{u_{kes}}$ ile çarpmak suretiyle azaltmak gereklidir. Toplam yük de aynı şekilde azaltılıncaya 160kVA oluyormuş. Yani:

$$S'_T = 220kVA \cdot \frac{u_{k1}}{u_{kes}} = 160kVA \quad \text{Buradan } u_{kes} = (220/160) \cdot \%2 = \%2,75 = u_{kes}$$

$$\text{Buna göre } \frac{220}{\%2,75} = \frac{100}{\%2} + \frac{120}{u_{k2}} \quad \text{ve buradan da } u_{k2} = \% \left(\frac{120}{80-50} \right) = \%4 = u_{k2}$$

3) $I_a = I_y \rightarrow E = U + R_a I_a = 230V + 2\Omega \cdot 10A = 250V$ (A₂ ucu eksiz)

$$P_{giriş} = EI_a + P_{sür} + R_f I_u^2 = 250V \cdot 10A + 275W + 400\Omega \cdot (0,5A)^2 = 2875W = P_{giriş}$$

$$P_{çikis} = UI_y = 230V \cdot 10A = 2300W = P_{çikis} \quad \text{Verim} = \eta = \frac{2300}{2875} = \%80 = \eta$$

Yabancı uyartımlı dinamoda giriş torku, uyartım sargası gücü $R_f I_u^2$ hariç giriş gücü ile hesaplanır:

$$T_{giriş} = \frac{EI_a + P_{sür}}{\omega} = \frac{250V \cdot 10A + 275W}{\frac{\pi}{30} \cdot 1400 \text{ rad/s}} = \frac{2775W}{146,6 \text{ rad/s}} = 18,9Nm = T_{giriş}$$

4) $I_a = I_y \rightarrow E = U - R_a I_a = 230V - 2\Omega \cdot 10A = 210V$ (A₂ ucu eksiz)

$$P_m = EI_a = 210V \cdot 10A = 2100W \quad \text{motorun brüt çıkış gücüdür.}$$

Brüt çıkış torku da $T_m = \frac{2100W}{\omega}$ olup bunu toplam sürünenme dahil (brüt) yük torkuna eşitleriz:

$$T_m = \frac{2100W}{\omega} = a\omega + b \quad \text{Buradan } \omega'yi \text{ bulma denklemi: } a\omega^2 + b\omega - 2100W = 0. \quad \text{Denklemin artı kökü:}$$

$$\omega = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4a \cdot (-2100W)}}{2a} = \frac{-11 + \sqrt{11^2 + 4 \times 0,1 \times 2100}}{2 \times 0,1} \text{ rad/s} = 100 \text{ rad/s} = \omega$$

yani $n = \frac{30}{\pi} \cdot 100 \text{ devir/dk} = 955 \text{ devir/dk} = n$ hızında döndürür. Brüt tork ise

$$T_m = a\omega + b = (0,1 \times 100 + 11)Nm = 21Nm = T_m$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

17.01.2018 Süre: 70 dakika

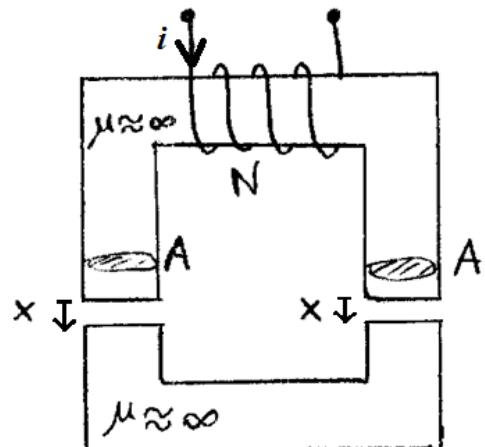
- 1) Tek fazda indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 0,09\Omega$, $r_2' = 0,07\Omega$, $x_1 = x_2' = 0,34\Omega$, $g_c = 10mS$, $b_m = 30mS$ olan üç fazlı, 50Hz'lik, Y/Y bağlı, 36kVA'lık, primer/sekonder sarım oranı $N_1/N_2=2/5=0,4$ olan bir transformator, sekonderinde güç faktörü $\cos\phi_2=0,7$ geri olan bir tam yükü, anma sekonder gerilimi olan 970V'ta beslemektedir. Bu çalışma için trafonun toplam demir ve bakır kayıplarını, toplam giriş ve çıkış güçlerini, verim ve regülasyonunu hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (30 puan)

(Primer akımı ve güç faktörü sorulmuyor.)

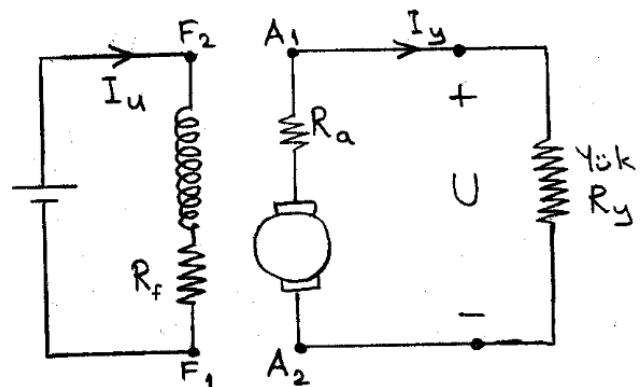
- 2) Yandaki şekilde üstteki parçanın alttaki parçaya uyguladığı F manyetik kuvvetini, x 'in artış yönü artı kabul edilen yöne göre bulunuz. Alttaki parçanın kesit alanı da A 'dır. (20 puan)

Yardımcı formüller:

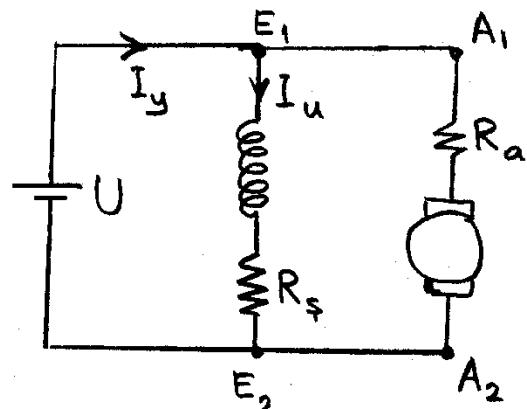
$$L(x) = \frac{N^2}{R_m(x)} \quad F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(x)}{dx}$$



- 3) Yandaki şekildeki yabancı uyartımlı dinamoda $R_a = 3\Omega$, $U = 240V$, $I_y = 20A$, $R_f = 85\Omega$, $I_u = 2A$, dönüş hızı $n = 2000$ devir/dk, sürtünme kaybı $P_{sür} = 400W$ olduğuna göre verimi ve giriş torkunu hesaplayınız. (30 puan)
(Giriş gücünü dikkatli hesaplayınız.)



- 4) Yandaki şekildeki şönt motorda $R_a = 5\Omega$, $R_s = 320\Omega$, $U = 160V$, $I_y = 2,5A$ 'dır. Motor, toplam sürtünme dahil (brüt) tork-hız(ω) ilişkisi $T_y = a\omega - b$ olan ($a = 0,12Nm \cdot s^2/rad$, $b = 5,85Nm$) yükü hangi pozitif hız ve brüt torkla döndürür? Hızı devir/dakika cinsine de dönüştürünüz. (20 puan)



BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI CEVAP ANAHTARI

17.01.2018

1) Sekonder Y bağlı olduğundan tek faz gerilimi $\vec{V}_2 = (970/\sqrt{3})\angle 0^\circ = 560V\angle 0^\circ$ (açısı keyfi), Tek faz sarım oranı $2/5$ olduğundan bunun primere yansıtımışı: $\vec{V}'_2 = (2/5) \times 560V\angle 0^\circ = 224V\angle 0^\circ$,

Tek faz akımı $I'_2 = \frac{36000VA/3}{224V} = 53,57A$, $\varphi_2 = +\cos^{-1}(0,7) = -45,6^\circ$. Bunu \vec{V}'_2 'nın açısından

çıkararak \vec{I}'_2 'nın açısı bulunur. $\vec{I}'_2 = 53,57A\angle -45,6^\circ = (37,50 - j38,26)A$

$$\vec{V}_1 = \vec{V}'_2 + ((r_1 + r'_2) + j(x_1 + x'_2))\vec{I}'_2 = 224V + j0V + \underbrace{(0,16 + j0,68)\Omega \cdot (37,50 - j38,26)A}_{(3,37 - j3,44 + 12,75 + j13,01)V}$$

$\vec{V}_1 = (256,0 + j193,8)V = 256,8V\angle 4,3^\circ$ (Aslında primer akımı ve güç faktörü sorulmadığı için açısı gerekmıyor.)

$$P_{Cu} = 3 \times 0,16 \times (53,57)^2 W = 1377W, \quad P_{Fe} = 3 \times 10 \times 10^{-3} \times (256,8)^2 W = 1978W$$

$$\text{Çıkış gücü } P_c = 36kVA \times 0,7 = 25,2kW, \quad \text{giriş gücü } P_g = (25200 + 1377 + 1978)W = 28,56kW$$

$$\text{Verim} = \eta = 25,2/28,56 = 0,882 = \%88,2 \quad \text{Regülasyon} = \frac{256,8 - 224}{224} = 0,146 = \%14,6$$

$$2) R_m(x) = \frac{2x}{\mu_0 A} \rightarrow L(x) = \frac{\mu_0 A N^2}{2x} \rightarrow \frac{dL(x)}{dx} = -\frac{\mu_0 A N^2}{2x^2}$$

$$\text{Verilenler cinsinden kuvvet } F = \frac{1}{2} i^2 \left(-\frac{\mu_0 A N^2}{2x^2} \right) = -\frac{\mu_0 A N^2}{4x^2} i^2 = F$$

Bu kuvvet x 'in artış yönünde (aşağı doğru) eksi değerli olduğundan, alttaki parça bunun mutlak değeri kadar kuvvetle yukarıya doğru çekilmektedir.

$$3) I_a = I_y \rightarrow E = U + R_a I_a = 240V + 3\Omega \cdot 20A = 300V \quad (\text{A}_2 \text{ ucu eksi})$$

$$P_{giriş} = EI_a + P_{sür} + R_f I_u^2 = 300V \cdot 20A + 400W + 85\Omega \cdot (2A)^2 = 6740W = P_{giriş}$$

$$P_{çikis} = UI_y = 240V \cdot 20A = 4800W = P_{çikis} \quad \text{Verim} = \eta = \frac{4800}{6740} = \%71,2 = \eta$$

Yabancı uyartımlı dinamoda giriş torku, uyartım sargası gücü $R_f I_u^2$ hariç giriş gücü ile hesaplanır:

$$T_{giriş} = \frac{EI_a + P_{sür}}{\omega} = \frac{300V \cdot 20A + 400W}{\frac{\pi}{30} \cdot 2000 \text{ rad/s}} = \frac{6400W}{209,4 \text{ rad/s}} = 30,6Nm = T_{giriş}$$

$$4) sI_u = 160V/320\Omega = 0,5A \quad I_a = I_y - I_u = 2,5A - 2A = 2A = I_a$$

$$E = U - R_a I_a = 160V - 5\Omega \cdot 2A = 150V \quad (\text{A}_2 \text{ ucu eksi})$$

$$P_m = EI_a = 150V \cdot 2A = 300W \quad \text{motorun brüt çıkış gücüdür.}$$

Brüt çıkış torku da $T_m = \frac{300W}{\omega}$ olup bunu toplam sürtünme dahil (brüt) yük torkuna eşitleriz:

$$T_m = \frac{300W}{\omega} = a\omega - b \quad \text{Buradan } \omega \text{'yı bulma denklemi: } a\omega^2 - b\omega - 300W = 0. \quad \text{Denklemin artı kökü:}$$

$$\omega = \frac{+b + \sqrt{b^2 - 4a \cdot (-300W)}}{2a} = \frac{5,85 + \sqrt{(5,85)^2 + 4 \times 0,12 \times 300}}{2 \times 0,12} \text{ rad/s} = 80 \text{ rad/s} = \omega$$

yani $n = \frac{30}{\pi} \cdot 80 \text{ devir/dk} = 764 \text{ devir/dk} = n$ hızında döndürür. Brüt tork ise

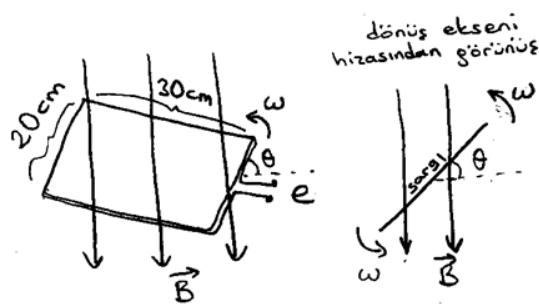
$$T_m = a\omega - b = (0,12 \times 80 - 5,85)Nm = 3,75Nm = T_m \quad (\text{veya } P_m/\omega = (300/80)Nm = 3,75Nm)$$

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

10.11.2018 Süre: 80 dakika

Yazı, insanın okuması içindir. Okunaklı, yormayan ve anlaşılır ifadelerle yazmanız insana değer verdığınızı gösterir.

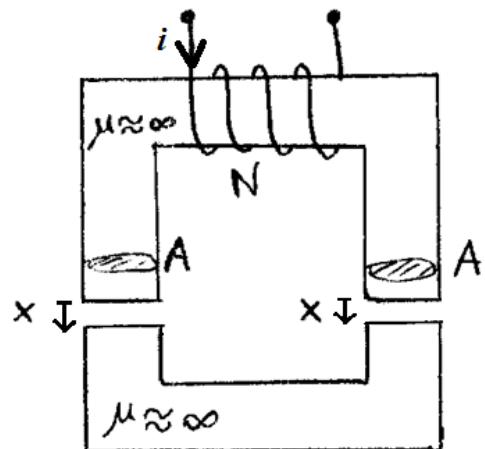
- 1) $20\text{cm} \times 30\text{cm}$ boyutlarında, dikdörtgen şeklinde $N=18$ sarımlık bir sargı, $B = 1,2\text{T}$ 'lik sabit bir akı yoğunluğu altında, \vec{B} 'ye dik bir eksen etrafında $\omega = 150 \text{ rad/s}$ sabit açısal hızla döndürülüyor. Sargı uçlarında endüklenen e geriliminin θ açısına bağlı ifadesini çıkartınız ve etkin (rms) değerini hesaplayınız. (e için işaret tanımı şeviden anlaşılmadığı için e ifadesinin işaretini artı veya eksi seçmekte serbestsiniz.) **(20 puan)**



- 2) Yandaki şekilde üstteki parçanın alttaki parçaya uyguladığı F manyetik kuvvetini, x 'in artış yönü artı kabul edilen yöne göre bulunuz. Altta parçanın kesit alanı da A'dır. **(20 puan)**

Yardımcı formüller:

$$L(x) = \frac{N^2}{R_m(x)} \quad F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(x)}{dx}$$



- 3) Eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 1,64 \Omega$, $x_1 = 6,2 \Omega$, $r_2 = 0,087 \Omega$, $x_2 = 0,45 \Omega$, $g_c = 0,59 \text{ mS}$, $b_m = 1,62 \text{ mS}$ (g_c ve b_m değerleri primer tarafında gösterilen değerleridir), sarım oranı 4:1, 2000 VA'lık, sekonderi 100V'luk tek fazlı bir transformatör, sekonderinde güç faktörü $\cos\phi_2=0,75$ geri olan bir tam yükü anma değerlerinde beslemektedir. Bu çalışma için trafonun verimini, regülasyonunu, primer akımını ve giriş güç faktörünü hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. **(40 puan)**

- 4) Tek fazlı, 50Hz'lik bir transformatöre açık devre testi ve kısa devre testi uygulandığında, V_{20} hariç primerden ölçülen gerilim, akım ve güçler şöyle bulunmaktadır:

Açık devre testi: $V_{10} = 220 \text{ V}$; $I_{10} = 42 \text{ mA}$; $P_0 = 5,5 \text{ W}$; $V_{20} = 55 \text{ V}$

Kısa devre testi: $V_{1k} = 20 \text{ V}$; $I_{1k} = 450 \text{ mA}$; $P_k = 7,5 \text{ W}$

Ayrıca bağlantılar söküldüğünde sargılar soğumadan ölçülen primer sargı direnci $r_{ölç} = 17 \Omega$ bulunduğuuna göre trafonun eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Sekonder sargısının direnç ve kaçak reaktansını, sekonderdeki değerleriyle de bulunuz. **(20 puan)**

BAŞARILAR ...

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV CEVAP ANAHTARI

10.11.2018

$$1) \Psi = NBA \cos \theta \quad e = -\frac{d\Psi}{dt} = NBA \frac{d\theta}{dt} \sin \theta \quad \text{Burada } \frac{d\theta}{dt} = \omega \text{ olduğundan } e = NBA\omega \sin \theta$$

ω sabit olduğundan $\theta = \omega t + \theta_0$ yazılabilir (θ_0 başlangıç açısı). Yani $e = NBA\omega \sin(\omega t + \theta_0)$ diye de yazılabilir. e 'nin rms değeri ise bunun genliğinin $1/\sqrt{2}$ katıdır: $E_{rms} = \frac{NBA\omega}{\sqrt{2}}$

Değerleri yerine yazarsak $NBA\omega = 18 \times 1,2T \times (20 \times 10^{-2}m \times 30 \times 10^{-2}m) \times 150 rad/s = 194,4V$ genlik olup, anlık ifade $e = 194,4V \sin \theta$ ve etkin değer $E_{rms} = \frac{NBA\omega}{\sqrt{2}} = 137,5V$ bulunur.

$$2) R_m(x) = R_{mFe} + \frac{2x}{\mu_0 A} \quad \text{Nüve için } \mu \approx \infty \text{ olduğundan } R_{mFe} = 0 \text{ alabiliriz. Böylece sargı uçlarına göre endüktans } L(x) = N^2 / \left(\frac{2x}{\mu_0 A} \right) = \frac{\mu_0 A N^2}{2x} \quad \text{turevi ise } dL(x)/dx = -\frac{\mu_0 A N^2}{2x^2} \text{ bulunur.}$$

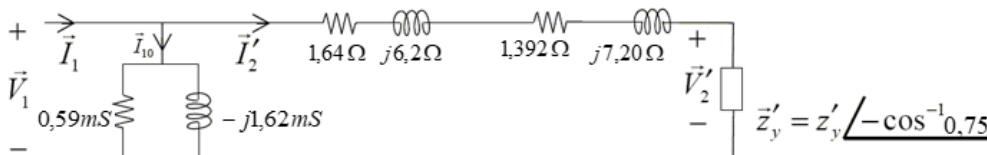
$$x \text{ 'in artış yönündeki kuvvet ise } F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(x)}{dx} = -\frac{\mu_0 A N^2}{4x^2} i^2 = F$$

Bu kuvvet x 'in artış yönünde (aşağı doğru) eksi değerli olduğundan, alttaki parça bunun mutlak değeri kadar kuvvetle yukarıya doğru çekilmektedir.

$$3) r'_2 = 4^2 \times 0,087\Omega = 1,392\Omega \quad x'_2 = 4^2 \times 0,45\Omega = 7,20\Omega$$

$$V_2 = 100V \rightarrow V'_2 = 4 \times 100V = 400V \rightarrow \vec{V}'_2 = 400V/0^\circ \text{ (ilk açı keyfi)}$$

$$I'_2 = \frac{2000VA}{400V} = 5,00A \quad \text{Açısı ise } 0^\circ - \cos^{-1} 0,75 = -41,4^\circ \rightarrow \vec{I}'_2 = 5,00A/-41,4^\circ = (3,75 - j3,31)A$$



$$\vec{V}_1 = (400 + j0 + [(1,64 + 1,392) + j(6,2 + 7,20)](3,75 - j3,31))V$$

$$\vec{V}_1 = (400 + (3,032 + j13,40)(3,75 - j3,31))V = (400 + 11,37 - j10,027 + j50,25 + 44,316)V$$

$$\vec{V}_1 = (455,7 + j40,2)V = 457,5V/5,0^\circ$$

$$P_{Cu} = 3,032 \times 5,00^2 W = 75,8W \quad P_{Fe} = 0,59 \times 10^{-3} \times 457,5^2 W = 123,5W$$

$$P_{çikış} = 2000VA \times 0,75 = 1500W \quad P_{giriş} = (1500 + 75,8 + 123,5)W = 1699W$$

$$\text{Verim} = \frac{1500}{1699} = \%88,3 \quad \text{Regülasyon} = \frac{457,5 - 400}{400} = \%14,4$$

$$\vec{I}_{10} = (0,59 - j1,62)(455,7 + j40,2)A = (0,269 + j0,024 - j0,738 + 0,065)A = (0,33 - j0,71)A = \vec{I}_{10}$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}'_2 + \vec{I}_{10} = (3,75 - j3,31 + 0,33 - j0,71)A = (4,08 - j4,02)A = 5,73A/-44,6^\circ = \vec{I}_1$$

$$\varphi_1 = 5,0^\circ - (-44,6^\circ) = 49,6^\circ \rightarrow \cos 49,6^\circ = \cos \varphi_1 = \text{giriş güç faktörü} = 0,648 \text{ geri}$$

$$4) g_c = \frac{5,5}{220^2} S = 114\mu S \quad Y_0 = \frac{0,042A}{220V} = 191\mu S \quad b_m = \sqrt{191^2 - 114^2}\mu S = 153\mu S$$

$$N_1/N_2 = 220/55 = 4 \quad (r_1 + r'_2) = \frac{7,5}{0,45^2}\Omega = 37,0\Omega \quad Z_k = \frac{20V}{0,45A} = 44,4\Omega$$

$$(x_1 + x'_2) = \sqrt{44,4^2 - 37,0^2}\Omega = 24,6\Omega \quad x_1 = x'_2 = 24,6\Omega/2 = 12,3\Omega$$

$$r_1 = 17\Omega \rightarrow r'_2 = 37\Omega - 17\Omega = 20\Omega \quad r_2 = 20\Omega/4^2 = 1,25\Omega \quad x_2 = 12,3\Omega/4^2 = 0,77$$

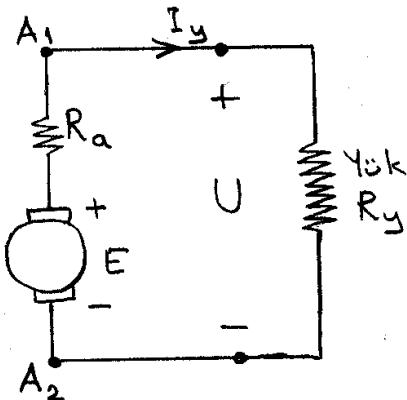
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI

02.01.2019 Süre: 70 dakika

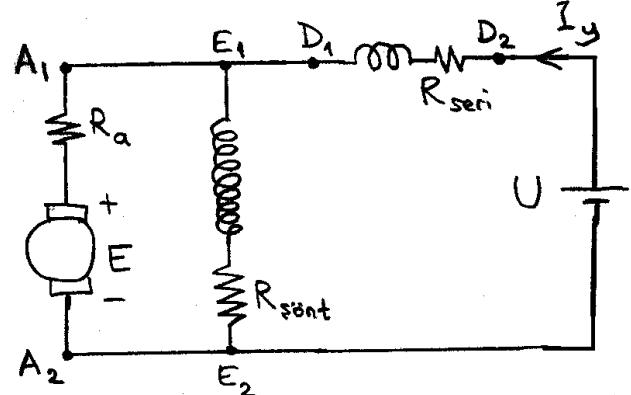
- 1) Tek fazda indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 6,2\Omega$, $r_2' = 4,5\Omega$, $x_1 = x_2' = 37\Omega$, $g_c = 60\mu S$, $b_m = 270\mu S$ (tüm parametreler primer tarafındaki değerler) olan üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Δ bağlı, 72kVA'lık, primer/sekonder sarım oranı $N_1/N_2 = 8$ olan bir transformator, sekonderinde güç faktörü $\cos \varphi_2 = 0,9$ ileri olan bir tam yükü, anma sekonder gerilimi olan 400V'ta beslemektedir. Bu çalışma için trafonun toplam demir ve bakır kayıplarını, toplam giriş ve çıkış güçlerini, verim ve regülasyonunu hesaplayınız. Yaklaşık eşdeğer devre kullanınız. (30 puan) (Primer akımı ve güç faktörü sorulmuyor.)

- 2) Anma güçleri ve kısa devre oranları sırasıyla $S_1 = 130kVA$, $u_{k1} = \%2$; $S_2 = 180kVA$, $u_{k2} = \%2$; $S_3 = 200kVA$, $u_{k3} = \%3$ olan üç trafo paralel bağlanıyor. Paralel bağlı sistemin anma gücü yaklaşık ne olur? Bu anma gücüyle yüklenen sistemde her bir trafonun payına düşen yük yaklaşık ne olur? (25 puan)

- 3) Yandaki şekildeki sabit mıknatıslı dinamoda $R_a = 4\Omega$, $U = 60V$, $I_y = 2,5A$, dönüş hızı $n = 1200$ devir/dakika, sürtünme kaybı $P_{sür} = 25W$ olduğuna göre verimi ve giriş torkunu hesaplayınız. (20 puan)



- 4) Yandaki şekildeki kompound motorda $R_{seri} = 2\Omega$, $R_{şönt} = 250\Omega$, $R_a = 3\Omega$, $U = 270V$, $I_y = 10A$ 'dır. Motor $n = 2000$ devir/dakika hızla dönüyor. Verimi ve çıkış torkunu bulunuz (25 puan)



BAŞARILAR ...

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI CEVAP ANAHTARI

02.01.2019

1) Sekonder Δ bağlı olduğundan fazlar arası sekonder gerilimi = tek faz gerilimi $= \vec{V}_2 = 400V \angle 0^\circ$ (açısı keyfi), Tek faz sarım oranı 8 olduğundan bunun primere yansıtımışı: $\vec{V}'_2 = 8 \times 400V \angle 0^\circ = 3200V \angle 0^\circ$, Tek faz akımı $I'_2 = \frac{72000VA/3}{3200V} = 7,5A$, $\varphi_2 = -\cos^{-1}(0,9) = -25,8^\circ$. Bunu \vec{V}'_2 'nın açısından çıkararak \vec{I}'_2 'nın açısı bulunur. $\vec{I}'_2 = 7,5A \angle 25,8^\circ = (6,75 + j3,269)A$

$$\begin{aligned}\vec{V}_1 &= \vec{V}'_2 + ((r_1 + r'_2) + j(x_1 + x'_2))\vec{I}'_2 = 3200V + j0V + (10,7 + j74)\Omega \cdot (6,75 + j3,269)A \\ \vec{V}_1 &= 3200V + j0V + 72,2V + j499,5V - 241,9V + j35,0V \\ \vec{V}_1 &= 3030,3V + j534,5V = 3077V \angle 10^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{Cu} &= 3 \times 10,7 \times 7,5^2 W = 1806W & P_{Fe} &= 3 \times 60 \times 10^{-6} \times 3077^2 W = 1704W \\ \text{Çıkış gücü} &= 72kVA \times 0,9 = 64800W, & \text{giriş gücü} &= P_g = 64800W + 1806W + 1704W = 68310W \\ \text{Verim} &= \frac{64800}{68310} = \%94,9 & \text{Regülasyon} &= \frac{3077 - 3200}{3200} = -0,038 = \%(-3,8)\end{aligned}$$

2) Anma güçleri toplamı $S_T = 130kVA + 180kVA + 200kVA = 510kVA$

$$\frac{510}{u_{kes}} = \frac{130}{\%2} + \frac{180}{\%2} + \frac{200}{\%3} \rightarrow u_{kes} = \% \frac{510}{221,67} = \%2,30 = u_{kes}$$

Paralel bağlı sistemi $S_T = 510kVA$ ile yüklersek her bir trafonun yükü:

$$\begin{aligned}S_{1y} &= 130kVA \cdot \frac{2,30}{2} = 149,5kVA & S_{2y} &= 180kVA \cdot \frac{2,30}{2} = 207,1kVA \\ S_{3y} &= 200kVA \cdot \frac{2,30}{3} = 153,4kVA\end{aligned}$$

Kısa devre oranları aynı ve en düşük olan 1. ve 2. trafoolar aynı derecede aşırı yüklenmiştir. Bunların güçlerini kendi anma değerlerine çekmek için tüm yükü $\frac{u_{k1}}{u_{kes}} = \frac{u_{k1}}{u_{kes}} = \frac{2,00}{2,30}$ ile çarpmak suretiyle azaltmak gereklidir.

Toplam yük de aynı şekilde azaltılınca $510kVA \times \frac{2,00}{2,30} = 443,5kVA = S_T^{anma}$ paralel sistemin anma gücüdür.

Bu anma gücüyle yüklenirse her bir trafonun payına düşen yük:

$$S'_{1y} = (2,00/2,30) \cdot 149,5kVA = 130kVA \quad S'_{2y} = (2,00/2,30) \cdot 207,1kVA = 180kVA$$

$S'_{3y} = (2,00/2,30) \cdot 153,4kVA = 133,4kVA$ (Toplamının S_T^{anma} ile 0,1kVA farklı gibi görünmesi işlemlerdeki yuvarlamalardan kaynaklanmıştır.)

3) $E = U + R_a I_y = 60V + 4\Omega \cdot 2,5A = 70V$

$$P_{giriş} = EI_a + P_{sür} = 70V \cdot 2,5A + 25W = 200W = P_{giriş}$$

$$P_{çikis} = UI_y = 60V \cdot 2,5A = 150W = P_{çikis} \quad \text{Verim} = \frac{150}{200} = \%75 = \eta$$

$$T_{giriş} = \frac{P_{giriş}}{\omega} = \frac{200W}{\frac{\pi}{30} \cdot 1200 rad/s} = \frac{200W}{125,66 rad/s} = 1,59 Nm = T_{giriş}$$

4) Şönt sargı ve armatür üzerinde $U' = U - R_{seri} I_y = 270V - 2\Omega \cdot 10A = 250V$ (A_2 ucu eksiz)

Şönt sargı akımı $I_{üşönt} = 250V / 250\Omega = 1A$ (aşağı) Armatür akımı $I_a = 10A - 1A = 9A$ (aşağı)

$$E = U' - R_a I_a = 250V - 3\Omega \cdot 9A = 223V \quad \omega = (\pi/30) \cdot 2000 rad/s = 209,4 rad/s$$

$$P_{çikis} = EI_a - P_{sür} = 223V \cdot 9A = 2007W \quad (\text{sürtünmeyi ihmal ediyoruz}).$$

$$P_{giriş} = UI_y = 270V \times 10A = 2700W \quad \text{Verim} = \frac{2007}{2700} = \%74,3 = \eta$$

Çıkış torku da $T_{çikis} = \frac{2007W}{209,4} = 9,58 Nm$ (sürtünmeyi ihmal ediyoruz).