

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

19.11.2011 Süre: 60 dakika

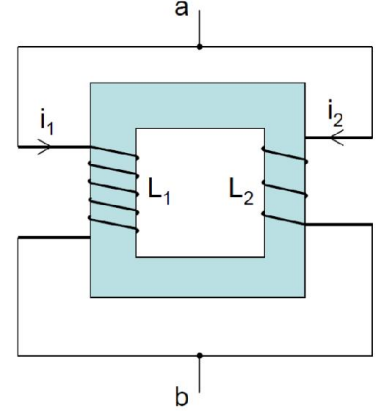
1) Manyetik geçirgenliği (μ) sabit bir ortamda L_1 ve L_2 gibi iki endüktans arasındaki ortak endüktans (M) için, tam kuplajlı (kaçak akı olmayan) durumda

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

olduğunu ispatlayınız.

Yol gösterme: Şekildeki gibi ortak nüvede farklı sarım sayılı iki sargının ters paralel bağlı olduğunu düşününüz. Sarım başına voltun her iki sargıda da aynı olduğunu da dikkate alarak ab arası voltajın ne olması gerektiğini bulunuz. ab arası voltajın her iki sargıdan da aynı hesaplanması gerektiğinden de faydalanınız.

(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 sargısı direnci $r_1 = 0,2\Omega$ ölçüldüğüne göre trafonun eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Sekonder sargısı 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

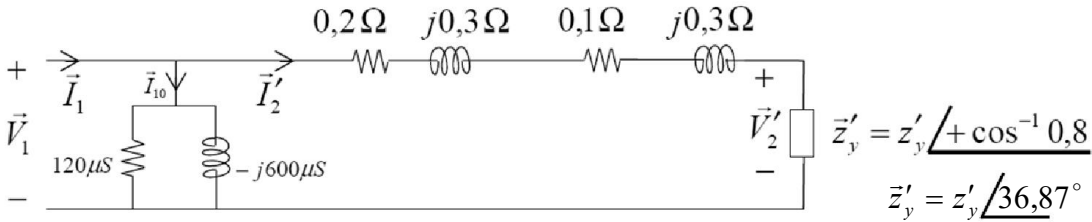
1) Kaçak akı olmadığı için iki sargının da akısı, dolayısıyla sarım başına voltu aynıdır. Paralel bağlı oldukları için toplam voltajları da aynıdır. Farklı sarım sayılarına sahip bir sargıda bu iki şart, ancak sargı voltajlarının (dolayısıyla net akının) sıfır olmasıyla sağlanabilir. Her iki sargı üzerindeki 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, $0 = L_2 \frac{L_1}{M} - M \rightarrow \boxed{M^2 = L_1 L_2}$

Burada akım yönleri tanımına göre sargıların akıları birbirini zayıflattığı için M , başında eksi işaretiyle 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: $\vec{V}_2' = 400V \angle 0^\circ$

$$\vec{I}_2' = \vec{V}_2' / \vec{Z}_y' = I_2' \angle (0^\circ - 36.87^\circ) \quad I_2' = \frac{1600VA}{400V} = 4A$$

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

doğrudan bulmak daha kolaydır.) $\rightarrow \vec{I}_2' = 4A \angle -36.87^\circ$

$$\vec{V}_1 = 400V \angle 0^\circ + \underbrace{((0.2 + 0.1) + j(0.3 + 0.3))\Omega}_{0.671\Omega \angle 63.43^\circ} (4A \angle -36.87^\circ) = 400V + j0V + 2.683V \angle 26.57^\circ$$

$$\vec{V}_1 = 400V + j0V + (2.4 - 1.2)V = (402.4 + j1.2)V = 402.4V \angle 0.17^\circ$$

$$P_{Cu} = (0.2 + 0.1)\Omega \cdot (4A)^2 \approx 5W$$

$$P_{Fe} = 120 \times 10^{-6} S \times (402.4V)^2 \approx 19W$$

$$\text{Çıkış gücü: } P_2 = 1600VA \times 0.8 = 1280W$$

$$\text{Giriş gücü: } P_1 = 1280W + 5W + 19W = 1304W$$

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

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

$$V_{20}' = V_1 = 402.4V \quad (\vec{V}_1 \text{ vektörünün kutupsal gösterimdeki büyüklüğü})$$

$$\text{Regülasyon} = \%100 \frac{V_{20}' - V_{2TY}'}{V_{2TY}'} = \%100 \frac{402.4 - 400}{400} \quad \boxed{\text{Regülasyon} = \%0.6}$$

∠

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

EM-1-V-2011-CA-2

Ölçülen primer akımı $I_1 = 4,19A$

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

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

$$(r_1 + r_2') = \frac{110W}{(12A)^2} = 0,76\Omega \quad r_1 = 0,2\Omega \quad \rightarrow \quad r_2' = 0,76\Omega - 0,2\Omega = r_2' = 0,56\Omega$$

$$z_k = \frac{15V}{12A} = 1,25\Omega \quad (x_1 + x_2') = \sqrt{1,25^2 - 0,76^2}\Omega = 0,989\Omega \quad \rightarrow \quad \frac{0,989\Omega}{2} = x_1 = x_2' = 0,49\Omega$$

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 faza 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 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.

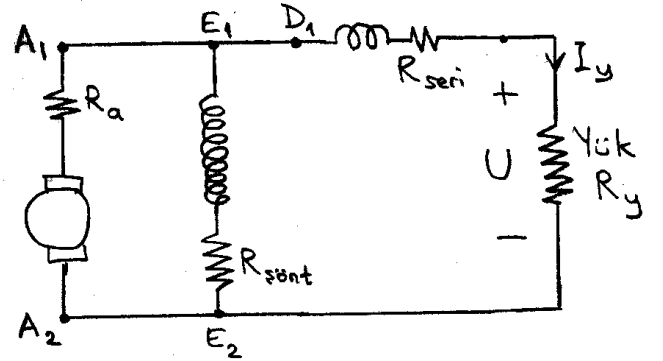
2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, Δ/Δ bağlı, 1000V:2000V'luk bir transformatöre açık devre testi ve kısa devre testi uygulandığında primerden ölçülen gerilim, akım ve güçler, hat değeri olarak şöyle bulunmaktadır:

Açık devre testi: 1000V, 1,75A, 1200W

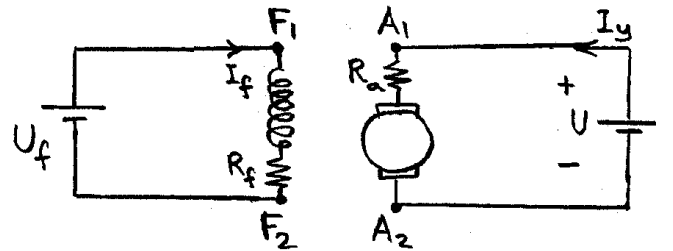
Kısa devre testi: 38,0V, 20,0A, 1080W

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 sargısı 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 kompund dinamo, $n=3000$ devir/dakika hızla döndürülürken yük uçlarında $U=350V$, $I_y=25A$ görülmektedir. Dinamonun sürtünme kaybı $P_{sür}=1000W$ olduğuna göre dinamonun verimini ve giriş torkunu hesaplayınız.



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



sargısına bağlı kablolardan biri F_1 noktasından kopuyor. Bu anda artık mıknatısiyet akısı kopmadan hemen önceki akının %4'ü oluyor. Hızdaki değişimin akımdaki değişmeye göre yavaş kaldığını (mekanik zaman sabitinin, L_a/R_a 'dan çok daha büyük olduğunu (L_a armatür endüktansı)) varsayarak kopmadan sonra armatür akımının ulaşacağı değeri bulunuz.

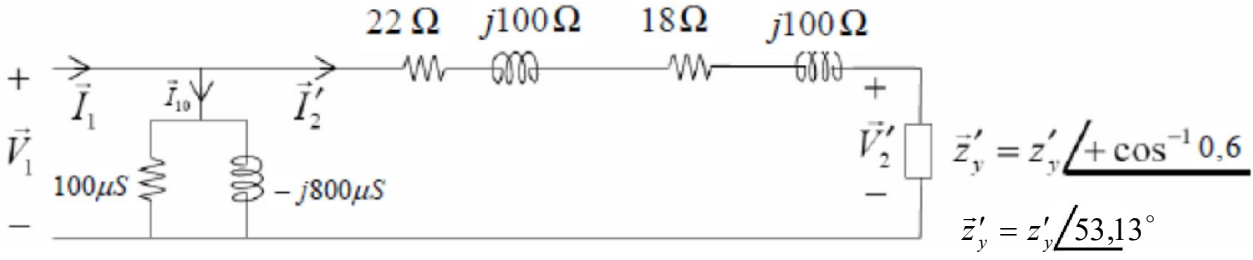
BAŞARILAR ...

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:

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

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

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

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

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

$$\vec{V}_1 = 4000V \angle 0^\circ + \underbrace{((22 + 18) + j(100 + 100))\Omega}_{203,96\Omega \angle 78,69^\circ} (5A \angle -53,13^\circ) = 4000V + j0V + 1019,8V \angle 26,56^\circ$$

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

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

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

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

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

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

V_1 aynı değerinde tutulup yük açık devre edilirse, sekonder voltajının yansıtılmışı 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:

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

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

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

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

$$(r_1 + r_2') = \frac{360W}{(11,55A)^2} = 2,7\Omega \quad \rightarrow \quad r_2' = 2,7\Omega - 1,2\Omega = \boxed{r_2' = 1,5\Omega}$$

$$z_k = \frac{38V}{11,55A} = 3,29\Omega \quad (x_1 + x_2') = \sqrt{3,29^2 - 2,7^2} \Omega = 1,88\Omega \quad \rightarrow \quad \frac{1,88\Omega}{2} = \boxed{x_1 = x_2' = 0,94\Omega}$$

Sekonder sargısının direnç ve reaktansının sekonderdeki değerlerini bulalım:

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

$$r_2 = (N_2/N_1)^2 \times 1,5\Omega = 2^2 \times 1,5\Omega = \boxed{r_2 = 6\Omega}$$

$$x_2 = (N_2/N_1)^2 \times 0,94\Omega = 2^2 \times 0,94\Omega = \boxed{x_2 = 3,76\Omega}$$

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

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

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

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

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

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

$$P_\phi / P_g = 8750/14363 = \boxed{\text{Verim} = \%60,9}$$

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

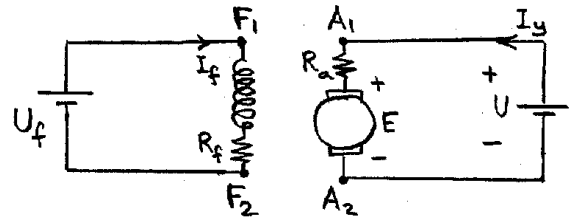
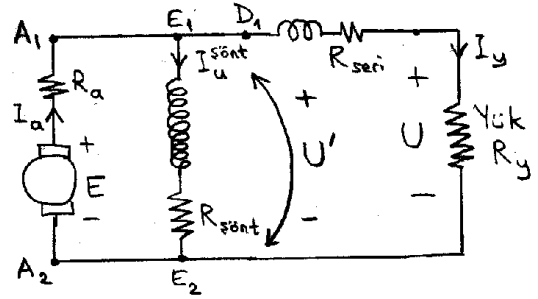
4) $E = K \phi n$ olduğu için (K sabit) E ile manyetik akı ϕ doğru orantılıdır. Hızın değişmesi gecikeceğine göre kopmadan önceki ve sonraki denge değerleri arasında

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

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

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

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 şönt uyarım 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 transformatöre açık devre testi ve kısa devre testi uygulandığında primerden ölçülen gerilim, akım ve güçler, hat değeri olarak şöyle bulunmaktadır:

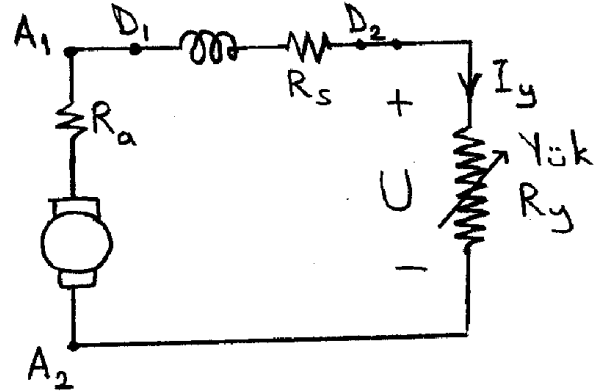
Açık devre testi: 15000V , 2,8A , 62500W

Kısa devre testi: 322V , 120A , 58500W

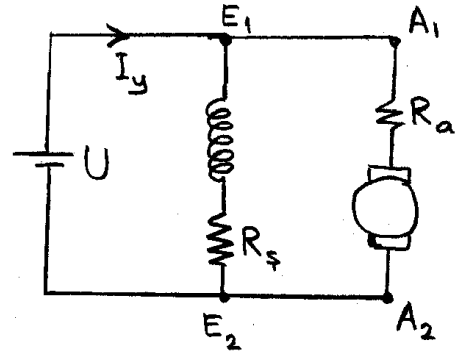
Ayrıca primer hatlarının bir ucu boştayken diğer iki ucundan ölçülen direnç $r_{ölç} = 1,2\Omega$ olduğuna göre trafonun tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. (20 puan)

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 uç gerilimi (U_2) ne olur? Uyartım akımıyla akının doğru orantılı olduğu bölgede çalışıldığını varsayınız. (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 sürtünme kaybı $P_{sür} = 1200W$ olduğuna göre motorun verimini ve çıkış torkunu bulunuz. (25 puan)



BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

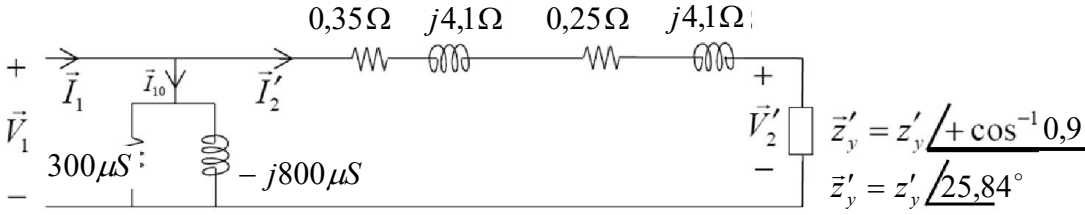
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI

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: $I'_2 = \frac{180kVA/3}{1600V} = 37,5A$

(veya primer Δ 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: $\vec{V}'_2 = 400V \angle 0^\circ$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$\vec{I}_1 = \vec{I}'_2 + \vec{I}_{10} = (33,75 - j16,35)A + \underbrace{(300 - j800)10^{-6} S \times 1774V \angle 8,65^\circ}_{854,4\mu S \angle -69,44^\circ}$

$= (33,75 - j16,35)A + 1,516A \angle -60,79^\circ = (33,75 - j16,35)A + (0,74 - j1,32)A = (34,49 - j17,67)A$

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

Giriş (primer) güç faktörü $\cos(8,65^\circ - (-27,13^\circ)) = \cos 35,78^\circ = \boxed{\cos \phi_1 = 0,811 \text{ geri}}$

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

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

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

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

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

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

$$\boxed{55,1 \mu S = b_m}$$

$$(r_1 + r_2') = \frac{19500 W}{(69,28 A)^2} = 4,06 \Omega \quad \rightarrow \quad r_2' = 4,06 \Omega - 1,8 \Omega = \boxed{2,26 \Omega = r_2'}$$

$$z_k = \frac{322 V}{69,28 A} = 4,65 \Omega \quad \rightarrow \quad (x_1 + x_2') = \sqrt{4,65^2 - 2,26^2} \Omega = 2,26 \Omega \quad \rightarrow \quad \frac{2,26 \Omega}{2} = \boxed{1,13 \Omega = x_1 = x_2'}$$

3) Birinci yük için

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

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

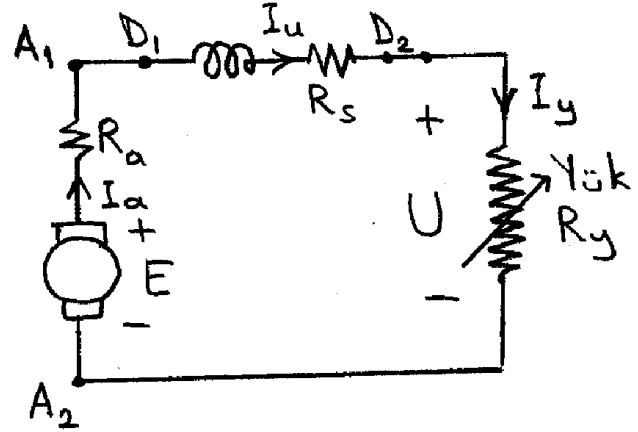
olduğu için $E = K_a \phi \omega = K I_u n = K I_y n$

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

ikinci yük için emk:

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

$$U_2 = 250 V - (3 \Omega + 2 \Omega) \times 10 A = \boxed{200 V = U_2}$$



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

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

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

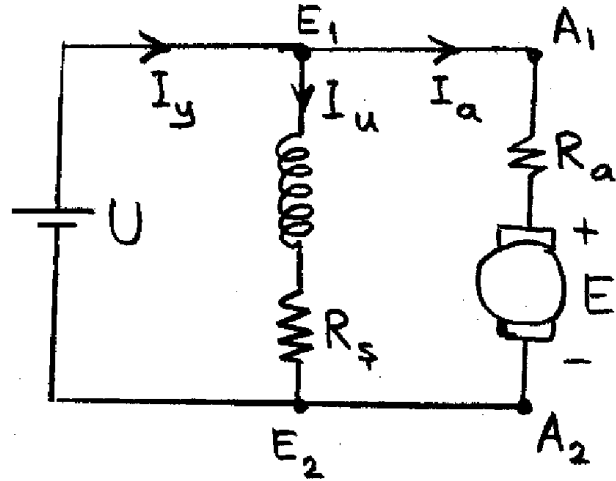
$$\text{Giriş gücü } P_g = 600 V \times 25 A = 15000 W$$

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

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

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

$$\text{Çıkış torku: } T_\phi = \frac{10064}{314,16} \text{ Nm} = \boxed{T_\phi = 32,0 \text{ Nm}}$$



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 sinüzoidallikten 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 ölçümler 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 $r_{ölç} = 0,6\Omega$ '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)

$$F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(x)}{dx} = \frac{1}{2} i^2 \frac{d}{dx} \{a(b - |x|)\} = -\frac{ai^2}{2} \frac{d|x|}{dx} \quad \text{Burada } \frac{d|x|}{dx} = \frac{|x|}{x} \text{ olup } x = 0 \text{ 'da tanımsızdır.}$$

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

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 yöndedir. 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.

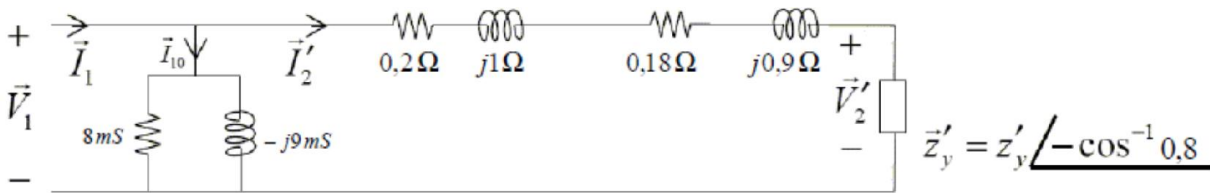
(B)

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 gerekir.

AC gerilimde trafo primer boşta çalışma akımının dalga şeklini sinüzoidallikten 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 orantı olmayınca kaçınılmaz olarak H ve onunla orantılı primer boşta çalışma akımı sinüzoidallikten bozulur.

2) (A) Primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devreyi kullanalım. Sarım oranı $N_1/N_2 = 2700/900 = 3$ olduğu için

$$r_2' = 3^2 \times 0,02\Omega = 0,18\Omega \quad \text{ve} \quad x_2' = 3^2 \times 0,1\Omega = 0,9\Omega.$$



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: $\vec{V}_2' = 2700V \angle 0^\circ$

$$\vec{I}_2' = \vec{V}_2' / \vec{Z}_y' = I_2' \angle (0^\circ - (-36,87^\circ)) \quad I_2' = \frac{20000VA}{2700V} = 7,41A$$

$$(\text{veya } I_2 = \frac{20000VA}{900V} = 22,22A \rightarrow I_2' = \frac{N_2}{N_1} 22,22A = 7,41A \text{ diye de hesaplanabilirdi ama yansıtılmışı}$$

$$\text{yukarıdaki gibi doğrudan bulmak daha kolaydır.)} \rightarrow \vec{I}_2' = 7,41A \angle 36,87^\circ \rightarrow \vec{I}_2' = (5,93 + j4,44)A$$

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

$$\vec{V}_1 = (2694 + j13) V = 2694 V \angle 0,3^\circ$$

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

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

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

$$\text{Giriş gücü: } P_1 = 16000 W + 21 W + 58054 W = 74075 W$$

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

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

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

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

(Kapasitif yüke göre hesaplanırsa regülasyon bazen eksi olabilir. Bunun anlamı yüklenince voltajın yükseldiğidir.)

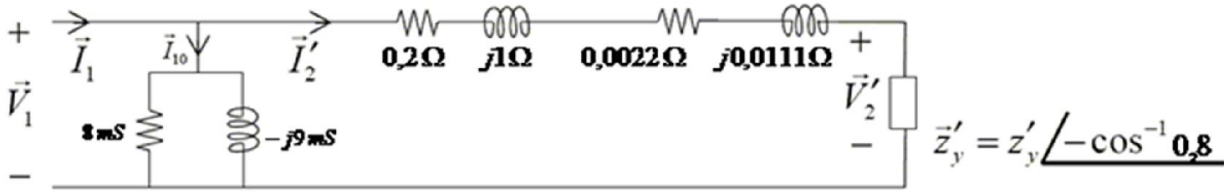
$$\vec{I}_1 = \vec{I}'_2 + \vec{I}_{10} = (5,93 + j4,44) A + \underbrace{(0,008 - j0,009)(2694 + j13)}_{21,55 + j0,10 - j24,24 + 0,12} A = (27,59 - j19,70) A = \vec{I}_1 = 33,90 A \angle -35,5^\circ$$

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

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

(B) Primere yansıtılmış yaklaşık eşdeğer devreyi kullanalım. Sarım oranı $N_1/N_2 = 300/900 = 1/3$ olduğu için

$$r'_2 = 0,02 \Omega / 3^2 = 2,2 m\Omega \quad \text{ve} \quad x'_2 = 0,1 \Omega / 3^2 = 11,1 m\Omega.$$



Diğer şıktakine benzer yollarla şunlar bulunur:

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

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

$$\vec{V}_1 = 300 V \angle 0^\circ + (0,2022 + j1,0111)(53,33 + j40,00) V = 300 V + (10,785 + j8,089 + j53,926 - 40,444) V$$

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

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

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

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

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

$$\text{Verim: } \eta = \frac{16000}{17515} = \%91,4$$

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

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

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

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

$$\text{Ölçülen primer akımı} \quad \boxed{I_1 = 67,76A}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Sekonder sargısının direnç ve reaktansının sekonderdeki değerlerini bulalım:

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

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

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

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 $r_1 = 2,2\Omega$, $r_2 = 0,018\Omega$, $x_1 = 15\Omega$, $x_2 = 0,15\Omega$, $g_c = 15\mu S$, $b_m = 120\mu S$ '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)

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

Cevap 2) Primere yansıtılmış devre kullanılırsa

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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:

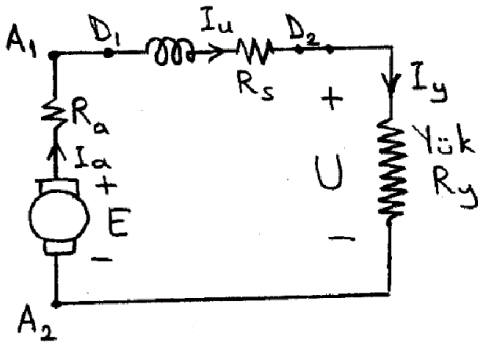
$$r_1 = 1,5 \, \Omega, \, r'_2 = 2,5 \, \Omega, \, x_1 = 12 \, \Omega, \, x'_2 = 12 \, \Omega, \, g_c = 50 \, \mu S, \, b_m = 320 \, \mu S$$

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)

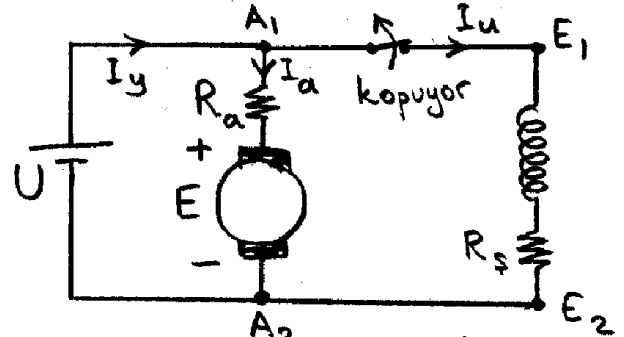
3) AC akımlı bir elektromıknatıs, bir demir parçasını $A = 20 \text{ cm}^2$ kesit alanı üzerinde yere göre sabit sayılabilecek şekilde $B = (1,414T) \cdot \sin(314t)$ biçiminde zaman(t) ile değişen akı yoğunluğuna maruz bırakıyor. Elektromıknatısın demire uyguladığı manyetik çekme kuvvetinin ortalama 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 W 'tır. Dinamonun verimini ve brüt giriş torkunu hesaplayınız. (20 puan)

5) Yandaki şekildeki şönt 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 şönt sargı hattı gösterilen yerden kopuyor. Kopmadan sonraki artık mıknatısiyet akısı, kopmadan hemen önceki uyarım akısının $\%4$ 'ü oluyor. Hızdaki değişimin akımdaki değişime göre çok yavaş olduğu varsayımıyla, 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.

$$1) \vec{V}_2' = 924 V \angle 0^\circ, \quad \vec{I}_2' = 7,22 A \angle -36,87^\circ = (5,77 - j4,33) A,$$

$$\vec{V}_1 = 1058 V \angle 6,58^\circ = (1051 + j121) V,$$

$$P_{Cu} = 625 W, \quad P_{Fe} = 168 W, \quad P_2 = 16\,000 W, \quad P_1 = 16\,793 W$$

$$\eta = \frac{16\,000}{16\,793} = \%95,3, \quad \text{Reg} = \frac{1058 - 924}{924} = \%14,5$$

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

Sistem S_T ile yüklenirse her birinin payına düşen yük:

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

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

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

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

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 ($rms = \text{root mean square}$) değerinin karesi ile orantılı olur. Yani:

$$F_{ort} = \frac{B_{rms}^2 A}{2\mu_0} \text{ olur. } B_{rms} = \frac{1,414 T}{\sqrt{2}} = 1,0 T \quad A = 20 \text{ cm}^2 = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\rightarrow F_{ort} = \frac{(1,0 T)^2 \times 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2}{2 \times 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}} = 796 N$$

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

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

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

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

5) Kopmadan önce $I_u = 2 A$, $I_a = 38 A$, $E = 362 V$.

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

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

20.01.2015 Süre: 90 dakika

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

$$r_1 = 0,5 \, \Omega, r'_2 = 0,3 \, \Omega, x_1 = 6 \, \Omega, x'_2 = 6 \, \Omega, g_c = 125 \, \mu S, b_m = 950 \, \mu S$$

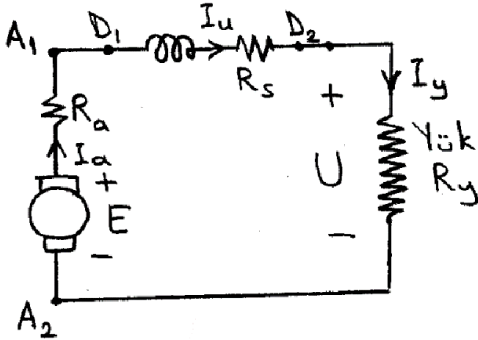
Sekonderde güç faktörü 0,7 geri olan bir tam yük, anma geriliminde besleniyor. Trafonun toplam demir kaybını, bakır kaybını, giriş ve çıkış güçlerini, verimini ve regülasyonunu bulunuz. (25 puan)

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 elektromıknatısın 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 çalışan 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)

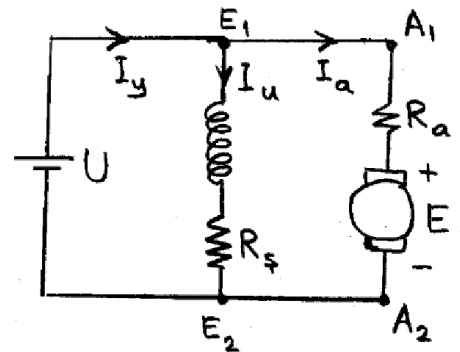


4) Yandaki seri dinamoda $R_a = R_s = 0,25 \, \Omega$ olup, $U = 100 \text{ V}$, $I_y = 20 \text{ A}$, $n = 1200$ devir/dakika, sürtünme kayıpları ise 300W'tır. Dinamonun verimini ve brüt giriş torkunu hesaplayınız.

(20 puan)

5) Yandaki şekildeki şönt 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.

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

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

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

$$2) u_{kes} = \% \left(\frac{370}{110} \right) = \%3,36. \quad \text{Sistem } (160 + 120 + 90) \text{ kVA} = 370 \text{ kVA ile yüklenirse, her bir trafonun payına}$$

$$\text{düşen yük: } S_{1y} = \frac{3,36}{4} \cdot 160 \text{ kVA} = 135 \text{ kVA} < S_1, \quad S_{2y} = \frac{3,36}{3} \cdot 120 \text{ kVA} = 135 \text{ kVA} > S_2,$$

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

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 yöndedir. Özetle kuvvet, $|x|$ 'i azaltmaya çalışan yöndedir (V şıkkı).

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

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

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

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 sinüzoidalikten 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

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

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

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

\vec{F} , x 'in artışı yönünde tanımlı olduğundan, $x > 0$ iken $F < 0$ olup x 'i azaltmaya çalışır, $x < 0$ iken $F > 0$ olup x 'i artırmaya çalışır.

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

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

2) a) Paralel olmalıdır. Çünkü indüksiyonla oluşan girdap akımları akı aızgilerine dik düzlemde döner. Sac yüzeylerindeki yalıtkan boya, bu akımların yolunu keserek kayıpları azaltır.

b) Histeresis eğrisinin (döngüsünün) döngüsel olmaması.

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

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

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

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

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

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

$$4) g_c = 165 \mu S$$

$$\gamma_o = 682 \mu S$$

$$b_m = 661 \mu S$$

$$r_1 + r_2' = 1,92 \Omega$$

$$r_1 = 0,85 \Omega$$

$$r_2' = 1,07 \Omega$$

$$Z_k = 3,6 \Omega$$

$$x_1 + x_2' = 3,05 \Omega$$

$$x_1 = x_2' = 1,52 \Omega$$

$$N_1/N_2 = 4$$

$$r_2 = 67 m\Omega$$

$$x_2 = 95 m\Omega$$

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

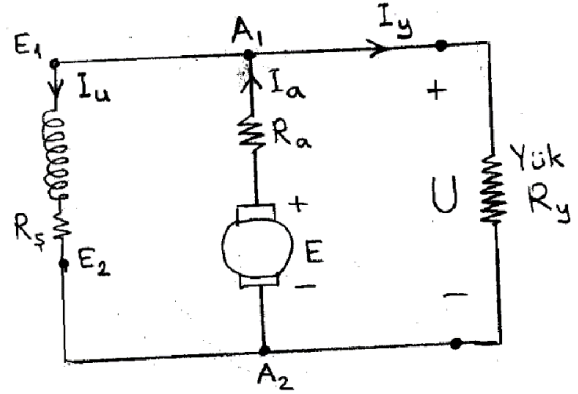
1) Üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Δ bağlı, 20kVA'lık, 1200V:400V'luk, bir transformatörün tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 0,5 \, \Omega, \, r_2' = 0,3 \, \Omega, \, x_1 = 6 \, \Omega, \, x_2' = 6 \, \Omega, \, g_c = 125 \, \mu S, \, b_m = 950 \, \mu S$$

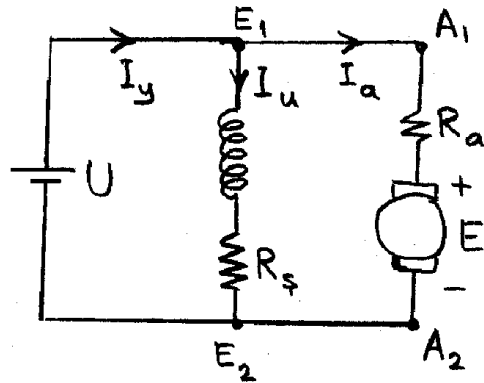
Sekonderde güç faktörü 0,7 geri olan bir tam yük, anma geriliminde besleniyor. Trafonun toplam demir kaybını, bakır kaybını, giriş ve çıkış güçlerini, verimini ve regülasyonunu bulunuz. (25 puan)

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 şönt 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 şönt 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)



BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

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

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

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

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

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

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

$$2) u_{kes} = \% \left(\frac{380}{130} \right) = \%2,923. \text{ Sistem } (160 + 120 + 100) \text{ kVA} = 380 \text{ kVA ile yüklenirse, her bir trafonun payına}$$

$$\text{düşen yük: } S_{1y} = \frac{2,923}{4} \cdot 160 \text{ kVA} = 117 \text{ kVA} < S_1, \quad S_{2y} = \frac{2,923}{3} \cdot 120 \text{ kVA} = 117 \text{ kVA} < S_2,$$

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

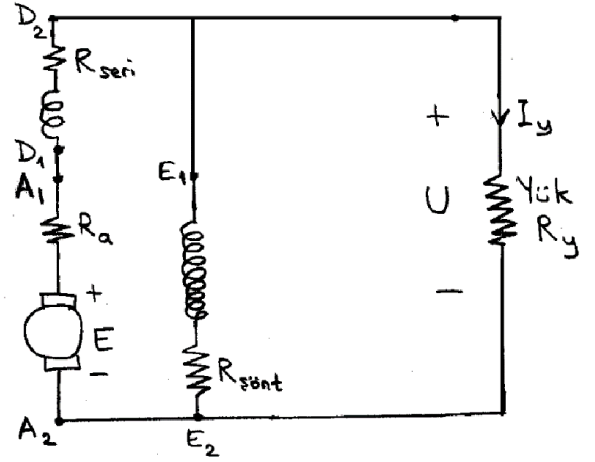
1) Üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Y bağlı, 81kVA'lık, 34500V:400V'luk, bir transformatörün tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 150 \, \Omega, \, r_2' = 130 \, \Omega, \, x_1 = 470 \, \Omega, \, x_2' = 470 \, \Omega, \, g_c = 2,25 \, \mu S, \, b_m = 9,50 \, \mu S$$

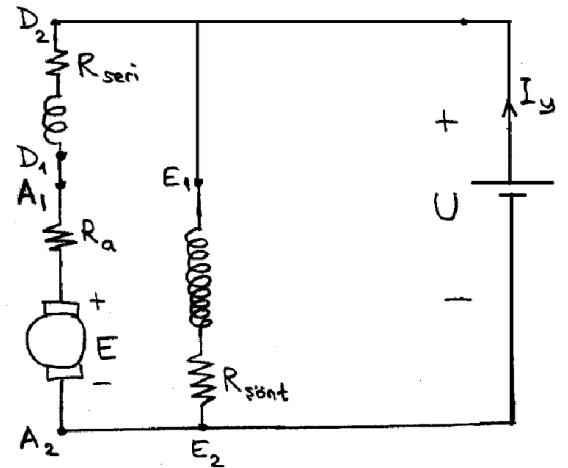
Sekonderde güç faktörü 0,7 geri olan bir tam yük, anma geriliminde besleniyor. Trafonun toplam demir kaybını, bakır kaybını, giriş ve çıkış güçlerini, verimini ve regülasyonunu bulunuz. (25 puan)

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



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



BAŞARILAR ...

Yard. Doç. Dr. Ata SEVİNÇ

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI
18.01.2016

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

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

$$P_{Fe} = 8,35 kW$$

$$P_{Cu} = 0,51 kW$$

$$P_{cikis} = 56,7 kW$$

$$P_{giris} = 65,6 kW$$

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

(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 $(360 + 270 + 240) kVA = 870 kVA$ ile yüklenirse, her bir trafonun payına

$$\text{düşen yük: } S_{1y} = \frac{2,9}{4} \cdot 360 kVA = 261 kVA < S_1$$

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

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

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 $= 870 kVA \times 2 / 2,9 = S_T' = 600 kVA$ olur.

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

$$S'_{2y} = \frac{2}{2,9} \cdot 261 kVA = 180 kVA < S_2$$

$$S'_{3y} = \frac{2}{2,9} \cdot 348 kVA = 240 kVA = S_3$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

11.11.2016 Süre: 70 dakika

Yazı, insanın okuması içindir. Okunaklı, yormayan ve anlaşılır ifadelerle yazmanız insana değer verdiğinizizi 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 $r_1 = 12 \Omega$, $x_1 = 120 \Omega$, $r_2 = 0,015 \Omega$, $x_2 = 0,090 \Omega$, $g_c = 3 \mu S$, $b_m = 50 \mu S$ (g_c ve b_m değerleri primer tarafında gösterilen değerleridir) olan 9200V:230V 'luk, 50Hz'lik, 20 kVA'lik 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 arasından sargıların dirençleri ölçülünce $r_{ölç} = 20 \Omega$ bulunduğu göre trafonun eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. Sekonder sargısının direnç ve kaçak reaktansını, sekonderdeki değerleriyle de bulunuz. **(30 puan)**

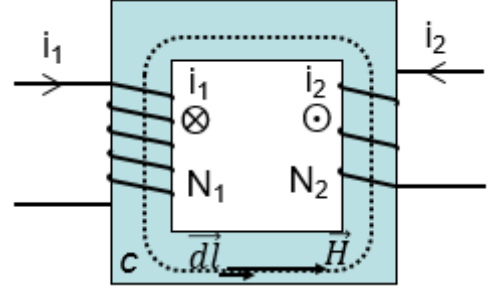
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV CEVAP ANAHTARI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$V_{10} = 2000V$$

$$I_{10} = 0,10A / \sqrt{3} = 0,0577A$$

$$P_{10} = 180W / 3 = 60W$$

$$g_c = \frac{60}{2000^2} S = 15 \mu S$$

$$Y_0 = \frac{0,0577}{2000} S = 28,9 \mu S$$

$$b_m = \sqrt{28,9^2 - 15^2} \mu S = 24,7 \mu S$$

$$V_{1k} = 100V$$

$$I_{1k} = 2,0A / \sqrt{3} = 1,155A$$

$$P_{1k} = 210W / 3 = 70W$$

$$r_1 = \frac{3}{2} \cdot 20 \Omega = 30 \Omega$$

$$\text{Sarım oranı} = \frac{2000}{693/\sqrt{3}} = \frac{2000}{400} = 5$$

(Primer Δ 'e, sekonder Y'a göre indirgendir.)

$$(r_1 + r'_2) = \frac{70}{1,155^2} \Omega = 52,5 \Omega$$

$$Z_k = \frac{100}{1,155} \Omega = 86,6 \Omega$$

$$(x_1 + x'_2) = \sqrt{86,6^2 - 52,5^2} \Omega = 68,9 \Omega$$

$$r'_2 = 52,5 \Omega - 30 \Omega = 22,5 \Omega$$

$$x_1 = x'_2 = \frac{68,9}{2} \Omega = 34,4 \Omega$$

$$r_2 + jx_2 = (22,5 + j34,4) \Omega / 5^2$$

$$\rightarrow r_2 = 0,90 \Omega \quad x_2 = 1,38 \Omega$$

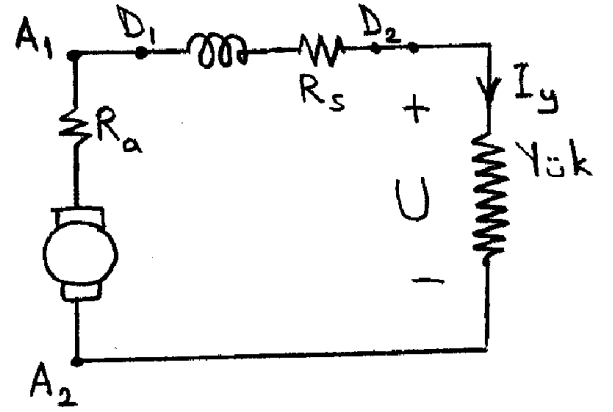
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI

05.01.2017 Süre: 70 dakika

1) Tek faza 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 transformator, 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) Anma güçleri ve kısa devre oranları sırasıyla $S_1 = 100kVA$, $u_{k1} = \%2$, $S_2 = 80kVA$, $u_{k2} = \%4$ ve $S_3 = 60kVA$, $u_{k3} = \%2$ 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)

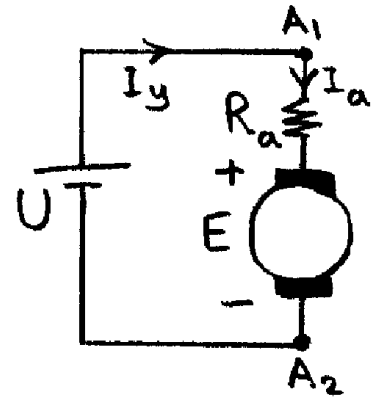
3) Seri sargı ve armatür sargısı dirençleri sırasıyla $R_s=1,5\Omega$ ve $R_a=0,5\Omega$ olan şekildeki seri dinamo, $n=2330$ rpm hızla döndürülürken yük uçlarında $U=200V$, $I_y=10A$ görülmektedir. Bu çalışmada dinamonun sürtünme kaybı $P_{sür}=240W$ 'tır.



a) Dinamonun bu çalışmadaki verimini ve giriş torkunu hesaplayınız. (20 puan)

b) Dinamonun yükünü sistemden ayırıp diğer şartları aynı tutarak çalıştırmaya 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 **-5puan**; ancak iki şık toplam puanı eksiye düşmeyecek.)

4) Armatür direnci $R_a=4\Omega$ olan sabit mıknatıslı bir dc motor, $U=110V$ gerilimde $n=2000$ rpm hızla dönerken $I_y=2,5A$ 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 açık devre voltajını (U_0) hangi katsayıyla çarpmalıyız ki rpm cinsinden hız bulunsun? (Yani $n=k \cdot U_0$ bağıntısında 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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. trafolar 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 trafonun payına düşen yük de aynı oranda azalır.

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

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

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

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

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

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

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

$$4) a) E = 110V - 4\Omega \times 2,5A = 100V$$

$$P_{çıkış} = 100V \times 2,5A = 250W$$

$$P_{giriş} = 110V \times 2,5A = 275W$$

$$\text{Verim} = 250/275 = \%91$$

$$\omega = (\pi/30) \times 2000 \text{ rad/s} = 209 \text{ rad/s}$$

$$\text{Çıkış torku} = T_{çıkış} = 250W/(209\text{rad/s}) = 1,2Nm$$

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 ölçülür ve ölçülen voltajı bu katsayı ile çarparak rpm cinsinden hız bulunur.

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI

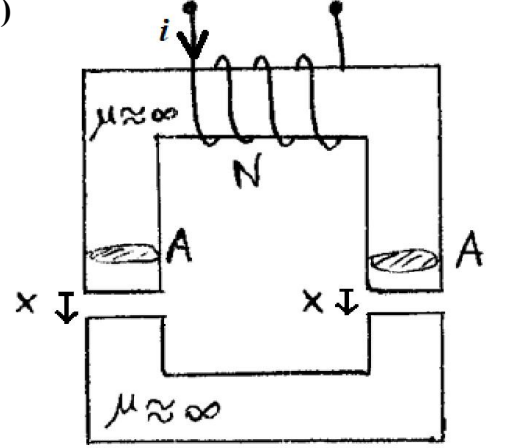
22.01.2017 Süre: 70 dakika

1) Tek faza 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)

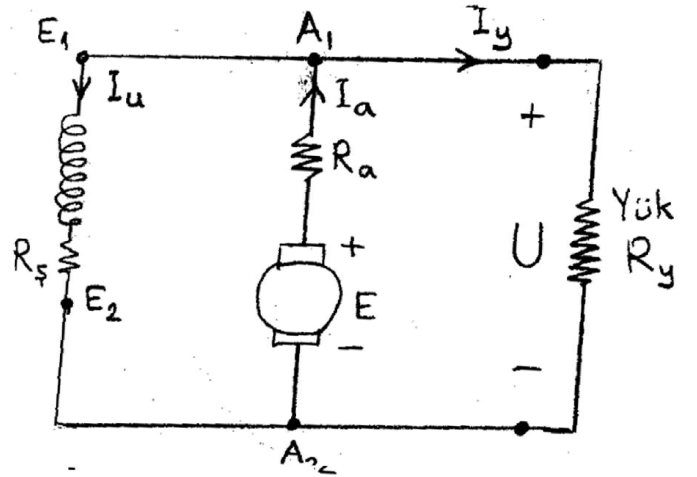
2) Yandaki şekilde üstteki parçanın alttaki parçaya uyguladığı F manyetik kuvvetini, x 'in artış yönü artı kabul edilen yöne göre bulunuz. Alttaki parçanın kesit alanı da A 'dır. (25 puan)

Yardımcı formüller:

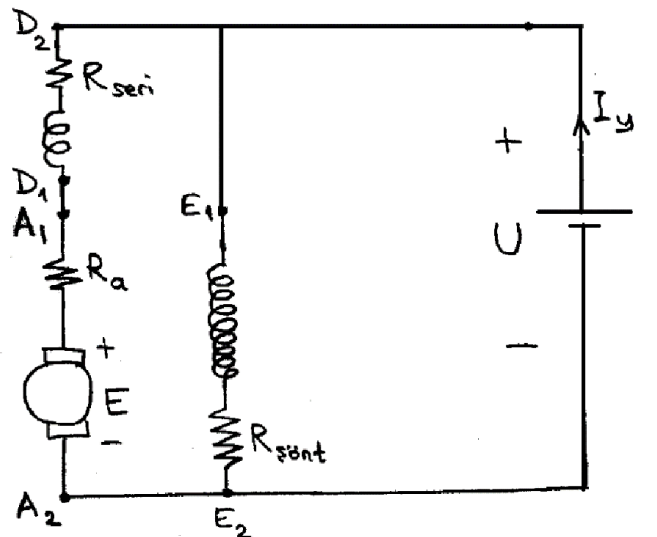
$$L(x) = \frac{N^2}{R_m(x)} \quad F = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(x)}{dx}$$



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



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



BAŞARILAR ...

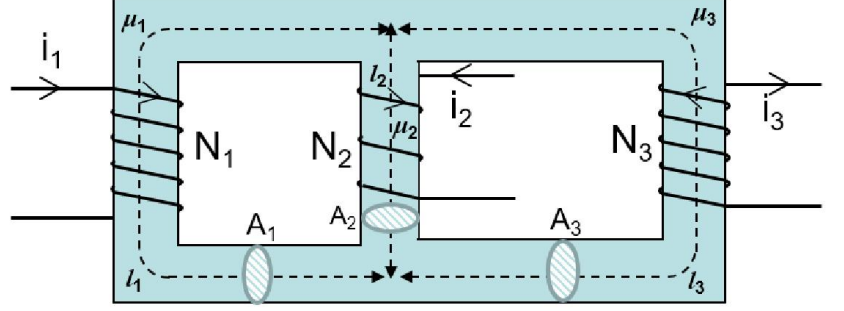
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

08.11.2017 Süre: 70 dakika

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

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

(25 puan)



2) Eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 0,55 \Omega$, $x_1 = 8 \Omega$, $r_2 = 0,025 \Omega$, $x_2 = 0,75 \Omega$, $g_c = 55 \mu S$, $b_m = 330 \mu S$ (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: $V_{10} = 2000 V$; $I_{10} = 10 mA$; $P_0 = 18 W$; $V_{20} = 400 V$ (yalnız V_{20} sekonder ölçümü)

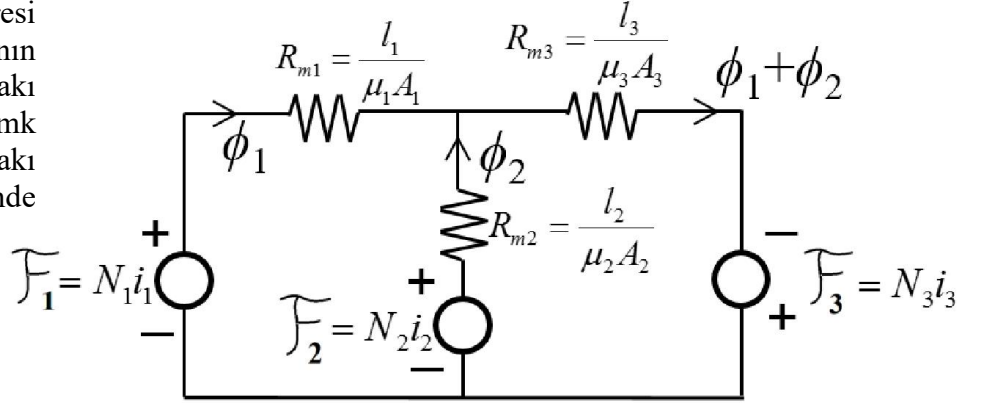
Kısa devre testi: $V_{1k} = 60 V$; $I_{1k} = 500 mA$; $P_k = 21 W$

Ayrıca bağlantılar sökülünce sargılar soğumadan ölçülen primer sargı direnci $r_{ölç} = 34 \Omega$ 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

08.11.2017

1) Manyetik devrenin elektrik devresi benzetimi yandaki gibidir. Her sargının 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:

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

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

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

$$N_1 i_1 - N_2 i_2 = \frac{l_1}{\mu_1 A_1} \phi_1 - \frac{l_2}{\mu_2 A_2} \phi_2$$

$$N_2 i_2 + N_3 i_3 = \frac{l_3}{\mu_3 A_3} \phi_1 + \left(\frac{l_2}{\mu_2 A_2} + \frac{l_3}{\mu_3 A_3} \right) \phi_2 \quad \text{bulunur.}$$

2) $r'_2 + jx'_2 = 4^2 \cdot (0,025 + j0,75)\Omega = (0,4 + j12)\Omega$, $\vec{V}_2 = 100V \angle 0^\circ$ (açısı keyfi), $\vec{V}'_2 = 4 \times 100V \angle 0^\circ = 400V \angle 0^\circ$,
 $I'_2 = \frac{1000VA}{400V} = 2,5A$, $\varphi_2 = +\cos^{-1}(0,85) = 31,8^\circ$. Bunu \vec{V}'_2 'nün açısından çıkararak \vec{I}'_2 'nün açısı bulunur.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

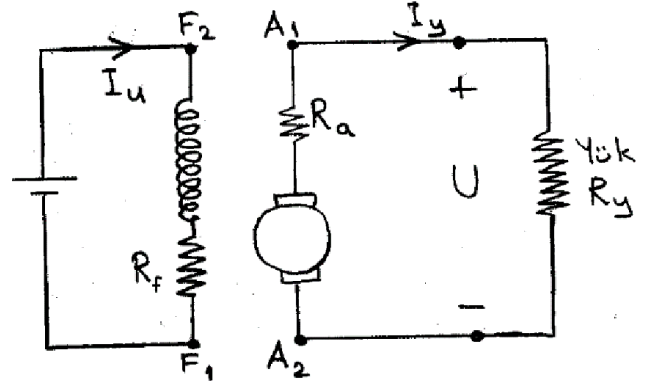
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 FİNAL SINAVI SORULARI

05.01.2018 Süre: 70 dakika

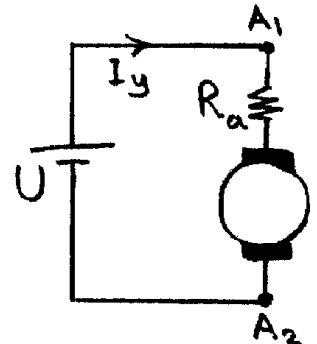
1) Tek faza indirgenmiş ve **primere yansıtılmış** eşdeğer devre parametreleri $r_1 = 13\Omega$, $r_2' = 12\Omega$, $x_1 = x_2' = 30\Omega$, $g_c = 24\mu S$, $b_m = 330\mu S$ olan üç fazlı, 50Hz'lik, Δ/Δ bağlı, 127kVA'lık, primer/sekonder sarım oranı $N_1/N_2=15$ olan bir transformatör, sekonderinde 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 faktörü 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 $P_{\text{sür}} = 275\text{W}$ olduğuna göre verimi ve giriş torkunu hesaplayınız. (30 puan)
(Giriş gücünü dikkatli hesaplayınız.)



4) Yandaki şekildeki sabit mıknatıslı motorda $R_a = 2\Omega$, $U = 230\text{V}$, $I_y = 10\text{A}$ 'dir. 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 yansıtılmışı: $\vec{V}_2' = 15 \times 400V\angle 0^\circ = 6000V\angle 0^\circ$,

Tek faz akımı $I_2' = \frac{127000VA/3}{6000V} = 7,056A$, $\varphi_2 = -\cos^{-1}(0,9) = -25,8^\circ$. Bunu \vec{V}_2' 'nün açısından

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

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_2' + ((r_1 + r_2') + j(x_1 + x_2'))\vec{I}_2' = 6000V + j0V + \underbrace{(25 + j60)\Omega \cdot (6,350 + j3,075)A}_{(159 + j77 + j381 - 185)V}$$

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

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

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

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

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

$$S_{1y} = 100kVA \cdot \frac{u_{keş}}{u_{k1}} > 100kVA \quad \text{Bunu } S_1 = 100kVA \text{ değerine çekmek için tüm yükü } \frac{u_{k1}}{u_{keş}} \text{ ile çarpmak suretiyle}$$

azaltmak gerekir. Toplam yük de aynı şekilde azaltılınca $160kVA$ oluyormuş. Yani:

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

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

$$3) I_a = I_y \rightarrow E = U + R_a I_a = 230V + 2\Omega \cdot 10A = 250V \quad (A_2 \text{ ucu eksi})$$

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

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

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

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

$$4) I_a = I_y \rightarrow E = U - R_a I_a = 230V - 2\Omega \cdot 10A = 210V \quad (A_2 \text{ ucu eksi})$$

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

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

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

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

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

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