

ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 ARASINAV SORULARI

19.11.2011 Süre: 60 dakika

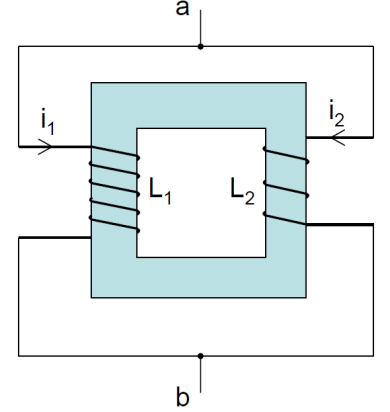
1) Manyetik geçirgenliği (μ) sabit bir ortamda L_1 ve L_2 gibi iki endüktans arasındaki ortak endüktans (M) için, tam kuplajlı (kaçak akı olmayan) durumda

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

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'lık, 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'lık 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

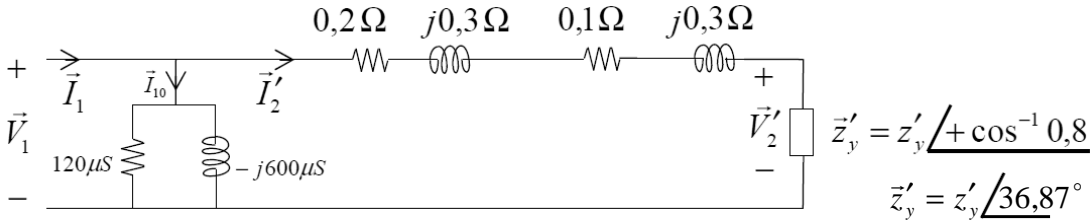
1) Kaçak akı olmadığı için iki sargının da akısı, dolayısıyla sarım başına voltu aynıdır. Paralel bağlı oldukları için toplam voltajları da aynıdır. Farklı sarım sayılarına sahip bir sargıda bu iki şart, ancak sargı voltajlarının (dolayısıyla net akının) sıfır olmasıyla sağlanabilir. Her iki sargı üzerindeki 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.) $\rightarrow \vec{I}_2' = 4A \angle -36,87^\circ$

$$\vec{V}_1 = 400V \angle 0^\circ + \underbrace{((0,2 + 0,1) + j(0,3 + 0,3))\Omega}_{0,671\Omega \angle 63,43^\circ} (4A \angle -36,87^\circ) = 400V + j0V + 2,683V \angle 26,57^\circ$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Ölçülen primer akımı $I_1 = 4,19A$

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

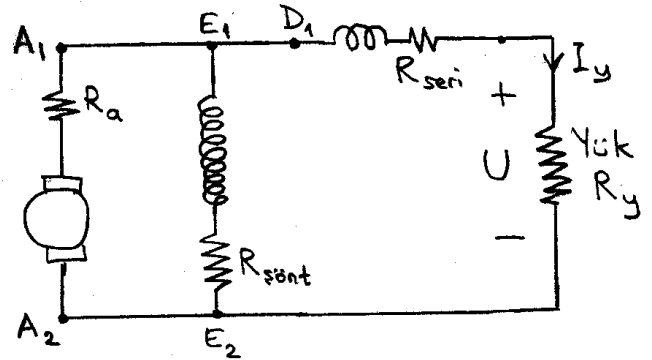
2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, Δ/Δ bağlı, 1000V:2000V'luk bir transformatöre açık devre testi ve kısa devre testi uygulandığında primerden ölçülen gerilim, akım ve güçler, hat değeri olarak şöyle bulunmaktadır:

Açık devre testi: 1000V, 1,75A, 1200W

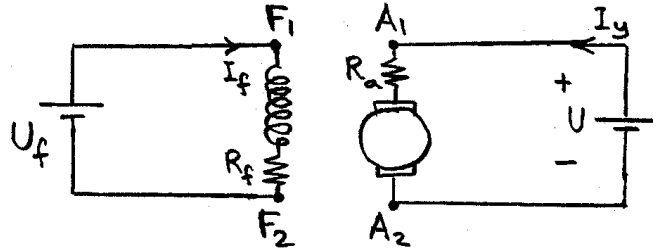
Kısa devre testi: 38,0V, 20,0A, 1080W

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



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.

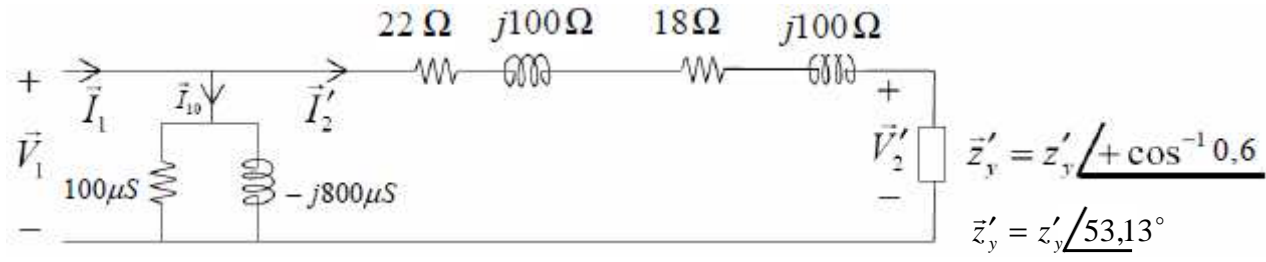
BAŞARILAR ...

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:

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

$$\text{Tek faz görünür gücü} = \frac{60kVA}{3} = 20kVA \quad I'_2 = \frac{20000VA}{4000V} = 5A$$

$$(\text{veya hat akımı} = \frac{60kVA}{\sqrt{3} \cdot 4000V} = 8,77A \rightarrow I'_2 = \frac{8,77A}{\sqrt{3}} = 5A)$$

$$(\text{veya } I_2 = \frac{20000VA}{400V} = 50A \rightarrow I'_2 = \frac{N_2}{N_1} 50A = \frac{400}{4000} 50A = 5A \text{ diye de hesaplanabilirdi})$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

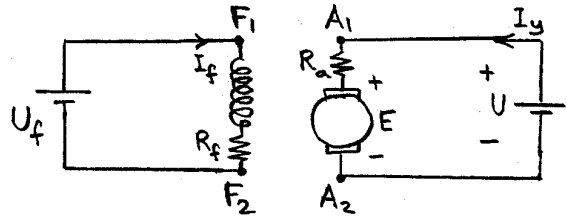
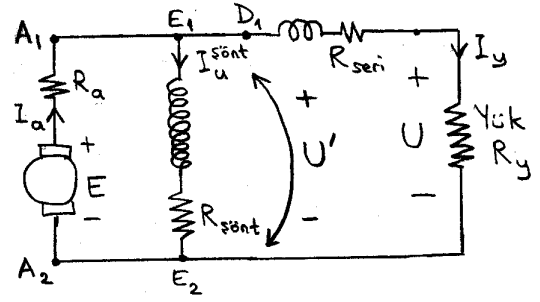
4) $E = K \phi n$ olduğu için (K sabit) E ile manyetik akı ϕ doğru orantılıdır. Hızın değişmesi gecikeceğine göre kopmadan önceki ve sonraki denge değerleri arasında

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

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

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

Gerçekte artık mıknatısiyet 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)

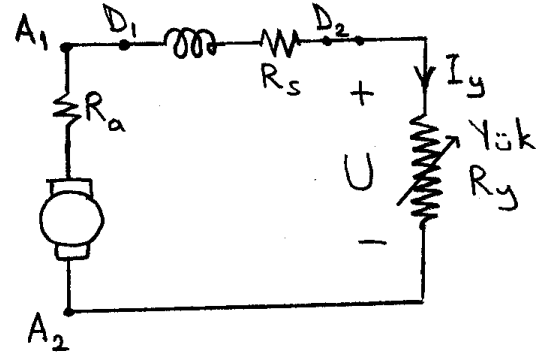
2) Üç fazlı, 50 Hz'lik, Δ/Δ bağlı bir transformatöre açık devre testi ve kısa devre testi uygulandığında primerden ölçülen gerilim, akım ve güçler, hat değeri olarak şöyle bulunmaktadır:

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

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

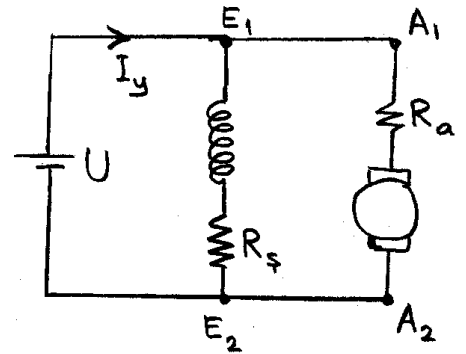
Ayrıca primer hatlarının bir ucu boştayken diğer iki ucundan ölçülen direnç $r_{ölç} = 1,2\Omega$ olduğuna göre trafonun tek faza indirgenmiş ve primere yansıtılmış eşdeğer devre parametrelerini yaklaşık olarak bulunuz. (20 puan)

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 akımın 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

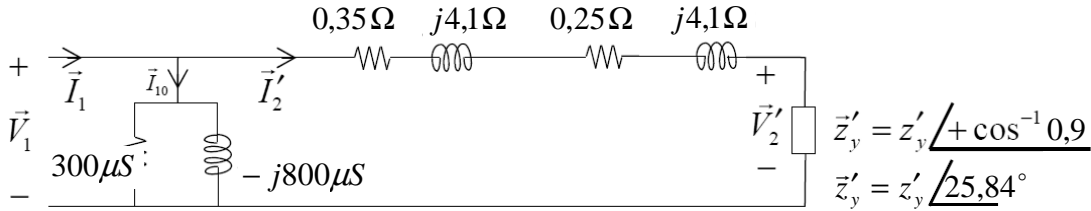
ELEKTRİK MAKİNALARI – 1 BÜTÜNLEME CEVAP ANAHTARI

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 akımını 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: $\vec{V}_2' = 1600V \angle 0^\circ$

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 $\sqrt{3} \times 38,75A = \boxed{I_{h1} = 67,12A}$

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

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

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

$$g_c = \frac{20833W}{(15000V)^2} = \boxed{92,6\mu S = g_c} \quad Y_0 = \frac{1,617A}{15000V} = \boxed{107,8\mu S = Y_0}$$

$$b_m = \sqrt{107,8^2 - 92,6^2} \mu S = \boxed{55,1\mu S = b_m}$$

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

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

3) Birinci yük için

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

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

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

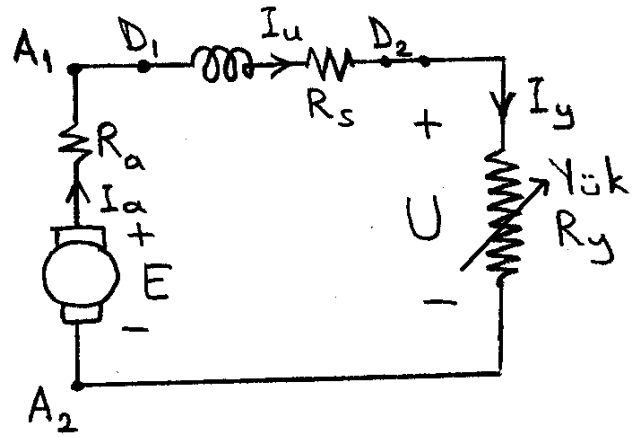
n değişmediği için $\frac{E_2}{E_1} = \frac{I_{y2}}{I_{y1}}$ olur. Böylece

ikinci yük için emk:

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

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

(Sonuçta yük direnci değişmemiş oldu; ancak soru, yük direncinin değişebileceği ihtimaline göre çözüldü.)



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

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

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

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

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

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

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

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

