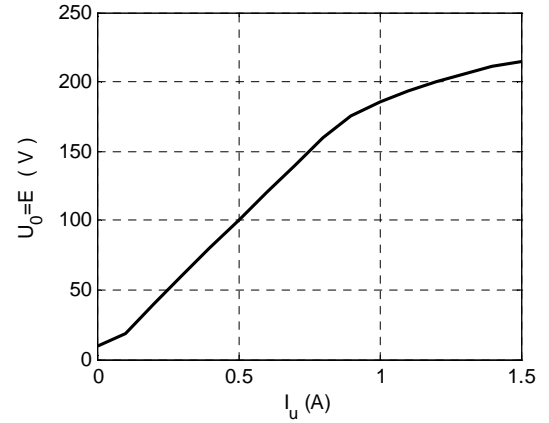
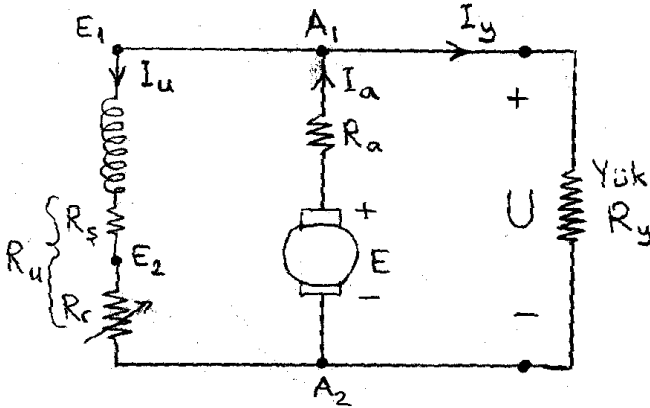


DC MAKİNALAR ÇÖZÜMLÜ SORULAR

Soru 1)

Bir dc jeneratörün şönt sargısı ayrı bir kaynaktan uyarılarak $n=1000$ devir/dakika hızda mıknatıslanma eğrisi tablodaki değerlerle grafikteki gibi çıkarılmıştır. Bu makine daha sonra şekildeki gibi bağlanıyor. Sargı dirençleri: $R_a = 0,3\Omega$, $R_s = 100\Omega$.

I_u (A)	0	0,1	0,2	0,3	...	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$U_0=E$ (V)	10	18	40	60	...	160	175	185	193	200	206	211	215



a) Armatür 1000 devir/dakika hızla döndürüldüğünde boşta $U_0=5V$ gerilimde dengeye geliyor. Şönt jeneratörün bağlantısını, büyük voltajlar alacak şekilde düzeltiniz ve diğer şıkları buna göre çözünüz.

b) Şönt dinamodan boşta çalışmada büyük gerilimler alınabilmesi için $R_u=R_s+R_r$ en fazla ne olmalıdır (R_u^{kritik}) ? Reosta direnci en fazla ne olmalıdır?

c) $R_r=66\Omega$ yapılırsa boştaki uç gerilimi (U_0) ne olur?

d) Belirli bir yük altında reosta ile uyarım akımı değiştirilerek $n=1000$ devir/dakika hızla döndürülürken $U=200V$, $I_a=20A$ elde ediliyor. Bu çalışma için sürtünme kaybı $P_{sür} = 400W$ olduğuna göre, uyarım akımı (I_u), verim (η) ve giriş torkunu ($T_{giriş}$) hesaplayınız.

Çözüm:

a) $I_u=0A$ 'dekinden (10V) daha küçük bir U_0 görüldüğüne göre şönt sargı ters (artık mıknatısiyet akısını zayıflatacak yönde) bağlanmış demektir. Şönt sargının iki ucu (E_1 ve E_2) yer değiştirilerek bağlantı düzeltilir.

b) Mıknatıslanma eğrisine orijinden geçen teğetin eğimi R_u^{kritik} değerini verir. Bu teğet, eğrinin doğrusal bölgesinden geçer. Dolayısıyla eğimi:

$$R_u^{kritik} = \frac{40V}{0,2A} = \frac{60V}{0,3A} = \dots = \frac{160V}{0,8A} = \boxed{200\Omega = R_u^{kritik}}$$

$R_r + 100\Omega$ bu değeri aşmamalıdır. Yani reosta direnci $R_r < 100\Omega$ olmalıdır ki büyük gerilimler alınabilsin.

c) $R_r = 66\Omega$ yapılırsa $R_u = R_s + R_r = 166\Omega$ olur. Mıknatıslanma eğrisinin $(166\Omega) \cdot I_u$ doğrusuyla kesiştiği nokta $I_u = 1,2A$, $U_0 = 200V$ noktasıdır (Sağlaması: $200V / 1,2A = 166\Omega$). Yani boşta $U_0 = 200V$ olur.

d) $E = U + R_a I_a = 200V + 0,3\Omega \cdot 20A = 206V$

Grafikten $E = 206V$ için $I_u = 1,3A$ bulunur.

Dolayısıyla $I_y = I_a - I_u = 20A - 1,3A = 18,7A$

Giriş gücü: $P_{giriş} = EI_a + P_{sür} = 206V \cdot 20A + 400W$

$$P_{giriş} = 4520 W$$

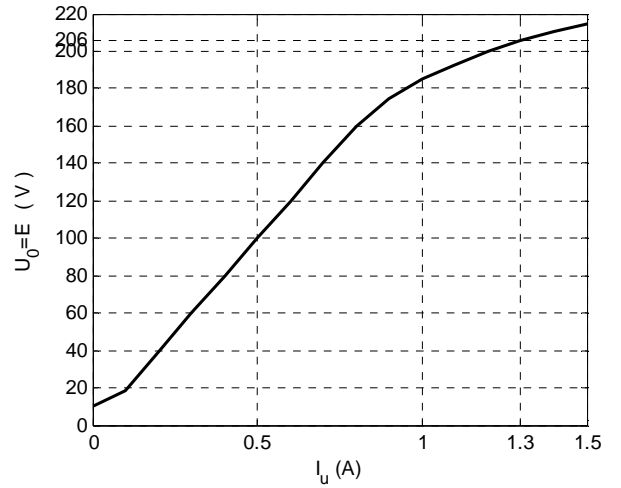
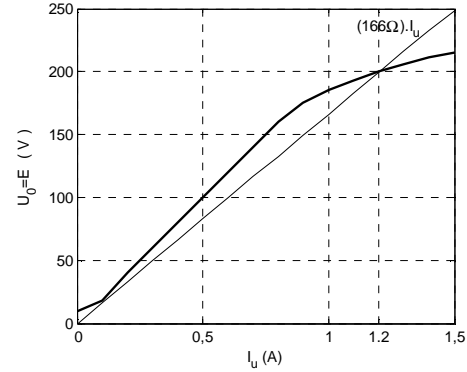
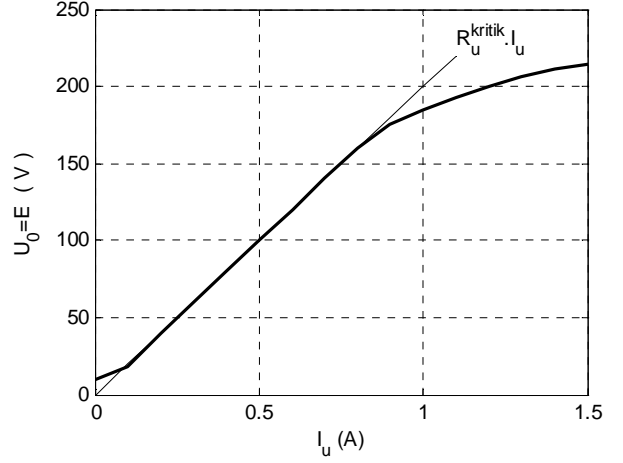
Çıkış gücü: $P_{çıkış} = UI_y = 200V \cdot 18,7A = 3740W$

Verim: $\eta = 3740/4520 = \%82,7$

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

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

$$T_{giriş} = 4520/104,7 \text{ Nm} = 43,2 \text{ Nm}$$

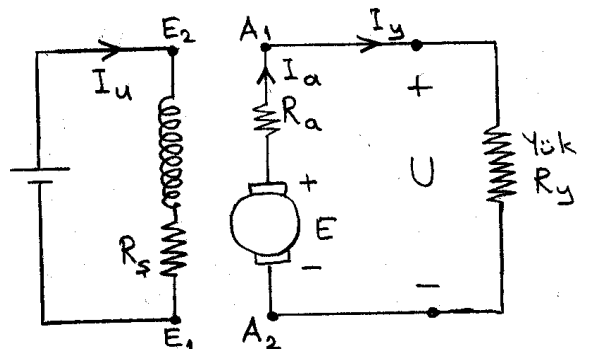


Soru 2)

Önceki sorudaki makinanın şönt sargısı dışarıdan beslenerek ve armatürü $n = 1500$ devir/dakika hızla döndürülerek yabancı uyarımlı dinamo olarak çalıştırılıyor. Yük altında $U = 300V$, $I_y = 30A$ ve sürtünme kaybı $P_{sür} = 560W$ ise, uyarım akımını, verimi ve giriş torkunu hesaplayınız.

Çözüm:

$$E = U + R_a I_a = 300V + 0,3\Omega \cdot 30A = 309V.$$



Aynı sargı ile uyarım yapıldığı için aynı mıknatıslanma eğrisi kullanılır; ancak o eğri 1000devir/dakika hız için geçerlidir. Şimdi bulunan $E=309V$ ise 1500 devir/dakika hızdaki voltajdır. Aynı uyarım akımı ile 1000devir/dakika hızla döndürülseydi armatürde endüklenen gerilim,

$$309V \times 1000 / 1500 = 206V$$

olurdu. O halde verilen mıknatıslanma eğrisinde 206V'a karşılık gelen $I_u=1,3A$, bu çalışmadaki uyarım akımıdır.

$$P_{giriş} = EI_a + P_{sür} + R_s I_u^2 = 309V \cdot 30A + 560W + 100\Omega \cdot (1,3A)^2 = 9999W$$

$$P_{çıkış} = UI_y = 300V \cdot 30A = 9000W$$

$$\text{Verim: } \eta = 9000 / 9999 = \%90$$

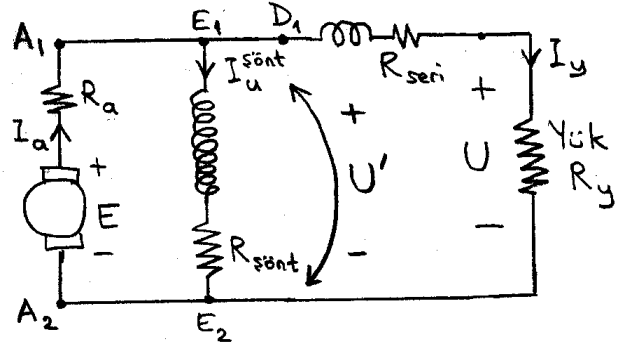
Dikkat! Yabancı uyarımlı dinamoda giriş torku, içinde uyarım sargısı gücü de bulunan giriş gücünden değil, elektromekanik+sürtünme gücünden hesaplanır.

$$T_{giriş} = (EI_a + P_{sür}) / \omega \quad \omega = 1500 \cdot (\pi/30) \text{ rad/s} = 157,08 \text{ rad/s}$$

$$T_{giriş} = (309V \cdot 30A + 560W) / (157,08 \text{ rad/s}) = 9830 / 157,08 \text{ Nm} = 62,58 \text{ Nm} = T_{giriş}$$

Soru 3)

50kW, 2000devir/dakika, 250V'luk kısa kompond bağlı bir dinamoda armatür, seri, ve şönt sargı dirençleri sırasıyla $R_a = 0,06\Omega$, $R_{seri} = 0,04\Omega$, $R_{şönt} = 129\Omega$ 'dur. Anma hızında tam yükte sürtünme kaybı 3kW olduğuna göre verim ve giriş torkunu hesaplayınız.



Çözüm:

$$I_y = 50kW / 250V = 200A \quad \rightarrow \quad U' = 250V + 0,04\Omega \cdot 200A = 258V = U'$$

$$I_u^{şönt} = 258V / 129\Omega = 2A \quad \rightarrow \quad I_a = 200A + 2A = 202A$$

$$E = U' + R_a I_a = 258V + 0,06\Omega \cdot 202A = 270,12V$$

$$P_{giriş} = EI_a + P_{sür} = 270,12 \times 202A + 3kW = 57,56kW$$

$$P_{çıkış} = 50kW \quad \rightarrow \quad \text{Verim: } \eta = 50 / 57,56 = \%86,9$$

$$\omega = 2000 \times (\pi/30) \text{ rad/s} = 209,4 \text{ rad/s} \quad \rightarrow \quad T_{giriş} = 57,56kW / (209,4 \text{ rad/s}) = 275 \text{ Nm} = T_{giriş}$$

Soru 4)

Armatür ve seri sargı dirençleri sırasıyla $R_a = 1,6\Omega$ ve $R_s = 0,4\Omega$ olan bir seri dinamonun uyarım akısının uyarım akımıyla orantılı olduğu bölgede, farklı şartlardaki iki çalışmasından birinde dönüş hızı $n_1 = 1000$ devir/dakika, yük akımı $I_{y1} = 10A$, uç gerilimi $U_1 = 180V$ oluyor. Diğer çalışmada

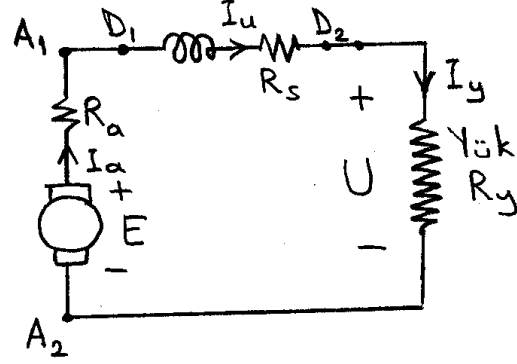
da $n_2 = 1500$ devir/dakika, yük akımı $I_{y2} = 4A$ olduğuna göre, uç gerilimi U_2 ne olur. Sürtünme kaybı ihmal edildiğine göre bu son çalışmada verim ve giriş torku ne olur?

Çözüm:

$$E = K_a \phi \omega = K_a (K_1 I_u) \omega = K_2 I_u \omega = K_3 I_u n$$

$$I_u = I_a = I_y \quad \text{olduğu için, } E = K_3 I_y n$$

$$\text{Dolayısıyla } \frac{E_2}{E_1} = \frac{I_{y2} n_2}{I_{y1} n_1}$$



$$\text{Birinci çalışmada } E_1 = U_1 + (R_a + R_s) \cdot I_{y1} = 180V + (1,6 + 0,4)\Omega \cdot 10A = 200V = E_1$$

$$\frac{E_2}{200V} = \frac{4 \times 1500}{10 \times 1000} = 0,6 \quad \rightarrow \quad E_2 = 120V = U_2 + (1,6 + 0,4)\Omega \times 4A$$

$$\rightarrow \quad \boxed{U_2 = 112V} \quad P_{\text{giriş}2} = 120V \times 4A = 480W \quad (\text{sürtünme ihmal})$$

$$P_{\text{çıkış}2} = 112V \times 4A = 448W \quad \rightarrow \quad \text{Verim}_2 = 448 / 480 = \boxed{\eta_2 = \%93,3}$$

$$\omega_2 = 1500 \times (\pi/30) \text{ rad/s} = 157,08 \text{ rad/s}$$

$$T_{\text{giriş}2} = 480W / (157,08 \text{ rad/s}) = \boxed{T_{\text{giriş}2} = 3,06 Nm}$$

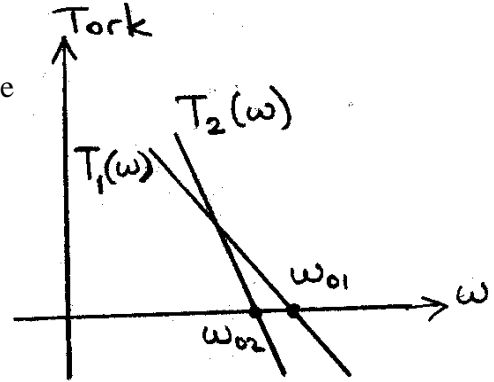
Soru 5)

Şaftları birbirine kenetli iki dc makinanın sabit gerilimde tork-hız ($T(\omega)$) ilişkileri:

$$T_1(\omega) = a_1 - b_1 \omega ; \quad a_1 = 150 Nm , \quad b_1 = 1 Nm \cdot s/rad$$

$$T_2(\omega) = a_2 - b_2 \omega ; \quad a_2 = 270 Nm , \quad b_2 = 2 Nm \cdot s/rad$$

olup sürtünme ihmal edilmektedir ve ayrıca yük yoktur.



a) Motorların tek başlarına (kenetli değilken) boşta çalışma hızlarını (ω_{01} ve ω_{02}) bulunuz.

b) Kenetli durumda her ikisine de aynı yönde döndürmeye çalışacak yönlerde gerilim uygulanırsa her bir makinanın torkunu, hızını ve çalışma modunu (motor ya da jeneratör) bulunuz.

c) Kenetli durumda zıt yönde döndürmeye çalışacak yönlerde her ikisine de gerilim uygulanırsa her bir makinanın torkunu, hızını ve çalışma modunu (motor ya da jeneratör) bulunuz.

Çözüm:

$$\text{a) } T_1 = 0 \Rightarrow \omega = a_1/b_1 = 150/1 \text{ rad/s} = \boxed{\omega_{01} = 150 \text{ rad/s}}$$

$$T_2 = 0 \Rightarrow \omega = a_2/b_2 = 270/2 \text{ rad/s} = \boxed{\omega_{02} = 135 \text{ rad/s}}$$

b) $T_1(\omega) + T_2(\omega) = T_y(\omega)$ Yük olmadığı için $T_y(\omega) = 0 \rightarrow T_1(\omega) + T_2(\omega) = 0$

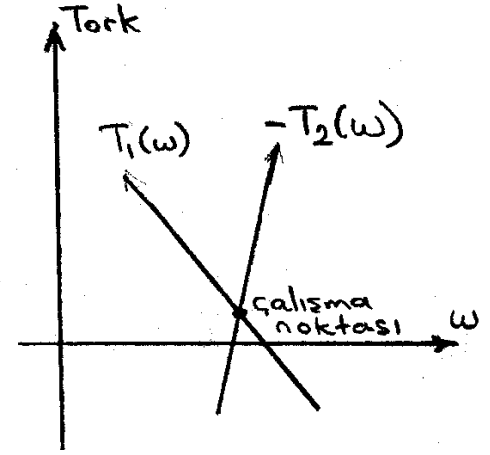
$$a_1 - b_1\omega + a_2 - b_2\omega = 0 \rightarrow a_1 + a_2 = (b_1 + b_2)\omega$$

$$\omega = \frac{a_1 + a_2}{b_1 + b_2} = \frac{150 + 270}{1 + 2} \text{ rad/s} = \boxed{\omega = \omega_1 = \omega_2 = 140 \text{ rad/s}}$$
 Hızlar aynıdır (ortak shaftın hızı).

$$T_1 = 150 \text{ Nm} - (1 \text{ Nm} \cdot \text{s/rad}) \times 140 \text{ rad/s} = \boxed{T_1 = 10 \text{ Nm}}$$

$$T_2 = 270 \text{ Nm} - (2 \text{ Nm} \cdot \text{s/rad}) \times 140 \text{ rad/s} = \boxed{T_2 = -10 \text{ Nm}}$$

Buraya kadar şöyle de çözülebilirdi: Yük ve sürtünme olmadığı için makinaların aynı anda ikisi de motor ya da ikisi de jeneratör olamaz. Ortak hızda birisinin verdiği torku diğeri almak zorundadır. O yüzden birisinin $T-\omega$ eğrisiyle diğerrinin $T-\omega$ eğrisinin negatifi kesiştirilerek çalışma noktası bulunur. Olduğu gibi alınanın bu torku verdiği, negatifi alınanın da bu torku aldığı düşünülür.



Çalışma modu elektromekanik gücün işaretinden bulunur:

$$P_{m1} = T_1\omega_1 > 0 \text{ olduğundan 1. makina motor modundadır.}$$

$$P_{m2} = T_2\omega_2 < 0 \text{ olduğundan 2. makina jeneratör modundadır.}$$

c) Bu defa makinalardan birinin döndürmeye çalıştığı dönüş yönünü ve bu yönde dönüş için gereken tork işaretini pozitif seçeriz. Diğerrinin ise hem döndürmeye çalıştığı dönüş yönünü hem de bu yönde dönüş için gereken tork işaretini negatif seçeriz. Bu iki torkun toplamı yük torkuna eşitlenir. Yani:

$$T_1(\omega) + [-T_2(-\omega)] = T_y(\omega) \text{ Yük olmadığı için } T_y = 0 \rightarrow T_1(\omega) - T_2(-\omega) = 0$$

$$a_1 - b_1\omega - (a_2 + b_2\omega) = 0 \rightarrow a_1 - a_2 = (b_1 + b_2)\omega$$

$$\omega = \frac{a_1 - a_2}{b_1 + b_2} = \frac{150 - 270}{1 + 2} \text{ rad/s} = \boxed{\omega = \omega_1 = -40 \text{ rad/s}}$$

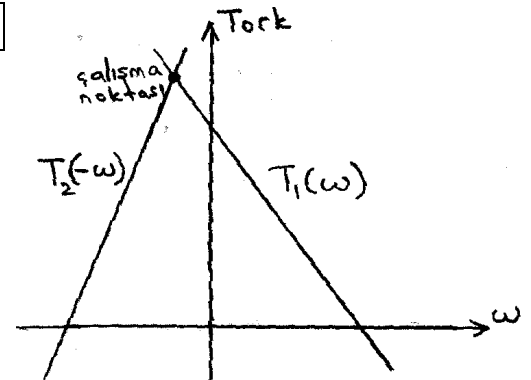
$-\omega_1 = \boxed{\omega_2 = 40 \text{ rad/s}}$ Yani 2. makinanın çabaladığı yönde 40rad/s hızla döner.

$$T_1 = 150 \text{ Nm} - (1 \text{ Nm} \cdot \text{s/rad}) \times (-40 \text{ rad/s}) = \boxed{T_1 = 190 \text{ Nm}}$$

$$T_2 = 270 \text{ Nm} - (2 \text{ Nm} \cdot \text{s/rad}) \times 40 \text{ rad/s} = \boxed{T_2 = 190 \text{ Nm}}$$

Burada torklardan biri toplama ters yönde katıldığı için ikisinin de torku pozitif çıktı.

Buraya kadar şöyle de çözülebilirdi: Yine yük ve sürtünme olmadığı için makinaların aynı anda ikisi de motor ya da ikisi de jeneratör olamaz. Torklar zıt



yönlere tanımlı olduğu için birbirine eşitlenir ama zıt yönlere hızlar için tanımlı olduğundan birinin hızı yerine hızın negatifi yazılmak şartıyla. Yani birinin eğrisi diğerinin düşey eksene göre simetriğine eşitlenir: $T_1(\omega) = T_2(-\omega)$ Sonuçta hız pozitif çıkarsa olduğu gibi alınanın çabaladığı yönde dönüyor demektir, negatif çıkarsa diğerinin.

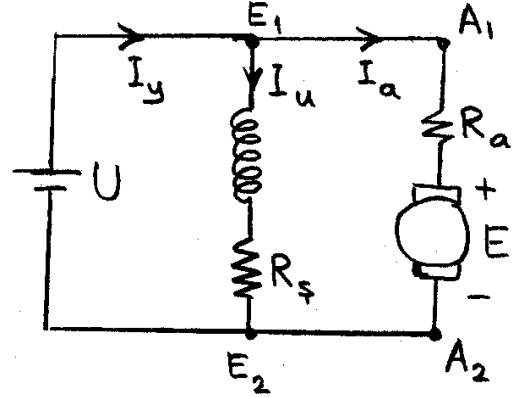
Çalışma modu elektromekanik gücün işaretinden bulunur:

$P_{m1} = T_1 \omega_1 < 0$ olduğundan 1. makina jeneratör modundadır.

$P_{m2} = T_2 \omega_2 > 0$ olduğundan 2. makina motor modundadır.

Soru 6)

Sargı dirençleri $R_a = 0,1\Omega$, $R_s = 55\Omega$, $U = 110V$, $I_y = 42A$ olan şekildeki şönt motor $n=1000$ devir/dakika hızla dönüyor ve sürtünme kaybı $P_{sür}=240W$ oluyor. Bu çalışma için motorun verimini ve çıkış torkunu hesaplayınız.



Çözüm:

$$I_u = 110V / 55\Omega = 2A \quad \rightarrow \quad I_a = I_y - I_u = 42A - 2A = 40A = I_a$$

$$E = U - R_a I_a = 110V - 0,1\Omega \times 40A = 106V = E$$

$$P_{çıkış} = E I_a - P_{sür} = 106V \times 40A - 240W = 4000W$$

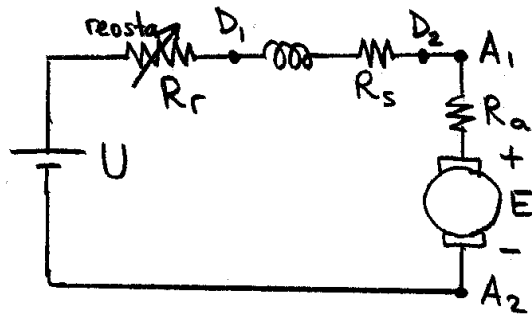
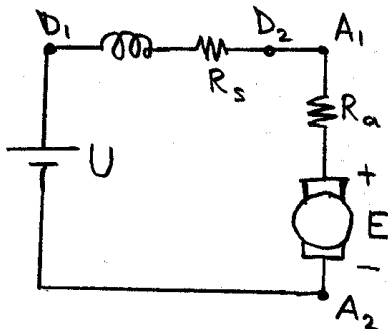
$$P_{giriş} = U I_y = 110V \times 42A = 4620W \quad \rightarrow \quad \text{Verim: } \eta = 4000 / 4620 = \%86,6 = \eta$$

$$T_{çıkış} = P_{çıkış} / \omega \quad \omega = 1000 \times (\pi/30) \text{ rad/s} = 104,7 \text{ rad/s}$$

$$T_{çıkış} = (4000 / 104,7) \text{ Nm} = 38,2 \text{ Nm} = T_{çıkış}$$

Soru 7)

Armatür ve seri sargı dirençleri $R_a = R_s = 0,05\Omega$ olan, endüktansları ise ihmal edilen bir seri motor $U = 110V$ 'ta çalıştırılacaktır. Kalkış akımı ne olur? Bu akımı 100A ile sınırlamak istersek kullanacağımız reosta en az kaç ohmluk olmalıdır ve kalkış anı süresince en az kaç amper ve kaç watta dayanabilmelidir?



Çözüm:

$$\text{Kalkış anında } E = K_a \phi \omega = 0 \text{ olduğundan } I_{kalkış} = U / (R_a + R_s) = 110V / (0,05\Omega + 0,05\Omega)$$

$$\rightarrow I_{\text{kalkış}} = 1100\text{A}$$

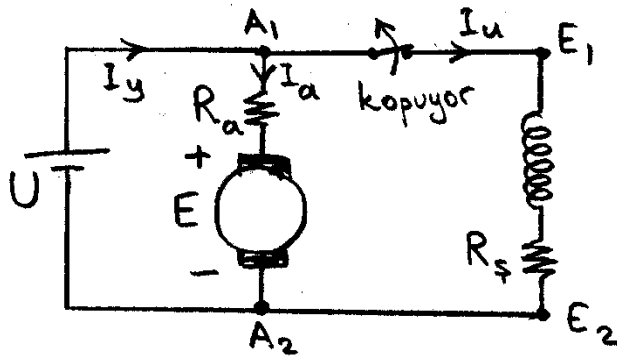
$$I_{\text{kalkış}} \leq 100\text{A} \quad \text{için} \quad U / (R_a + R_s + R_r) = 110\text{V} / (0,05\Omega + 0,05\Omega + R_r) \leq 100\text{A}$$

$$\rightarrow 1,1\Omega \leq 0,1\Omega + R_r \quad \rightarrow \quad \text{Reosta direnci } R_r \geq 1\Omega \text{ olmalıdır.}$$

Bu reosta kalkış anı süresince 100A akıma yani $1\Omega \times (100\text{A})^2 = 10\text{kW}$ güce dayanabilmelidir.

Soru 8)

Armatür direnci $R_a = 0,4\Omega$ olan bir şönt motor, $U = 200\text{V}$, $I_a = 10\text{A}$ ve $n = 1200\text{devir/dak}$ hızla çalışırken, dikkatsizlik sonucu şönt sargının bir kablosu şekilde gösterildiği gibi armatür ucundan ayrılıyor. Bu durumda artık mıknatısiyet akısı, kopmadan önceki akının %5'i oluyor. Hızdaki değişme akımdaki değişmeye göre çok yavaş kalıyorsa kopmadan hemen sonra armatür akımı ne olur?



Çözüm:

Kopmadan hemen önce

$$E = 200\text{V} - 0,4\Omega \times 10\text{A} = 196\text{V}$$

$E = K_a \phi \omega$ olduğu için ve hızdaki değişme bir an için ihmal edildiğinden, kopmadan hemen sonra

ϕ öncekinin %5'ine düştüğüne göre E de

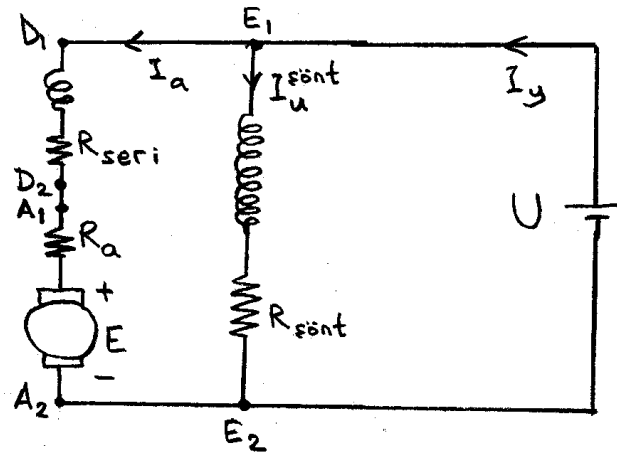
$$\text{öncekinin \%5'ine düşer: } E^{\text{yeni}} = 0,05 \times 196\text{V} =$$

$$9,8\text{V}$$

Dolayısıyla $I_a^{\text{yeni}} = (200\text{V} - 9,8\text{V}) / 0,4\Omega = 475,5\text{A}$ geçer. Sigorta atmazsa gerçekten geçer.

Soru 9)

Şekildeki uzun kompund motorda $R_a = 1\Omega$, $R_{\text{seri}} = 1,5\Omega$, $R_{\text{şönt}} = 150\Omega$, $U = 450\text{V}$, $I_y = 23\text{A}$, $n = 2000\text{devir/dakika}$, sürtünme kaybı $P_{\text{sür}} = 800\text{W}$ 'tır. Motorun verimini ve çıkış torkunu bulunuz.



$$I_{\text{şönt}} = 450\text{V} / 150\Omega = 3\text{A}$$

$$I_a = 23\text{A} - 3\text{A} = 20\text{A}$$

$$E = 450\text{V} - (1\Omega + 1,5\Omega) \times 20\text{A} = 400\text{V}$$

$$P_{\text{çıkış}} = 400\text{V} \times 20\text{A} - 800\text{W} = 7200\text{W}$$

$$P_{\text{giriş}} = 450\text{V} \times 23\text{A} = 10350\text{W}$$

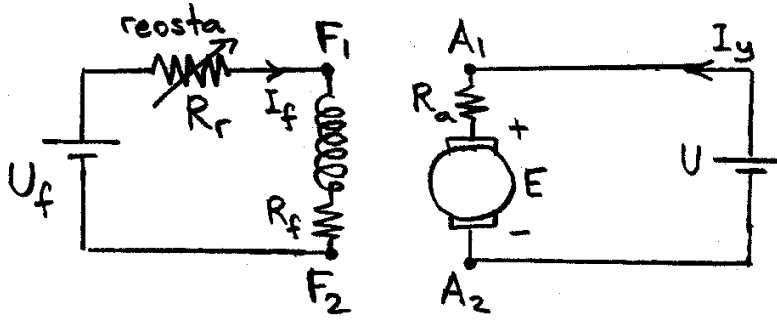
$$\text{Verim: } \eta = 7200 / 10350 = \%69,6 = \eta$$

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

$$T_{\text{çıkış}} = 7200\text{W} / (209,4 \text{ rad/s}) = 34,4\text{Nm}$$

Soru 10)

Şekildeki yabancı uyarımlı motorda uyarım kaynağı $U_f = 300V$, $R_f = 50\Omega$, $R_r = 50\Omega$, $R_a = 2,5\Omega$, $U = 500V$, $I_y = 20A$, $n = 1000$ devir/dakika, sürtünme kaybı $P_{sür} = 550W$ 'tır. Motorun verimini ve çıkış torkunu bulunuz.



$$I_f = 300V / (50\Omega + 50\Omega) = 3A$$

$$E = 500V - 2,5\Omega \times 20A = 450V$$

$$P_{\text{çıkış}} = 450V \times 20A - 550W = 8450W$$

$$P_{\text{giriş}} = UI_y + R_f \cdot I_f^2 = 500V \times 20A + 50\Omega \times (3A)^2 = 10450W$$

$$\text{Verim: } \eta = 8450 / 10450 = \%80,9 = \eta$$

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

$$T_{\text{çıkış}} = 8450W / (104,7 \text{ rad/s}) = 80,7Nm$$