



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

ELEKTRİK – ELEKTRONİK FAKÜLTESİ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

DOĞRU AKIM MAKİNELERİ VE DİNAMİĞİ

SERBEST UYARMALI DOĞRU AKIM MOTORLAR

2.1. GİRİŞ

Bir sanayi kuruluşunda normalde güç kaynağı 60 Hz (veya 50 Hz) alternatif akımdır. Asenkron ve senkron motorlar, aslında sabit-hız tahriki sağlayan klasik kontrol cihazlarından oluşan bir kaynaktan beslenirler. Bu durumda değişken - hız tahriki yapabilmenin bir yolu AA' 1 DA' a çevirmek ve DA makinesinin hazır kontrol imkanını kullanmaktır. Eğer uygun gerilimdeki bir DA güçkaynağı evvelden mevcut ise DA motoru bir DA' dan da DA' ya çevirici (kıyıcı) ile kontrol edilebilir ve bu yolla tahrik edilen bir DA makinesinden değişken hız tahriki sağlanabilir. Elektrikli taşıma sistemlerinde DA kaynağının yaygın kullanılmasından dolayı kıyıcılar bu alanda geniş uygulama alanı bulurlar.

En uygun kontrol, endüvi ve alan devrelerinin ayrı bir kaynaktan beslendiği bir serbest uyarmalı DA motor vasıtasıyla bulunabilir. Bu uygulama sonucu Şekil 1.21.b' deki ideal karakteristiklere yakın hız-moment karakteristikleri elde edilebilir. Endüvi kaynağı için bir kontrollü doğrultucu veya bir kıyıcı gereklidir. Eğer alan akımı da kontrol ediliyorsa alan devresi için de benzer çeviriciler kullanılabilir.

Çevirici içeren tahrik sistemlerinde kullanılan, şönt veya serbest uyarmalı motorların bulundurma gereken belirli dizayn özellikleri olmalıdır. Kumanda değişikliklerine çabuk cevap vermesi gereken sistemlerde, mekanik ataleti azaltmak için rotorun uzunluğunun çapına oranı büyük tutulmalıdır. Eğer yüksek tepe momentler bekleniyorsa motorların kutup yüzeylerine kompanzasyon sargıları konması gerekir. Bu sargılar endüvi devresinin endüktansını da azaltır. Bu yüzden endüvi devresinin zaman sabiti de küçülür. Bu endüvi akımının düzgünlüğünün azalması gibi karşı bir etkiye sahiptir.

El aletlerini tahrik için kullanılan sabit mıknatıslı motorlar, motor gücünün 1kW' dan az olduğu yardımcı tahriklerde genel olarak evrenseldirler ve çokça kullanılırlar.

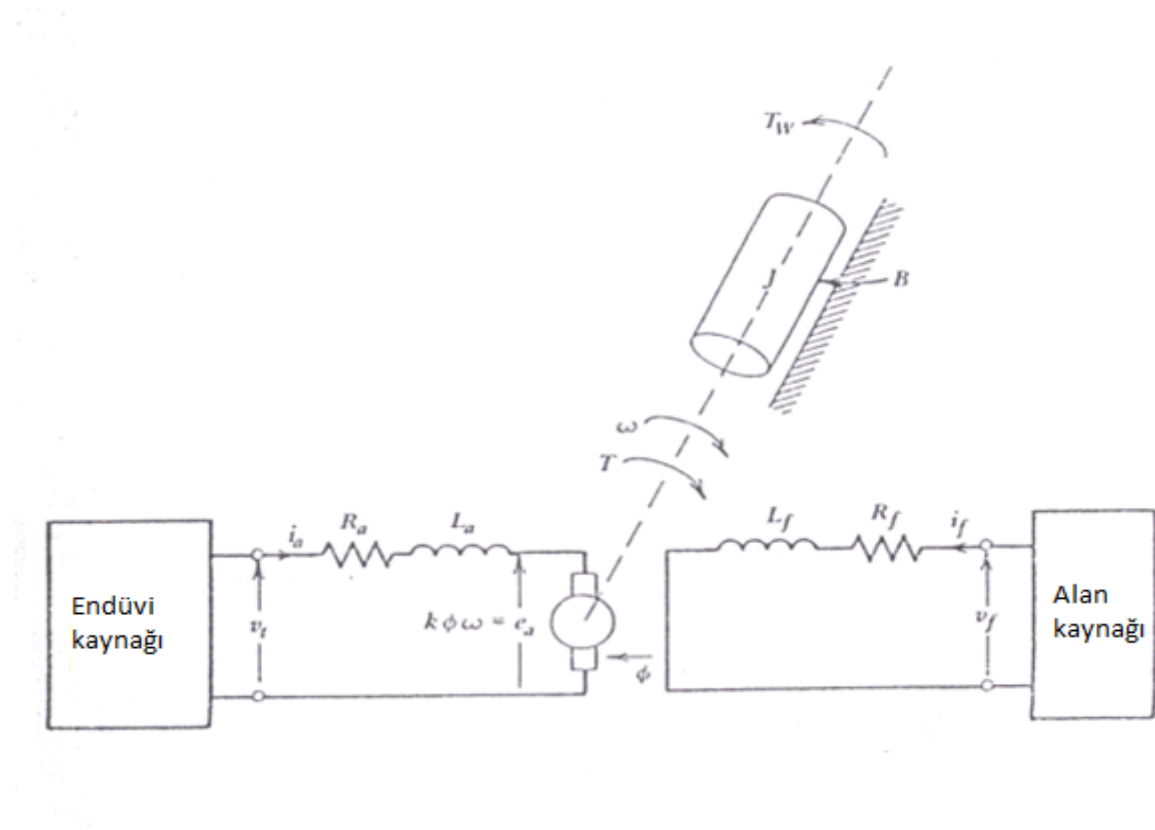
Yarı iletken güç çeviricilerinden sağlanan doğru gerilim ve akımların çalışma sınırlarının çok üzerinde harmonik içeriğe sahip olmalarından dolayı, motor karmaşık (DA ve AA' ın bir kombinasyonu) akıma toleranslı şekilde dizayn edilmelidir. DA motoru, aynı momenti oluşturmak için gerekli olan düzgün DA' dan daha yüksek RMS değerlerine sahip olmalı ve aşırı ısınmayı önlemek için iletken kesiti arttırılmalıdır. Uygun çözüm bulmak için, demir içinde yardımcı kutup akısının düzensiz değişmesi üzerinde fukolt akımlarının söndürme etkisinden dolayı statorun gövdesi ince tabakalardan (kutuplar ve yardımcı kutuplar) oluşturulmalıdır. Eğer alan ikazındaki değişikliğe hızlı cevap da gerekiyorsa stator gövdesinin de saçlı olması gerektir. Düşük hızda yüksek momentle uzun süreli çalışma için motorların cebri soğutmalı olması tavsiye edilir.

2.2 SİSTEM MODELİ

Şekil 2.1, serbest uyarmalı DA motorunun eşdeğer devresini ve ona akuple bağlı mekanik sistemin genel modelini göstermektedir. Bu mekanik sistem, motorun ve ona bağlı mekanik sistemin mekanik parametrelerini de bulundurmaktadır.

Sistem analizi için lineer bir model uygun olur. Bununla birlikte, DA makinesinin modelinde, endüktans değerlerini etkileyen lineer olmayan bir bağıntı da vardır. Bu bağıntı alan akımı i_f ile her kutbun ϕ akısı arasındadır ve Denklem 2.1 ile ifade edilebilir.

$$e_a = k\phi\omega = F(i_f)|_{\omega=\Omega_{sc}} \quad [V] \quad (2.1)$$



Şekil 2.1. (Serbest uyarmalı) Motor ve mekanik sistem modeli.

Burada k bir sabittir ve e_a endüvi sargılarında endüklenen emk' dır. Denklem 2.1, bazı belirli Ω_{sc} sabit hızları için $e_a=f(i_f)$ şeklinde belirtilen makinenin doyma eğrisi genellikle motor imalatçısı tarafından verilen bir eğridir. Şekil 2.2' de gösterilen bu eğride histerisiz etkisi ihmal edilmiştir. Düşey eksen ϕ değerleri ile işaretlenir ve alan kaçak akısı ihmal edilirse alan kutuplarındaki bilinen sarım sayısından alan akımının her bir amperi için alan akısı

halkalanması, dolayısıyla i_f 'nin herhangi bir değeri için; L_f alan devre endüktansı bulunabilir. Doyma eğrisinin doğrusal kısmı için bu endüktans sabittir. Endüvi devresi endüktansı L_a , az da olsa manyetik sistemin doyma derecesine bağlıdır. Doğrusal kısım üzerinde bulunmayan bir nokta için endüktans; eğrinin eğimi ile orantılıdır. Bu yüzden lineer bir motor modeli için alan akımının belirli değeri için her iki endüktans belirlenmelidir.

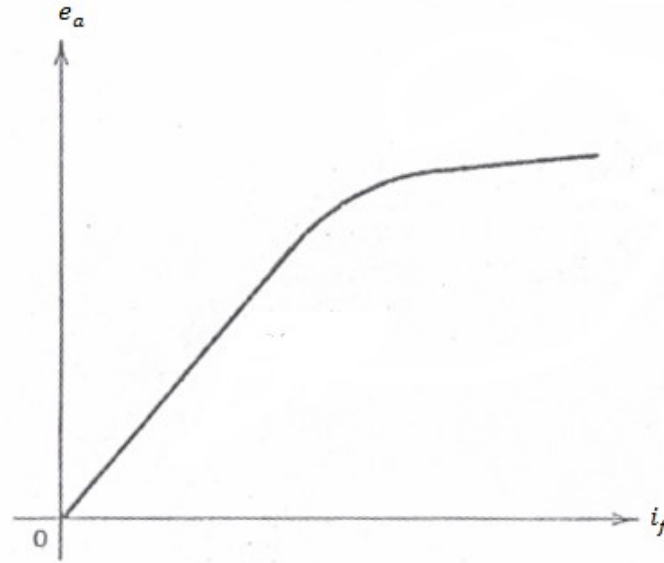
Mekanik sistemin modelindeki, parametreler ve T_w iş momenti, motor kavramasına indirgenmelidir. Şekil 2.1'deki, B ve I tahrik edilen mekanik sistem ile birlikte motorun viskoz sürtünmesi ve ataleti olarak ele alınmalıdır. Kolomb sürtünmesinin etkisi ise ihmal edilir veya T_w 'ye dahil edilebilir.

Seçilen bir alan akımı için, motorun uç değişkenlerini ifade eden denklemler:

$$v_f = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt} \quad [V] \quad (2.2)$$

$$v_t = k\phi\omega + L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a \quad [V] \quad (2.3)$$

$$T = k\phi i_a = j \frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_w \quad [Nm] \quad (2.4)$$



Şekil 2.2. Motor doyma eğrisi.

Burada T , hava aralığı momenti iç momenttir. Sürekli rejimdeki çalışmada bu denklemlerdeki zamana göre türevler sıfırdır ;

$$v_f = R_f i_f \quad [V] \quad (2.5)$$

$$v_t = k\phi\omega + R_a i_a \quad [V] \quad (2.6)$$

$$T = k\phi i_a = B\omega + T_w \quad [Nm] \quad (2.7)$$

2.2.1 HIZ KONTROLÜ

Sürekli rejimdeki çalışmaya ait, 2.6 ve 2.7 denklemlerinden,

$$\omega = \frac{v_t}{k\phi} - \frac{R_a T}{(k\phi)^2} = \frac{k\phi v_t - R_a T_w}{(k\phi)^2 + R_a B} \quad [rad/s] \quad (2.8)$$

$T_w = 0$ için, yüksüz durumdaki hız, ϕ ve v_t değişkenlerinin değerleri yardımıyla bulunur. Eğer bu ikisi sabit tutulup T_w sıfırdan itibaren artırılırsa ω azalır. Bu yüzden sistem hız regülasyonuna sahiptir. Endüvi devresi direnci R_a küçük ise hız, yük momentinden bağımsız gibidir.

Denklem 2.8' den, endüvi uçlarına uygulanan potansiyel farkını kontrol ederek, sürekli rejim hızının kontrol edilebileceği görülür. ϕ , büyük olacak şekilde dizayn edilen makineler için, eğer alan akımı maksimum değerine ayarlı ise, v_t ' nin sabit bir değeri için hız-moment arasındaki ilişkinin hız eksenini üzerinde küçük bir negatif eğimli bir doğru ile gösterilebileceği Denklem 2.8'den görülmektedir. Bu doğru parçası Şekil 2.3' te v_{t1} ile işaretlenerek gösterilmiştir.

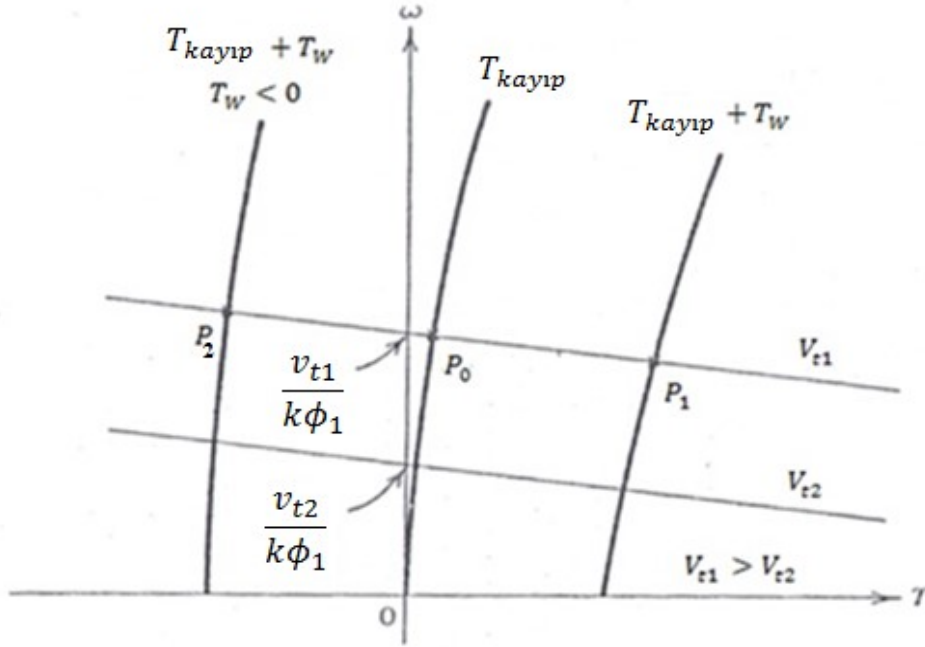
Motor ve mekanik sistemdeki sürtünme, rüzgar ve nüve kayıplarını karşılamak için gerekli olan momenti $T_{kayıp}$ ile ifade edersek motorun iç (dahili) momenti;

$$T = T_{kayıp} + T_w \quad [Nm] \quad (2.9)$$

olur. Bu durumda T momenti ile hız arasındaki ilişki Şekil 2.3 te $(T_{kayıp}+T_w)$ ile işaretlenmiş eğri yardımıyla gösterilebilir. Endüvi uç gerilimi v_{t1} değerinde iken sistem P_1 noktasında çalışır. Diğer yandan T_w kaldırılırsa, yüksüz çalışma noktası P_0 elde edilir.

Eğer endüvi, kontrol edilebilir doğru gerilimli bir kaynaktan besleniyorsa hız, sıfırdan belli bir değere kadar kontrol edilebilir. Bu değer, v_t ' nin motorun dizayn edilen maksimum

gerilim değerine ulaştığındaki hız değeridir. v_t' nin v_{t2} gibi sabit bir değeri için elde edilen karakteristik v_{t1} için elde edilene paralel olur.



Şekil 2.3. v_t' nin değişimi ile hız kontrolü.

Faydalı çalışma, bir aracın yokuş inmesi esnasında da elde edilir ve bu durum tahrik motorunun hızını arttırmaya yöneliktir. Bu durumda Denklem 2.8' deki T_w negatif olur, öyle ki ω doğrusal karakteristik boyunca artar. Makine Şekil 2.3' deki gibi bir P_2 noktasında çalışır. Bu motor çalışmadan faydalı fren çalışmaya geçiş esnasında, alan ve endüvi gerilimlerinin polariteleri değiştirilmez, aynı zamanda alan akımının yönü de değişmez. Endüvi akımı ve buna bağlı olarak ta enerji akışı ters yöndedir.

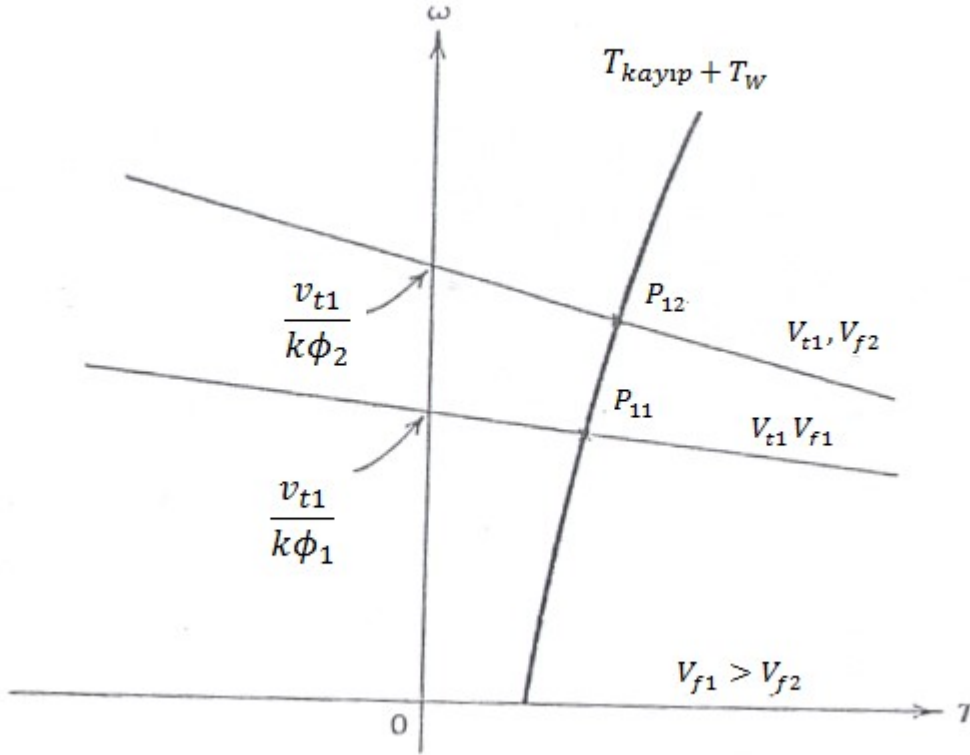
v_t' nin polaritesinin değiştirilmesi ile orijin etrafında 180° döndürüldüğünde Şekil 2.3' teki şekillere benzer fakat 3. ve 4. bölgedeki eğrilerle çalışma noktaları alınır. Bu ters yönde motor çalışmaya aittir.

v_t ve i_f nominal veya etiket değerlerine uyarlandığında, motor yüklü ve nominal güçteyken, ω_r nominal hızında çalışmaktadır. Başka bir durum olarak: v_t nominal değerine, i_f akımını da alan sargılarının taşıyabileceği maksimum değerine ayarlı iken motor ω_b temel hızının biraz altında çalışır. Bu değer üzerinde hızdaki artışı şöntleme yardımıyla bulur, ki bu aynı zamanda v_t , i_f ve ϕ' nin nominal değerlerinin altına kadar azalmaları anlamına gelir. Sonuçta nominal hızın üzerindeki hızlara ulaşılmıştır. Denklem 2.8, alan zayıflamasından

sonuçlanan karakteristiğin ω ekseninde arttırılmış bir kesişme noktasına ve arttırılmış negatif eğime sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 2.4).

Maksimum hız, motorun mekanik dizaynı ve endüvi reaksiyonunun demanyetizma etkisinden dolayı zayıf alanda motorun stabil olmayan çalışmaya eğilimi ile sınırlanır. Hız kontrolü için motorların tasarımında maksimum hız temel hızın iki-altı katı arası olabilir.

Hız kontrolünün mümkün üçüncü bir metodu, sadece yüklü motor için geçerli olmak üzere, R_a endüvi devresi direncine, R_d seri direncini ilave etmektir.



Şekil 2.4. Alan zayıflatmasıyla hız kontrolü.

Bu yöntemde, hız - moment bağıntısı değişir ve motora geniş bir hız ayar alanı sağlar. Şekil 2.5' te seri direncin etkisi gösterilmiştir. Bu hız kontrolleri normalde serbest uyarmalı motorlarda kullanılmazlar ve gerçekte enerji israfı sebebiyle de genellikle tercih edilmezler.

Bu yöntem, hız kontrolünün duraklamaya kadar düşmesinin istenmediği yol verme motorlarının normal metodudur ve sadece hız kontrolünün gerektiği sistemler içinde kullanılabilir.

v_t' nin sıfırdan nominal değerine kadar kontrol edilebilen bir sistem göz önüne alalım. Eğer I_f izin verilen maksimum değerine ayarlanır ve R_a' nın etkisi ihmal edilirse motor hızının kontrolü ω_b temel hızına kadar mümkündür. $0 < \omega < \omega_b$ hız kademesinin üzerinde endüvi

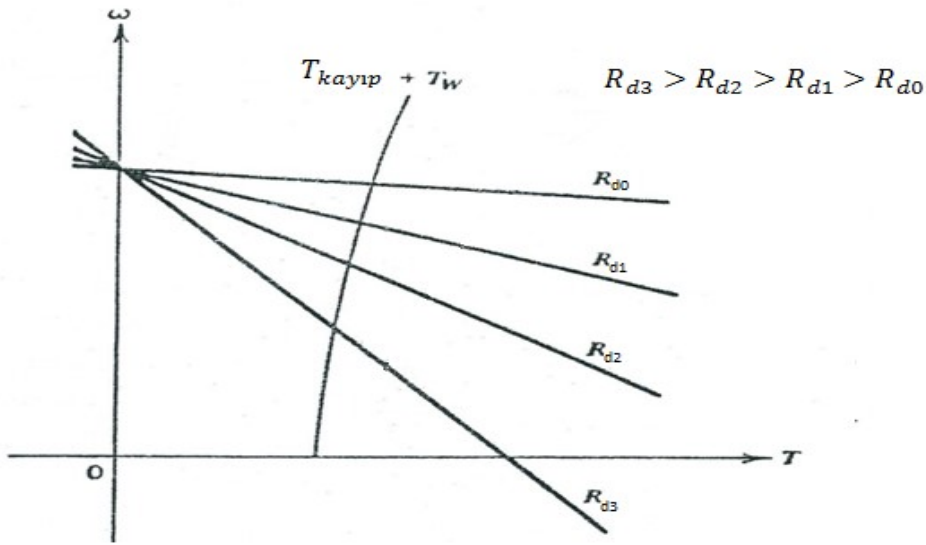
akımı normalde nominal değerle sınırlandırılmalıdır, yani bununla oluşan momentle sınırlandırılmalıdır. Çünkü;

$$T = k\phi i_a \quad [Nm] \quad (2.10)$$

'dır. Hava aralığı gücü de;

$$P = T\omega \quad [W] \quad (2.11)$$

olarak ifade edilir.



Şekil 2.5. Endüvi devresi direncinin değişimiyle hız kontrolü.

$T = T_{maks}$ ve $\omega = \omega_b$ içinkı değeri ile sabit momentte güç; ω ' nin lineer bir fonksiyonudur. Daha fazla hız artışı için alanı şöntlemeye ihtiyaç vardır. R_a' 'nın etkisi ihmal edilirse sabit v_t için Denklem 2.8'den

$$\omega \sim \frac{1}{\phi} \quad [rad/s] \quad (2.12)$$

'dır. Yani hızı $\frac{1}{\phi}$ ile orantılıdır.

i_a' nın yine de nominal değerinde sınırlandırılması gerektiği için, şöntleme ile çalışma için oluşan moment;

$$T = k\phi i_a \sim \frac{1}{\omega} \quad [Nm] \quad (2.13)$$

yani $\frac{1}{\omega}$ ile orantılıdır ve güç;

$$P = T\omega = \text{sabit} \quad [W] \quad (2.14)$$

'dır.

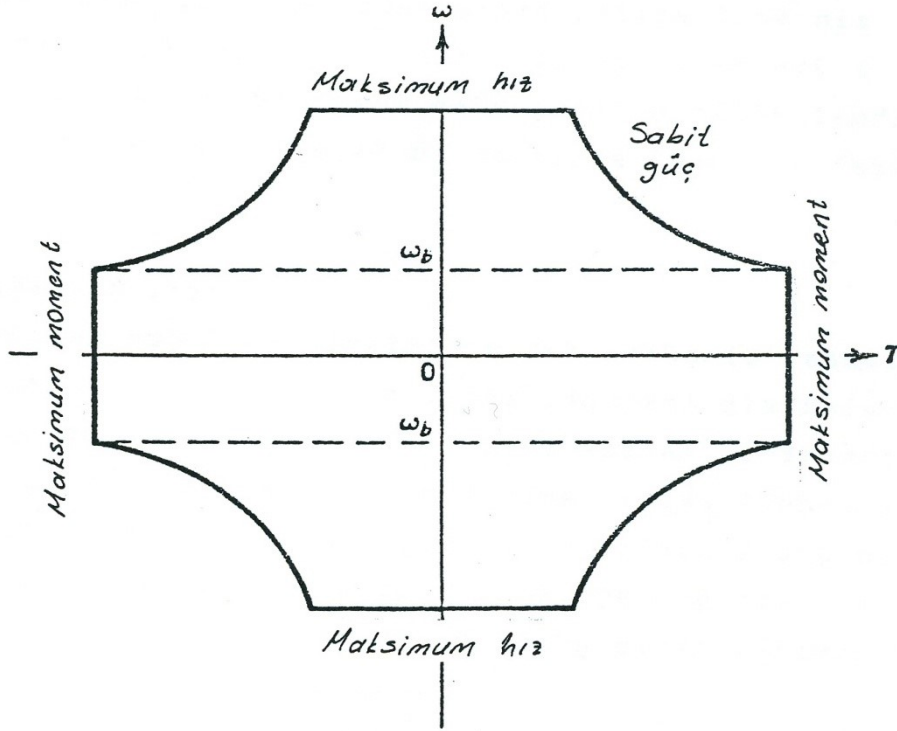
Serbest uyarmalı bir motorun dört bölge çalışmasına ait, nominal akımda izin verilebilen hız - moment bağıntılarının sınır eğrisi Şekil 2.6' da gösterilmiştir. Bu sınır eğride motor kayıpları ihmal edilmiş olduğundan idealdir ve realize edilmelidir. Pratikte sınırlar, bu diyagram içinde bulunmalıdır.

Daha önceki açıklamalarda enerji kaynağında güç sınırlaması olmadığı farz edilmişti. Bu yaklaşım bir çok uygulama için doğru değildir. Bir dizel - elektrik lokomotifinde, dizel makine sabit hızda bir generatörü tahrik eder ve generatör de serbest uyarmalı DA motoruna endüvi akımını temin eder. Dizel makine tarafından oluşturulan güç sınırlıdır. Temel hız aşıldığında tahrikin gerçekleşmesi sabit güç eğrisi ile sınırlanmalıdır. Elektrik motorunun nominal gücü motor ve generatör kayıplarını göz önüne alacak şekilde dizel makinenin çıkış gücüne uygun olmalıdır. Sistemdeki generatör bir DA makinesi veya diyot doğrultuculu bir AA generatörü olabilir. Her ikisinde de generatörün alan akımının kontrolü ile motorun temel hızına kadar hız kontrolü sağlanır.

2.3. MOTORUN NOMİNAL DEĞERLERİ

Motor, şekil 2.6' da dört bölgede sınırlandırılmış alan içindeki herhangi bir noktada sürekli olarak çalışabilir. Kısa süreler için bu sınırların dışında çalışması da mümkündür.

Maksimum hızla belirlenen sınır, endüvi reaksiyonundan dolayı dengesizlik ihtimali veya motorun mekanik dizaynı tarafından zorlanır. Eğer bu hız aşılsa, mekanik arıza oluşma veya motorun ambale olma tehlikesi ile karşılaşılabilir. Bu sebeple mümkün oldukça bu sınırın aşılmamasına özen gösterilir.



Şekil 2.6. Maksimum moment, sabit güç ve maksimum hız sınırları.

Moment sınırı, maksimum momentle belirlenen düşey çizgiyle belirlenir ve sabit güç eğrisi, motora izin verilebilen sürekli rejim akımı yardımıyla saptanır. Bu sınır kısa periyotlar için aşılabılır, fakat bu durumda endüvi akımı nominal değerinden daha yüksek değerler alır. Bazı durumlar için bu tehlikeli olabilir.

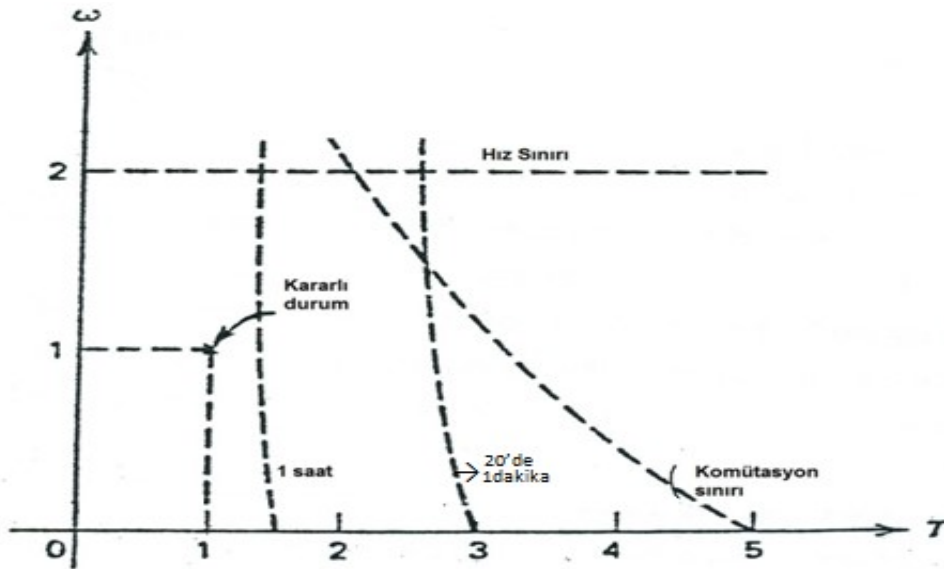
Yüksek endüvi akımı, yüksek direnç kayıplarına ve yüksek değerde ısınmaya neden olur. Eğer yüksek akımlar devam ederse iletkenlerin sıcaklığı artar ve izolasyonlar, imal edildikleri sıcaklık değeri aşıldığı için bozulurlar. Büyük endüvi akımı kompanzasyon sargıları içermeyen makinelerde, hava aralığındaki akı yoğunluğu değişiminde ciddi distorsiyonlara neden olabilir ve manyetik sistemin belirli yerlerindeki yüksek akı yoğunlukları, motorun aşırı derecede ısınmasına neden olan ek nüve kayıpları üretir.

Isısal sınırlamalar nedeniyle, aşırı momentte bir motorun ne kadar çalışabileceğinin testi veya motor için kısa sürede ne kadar yüklenebileceğini belirlenmesi çok sık yapılan uygulamalardandır.

Nominal gücünü veren bir kısa zamanlı standart motor, eğer mütemadiyen çalışması gerekli ise, mekanik sistem için bundan daha büyük güçlü bir makine gerekir. Örneğin yarım zamanlı makine yarım saat nominal değerde, daha önce aynı periyot için durmuş veya yüksüz çalıştırılmış olma koşuluyla, çalışabilir. Kısa zamanlı bir makine asla sürekli çalışma sıcaklığına erişmez. Çünkü zaman sınırına ulaştığında hala ısı yükselir ve peşinden soğuma periyodu takip eder.

Bir de makinede kollektörden dolayı akımın da sınırlandırılması gerekir. Komütasyon karmaşık bir konudur. Fakat aşırı akımın daha önemli etkileri, kollektör üzerinde segmanlar arası yüksek gerilimden dolayıdır. Bu ise akı yoğunluğu dağılımı distorsiyonuna ve endüvi akımının yüksek oranda değişimine neden olur.

Her iki etkide hıza bağlıdır, hatta makine düşük hızlarda akımlarda daha büyük değişimlere sebep olabilir. Şekil 2.7' de yukarıda tanımlanan faktörlerden dolayı motorun çalışmasındaki sınırlamalar gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Motor nominal değerleri.

Örnek 2.1

Sabit alan akımlı serbest uyarmalı bir DA motorunun endüvisi sıfırdan 600 V' a değişebilen bir kaynaktan beslenmektedir. Maksimum endüvi geriliminde motorun hızı 1600 d/d' ır. Eğer motordaki tüm kayıplar ihmal edilirse,

- Yük momenti 420 Nm iken endüvi akımı ne olur?
- Eğer endüvi gerilimi 600 V' ta sabit tutulur, alan akımı motor devri 4000 d/d ya ulaşınca kadar azaltılırsa, bu hızda motorun harcayacağı momenti hesaplayınız.
- Kaynağın çıkış gücü ne olmalıdır?

Çözüm:

a) Endüvi gücü

$$P_a = v_t I_a = T_w \omega$$

$$600 I_a = 420 \cdot 1600 \cdot \frac{2\pi}{60}$$

$$I_a = 117,3 \text{ A}$$

b) Motor sabit güç eğrisinde çalışmaktadır. 4000 d/d' da;

$$P_a = 600 \cdot 117,3 = T \cdot 4000 \cdot \frac{2\pi}{60}$$

$$T = 168 \text{ Nm}$$

c) Kaynağın çıkış gücü;

$$P_a = 600 \cdot 117,3 = 70,37 \text{ kW}$$

2.4 MOTOR - MEKANİK SİSTEM DİNAMİĞİ

Eğer serbest uyarmalı bir motor sabit alan akımında çalıştırılırsa, motor ve tahrik edilen mekanik sistem lineer bir sistem gibi düşünülebilir. Bu durumda sistem denklemleri,

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} \quad [A] \quad (2.15)$$

$$\phi = F(I_f) = \text{sabit} \quad [Wb] \quad (2.16)$$

$$V_t = k\phi\omega + L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a \quad [V] \quad (2.17)$$

$$T = k\phi i_a = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_w \quad [Nm] \quad (2.18)$$

Sistem sürekli rejim çalışmasında iken V_t ve T_w değişkenlerinden her birinde küçük bir değişimin neden olduğu geçici çalışmayı birleştirerek süperpozisyon metodu kullanılabilir.

Geçici davranışlar, kolaylık açısından başlangıç şartlarını sıfır kabul ederek ve sistem denklemlerini yazarak analiz edilebilir. Böylece Denklem 2.17 ve 2.18 den V_t ve T ' nin Laplace transformları;

$$V_t(s) = k\phi\Omega(s) + sL_a I_a(s) + R_a I_a(s) \quad (2.19)$$

$$T(s) = k\phi I_a(s) = sJ\Omega(s) + B\Omega(s) + T_w(s) \quad (2.20)$$

Denklem 2.19' dan;

$$I_a(s) = \frac{V_s(s) - k\phi\Omega(s)}{sL_a + R_a} = [V_t(s) - k\phi\Omega(s)] \frac{1}{R_a(s\tau_a + 1)} \quad (2.21)$$

Burada endüvi devresi zaman sabiti;

$$\tau_a = \frac{L_a}{R_a} \quad [s] \quad (2.22)$$

Denklem 2.20' den;

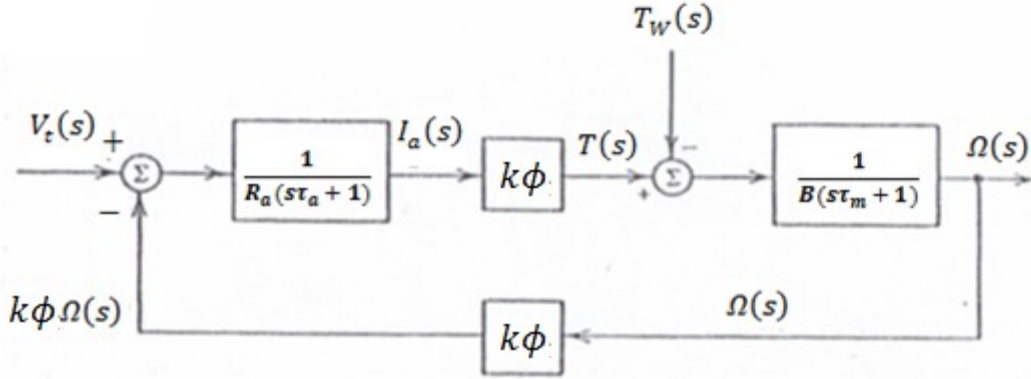
$$\Omega(s) = \frac{T(s) - T_w(s)}{sJ + B} = (T(s) - T_w(s)) \frac{1}{B(s\tau_m + 1)} \quad (2.23)$$

Burada motor ve mekanik sistemin zaman sabiti;

$$\tau_m = \frac{J}{B} \quad [s] \quad (2.24)$$

Şekil 2.8'deki blok diyagramı Denklem 2.21 ve 2.23' ten çizilebilir. Bu şeklin gösterdiği sistemin $V_t(s)$ ve $T_w(s)$ gibi iki farklı girişi vardır. Bu iki girişe ayrı cevaplar bulunabilir ve süperpozisyon yardımıyla, verilen sürekli rejim çalışma şartları ile birleştirilebilir.

T_w momentindeki değişime cevap, V_t yerine sıfır konarak bulunabilir. Şekil 2.9' daki blok diyagramı daha sonra Şekil 2.8'den bulunacaktır. Şekil 2.9' dan;



Şekil 2.8. Motor-mekanik sistemin blok diyagramı.

$$\frac{\Omega(s)}{-T_w(s)} = \frac{(1/B)(s\tau_a + 1)}{(s\tau_a + 1)(s\tau_m + 1) + (k\phi)^2/R_a B} = \frac{K(s\tau_a + 1)}{(s\tau_1 + 1)(s\tau_2 + 1)} \quad (2.25)$$

Denklem 2.25' te K kazançtır. τ_1 ve τ_2 gerçel veya kompleks konjuge büyüklükler olabilir. Kompleks - konjuge olması durumunda T_w ' daki değişikliğe cevap salınımlı olur.

V_t 'deki değişikliğe cevap T_w yerine sıfır konarak bulunur. Şekil 2.8'den;

$$\frac{\Omega(s)}{V_t(s)} = \frac{k\phi/R_a B}{s^2(\tau_a\tau_m) + s(\tau_a + \tau_m) + 1 + (k\phi)^2/R_a B} \quad (2.26)$$

Genellikle,

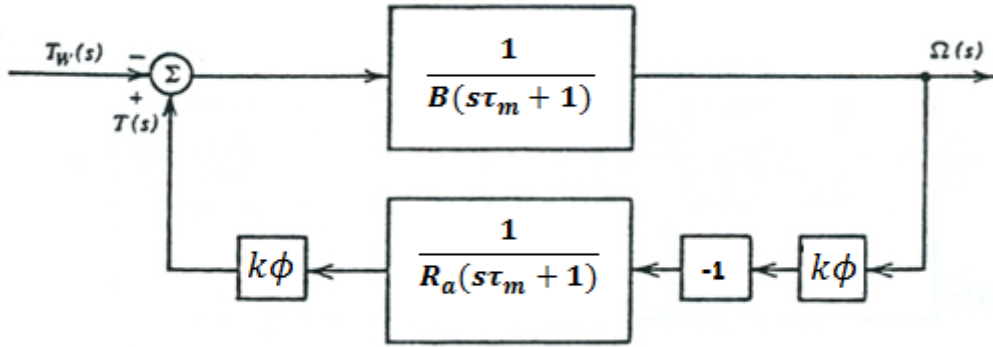
$$\frac{(k\phi)^2}{R_a B} \gg 1 \quad (2.27)$$

'dır ve;

$$\frac{\Omega(s)}{V_t(s)} = \frac{1}{k\phi(s\tau_1 + 1)(s\tau_2 + 1)} \quad (2.28)$$

Burada da τ_1 ve τ_2 kompleks konjuge olabilir ve Denklem 2.28 aşağıdaki biçimde yazılabilir.

$$\frac{\Omega(s)}{V_t(s)} = \frac{1/k\phi}{\frac{s^2}{\omega_n^2} + 2\xi \frac{s}{\omega_n} + 1} \quad (2.29)$$



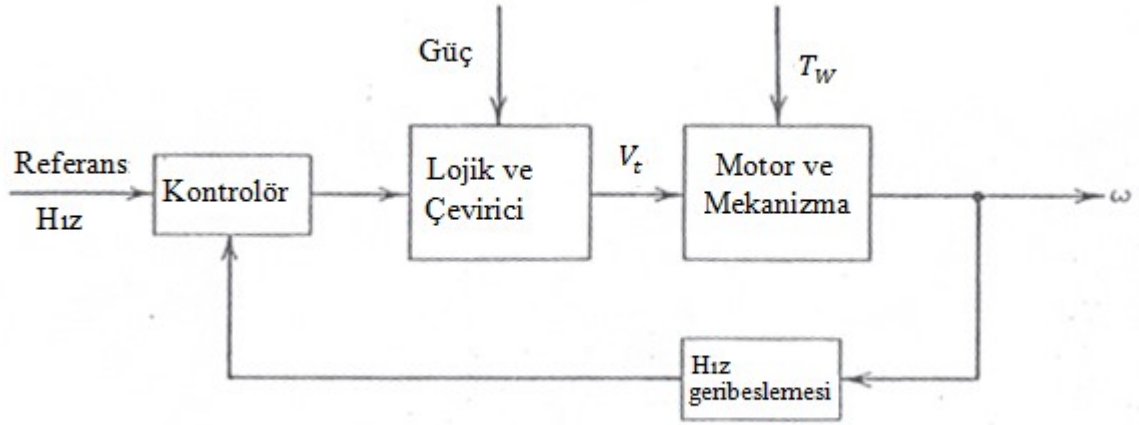
Şekil 2.9. $T_w(s)$ ' in değişimine cevap.

Denklem 2.29' da, 2.27 eşitsizliğinin geçerli olduğu farz edilirse;

$$\omega_n^2 = \frac{(k\phi)^2}{\tau_a \tau_m R_a B} = \frac{(k\phi)^2}{L_a J} \quad (2.30)$$

$$\xi = \frac{(\tau_a + \tau_m) R_a B \omega_n}{2(k\phi)^2} = \frac{L_a B + J R_a}{2k\phi \sqrt{L_a J}} \quad (2.31)$$

Bir çok motor için $\tau_a \ll \tau_m$ dır. Bu durumda daha önce belirtilen analizler $L_a \cong 0$ yaklaşımından bulunabilir ve;



Şekil 2.10. Tam bir tahrik sistemi için blok diyagramı.

$$v_t = k\phi\omega + R_a i_a \quad [V] \quad (2.32)$$

Bu yaklaşım bir transfer fonksiyonunu verir.

$$\frac{\Omega(s)}{V_t(s)} = \frac{1}{k\phi(s\tau + 1)} \quad (2.33)$$

Burada;

$$\tau = \frac{R_a J}{k\phi^2} \quad [s] \quad (2.34)$$

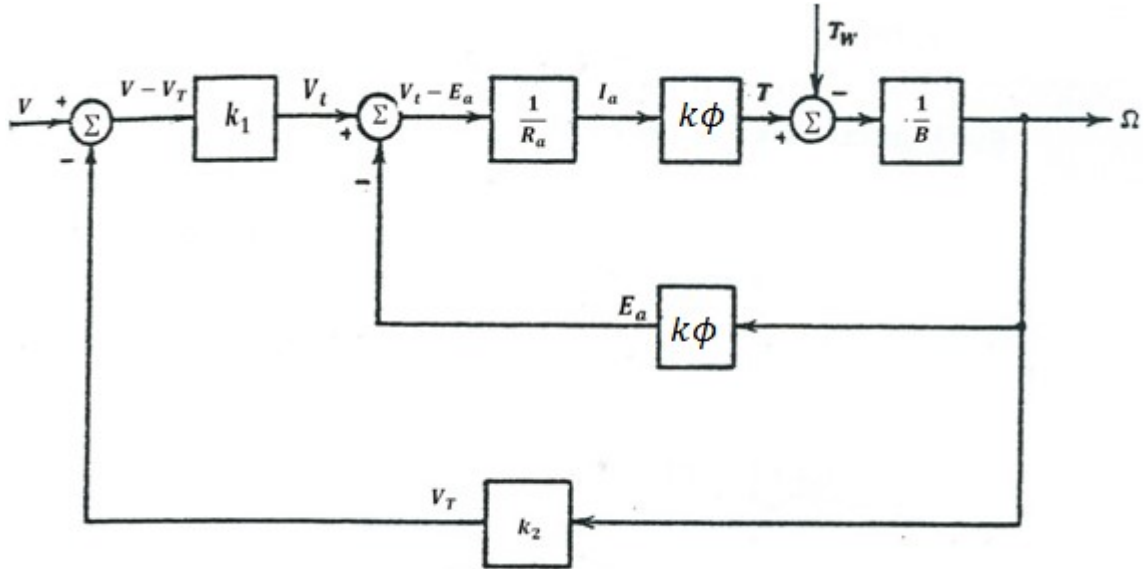
‘dır. Tam bir hız kontrol sistemi için motor ve mekanik sistemin transfer fonksiyonu Şekil 2.10’ daki blok diyagramıyla gösterilebilir.

Bu analiz, alan akımının değişiminin sonucu ile ilgili değildir. ϕ ve i_r arasındaki ilişkinin lineer olmayışından dolayı bu, adapte edilebilir bir kontrolör ile stabilize edilmesi gereken bir lineer olmayan sistem meydana getirir.

2.5. KAPALI ÇEVİRİM HIZ KONTROLÜ

Çevirici, kontrolör veya regülatörün transfer fonksiyonlarının bilinmemesine rağmen Şekil 2.10' daki sistemin sürekli rejim çalışması tanımlanabilir. Fakat burada iki elemanın planlanan çalışma şartları için kazanç faktörleri verilmelidir. Motor ve mekanik sistemin sürekli rejimde çalışması, Denklem 2.17 ve 2.18'deki türevleri sıfıra eşitleyerek tanımlanabilir. Bunun sistem elemanlarının transfer fonksiyonları üzerindeki etkisi tüm s^n li terimleri sıfırlamaktadır. Bu durumda sistemin blok diyagramı Şekil 2.11' deki gibi olur. Burada kontrol sisteminin transfer fonksiyonu;

$$k_1 = \frac{V_t}{V - V_T} \quad (2.35)$$



Şekil 2.11. Bir hız kontrol sisteminin sürekli rejim çalışması.

Denklem 2.35'te V , hız kontrolü için uygulanan referans girişi ve V_T hız algılama cihazının (takometre) çıkış gerilimidir ve;

$$k_2 = \frac{V_T}{\Omega} \quad (2.36)$$

T_w' nin sıfırlanmasıyla iç kapalı çevrim Denklem 2.37 gibi olur.

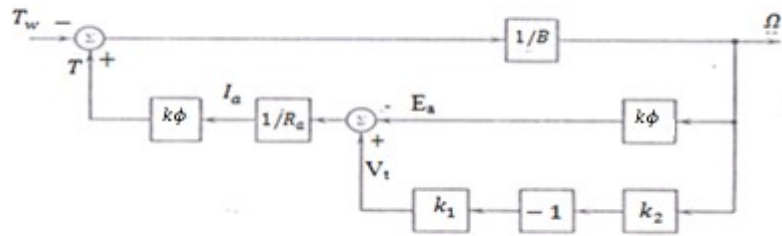
$$\frac{\Omega}{V_t} = \frac{k\phi/R_a B}{1 + (k\phi)^2/R_a B} \quad (2.37)$$

Eğer Eşitsizlik 2.27 uygulanabilirse, Denklem 2.37;

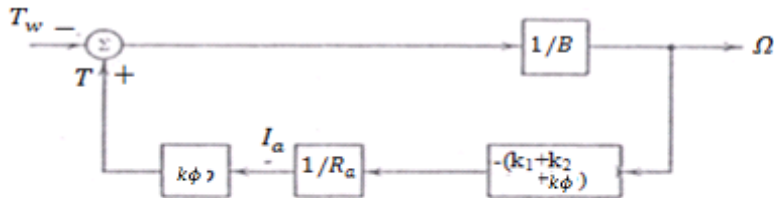
$$\frac{\Omega}{V_t} \cong \frac{1}{k\phi} \quad (2.38)$$

haline gelir. Sonra, Şekil 2.11'deki tüm sistem için kapalı çevrim, sürekli hal transfer fonksiyonu ;

$$\frac{\Omega}{V} = \frac{k_1}{k\phi + k_1 k_2} \quad (2.39)$$



(a)



(b)

Şekil 2.12. T_w Yük momentine sürekli hal cevabı.

Yük değişimine karşı sürekli hal cevabı bu defa V' yi sıfırlayarak ve Şekil 2.11' deki blok diyagramını Şekil 2.12a' da görünen biçimde tekrar düzenlenerek elde edilebilir. Burada iki paralel kol için,

$$(V_t - E_a) = -k_1 k_2 \Omega - k\phi \Omega = -(k_1 k_2 + k\phi) \Omega \quad (2.40)$$

Eşitlik 2.40 Şekil 2.12b' deki blok diyagramını verir. Bu geri besleme çevrimi için

$$\frac{\Omega}{-T_w} = \frac{R_a}{R_a B + k\phi(k_1 k_2 + k\phi)} \quad (2.41)$$

Bu sebepten sıfır hızdayken yüke pozitif bir moment uygulanması negatif hız sonucunu verir. Sistem yüklü dönüyorken V ve T_w olmak üzere iki ayrı girişe olan cevaplar ayrı ayrı hesaplanabilir ve süperpozisyon ile toplam sonucu vermek üzere birleştirebilir.

Örnek 2.2

40 kW, 240 V, 1150 d/d serbest uyarımlı DA motoru Şekil 2.11 deki blok diyagramında gösterilen bir hız kontrol sisteminde kullanılacaktır. Alan akımı $k\phi = 1,95 \text{ Vs/rad}$ olacak şekilde sabit bir değerde tutulmaktadır. Endüvi direnci $R_a = 0,089 \Omega$, viskoz sürtünme faktörü $B = 0,275 \text{ Nms/rad}$, takometre sabiti 10 V/1000 d/d ve kontrolörün kazancı; $k_1 = 200$ ' dür.

- Açık çevrimde, yüksüz durumdayken devir sayısı ne olur?
- Açık çevrimde, tam yükte devir sayısı ne olur?
- Kapalı çevrim uygulandığında, yüksüz durumda devir sayısı ne olur?
- Kapalı çevrim uygulandığında, tam yükte referans sinyali değiştirilmeden devir sayısı ne olur?

Çözüm:

$$\text{nominal hız} = 1150 \cdot \frac{2\pi}{60} = 120,4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$k_2 = \frac{10}{1000 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 95,49 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot \frac{\text{s}}{\text{rad}}$$

$$\text{nominal moment} = \frac{40 \cdot 10^3}{120,4} = 332,2 \text{ Nm}$$

$$\text{a) } V_t = 240 \text{ V} \quad T_w = 0$$

$$k_1 = 200 \quad k\phi = 1,95 \text{ Vs/rad}$$

$$R_a = 0,089 \Omega \quad B = 0,275 \text{ Nms/rad}$$

Denklem 2.8'den $T_w = 0$ için;

$$\omega = \frac{k\phi v_t - R_a T_w}{(k\phi)^2 + R_a B} = \frac{1,95 \cdot 240}{1,95^2 + 0,089 \cdot 0,275} = 122,3 \text{ rad/s}$$

$$\frac{60\omega}{2\pi} = \frac{60 \cdot 122,3}{2\pi} = 1168 \text{ d/dk}$$

$$n = 1168 \text{ d/d}$$

b) Tam yükte;

$$T_w = \frac{40 \cdot 10^3}{120,4} = 332,2 \text{ Nm}$$

Denklem 2.8'den

$$\omega = \frac{1,95 \cdot 240 - 0,089 \cdot 332,2}{1,95^2 + 0,059 \cdot 0,275} = 114,5 \text{ rad/s}$$

$$n = 1094 \text{ d/d}$$

c) $T_w = 0$ ile

Denklem 2.37' den;

$$\frac{\Omega}{V_t} = \frac{k\phi/R_a B}{1 + (k\phi)^2/R_a B} = \frac{1,95/(0,089 \cdot 0,275)}{1 + 1,95^2/(0,089 \cdot 0,275)} = \frac{79,67}{1 + 155,4} = 0,5095 \frac{rad/s}{V}$$

$$\Omega = V_t \cdot 0,5095 = 122,8 \text{ rad/s} \quad n = 1168 \text{ d/d}$$

$$V_T = \frac{10}{1000} \cdot 1168 = 11,68 \text{ V}$$

Referans sinyali;

$$k_1 = \frac{V_t}{V - V_T} = 200 = \frac{240}{V - 11,5}$$

$$V = 12,89 \text{ V}$$

d) Denklem 2.41' den;

$$\frac{\Omega}{-T_w} = \frac{R_a}{R_a B + k\phi(k_1 k_2 + k\phi)}$$

$$\Omega = \frac{-332,2 \cdot 0,089}{(0,089 \cdot 0,275) + 1,95 \cdot (200 \cdot 95,49 \cdot 10^{-3} + 1,95)}$$

$$\Omega = -0,72 \text{ rad/s}$$

$$n = -6,875 \text{ d/d}$$

Tam yükteki hız;

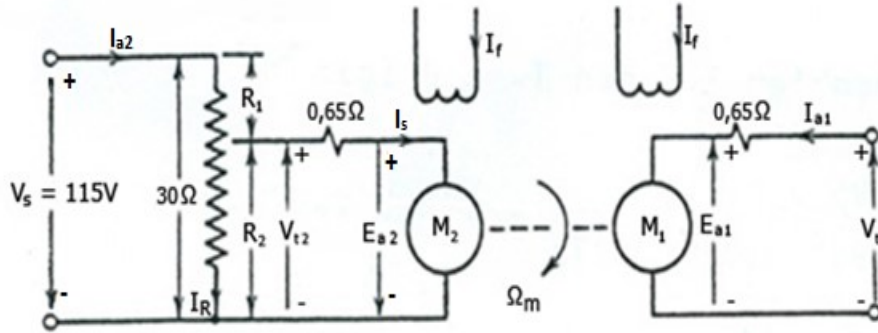
$$n = 1168 - 6,875 = 1161 \text{ d/d}$$

olarak bulunur.

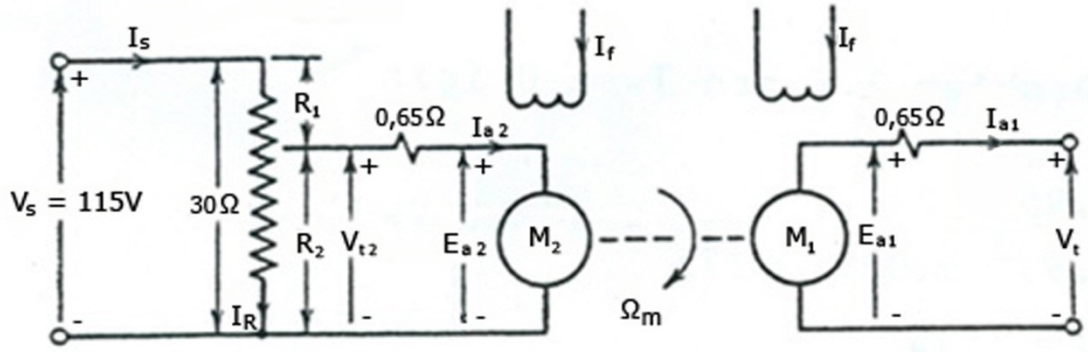
PROBLEMLER

PROBLEM 2.1

Şekil 2.13' teki devre, düşük güçlü bir tahrik sistemi motorunun pozitif veya negatif (motor veya generatör olarak) yüklenerek test edilmesine ilişkin gerekli bağlantı şemasını göstermektedir. M_1 ve M_2 gibi iki benzer makine mekanik olarak irtibatlandırılmıştır. M_1 tahrik motoru, M_2 yükleme makinesidir. Her bir makinenin endüvi devresi direnci $0,65 \Omega$ ve nominal akımı 9 A dir. Her bir makinenin alan akımı $k\phi = 0,525 \text{ V}$ olacak bir değere ayarlanmıştır. Makineler akuple olduklarından, her iki makinenin dönüş yönleri aynıdır. Yükleme makinesinin endüvi besleme devresindeki voltaj bölücünün kaynak tarafı direnci 30Ω dur. Eğer sürtünme, rüzgar ve nüve kayıpları ihmal edilir, tahrik motoru endüvi akımı nominal değerinde korunur ve bu makinenin endüvi uç gerilimi 50 V değerinde sabit tutulursa M_1 ' in motor ve generatör çalışma durumları için dönüş hızını ve gerilim bölücü sürgüsünün kademesini (yani şekilde R_2 direncini) belirleyiniz.



(a)



(b)

Şekil 2.13. Problem 2.1, a) M_1 motor çalışma için b) M_1 generatör çalışma için diyagram.

ÇÖZÜM 2.1

M_1 motor olarak çalışmada (Şekil 2.13a) ;

$$50 = E_{a1} + 9 \cdot 0,65 \quad E_{a1} = 44,15 = E_{a2}$$

$$E_{a1} = k\phi\omega \quad 44,15 = 0,525\omega \quad \omega = 84,09 \text{ rad/s}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad n = 803 \text{ d/d}$$

M_1 motor olarak çalıştığına göre M_2 generatör olarak çalışmakta

$$E_{a1} = E_{a2} = I_{a2} \cdot 0,65 + R_2 I_R$$

$$44,15 = 9 \cdot 0,65 + R_2 I_R$$

$$I_R R_2 = 38,3 \text{ V}$$

$$I_R + 9 = I_s$$

Bunlara göre;

$$115 + (I_R + 9)(30 - R_2) + R_2 I_R = 0$$

$$115 + \left(\frac{38,3}{R_2} + 9\right)(30 - R) - 38,3 = 0$$

$$-\frac{1149}{R_2} + 38,3 + 270 - 9R_2 = 0$$

$$R_2^2 - 42,78 R_2 + 127 = 0$$

$$R_{21} = 3,227 \Omega$$

$$R_{12} = 39,54 \Omega \quad (\text{geçersiz})$$

M₁ generatör çalışmada (Şekil 2.13b);

$$E_{a1} = V_{t1} + 9 \cdot 0,65$$

$$E_{a1} = 50 + 5,85$$

$$k\phi\omega = 55.85 \quad \omega = \frac{55.85}{0.525} = 106,38 \text{ rad/s}$$

$$n = \frac{60 \cdot \omega}{2\pi} \quad n = 1015,86 \text{ d/d}$$

M₁ generatör olarak çalışıyorsa M₂ motor olarak çalışacaktır.

$$E_{a1} = E_{a2}$$

$$R_2 I_R = I_{a2} \cdot 0,65 + E_{a2} = 9 \cdot 0,65 + 55,85$$

$$R_2 I_R = 61,7$$

$$115 = I_s \cdot R_1 + 61,7 \quad (I_s = I_R + 9)$$

$$I_s \cdot R_1 = 53,3 \quad (R_1 = 30 - R_2)$$

$$(I_R - 9) \cdot (30 - R_2) = 53,3$$

$$R_2 \cdot I_R = 61,7$$

$$9 \cdot R_2^2 - 155 \cdot R_2 - 1851 = 0$$

$$R_2 = 25,33 \, \Omega$$

PROBLEM 2.2

Problem 2.1' deki deney setinde M_1 ' in motor ve generatör çalışma durumları için maksimum ve minimum hızlarını, V_{t1} ve R_2 değerlerini belirleyiniz. (Endüvi akımı nominal değerinde tutulmaktadır.)

ÇÖZÜM 2.2

M_1 motor çalışmada maksimum hız da iken: Bu durumda M_2 de aynı hızda generatör çalışacaktır. Bunun için R_2' yi maksimum yapmak gerekir. Yani $R_2 = 30 \, \Omega$

$$E_{a2} = I_{a2} \cdot 0,65 + 115$$

$$E_{a1} = E_{a2} = 120,85$$

$$V_{t1} = 5,85 + E_{a1} = 5,85 + 120,85 \quad V_{t1} = 127 \text{ V}$$

$$E_{a1} = 0,525\omega \quad \omega = 230,1 \text{ rad/s}$$

$$n = \frac{60\omega}{2\pi} \quad n = 2198 \text{ d/d}$$

Minimum hız:

Bunun için de R_2' nin minimum yapılması gerekir ($R_2 = 0$)

$$E_{a2} = 5,85 \pm R_{min}I_R$$

$$E_{a2} = 5,85 \text{ V} = E_{a1}$$

$$E_{a1} = 0,525\omega \quad \omega = 11,14 \text{ rad/s}$$

$$n = 106,4 \text{ d/d}$$

$$V_t = I_a \cdot 0,65 + E_{a1} = 5,85 + 5,85 \quad V_t = 11,7 \text{ V}$$

M_1 ' in generatör çalışması durumunda $E_{a1} \geq 5,85 \text{ V}$ olmalı. M_2 motor olarak çalışacaktır. Bunun için uçlarına minimum gerilim uygulanacaktır.

$$E_{a1} = E_{a2} \geq 5,85 \text{ V}$$

M_2' nin gerilimi

$$R_2 I_R = 5,85 + E_{a2} \quad R_2 I_R = 11,7 \text{ V}$$

$$I_s R_1 + 11,7 = 115 \quad (I_s = I_{a2} + I_R)$$

$$I_s R_1 = 103,3 \quad (R_1 + R_2 = 30)$$

$$(I_R + 9)(30 - R_2) = 103,3$$

$$R_2 I_R = 11,7$$

$$9R_2^2 - 155R_2 - 351 = 0$$

$$R_2 = 19,2 \, \Omega$$

$$E_{a1} = 5,85 \cdot \omega = \frac{5,85}{0,525} = 11,4 \, rad/s \quad n = 106,4 \, d/d$$

$$E_{a1} = I_{a1} 0,65 + V_t$$

$$5,85 = 5,85 + V_t \quad V_t = 0 \, V$$

PROBLEM 2.3

40 kW, 230 V, 1750 d/d sürekli mıknatıslı DA motorunun tam yük akımı 205 A ve endüvi devresi direnci $0,097 \, \Omega$ ' dur. Dönme kayıpları (sürtünme, rüzgar ve nüve) momentinin hızla doğru orantılı olduğu kabul edilebildiğine göre;

a) Yük momentinin $150 \, Nm$ ve endüvi devresi uçlarına uygulanan gerilimin 230 V olduğu zamanki hızı belirleyiniz.

b) Motorun aynı yük momentini, nominal hızın yarı hızında tahrik etmesi için gerekli olan endüvi uç gerilimini belirleyiniz.

CÖZÜM 2.3.

$$V = E_a + R_a I_a$$

$$E_a = k\phi\omega$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 1750}{60} = 183,25 \text{ rad/s}$$

$$k\phi = \frac{E_a}{\omega} = \frac{230 - 0.097 \cdot 205}{183,25} = 1,146 \text{ V}/\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

a)

$$T = T_w + T_{kayıp} \quad n = 1750 \text{ d/d} \quad T_{kayıp} = 17,5 \text{ Nm}$$

$$T = 150 + 17,5 = 167,5 \text{ Nm}$$

$$T = k\phi i_a \quad i_a = \frac{167,5}{1,146} = 146,16 \text{ A}$$

$$230 = 1,146\omega + 0.097 \cdot 146,16 \quad \omega = 182,32 \text{ rad/s}$$

$$n = \frac{60\omega}{2\pi} \quad n = 1798,3 \text{ d/d}$$

PROBLEM 2.4

Problem 2.3' teki motor, $T_w = 1,25\omega$ bağıntısı ile ifade edilen bir yükü tahrik edecektir. Burada ω rad/s' dir.

a) $V_t = 230$ V

b) $V_t = 200$ V değerleriyle motorun hangi hızlarda çalışacağını belirleyiniz.

ÇÖZÜM 2.4.

a)

$$T_w = 1,25\omega$$

$$T = 1,25\omega + 17,5 \quad \frac{T}{k\phi} = i_a$$

$$230 = 1,146\omega + 0,097\left(\frac{1,25\omega}{1,146} + \frac{17,5}{1,146}\right)$$

$$230 = 1,146\omega + 0,106\omega + 1,48 \Rightarrow \omega = 182,55 \text{ rad/s}$$

$$n = 1743,2 \text{ d/d}$$

b)

$$200 = 1,146\omega + 0,106\omega + 1,48 \quad \omega = 158,5 \text{ rad/s}$$

$$n = 1514 \text{ d/d}$$

PROBLEM 2.5

Bir 230 V, 20 kW, değişken hızlı DA motoru alan zayıflatma yöntemiyle $1200 < n < 3600$ dev/dk hız aralığında kontrol edilmektedir. Motorun tam yük akımı 101 A, endüvi devresi direnci; $0,175 \Omega$ dur ve dönme kayıp momentinin hızla doğru orantılı olduğu kabul edilmektedir. Motor ayrı bir motorun kullanıldığı vantilatörle soğutulmaktadır ve endüvi girişı tüm çalışma şartları için 230 V' ta sabit tutulmaktadır.

a) Tüm kayıpları ihmal ederek, şekil 2.6' nın birinci ve ikinci bölgesine karşılık gelen bir teorik hız - moment diyagramı çiziniz.

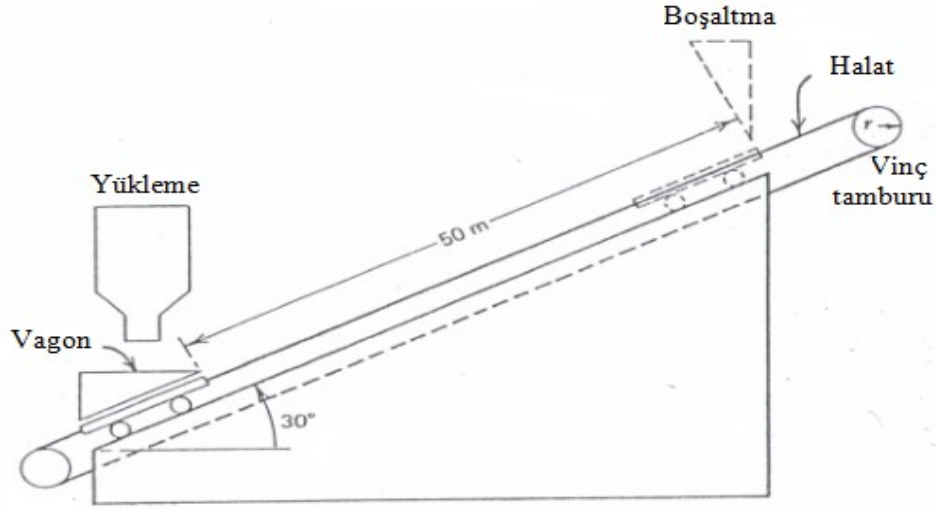
b) a seçeneğinde elde edilen diyagramı, kayıpların göz önüne alınmasıyla elde edilen gerçek eğrilerle üst üste birleştiriniz (sabit güç eğrilerinde sadece $\omega_m = 2\omega_b$ şartına uyan noktaları belirtiniz).

PROBLEM 2.6

Şekil 2.14 büyük bir fırının doldurma düzeneğini göstermektedir. Boş vagonun ağırlığı 400 kg ve tam dolu hali 1600 kg' dır. Vagon yokuş yukarı maksimum 5 m/s hızla çıkmakta ve aşağı maksimum 10 m/s hızla inmektedir. Vagonu yükleme için bekleme süresi 10 s' dir ve boşaltma için bekleme süresi 5 s' dir. Vinç tamburu 2 metre çapındadır ve tahrik motoruna bir redüksiyon dişlisiyle akuple edilmiştir. Halat düzeni motorun vagonu hem yukarı hem de aşağı tahrik edebileceği şekildedir. Döngü sürekli tekrarlanmaktadır.

Serbest uyarımlı 230 V hızı kontrol edilen ve faydalı frenleme yapılan bir DA motor kullanılmıştır ve iniş yönü hızına alan zayıflatmayla ulaştığı kabul edilebilir. Zayıflatılmış alan aşağı iniş yönü boyunca uygulanmaktadır. İzin verilen maksimum endüvi akımı nominal akımın iki katıdır. Motor miline indirgenmiş tambur ve vites ataletleri motorun ataletine eşit kabul edilebilir. Motor ve mekanik sistem kayıplar ihmal edilmiştir.

Ek B' den uygun bir motor ve uygun vites dönüştürme oranını seçiniz. Bu oran iki kademeli vites için uygun bir tam sayı olmalıdır. Döngünün bir tam turu için bir hız - zaman diyagramı ve ısınma etkisi cinsinden beygir gücüne eşdeğer gelen uygun gelen bir diyagram çiziniz.



Şekil 2.14. Problem 2.6' ya ait diyagram.

PROBLEM 2.7

20 HP (14.9 kW) , 1750 d/d $I_n = 74A$, $R_a = 0,18\Omega$, $L_a = 2,52mA$ olarak verilen motorun;

- $\Omega(s) / V_1(s)$ ve $\Omega(s) / -T_w(s)$ transfer fonksiyonlarını bulunuz.
- Uyarma alanı nominal gerilim 230 V, $v_t = 210$ V ve yük momenti nominal momentin 0,75'i iken motor hızını bulunuz.

Döner kayıpların direkt olarak hızla doğru orantılı değiştiğini varsayınız.

Cevap:

$$\frac{\Omega(s)}{V_1(s)} = \frac{0,842}{(0,1265 + 1) \cdot (0,1255 + 1)}$$

$$\frac{\Omega(s)}{-T_w(s)} = \frac{0,128 \cdot (0,01635 + 1)}{(0,1265 + 1) \cdot (0,1255 + 1)}$$

PROBLEM 2.8

Problem 2.7'deki motor Şekil 2.10'da gösterilen bir hız kontrol sisteminde kullanılacaktır. Dönüştürücü DA - DA bir dönüştürücüdür. Hız sensörü bir takometre generatörüdür ve hız referans sinyali DA kaynağından alınmış ve düzeltilmiş 50 V gerilimdir. Tam yük değerinde $V = 40 \text{ V}$ dur. Hız, tam yük durumundaki dönüş ile yüksüz durumundaki dönüşte nominal dönüş değerinden %1 den fazla bir değişime maruz kalmayacak şekilde, uygun bir takometre kazancı seçerek, mantık ve dönüştürücü devresi için ihtiyaç duyulan kazancı hesaplayınız.

Cevap:

$$k_2 = 0,191 \quad k_1 = 29,2$$

SORULAR:

SORU 1

Bir şönt uyarmalı doğru akım makinesi aşağıdaki değerlere ve sabitlere sahiptir.

Gerilim = 250 V, $J = 1.2 \text{ Nm-s}^2$, Hat akımı $I_h = 95 \text{ A}$, Mil devir sayısı $n = 863 \text{ d/d}$, Endüvi direnci $R_a = 0,1 \text{ } \Omega$, Alan direnci $R_f = 225 \text{ } \Omega$, Alan öz endüktansı $L_f = 90 \text{ H}$

- a) Motor nominal şartlarda çalıştırıldığı zaman elektromagnetik momentini, gücünü, hızını ve M_{A1} karşılıklı endüktansını bulunuz.
- b) Boştaki endüvi akımı 12 A olduğuna göre hız regülasyonunu belirleyiniz.

(Motorun lineer bölgede çalıştığını kabul ediniz.)

ÇÖZÜM

$$\text{a) } I_f = 250 / 225 = 1,11 \text{ A}$$

$$I_a = I_h - I_f = 95 - \frac{250}{225} = 93,89 \text{ A}$$

$$E_a = 250 - 93,89 \cdot 0,1 = 240,6 \text{ V}$$

$$E_a \cdot I_a = T \cdot w \quad w = \frac{2\pi n}{60} \quad k\phi = M_{A1} \cdot I_f \quad T = k\phi \cdot I_a$$

$$240,6 \cdot 93,89 = M_{A1} \frac{2\pi \cdot 863}{60} \cdot \frac{250}{225} \cdot 93,89$$

$$M_{A1} = \frac{240,6 \cdot 60 \cdot 225}{250 \cdot 2\pi \cdot 863} = 2,369 \text{ H} \cong 2,4 \text{ H}$$

b) Boşta ;

$$E_{a0} = 250 - 12 \cdot 0,1 = 248,8 \text{ V}$$

$$\text{Boşta açısal hız} = \frac{E_{a0}}{M_{A1} \cdot I_f} = \frac{248,8}{2,4 \cdot \frac{250}{225}} = \frac{2\pi n_0}{60}$$

$$n_0 = \frac{248,8 \cdot 60}{2,4 \cdot \frac{250}{225} \cdot 2\pi} = 890,95 \text{ d/dk}$$

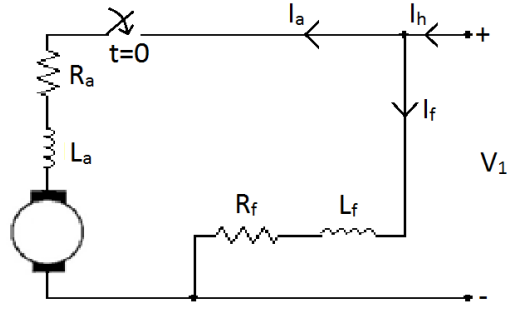
$$\% \text{ regülasyon} = \frac{n_o - n}{n} = \frac{890,94 - 863}{863} = \% 3,24$$

SORU 2

Soru 1'deki şönt motorun

a) Alan sargısı 250 V'luk kaynağa bağlanmıştır. Buna göre alan akımının zamana göre değişimini bulunuz.

b) Alan akımı kararlı değerini aldıktan sonra endüvisi; 1,4 Ω 'luk bir direçle 250 V'luk kaynağa bağlanıyor. Hızın (rad/sn olarak), endüvi akımının, elektromagnetik momentin zamana göre değişimlerini bulunuz. (Endüvi devresi öz endüktansını ihmal ediniz.)



Şekil S.2

ÇÖZÜM

a) Alan devresi için ,

$$V_1 = R_1 \cdot i_f + L_{f1} \cdot \frac{\partial i_f}{\partial t}$$

Başlangıç şartları 0 ile s domeninde

$$\frac{250}{s} = 225 \cdot I_f(s) + 90s \cdot I_f(s)$$

$$I_f(s) = \frac{\frac{250}{s}}{225 + 90s} = \frac{250}{s(90s + 225)} = \frac{250}{90s \left(s + \frac{225}{90}\right)} = \frac{\frac{250}{90}}{s \left(s + \frac{225}{90}\right)} =$$

$$\frac{250}{90} \left(\frac{A_1}{s} + \frac{B_1}{s + \frac{225}{90}} \right) = 2,78 \left(\frac{A_1}{s} + \frac{B_1}{s + 2,5} \right)$$

$$A_1(s + 2,5) + B_1s = 2,78$$

$$A_1 + B_1 = 0 \qquad 2A_1 = 2,78$$

$$A_1 = \frac{2,78}{2,5} = 1,112 \qquad B_1 = -1,112$$

$$i_f(t) = 1,112 - 1,112e^{-2,5t} \text{ A}$$

b) $t \rightarrow \infty$ için ;

$$I_f = 1,112 \text{ A}$$

$$\text{Boşta ; } E_a \cdot 12 = [f \cdot w] \cdot w$$

$$f = \frac{248,8 \cdot 12}{\left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2} = 0,343 \left[\frac{Nms}{rad} \right]$$

$$250u(t) = M_{A1} \cdot \omega(t) \cdot I_{f1} + (R_a + R_s) \cdot i_a = v_a$$

$$T = M_{A1} \cdot I_{f1} \cdot I_a = J \frac{d\omega}{dt} + f\omega$$

Bu durumda ;

$$i_a = \frac{J \cdot \frac{d\omega}{dt} + f\omega}{2,4 \cdot 1,112}$$

$$\frac{250}{s} = 2,4 \cdot 1,112 + \frac{(1,4 + 0,1)[1,2\Omega(s) + 0,343\Omega(s)]}{2,669}$$

$$\Omega(s) = 370 + (s + 4,24)s$$

$$\omega(t) = 87,2(1 - e^{-4,24t}) \quad \left[\frac{rad}{s}\right]$$

$$T = J \frac{d\omega}{dt} + f\omega$$

$$i_a = \frac{T}{M_{A1} \cdot I_{f1}}$$

$$V_A = M_A \cdot I_{f1} \cdot \omega(t) + 1,5 \cdot i_a \quad v_A = 250u(t)$$

$$i_a(t) = \frac{V_A - M_{A1} \cdot i_{f1} \cdot \omega(t)}{1,5} = \frac{250}{1,5} - \frac{2,4 \cdot 1,111^2}{1,5} \cdot 87,2(1 - e^{-4,24t})$$

$$i_a(t) = 11,7 + 155e^{-4,24t} \text{ A}$$

Elektromagnetik moment ;

$$T(t) = M_{A1} \cdot I_{f1} \cdot I_a(t) = 2,4 \cdot 1,112(11,7 + 155e^{-4,24t})$$

$$T(t) = (31,2 + 412e^{-4,27t}) \text{ Nm}$$

SORU 3

Soru 1'deki motora, Problem 22'deki şartlarda (boşta) endüvisi $1,4 \Omega$ 'luk dirençle seri bağlı olduğu halde kararlı halde çalışırken, aniden 200 Nm 'lik (sürekli) bir yük momenti uygulanıyor.

Açısal hızın ve endüvi akımının değişimlerini bulunuz.

ÇÖZÜM

Ani ifadeler ;

Uygulama devresi ;

$$V_f(t) = (R_f + pL_f)I_1$$

Endüvi devresi ;

$$V_a(t) = p\theta M_{A1}I_1 + i_a R_a + pL_a i_a$$

$$K_T i_a = (J_p + f)p\theta \mp T_L$$

s domeninde ,

$$s\theta(s) = \frac{K_T V_a(s) \mp T_L(s)(R_a + sL_a)}{TL_a s^2 + (I_a + fL_a)s + fR_a + M_{A1}I_1 K_T}$$

Endüvi endüktansı ihmal edilirse ;

$$T_L(s) = \frac{200}{s} , \quad \Delta(s\theta(s)) = \frac{-TL(s) \cdot R_a}{IR_a s + fR_a + M_{A1}I_f K_T}$$

(V_a yokken çözüm)

$$\Delta(s\theta(s)) = \frac{-200 \cdot 1,5}{s(1,2 \cdot 1,55 + 0,343 \cdot 1,5 + 2,4^2 \cdot 1,11^2)}$$

$$\Delta(s\theta(s)) = -39,2\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s + 4,24}\right)$$

$$\Delta\theta(t) = -39,2(1 - e^{-4,24t}) \text{ rad/sn}$$

Soru 3'teki boşta çalışmada 87,2 rad/s olduğuna göre süperpozisyonla ;

$$\dot{\theta}(t) = 87,2 - 39,2 + 39,2e^{-4,24t} = 48 + 39,2e^{-4,24t} \text{ rad/s}$$

$$i_A = \frac{250 - 2,4 \cdot 1,11\dot{\theta}(t)}{1,5} = 166,7 - 85,3 - 69,4e^{-4,24t} = 81,4 - 69,4e^{-4,24t} \text{ A}$$

SORU 4

200 kW, 250 volt bir DA generatörü için;

$$R_f = 33,7 \, \Omega \quad R_a = 0,0125 \, \Omega$$

$$L_f = 25 \, H \quad L_a = 0,008 \, H$$

Nominal hızda mıknatıslanma eğrisi olarak çizilen eğrinin eğimi;

$$k_g \cdot n = 38 \quad \left[\frac{V}{A(\text{alan akımı})} \right]$$

Endüvi devresi $R_L = 0,313 \, \Omega$, $L_L = 1,62 \, H$ olan bir yüke bağlanmıştır.

Generatör başlangıçta uyarılmamıştır fakat nominal hızda dönmektedir. 230 V'luk empedansı ihmal edilebilecek bir DA kaynağı alan uçlarına aniden bağlanmıştır. Uç gerilimi meydana gelir ve generatör yüklenirken hızın önemli biçimde değişmediğini kabul ediniz.

Endüvi akımı $i_a(t)$ ' yi bulunuz ve basitleştirerek bir yaklaşımın mümkün olduğunu inceleyiniz.

ÇÖZÜM

$$I_a(s) = \frac{(k_{f1}n)V_{f1}(s)}{[(R_{ag} + R_L) + s(L_{ag} + L_L)][R_f + sI_f]}$$

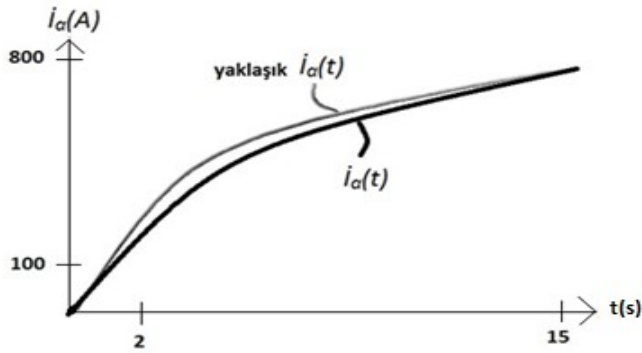
$$I_a(s) = \frac{38 \cdot 230}{s[(0,0125 + 0,313) + s(1,628)][33,7 + s25]}$$

$$I_a(s) = \frac{38 \cdot \frac{230}{1,628} \cdot 1,35}{s(s + 0,2)(s + 1,35)} = \frac{A_1}{s} + \frac{B_1}{s + 0,2} + \frac{C_1}{s + 1,35}$$

$$i_a(t) = 800 + 139e^{-1,35t} - 939e^{-0,2t} \text{ A}$$

İki zaman sabitinin en küçüğü ihmal edilirse

$$i_a(t) = 800 - 800e^{-0,2t} \text{ A}$$

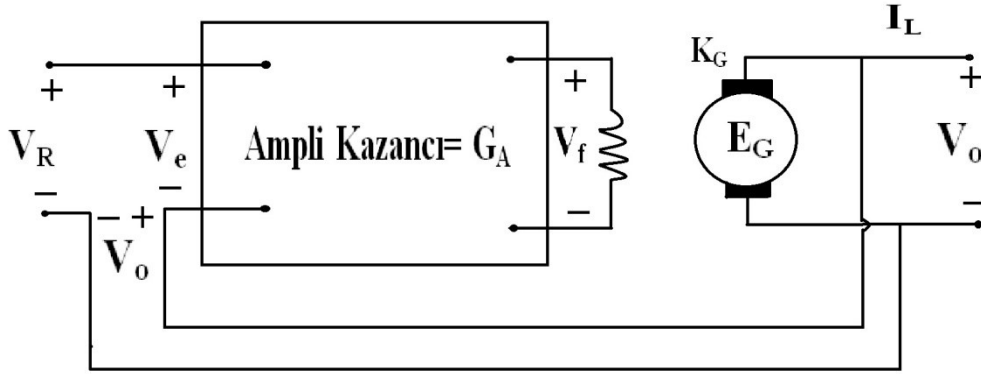


Şekil S.4

SORU 5

Aşağıda verilen gerilim regülatörünün

- a) Çalışmasını açıklayınız
- b) V_R ve I_L ' yi giriş V_0 'ı çıkış olarak sistemin blok diyagramını çiziniz.
- c) Generatör uçlarındaki tam yük gerilim düşümü $I_L R_a = 10$ V, $G_A = 50$, $V_R = 235$ V olduğuna göre ;
 - i) $K_G = 1$
 - ii) $K_G = 0,9$ için çıkış gerilimini hesaplayınız.
- d) Yüksüz çalışmada yine $G_A = 50$, $V_R = 235$ V ve
 - i) $K_G = 1$
 - ii) $K_G = 0,9$ için çıkış gerilimini hesaplayınız.

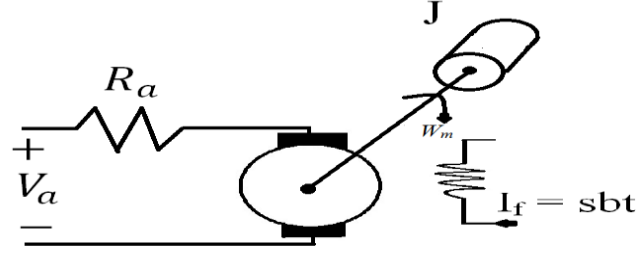


SORU 6

Küçük bir DA motoru, sadece atalet yüküyle yüklüdür ($T_L=0$) ve sabit akımla uyarılmaktadır. Endüvi endüktansı ve dönme kayıpları ihmal edilmektedir. Motor duruyorken, endüvi uçlarına aniden V_{ta} sabit doğru gerilimi uygulanmıştır.

- a) Zaman fonksiyonu olarak endüvi akımı ifadesini bulunuz.
- b) Zaman fonksiyonu olarak açısal hızın ifadesini bulunuz.
- c) $R_a = 34 \Omega$, $J = 5,8510^{-5} \text{ kgm}^2$ gerilim sabiti $k = 0.328 \frac{\text{V}}{\frac{\text{rad}}{\text{s}}}$ veya $\frac{\text{Nm}}{\text{A}}$

olmak üzere son hızın %2'sine gelmesi için geçen zamanı bulunuz.



ÇÖZÜM

$$a) V_{ta} = R_a i_a + e_a = R_a i_a + K \omega_m$$

$$R_a \frac{di_a}{dt} + K \frac{d\omega_m}{dt} = 0$$

$$T = K i_a = J \frac{d\omega_m}{dt}$$

$$R_a \frac{di_a}{dt} + K^2 \frac{L_a}{J} = 0$$

$$\frac{J R_a}{K^2} \frac{di_a}{dt} + i_a = 0$$

$$t = 0^+ ; \quad \omega_m = 0 \quad , \quad e_a = 0 \quad , \quad i_a = \frac{V_{ta}}{R_a} \quad \text{dır.}$$

$$O \text{ halde} \quad i_a = \frac{V_{ta}}{R_a} e^{-\left(\frac{K^2}{J R_a}\right)t} \quad , \quad i_a = 0,0294 V_{ta} e^{-54t} \text{ A}$$

$$i_a = 0,0294 V_{ta} e^{-54t} \text{ A}$$

b) İlk iki denklemde i_a yok edilirse ;

$$\frac{JR_a}{K^2} \frac{d\omega_m}{dt} + \omega_m = \frac{V_{ta}}{K}$$

$$t = 0^+ \quad , \quad \omega_m = 0$$

$$\omega_m = \frac{V_{ta}}{K} \left(1 - e^{-\left(\frac{K^2}{JR_a}\right)t}\right)$$

$$\omega_m = 3,048V_{ta}(1 - e^{-54t})$$

Elektromagnetik moment ;

$$T_m = J \frac{d\omega}{dt} + T_L$$

J: endüvi ve yükün atalet momenti

Dönme kayıpları ya T_L 'ye dahil yada ihmal edilir.

c) *Elektrik devresi zaman sabiti ;*

$$\tau = \frac{JR_a}{K^2}$$

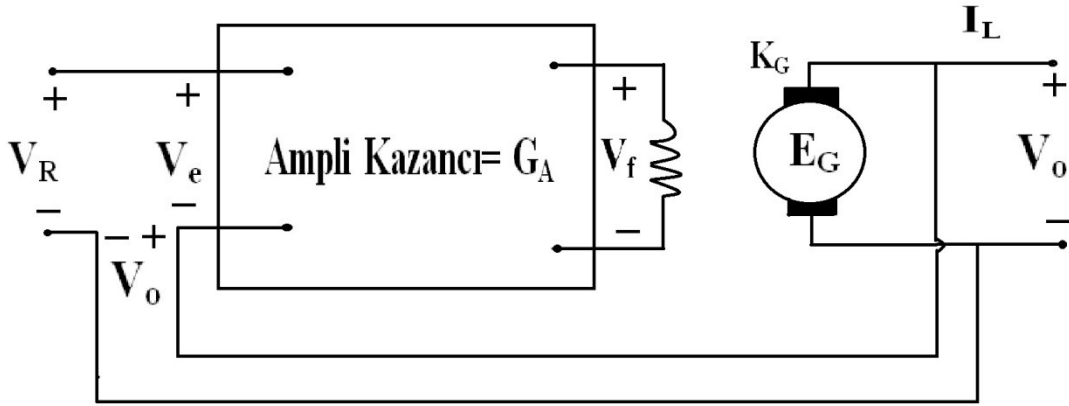
$$\tau = \frac{(5,8510^{-5})(34)}{(0,328)^2} = 0,0185 \text{ s}$$

$4 \cdot \tau = 0,074 \text{ s}$ son değerini verir, %98.16 değerine varır.

ÖRNEK 7

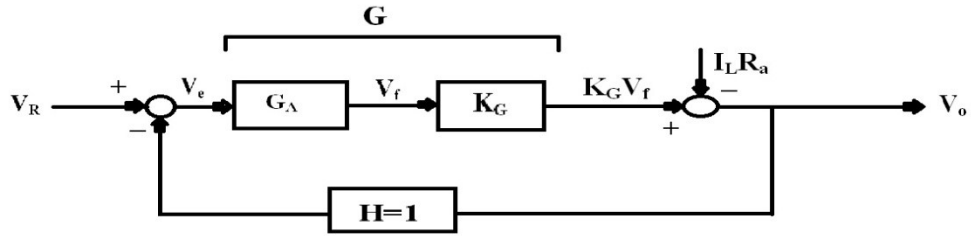
Şekil S.9 da görülen devre serbest uyarımalı DC generatörün basit bir gerilim regülatörüdür. V_R bir sabit gerilimdir ve referans seviyesi olarak vazife görür. Generatörün K_G ve emk sabiti generatörün geometrisine ve bilhassa hızına bağlıdır. G_A amplifikatörü V_o çıkış gerilimini elde etmek için gerekli olan V_f gerilimi temin eder. Bir gerilim regülatöründen maksat generatörün yüksüz ve tam yük arasındaki bütün yük durumlarında sabit çıkış gerilimi elde etmektir. Kontrol V_o gerilimi ölçmek suretiyle gerçekleştirilir. V_R referans sinyaliyle mukayese V_e fark sinyali meydana getirir. V_e ile G_A nın amplifikasyonu V_f alan uyarmasını sağlar. V_o ’daki bir değişme V_e ’de ters yönde bir değişmeye sebep olur yada V_o ’daki negatif bir değişme V_e ’de pozitif bir değişime sebep olur. Mamafih V_e ’deki pozitif değişmeler V_o ’da ki pozitif değişmelere yol açar böylece çıkış gerilimindeki ani bir değişimin tesirine karşı konulur.

- Sistemin blok diyagramını çiziniz.
- $K_G = 1$ (generatör sabiti), $G_A = 50$ (amplifikatör kazancı), tam yük endüvi gerilimi $I_L R_a = 10$ V ve $V_R = 235$ V olduğuna göre çıkış gerilimini belirleyiniz.
- b)’yi $K_G = 0,9$ ve a)’da verilen diğer parametreleri tekrar ediniz.
- Yüksüz durumda b) ve c)’yi tekrar ediniz.



Şekil S.9 DA generatör için gerilim regülatörü

ÇÖZÜM



a) $V_e = V_R - V_o$

$$V_f = G_A V_e$$

$$V_o = K_G V_f - I_L R_a = K_G G_A V_e - I_L R_a$$

b) V_R girişıyle (süperpozisyonla)

$$V_{o1} = \frac{G}{1 + GH} V_R$$

$$I_L R_a \text{ girişıyle } V_{o2} = \frac{-I_L R_a}{1 + GH}$$

$$V_o = V_{o1} + V_{o2} = \frac{G}{1 + GH} V_R - \frac{I_L R_a}{1 + GH}$$

$$G = K_G G_A = 1 \cdot 50 = 50$$

$$V_o = \frac{50}{1 + 50 \cdot 1} 235 - \frac{10}{1 + 50 \cdot 1} = 230,2 \text{ V}$$

c) $K_G = 0,9 \quad G = 0,5 \cdot 50 = 45$

$$V_o = \frac{45}{1 + 45 \cdot 1} 235 - \frac{10}{1 + 45 \cdot 1} = 229,7 \text{ V}$$

d) Yüksüz durumda $I_a = 0$ çıkış gerilimi; V_R tarafından oluşturulan bileşene eşittir.

b)'deki şartlarda yüksüz çıkış gerilimi

$$V_o = \frac{50}{1 + 50 \cdot 1} 235 = 229,7 \text{ V}$$

SORU 8

50 kW, 250 V, 900 d/d lık bir DA generatörü aşağıdaki sabitlere sahiptir:

Alan direnci 30Ω , alan endüktansı 20 H , endüvi direnci $0,65 \Omega$, endüvi endüktansı $0,006 \text{ H}$, yük direnci $2,5 \Omega$, yük endüktansı $0,5 \text{ H}$ dir. Gerilim sabiti $= K_v = K_{a1} \Omega = 31,6 \text{ V/A}$

- a) Alan 240 V 'luk bir kaynağa bağlı bir vaziyette kararlı hal çalışması için yük akımını ve gerilimini belirleyiniz.
- b) $t=0$ anında yük direnci aniden $2,5 \Omega$ 'dan $1,25 \Omega$ değerine değiştirilmektedir. Yük akımının ve geriliminin zamana göre değişimini çiziniz.

ÇÖZÜM

(kararlı hal)

$$I_f = \frac{240}{30} = 8 \text{ A (alan akımı)}$$

$$31,6 \cdot 8 = 252,8 = E_a = R_a I + V = (R_a + R_L) I = 2,565 I$$

$$i_a = 98,5 \text{ A}$$

$$V = 2,5 \cdot 98,5 = 246,4 \text{ V}$$

$$\frac{252,8}{s} = [(1,25 + 0,065) + s(0,506)]I - 0,506 \cdot 98,5$$

$$I = \left(\frac{252,8}{s} + 0,506 \cdot 98,5 \right) (1,315 + 0,506s)^{-1}$$

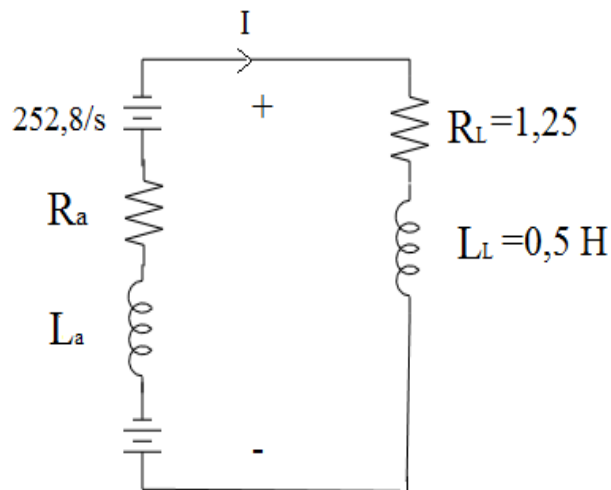
$$I = \frac{252,8}{s(s + 2,6)0,506} + \frac{0,506 \cdot 98,5}{0,506(s + 2,6)} = \frac{499,6}{s(s + 2,6)} + \frac{98,5}{s + 2,6}$$

$$I = \frac{192,16}{s} + \frac{192,16}{s + 2,6} + \frac{98,5}{s + 2,6} = \frac{192,16}{s} - \frac{93,65}{s + 2,6}$$

$$i_L(t) = 192,3 - 93,8e^{-2,6t} \text{ A}$$

$$V_L(t) = 1,25i_L(t) + 0,5 \frac{di_L(t)}{dt} = 1,25 \cdot 192,3 - 93,8 \cdot 1,25e^{-2,6t} + 0,5 \cdot 93,8 \cdot 2,6e^{-2,6t}$$

$$V_L(t) = 240,4 + 4,7e^{-2,6t} \text{ V}$$



Şekil S.8

SORU 9

200 kW, 250 V serbest uyarmalı bir DA generatörü 1200 d/d nominal hızında tahrik edilmektedir ve hızının sabit olduğu kabul ediliyor. Sabitler şöyledir:

$$R_A = 0,0125 \, \Omega \quad R_1 = 42 \, \Omega \quad M_{A1} = 0,35 \, H$$

$$L_{AA} = 0,00083 \, H \quad L_{11} = 20 \, H$$

Bu generatörün uçları kısa devre olduğu zaman nominal gücü vermektedir.

- a) Kısa devre meydana geldikten hemen sonra ve iki zaman sabitlik bir zamandan hemen sonra akımın değişim hızını bulunuz.
- b) İki zaman sabitlik zamanının sonunda endüvi akımının değeri nedir?
- c) Generatör ve kısa devre arasına bağlı olan bir devre kesici akım 1800 A'ye ulaştıktan 0.05 s sonra devreyi açmaktadır. Kesici devreyi açtığı andaki akımın değeri nedir?

Cevaplar

$$a) \, t = 0^+ \quad \frac{di_A}{dt} = 301,4 \cdot 10^3 \, \frac{A}{s}$$

$$t = 2\tau \quad \frac{di_A}{dt} = 40,7 \cdot 10^3 \, \frac{A}{s}$$

$$b) \, t = 2\tau \quad i_A = 18,1 \cdot 10^3 \, A$$

$$c) \, 11,850 \, A$$

ÇÖZÜM

$$a) \left(\frac{200 \cdot 10^3}{250} = 800 \right) 0,125 = 10 \, V$$

$$250 + 10 = 260 \, V$$

$$\frac{260}{s} = (0,0125 + 0,00083s)I_a$$

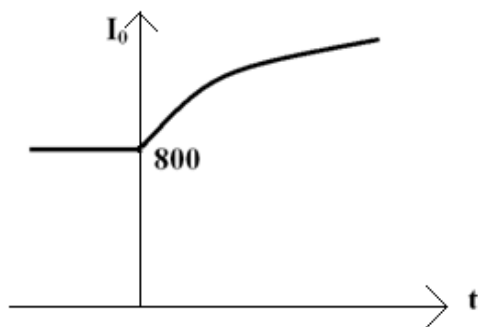
$$I_a = \frac{260}{s \left(s + \frac{0,0125}{0,00083} \right) 0,00083} = \frac{313253}{s(s + 15,06)} = \frac{A}{s} + \frac{B}{s + 15,06}$$

$$A = \frac{313253}{15,06} = -B = 20800,3$$

$$I_a(t) = 20800 - 20800e^{-15,06t}$$

$$\left. \frac{di_a}{dt} \right|_{t=0} = 313253 \text{ A}$$

$$\left. \frac{di_a}{dt} \right|_{t=2\tau} = 313253e^{-2t} = 42394 \text{ A/s}$$



$$b) i_a(t) = 20800 - 208000e^{-2t} + 800 = 18785 \text{ A}$$

$$1800 = 21600 - 20800e^{-15,06t} = i_a$$

$$\frac{19800}{20800} = e^{-15,06t}$$

$$\ln \frac{19,8}{20,8} = -15,06t = -0,0493$$

$$t = 3,2716 \cdot 10^{-3} \quad s$$

$$0,05 + 3,2716 \cdot 10^{-3} = 0,04673$$

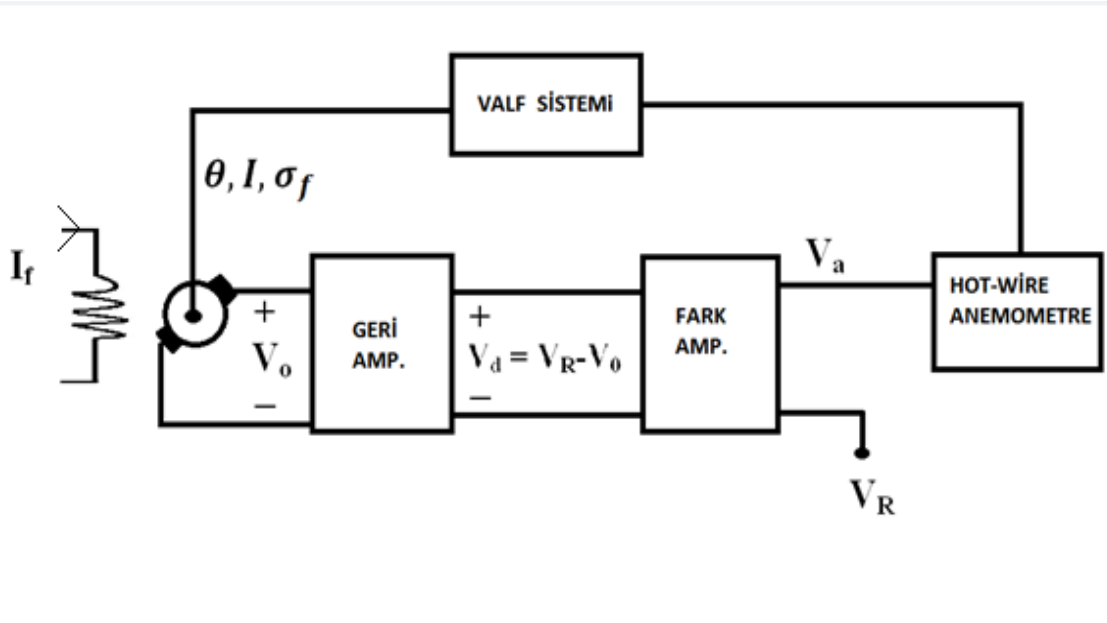
$$t = 0,04673 \text{ s}$$

$$i_a = 11309,7 \text{ A}$$

SORU 10

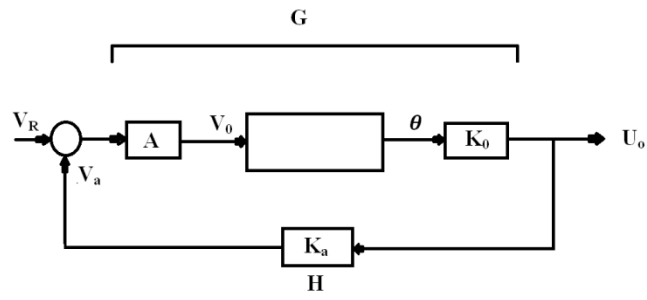
Pek çok endüstri proseslerinde akışkanın akış hızının kontrolü lüzumlu bir operasyondur. Şekil S.12.1’de gösterilen sistemde akışı kontrol edilecek akışkan sabit basınçla bir valfi besliyor. Akışkanın çıkış hızı V_o valf pistonunun pozisyonunun lineer fonksiyonudur ve netice olarak (motor kontrol mil açısal pozisyonunun θ nın) yani $V_o = K_o\theta$ dır. Akış hızı çıkışı $V_a = K_a V_o$ V olan bir hot-wire anemometerin kullanılmasıyla ölçülür. Fark amplisi hata sinyalinin temin eder. A kazancı ile motoru tahrik eder. Motor karakteristikleri K_m R_a sistemin mile indirgenmiş ataleti ve sürtünmesi J dir.

- Bu sistemin sıvı akış hızının nasıl kontrol edeceğini açıklayınız.
- V_o/V_R transfer fonksiyonu belirlenebilecek şekilde sistemin blok diyagramını çiziniz.
- Sistemin G, H kapalı çevrim kazancını belirleyiniz.

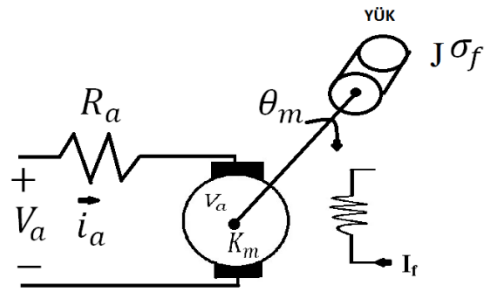


Şekil S.10.1

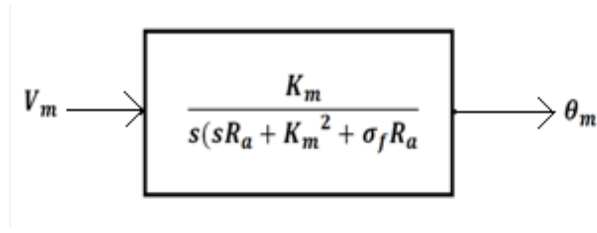
CÖZÜM



Şekil S.10.2



(a)



(b)

(L=0)

$$GH = AK_a K_o \frac{K_m}{s(sR_a + K_m^2 + \tau_f R_a)}$$

SORU 11

200 kW , 250 V'luk bir DA generatörü aşağıdaki değerlere sahiptir:

$$R_f = 33,7 \, \Omega \quad R_a = 0,0125 \, \Omega \quad L_f = 25 \, H \quad L_a = 0,008 \, H$$

Nominal hızda, mıknatıslanma eğrisinden hattın eğrisi

$$K_g = 38 \, V/A(\text{alan})$$

olup endüvi devresi direnci $R_L = 0.313 \, \Omega$, $L_L = 1.62 \, H$ 'lik bir yüke bağlıdır. Generatör başlangıçta uyarılmadan nominal hızda dönmektedir. Empedansı ihmal edilebilen bir 230 V'luk DA kaynağı aniden alan uçlarına bağlanmıştır. Uçlardan alınan gerilimle alınırken ve generatör yüklenirken (hızının yaklaşık olarak değişmediğini kabul ederek) endüvi akımının değişimini çizin.

CÖZÜM

Alan devresi

$$\frac{230}{s} = (33.7 + 25s)I_f$$

$$I_f(s) = \frac{230}{s(33,7 + 255)}$$

endüvi devresi

$$E_a = [(R_a + R_L) + s(L_a + L_L)]I_a$$

$$38 \frac{230}{s(33,7 + 255)} = [(0,313 + 0,0125) + s(1,62 + 0,008)]I_a$$

$$I_a = \frac{\frac{38 \cdot 230}{25 \cdot 1,628}}{s(s + 1,35)} = \frac{A_1}{s} + \frac{B_1}{s + 1,35} + \frac{C_1}{s + 0,2}$$

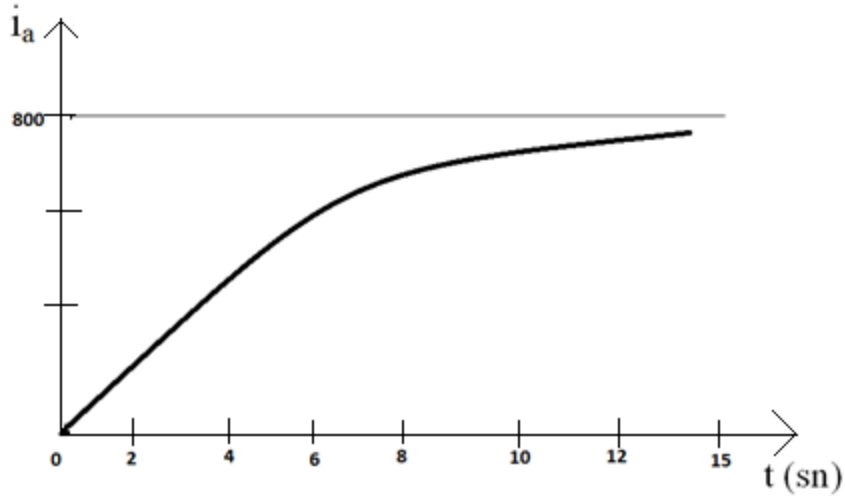
$$A_1 = (s = 0, R_{er}) = \frac{214,7}{1,35 \cdot 0,2} = 795,2$$

$$B_1 = [R_{er}(-1,35)] = \frac{214,7}{-1,35 \cdot (-1,15)} = 138,3$$

$$C_1 = [R_{er}(-0,2)] = \frac{214,7}{-0,2(1,15)} = -933,5$$

$$i_a(t) = 795,2 + 138,3e^{-1,35t} - 933,5e^{-0,2t} \text{ A}$$

$$v_a(t) = R_a i_a + i_a \frac{di_a}{dt} \text{ V}$$



Şekil S.11

SORU 12

Endüvi direnci : $0,5 \, \Omega$ ($L_{gg} = 0$)

Endüvi akımı başına motor momenti : $2 \left[\frac{Nm}{A} = \frac{V}{rad/s} \right]$

Yük ve motorun eşdeğer ataleti : $10 \, kgm^2$ ($T_L = 0$ dönme kayıpları ihmal ; $f = 0$)

Olan sabit alanlı bir DA motorunun açısal hızının uç (endüvi) gerilimine bağlı olarak transfer $\frac{\Omega(s)}{V_q(s)}$ fonksiyonunu bulunuz. Transfer fonksiyonunu açısal hıza bağlı olarak çiziniz.

ÇÖZÜM

$$T_e = J \cdot \frac{d\omega}{dt} = i_q \cdot 2 = 10 \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

$$2I_q = 10 \cdot s \cdot \Omega(s)$$

$$v_q = 0,5 \cdot i_q + 2 \cdot \omega$$

$$V_q(s) = 0,5 \cdot \frac{10 \cdot s \cdot \Omega(s)}{2} + 2 \cdot \Omega(s)$$

$$\frac{\Omega(s)}{V_q(s)} = \frac{0,5}{1 + 1,25s}$$

$$\frac{\Omega(j\omega)}{V_q(j\omega)} = \frac{0,5}{1 + 1,25j\omega}$$

SORU 13

Serbest uyarmalı bir doğru akım generatörü şu değerlere sahiptir:

Alan sargısı direnci : 100 Ω

Alan sargısı endüktansı : 50 H

Endüvi direnci : 0,05 Ω

Endüvi endüktansı : 0,5 mH

1200 d/d da indüklenen emk 100 V/A(alan) generatörüdür. 1200 d/d da sabit hızda dönmektedir. Alan ve endüvi devreleri başlangıçta açıktır.

- a) $t = 0$ anında 250 V'luk sabit kaynak gerilimi aniden alan sargısı uçlarına uygulanmaktadır. Zamanın fonksiyonu olarak endüvi uç gerilimi ifadesini bulunuz.
- b) a şıkkındaki devre kararlı duruma ulaştıktan sonra endüvi 1,2 Ω 'luk direnç de 1,5 mH'lik endüktansla seri olarak aniden bağlanmaktadır. Zamanın fonksiyonu olarak endüvi akımı ve endüvi uçları gerilim ifadesini bulunuz.

CÖZÜM

$$\text{a)} \quad \frac{250}{s} = (100 + 50s)I_{f1}$$

$$I_{f1} = \frac{5}{s(s+2)}$$

$$I_{f1} = \frac{25}{s} - \frac{2,5}{s+2} \quad i_{f1} = 2,5(1 - e^{-2t})$$

$$v_{t0} = K \cdot i_{f1} = 250(1 - e^{-2t}) \text{ V}$$

$$\text{b)} \quad \frac{250}{s} = [(1,2 + 0,05) + 2 \cdot 10^{-3}s] \cdot I_q$$

$$I_q = \frac{250}{(1,25 + 0,002s)s} = \frac{125 \cdot 10^3}{(s + 625)s}$$

$$I_q = \frac{A}{s} + \frac{B}{s + 625} \quad \text{ise} \quad 200(1 - e^{-625t}) = i_q$$

$$v_{ta} = Ri_q + L \frac{di_q}{dt} \quad \text{ise} ;$$

Bilinen değerler yerine konulursa endüvi uç gerilimi ifadesi

$$v_{ta} = 240 - 52,5e^{-625t} \text{ V}$$

olarak bulunur.

SORU 14

200 kW, 250 V'luk serbest uyarmalı bir DA generatörü 1200 d/d nominal hızında tahrik edilmektedir. Sabitleri şöyledir ;

Endüvi devresi ;

$$R_a = 0,0125 \ \Omega$$

$$L_a = 0,00083 \ H$$

Uyarma devresi ;

$$R_f = 42 \ \Omega$$

$$L_f = 20 \ H$$

$$K_f = 0,35 \ H$$

Bu generatör nominal güçte çalışırken endüvi uçları aniden kısa devre oluyor

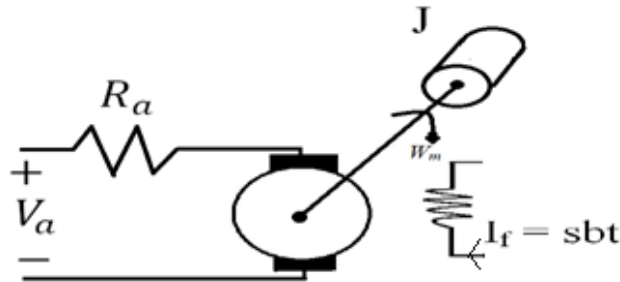
- $t > 0$ ve $t < 0$ için endüvi akımı ifadesini bulunuz
- Endüvi devresine bağlı bir devre kesici, akım 1800 A değerine ulaştıktan 0,05 s (Not: Olay süresince generatör hızının değişmediği kabul edilecektir.) sonra devreyi açmaktadır. Devrenin açıldığı andaki akım değerini bulunuz.

SORU 15

Bir doğru akım motoru sabit akımla uyarılmaktadır. Motor duruyorken aniden endüvi uçlarına V_{ta} sabit doğru gerilimi uygulanmıştır. $R_a = 34 \ \Omega$, $L_a = 0 \ A$, $J = 5,85 \cdot 10^{-5} \ kg \ m^2$, $K =$ gerilim sabiti $= 0,328 \left(\frac{V}{Rad/s} \text{ veya } \frac{Nm}{A} \right)$

(yük momenti ve dönme kayıpları ihmal ediliyor.)

- Endüvi akımının ifadesini bulunuz.
- Açısal hızın ifadesini bulunuz.
- Motorun son hızının %98'ine varması için geçen zamanı bulunuz.



Şekil S.15

SORU 16

Serbest uyramalı bir DA generatörü şu değerlere sahiptir.

Alan sargı direnci: 100Ω

Alan sargı endüktansı: 50 H

Endüvi direnci : $0,05 \Omega$

Endüvi endüktansı : $0,5 \text{ mH}$

1200 d/d endüvide endüklenen $\text{emk} = 100 \text{ V/A(alan)}$ dır. Generatör 1200 d/d'lık bir sabit hızda dönmekte ve başlangıçta alan ve endüvi devreleri açıktır.

- a) $t = 0$ anında 250 V'luk sabit gerilim kaynağı aniden alan sargısı uçlarına uygulanmaktadır. Zamana bağlı olarak endüvi uç gerilimi denklemini bulunuz.
- b) a)'daki devre kararlı duruma ulaştıktan sonra endüvi aniden $1,2 \Omega\text{luk}$ ve $1,5 \text{ mH'lik}$ seri bağlın yüke, bir anahtarla kapanmaktadır. Zamanın fonksiyonu olarak endüvi akım ve endüvi uçlarındaki gerilimin ifadesini bulunuz.