



ELEKTRONİK HİBRİD BİR BESLEME HATTININ GELİŞTİRİLMESİ

İbrahim DÖRTOLUK

ÖZET

Hidrolik sistemlerde enerji verimliliği ve bu amaca uygun sistemlerin geliştirilmesi son yıllarda gittikçe önem kazanmakta ve ar-ge faaliyetleri bu konuda yoğunlaşmaktadır. Elektronik hibrid besleme sistemi, doğrudan ihtiyaca yönelik olarak ölçülendirilen özel bir hidrolik besleme ve kontrol sistemi olup verimlilik ve kontrol esnekliği açısından benzersiz özellikler sunmaktadır.

ABSTRACT

Energy efficiency in hydraulic systems is becoming more important in the last years and research and developments are concentrated on this field. With a Hybrid drive system an axis can be fed directly per its requirement and has some major advantages in energy efficiency and accuracy of a hydraulic system.

1. GİRİŞ

Hidrolik tahrik sistemleri, birtakım eşsiz avantajları nedeniyle endüstriyel ve mobil uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle, son derece yüksek statik ve dinamik kuvvetler gerektiren uygulamalar hidrolik tahrik sistemlerinin alanlarıdır. Bununla birlikte, hidrolik tahrik sistemlerini bunların elektromekanik mukabilleri ile değiştirmeye yönelik, giderek artan bir eğilim vardır. Elektromekanik sistemlerin temel yararları şu şekilde özetlenebilir:

- Kumanda kolaylığı (doğrusal davranış)
- Birçok hattı senkronize etme kolaylığı
- Doğruluk
- Kompaktlık
- Temiz, aşırı temiz, hijyenik alanlara uygunluk
- Daha düşük altyapı, kurulum, bakım ve işletme maliyetleri
- Yüksek yangın dayanımı
- Düşük gürültü
- Enerji verimi
- Çevresel etkiler

Genellikle, bir hidrolik silindirin elektriksel alternatifi, bir servo motor tarafından tahrik edilen bir bilyalı vidalı miller ya da bir mafsallı koldur. Bununla birlikte bilyalı vidalı milin hizmet ömrü, dinamik olarak (büyük kütlelerin yüksek ivmelerle hareket ettirilmesi) ya da statik olarak (aynı konuma ya da aynı bilyaya tekrarlanan baskı) zorlanıyorsa, oldukça düşüktür. Öte yandan, ek mekanik elemanlardan (örneğin mafsallar) kaynaklanan makaslama kuvvetlerinden de kaçınılmalıdır. Mafsallı kol sistemlerinin kumandası daha karmaşıktır (doğrusal olmayan davranış) ve bunlar aşınma ve yıpranmaya daha yatkındır.



Ancak, tümüyle elektromekanik bir sistemin ana problemi, bunun kuvvet ya da güç yoğunluğunun (nominal kuvvet ya da güç/yapı hacmi ya da kütlesi) düşük olması ve kuvveti uzun bir süre boyunca koruyabilmek için sürekli enerji girişine gereksinim duymasındır.

Çoklu bir tahrik sistemine yönelik toplam maliyetlere dikkat ediliyorsa, teknik gerekliliklere ilaveten işin ekonomik yanları da göz önünde bulundurulmalıdır. Tek bir hidrolik altyapı tarafından taşınan çok hatlı bir hidrolik sistem, her tahrik sisteminin kendi elektronik kumandasını ve servo motorunu gerektirdiği elektromekanik bir çözümden daha ekonomik olabilir.

Müşterilerin, kolay kumanda edilebilir, temiz ve yüksek güçlü sistemlere yönelik gereksinimlerini karşılamanın bir yolu, elektromekanik ve hidrolik sistemlerin avantajlarını hibrid sistemler içinde bir araya getirmektir. Hibrid sistemler tipik olarak, düşük proses kuvvetleriyle hızlı bir hareket, ardından yüksek kuvvetlerle yavaş bir hareket gerektiren uygulamalar için uygundur. Yüksek kuvvetler bir hidrolik dişli fonksiyonu tarafından üretilebilir.

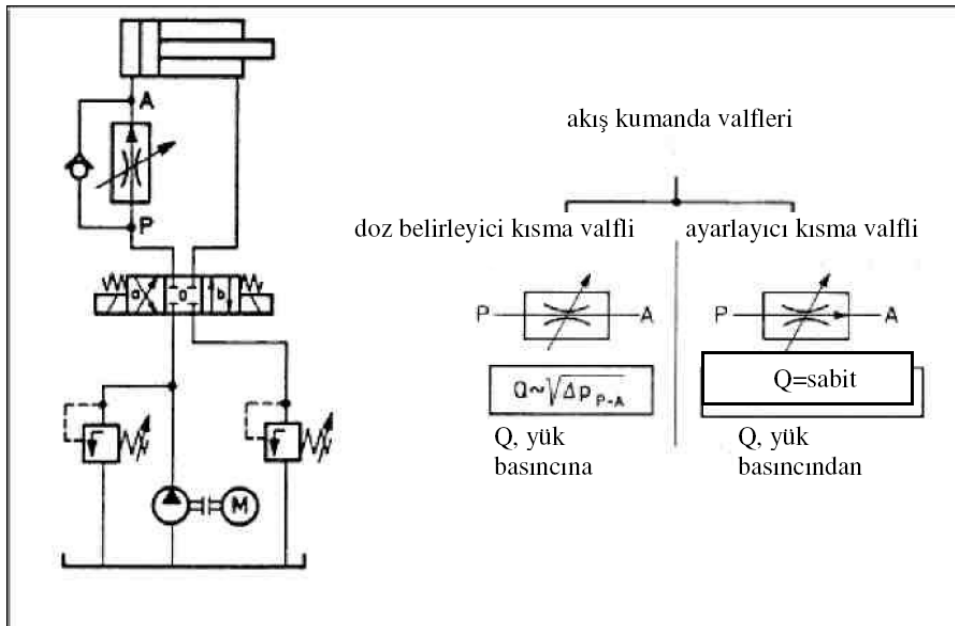
İzleyen bölümde, plastik enjeksiyon makinesinin kapatma ünitesi için geliştirilmiş hibrid bir besleme hattı anlatılmıştır.

2. HİDROLİK, ELEKTROMEKANİK VE HİBRİD TAHRİK SİSTEMİ TEKNOLOJİSİ

2.1. Kısmi valfleri ile kumanda

Bir hidrolik sistem içindeki akış, hidrolik bir silindirin ya da motorun hızına kumanda etmek amacıyla, akış direncindeki değişimle kumanda edilir. Akış direnci, bir akış kumanda valfi, yön kumanda valfi ya da oransal ya da hassas oransal valf aracılığıyla değiştirilir.

3 yollu bir kumanda valfi durumunda, fazlalık akış bölümü doğrudan tanka bypaslanabilir. Güç kaybı fazlalık akış ve yük basıncı ile orantılıdır. 2 yollu bir kumanda valfi durumunda, güç kaybı, 3 yollu kumanda valfi ile karşılaştırıldığında daha yüksek kayıplara yol açan bir basınç emniyet valfi üzerinden boşaltılmak zorundadır.



Şekil 1. Kısmi valfli kumanda devresi

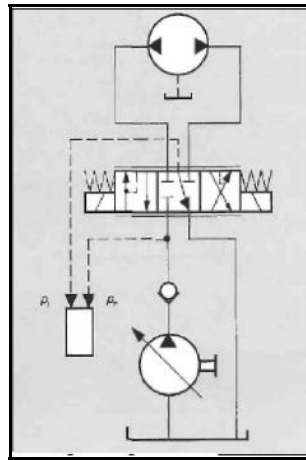


Yukarıda, hidrolik bir silindirin hızına kumanda etmenin (açık çevrim) bir örneği görülmektedir. Ayarlayıcı kısma valfli bir kumanda valfi kullanılıyorsa, akış yük basıncından bağımsızdır; tersi durumda hız (doğrusal olmayan), yük basıncına bağlı olacaktır.

Yüksek güç kayıplarına rağmen, ekonomik olduklarından (sabit pompalar kullanılarak) ve çok yüksek bir dinamik davranış gösterdiklerinden, kısma valfleri ile kumanda çok yaygındır.

2.2. Pompa Kumandalı Sistemler

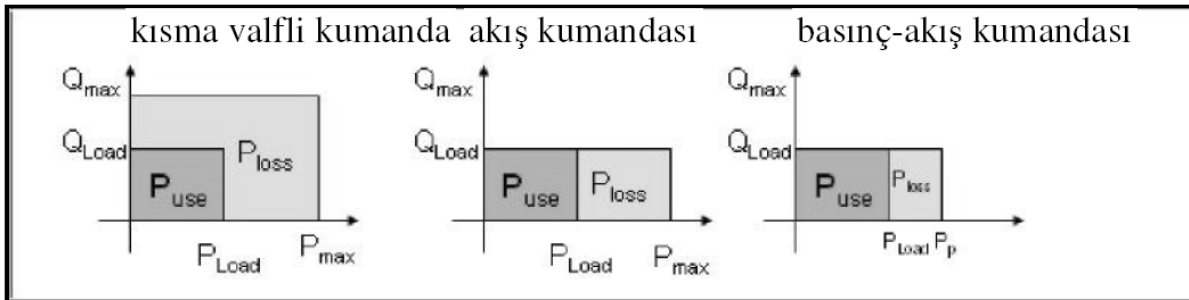
Akış debisi, değişken bir pompa aracılığıyla o anki yük akışına uyarlanır. Bu nedenle yük kaybı, kısma valfli bir kumandada söz konusu olanlardan daha düşüktür. Sistem basıncı, bir akış basıncı kumanda ünitesi (p-Q kumandası) aracılığıyla yük basıncına uyarlanarak da bir iyileştirme (güç kaybını azaltıcı) sağlanabilir.



Şekil 2. Yük algılama

Şekil 2'de, değişken debili bir pompanın kullanıldığı kapalı merkezli bir yük algılama sistemi gösterilmiştir. Akışı ve basıncı yükün gereksinimlerine uyarlamak için, yük algılayıcı bir geri besleme sistemi kullanılmıştır. Burada sadece, yük tarafından gerektirildikçe, biraz daha fazla hidrolik güç sağlamak zorundadır.

Güç kaybı, pompa ve yük (sabit, örneğin 15 bar) arasındaki basınç farkı ve akış ile orantılıdır. Yük algılama sistemi özellikle, çoklu yük sistemlerini çalıştırmada etkili bir araçtır. Çoklu bir yük sistemi durumunda, basınç, sistem içindeki maksimum yük basıncına ayarlanır.



Şekil 3. Enerji kayıplarının karşılaştırılması

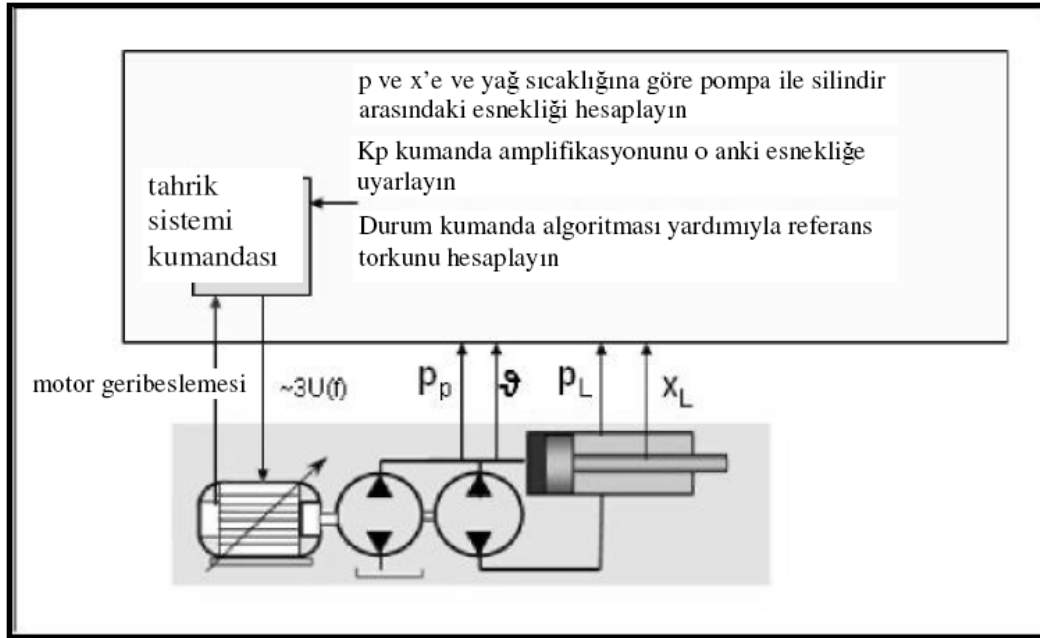
Karşılaştırma, klasik hidrolik tahrik sistemlerinde enerji kayıplarının, sistem parametreleri (akış ve basınç) o anki yük gereksinimlerine uyarlanarak azaltılabileceğini göstermektedir. Ne kadar fazla kumanda mekanizması ve değişken tahrik sistemi kullanılırsa, o kadar yüksek verim elde edilebilir, ama bu durumda karmaşıklığın ve maliyetlerin de daha yüksek olacağı unutulmamalıdır.

Değişken hız kumandalı pompa

Hidrolik bir silindirin hızına kumanda etmenin bir diğer yolu, sabit debili bir pompayı tahrik eden elektrik motorunun hızına ya da torkuna kumanda etmektir.

2.2. Değişken Hız Kumandalı Pompa

Hidrolik bir silindirin hızına kumanda etmenin bir diğer yolu, sabit debili bir pompayı tahrik eden elektrik motorunun hızına ya da torkuna kumanda etmektir.



Şekil 4. Değişken hız kumandalı sistem

Sistem bir elektronik tahrik sisteminden, frekans kumandalı senkron ya da asenkron bir servo motordan, bir motor geri beslemesinden, basınç sensörlerinden (pompa ve yük), akışkan basıncını ölçmeye yönelik bir sıcaklık sensöründen ve bir doğrusal konum sensöründen oluşmaktadır.

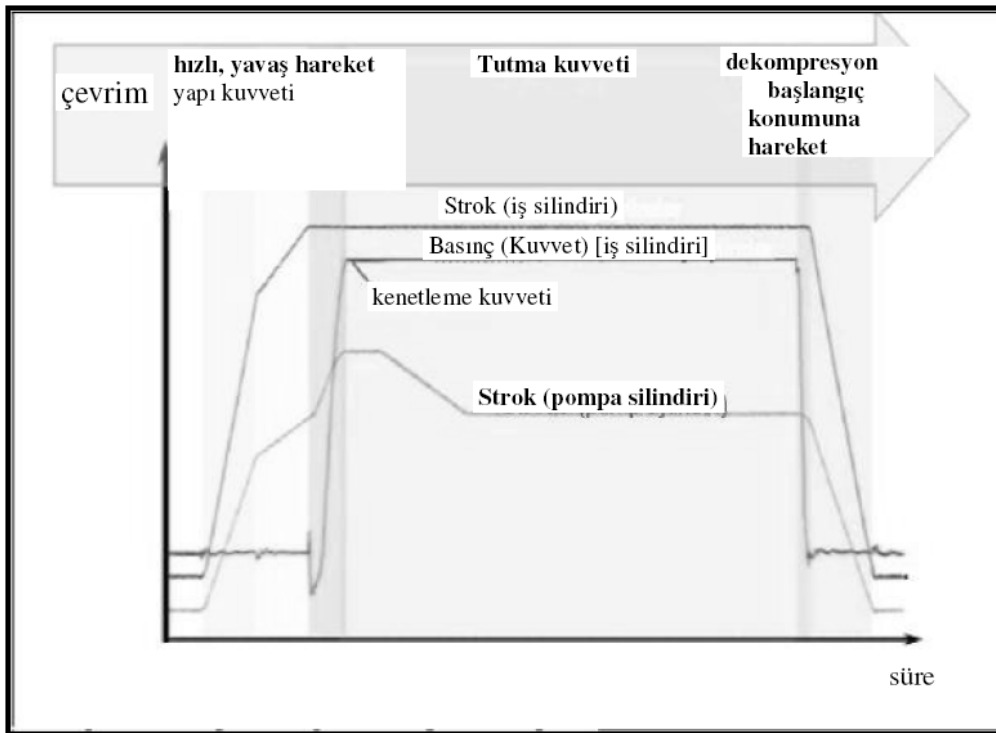
Ölçülen durum değişkenleri, sistemin o anki esnekliğini hesaplayan bir kumanda sistemine gönderilir (pompa ile silindir arasındaki hidrolik akışkan, silindirin konumuna ve akışkanın sıcaklığına bağlı olarak yaylanma oranını değiştiren bir yay gibi davranır). Kp kumanda amplifikasyonu, maksimum dinamik sağlamak ve kararsızlığı önlemek amacıyla o anki duruma uyarlanır. Durum kumanda algoritması, servo motor için referans tork ya da hız değerini hesaplar. Tahrik kumanda sistemi, değişken frekanslı ve gerilimli, üç fazlı bir alternatif gerilim üretir ve servo motoru tahrik eder.

Sabit debili pompa, pompanın hızı değişken olduğundan değişken debili bir akış sağlar ve silindirin pistonunu hareket ettirir. Konum kumanda döngüsü doğrusal ölçme sistemi tarafından kapatılır; tahrik sistemi kumanda döngüsü motor geri beslemesi tarafından kapatılır.

Değişken hız kumandalı sistemler, plastik enjeksiyon makineleri üzerinde daha önceleri etkili bir şekilde test edilmiştir. Enerji veriminde, kalitede (tekrarlanabilirlik, konumlandırma doğruluğu) ve çıkışta iyileştirmeler sağlanmıştır. Temel bileşen, iki yönde ve değişken basınç altında çalışmaya uygun olması gereken pompadır. Düşük hız ve yüksek kuvvet modunda (basınç tutma fonksiyonu) çalışma, klasik pompaların sabit hızda çalışacak şekilde yapılmış olmaları (hidrostatik yatak fonksiyonu) nedeniyle birtakım problemlere yol açabilir.

2.3. Hibrid Tahrik Sistemi Teknolojisi

Hibrid tahrik sistemi teknolojisinin ardında yatan temel fikir, elektromekanik sistemlerin avantajlarını (yüksek enerji verimi, düşük gürültü, yüksek doğruluk), hidrolik sistemlerin yararları (yüksek güç yoğunluğu, düşük aşınma ve yıpranma, ekonomiklik) ile bir araya getirmektir.



Şekil 5. Plastik enjeksiyon prosesi kapatma ünitesi

Şekil 5, plastik enjeksiyon makinesine ilişkin kapatma ünitesinin strok ve kuvvet seyrini göstermektedir. Düşük kuvvetli hızlı bir hareketi (yüksek ivme), yüksek kuvvetli (yavaş hareket) izlemekte ve bunun ardından, hareketin durdurulduğu, ama kuvvetin tutulmak zorunda olduğu, uygulamaya bağlı uzun bir dönem gelmektedir. Bu dönem sonrasında kuvvet serbest bırakılmakta (dekompresyon) ve silindir başlangıç konumuna hareket ettirilmektedir.

Hızlı hareket, elektromekanik bir tahrik sistemi (servo motor ve bilyalı vidalı mil) ile gerçekleştirilebilir. Tutma kuvveti evresi, hidrolik bir sistemin yararlarının kullanılabilmesi tipik durumdur. Tümünüyle "elektriksel" bir çözüm durumunda, servo motor kenetleme kuvvetini sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır (nominal tork/bilyalı vidalı mil eğimi). Bu amaç için genellikle, suyla soğutulan pahalı bir tork motoru kullanılmak zorundadır. Bir diğer problem, bilyalı vidalı milin bilyalarına uygulanan ve aşınma ve yıpranmaya yol açan mekanik gerilimdir (en kötü durumu da, sabit kuvvet tutma konumu nedeniyle daima aynı bilyalar gerilim altında kalır).

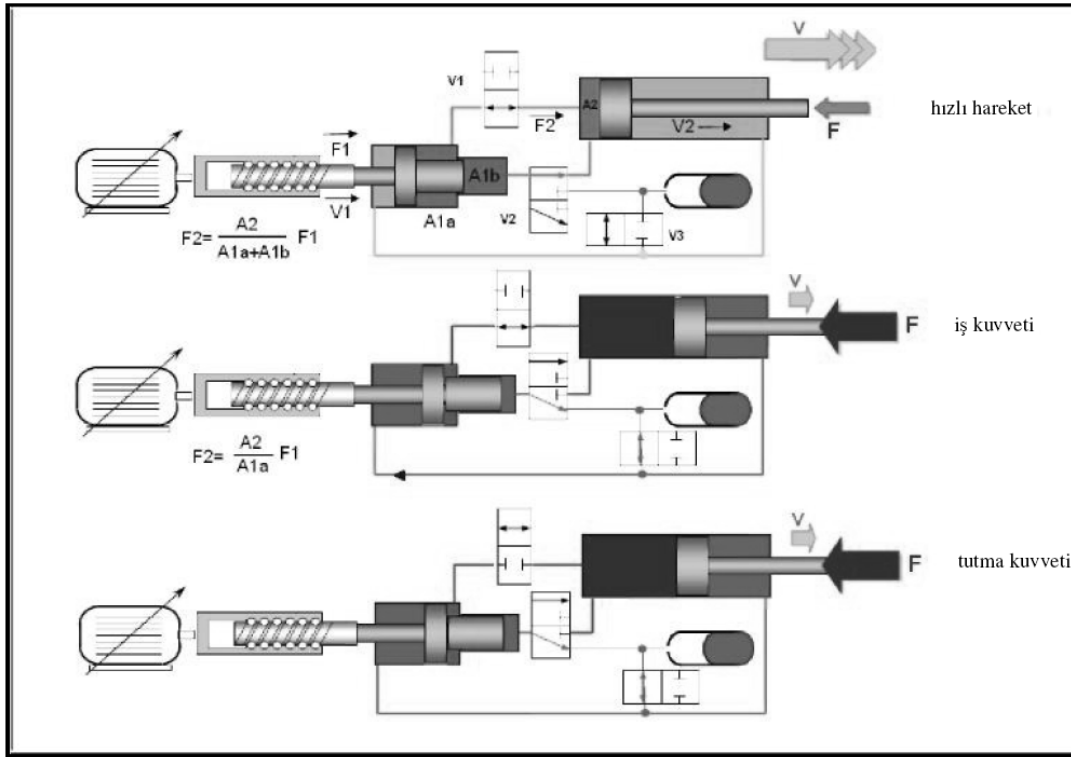


Hibrid tahrik sisteminde servo motorlu bir bilyalı vidalı mil ve doğrusal bir pompa sistemi kullanılır. Sistem, üç odalı doğrusal bir pompaya (hidrolik silindir) sahiptir. Odalar, yön kumanda valfleri aracılığıyla iş silindirinine bağlanabilir.

Hızlı hareket düşük kuvvet ve yüksek hız gerektirir, bu nedenle oda, yani A1a alanı ve A1b alanı iş silindirinine bağlanır. Dişli oranı $[A2 / (A1a + A1b)]$ bağıntısıyla hesaplanır ve bunun sonucu birden küçük ya da bire eşittir.

Yapı kuvveti için, fonksiyon alanı A1a, yönlü valf V2 devreye alınarak iş silindirinine bağlanır. Bu durumda, A1b alanı hazneye bağlanır. Dişli oranı $[A2 / A1a]$ bağıntısıyla hesaplanır ve bunun sonucu birden büyüktür.

Kenetleme kuvvetini tutmak için, iş silindiri ile pompa silindiri arasındaki bağlantı kesilerek yüksek basınç A2 odası içinde alıkonur.

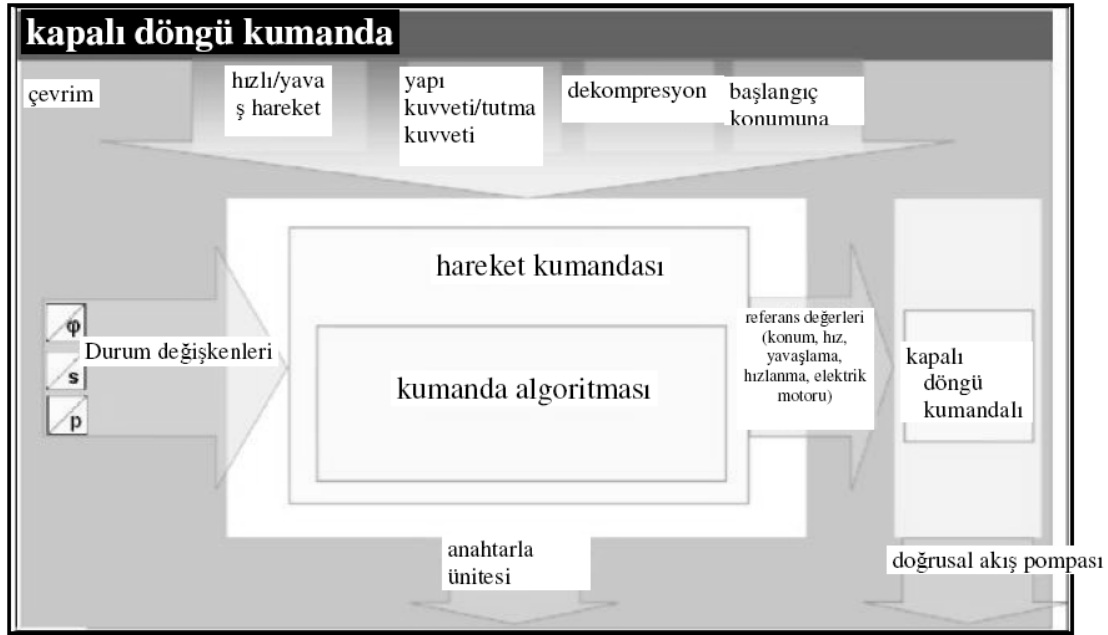


Şekil 6. Hibrid tahrik sisteminin çalışma ilkesi

2.3.1. Kumanda Sistemi

Tahrik sistemine, kapalı ya da açık çevrim modunda kumanda edilebilir. Plastik enjeksiyon makinesine açık çevrimli bir modda kumanda edilir. Konum kumanda döngüsünü kapatmak için motor geribeslemesi kullanılır. Basınç sensörü, iş silindiri alanıyla çarpılmışsa proses basıncını ya da kuvvetini ölçer. İş silindirinin o anki stroğunu ölçmek için ek bir doğrusal sensör kullanılabilir.

Kapalı çevrim modunda, iş silindirinin konumuna kumanda etmek için, değişken hız kumandalı pompa sistemine benzer bir kumanda algoritması gereklidir. Döner sistem ile karşılaştırıldığında, doğrusal pompa sisteminin avantajı, yavaş hareketlerin mekanik hasara yol açmamasıdır (hidrostatik yağlama gerekli değildir). Bu sistemin dezavantajı ise, strokun pompa silindirininkin stroku ile sınırlı olmasıdır.

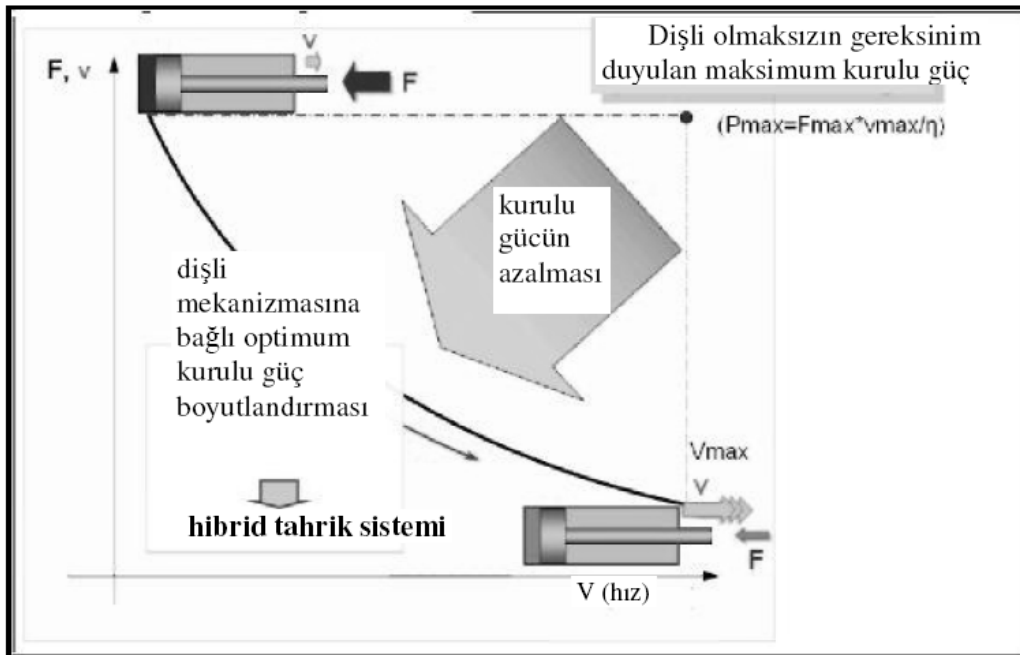


Şekil 7. Kapalı döngü kumanda

2.3.2. Enerji Verimi

Kurulu enerji (maksimum tork ve hız), hidrolik dişli fonksiyonu kullanılarak azaltılır. Motor, yüksek hız modunda çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Motor torku ya da kuvveti, yüksek kuvvetli çalışma için dişli oranı (A2/A1a) tarafından yükseltilir.

Kuvvet tutma fonksiyonu sırasında, motor gücü düşürülür ve enerji tasarrufu yapılır. Hidrolik sistem ile karşılaştırıldığında, boşta çalışma sırasında güç kullanılmaz.



Şekil 8. Enerji verimi



3 SONUÇ

Bir hidrolik sistemin enerji verimini ve doğruluğunu arttırmanın çeşitli yöntemleri vardır. Akış-basınç kumandası ve değişken hız kumandalı pompalar, enerji verimi, gürültü azaltımı ve doğruluk bakımından önemli iyileştirmeler sağlayan iki yöntemdir. Müşteri tarafından hidrolik bir güç ünitesi istenmiyorsa, kapalı bir hidrolik sistem de bir alternatif olabilir.

Anlatılan gibi bir hibrid sistem, elektromekanik sistemlerin önemli avantajlarını (doğruluk, düşük gürültü ve düşük altyapı ve bakım maliyetleri), hidrolik bir sistemin avantajları (yüksek güç yoğunluğu ve güçlülük) ile bir araya getirme olanağıdır.

Teknik ve ekonomik bir bakış açısından, uygun bir tahrik sistemi teknolojisini seçerken aşağıda belirtilen özellikler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Teknik gereklilikler
 - Kurulum yeri (güç yoğunluğu)
 - Konumlandırma hızı ve doğruluğu
 - Kuvvet, tork gereklilikleri
- Yatırım maliyetleri
 - Bileşen ve sistem maliyetleri
 - Kurulum ve montaj maliyeti
 - Projelendirme
- İşletme maliyeti
 - Enerji verimi
 - Bakım ve servis
- Çevre koruma ve sağlık gereklilikleri (örneğin gürültü azaltımı)

Hibrid bir teknolojiyi benimsemek için, teknik ve ekonomik özelliklerin yanı sıra, kullanıcı rızası da önemli bir faktördür, çünkü hidrolik, mekanik ve elektronik kumanda ve tahrik sistemi teknolojileri konusunda belli bir bilgi birikimi gerektirir.

ÖZGEÇMİŞ

İbrahim DÖRTOLUK

1975 yılında Aschaffenburg/Almanya da doğmuştur. 1993 yılında Aschaffenburg/Stockstadt M-Real kâğıt üretim fabrikasının ölçüm ve kontrol stajını bitirip 1996 yılına kadar ölçüm ve kontrol teknisyeni olarak görev yapmıştır. 1998 yılında Würzburg Teknik Lisesinden ve 2004 yılında Aschaffenburg Teknik Üniversitesi Mikroelektronik Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 2002 yılında Bosch Rexroth AG firmasının Lohr'da bulunan Drives&Control bölümüne üniversiteyi eşlik eden stajer olarak başlamıştır. 2004 yılından itibaren Bosch Rexroth AG firmasının ileri araştırma ve geliştirme bölümünde proje lideri olarak görevine devam etmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.