



SERVOMOTOR TAHRİKLİ POMPA KONTROL SİSTEMLERİ VE ENERJİ TASARRUFU

Güner ÇELİKAYAR

ÖZET

Verimliliği arttırmak her işletmenin en önemli hedeflerinden biridir. Enerji maliyetlerinin artmasından dolayı enerjinin verimli bir şekilde kullanılması daha fazla önem kazanmaya başlamıştır.

Hidrolik sistemlerde kullanılan kontrol sistemlerinin tipine göre enerji sarfiyatları farklılıklar göstermektedir.

Hidrolik sistemlerde kullanılan kontrol sistemleri

- Valf teknolojisinin (Oransal ve servo) kullanıldığı kontrol sistemleri
- Değişken deplasmanlı pompa kontrol sistemleri
- Değişken devirli (Servomotorlu) pompa kontrol sistemleri
- İkincil kontrol sistemleri (secondary drive)

Enerji verimliliği açısından ve sağladığı diğer avantajlar bakımından değişken devirli pompa kontrol sistemleri maliyetlerinin de düşmesiyle gittikçe önemi artmış ve birçok uygulama alanında da kullanılmaya başlanmıştır.

ABSTRACT

Improving efficiency is the ultimate goal of every organization. With the increasing energy cost, efficient energy utilization is becoming more important. Energy consumption in hydraulic systems differ based on the drive and control system. Following control alternatives are used in hydraulic systems,

- Control with valves (proportional or servo),
- Variable pump controlled system
- Variable speed controlled pump (with servomotor)
- Secondary drive control

In terms of energy efficiency and other advantages, variable speed pump systems are quite popular and being used in several applications.

1. GİRİŞ

Elektrik motoru hemen hemen endüstrideki birçok makinada kullanılmaktadır. Bundan dolayı elektrik motorları enerji tasarrufu yapılabilecek bir potansiyele sahip önemli elemanlardan biridir. Örneğin

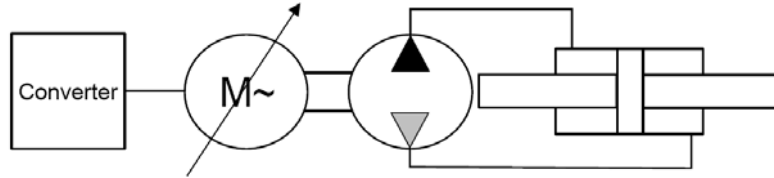


Almanya'da yapılan bir araştırmaya göre (VDE) genel ülke enerji sarfiyatının % 50 sini elektrik motorları tarafından kullanılmaktadır. Amerika birleşik devletlerinde ise ülke enerji sarfiyatının % 66 sini elektrik motorları tarafından kullanılmaktadır. Ülkemizle böyle bir araştırma yok fakat ülkemizdeki elektrik motorlarının sarfiyatı verilen örneklerdeki değerlere yakın bir oranda olacağını tahmin ediyorum. Dolayısıyla elektrik motorları üzerinden yapılacak bir tasarruf genel ülke enerji sarfiyatı üzerinde önemli bir etki yapacağı kesinlikle göz ardı edilmemelidir ve bunun için bu konu üzerine gereken hassasiyetin ve çalışmaların yapılması gerekmektedir.

2. DEĞİŞKEN DEVİRLİ POMPA SİSTEMLERİ

Hidrolik sistemlerdeki pompayı tahrik eden elektrik motorları yükten bağımsız olarak sürekli döndürülmektedir ve bundan dolayı da gereksiz yere büyük bir enerji kaybı söz konusu olmaktadır.

Aslında ideal olan sistemin ihtiyacı kadar enerjinin sistemde kullanılmasıdır.



Şekil 1. Değişken devirli pompa tahrikiyle kapalı çevrim kontrol oluşturulması

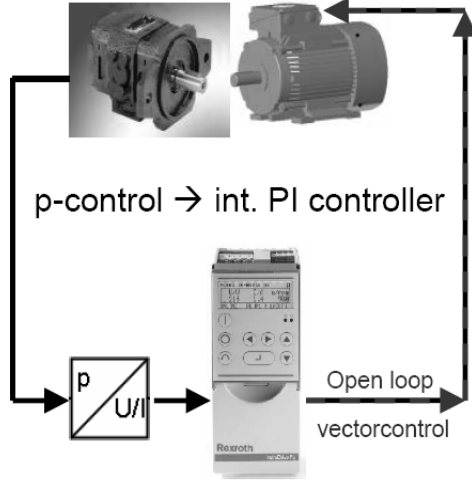
Frekans konvertörlerinin (Şekil 3) ve servo kontrol elemanlarının (Şekil 4) fiyat seviyelerinin dikkate değer bir şekilde düşmesi (Şekil 5) ile farklı uygulama alanlarında, pompaların değişken hızlarda tahrik edilmesi konusunda önemli gelişmeler ve faydalı çözümler ortaya çıkmıştır. Bugün endüstriyel uygulamalarda kullanılan birçok pompa teknik olarak değişken hızlarda tahrik edilebilmektedir



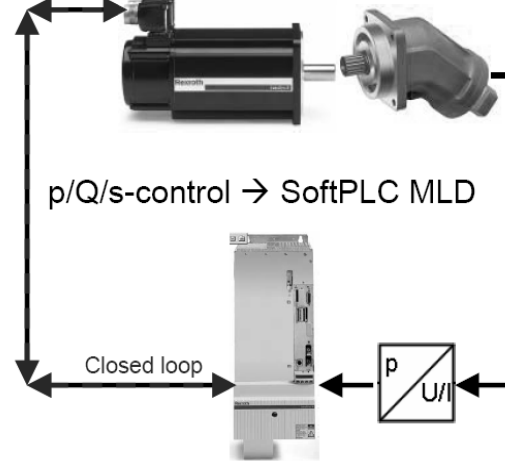
Şekil 2. Değişken devirli pompa tahrik sisteminin kullanıldığı hidrolik güç ünitesi

Değişken devirli tahrik sisteminde pompa AC servomotor veya frekans konvertörlü AC elektrik motoru tarafından tahrik edilmektedir. Servo motorun belirli bir devirde döndürülmesiyle hidrolik silindirin istenen hızda hareket etmesi için gereken debi sağlanmakta servomotorun belirli bir döndürme momentine ulaşmasıyla da istenen kuvveti elde etmek içinde gereken basınç oluşturulmaktadır. Basınç sensörleri sıcaklık sensörleri, pozüsyon sensörleri ve motor üzerinden gelen geri bilgiler ve daha önce sisteme girilmiş sabit bilgiler elektronik kontrol sisteminde hesaplandıktan sonra sistemin ihtiyaç duyduğu dinamik değerlere kısa bir zaman içinde ulaşması sağlanmaktadır. Pozüsyon

transduserinden alınan geri bildirim ile motor istenen mesafeye gitmek için gereken devri ve basınç sensörlerinden alınan geri bilgi ile de istenen döndürme momentini sağlamaktadır.



Şekil 3. Asenkron motor + sabit debili pompa frekans konvertörü Indradrive Fc (0,25-7,5 kW)

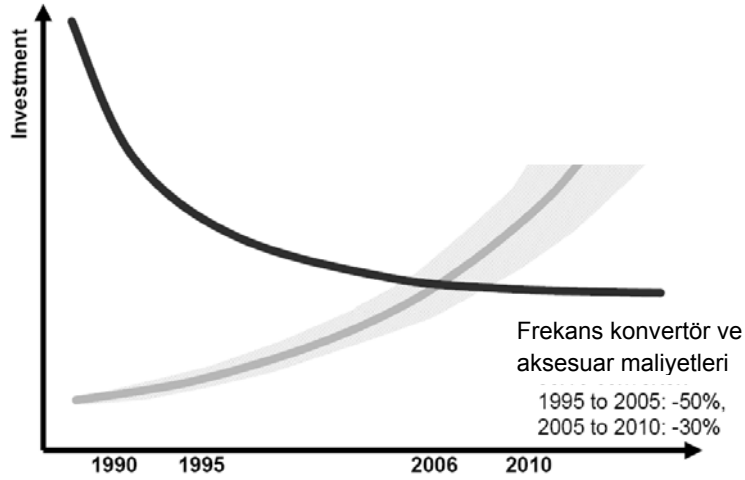


Şekil 4. Servomotor + sabit debili pompa Indradrive C (1,5 kW-75kW)

Hidrolik sistemlerde pompanın değişken devirle tahrik edilmesiyle enerji verimliliği açısından faydalı bir çözüm ortaya konmaktadır. Pompanın Sabit devirle tahrik edildiği bir hidrolik sistemde kısma işlemi yapacağınız zaman yağın geçtiği kesit alanı daraltırsınız ve yağı buradan geçmeye zorlarsınız bu kesit daraltma işlemi elle de yapılabilir veya bir oransal valf yardımı ile de yapılabilir. İşte bu geçiş esnasında belirli kayıplar söz konusudur ve mutlaka bir basınç kaybı oluşur ve bu oluşan basınç kaybı da ısıya dönüştüğünden dolayı verimsizlik söz konusu olmaktadır. Ayrıca sistemin iş yapmadığı durumlarda da pompa sabit bir devirle dönmek zorunda olduğundan dolayı da bir kayıp söz konusu olmaktadır.

Değişken devirli tahrik sisteminde ise hidrolik devrede kısma işlemi yapılacağı zaman tahrik devri düşürülerek bu işlem yapılmakta ve sistemin ne kadar debi üretmesi gerekiyorsa o kadar üretilmekte ve herhangi bir kayıp meydana gelmemektedir. Bu basınç kayıplarının meydana getireceği ısınma olmayacağı için soğutma devresine de ihtiyaç olmayabilir. Ayrıca sistemin iş yapmadığı durumlarda pompa yüksek sabit bir devirde dönmek yerine minimum devre inmekte (hatta sıfıra kadar) ve buradan da hem enerji tasarrufu sağlanmakta hem de gürültü seviyeleri minimum seviyelere düşerek çevreye daha az zarar vermesi sağlanmaktadır. Isınma az olduğu için hidrolik sistemin ihtiyaç duyacağı yağ deposu hacmi de küçük seçilebilmektedir. Değişken devirli tahrik yönteminde sistemin kurulu gücü efektif kullanıldığı ve kayıplarında minimuma inmesinden dolayı diğer kontrol yöntemlerine göre motor gücü daha küçük seçilebilmektedir.

Yüksek dinamik yapıya sahip servomotorlar ile firmaların uzun yıllara dayanan hidrolik sistemler konusundaki tecrübelerinin birleştirilmesiyle yüksek döndürme kuvvetlerinin meydana getirilmesi ve bu meydana getirilen döndürme kuvvetlerin ani değişimleri problem olmadan düşük enerji sarfiyatlı sistemler oluşturulabilmektedir. Fakat bunu başarmak için tek taraflı olarak motoru kontrol etmek yetmemektedir. Basıncın hem motor hem de pompa üzerinden kontrol edilmesi yöntemi birbirini tamamlayan teknolojilerin etkin kullanılmasıyla mümkün olabilmektedir. Maksimum enerji verimliliğini yakalayabilmek için farklı kontrol teknolojilerinin iç içe kullanılmasını gerektirmektedir. Örneğin hidrolik pompa sistemi, kapalı devre pompa kontrol tahrik sistemi ve analog veya dijital açık devre kontrol sisteminin beraber kullanılması.

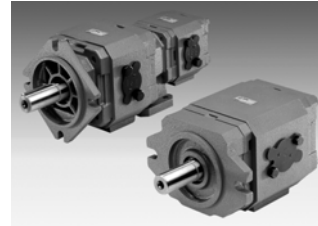


Şekil 5. frekans konvertörü ve servomotor kontrol sistemlerinin yıllara göre maliyet değerleri

Farklı pompa tiplerinin değişken hızlara uygun olup olmadığı, müsaade edilen maksimum pompa devir sayısının pompanın minimum devir sayısına oranı göz önünde bulundurularak belirlenmesi gereklidir. Aşağıda çeşitli pompalara ait, müsaade edilen maksimum devir sayısının minimum devir sayısına olan oranlarını görüyoruz. Tablo 1



Şekil 6. Pistonlu pompa



Şekil 7. İçten dişli pompa

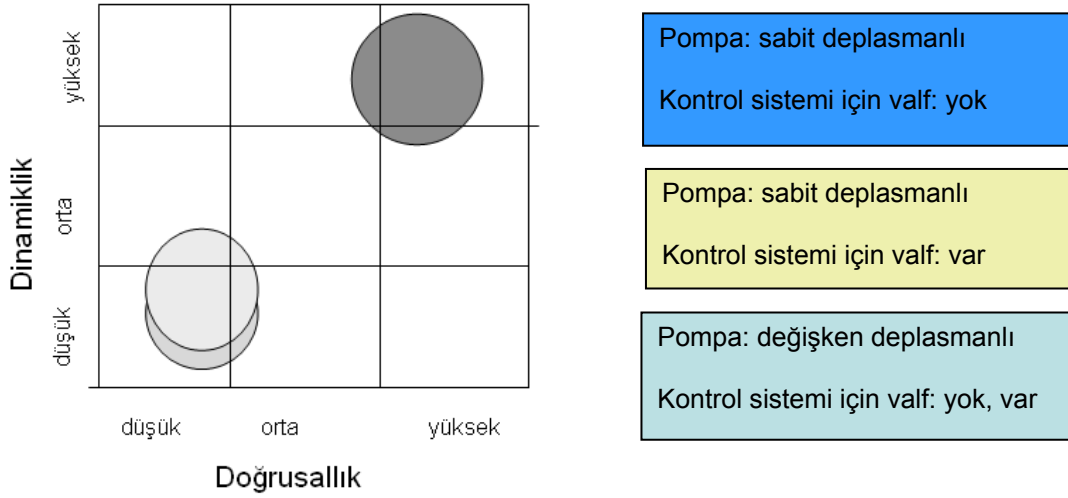
Tablo 1. pompa maks ve min. devir sayısı oranları

Pompa tipi	nmax/nmin
eksenel pistonlu	500
dıştan dişli	8
içten dişli	50
paletli	5
radial pistonlu	4

Tablodan görüleceği gibi geniş hız aralığından dolayı içten dişli pompalar (Şekil 7) ile eksenel pistonlu pompalar (Şekil 6) değişken hızla tahrik edilmeye daha uygundur.

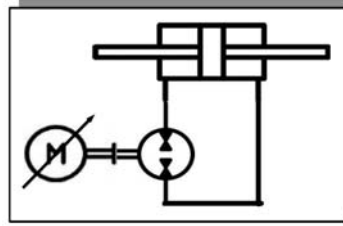
Diğer pompalarda değişken hızlarda kullanılabilirler fakat tahrik hızı oranı (N_{max}/N_{min}) büyük olmadığı için küçük bir değer aralığında hız ayarı yapılabilir

Değişken devirli tahrik sistemlerinde elde edilmesi istenen hassasiyete göre farklı kombinasyonlar oluşturulması gerekmektedir. (Şekil 8)



Şekil 8. Verilen kombinasyonlara göre elde edilen dinamiklik ve doğrusallık

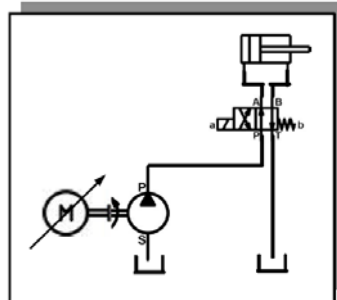
Pompanın servomotorla direkt tahrik edilmesi ve valf olmadan silindire bağlanmasıyla (Şekil 9) kapalı devre bir çevrim oluşturulmakta ve bunun neticesinde de yüksek dinamiğe ve hassasiyete sahip bir sistemin meydana gelmektedir. Burada kullanılan pompa sabit deplasmanlı ve çift yöne dönebilen pistonlu bir pompadır. Şekil 8 de görüldüğü gibi bu kombinasyonla yüksek dinamiğe sahip bir kontrol sistemi oluşturulabilmektedir.



Şekil 9. Sabit debili pompa, kapalı çevrim p,Q,s kontrol

Pompanın frekans konvertörlü AC motorlu bir sistemle tahrik edildiği (Şekil 10) ve kontrol valflerinin kullanıldığı bir sistemde orta seviyede bir dinamikliğe ve hassasiyete sahip olunmaktadır. Burada pompa sabit deplasmanlıda olabilir değişken deplasmanlıda olabilir. Bu tür bir tahrik yöntemi plastik enjeksiyon makinalarında kullanılmaktadır.

Kullanılan pompa değişken deplasmanlı ve tahrikte değişken devirli olursa çok geniş hız ayar oranına sahip olunabilmektedir. Kalıp alıştırma presleri çok yüksek hızlarda olduğu kadar çok düşük hızlarda da çalışması gereken preslerdir. Çok geniş hız ayar aralığı elde edilebildiğinden dolayı , bu tahrik yöntemi kalıp alıştırma preslerinde de uygulama alanı bulan bir kontrol türüdür.



Şekil 10. Sabit debili pompa, açık çevrim, p,Q kontrol



Pompanın Servo motorla tahrik edildiği sistemlerin sağladığı bir çok faydadan dolayı plastik enjeksiyon makinelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Uygulama: plastik enjeksiyon makinası

Servomotor tahrikli pompanın kullanılmasıyla elde edilen avantajlar:

Enerji tasarrufu ve çevresel fayda: Yük algılama özelliği sayesinde servo motor tahrikli pompa ya sahip enjeksiyon makinası sabit devirle tahrik edilen pompa sistemlerine oranla % 10 ile % 25 arasında enerji tasarrufu sağlamakta ve bunun yanında sistemde oransal valf kullanılmadığı için sistem daha az ısınmakta ve bunun sonucunda soğutma işlemi için harcanan su miktarı da % 50 varan oranlarda azalmaktadır.

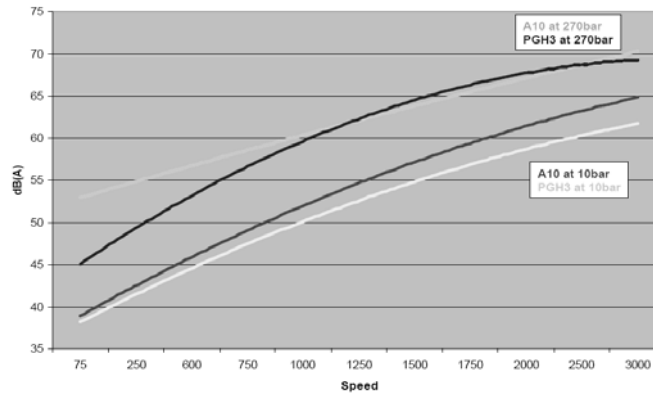
Güvenilirlik ve kullanım kolaylığı: Servo motorlu pompa tahrik yönteminin kullanıldığı sistemlerde hidrolik devre daha basit olarak oluşturulmakta kullanım ve bakım konusunda kolaylıklar sağlanmaktadır.

Yüksek verim ve hassasiyet: Servo motorla tahrik edilen pompalı sistemde akış ve basınç yinelenabilirliği, hassasiyet kontrolü ve dönme momenti kontrolü servo kontrol sistemi tarafından kontrol edildiğinden dolayı sistemin ihtiyaç duyduğu değerlere 0,05 sn gibi kısa bir zaman diliminde ulaşması sağlanmaktadır.

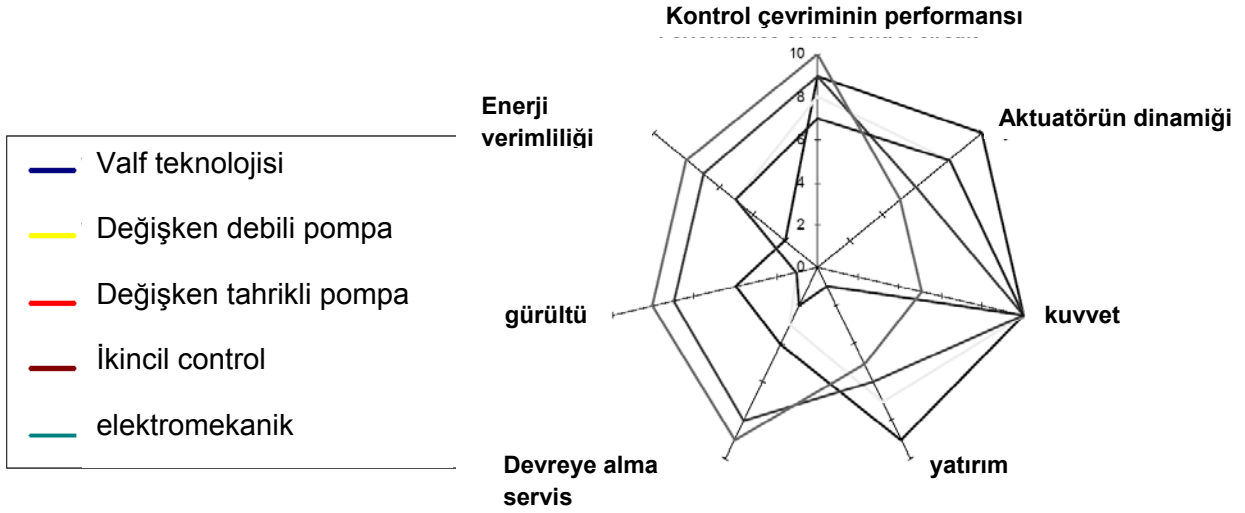
Servo kontrol sisteminin anında ihtiyaca cevap verme ve yüksek hız fonksiyonu sayesinde basınç artırma işlemi 0,025 saniyede, maksimum akışa ulaşma işlemi ise 0,04 saniyede gerçekleşmekte ve bu da maksimum basınç değişim değerinin % 0,3 ün altında seyretmesini sağlamaktadır.

Düşük ses seviyesi: Değişken devirle tahrik sistemi ile ses seviyesi açısından oldukça sağlıklı değerlere ulaşılabilmesi mümkündür.

Örnek olarak A10 tipi bir pistolu pompa ve PGH tip içten dişli pompanın kullanıldığı bir plastik enjeksiyon makinasında sistem 270 barda tam yükte iken oluşan sesin 75 desibelin altına ve makina normal seyrinde çalışırken de ses seviyesinin 65 desibelin altına inmesi sağlanmaktadır.



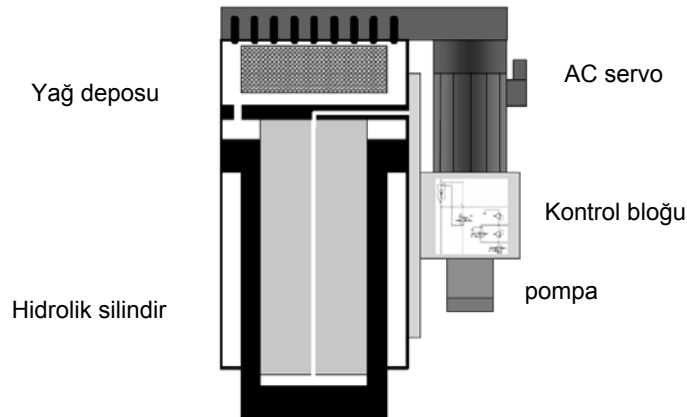
Şekil 11. PGH ve A10 tipi pompaların tahrik edilen devir sayılarındaki ses seviyeleri



Şekil 12. Hidrolik sistemlerde kullanılan kontrol sistemlerinin ve elektromekanik kontrol sisteminin karşılaştırılması (1= kötü dezavantajlı 10= çok iyi avantajlı)

Yukarıdaki şekilde pompanın değişken devirle tahrik edildiği kontrol sistemleri ile diğer kontrol sistemlerini mukayese eden bir analiz görülmektedir. Bu analize göre değişken devirli tahrik sistemi enerji verimliliği açısından valf kontrol, değişken debili pompa kontrol ve ikincil kontrol sisteminden daha iyidir. Sadece elektromekanik kontrol sisteminin enerji verimliliği hepsinden daha iyidir. Ses seviyesi açısından da elektromekanik tahrik kontrol sisteminden sonra en iyisidir. Kontrol çevriminin hassasiyeti açısından da iyi değerlere sahiptir. Aktuatörün dinamikliği açısından diğer kontrol sistemlerine göre iyi değildir. Aktuator dinamikliği açısından en iyi durumda olan sistem valf kontrol teknolojisidir. Devreye alma servisi konusunda sistem basit ve kompakt (Şekil 13) olduğundan dolayı diğer sistemlere göre avantajlı bir konumdadır. Kuvvet açısından tüm kontrol sistemleri iyi durumdadır. Yatırım maliyeti açısından diğer kontrol sistemlerine göre daha pahalıdır.

Genel bir değerlendirme yapacak olursak değişken devirli tahrik sisteminin sağladığı faydalar elektromekanik tahrik sisteminin sağladığı faydalara en yakın kontrol sistemidir fakat maliyet bakımından elektromekanik sistemden daha ucuzdur. Enerji verimliliği, gürültü, bakım kolaylığı ve kontrol çevriminin performansı açısından diğer yöntemlere göre üstündür ve bu belirtilen kriterler makine kullanıcıları açısından çok önemli kriterlerdir.



Şekil 13. Elektrik ve hidrolik tahrik teknolojilerinin beraber kullanılmasıyla doğrusal bir eksenin kompakt olarak oluşturulabilmesi mümkündür.



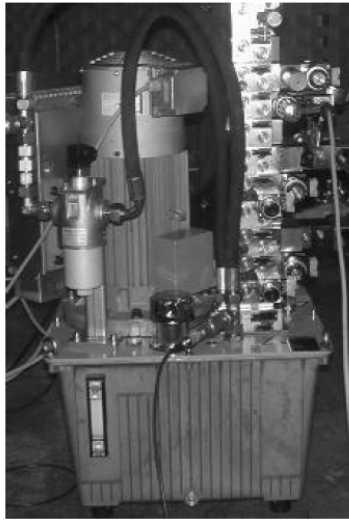
3. ÖRNEK UYGULAMA – TAKIM TEZGAHI

Değişken deplasmanlı pompalı standart bir hidrolik güç ünitesiyle, değişken devir tahrik pompalı bir hidrolik güç ünitesinin bir CNC torna tezgâhında kullanılmasıyla elde edilen ses seviyesi ve enerji sarfiyatlarının karşılaştırılması

Güç ünitesi : 5,5Kw basınç sabit 100 bar debi 32 l/dak
Pompa tipi : PGF İçtendişli sabit
Kontrol : Indra drive Fc
CNC torna tezgâhının çevrim zamanı 45 sn



Şekil 16. CNC torna Tezgahı



Şekil 14. Değişken devir pompa tahrikli güç ünitesi



Şekil 15. standart güç ünitesi

Tablo 2. Standart hidrolik güç ünitesiyle değişken devirli pompa sisteminin kullanıldığı güç ünitesinin ses ve enerji sarfiyatlarının karşılaştırılması

Özellikler	Standart Güç ünitesi	Değişken devirli tahrikli güç ünitesi
Yüksüz durumdaki ses seviyesi	71 dB(A)	60 dB(A)/47 dB(A)
Ortalama ses seviyesi	72 dB(A)	62 dB(A)/51 dB(A)
Maksimum yükteki ses seviyesi	76 dB(A)	75 dB(A)/74 dB(A)
Yüksüz durumdaki enerji sarfiyatı	50,3 kJ (2265 W)	16,6 kJ (747 W)
1 çevrimdeki enerji sarfiyatı	81,9 kJ (3685 W)	48,4 kJ (2176 W)



4. SONUÇ

Yüksek enerji verimliliğine sahip değişken devirli pompa kontrol sistemlerinin makinalarda kullanılmasıyla makina imalatçıları müşterilerine enerji sarfiyatı, gürültü, bakım kolaylığı ve kontrol performansı konusunda avantajlar sağlamakta ve bu sağlanan faydalarda makina satışlarında gittikçe önemi artan bir etkiye sahip olmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Industrial 2006 Conference Application Practices, Bosch Rexroth AG, Stefan Schmidt
- [2] Conference Hydraulic and Electronic in Presses, Bosch Rexroth AG

ÖZGEÇMİŞ

Güner ÇELİKAYAR

1966 yılı Hayrabolu doğumludur. 1988 yılında İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünü bitirmiştir.

1988-1992 yılları arasında Hema Hidrolik A.Ş de ve 1993-1996 yılları arasında Hidroser A.Ş de çalışmış 1996dan beri de Bosch Rexroth A.Ş de proje mühendisi olarak çalışmaktadır.