



HİDROLİK SİSTEMLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

ENERGY EFFICIENCY OF HYDRAULIC SYSTEMS

Eren Uğurlu

ÖZET

Hidrolik sistemlerde kullanılan bileşenlerin ve sistem tasarımının gelişmesi ile enerji verimliliği konusu son yıllarda daha fazla önem kazanmıştır. Bu süreçte, sektör işletmeleri müşterilerine avantaj sağlaması bakımından geleneksel tasarıma sahip sistemlerden ziyade enerji tasarrufu sağlayan modern çözümler sunmayı hedeflemekte ve bu sayede geleneksel sistemlerdeki kayıpları minimize etmeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışmada istenmeyen güç kayıpları nedeniyle açığa çıkan enerji sarfiyatının çeşitli durumlar için minimize yöntemleri incelenmiştir. Bu durum son kullanıcıya karşılaştığı enerji maliyetlerinde büyük bir avantaj sağlamakla beraber, makine imalatçılarının ve dolayısıyla sektörümüz işletmelerinin de tercih edilmesini sağlayan faktörlerden biridir.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik Enerji Verimliliği, Sistem kayıpları, Pompaların hız kontrolü, Hibrit Sistemler.

ABSTRACT

Energy efficiency is getting more important in recent years with the development hydraulic system equipment and system design. Companies in hydraulic sector purpose to submit modern solutions and minimize loses in the traditional systems.

This study analyses minimizing methods for unnecessary energy consumption in different kinds of situations. Modern system designs provide advantage to the end users for minimizing energy costs. This is an important reason for that machine manufacturer and enterprises in this sector are preferred.

Key Words: Energy-efficient hydraulics, System losses, Speed-controlled pumps, Valve concepts, Hybrid systems.

1. GİRİŞ

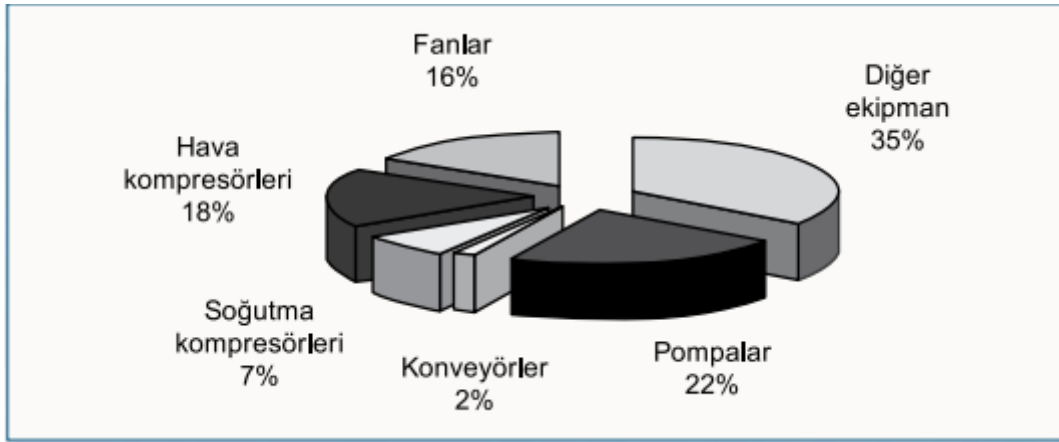
Dünyada gittikçe azalan enerji kaynakları, çevre bilincinin artması ve yükselen yakıt fiyatları ile birlikte artan işletme maliyetleri enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasının önemini gittikçe arttırmıştır. Bu süreç ile beraber enerjiye olan talep her geçen yıl artarken gerek enerji kaynaklarının azalması, gerekse fosil esaslı enerji kaynaklarının kullanılması sonrası oluşan gazların çevreyi olumsuz etkilemesi, enerjiyi daha az tüketen sistemlerin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmaktadır.

Günümüzün küresel rekabetçi iş dünyası, firmaların ekipmanlarından en verimli şekilde yararlanmasını gerektiriyor. Makine verimliliğindeki küçük bir artış bile kar ve zarar üzerinde son derece belirleyici olabiliyor.

Tüm bu gerçeklerden yola çıkarak ilk yatırım maliyetleri dışında işletim ve bakım maliyetleri de önem kazanmakta olup, son kullanıcılar bu ilk yatırım maliyetlerinden ziyade sistemin ömrü boyunca oluşan, işletim ve bakım maliyetlerine odaklanmakta ve rekabetçi şartlarda en optimum çözümü tercih etmektedirler.

Bu doğrultuda hidrolik sistemlerde enerji verimliliği ve bu amaca uygun sistemlerin geliştirilmesi de son yıllarda gittikçe ön plana çıkmaktadır. Bunun bir dayanağı olarak aşağıdaki araştırmadan hidrolik sistemlerin bir kısmının tüketim miktarını analiz edebiliriz.

Avrupa Komisyonu tarafından yapılan araştırmalarda, dünyadaki elektrikli motor enerji talebinin yaklaşık %22'sinin pompalama sistemlerinden kaynaklandığı ortaya konulmuştur. [1]



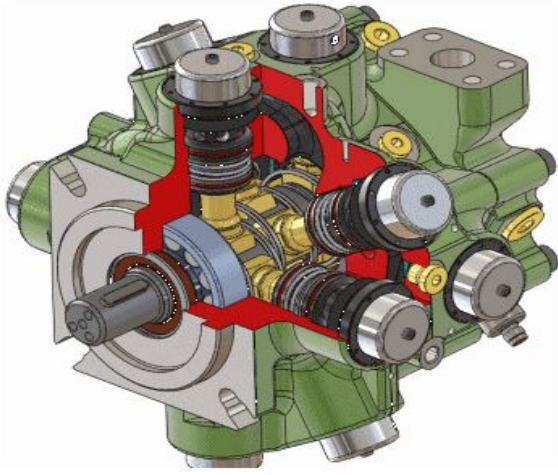
Şekil 1. Elektrik motorlu ekipmanların sarf ettiği enerji oranları (UNIDO) [1].

Pompalama sistemleri için kullanılan büyük miktardaki enerji, bu sistemleri enerji tasarrufu için başlıca aday haline getirmiştir. Bu sistemlerde harcanan enerjinin yaklaşık %75'i santrifüj pompalar, kalan %25'i ise pozitif deplasmanlı pompalar için kullanılır.

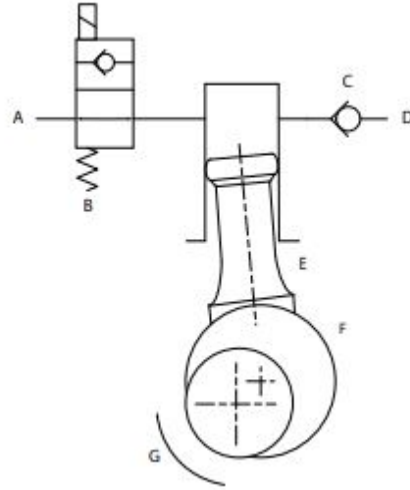
Pompaların, motorların ve valflerin kontrolü günümüzde çoğunlukla dijital kontrol sistemlerinin güçlü performansına katkıda bulunan elektrik sinyalleri ile yapılmaktadır. Bu gelişme, hidrolik sistem teknolojisinin esnekliğini büyük ölçüde artırmış ve benzersiz sistem çözümlerine yol açmıştır. Yine de kayıpların tamamının önüne geçilemeyeceği enerji tüketimini en aza indirmeyi başaran uygulamalar vardır. Optimum enerji verimliliği için akış, basınç ve mekanik kayıpların en aza indirilmesi gerekmektedir. Bunu elde etmenin koşulu, uygun sistem konseptinin ve bileşenlerinin seçilmiş olmasıdır. Aşağıdaki birkaç farklı konu başlıklarını incelediğimizde geleneksel sistemlere göre uygun sistem ve bileşenlerinin seçilmiş olması durumunda sistemlerin enerji verimliliği karşılaştırılmaktadır.

2. DİJİTAL DEPLASMANLI POMPLARIN ANALİZİ

Radyal pistonlu pompa tasarımına dayalı bir hidrolik pompa teknolojisidir. Bir elektronik kontrolör, karşılık gelen bir açma/kapama valfini harekete geçirerek her bir pistonu seçici olarak etkinleştirir. Bu şekilde, pompanın yer değiştirmesi dijital olarak değişkendir. Bu durum da hızlı ve doğru akış kontrolü sağlar. Dijital Deplasmanlı Pompalar, talebi karşılamak adına yalnızca gerektiği kadar piston kullandıkları için yüksek verimliliğe ve çok düşük rölanti kayıplarına sahiptir. [2]



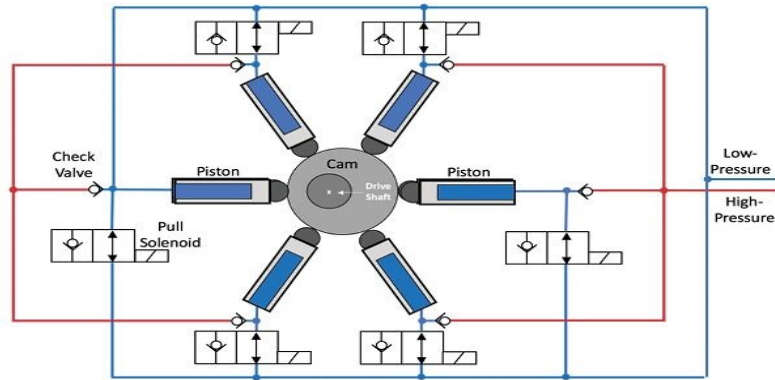
Şekil 2. DDP kesit görüntüsü [3].



Şekil 3. DDP Piston görüntüsü [2].

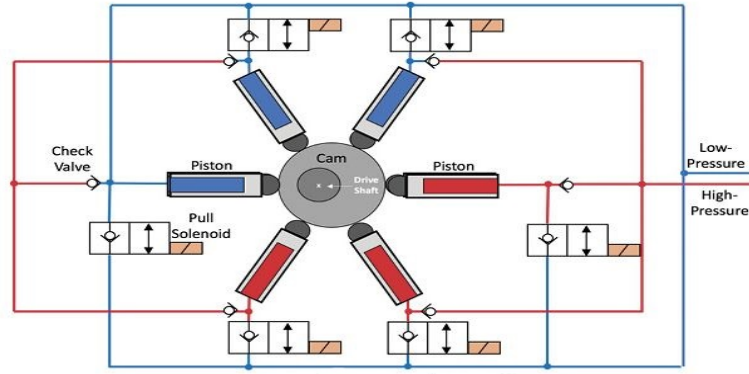
Dijital Deplasmanlı pompa yapısı oldukça karmaşık bir ekipman olsa da çalışma mantığı basittir. Pompa yapısı, bir kam halkası etrafında radyal olarak düzenlenmiş bir dizi sabit, pozitif deplasmanlı, ileri geri hareket eden pistonlardan oluşmaktadır. Pistonlar ayrı ayrı açılıp kapatılabilir. Her piston solenoid bobinli bir popet valf, bir çek valf ve bir piston konum sensöründen oluşan kendi kontrol sistemine sahiptir. Bu kontroller, pompanın talebin gerektirdiği gibi 30 ms gibi kısa bir sürede cevap vermesini veya devre dışı bırakılmasına izin verir ve böylece güç akışına giren sıvı miktarını sınırlayabilir. Aslında, her bir adımın çıkış akışını değiştirebilen çok adımlı bir aktarımdır. Pistonların sayısı, yönü ve boyutu büyük ölçüde değişebilir. Yaygın olarak dördüncü üç grup halinde düzenlenmiş 12 pistonlu yapı kullanılır. [5]

Aşağıda altı pistonlu bir pompayı gösteren devre şemasında çalışma koşulunu basitleştirilmiş olarak açıklayabiliriz. Kam döndükçe, pistonlar dönüşümlü olarak içeri çekilir ve dışarı itilir. Bir çek valf, pompanın yüksek ve alçak basınç alanlarını ayırır ve bir popet valf ile alçak basınç alanından gelen yolu açar ve kapatır. Bu, her pistonun bir pompa gibi ayrı ayrı kontrol edilmesine olanak sağlar.



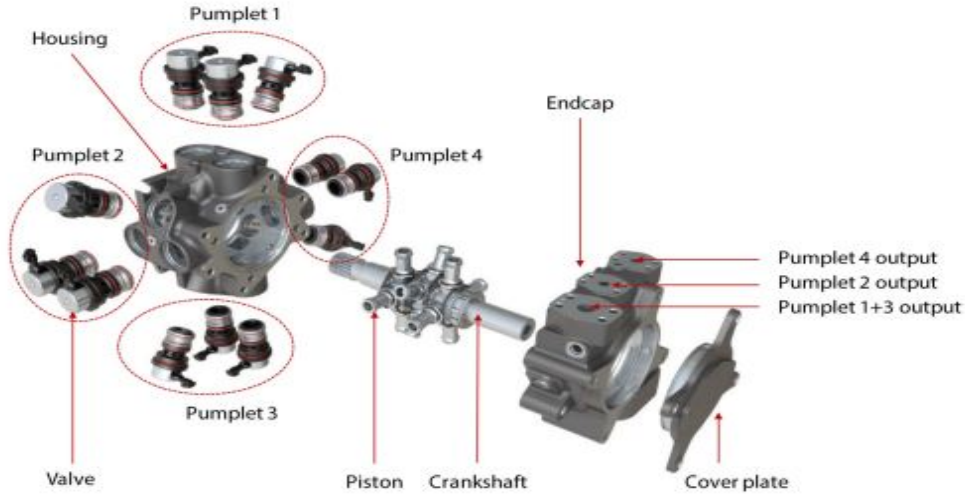
Şekil 4. Pompa devre şeması [3].

Örneğin: 6 pistonun her biri 10 cc'lik bir yer değiştirmeye sahipse, toplam yer değiştirme 60 cc'lik olacaktır. 1800 rpm'de debi 108 lt/dk olacaktır. Her piston popet valfine enerji verildiğinde debi 18 lt/dk artar. Bir çalışma döngüsünün bir parçası 54 lt/dk gerektiyorsa, gerekli çıktıyı üretmek için popet valflerden 3'üne stratejik olarak enerji verilebilir.



Şekil 5. Pompa devre şeması [3].

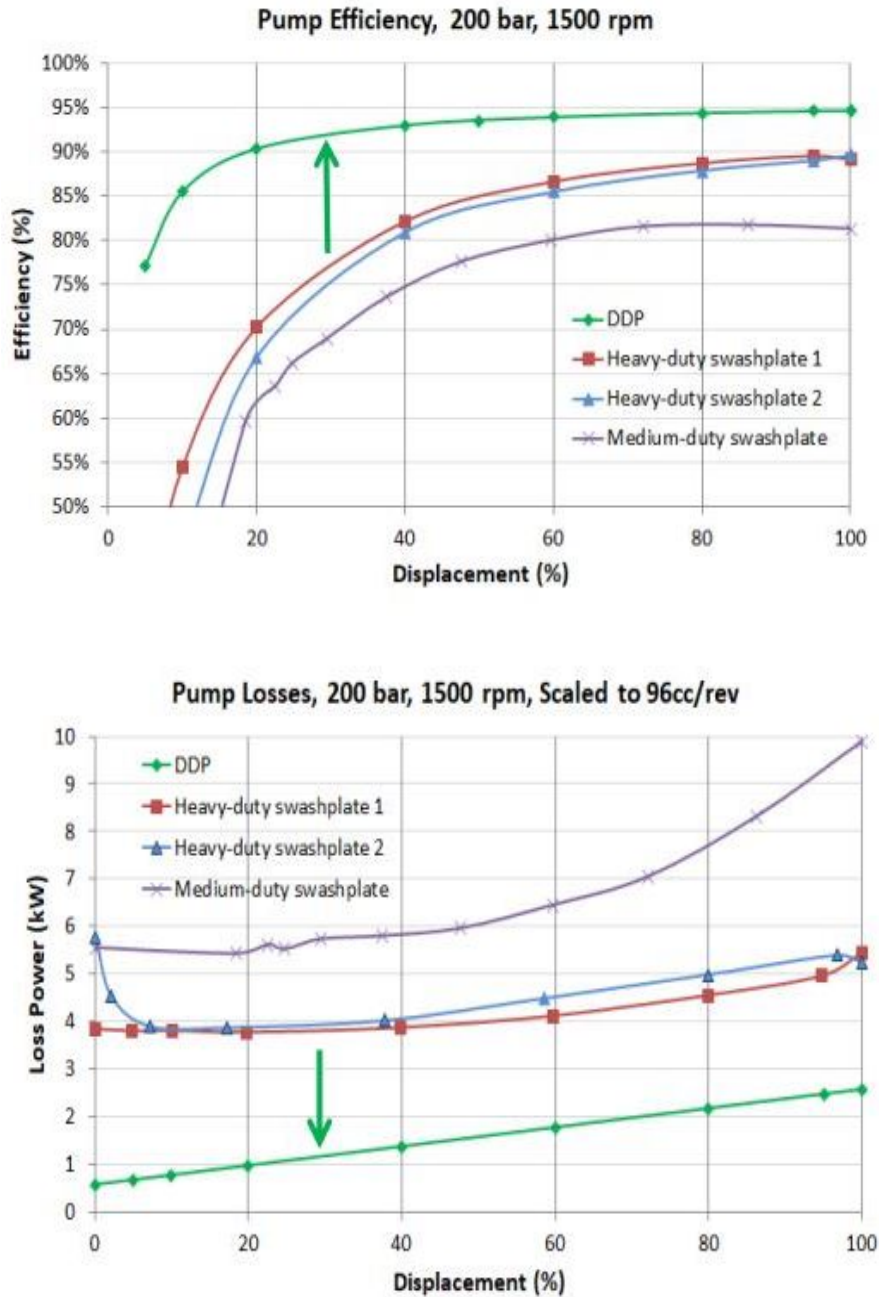
Diğer bir özellik ise, her bir pistonun çıkışını, bağımsız bir pompa gibi kullanılabilmesidir. Örneğimizdeki, her biri 18 l lt/dk 'ya kadar değişen akışa sahip tek bir Dijital deplasmanlı pompadan 6 ayrı çıkış alınarak 6 ayrı hat beslenebilir.



Şekil 6. Pompa patlak resmi [2].

Dijital Deplasmanlı Pompalar, basınç kontrolü, yük algılama, akış kontrolü, tork veya güç kontrolü ve bunların kombinasyonları dahil olmak üzere çeşitli kontrol modlarında çalışabilir. Kontrol modları, sensör girişlerine dayalı olarak kontrolcü tarafından izlenir ve bir yazılımla parametreler ve limitlerle yapılandırılır. Örneğin, basınç kontrol modunda pompa basıncını düzenlemek için, kontrolör ölçülen basıncı istenen basınçla karşılaştırır ve orantısal-entegre kontrol algoritması ile bir yer değiştirme komutunu hesaplar. Örneğin değişken bir akış hızı elde etmenin temel olarak iki yolu vardır: kısmi piston vuruşları ve tam piston vuruşları. Açma-kapama kontrol valfi, pistonun yukarı stroğunun bir kısmı sırasında kapalı konumunda tutulur. Pistonun süpürülen hacminin ΔV sadece bir kısmı çıkış çek valfinden boşaltılır. Kısmi strok algoritması ile, komut verilen yer değiştirme x ile temsil edilir, burada $x = (V_c - V_t) / \Delta V$ ve 0 ile 1 arasında sürekli değişkendir. Çok pistonlu bir pompa için, basit bir kısmi strok algoritması komut verilen hacmin x kesri tüm pistonlar için aynıdır. Tam strok algoritması ile her bir pistonun süpürülen hacminin tamamı ya girişe ya da çıkışa pompalanır. Akış hızı, mil döndükçe pistonların seçici olarak etkinleştirilmesi ve devre dışı bırakılmasıyla modüle edilir. Tam strok algoritması, yalnızca komut verilen hacimsel yer değiştirmeyi karşılamak için gereken minimum sayıda pistonu (N) basınç uygular. [2,4].

Dijital deplasmanlı pompaları geleneksel hidrolik pompalar ile karşılaştırdığımızda, potansiyel faydayı daha açık görebiliriz. Şekil 7 de belirtilen grafiklerden pompa deplasmanlarına göre genel verimlilik ve kaybedilen güçleri kıyasladığımızda geleneksel değişken deplasmanlı pistonlu pompalar ile dijital deplasmanlı pompalar arasındaki verimlilik kazanımlarını / kayıplarını açıkça göstermektedir. En önemli gelişme kısmi yer değiştirmede ortaya çıkar; birçok mobil makinenin önemli miktarda çalışma süresi harcadığı kısımdır.



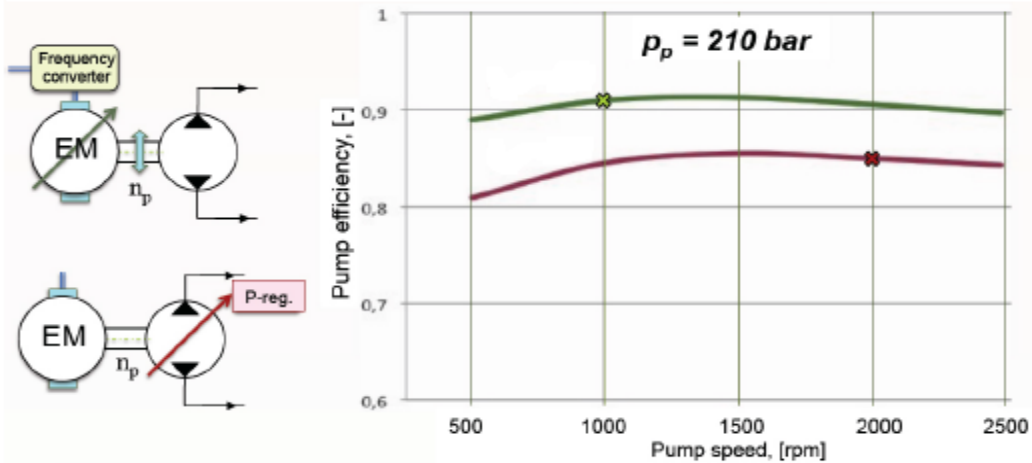
Şekil 7. Pompa verim/kayıp eğrileri [6].

3. ELEKTRİK MOTORLU SİSTEMLERDE KAYIPLARIN ANALİZİ

Sabit hıza sahip elektrik motorları tarafından çalıştırılan hidrolik pompalar, endüstriyel uygulamalar için birincil seçenek olmaya devam etmektedir. Elektrik motorlarının ve kontrol sistemlerinin (sürücülerin) geliştirilmesi son yıllarda hem performans hem de maliyetlerde önemli değişikliklere yol açtı. Günümüzün en uygun maliyetli çözümü hız kontrollü elektrik motorları ile sabit deplasmanlı pompaların sürülmesidir. Hız kontrollü sabit deplasmanlı pompalar, özellikle kısmi yüklerde deplasman kontrollülere göre önemli ölçüde daha iyi enerji verimliliğine sahiptir. Hidrolik sistemlerde pompayı tahrik eden motorlar yükten bağımsız olarak sürekli çalışmaktadır. Böylelikle bir enerji sarfiyatının ortaya çıktığı görülmektedir. İdeal olan durum ise sistemin ihtiyacı kadar enerjinin sistemde kullanılmasıdır.

Değişken devirli tahrik sisteminde iki yöntem mevcuttur. Pompa alternatif akım (AC) servomotor veya frekans konvertörlü AC elektrik motoru tarafından tahrik edilmektedir. Burada servomotor istenen devirde döndürülerek silindirin istenen hızda hareket etmesi için gereken debi sağlanmakta, servomotor belirli bir döndürme momentine ulaştığında ise istenen kuvveti sağlamak için gereken basınç oluşturulmaktadır. Lineer cetvelden alınan bilgi ile motor istenen mesafeye gitmek için gereken devri ve basınç transmitterinden alınan geri bilgi ile de istenen döndürme momentini sağlamaktadır. Pompanın sabit devirle döndürüldüğü bir sistemde kısma işleminin yapılabilmesi için yağın geçtiği kesit alanını daraltılır ve yağı buradan geçirilir. Bu geçme sırasında kayıplar ortaya çıkabilir ve mutlak bir basınç kaybı oluşur. Bu kayıp ise ısı olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sistem iş yapmadığında bile pompa sürekli sabit bir devirle dönmek zorundadır. Bu sebeplerden ötürü verimsizlik ve kayıp oluşmaktadır. Değişken devirli tahrik sisteminde ise hidrolik devrede kısma işlemi yapılacağı zaman tahrik devri düşürülmektedir. Böylelikle, sistemin ne kadar debi üretmesi gerekiyorsa o kadar üretilmekte ve herhangi bir kayıp meydana gelmemektedir. Sistemin iş yapmadığı durumlarda ise pompa yüksek sabit devirde dönmek yerine minimum devre inmekte, buradan hem enerji tasarrufu sağlanmakta hem de gürültü seviyesi minimuma inmektedir. Pompanın servomotorla direkt tahrik edilmesi ve valf olmadan silindire bağlanmasıyla kapalı bir çevrim oluşturulmakta ve bunun neticesinde de yüksek dinamiğe ve hassasiyete sahip bir sistem meydana gelmektedir. [9]

Şekil 8 sabit deplasmanlı aksel pistonlu bir pompa ile değişken aynı deplasmana sahip bir pistonlu pompa arasındaki verimlilik farkını göstermektedir. Aşağıda grafikte gösterilen sabit deplasmanlı pompanın değişken hızlarda kontrolünün sağlanması ile değişken deplasmanlı pompanın aynı güç değerlerini üretirken ki verimlilikleri kıyaslandığında frekans konvertörlü pompa sisteminin verimliliği %91 iken değişken deplasman kontrollü pompa sisteminin verimliliği %85'tir. [7]



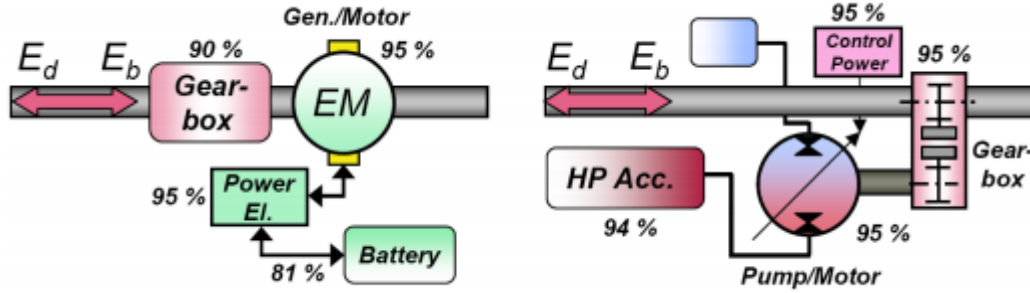
Şekil 8. Hız ve deplasman kontrollü aksel pistonlu pompaların verimleri. [7]

4. HİBRİT SİSTEMLER

Otomobiller, kamyonlar ve inşaat makineleri için tahrik sistemlerinin enerji verimliliği, temel olarak artan yakıt maliyetleri ve çevreyi korumak için gerekli olan motor emisyonları ile ilgili yeni düzenlemeler nedeniyle günümüzün mobil sistem tasarımında en önemli konulardan biri haline geldi. Daha yüksek verimlilik ve daha iyi işlevsellik konusundaki artan gereksinimleri karşılamak için yıllar içinde bileşenler ve sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerden son on yıldır üzerinde yoğunlaşılacak bir model olan hibrit sistemlerin geliştirilmesi elektrikli hibritler ve hidrolik hibritler olarak iki ana teknolojiye ayrılabilir.

Bu iki ana teknolojiyi basitçe karşılaştırdığımızda hidrolik hibrit sistemlerin başlıca avantajlarını şöyle özetleyebiliriz. Güç yoğunluğu açısından hidrolik makineler, elektrikli makinelerden yaklaşık 5 kat daha yüksek yoğunluğa sahip olması ve doğrudan hidrolik tahrik kullanılması, bir elektrikli hibrit sistemde ihtiyaç duyulan mekanik dişlilerden oluşacak kayıpları aradan çıkarma fırsatı verir. Aynı zamanda tüm hızlarda motor yüklemesini optimize edilebilir. Bu durum, sistemin genel verimliliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir.

Hidrolik akümülatörler kullanılarak, potansiyel yük enerjisinin bir kısmı yeniden kullanılabilir, bu da bu tür ekipmanlar olmadan benzer bir sisteme kıyasla daha yüksek dayanıklılığa sahip bir sistem tasarlamayı mümkün kılar. Bu tür rejeneratif yetenekler güç kaynağı kapasitesini artırır. Ek güç, birincil motor gücünü artırmadan sistemin performansını artırmak için kullanılabilir. Hidrolik akümülatör kullanmanın bir başka avantajı, özellikle sık hızlanma ve frenlemede, gidiş-dönüş verimliliğinin bir elektrikli bataryadan daha yüksek olmasıdır. [8]



Şekil 9. Elektrikli ve hidrolik paralel hibrit sistem. [8]

Araçlarda hibrit teknolojisinin kullanılmasının hedefi, genel sistem verimliliğini artırmak ve bu şekilde yakıt tüketimini ve emisyonları azaltmaktır. Gereksinimler şu şekilde ifade edilebilir:

- Birincil güç kaynağının verimli kullanımı.
- Hareket için enerjinin verimli dönüşümü.
- Enerjinin verimli bir şekilde geri kazanılması ve yeniden kullanılması.

Enerji verimliliğinin yanı sıra diğer önemli gereksinimler, kontrol edilebilirlik, sağlamlık, güvenilirlik ve bakım maliyetidir. Hibrid teknolojinin temel avantajlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz. [10]

- Hem daha az sera gazı emisyonu hem de daha az yakıt masrafı ile sonuçlanan yakıt tüketiminde % 15 varan azalma,
- Daha az gürültü,
- Bakım maliyetlerinde azalma.



SONUÇ

Enerji maliyetlerinin artması ve her geçen gün teknoloji ve imkanların gelişmesi ile enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması büyük önem kazanmıştır. Enerjiyi verimli kullanabilmek her sektör için bir tercih sebebi olmaktadır. Bu durum hidrolik sistemlerde süreklilik arz eden kayıpların da üzerine çalışılması gerekliliğini doğurmuştur. Yapılan çalışma sonucunda ortaya çıkan uygun ekipman seçimi ve sistem tercihlerinin doğruluğunun geleneksel tasarımlara göre verimliliği arttırdığını göstermektedir. Bu tercihler özellikle değişken debi ihtiyacı olan hidrolik sistemlerde önemli miktarda enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Bu sayede makina imalatçıları müşterilerine enerji sarfiyatı, gürültü ve bakım kolaylığı konusunda avantajlar sağlamakta ve bu sağlanan faydalarda makina satışlarında gittikçe önemi artan bir etkiye sahip olmaktadır. Kullanıcı talepleri doğrultusunda enerji verimliliği yüksek ve bakım kolaylığı sunan sistemler tercih anlamında ön plana çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] https://www.emo.org.tr/ekler/6df78147e41f780_ek.pdf
- [2] <https://assets.danfoss.com/documents/184429/BC306384089197en-000201.pdf>
- [3] <https://fluidpowerjournal.com/digital-displacement-pumps/>
- [4] Christopher Williamson – Christopher Williamson, A MORE ACCURATE DEFINITION OF MECHANICAL AND VOLUMETRIC EFFICIENCIES FOR DIGITAL DISPLACEMENT® PUMPS, Proceedings of the ASME/BATH 2019 Symposium on Fluid Power and Motion Control, 2019.
- [5] Artemis Intelligent Power Ltd, Unit 3, Edgefield Industrial Estate, Loanhead, EH20 9TB, UK www.artemisip.com j.taylor@artemisip.com Presented at the JSAE Annual Congress on 24 May 2011.
- [6] Technical Comparison of Next-Generation Hydraulic and Electric Powertrain Architectures Simon Nielsen, Sr. Systems Engineer, Global Research & Development
- [7] K-E. Rydberg Energy Efficient Hydraulics – System Solutions for Minimizing Losses National Conference on Fluid Power, Linköping University, Linköping, Sweden, 16 - 17 March, 2015
- [8] K-E. Rydberg: Energy Efficient Hydraulic Hybrid Drives. SICFP'09, June 2-4, 2009, Linköping, Sweden.
- [9] Üzeyir İlbay BOZKURT, Akif DURDU Hidrolik Presli Konveyör Uygulama Otomasyonu ve Verimlilik Analizi- Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi Science and Eng. J of Fırat Univ. 29(1), 19-27, 2017
- [10] MS Nadorias: upgrade to high-efficiency hybrid propulsion delivers fuel savings

ÖZGEÇMİŞ

Eren Uğurlu

1992 yılı İstanbul doğumludur. İlk ve Orta Öğretimini İstanbul'da tamamlamıştır. 2015 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. 2017 yılından beri Mert Teknik firmasında Proje ve Satış Mühendisi olarak çalışmaktadır.