

# BİR PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNASININ HİDROLİK SİSTEMİNDE DEĞİŞKEN HIZ DENETİMLİ MOTOR KULLANIMININ ENERJİ VERİMİ AÇISINDAN KURAMSAL İNCELENMESİ

Zeliha KAMIŞ KOCABIÇAK  
Elif ERZAN TOPÇU  
İbrahim YÜKSEL

## ÖZET

Bu çalışmada bir uygulama örneği olarak sabit debili bir pompa ile çalışan bir plastik enjeksiyon makinesi incelenmiştir. İlk önce belirlediğimiz parçanın üretilmesi için gerekli olan güç- zaman grafiği elde edilmiş ve sistemin verimi hesaplanmıştır. İkinci aşamada sistemin sabit debili pompa yerine değişken hız denetimli motor tahrikli bir pompa sisteminin kullanılması durumu için analiz yapılmış ve iki sistem karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Değişken hız denetimli motor tahrikli sistemler, hidrolik sistemler.

## ABSTRACT

In this study, a plastic injection machine with constant flow rate pump is investigated as a case study. Firstly, required energy supply and dissipated energy characteristics are obtained and efficiency of the system is calculated. Then, the system with a variable velocity controlled motor is analyzed and compared its fixed-velocity motor system.

**Key Words:** Variable speed controlled motor driving systems, hydraulic systems

## 1. GİRİŞ

Hidrolik pompalar yapılarına göre temel olarak dişli pompalar, paletli pompalar ve pistonlu pompalar olmak üzere üç gruba ayrılmaktadırlar. Sağladıkları debiye göre de sabit debili ve değişken debili pompalar olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Bir pompanın debisini değiştirmek için ya pompanın geometrik debisini ya da pompanın devir sayısını değiştirmek gerekmektedir. Dişli pompalardan sabit debi elde edilebilirken, paletli ve radyal pistonlu pompalarda rotor ve stator arasındaki eksantrikliği, eksenel pistonlu pompalarda ise plakaların eğimlerini veya silindir ekseninin tahrik miline göre açısını değiştirerek değişken debi elde etmek mümkündür. Yukarıda bahsedilen pompa çeşitlerinde pompanın geometrik debisini değiştirerek değişken debi elde edilmektedir. Son senelerde özellikle elektronik teknolojisindeki gelişmelerden dolayı pompayı tahrik eden elektrik motorunun devrini dolayısıyla pompanın devrini değiştirerek değişken debi elde etmek de mümkün olabilmektedir. Bu şekilde sabit debi sağlayan dişli pompalardan yapılarındaki çeşitli değişimlerle değişken devir elde edilebilmektedir. Bunun için en yüksek ve en düşük devir sayıları oranına bakıldığında en uygun pompa çeşitlerinin eksenel pistonlu pompalar ve içten dişli pompalar olduğu görülmektedir [4].

Plastik enjeksiyon makinelerinde de bir iş çevrimi sırasında çok değişken basınç/debi değişimine gerek duyulmaktadır. Sabit debili pompa kullanılan hidrolik sistemlerde gereksinim fazlası akışkan tanka geri gönderilmektedir. Bu durum gereksiz bir enerji kaybı ve soğutma sistemine de ek bir ısı yük getirmektedir. Bu tür sistemlerde değişken devirli pompa sistemlerinin kullanılmasıyla sistemin gerek duyduğu debiyi sisteme vereceği ve ısı yükü de azaltacağı için kayıp enerji miktarı da azalacaktır.

Bu çalışmada bir uygulama örneği olarak sabit devirli pompa ile çalışan 75 tonluk, 194 gr enjeksiyon kapasitesine sahip bir plastik enjeksiyon makinesi ele alınmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında değişken hız denetimli motor tahrikli pompa sistemleri ve plastik enjeksiyon makineleri hakkında kısa bilgi verildikten sonra sistemin sabit debili pompa ile çalışması sırasında bir çevrim için elde edilen basınç-debi grafiği eğrilerinden sistemin verimi incelenmiştir. İkinci aşamada aynı makinenin değişken hız denetimli motor tahrikli bir pompa ile çalışması durumunda elde edilecek verimi hesaplanmış ve sistemin analizi yapılmıştır.

## 2. DEĞİŞKEN HIZ DENETİMLİ MOTOR TAHRİKLİ POMPA SİSTEMLERİ

Sabit debili tek pompalı bir hidrolik sistem için motor çalıştığı sürece sürekli dönmektedir ve debi sabittir. Sistem basıncı emniyet valfi ile sınırlandırılmıştır. Sistemin gerek duyduğu debi ise valfler aracılığıyla ayarlanmaktadır. Sistem çalışırken valflerdeki kısılmalardan, sistem iş yapmadığında da pompa döndüğünden dolayı önemli oranda bir kayıp söz konusu olmaktadır [3,5]. Değişken hız denetimli motor tahrikli pompa kullanılan devrelerde ise pompa sistemin gerek duyduğu kadar debi sağlamakta ve bir kayıp meydana gelmemektedir. Bu da sistemin verimini yükseltmektedir.

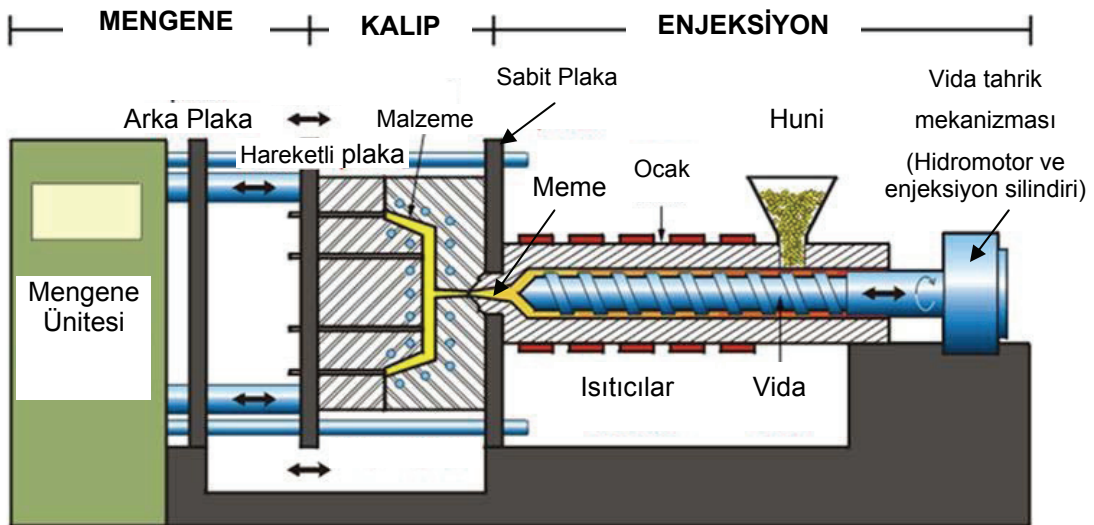
Hidrolik sistemler temel olarak açık hidrolik sistem ve kapalı hidrolik sistem olmak üzere iki temel grupta sınıflandırılabilirler. Sistemin gereksinimlerine göre açık hidrolik sistemler sabit debili tek pompalı devreler, akümülatörlü ve sabit debili tek pompalı devreler, çok pompalı devre ve değişken debili pompalı devreler olmak üzere farklı yapılarla karşımıza çıkarken hidrostatik iletim sistemleri kapalı hidrolik sistemleri oluşturmaktadır. Açık devreli sistemlerde akışkan depodan bir pompa ile alınır, kullanılır ve daha sonra depoya iletilir. Sistemin verimi açısından en verimli olanı değişken deplasmanlı pompalı devrelerdir. Hidrostatik iletim kullanıcından gelen akışkanın doğrudan pompanın emme ağzına verilmesi prensibine dayanır. Bu açıdan bakıldığında değişken hız denetimli motor tahrikli pompa sistemleri açık devreli sistemlerin yanı sıra kapalı devre sistemlerde de farklı kadranslarda çalıştırılarak her iki dönme yönünde de pompa ve motor olarak kullanılabilirler. Sistemdeki enerji verimi açısından bakıldığında elektronik teknolojisindeki gelişmeler sayesinde değişken hız denetimli motor tahrikli pompa sistemlerinin üstünlüğü gün geçtikçe artmaya başlamıştır. Belirtilen nedenlerden dolayı değişken devirli pompa sistemleri hidrolik asansörlerden, plastik enjeksiyon makinelerine kadar pek çok hidrolik sistemde kullanım alanı bulmaya başlamıştır [1,2,3,5].

Elektronik teknolojisindeki gelişmeler ve elektronik ünitelerin fiyatlarındaki düşüş ile pompayı tahrik eden elektrik motorlarının devirlerinin denetimi dolayısıyla pompaların değişken hızlarla çalıştırılabilmesi gibi olanaklar yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu pompa sistemlerini tahrik etmek için genellikle AC servo motorlar veya frekans çeviricili AC elektrik motorları kullanılmaktadır. Statora uygulanan gerilim frekansının  $V/f$  oranı sabit kalacak şekilde değiştirilmesi en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Bu değişken frekans sürüş sistemleri genel olarak bir denetleyici, sürücü devre ve algılayıcılardan oluşmaktadır. Mikroişlemci, dijital sinyal işlemcileri (DSP) gibi gelişkin denetleyiciler bu sistemlerin en önemli kısmı olup gelen sinyalleri uygun şekilde değerlendirerek sürücüye gönderir. Sürücü devrelerinde ise transistörlerdeki gelişmeleri takiben son yıllarda düşük ve orta güç uygulamalı sistemlerde daha çok IGBT tipi transistörler tercih edilmektedir. Bu transistörleri sürülebilmek için darbe genişlik modülasyon tekniği gibi teknikler yaygın olarak kullanılmaktadır [6].

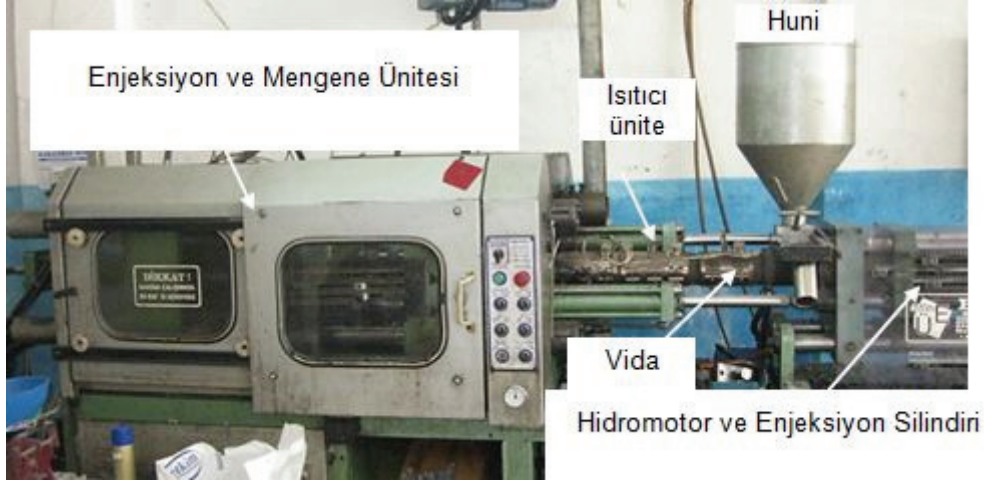
### 3. PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNELERİNİN GENEL YAPISI VE ÇALIŞMA İLKESİ

Plastik enjeksiyon, sıcaklık yardımı ile eritilmiş plastik hammaddenin bir kalıp içine enjekte edilerek şekillendirilmesi ve soğutulmuş kalıptan çıkarılmasını içeren bir imalat yöntemidir. Plastik enjeksiyon makineleri plastik malzeme üretiminde kullanılan en yaygın üretim yöntemlerinden biridir. Kullanılan enjeksiyon makinelerinin farklı geometrilere sahip bir çok eşya üretimini sağlayan farklı kalıplar kullanabilme özellikleri bu makinelerin yaygın bir şekilde kullanılmasına da neden olmaktadır. Enjeksiyon makinesinin temel görevleri; plastik malzemenin sıcaklığını basınç altında akış sağlayabilecek dereceye çıkarmak, makinede oluşturulan kalıp boşluğuna ergimiş malzemeyi itip katılaşmasını sağlamak ve kalıbı açıp ürünü çıkarmaktır. Genel olarak bir enjeksiyon makinesi enjeksiyon ünitesi, mengene ünitesi, kalıp ve denetim ünitesinden meydana gelmektedir. Şekil 1’de gösterildiği gibi enjeksiyon ünitesi; vida, hidromotor ve enjeksiyon silindiri içine alan vida tahrik mekanizması ve ısıtıcı birimlerinden oluşmaktadır. Mengene kısmı ise kalıbın açılıp kapanmasını sağlayan ve enjeksiyon işlemi sırasında kalıbı kapalı tutan kısımdır. Tipik bir plastik enjeksiyon işlemi kalıp kapama, kilitleme, enjeksiyon, mal alma, kalıp açma ve itme işlemlerinden oluşmaktadır. Bir enjeksiyon çevrimi ise kısaca şu şekilde özetlenebilir. Huni içindeki soğuk granül haldeki plastik malzeme vidanın dönmesiyle birlikte ısıtıcı kısmına alınmaya başlar. Bu şekilde malzemenin hem ısıtılarak eriyik haline gelmesi sağlanır hem de meme boşluğuna doğru itilir. Meme boşluğuna dolan bu eriyik malzemenin artmasıyla vida da geriye doğru hareket eder. Bu işlem üretilecek plastik malzeme için yeterli kütledeki malzeme dolana kadar devam eder. Bu işleme mal alma denir. Bir sonraki adım mengine kalıp boşluğu oluşturacak şekilde kapanması ve kilitlemesidir. Ardından vida dönmeyen enjeksiyon silindiri yardımıyla ileri doğru hareket ederek meme boşluğundaki eriyik malzemeyi kalıp boşluğuna doğru iter. Bu da enjeksiyon işlemidir. Enjeksiyon bittikten sonra malzeme hemen soğumaya başlar. Malzemenin büzülmesini önlemek için malzemeye tutma basınçları uygulanır. Kalıp içerisinde malzeme soğuduktan sonra mengene silindirleri geri hareket eder ve kalıp açılır. Plastik ürün ise itici silindir yardımıyla dışarı atılır. Bu şekilde bir çevrim tamamlanmış olur.

Artplas firmasında bulunan ve çalışmamızda incelediğimiz plastik enjeksiyon makinesi 75 tonluk, 194 gr enjeksiyon kapasiteli bir makinedir. İncelediğimiz plastik enjeksiyon makinesinin genel görünümü Şekil 2’ de gösterilmiştir. Sistemin hidrolik güç iletim kısmı temel olarak sabit debili bir pompa ( $n:1450$  dev/dak da  $Q: 58$  lt/dak ( $\Delta P: 140$  bar da),  $\Delta P_{max}: 210$  bar), basınç/debi oransal valfi, kalıbı açmak ve kapatmak için bir mengene silindiri ( $D:50$  mm,  $d:28$  mm,  $L:350$  mm), mengine kalıbı sıkıştırmasına yardımcı olmak amacıyla iki adet grup silindiri ( $D: 50$  mm,  $d:28$  mm,  $L:10$  mm), enjeksiyon işlemi için bir hidromotor ( $D_m: 315$  cm<sup>3</sup>/dev,  $n_m:170$  dev/dak) ve enjeksiyon silindiri ( $D:100$  mm,  $d:56$  mm,  $L: 150$  mm), parçayı çıkarmak için bir adet itici silindir ( $D: 50$  mm,  $d: 28$  mm,  $L: 120$  mm) ve yön denetim valflerinden oluşmaktadır. Silindirlerin strokları ( $L$ ) anahtarlar elemanları ile isteğe göre ayarlanabilmektedir. Çalışmada elde edilen plastik ürün otomotiv sanayinde tavan döşeme klipsi olarak kullanılan bir parça olup aynı anda 8 tane üretilmektedir.



Şekil 1. Plastik Enjeksiyon Makinesinin Şematik Görünümü [7]



Şekil 2. İncelenen Plastik Enjeksiyon Makinasının Genel Görünüşü

#### 4. İNCELEDİĞİMİZ PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNASI ÜZERİNDE DEĞİŞKEN DEVİRLİ POMPA UYARLAMASI

Hidrolik bir sistemin çalışması sırasında eyleyicilerin çalışması için gerekli olan basınç ve debi gereksinimi o sistemin çalıştıracak olan pompa motor sisteminin seçiminde önemlidir. Plastik enjeksiyon makinelerinde her bir kısmın basınç, debi gereksinimi zamana bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu niceliklerdeki değişim sistemin güç gereksinimini de bir çevrim boyunca önemli oranda değiştirmektedir (Şekil 5). Sistemdeki en büyük güç gereksiniminin çevrimin enjeksiyon ve mal alma kısımlarında olduğu Şekil 5'den görülebilmektedir. Kullanılan güç ünitesinin sistemin bu güç gereksinimini karşılayabilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla böyle değişken bir basınç- debi değişimine sahip bir sistemin güç gereksiniminin sabit geometrik debili ve sabit devirli bir motor ile sağlanması enerji kaybını da beraberinde getirmektedir. Bu durumda verimi yükseltmek için akümülatörlü ve sabit debili tek pompalı devreler, çok pompalı devre ve değişken devirli pompalı devreler gibi çeşitli çözümler üretilmiştir. Son senelerde değişken hız denetimli motor tahrikli pompa sistemlerinin plastik enjeksiyon sistemlerinde kullanılması yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu tür sistemlerin bu makinelerde kullanımının bir üstünlüğü sabit hızlı AC motor kullanan makinelerin teknolojik uyarlamalarla değişken devirli hale getirilip sistemin daha yüksek verimle kullanımının sağlanmasına da olanak tanınmasıdır. Bunun için çevrimin her bir kısmının programlanması da gerekmektedir. Bu şekilde gerek duyulduğu kadar akışkanın sisteme pompalanması sağlanmış olacaktır [1].

Çalışmamızda öncelikli olarak plastik enjeksiyon makinesinin verim hesabını yapabilmek için sistemin bir iş çevriminde ihtiyaç duyduğu pompa basıncı-zaman, debi-zaman grafikleri (Şekil 3, Şekil 4) elde edilmiştir.

Sistemde kullanılan silindirlere ait gerekli debi değerleri;

$$Q = A \cdot v \quad (1)$$

ile hidromotor için gerekli debi

$$Q_m = D_m \cdot n_m \quad (2)$$

denklemleri ile elde edilmiştir. Burada  $A$  [ $m^2$ ] piston kesit alanı,  $v$  [ $m/sn$ ] piston hızı,  $D_m$  [ $m^3/dev$ ] hidromotorun geometrik debisi,  $n_m$  [ $dev/sn$ ] hidromotorun devir sayısı,  $Q$  ve  $Q_m$  [ $m^3/sn$ ] ise silindirlere ve hidromotorun debisidir. Sistem için gerekli debi karakteristikleri (1) ve (2) nolu denklemler kullanılarak hesaplanmış ve Şekil 4' de gösterilmiştir.

Plastik enjeksiyon makinesinin bir çevriminde ihtiyaç duyulan akışkan gücü hesabı ve güç- zaman eğrisi (Şekil 5)

$$P = \Delta P \cdot Q \quad (3)$$

ifadesi yardımı ile elde edilmiştir. Burada P (W) gücü,  $\Delta P$  [N/m<sup>2</sup>] basıncı göstermektedir.

Şekil 5' den de görüldüğü gibi sistemin bir çevrim içinde de çeşitli güç talepleri bulunmaktadır. Bu grafiğe göre en büyük güç 9 kW ( $Q_{\text{malalma}}$ : 53,55 lt/dak debi ve  $\Delta P$  : 100 bar basınç değeri için) ile hidromotor tarafından tüketilmektedir. Enjeksiyon ünitesindeki güç talebi işlenen parçanın basınç-debi talebine göre değişebilmektedir. Bu parçanın enjeksiyon işleminde  $Q_{\text{enj}}$ : 35,35 lt/dak debi ve  $\Delta P$  : 50 bar basınç değeri için güç talebi 2,94 kW' dır. Bu eğriden bir iş çevriminde sistemin yararlı olarak kullandığı toplam enerji ( $E_{\text{faydalı}}$ ) güç-zaman grafiğindeki kapalı alanın hesaplanması ile elde edilmiştir. Burada t (sn) zamanı göstermektedir.

$$E_{\text{faydalı}} = P \cdot t \quad (4)$$

20 sn lik çevrim için faydalı enerji ( $E_{\text{faydalı}}$ ) 51 kJ olarak hesaplanmıştır. Daha sonra pompa iletiminin sağladığı toplam güç;

$$P_{\text{verilen}} = \Delta P \cdot Q \quad (5)$$

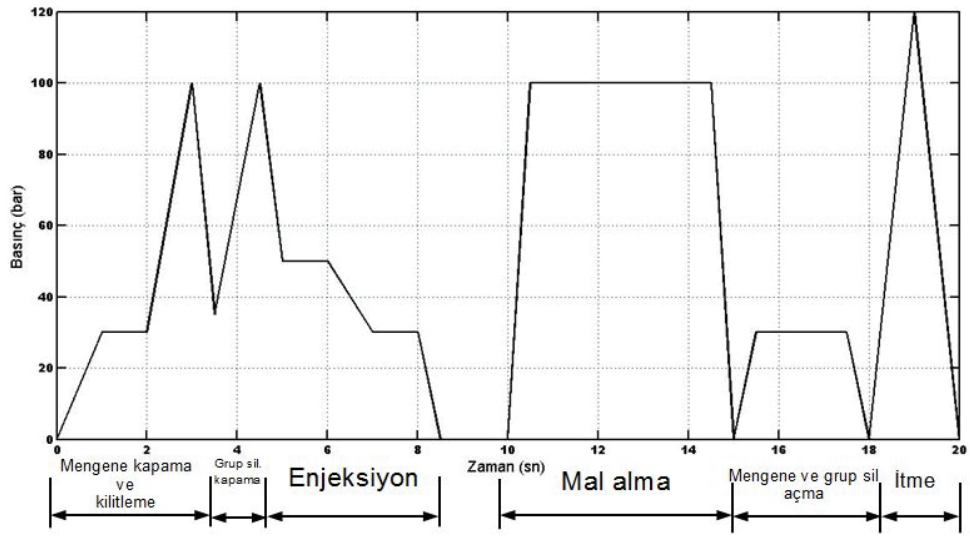
denklemleri yardımıyla hesaplanmıştır. Burada Q pompanın sağladığı debi (58 lt/dak) ve  $\Delta P$  basınç değeri (132 bar en büyük sistem basıncının %10 fazlası alınmıştır) olup sağlanan güç 12,76 kW dır.. Sağlanan toplam teorik enerji ise

$$E_{\text{verilen}} = P_{\text{verilen}} \cdot t \quad (6)$$

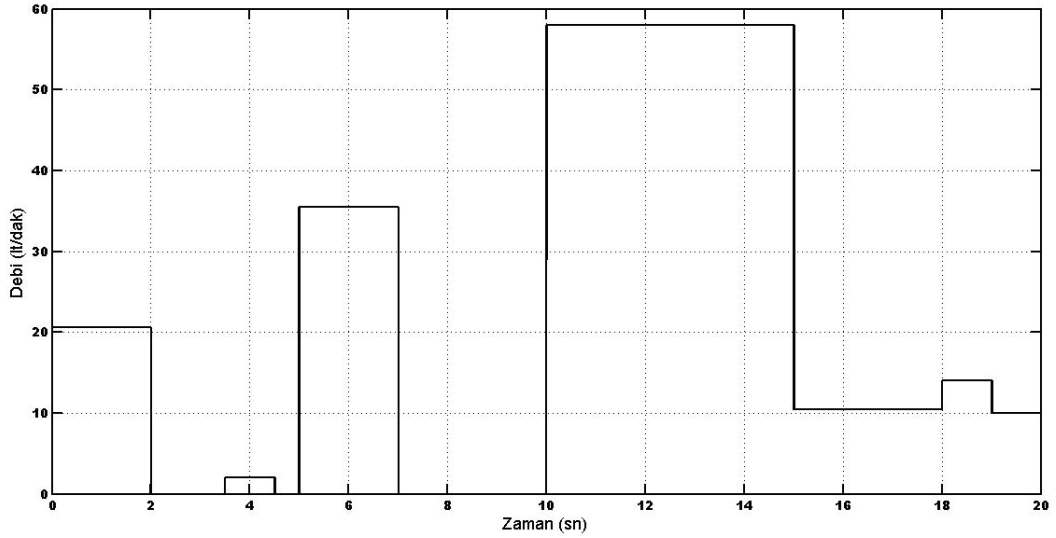
ile 233 kJ olarak elde edilmiştir. Sisteme sabit devirli pompa tarafından bir çevrim boyunca sağlanan güç değişimi Şekil 5' de gösterildiği gibidir. Buradan hidrolik sistemin toplam verimi faydalı olarak kullanılan toplam enerjinin sisteme sağlanan toplam enerjiye oranından

$$\eta = \frac{E_{\text{faydalı}}}{E_{\text{verilen}}} \quad (7)$$

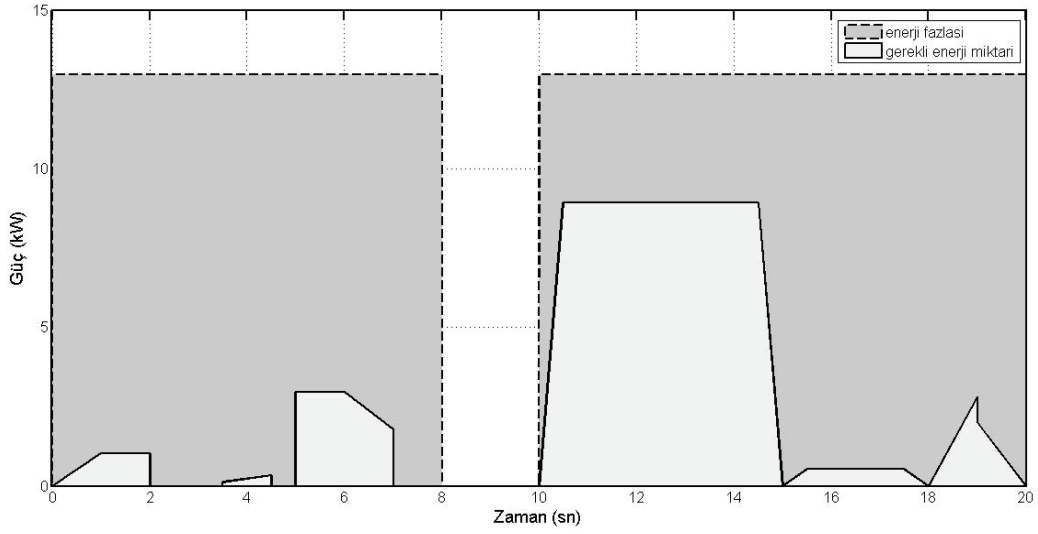
denklemleri ile hesaplanabilir. Sabit debili pompa kullanan sistemin verimi denklem (7) den %22 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Sistemin Pompa Basınç- Zaman Grafiği



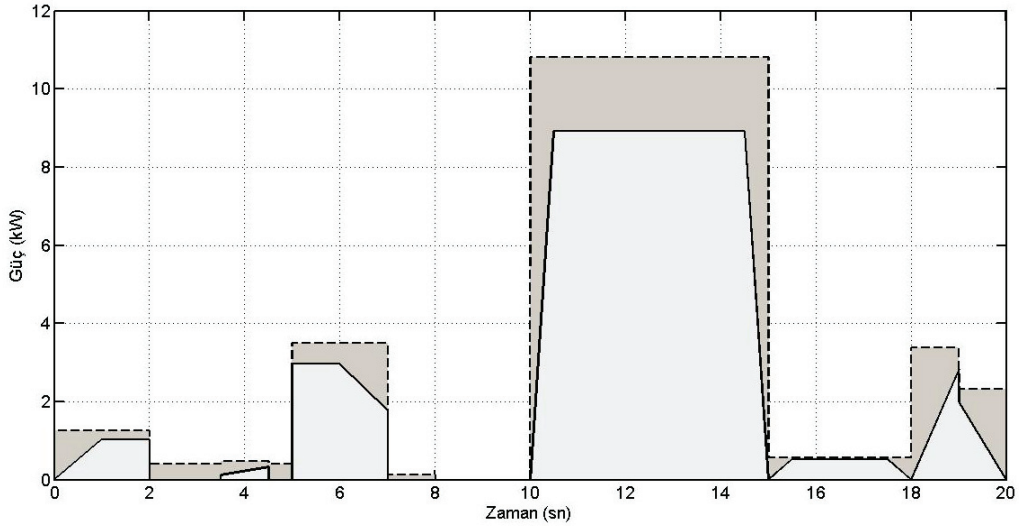
Şekil 4. Sistemin Debi- Zaman Grafiği



**Şekil 5.** Sistemin ve Sabit Debili Pompanın Sağladığı Güç- Zaman Grafikleri

İkinci aşamada sistemin gereksinimlerini karşılayabilecek özelliklere sahip bir değişken hız denetimli motor tahrikli,  $20 \text{ cm}^3/\text{dev}$  geometrik debili, en yüksek devri  $3200 \text{ dev/dak}$ , en yüksek çalışma basıncı  $210/250 \text{ bar}$  olan bir pompa seçilmiştir. Bu pompanın sağlayabildiği en yüksek debi  $64 \text{ lt/dak}$ ' dır. Sistemin sağladığı minimum debi ise  $2 \text{ lt/dak}$  olarak alınmıştır.

Burada sisteme sağlanacak güç sabit debili pompadaki hesaplamalarla benzer bir şekilde her bir kısım için gerekli en yüksek basıncın ve debinin %10 fazlası alınarak (5) nolu formül yardımıyla, enerji ve verim ifadeleri de (6) ve (7) nolu formüller yardımıyla hesaplanmıştır (Şekil 6). Bu hesaplamalar sonucunda değişken devirli pompa tarafından sağlanan enerji  $72,36 \text{ kJ}$  olarak elde edilmiştir. Bu pompaya göre yapılan verim hesabı ile hidrolik sistemin verimi ideal durum için yaklaşık %70 olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 6.** Sistemin ve Değişken Hız Denetimli Pompanın Sağladığı Güç- Zaman Grafikleri

## SONUÇ

Günümüz dünyasında enerji kaynaklarını verimli kullanabilme hem çevre hem de maliyet açısından giderek önem kazanmaktadır. Her geçen gün enerjiyi daha verimli bir şekilde kullanabilmek için ürünler ve yöntemler geliştirilmektedir.

Enerji verimliliği gibi üstünlüklerinden dolayı endüstriyel uygulamalarda değişken hız denetimli motor tahrikli pompa sistemlerinin kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır. Bu tür sistemlerde pompayı süren elektrik motorunun devri ayarlanarak debinin değiştirilmesi sağlanmaktadır. Bu sistemler özellikle değişken debi ihtiyacı olan hidrolik sistemlerde önemli miktarda enerji tasarrufu sağlamaktadır. Değişken devirli sistemlerin diğer bir üstünlüğü ise hidrolik motor olarak da çalışma özelliğidir. Yani sisteme pompa modunda enerji verirken motor modunda da sistemden enerji geri alınabilmektedir. Farklı uygulamalarda bu özelliğin kullanılabilmesi de mümkündür.

Bu çalışmada da bir uygulama örneği olarak bir plastik enjeksiyon makinesi incelenmiştir. Bu makinede otomotiv sanayinde tavan döşeme klipsi olarak kullanılan parçaların üretildiği sırada elde edilen basınç, debi verileri kullanılmıştır. Sabit debili pompa kullanan bu sistemin güç- zaman grafiği elde edilmiş ve hidrolik sistemin verimi %22 olarak hesaplanmıştır. İkinci aşamada ise sistemin sabit debili pompa yerine değişken hız denetimli motor tahrikli bir pompa sistemiyle çalıştırılması durumu incelenmiştir. Sistem için uygun bir pompa seçilmiş ve hidrolik sistemin verimi %70 olarak hesaplanmıştır. Bu teorik sonuçlardan pompa debisinin motor devri değiştirilerek ayarlandığı bu sistemlerde önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabileceği görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- [1]. AMBS L., M.M. FRERKER. The Use of Variable Speed Drives to Retrofit Hydraulic Injection Molding Machines. Energy Engineering; Vol: 95, Issue: 1, pp. 55 -76. 1998.
- [2]. HUAYONG, Y., Y. JIAN, X. BING. Computational Simulation and Experimental Research on Speed Control of VVVF Hydraulic Elevator. Control Engineering Practice. Vol: 12. pp. 563-568. 2004.
- [3]. WILLIAMSON C., M. IVANTYSNOVA. Pump Mode Prediction for Four-Quadrant Velocity Control of Valveless Hydraulic Actuators. Proceedings of the 7th JFPS International Symposium on Fluid Power. Toyama. pp. 323-328. 2008.
- [4]. ÇELİKAYAR G. Servomotor Tahrikli Pompa Kontrol Sistemleri ve Enerji Tasarrufu. V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi. İzmir. s. 151- 159. 2008.
- [5]. ÇALIŞKAN H., T. BALKAN, B. PLATİN, S. DEMİRER. Değişken Devirli Pompa ile Servo Hidrolik Konum Kontrolü. V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi. İzmir. s. 359 -375. 2008.
- [6]. MONDAL, A.K., Simulation of A Vector-Controlled Permanent Magnet Synchronous Motor Drive. MSc Thesis. Department of Electrical Engineering, Bengal Engineering and Science University, India. 2011.
- [7]. AKYÜZ Ö. F. Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş. Pagev Yayınları. İstanbul. 2001.
- [8]. PINCHES, M.J., J. G. ASHBY, Güç Hidroliği, MEB Yayınları. 1994.
- [9]. <http://www.bucherhydraulics.com/33251/31197/Mobile-and-Industrial-Hydraulics/Products/Pumps/Internal-Gear-Unit-QXM/Products/Motors/Internal-Gear-Unit-QXM/index.aspx> [erişim tarihi: 12.08.2011]
- [10]. [http://www.boschrexroth.com/corporate/en/company/press/press\\_releases/product\\_information/dc\\_ia\\_en/archiv\\_2010/PI\\_111\\_10\\_en/index.jsp](http://www.boschrexroth.com/corporate/en/company/press/press_releases/product_information/dc_ia_en/archiv_2010/PI_111_10_en/index.jsp) [erişim tarihi: 12.08.2011]



## ÖZGEÇMİŞ

### Zeliha KAMIŞ KOCABIÇAK

1978 yılı Bursa doğumludur. 1999 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden birincilikle mezun oldu. 2001 yılında Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği ABD, Konstrüksiyon ve İmalat Bilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimini, 2005 yılında Makine Teorisi ve Dinamiği Bilim Dalı'nda doktora öğrenimini tamamladı. 1999- 2005 yılları arasında Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma görevlisi olarak, 2005 yılından beri de aynı bölümde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Elektromekanik, otomatik kontrol ve mekatronik alanlarında çalışmalar yapmaktadır. Çeşitli konularda yayınlanmış ulusal ve uluslararası çalışmaları bulunmaktadır.

### Elif ERZAN TOPÇU

1978 yılı Bursa doğumludur. 1998 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden birincilikle mezun oldu. 2000 yılında Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği ABD, Konstrüksiyon ve İmalat Bilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimini, 2005 yılında Makine Teorisi ve Dinamiği Bilim Dalı'nda doktora öğrenimini tamamladı. 1998- 2005 yılları arasında Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma görevlisi olarak, 2005 yılından beri de aynı bölümde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Elektropnömatik, elektrohidrolik, elektromekanik, otomatik kontrol ve mekatronik alanlarında çalışmalar yapmaktadır. Çeşitli konularda yayınlanmış ulusal ve uluslararası çalışmaları bulunmaktadır.

### İbrahim YÜKSEL

1951 yılı İzmit doğumludur. Doktorasını İngiltere' de University of Surrey' de tamamladı. 1982 yılından bu yana Uludağ Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, Makine, Tekstil, Endüstri ve Elektronik Mühendisliği Bölümlerinde Otomatik Kontrol ve Sistem Dinamiği, Hidrolik ve Pnömatik Güç İletimi konularında Lisans ve Lisansüstü seviyelerinde çeşitli dersler ve araştırma çalışmaları yürütmektedir. Temmuz 1997-Ekim 2000 yılları arasında U.Ü. Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dekanlığı görevi yaptı. Ulusal ve uluslararası alanda yayınlanmış çeşitli makaleleri mevcut olup "Otomatik Kontrol- Sistem Dinamiği ve Denetim Sistemleri" ve "MATLAB ile Mühendislik Sistemlerinin Analizi ve Çözümü" isimli kitapları bulunmaktadır.