

Çok Amaçlı Presin Hidrolik Sisteminin Modellenmesi Ve Simülasyonu

Modeling and Simulation of Hydraulic System of a Multi-Purpose Press

Ufuk Alemdaroğlu¹, Mithat Can Özün², Fikret Dalkıran¹, Berke Alp Mirza², İlker Murat Koç^{2,*}

¹Hipaş Hidrolik Pnömatik San. ve Tic. A.Ş
İstanbul

ualemdaroglu@hipashidrolik.com

²Makina Fakültesi, Makine Müh. Bölümü
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
{kocilk, ozin, mirzab}@itu.edu.tr

Özetçe

Hidrolik presler, pompaların elektrik motorlarından aldığı tahrik ile sisteme basınçlı yağ göndererek çalışan makinalardır. Bu çalışma kapsamında 2000 tonluk çok amaçlı hidrolik kalıp alıştırma presinin hidrolik devre tasarımı ve simülasyonu yapılmıştır. Üzerinde çalışılan pres 4 adet ana silindir ve 2 adet kaldırma silindiri içermektedir. 4 farklı safhada çalışan bu makinanın her bir safhası için ana silindir ve kaldırma silindirlerinin basınç, debi, pistonun kuvveti ve hızının zamana göre değişimi incelenerek sistemin her safhası için basınç dalgalanmaları azaltılarak iletim verimlilikleri incelenmiştir.

Abstract

Hydraulic presses are machines which operate by electrically driven pumps supplying pressurized oil to the hydraulic circuit. In this study, hydraulic modeling and simulation of a 2000 tone multi-purpose die spotting hydraulic press is carried out. The press includes 4 main cylinders and 2 lifting cylinders. The simulations are composed of 4 scenarios. For each scenario, the change of pressure, flow rate, generated force, speed and displacement of the main and lifting cylinders are plotted with respect to time and efficiency of the system is investigated.

1. Giriş

Hidrolik preslerde hidrolik devre tasarımının iyileştirilmesi ve uygun komponentlerin seçilmesi enerji kayıplarının azaltılması ve verimliliğin artırılması için önemlidir. Pres makinalarında işe dönüşen efektif hidrolik güç sahada ölçülerek ya da bilgisayar modellemesi ile hesaplanarak tespiti edilebilir [1-2]. Hidrolik presler hacim ve maliyet olarak büyük makineler olduğundan dolayı simülasyon çalışmalarıyla imalat sonrası gerçekleştirilebilecek maddi kayıplar ve hatalar azaltılabilir.

Guoqiang ve Jianping, 300 MN kalıplama presinde görülen conta arızası ve basınç algılayıcısı arızaları gibi olayların zararlarının istatistiklerini derlemiş ve hidrolik

sistemin hidrolik etkisinin teorik simülasyonunu momentum korunumuna dayalı olarak gerçekleştirmişlerdir. Ardından AMESim ve Simulink programlarını kullanarak hidrolik sistemin modeli kurularak, belirlenen senaryolarda simülasyonu gerçekleştirilmiştir [3]. Wei vd. 1250 kN baskı kuvvetine, 50 mm stroklu, hidrolik eyleyici sayesinde titreşerek delik açan pres tasarlama çalışmalarıdır. Bilgisayar ortamında kurulan bir simülasyon modeli ile sistemin performansı incelenmiştir [4]. Simülasyon ortamında bulanık mantık ve adaptive kontrol gibi modern kontrol teorileri kullanılarak pres koçunun hassas konum kontrolü üzerine çalışmalar da yapılmaktadır [5-6]. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan analizlerde hidrolik preslerin doğal frekanslarının tayini ve pres komponentlerinin çalışma ömrünün uzatılması üzerine de çalışmalar mevcuttur [7-8].

Sistemin hidrolik devre simülasyonunun yapılması, sistemde oluşabilecek arızaları, plan dahilinde olmayan olumsuzlukları daha önceden tespit edilerek gerekli eklemelerin sisteme yapılmasına olanak sağlar. Bu çalışmada 2000 tonluk hidrolik kalıp alıştırma presinin simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

Hidrolik sistemde kullanılan hidrolik bileşenlerin özellikleri, boru çapları, boru uzunlukları, iç sürtünme katsayıları, akışkan viskozite değeri, boru pürüzlülüğü ve boru malzemesinin elastiklik modülü bu simülasyonda göz önüne alınmıştır. Hidrolik sistemin ana silindir ve kaldırma silindirlerinin basınç, debi, piston kuvveti, silindir konumu ve hızın zamana göre değişimi ve sistem verimliliği incelenmiştir.

2. Hidrolik Devre Tasarımı

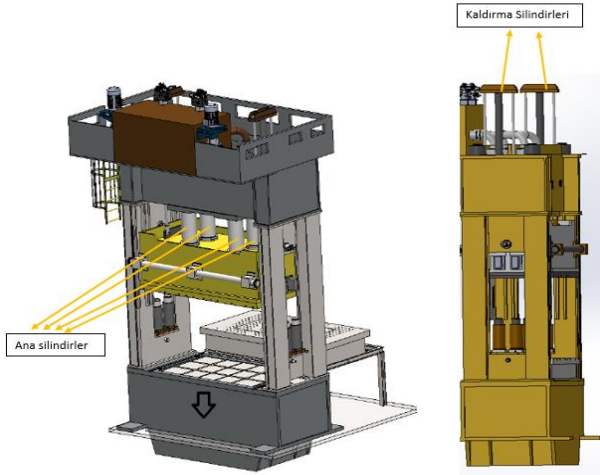
Hidrolik presler pompa, elektrik motoru, valf blokları ve silindirlerden oluşmaktadır. Gerek pres ekipmanları ve gerekse operatör emniyeti için ilave ekipman ve emniyet valfleri kullanılmaktadır. Bu simülasyon çalışmasında presin hidrolik devresinde ana hareketlerin dışında emniyet amaçlı kullanılan yardımcı hidrolik ekipmanlar çıkartılarak daha sade hale getirilen devre şeması Şekil-1'de verilmiştir.

3.4. Presleme

Presleme durumunda ise serbest düşme durumundan farklı olarak 17 numaralı valf kapalıdır ve sisteme etkiyen tepki kuvveti bulunmaktadır. Sistemde 4, 6, 8, 9 ve 10 numaralı valfler açıktır. 1 numaralı motorlar ve 2 numaralı pompalar, sistemin presleme yapabilmesi için ana silindire akışkanı basar. Kaldırma silindirlerindeki akışkan ise serbest düşme durumunda tanka boşaltılması için 8, 9 ve 10 numaralı valfleri kullanır.

4. Simülasyon

Dört farklı safhada ana silindir ve kaldırma silindirlerinin her bir silindir içerisindeki basınç, debi, piston kuvveti, hızı ve yer değişimi aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur. 2000 tonluk çok amaçlı hidrolik kalıp alıştırma presinde silindirlerde yay olmadığı için yay kuvvet değeri sıfır olarak kabul edilmiştir. Şekil-2 'de 2000 tonluk çok amaçlı hidrolik kalıp alıştırma presinin 3 boyutlu modeli verilmiş ve kaldırma silindirleri ile ana silindirlerin pres üzerindeki yerleşimi gösterilmiştir.

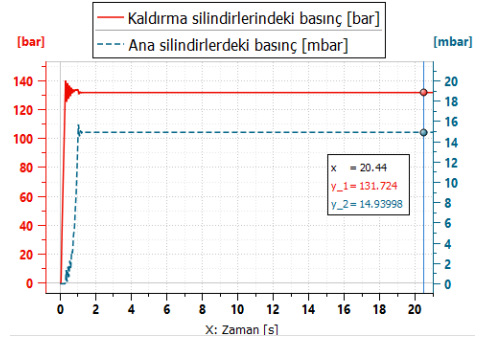


Şekil 3: Hidrolik presin 3 boyutlu modeli

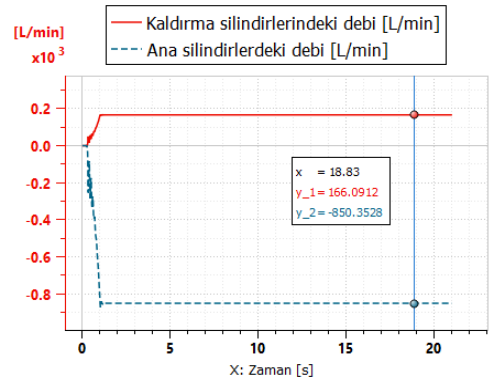
4.1. Koç Yukarı Durumu Simülasyonu

Sistemin hidrolik tahrik ünitesinde bulunan Şekil-1 de verilen 1 numaralı elektrik motorunun hızı 1450 rev/min, 2 numaralı pompanın deplasmanı 250 cc/rev ve pompanın hızı 1450 rev/min olarak verilmiştir. Ayrıca 14 numaralı elektrik motorunun hızı 1450 rev/min, 15 numaralı pompanın deplasmanı 45 cc/rev ve pompa hızı 1450 rev/min olarak verilmiştir. Sistemin 10 saniye içerisinde ön çalışma sürecini tamamlamasından sonra pompa devir ve debileri sürekli rejime ulaşır. Sistem bu ön çalışma zamanından sonra Şekil-1 de gösterilen kontrolcü tarafından valflere aç-kapa sinyalleri yollar. Değişken deplasmanlı pompaya ise istenilen debiyi elde etmek amacıyla deplasman açısını kontrol eden sinyali 2 saniyede 0'dan 250 cc ye çıkacak şekilde rampa girdisi ile sürülmüştür. Ana silindir ve kaldırma silindirinin basınç, debi, silindire etkiyen kuvvetler ve silindir hızının zamana göre değişimi Şekil-4'te verilmiştir. Verilen grafikler birer silindir için geçerlidir (ana silindirler toplamda 4, kaldırma silindirleri toplamda 2 adettir).

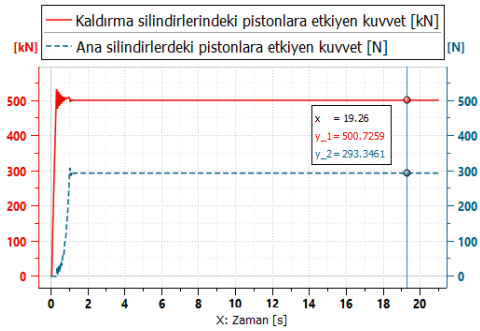
a)



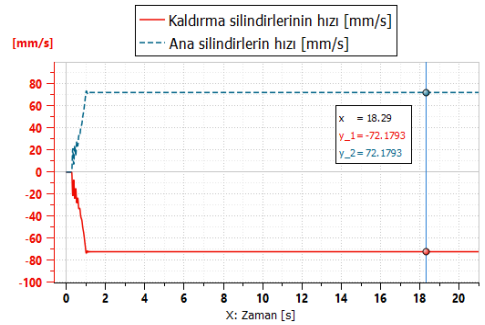
b)



c)

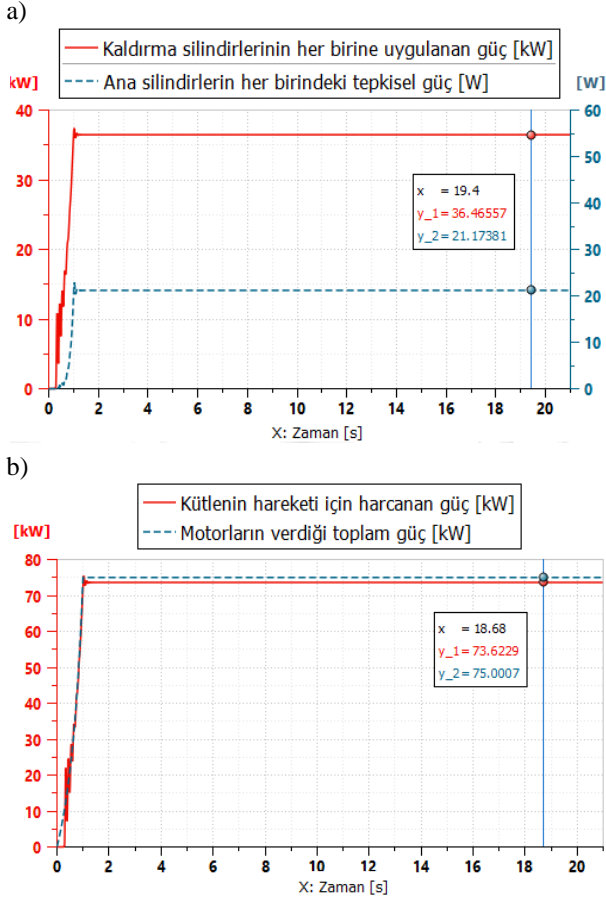


d)



Şekil 4: Koç yukarı durumu için ana silindir ve kaldırma silindirinin a) basınç, b) debi, c) silindire etkiyen kuvvetler ve d) silindir hızının zamana göre değişimi grafikleri

Pistonların 21 saniyeden fazla çalışması durumunda silindirin tabanlarına bindirdikleri için sistem 21 saniye çalıştırılmıştır. Şekil-5(a)'daki güç-zaman grafiklerinde ise kaldırma silindirlerinin her birine koç yukarı durumunda uygulanan gücün 36,47 kW olduğu görülmektedir. Ana silindirlerin her birinde oluşan tepkisel güç ise 21,17 W olduğu görülmektedir. Şekil-5 b'ye göre ise toplam kütleli kaldırmak için harcanan güç 73,62 kW olmakla birlikte sisteme verilen güç 75 kW 'tır. Sistemin iletim verimi $(73,623/75) \times 100 = \%98,2$ 'dir.

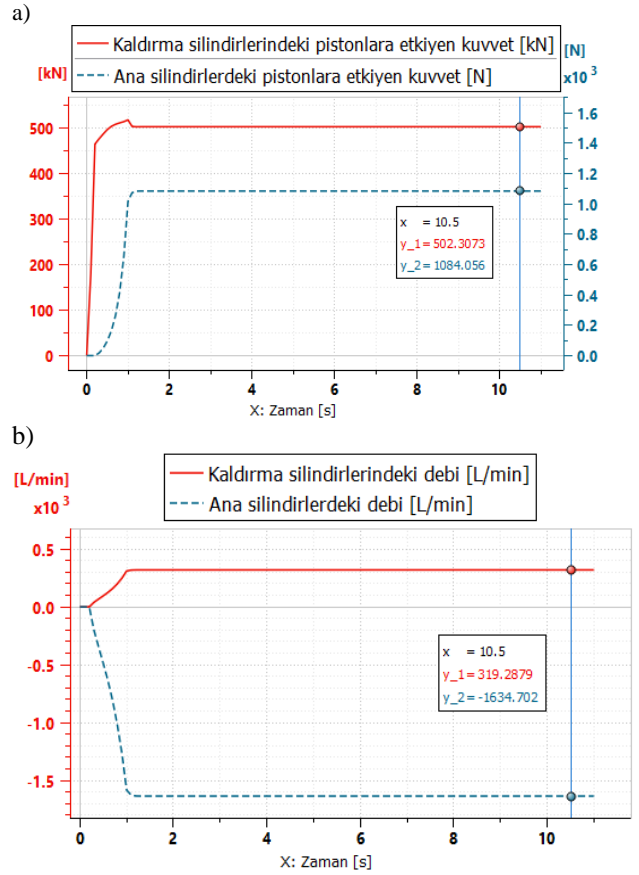


Şekil 5: Koç yukarı durumu için gücün zamana bağlı değişim grafikleri, a) silindir güçleri, b) sistemin toplam gücü

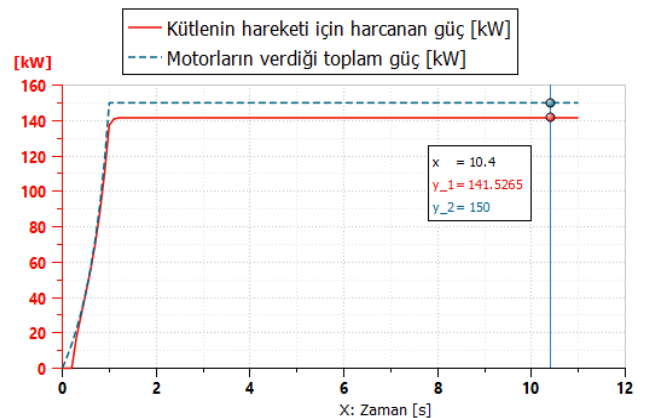
4.2. Koç Yukarı (Hızlı) Durumu Simülasyonu

Sisteme başlangıç değerleri; 1 numaralı motorun hızı 1450 rev/min, 2 numaralı pompanın deplasmanı 250 cc/rev ve pompanın hızı 1450 rev/min olarak verilmiştir. Ayrıca 14 numaralı motorun hızı 1450 rev/min, 15 numaralı pompanın deplasmanı 45 cc/rev ve pompa hızı 1450 rev/min olarak verilmiştir. Ana silindir ve kaldırma silindirinin debi ve silindire etkiyen kuvvetlerin zamana göre değişimi Şekil-6'da verilmiştir. Verilen grafikler birer silindir için geçerlidir (ana silindirler toplamda 4, kaldırma silindirleri toplamda 2 adettir). Pistonların 12 saniyede stroğunu tamamlayarak tabanlarına bindirdikleri görülmüş ve sistem 11 saniye çalışma süresi için simüle edilmiştir. Şekil-7'deki güç-zaman

grafiklerinde ise kaldırma silindirlerinin her birine koç yukarı (hızlı) durumunda uygulanan gücün 70,31 kW olduğu görülmektedir. Ana silindirlerin her birindeki tepkisel gücün 150,42 W olduğu görülmektedir. Toplam kütleli kaldırmak için harcanan güç 141,52 kW olmakla birlikte sisteme verilen güç 2 motordan karşılanmakta ve $75 \times 2 = 150$ kW 'tır. Hidrolik sistemin iletim verimi $(141,527/150) \times 100 = \%94,35$ 'dir.



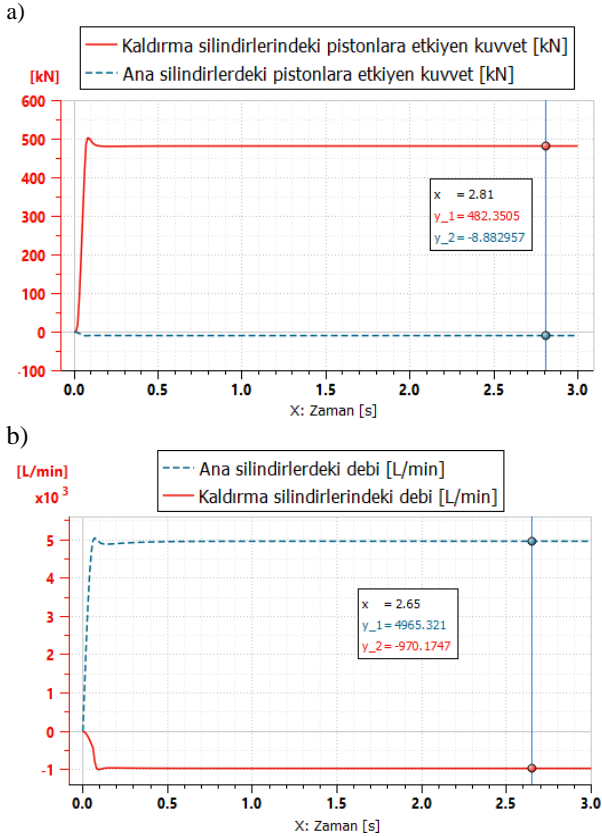
Şekil 6: Koç yukarı (hızlı) durumu için ana silindir ve kaldırma silindirinin a) silindire etkiyen kuvvetler ve b) debinin zamana göre değişimi grafikleri



Şekil 7: Koç yukarı (hızlı) durumu için gücün zamana bağlı değişim grafikleri

4.3. Serbest Düşme Durumu Simülasyonu

Sisteme başlangıç değerleri; 1 numaralı motorun hızı 1450 rev/min, 2 numaralı pompanın deplasmanı 250 cc/rev ve pompanın hızı 1450 rev/min olarak verilmiştir. Ayrıca 14 numaralı motorun hızı 1450 rev/min, 15 numaralı pompanın deplasmanı 45 cc/rev ve pompa hızı 1450 rev/min olarak verilmiştir. Ana silindir ve kaldırma silindirinin debi ve silindire etkiyen kuvvetlerin zamana göre değişimi Şekil- 8 'de verilmiştir. Verilen grafikler birer silindir için geçerlidir (ana silindirler toplamda 4, kaldırma silindirleri toplamda 2 adettir). Pistonların 3.1 saniyeden yukarısında tabanlarına bindirdikleri görülmüş ve sistem 3 saniye çalışma süresi için simüle edilmiştir.



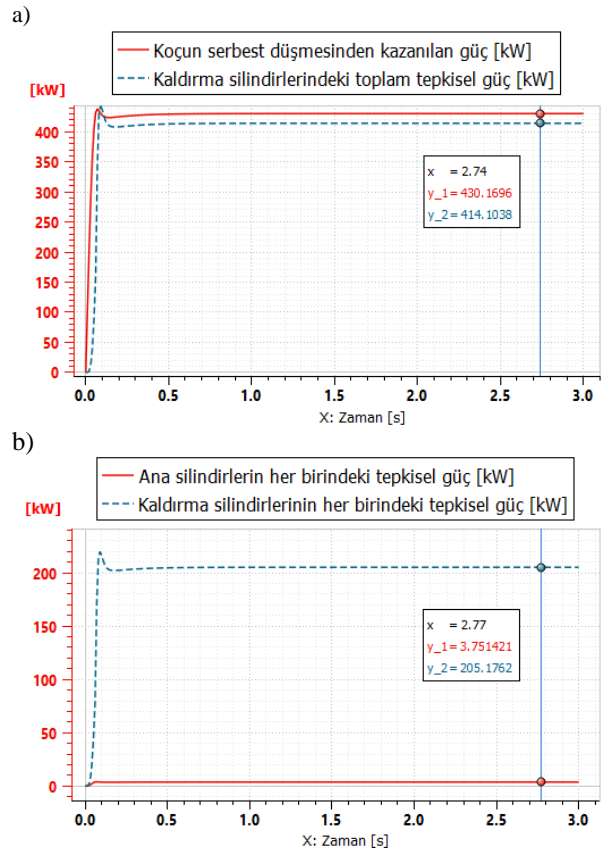
Şekil 8: Serbest düşme durumu için ana silindir ve kaldırma silindirinin a) silindire etkiyen kuvvetler ve b) debinin zamana göre değişimi

Şekil-9(a)'daki gücün zamana bağlı değişim grafiklerine bakıldığında koçun düşerken sisteme 3 saniye boyunca 430,17 kW güç verdiği görülmektedir. Şekil-9(b)'de görüleceği üzere kaldırma silindirlerinin her biri üzerinden koç tablası 205,18 kW güç uygulamaktadır. Bu güç ısı enerjisi olarak hidrolik tanktaki yağın ısınmasına neden olmaktadır. Bu esnada ana silindirlerin her biri -0,5 bar civarında oluşan vakum basıncı dolayısıyla 3,75 kW çekme yönünde karşı güç uygulamaktadır.

4.4. Presleme Safhası

Presleme durumunda ise serbest düşme durumundan farklı olarak 17 numaralı valf kapalıdır ve sisteme etkiyen

tepkî kuvveti bulunmaktadır. Sistemde 4, 6, 8, 9 ve 10 numaralı valfler açıktır. 1 numaralı motorlar ve 2 numaralı pompalar, sistemin presleme yapabilmesi için ana silindire akışkanı basar. Kaldırma silindirlerindeki akışkan ise serbest düşme durumunda tanka boşaltılması için 8, 9 ve 10 numaralı valfleri kullanır. Sisteme başlangıç değerleri; 1 numaralı motorun hızı 1500 rev/min, 2 numaralı pompanın deplasmanı 250 cc/rev ve pompanın hızı 1450 rev/min olarak verilmiştir. Sisteme başlangıç değerleri; 1 numaralı motorun hızı 1500 rev/min, 2 numaralı pompanın deplasmanı 250 cc/rev ve pompanın hızı 1450 rev/min olarak verilmiştir. Ayrıca 14 numaralı motorun hızı 1450 rev/min, 15 numaralı pompanın deplasmanı 45 cc/rev ve pompa hızı 2600 rev/min olarak verilmiştir. Preste ana hidrolik şemaya ek olarak, pistonlara etkiyen ek kuvvet vardır. Bu ek kuvvet 2000 ton x 9.81 m/sn² olarak simülasyon programına eklenmiştir.



Şekil 9: Serbest düşme durumu için gücün zamana bağlı değişim grafikleri, a) sistemin toplam gücü, b) silindirlerdeki tepkisel güç, c) pompaların gücü

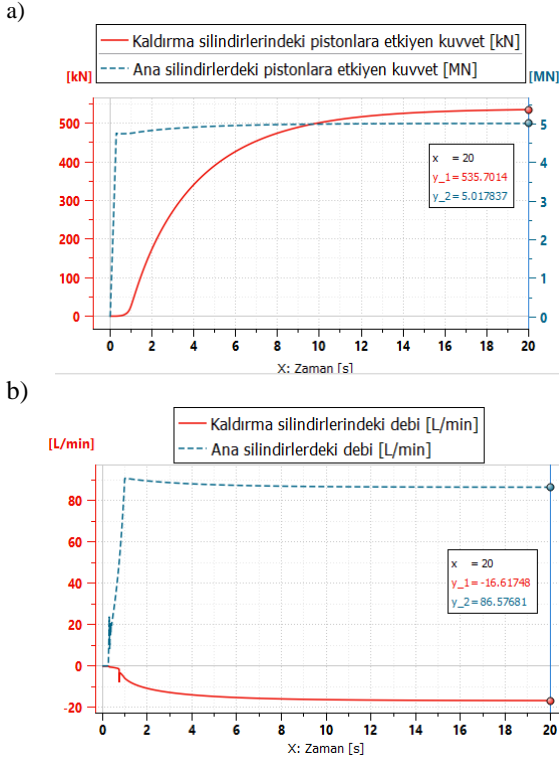
Ana silindir ve kaldırma silindirinin debi ve silindire etkiyen kuvvetlerin zamana göre değişimi Şekil-10 'da verilmiştir. Verilen grafikler birer silindir için geçerlidir (ana silindirler toplamda 4, kaldırma silindirleri toplamda 2 adettir). Sistem 20 saniye süre için simüle edilmiştir ve pistonun 0 dan harekete başladığı varsayılmıştır. Gücün zamana bağlı değişim grafiklerine bakıldığında ise 2000 tonluk presleme yapabilmek için 144,619 kW güç uygulanması gerekmektedir. Pompaların sisteme verdiği toplam güç $2 \times 75 = 150$ kW tır. Sistemin iletim verimi: $(144,619/150) \times 100 = \%96,4$ 'tür.

Sonuçlar

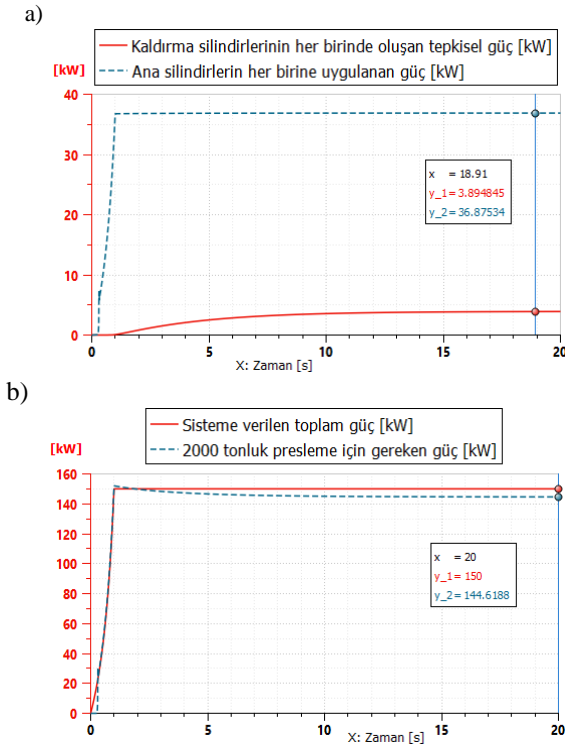
Bu çalışma kapsamında 2000 tonluk çok amaçlı hidrolik kalıp alıştırma presinin hidrolik devre tasarımı ve simülasyonu yapılmıştır. Presin 4 farklı çalışma safhası için ana silindir ve kaldırma silindirlerinin basınç, debi, silindirin etkidiği kuvvetler ve silindir hızının zamana göre değişimi incelenerek iletim verimlilikleri hesaplanmıştır. Simülasyonda görülen basınç dalgalanmaları azaltılmıştır. Simülasyonlar sonucunda 102 tonluk koç kütesini kaldırmak için 141,52 kW güç ihtiyacı belirlenmiştir. 2 adet 75 kW ve 1450 rpm devirde elektrik motoru seçimi yapılmıştır. Serbest düşme ve presleme safhalarında simülasyonda elde edilen veriler sonucu valf büyüklükleri ve valf kapasiteleri belirlenmiştir. Safhalarda oluşan tepkisel kuvvetler simülasyonla gözlemlenerek sisteme etkisi incelenmiştir. Koç yukarı durumunda iletim verimi %98,2 iken koç yukarı (hızlı) durumunda hız, sürtünmeler ve tepkisel güçler arttığı için iletim verimi azalarak %94,35 olmaktadır.

Kaynakça

- [1] Lei Li vd., 2017, *An Energy-Saving Method by Balancing the Load of Operations for Hydraulic Press*, IEEE/ASME Transactions On Mechatronics, 22 (6), 2673-2683.
- [2] Jing Yao vd., 2015, *Displacement and dual-pressure compound control for fast forging hydraulic system*, Journal of Mechanical Science and Technology, 30 (1), 353-363.
- [3] Guoqiang Chen ve Jianping Tan, 2017, *Study of Dynamic Characteristics for Hydraulic System on 300MN Die-forging Press*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 212, 1-6.
- [4] Wei Song vd., 2016, *Investigation on the design of hydraulic high-speed punching press with a large press force and a long press stroke*, Advances in Mechanical Engineering, 8 (12), 1-12.
- [5] Jianhua vd., 2016, *High-performance motion control of the hydraulic press based on an extended fuzzy disturbance observer*, Journal of System and Control Engineering, 230 (9), 1044-1061.
- [6] Qiang Zhang vd., 2016, *Nonlinear motion control of the hydraulic press based on an extended piecewise disturbance observer*, Journal of System and Control Engineering, 230 (8), 830-850.
- [7] Karel vd. 2014, *Dynamic Behavior of the Hydraulic Press for Free Forging*, ScienceDirect Procedia Engineering 100, 885-890.
- [8] Dongqing Lv, 2014, *Finite element static analysis of YP2080 automatic hydraulic press*, Trans Tech Publications, 556-562, 1046-1049.



Şekil 10: Presleme durumu için ana silindir ve kaldırma silindirinin a) silindire etkiyen kuvvetler ve b) debinin zamana göre değişimi



Şekil 11: Presleme durumu için gücün zamana bağlı değişim grafikleri, a) tepkisel güç, b) toplam güç