

Bilyalı Vida-Mil Mekanizmalı Servo Motor Tahrikli Hafif Tonajlı Bir Pres Sisteminin Tasarımı ve Enerji Tüketiminin İncelenmesi

The Design of a Light Tonnage Press System with Servo Motor Driven Ball Screw Mechanism and Investigation of Energy Consumption

Elif Erzan Topçu^{1,*} 

Prof. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
Bursa, Türkiye

Batuhan Özçay^{2,3} 

² Hid-Tek Ltd. Şti. Ar-Ge Merkezi, 16110, Bursa, Türkiye

³ Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

Mustafa Karataş¹ 

² Hid-Tek Ltd. Şti. Ar-Ge Merkezi, 16110, Bursa, Türkiye

* Corresponding author: erzan@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 30.04.2024
Kabul Tarihi / Accepted: 12.06.2024

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.5281/zenodo.13847582

ÖZET

Presleme yöntemi ile şekillendirme işlemi endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Presleme işlemini yapan makinelerin ve tahrik sistemlerinin üretim adedi, tonajı, hızı gibi talepleri karşılayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Tahrik sistemlerine göre presler hidrolik, pnömatik veya elektromekanik güç sistemlerine sahip olabilmektedirler. Günümüzde hafif tonajlı ve yüksek hızlı uygulamalarda elektromekanik sistemlerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Yapılan araştırmalarda bu tip sistemlerin boyutlandırılması ve seçimine dair arayüz programlarının daha çok yurtdışı menşei olduğu görülmüştür. Bu kapsamda yerli bir uygulamanın geliştirilmesi gerekliliği de dikkate alınarak hem boyutlandırma hem de enerji tüketimi ile ilgili karşılaştırma yapabilecek bir arayüz tasarımı geliştirilmesi çalışmaları başlatılmıştır. Bu çalışmada 20 kN kapasiteli bilyalı vida-mil mekanizmalı, servo motor tahrikli bir pres sisteminin tasarımı ve işlem sırasındaki enerji tüketimi incelenmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen arayüz yardımıyla presleme işlemine dair çevrim süresi, çalışma koşulları, kinetik, kinematik değerlere ait talepler (strok, hız profili, kuvvet, çalışma yılı, bağlantı şekli vb.) kullanıcı tarafından girilmektedir. Kullanıcı tarafından girilen bu taleplere göre pres sisteminde kullanılması gereken bilyalı vida-mil mekanizmasının ve servo motorun boyutlandırılması yapılmakta, işlem sırasında tüketilen enerji miktarı, karbon salınımı hakkında da bilgi sağlanmaktadır. Çalışma kapsamında firmanın satışını yaptığı ürünlerden ürün kütüphanesi de oluşturulmuştur. Bu kütüphaneden kullanıcı taleplerini karşılayacak şekilde ürün seçimi ve karşılaştırması da otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu şekilde hangi ürünün uygun olduğu belirlenebilmektedir. Çalışmanın özellikle hafif tonajlı pres sistemleri konusunda çalışanlar için yapılacak yatırımların değerlendirilmesi açısından yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilyalı vida- mil eyleyici, servo motor, pres, enerji tüketimi, elektromekanik eyleyici

ABSTRACT

In the industrial field, the pressing technique for the forming process is widely used. The machines and drive systems used in the pressing process must be designed to meet some demands, such as quantity, tonnage, and speed. Depending on their drive systems, presses can have hydraulic, pneumatic, or electromechanical power systems. Electromechanical systems are becoming widespread in light tonnage and high-speed applications. Research has shown that the interface programs for sizing and selecting such systems are primarily foreign. Considering the necessity of developing a local application, we have initiated studies to develop an interface design that can compare both sizing and energy consumption. This study examined the design of a two-ton capacity press system driven by a ball screw linear actuator and its energy consumption during the process. With the help of the developed interface, the user enters demands regarding the pressing process, such as cycle time, working conditions, kinetics, and kinematic values (stroke, speed profile, force, working year, connection type, etc.). According to these requests entered by the user, the ball screw-shaft mechanism and servo motor that should be used in the press system are sized, and information is also provided about the amount of energy consumed during the process and carbon emissions. Within the scope of the study, a product library is also created from the company's products. Product selection and comparison can also be automatically performed from this library to meet user demands. In this way, it can be determined which product is appropriate. The study is thought to be a guide in evaluating the investments to be made, especially for those working in light tonnage press systems.

Keywords: Ball screw linear actuator, servo motor, press, energy consumption, electromechanical actuator

1. GİRİŞ

Elektrik motorlarının bilyalı vida-mil, dişli kayış, kremayer dişli vb. doğrusal hareket mekanizmaları ile kullanılması doğrusal hareket elde edilir. Burada sisteme elektrik enerjisi verilerek önce dönme hareketi sonra da doğrusal hareket sağlanmış olur. Bu enerji dönüşümü sırasında kaplin, dişli kutusu gibi mekanik sisteme ait sistem elemanları ile denetleyici, sürücü ve çevirici gibi elektriksel sistem elemanları da kullanılmaktadır. Elektromekanik eyleyiciler ile kullanıcının tanımladığı hareket ve kuvvet durumuna göre istenilen iş gerçekleştirilebilmektedir. Bu eyleyici tipleri günümüzde otomotiv, savunma, havacılık, otomasyon vb pek çok farklı endüstriyel uygulamada kullanılmaktadır (Budaklı vd., 2023; Erzan Topçu vd., 2023; Yeung vd. 2008).

Elektromekanik eyleyicilerin, pnömotik ve hidrolik eyleyicilere ve kullanım yerlerine göre avantaj sağladıkları konular vardır. Bu tip eyleyicilerde mevcut halin dışında farklı bir presleme uygulaması yapılmak istenirse stok ayarlaması yapılarak hızlı şekilde üretime kaldığı yerden devam edilebilir. Bu önemli bir esneklik sağlamaktadır. Kapalı döngü çalışacak bir pnömotik ve hidrolik sistemi çalıştırabilmek için sürücü, denetleyici ve algılayıcı birimlerinin yanı sıra güç kaynaklarının haricinde tank, akış yönlendirme sistemleri, filtre, regülatör, yağlayıcı vb. gibi birden fazla sistem elemanının kullanılması gerekmektedir. Elektromekanik eyleyiciler için ise bir sürücü, denetleyici ve algılayıcı birimleri yeterli olabilmekte ve bunlar bütünleşik bir şekilde de kullanılabilir. Ancak elektromekanik sistemlerin güç yoğunluğunun yüksek olduğu sistemlerde kullanımı hala sınırlıdır.

Yeung vd. (2008) çalışmalarında yeni tasarlanmış 300 tonluk bir servo pres sistemi üzerinde kontrol mekanizması geliştirmişler, bu sayede farklı yörüngeler ile farklı presleme uygulamalarında üretim sağlanmasını amaçlamışlardır. Sistem tasarımını yaparken mekanizmanın doğrusal olmayan kinematığı ve servo motorların senkronizasyonu üzerinde yaşanan zorlukları çözebilmek için kinematik tamponlar, kademeli geri besleme döngüleri ve karşılıklı bağlantı teknikleri kullanmışlardır. Kontrol algoritması için altı adet PID kanalı ile birlikte Turbo PMAC2 kontrol kartı

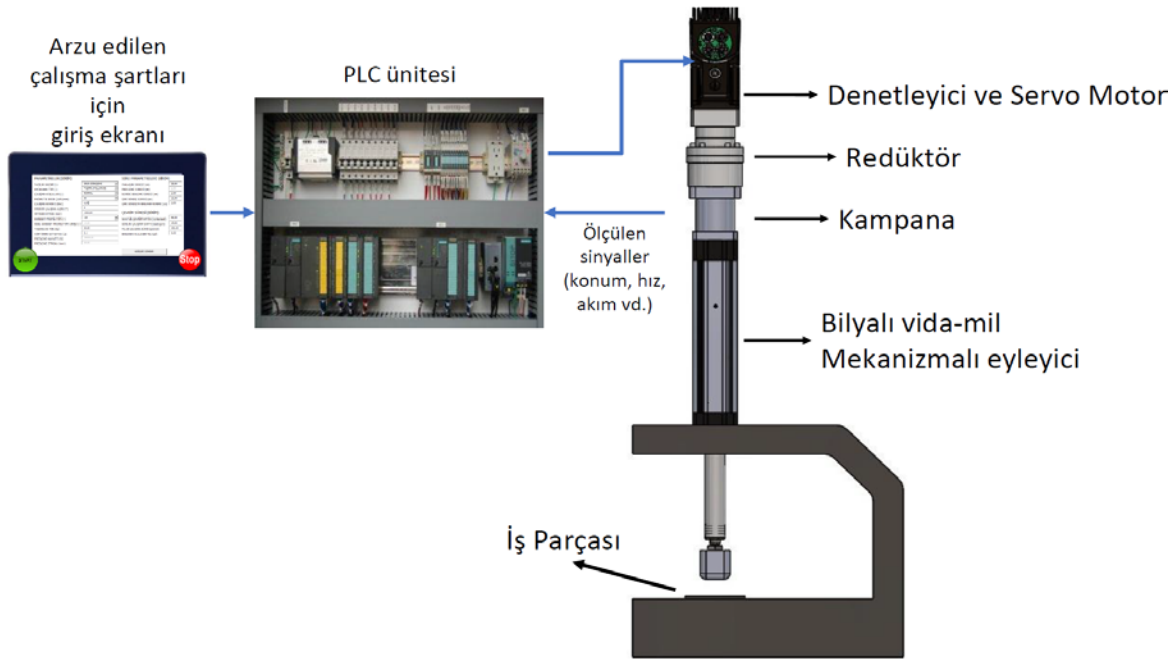
kullanmışlar ve yaptıkları deneyler ile pres performansının etkili bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Putz vd. (2016) yaptıkları çalışma ile servo presin DC bağlantısında iki farklı enerji depolama sisteminin kullanımını araştırmışlardır. MATLAB/Simulink modeli ile sistemin benzetimini yapmışlar ve bu modelden elde ettikleri sonuçları deneysel sonuçlarla değerlendirerek uygunluğunu incelemişlerdir. Gao vd. (2020) yaptıkları çalışma ile 8000 kN nominal kuvvetli hidrolik presin yerine 6300 kN nominal kuvvetli elektrikli servo pres kullanmışlardır. Presleme sırasında enerji tüketimi farklı kriterler kullanılarak ölçüm yapılmış ve değerlendirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda her iki sistem için ölçülen enerji tüketim değerlerine göre elektrikli servo presin enerji tüketiminin hidrolik pres sistemine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bai vd. (2009) çalışmalarında, yüksek kapasiteli servo preslerin gelişimini sınırlayan, bilyalı vida- mil mekanizmalı sistemlerin yük taşıma yeteneği ve servo motorların gücünün, yüksek kapasiteli presleme sistemleri için yeterli ve güvenilir bir seviyeye getirebilmek amacıyla sistemin tahrik mekanizmaları üzerinde araştırma yapmışlardır. Pres içerisinde kullanılan bilyalı vida-milleri üzerinde sistemin farklı serbestlik dereceleri incelenmiş ve buna bağlı olarak yüksek kapasiteli servo presler için paralel bilyalı vida- milli, iki servo motor ile tahrik edilen sistemin kullanılmasını önermişlerdir. Singh vd. (2017) pnömatik pres makinesi için PLC tabanlı bir kontrol cihazı geliştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada PLC tarafında yaşanan gecikmeleri azaltarak üretim süresinin kısalmasını, sistemin hareket başlangıcının daha yumuşak şekilde olması ile birlikte enerji tüketiminin azaltılması ve oluşan hatanın sebebini tespit ederek bakım süresinin azaltılması hedeflenmiştir. Wang vd. (2016) yaptıkları çalışma ile sıcak damgalama üretim hattında kullanılmakta olan 2500 kN bir servo presin konum hassasiyetinin 0,018 mm olduğunu, 2500 kN değerinde sabit şekilde presleme işleminde tutmanın motorun nominal yükünün yaklaşık %8'i değerinde olduğunu, hızlı parça üretimi için ürünün tam strok değerine ulaşmadan isteğe bağlı olarak strok küçültme işlemi ile üretim kapasitesini artırılabilirliğini ve hidrolik preslere karşın düşük güç tüketimini incelemişlerdir.

Günümüzde karbon ayak izinin azaltılması ve daha yaşanabilir bir gelecek sağlanması için farklı sektörlerde çalışmalar yapıldığı görülmektedir. 2021 yılında Türkiye'de nihai enerji tüketiminde en fazla payı %33,8 lik oranla sanayi sektörü almaktadır (CSB). Son yıllarda enerji maliyetleri de gün geçtikçe artmaktadır. Bu sebeple sanayi odaklı enerji tüketiminin azaltılması konusunda önlemler alınması konusu da önem kazanmaktadır. Bu konulara yönelik olarak Erzan vd. (2023)'nin yaptıkları çalışmada 40 mm piston çapına, 1500 mm uzun stroka sahip bir milsiz pnömatik silindir ile servo motor tahrikli, dişli kayış mekanizmalı bir elektromekanik eyleyicinin enerji tüketimlerini farklı hareket senaryoları ile incelemişler, maliyet analizi yapmışlar ve sonuçları karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Özçay vd. (2023)'nin geliştirdiği arayüz ile bir yük taşıma sistemi için pnömatik ve bilyalı vida-mil mekanizmalı sistemlerin ürün bazlı tüketeceği enerji karşılaştırması ve enerji maliyetleri incelenmiştir. Bu çalışma ile birlikte kullanıcının uygulama üzerinden ön gördüğü taşıma işlemi için ihtiyaç duyacağı enerji miktarını ve buna bağlı olarak maliyetini sistemini kurmadan görebilmesi, gerekli görmesi halinde daha az enerji tüketen bir ürünün seçimini yapabilmesi sağlanmış olacaktır.

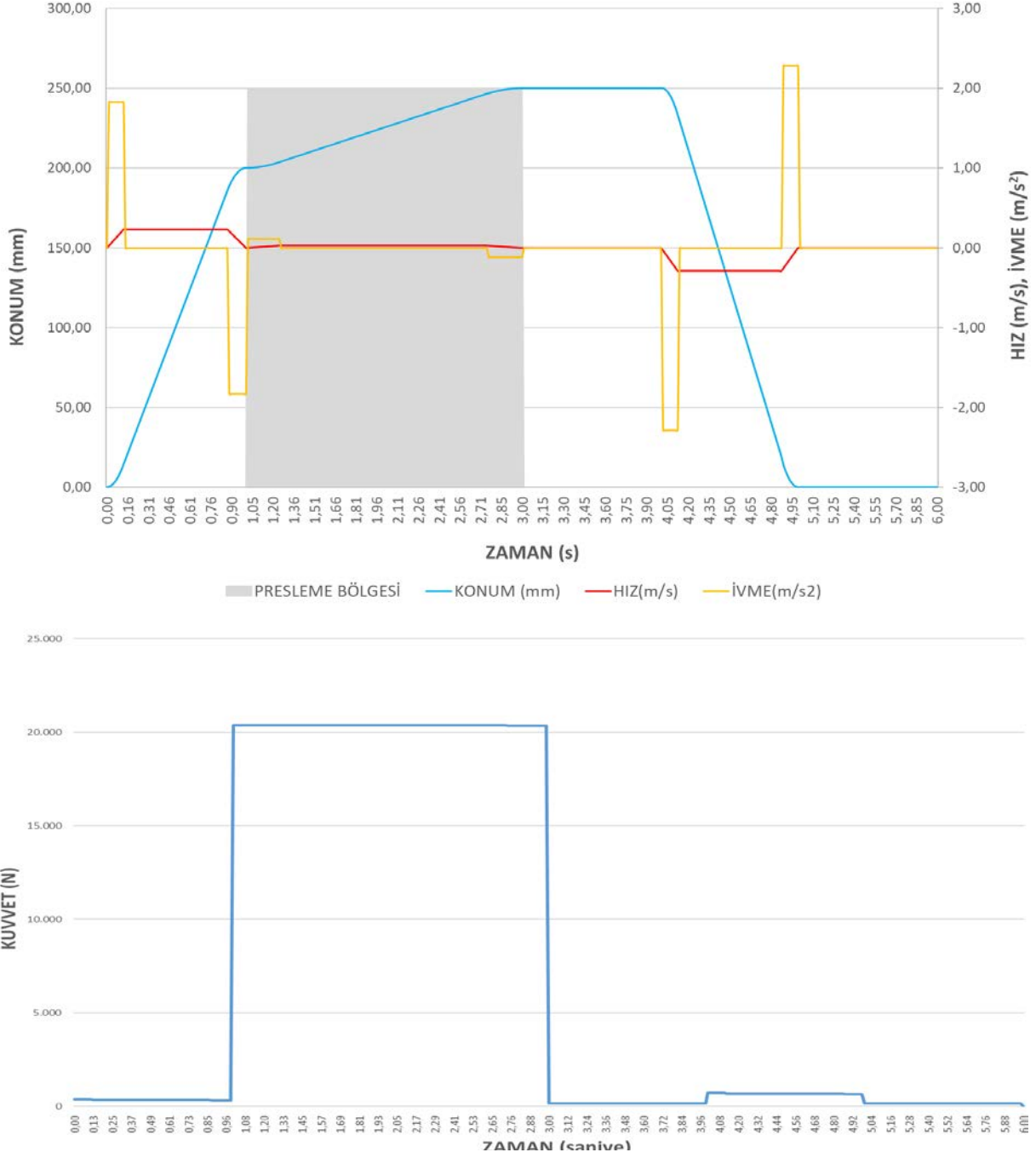
Bu çalışmada tarafımızca geliştirilen arayüz kullanılarak presleme işlemine dair çevrim süresi, çalışma stroğu, hız profili, kuvvet, çalışma yılı, bağlantı şekli gibi kullanıcı talepleri doğrultusunda sistemde kullanılması gereken bilyalı vida-mil mekanizmasının ve servo motorun boyutlandırılması yapılmaktadır. Hazırlanan ürün kütüphanesinden elde edilen sonuçlara göre pres işlemi için kullanılacak elektromekanik eyleyici seçimi de mümkün olmaktadır. Yine aynı program üzerinden işlem sırasında tüketilen enerji miktarı, karbon salınımı hakkında da bilgi sağlanmaktadır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada ele aldığımız sistemin genel yapısı Şekil 1’de sunulmuştur. Hazırladığımız arayüz ile presleme işlemine dair çevrim süresi, çalışma koşulları, kinetik, kinematik değerlere ait talepler (strok, hız profili, kuvvet, çalışma yılı, bağlantı şekli vb.) kullanıcı tarafından girilmektedir. Geliştirilen arayüz kullanılarak tasarlanan bu sistemde; bilyalı vida-mil mekanizmalı elektromekanik eyleyicinin toplam hareket stroku 250 mm, presleme stroğu 50 mm alınmıştır ve presleme işlemini strok sonuna presleme mesafesi kadar yaklaştığında başlaması planlanmıştır. Üzerinde çalışılan sistemin çevrim süresi ile ilgili bilgiler kullanıcı bazlı değerlendirmeler de dikkate alınmıştır. Buna göre hızlı yaklaşma süresi 1 s, presleme süresi 2 s, ileri hareket sonu bekleme süresi 1 s, geri dönüş süresi 1 s, geri hareket sonunda bekleme süresi 1 s olarak belirlenmiştir. Buna göre bir çevrim süresi 6 s olacaktır. Sistemin presleme kuvveti kapasitesi 20 kN, piston ucunda taşınacak tabla kütlesi 10 kg olarak belirlenmiş ve bu değerler dikkate alınarak sistem tasarlanmıştır. Sistemin boyutlandırılması Özçay vd. (2023) çalışmasında gösterilen akış şemasına göre yapılmıştır. Bu değerlere göre elde edilen konum, hız, ivme ve kuvvet değişimi grafikleri Şekil 2’de sunulmuştur. Yukarıda belirtilen koşullarda sistemin personel çalışma durumu da dikkate alınarak saatte 350 çevrim yaptığı, günlük çalışma saatinin 16 saat, yıllık çalışma gününün de 250 gün olduğu kabulü ile 5 yıllık kullanım süresi öngörülmüştür.



Şekil 1. Elektromekanik pres sisteminin şematik gösterimi



Şekil 2. Elektromekanik eyleyici milinin konum, hız, ivme ve kuvvet- zaman grafikleri

Geliştirdiğimiz arayüz üzerinden girilen çalışma şartlarına uygun bilyalı vida- mil mekanizmasının boyutlandırılması, bu iş için gerekli enerji hesabı ve karbon emisyonu ile ilgili hesaplamalar yapılmaktadır. Çalışma kapsamında firmanın üretimini ve satışını yaptığı ürünlerden ürün kütüphanesi de oluşturulmuştur. Bu kütüphaneden kullanıcı taleplerini karşılayacak şekilde ürün seçimi ve karşılaştırması da otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu şekilde hangi ürünün uygun olduğu belirlenebilmektedir. Bu şekilde ürün kütüphanesinde olan her elektrikli eyleyici için çalışma ömrü, izin verilen yükleme oranı, burkulma yükü, statik güvenlik faktörü, hız kontrolleri, izin verilen ivme kontrolleri, strok kontrolleri ve izin verilen yükleme oranı uygunluk kriterleri ile değerlendirilmektedir. İlgili koşullara göre kullanılması gereken motorun tork, devir sayısı değerleri de hesaplanmaktadır. Kuruluşun ürün gamında bu şartlara uygun elektrikli silindir, redüktör ve

elektrik motoru varsa bu bileşenleri de ayrı ayrı otomatik olarak önermektedir. Eğer şartları sağlayan uygun bir ürün bulunmuyorsa bunu da sebeplerini açıklayarak bildirmektedir. Hazırlanan ürün kütüphanesindeki ürünlere ve ürünlerin özelliklerine göre bir hesaplama yapılmıştır. Şekil 3' de elektrikli eyleyici kütüphanesinde bulunan farklı ürünlere ait değerlendirme örnekleri sunulmuştur. Belirttiğimiz çalışma koşullarında WLA4-125 isimli ürün serisinin 50 mm çaplı, 20 mm hatveli ürününün tüm şartları sağladığı anlaşılmaktadır. Diğer ürünleri incelediğimizde ömür ve izin verilen yüklenme oranı olarak belirtilen parametreleri karşılamadığı ve ürünün neden uygun olmadığına dair otomatik olarak açıklama yapmaktadır.

ÜRÜN ADI	ÇAP x HATVE	ÖMÜR	İZİN VERİLEN YÜKLEME ORANI	UYGULAMA İÇİN ÖNERİLEN MOTOR	UYGULAMA İÇİN ÖNERİLEN REDÜKTÖR	REDÜKTÖR İLE OLUŞAN HIZ (mm/s)	UYGUNLUK DURUMU	DETAYLI BİLGİ SAYFASI
WLA4-032	12x5	-100%	-100%				ÖMÜR DEĞERİ YETERLİ DEĞİL ÜRÜNÜN İZİN VERİLEN YÜKÜ UYGUN DEĞİL ÜRÜNÜN BURKULMA YÜKÜ UYGUN DEĞİL STATİK GÜVENLİK FAKTÖRÜ UYGUN DEĞİL YAKLAŞIM HIZI ÇOK FAZLA, UYGUN DEĞİL	
WLA4-063	25x10	-100%	-100%				ÖMÜR DEĞERİ YETERLİ DEĞİL ÜRÜNÜN İZİN VERİLEN YÜKÜ UYGUN DEĞİL ÜRÜNÜN BURKULMA YÜKÜ UYGUN DEĞİL STATİK GÜVENLİK FAKTÖRÜ UYGUN DEĞİL	
WLA4-080	32x5	-100%	-100%				ÖMÜR DEĞERİ YETERLİ DEĞİL ÜRÜNÜN İZİN VERİLEN YÜKÜ UYGUN DEĞİL STATİK GÜVENLİK FAKTÖRÜ UYGUN DEĞİL	
WLA4-080	32x10	-100%	-100%				ÖMÜR DEĞERİ YETERLİ DEĞİL ÜRÜNÜN İZİN VERİLEN YÜKÜ UYGUN DEĞİL	
WLA4-100	40x5	-100%	-100%				ÖMÜR DEĞERİ YETERLİ DEĞİL ÜRÜNÜN İZİN VERİLEN YÜKÜ UYGUN DEĞİL	
WLA4-125	50x10	-100%	35%				ÖMÜR DEĞERİ YETERLİ DEĞİL	
WLA4-125	50x20	98%	40%					SEC

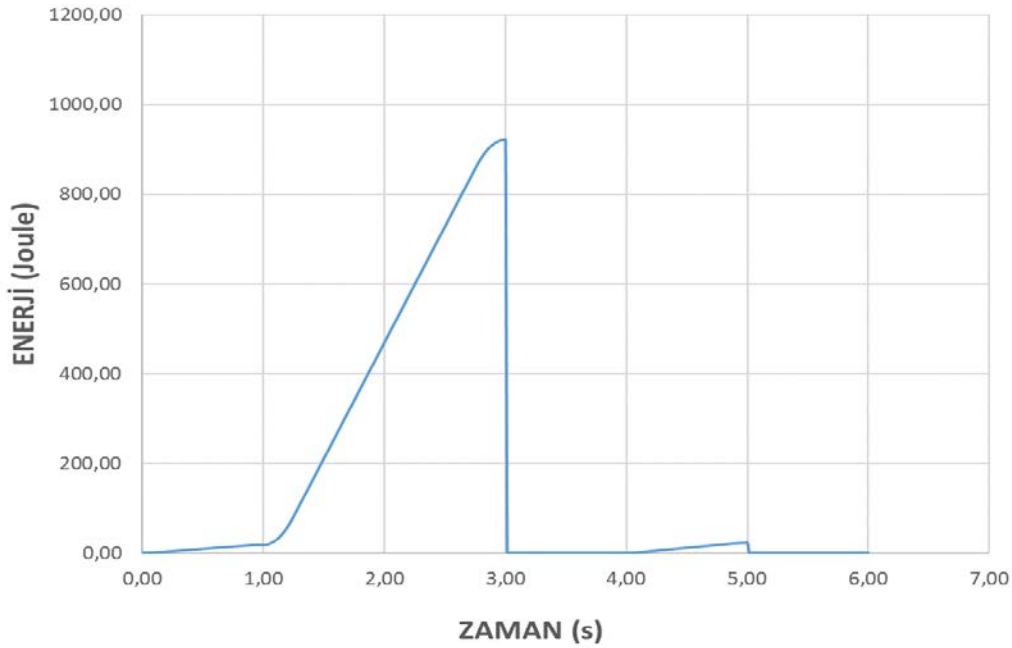
Şekil 3. Ürün seçim tablosu

Belirtilen çalışma şartlarına uygun olan WLA4-125 50 mm çaplı, 20 mm hatveli ürünün ürün bilgilerini içeren sayfaya erişim sağlandığında, katalog bilgileri olan C_{statik} ve $C_{dinamik}$ değerlerinin yanı sıra girilen parametreler ile birlikte hesaplanan; eşdeğer devir, maksimum devir, statik güvenlik faktörü, maksimum eksenel yük, eşdeğer eksenel yük, uygulama için gerekli olan maksimum tork ve RMS tork değerleri sunulmaktadır. Tablo 1' de WLA4-125 kodlu ürünün özellikleri sunulmuştur. Şekil 4' de bu ürünün kullanılması halinde presleme iş çevrimi için gerekli olan enerji değişimi gösterilmiştir. Buradan da görülebileceği gibi her ne kadar hız presleme işlemi sırasında düşük ve buna bağlı olarak yerdeğiştirme az olsa da kuvvet gereksinimi fazla olduğu için en büyük enerji talebi presleme aşamasında oluşmaktadır. İleri hareketin hızlı yaklaşma sürecinde ve geri hareket sırasında hareket presleme sistemine göre daha yüksek hızlarda olmakla birlikte yük az olduğu için ihtiyaç duyulan enerji miktarı presleme işlemine göre oldukça azdır.

Tablo 1. İstenen çalışma şartlarına göre arayüz üzerinden uygunluğu belirlenen elektromekanik eyleyicinin özellikleri

Özellik	Değer	Birim
Ürün Kodu	WLA4-125	-
Vidalı Mil Çapı	50	mm
Vidalı Mil Hatvesi	20	mm

Cstatik	112.000,00	N
Cdinamik	50.778,00	N
Eşdeğer Devir	375,00	dev/dk
Maksimum Devir	857,14	dev/dk
Statik Güvenlik Faktörü	6	-
Maksimum Eksenel Yük	19.842,82	N
Eşdeğer Eksenel Yük	8.045,10	N
Maksimum Tork	62,09	Nm
RMS Tork	39,27	Nm



Şekil 4. Presleme iş çevrimi için gerekli enerji grafiği

Karbon emisyonu, petrol, doğal gaz, kömür vb. gibi karbon içerikli yakıtların yanmasıyla oluşan karbondioksit gazının atmosfere yayılması şeklinde tanımlanır. Bu gaz daha çok bireysel veya kurumsal kullanımların etkisiyle yani insan unsuruyla oluşmaktadır. Günümüzde karbon emisyonunun artışı ve çevremize verilen zararların önemli boyutlara gelmesi ile karbon emisyonunun düşürülmesinin önemi artmaktadır. Karbon emisyonunun azalması için enerji verimliliği iyileştirilmiş ürünlerin kullanılması, enerji tüketiminin azaltılması veya tasarruflu kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi büyük önem arz etmektedir. Enerji tüketimi düştükçe karbon emisyonu da azalmaktadır. Bu sebeplerle çalışmamızda enerji tüketiminin incelenmesiyle beraber karbon emisyonu miktarı da dahil edilmiştir ve istenilen iş çevrimine göre oluşacak karbon emisyonu miktarı da hesaplanmıştır. Buna göre Süleyman Demirel Üniversitesi Yeşil Kampüs' ün belirttiği üzere 1 kWh elektrik enerjisi tüketimi sonucu 0,478 kg CO₂ gazı üretilmektedir. Orman Genel

Müdürlüğü'nün belirttiği üzere 100 yaşındaki bir kayın ağacı ise saatte 2,35 kg CO₂ gazını absorbe etmektedir.

Buradan yola çıkarak elektromekanik eyleyici sistemi için bir döngüdeki enerji tüketimini her adım (hızlı yaklaşım hızlanma, hızlı yaklaşım sabit hız, hızlı yaklaşım yavaşlama, presleme hızlanma, presleme sabit hız, presleme yavaşlama, geri hareket hızlanma, geri hareket sabit hız, geri hareket yavaşlama adımları) için hesapladığımızda, çevrim başına toplam enerji tüketimi $E_{toplam} = 0,39571$ Wh olmaktadır. Bu değer bir adet elektromekanik sistemin bir çevrimdeki enerji tüketimidir. Yaptığımız ilk deneysel çalışmalardan elde ettiğimiz sonuçlara göre çevirici, denetleyici ve PLC ünitesinin çektiği güç ortalama 40 W olarak elde edilmiştir. Burada harcanan enerji 40 Wh olacaktır. Hareket sırasında tüketilen enerjiye bu değer katılmasıyla bir çevrimde tüketilen toplam enerji 40,39 Wh (=0,04039 kWh) olacaktır.

Kullanıcının girdiği talepler doğrultusunda bir adet elektromekanik eyleyicinin yıllık enerji tüketimi çevirici, denetleyici ve PLC ünitesinin çektiği enerji, saatlik çevrim sayısı, günlük çalışma saati ve yıllık çalışma günü dikkate alınarak hesaplanırsa;

$E_{yillik\ tüketim} = 350\ çevrim/saat \times 16\ saat/gün \times 250\ gün/yıl \times 0,04039\ kWh/çevrim = 56546\ kWh/yıl$ olacaktır.

Elektromekanik eyleyicinin bir yıllık enerji tüketimine bağlı olarak oluşturacağı karbon emisyonu miktarı $0,478 \times 56546\ kWh/yıl = 27002\ kg$ olarak hesaplanır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde hızlı bir şekilde gelişim gösteren elektromekanik eyleyicilerin hafif tonajlı, yüksek hızlı uygulamalarda kullanımı artmaktadır. Yaptığımız kapsamlı incelemeler sonucunda bu tip eyleyicilerin boyutlandırılması ve seçimine dair arayüz programlarının kullanılabilirdiği görülmüş ancak bu arayüzlerin daha çok yurtdışı menşeli olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda ülkemizde de son yıllarda endüstriyel uygulamalarda kullanımı artmaya başlayan servo motor tahrikli, bilyalı vida-mil mekanizmalı elektromekanik eyleyicilerin boyutlandırılması ve seçimi konusunda yerli bir uygulamanın geliştirilmesi çalışmaları başlatılmıştır. Geliştirdiğimiz arayüzde enerji tüketimi, karbon emisyonu gibi konular da dikkate alınarak verilen iş talebi çerçevesinde yapılacak presleme işleminin yıllık enerji tüketimi ve bu sırada oluşan karbon emisyonu değeri de incelenmiştir. Burada presleme kapasitesi 20 kN olarak alınmıştır. Burada eyleyicinin çalışması için gerekli olan ek ünitelerin (çevirici, kontrolcü ve PLC ünitesi) tükettiği enerji miktarı da dahil edilmiştir. Yapılan ilk değerlendirmelerde bu ekipmanların sistemden çektiği enerjinin iş çevrimine harcanan enerji miktarından yüksek olduğu görülmüştür. Geliştirilen arayüz boyutlandırma, ürün kütüphanesinden ürün seçimi yapabilme kabiliyeti sağlamanın yanı sıra kullanıcıya enerji tüketimi ve karbon emisyonu açısından da bir farkındalık yaratacaktır.

KAYNAKLAR

Bai, Y., Gao, F., Guo, W., (2009). The design of a PKM-type composite actuator for servo mechanical presses, International Conference on Reconfigurable Mechanisms and Robots, London, pages 243-250.

Erzan Topçu, E. & İnci, M. (2023). Dişli Kayış Tahrikli Elektromekanik ve Pnömatik Uzun Stroklı Eyleyicilerin Maliyet Analizi İncelemesi . *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* , 6 (1) , 161-180 . DOI: 10.47495/okufbed.1094876.

Gao, J., Li, Q., Lyv, Y., Xing, J., (2020). A Qunatitative Study on Energy Saving in Stamping Industry using Servo Drive of Electric Machine, 9 th International Power Electronics and Motion Control Conference, Nanjing, China, pages 79-84.

Özçay, B., Azar, S., & Topçu, E. E. (2023). An interface design for comparison of energy consumption of pneumatic and ball screw-driven linear actuators. *The European Journal of Research and Development*, 3(4), 298–313. <https://doi.org/10.56038/ejrnd.v3i4.299>

Putz, M., Blau, P., Kolesnikov, A., Richter, M., Pierer, A., (2016). Energy storage in drive systems of servo presses for reduction of peak power and energy recovery, 18 th European Conference on Power Electronics and Applications, Karlsruhe, Germany, pages 1-10.

Singh, R., Verma, H.K., (2018). Development of PLC-Based Controller for Pneumatic Pressing Machine in Engine-Bearing Manufacturing Plant, *Procedia Computer Science*, Volume 125, Pages 449-458.

Teke Budaklı, M., Yılmaz, C., Bağcı, F., (2023). The Design and Control of a New Lower Limb Rehabilitation Robot for Active and Active-assisted Exercises, *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, Cilt 10, Sayı 31, sayfa 66-91.

Wang, Q., Wang, L., Yisheng, Z., Yao, L., Ke, Z., 2016. Mechanical Link Servo Press on Hot Stamping Production Line.

Yeung, W.K., Li, J.P., He, K., Luo, Y.X., Kong, C.T., Du, R., (2008). Control System Design for a New Servo Press, *IFAC Proceedings*, Volume 41, Issue 2, 5782-5787, 2018.

URL1:<https://www.ogm.gov.tr/tr/bunlari-biliyor-muydunuz>

URL2:<https://yesilkampus.sdu.edu.tr/tr/hedeflerimiz/enerji-ve-iklim-degisikligi-13487s.html>

URL3:<https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari>

URL4:<https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorlere-gore-nihai-enerji-tuketimi-i-85804#:~:text=2021%20y%C4%B1%20T%C3%BCrkiye'de%20nihai,6%2C3%25'd%C3%BCr>