

## Hidrolik Presli Konveyör Uygulama Otomasyonu ve Verimlilik Analizi

Üzeyir İlbay BOZKURT<sup>1\*</sup>, Akif DURDU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya  
\*ilbaybozkurt@gmail.com

(Geliş/Received: 21.06.2016; Kabul/Accepted: 23.10.2016)

### Özet

Bu makalede bir presli üretim hattında enerji verimliliğinin artırılması için yapılması gereken çözümler önerilmiştir. Üretim hattında bulunan malzemenin üretimden başlayarak, paketlenmesine kadar olan süreçte verimlilik hesabı esas alınmıştır. Sistemin hidrolik kısmı servo motor ile tahrik edilerek ve sistem iş yapmadığı zamanlarda motor tamamen durdurularak enerji verimliliği sağlanmıştır. Burada kapalı çevrim kontrol yöntemi kullanılmıştır. Ortamdan alından basınç bilgisine göre sistemin çalışıp çalışmama durumu gözlenmiştir. Sistemin konveyör hattında malzemelerin ayırt edilmesine yönelik bir algoritma oluşturulmuştur. Lazer sensörlerden alınan mesafe bilgilerine göre malzeme tipleri ayırt edilmiştir. Önerilen bu çözüm ile bir üretim hattında enerji verimliliği %60 düzeylerinde kazanç sağlanmaktadır. Bu oran sadece hidrolik sistemlerden elde edilmektedir. Konveyör hattında ise yapılan algoritmaya uygun kurulan otomasyon sistemi ile işçilik ve zaman verimliliği maksimum seviyelere çıkmaktadır ve insan hatası sıfıra inmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Otomasyon, Verimlilik, Konveyör, Codesys

## Automation Application of Hydraulic Press Conveyor and Analysis of Efficiency

### Abstract

In this study, it has been proposed the solutions required to increase the energy efficiency in the pressed production line. Calculation of the efficiency was based on the period starting from the production of the material in the production line until the packaging of it. Energy efficiency is achieved by making that the part of the hydraulic system is driven by servo motor and the motor is completely stopped during the system doesn't work. The closed loop control method is used in this study. According to knowledge of working pressure, the system was observed as whether it works or not. An algorithm was created to distinguish the material in the conveyor line system. The types of materials were separated with respect to the information received from the laser sensor. In this study, energy efficiency were achieved as 60% gain in a production line. This ratio was obtained from only the hydraulic system. The automation system which was established by an algorithm in the conveyor line maximizes the efficiency of labor and time and additionally human-error was reduced to zero.

**Keywords:** Automation, Efficiency, Conveyor, Codesys

### 1. Giriş

Günümüzde verimliliği artırmak her işletmenin en önemli hedeflerinden biridir. Özellikle enerji maliyetlerinin artmasından dolayı enerjinin verimli bir şekilde kullanılması daha da fazla önem kazanmaya başlamıştır. Elektrik motoru hemen hemen her endüstriyel işletmede bulunan birçok makinada kullanılmaktadır. Bundan dolayı elektrik motorları enerji tasarrufu yapılabilecek bir potansiyele sahip önemli elemanlardan biridir.

Elektrik motorları; hidrolik sistemler, konveyör uygulamaları, vinç uygulamaları, redüktör imalatı gibi değişik alanlarda kullanılmaktadır. Ülke geneli olarak düşünürsek çok büyük bir enerji kaybına sebep olmaktadır. Bu yüzden üzerinde gereken hassasiyet ve çalışmaların yapılması gerekmektedir. Mekanik olan sistemler hidrolik sistemler, pnömatik sistemler, robot sistemleri, değirmen makinaları, mobil uygulamalar gibi birçok sistemde kullanılmaktadır [1,2].

Mekanik olan bu sistemleri çözebilmemiz ve üzerinde analizler yapabilmemiz için matematiksel modelleme yapmamız gerekmektedir. Bu modellemede Newton'un ikinci kanunundan yararlanılmaktadır. Sistemin laplas dönüşümü alınarak transfer fonksiyonu kolaylıkla elde edilebilmektedir. [1]'de hidrolik sistemlerin servo motoru ile tahrik yöntemlerine değinilmiştir. Ancak enerji kayıpları incelenmemiştir.

Bir fabrikada ürünün ilk başlangıcından bitişine kadar enerji sarfiyatı oldukça önemli bir konudur ve üzerinde incelemeler yapılarak çözümler üretilmelidir. Bu çalışma ile hem hidrolik sistemde enerji verimliliği amaçlanmış hem de ürün hattındaki zaman kaybı, işçilik maliyeti minimuma indirgenmesi öngörülmüştür. [3]'de C tipi bir pres makinesinde hareketler hidrolik yerine, servo motor ile sağlanmıştır. Sezgisel algoritmalar ile hareket denetimi sağlanmıştır. Koç'un hareketinde PID kontrol kullanılmıştır. Bu yöntemlerin gerçekte baskı (pres) makinesinde uygulanması amaçlanmaktadır. [4]'de bir hidrolik presin PLC ile kontrolü yapılmıştır. Pozisyon ve basınçtan alınan bilgilere göre otomatik bir kontrol algoritması geliştirilmiştir. Alınan bilgilere göre HMI (Human Machine Interface - İnsan Makine Arayüzü) ekranında gerekli eğriler çizdirilerek verilerin analizi yapılmıştır. [5]'de gruplandırılmış hidrolik preslerde, enerji verimliliğini artırmak ve enerji tüketimini azaltmak için bölümlendirilmiş bir kontrol yöntemi önerilmiştir. Birkaç motor-pompadan oluşan tahrik sistemi bir gruptaki hidrolik presler için tek bir sürücü sistemi kontrol edilmiştir. Yük çeşitliliklerine göre sürücü kontrolü tasarlanmıştır.

Her işlemin bir kurulu güce ihtiyacı vardır ve bu güç farklı sürücü bölgeleri tarafından sağlanmaktadır. Bu sürücü bölgeleri hidrolik preslere enerji sağlar ve operasyonlar sırasında enerji tasarrufu elde edilmesine etki eder. [6]'da hidrolik preslerin karbon emisyonları analiz edilerek enerji verimliliği artırmak için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda esas olan incelenen hidrolik preslerin enerji sönümleme özelliklerinin belirlenmesidir. Ardından hidrolik tahrik sistemi için bazı enerji eşleştirme yöntemleri ve üretim sisteminde hidrolik presler için bir grup enerji azaltma

uygulanması sunulmuştur. Sistemde değişken frekanslı AC motor sürücüsü kullanılmıştır ve motor çalışması sistem basıncına göre ayarlanmıştır. Sonuç olarak önerilen bu metodoloji hidrolik preslerin saç şekillendirme işlemlerinde büyük bir enerji tasarrufu sağladı görülmüştür. [7]'de otomatik üretim hatlarında işlenecek parçaların otomatik devri için hidrolik bir sistem tasarlanmış ve kontrol ihtiyaçlarına göre PLC sistemi dizayn edilmiştir. İşlenecek parçalar otomatik üretim hatlarında cihazlar tarafından devirleri sağlanırlar ve bu devirleri sağlayan cihazlar otomatik üretim hatlarının önemli bir parçasıdır. PLC kontrollü hidrolik sistem kullanılarak süreç gereksinimlerini karşılamak çok kolay olabilir ve sistem istikrarlı, güvenli hale gelebilir.

Enerji verimliliği konusu asenkron motor yerine servomotor kullanılarak sağlanmıştır. İlk olarak hidrolik sistemin matematiksel modellemesi yapılmıştır. Sistem de ikişer adet servomotor ve sabit debili pompa bulunmaktadır. Sistemde kullanılan servomotorlar tahrik elemanı olarak görev yapmaktadır. Pompalar ise sabit debili olarak görevlerini yapmaktadır. Hareket mekanizması olarak da üç adet çift etkili silindir bulunmaktadır. Silindirin hem ön kısma hem de arka kısmına yağ gitmesi gerekmektedir. Konum kontrolünde ise endüktif lineer cetvel kullanılmıştır. Sistemdeki ve hatlardaki basınç bilgileri de basınç transmitteri ile okunmaktadır.

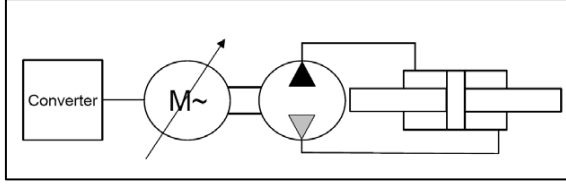
## 2. Değişken Devirli Pompa Sistemi

Hidrolik sistemlerde kullanılan kontrol yöntemlerine göre enerji sarfiyatı değişiklik göstermektedir. Bu kontrol yöntemleri;

- Valf teknolojisinin kullanıldığı yöntemler
- Değişken pompa kontrol sistemleri
- Değişken devirli (Servo motorlu) pompa kontrol sistemleri

Hidrolik sistemlerde pompayı tahrik eden motorlar yükten bağımsız olarak sürekli çalışmaktadır. Örneğin sistemin 15 litre debi ihtiyacı olduğu düşünülürse, sabit debili 20 cc'lik bir pompa, sürekli yaklaşık 30 litre debi üretir (Motorun 1500 d/d devirde döndüğü kabul edilmiştir). Bu arada 15 litrelik debi kaybı ise valflerdeki kısma sonucu ısı olarak açığa çıkmaktadır. Böylelikle bir enerji sarfiyatının

ortaya çıktığı görülmektedir. İdeal olan durum ise sistemin ihtiyacı kadar enerjinin sistemde kullanılmasıdır. Şekil 1’de değişken devirli bir sistem için örnek kontrol sistemi gösterilmiştir.



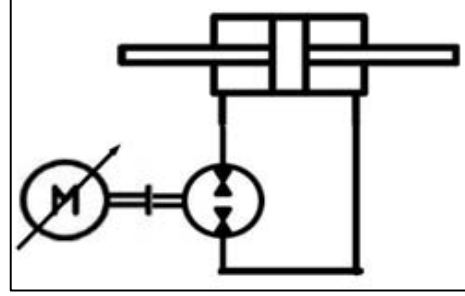
Şekil 1. Değişken devirli pompa tahrikiyle kapalı çevrim kontrol oluşturulması [1]

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. Şekil 2’de sabit debili

pompa ile bir kapalı çevrim kontrol sistemi gösterilmiştir.

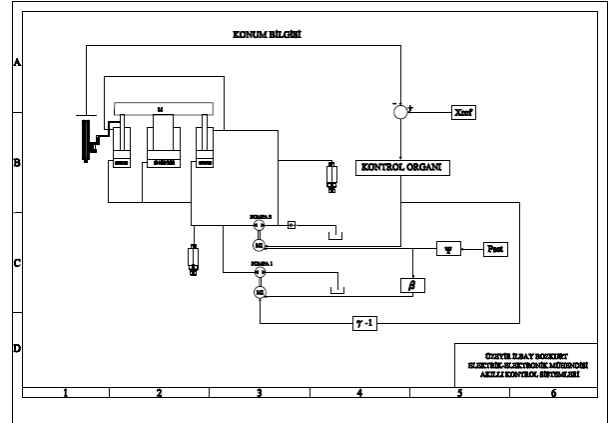


Şekil 2. Sabit debili pompa ve kapalı çevrim kontrol [1].

## 2.1 Mekanik sistem

Bu çalışmada mekanik sistem silindir, servo motor ve pompadan oluşmaktadır. Şekil 3’de görülen devrede iki pompanın da ayrı görevi vardır; 1. pompa alan farkından kaynaklı debi eksikliğini tamamlarken, 2 numaralı pompa sistemin yönünü ve hızını belirlemektedir. Birinci pompa alan farkından kaynaklı asimmetrik akışı karşılamak için her zaman ifade (1) de verilen formülle dönmek zorundadır.

$$Q_{pompa1} = (\gamma - 1)Q_{pompa2} \quad (1)$$



Şekil 3. Hidrolik ve mekanik sistem tasarımı

İfade (2) de ise hidrolik silindirin A ve B odalarına bakan oranlar belirtmektedir. Burada  $Q$  debiyi göstermektedir ve  $\beta$  ise sızıntıları ifade eden bir katsayıdır. Birinci pompa devir sinyalleri ise  $(n_{10}, n_{20})$  olarak gösterilir. İfade (3) de aralarındaki ilişki gösterilmiştir.

$$\gamma = \frac{A_A}{A_B} > 1 \quad (2)$$

$$n_{10} = \beta \cdot n_{20} \quad (3)$$

Pompaların deplasmanları eşit olduğu için ikinci pompa devir sinyalleri ifade (4) de ki formülle gösterilir.

$$n_1 = (\gamma - 1)n_2 \quad (4)$$

Sistemde debi ve basınç servo motorların devri ayarlanarak yapılmaktadır. Servo motorlara iki ayrı sinyal gönderilmektedir. Birinci devir sinyali ( $n_{10}, n_{20}$ ) silindir odalarının basınçlarını istenilen set değerine getirmek içindir.  $P_A$  ve  $P_B$  basınç transmitterlerinden alınan basınç bilgilerini temsil etmektedir. İfade (5) de ayarlanan basınç değerini göstermektedir.

$$P_{set} = P_A + P_B \quad (5)$$

Bu ayarlanan set değerini basıncı getirmek için devir sayısı ifade (6) da verilmiştir.

$$n_{20} = \psi \cdot P_{set} \quad (6)$$

Burada  $\psi$  pompa ve silindir sızıntılarına bağlı bir faktördür. Servo motor devirlerini ayarlayan ikinci sinyal ise ( $n_1, n_2$ ) denetleyiciden gelen sinyaldir. Sistemde hidrolik silindirin konumu endüktif bir lineer cetvelle sürekli ölçülme ve bu bilgi kontrol birimine gönderilmektedir. Referans konum bilgisi ile ölçülen konum bilgisi arasında hataya göre sistemin gerek duyduğu debi bulunmakta ve buna göre servomotora devir bilgisi gönderilmektedir. Sistemdeki basınç odalarında farktan dolayı ve asimetric akışı engellemek için, birinci pompayı tahrik eden servomotor, ikinci pompayı tahrik eden servomotordan  $\gamma - 1$  katı kadar çevrilmiştir. İfade (3) ve (4) de belirtilen formüller birleştirilerek servo motorun toplam devir sayısı ifade (7) ve (8) de gösterilmiştir.

$$n_{1t} = n_1 + n_{10} = (\gamma - 1)n_2 + \beta n_{20} \quad (7)$$

$$n_{2t} = n_2 + n_{20} \quad (8)$$

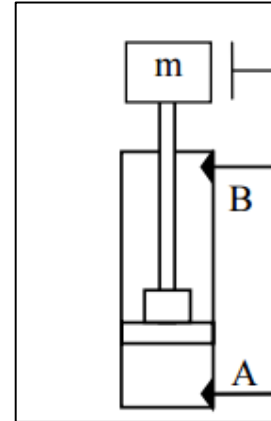
### 2.1.1. Fiziksel sistemin modellenmesi

Valsiz hidrolik sistem pompa, silindir ve servomotordan oluşmaktadır. Bu kısımda sistemi

oluşturan aktarma elemanları modellenmemiştir. Boruların direnç oluşturmadığı yani bir basınç kaybına neden olmadığı düşünülmüştür.

Bu çalışmada pompaların saat yönünün tersine dönüşü pozitif kabul edilmiş, bu nedenle birinci pompa da silindirin A tarafına bağlı olan port çıkış portu, tanka bağlı olan port ise giriş portu olarak nitelendirilmiştir. İkinci pompa da ise silindirin B odası tarafındaki port giriş portu, silindirin A odası tarafındaki port ise çıkış portu olarak nitelendirilmiştir. Şekil 4'de örnek bir silindir için ön ve arka kısımları gösterilmiştir. Buna göre pompaların giriş ve çıkışlarındaki akış denklemleri aşağıdaki gibidir. Bir pompa için akış denklemleri tank basıncı ihmal edilirse ifade (9) da olduğu gibidir.

$$\begin{aligned} Q_{p1A} &= D_p n_p - C_i(P_A - P_t) - C_{ea}P_A \\ Q_{p1A} &= D_p n_p - C_1P_A \end{aligned} \quad (9)$$



Şekil 4. Silindir ön ve arka kısımları

İkinci pompa için akış denklemleri ifade (10) ve (11) de gösterilmiştir.

$$Q_{p2A} = D_p n_p - C_i(P_A - P_b) - C_{ea}P_A \quad (10)$$

$$Q_{p2B} = D_p n_p - C_i(P_A - P_b) + C_{ea}P_B \quad (11)$$

Burada  $P_A$  ve  $P_B$  hidrolik silindirin A ve B odalarındaki basınç değerlerini,  $n_p$  pompa devir sayısını,  $D_p$  pompa deplasmanını,  $C_i$  pompanın iç veya portlar arası sızıntı katsayısını,  $C_{ea}$  ve  $C_{eb}$  pompanın giriş ve çıkış portlarındaki dış sızıntı katsayılarını göstermektedir.

Silindir modelinde A noktası giriş kabul edilmiştir, bu nedenle pozitif  $Q_A$  silindire giren debiyi kontrol eder. Silindirin B noktası ise çıkış

kabul edilmiştir ve pozitif  $Q_B$  silindirden çıkan debiyi temsil eder. Hidrolik silindirin yukarı doğru hareketi ise pozitif kabul edilmiştir. İfade (12) ve (13) de debi değerlerinin giriş ve çıkış formülleri verilmiştir.

$$Q_A = A_A \dot{x} + \frac{V_A}{\beta} \cdot \frac{dP_A}{dt} + C_{cy}(P_A - P_B) \quad (12)$$

$$Q_B = A_B \dot{x} + \frac{V_B}{\beta} \cdot \frac{dP_B}{dt} + C_{cy}(P_A - P_B) \quad (13)$$

Hidrolik silindir modelinde yük basıncı  $P_L$  ifade (14) ve (15) de gösterilmiştir.

$$P_A A_A - P_B A_B = A_B (\gamma P_A - P_B) \quad (14)$$

$$P_L = \gamma P_A - P_B \quad (15)$$

Yüke uygulanan kuvvet ise ifade (16) da verilmiştir.

$$F_L = P_L A_B \quad (16)$$

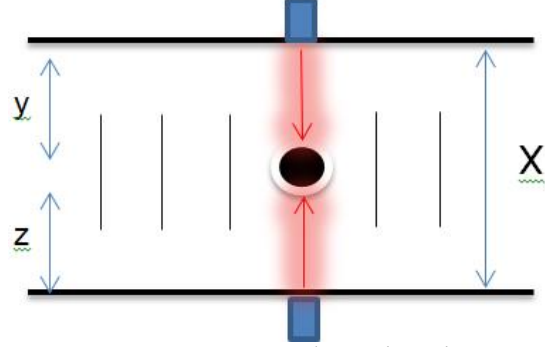
### 3. Lazer Mesafe Sensörü ile Kontrol Algoritması

Lazer mor ötesi ışımdan, kızılötesi ışına kadar birçok tipte kararlı elektromanyetik ışın yayan enerji üreten bir aygıttır. Lazerler tek dalga boyundaki tek renkli ve tek fazlı dalgaların oluşturduğu ışık demetidir. Geleneksel ışık kaynakları düzensiz gelişigüzel ışık dalgaları üretirler. Lazer ise uyarılmış yayımla yükseltilmiş ışık dalgası üretir. Bir lazer birbirine paralel ve aynı yönde hareket eden ışınlardan oluşur [8].

Lazer sensörler genel olarak optik sensörler ile aynı mantıkta çalışmaktadır. Aralarındaki en büyük farkları ise lazer sensörler çok daha yüksek dalga boyunda ışık ile çalışmaktadır. Lazer enerjisi hızlı bir şekilde odak noktaya iletilir. Bu sensörler lazer ışınların hedeften geri yansımaya kadar olan süreyi hesaplarlar. Cisimden yansımali, karşılıklı ve reflektörlü tip olmak üzere üç farklı algılama ilkesine göre çalışır [9].

Tasarlanan sistemde konveyör hattından gelmekte olan malzemelerin hepsi farklı boyutlardadır. Bunların ayrımı ve değişik konveyörlere iletimi bir algoritma ile kontrol edilmiştir. Şekil 5'de lazer ölçüm sistemine ait

temel yapı gösterilmiştir. Şekil 6'da gösterilen algoritma, sistemden alınan lazer ölçüm değerleri temel alınarak yapılmıştır.



Şekil 5. Lazer ölçüm sistemi

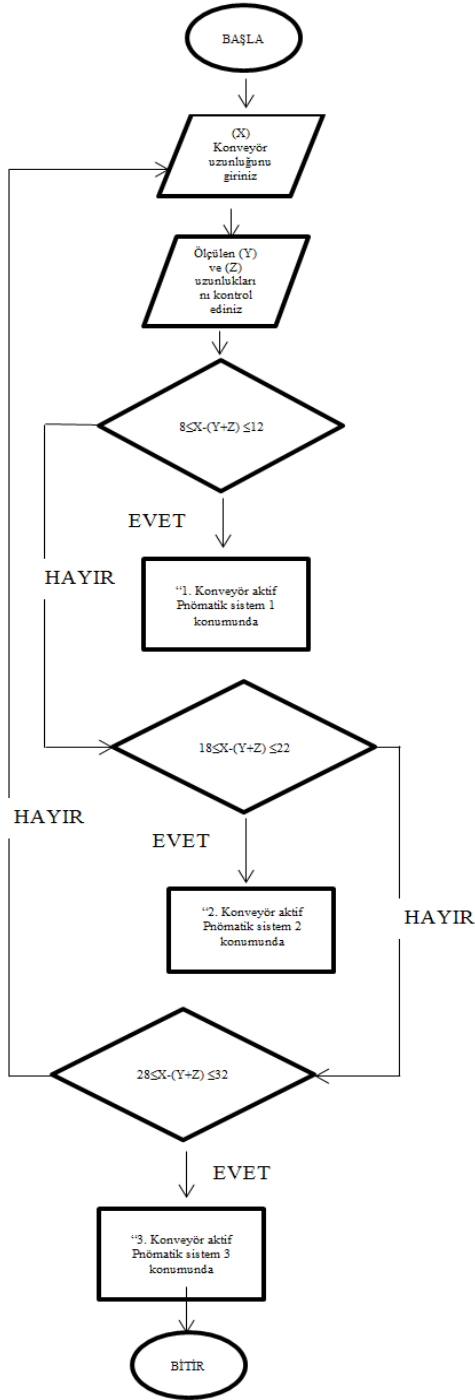
Görüldüğü üzere karşılıklı iki lazer sensör ile gelen malzemenin iki boyutu ölçülmektedir. Pres makinesinde 3 ayrı büyüklükte malzeme üretilmektedir. Küçük, orta ve büyük (10 cm, 20 cm, 30 cm).

Gerekli algoritmadaki hesaplamalar şu şekildedir;

y ; 1. Lazer sensör ölçülen mesafe  
z ; 2. Lazer sensör ölçülen mesafe  
y+z ; Toplam ölçülen uzunluk  
x ; Toplam konveyör uzunluğu

x- (y+z) = 10 1. Konveyör aktif  
x- (y+z) = 20 2. Konveyör aktif  
x- (y+z) = 30 3. Konveyör aktif

Sistem %10 malzeme toleransı ile çalışmaktadır. Bunun yanında belirli bir histeresisiz aralığı da ilave edilmiştir. Örneğin 1. Konveyör, 8-12 cm aralığında aktif hale gelecek ve diğer tüm ölçülerde 1. konveyör sistemi duracaktır. Hazırlanmış olan algoritmanın yazılımı Codesys programında yapılmıştır. Lazer mesafe sensörleri mikron hassasiyetinde ölçüm yapmaktadır. Kontrolör kanalları da bu çözünürlüğü destekler seviyede olduğundan dolayı pozisyon değerleri doğru bir şekilde alınmıştır. Codesys yazılımı bölümünde; analog okumalarının, karşılaştırmaların ve konveyör hareketlerinin nasıl yapıldığı anlatılmaktadır. Ölçüm sisteminin algoritmasının akış şeması Şekil 6'daki gibidir.



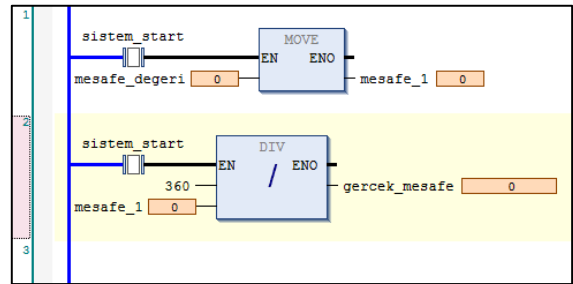
Şekil 6. Ölçüm sisteminin algoritmasının akış şeması

### 3.1 Algoritmanın Codesys ile yazılıma aktarılması

Hızla gelişen endüstriyel uygulamaların taleplerine karşılık verebilmek için farklı tipteki

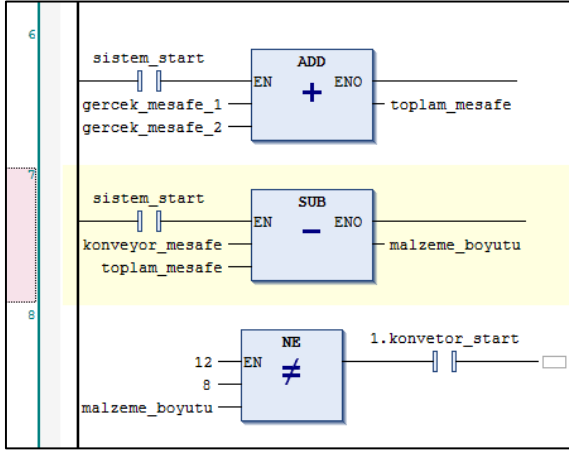
PLC yapıları ile çalışabilmek ve bunları bütünüyle yönetebilmek gerekir. Ancak günümüzde karşılaşılan en büyük problemlerden biri, kişilerin tek bir markaya bağımlı kalarak farklı sistemlerde zorluk çekmesidir. Farklı yapılardaki yazılım programları kullanıcıları zor durumda bırakmaktadır. Codesys bu durumu ortadan kaldırarak donanımdan bağımsız yazılım yapısı sunar. Codesys'in açılımı "Controller Development System" dir. IEC 61131-3 endüstri standardına uymaktadır. Codesys açık kaynak kodlu olup ücretsizdir ve aynı zamanda kullanıcıya esnek bir programlama imkânı sunmaktadır. Aynı zamanda mühendisler uygulama ihtiyaçlarına uygun program yapabilirler. Codesys ile bir marka PLC için yazdığımız programı çok küçük donanım değişikliği ile farklı marka PLC'ye uyarlamak mümkündür. Yazılım dili açısından ise genişletilmiş bir yapı sunmaktadır [10].

Lazer mesafe sensörleri, analog sinyal üreten elemanlardır. Lazer mesafe sensörü cisimden yansımalıdır ve bu yüzden hem alıcısı hem vericisi kendi üzerindedir. Örneğin 400 mm ölçüm yapabilen bir sensör düşünelim, katalog bilgilerine göre bu sensör 40-400 mm arasında ölçüm yapabilir ve ilk 40 mm de algılama yapamaz. Ölçüm değerinin okunduğu program bloku Şekil 7 deki gibi yapılmaktadır.



Şekil 7. Analog mesafe değerinin ölçümü

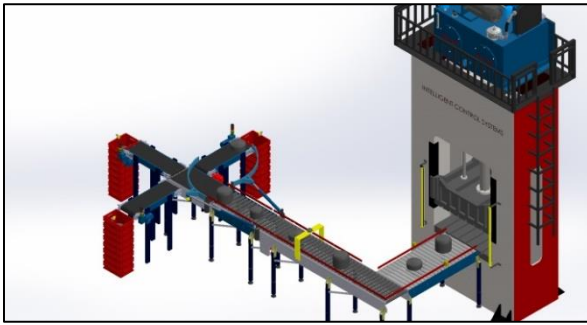
Ölçülen değerler ve bu değerlerin kullanıldığı hesaplamalar Şekil 6'da verilen algoritmaya uygun olarak yapılmıştır. Sabit mesafeler ile lazer sensör ölçmelerinden gelen verilerin kıyaslanarak yapılan ayrıştırma işleminin programı Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Malzeme boyutunun hesaplanması

#### 4. Sistemin Üç Boyutlu Tasarımı

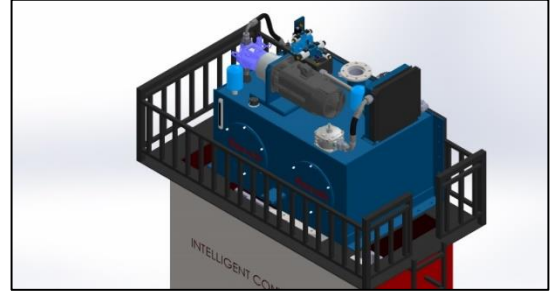
Sistemin üç boyutlu tasarımı üç boyutlu olarak yapılmıştır. Sistem bir sıvama presi olup, değişik boyutlarda tencere ve türevleri üretilmektedir. Düzenek, son sistem otomasyon mantığıyla tasarlanmıştır. Pres makinesinin önünde “L” şeklinde bir konveyör bulunmaktadır. Bu bant üzerinde malzeme geçi bilgisi için bir adet karşılıklı mod prensibinde çalışan fotoelektrik sensör, malzeme ayırt etmek için görüntü işleme sensörü, depo doldu bilgisi için ultrasonik sensör ve çalışanlara durum bilgisi vermek amacıyla indikatör ışıklar bulunmaktadır. Sistemin üç boyutlu resmi Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9. Sistemin üç boyutlu resmi

Sistemin hidrolik kısmında ise servomotor kullanılmıştır. Şekil 10’da servo motorlu örnek bir ünite resmi verilmiştir. Hidrolik ünite kısmında ise basınç transmitteri ile analog olarak basınç bilgisi okunmaktadır. Bu basınç transmitteri 4-20 mA analog akım çıkışı vermektedir ve 0-400 bar arası ölçüm yapmaktadır. Bu basınç transmitteri 0.5 bar

hassasiyeti ile ölçümlerini gerçekleştirmektedir. Diğer bir taraftan sıcaklık transmitteri ile yağ sıcaklığı anlık olarak analog olarak ölçülmektedir. Eğer yağ sıcaklığı istenilen değeri geçerse soğutucu otomatik olarak devreye girecektir. Bu sıcaklık transmitteri de 4-20 mA analog akım çıkışı vermektedir. Bu tür sistemlerde yağ seviyesi de önem arz etmektedir. Eğer yağ seviyesi pompanın altına inerse pompa boşa dönecek ve sistem zarar görecektir. Bu yağ seviyesi ise ultrasonik sensör ile ölçülmüştür. Bu ultrasonik sensör cisimden yansımali olarak çalışmakta ve öğretmeli bir sensördür. Üzerindeki öğretme butonu ile alt seviye ve üst seviye öğretilmekte bu değerlere göre yağ seviyesi noktalarında sinyaller alınmaktadır.

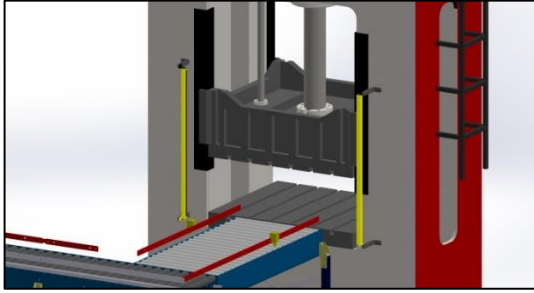


Şekil 10. Hidrolik ünite resmi

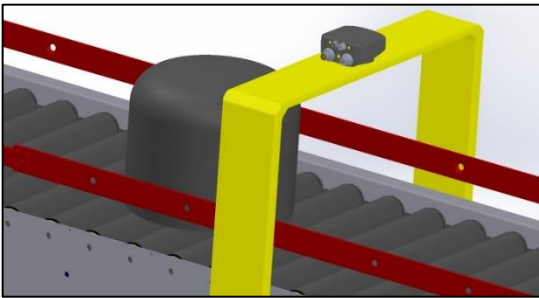
Sistem son derece güvenli şekilde dizayn edilmiştir. Sistemde emniyet ışık bariyerleri bulunmaktadır ve Şekil 11’de gösterilmiştir. Dışardan herhangi bir müdahale geldiğinde ışık bariyerindeki ışınlar kesilecek ve sistem otomatik durdurulacaktır. Işık bariyeri 30 mm çözünürlükte kategori seviyesi 2 olan bir güvenlik elemanıdır. Güvenlik sistemlerinde esas olarak sürekli ‘1’ sinyali dolaşır. Bunun amacı arıza durumunda, sorunun nereden kaynaklandığının belirlenmesidir. Güvenlik elemanlarına özgü bulunan güvenlik rölelerinde kontaklar normalde kapalı pozisyonundadır. Işık bariyerlerinin karşılıklı sinyalleri kesildiğinde kontaklar normalde açık pozisyona gelerek sistemi durdurmaktadır. Son olarak en önemli nokta ışık bariyerlerinin tepki sürelerinin hesaplanmasıdır. Durma süreleri özel cihazlar ile hesaplanarak bariyer yerleşimi bu süreye göre yapılmalıdır. Malzeme ilk çıktığında, malzeme var bilgisi için, karşılıklı mod prensibinde çalışan fotoelektrik sensör yerleştirilmiştir. Tamamen dijital bir çıkış alınarak gerekli kontrol kolay bir şekilde yapılabilir.



Diğer bir uygulama ise sistemde malzeme ayırt etmek için görüntü işleme sensörü kullanılmıştır. Bu sensör üç ayrı dijital çıkış vermektedir. Şekil 12’de görüntü işleme sensörünün montaj edilmiş hali görülmektedir. Görüntü işleme sensörü bir kamera değildir ancak yüzlerce fotoelektrik sensörün bir araya gelerek oluşturulmuş bir cihazdır. İçerisinde birçok farklı algoritma mevcuttur. Bunlar match, area ve blemish algoritmalarıdır. Match algoritması ile öğretilen örnek görüntü ile anlık görüntü karşılaştırılır. Area algoritması elde edilen görüntüdeki açık renk ve koyu renk alanları sayar. Blemish algoritması ile elde edilen görüntüdeki keskin kenarları seçip ortaya çıkarabilir. Bu uygulamada match algoritması kullanılmıştır. Hangi malzeme geldiyse o bantı devreye sokmaktadır. Böylece üç ayrı kap kısmına malzemeler ayrılmış olacaktır. Bu sensöre üç ayrı resim öğretilmektedir. Sensör öğretilen resimlere göre karşılaştırma yapıp çıkış vermektedir.



Şekil 11. Emniyet ışık bariyerli sistem

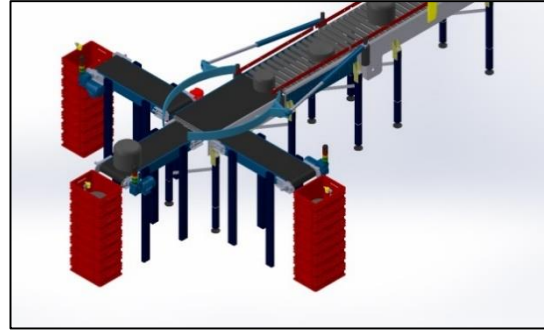


Şekil 12. Görüntü işleme sensörü

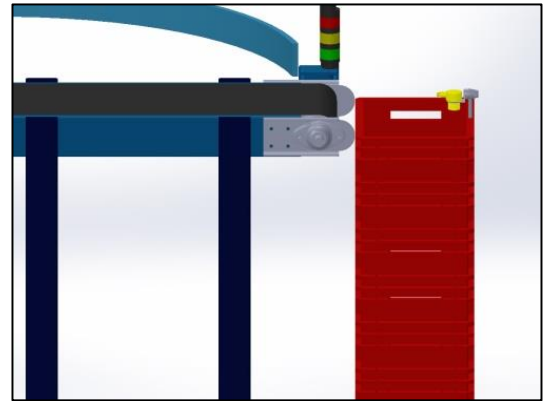
Malzemelerin üç ayrı kola ayrılmasını sağlayan özel bir sistem tasarlanmıştır. Sistemin üstten görünümü Şekil 13’de verilmiştir. Bu sistemin hareket etmesi de tamamen Pnömatik olarak yapılmıştır. Sistemde Pnömatik bir silindir

vardır. Görüntü işlemeden gelen sinyal ile silindir istenilen banda doğru hareket etmektedir.

Kapların kontrolü de yine otomatik olarak yapılmaktadır. Sistem boş iken ultrasonik sensörden bir bilgi gelmemektedir. İndikatör ışık yeşil yanmaktadır. Sensörden bilgi geldiği anda indikatörde kırmızı yanmakta ve ilgili bant otomatik olarak durmaktadır. Şekil 14’de indikatör ve ultrasonik sensör yerleşimi gösterilmiştir. Bu sistemde kullanılan ultrasonik sensörde cisimden yansıma prensibine göre çalışmaktadır. İki öğretim noktası bulunmakta ve alt-üst noktalar üzerinde bulunan öğretim butonu ile yapılmaktadır.



Şekil 13. Özel bant sistemi



Şekil 14. Ultrasonik sensör ve indikatör ışık

## 5. Sonuçlar

Hidrolik bir sistemin matematiksel modeli çıkartılmıştır. Üç farklı erişim kuralı açısında sabit-oransal değişimli kontrolör yapısı incelenmiştir. Kontrolör yapıları erişim ve kayma evrelerini gerçekleştirmiştir. Akabinde sisteme uygulanacak olan kontrol sinyali, gerekli araştırmalar ve hesaplamalar sonucunda



çıkartılmıştır. Sistemin üç boyutlu bir resmi çıkartılmıştır. Tasarlanan bu sistem tam otomatik çalıştığı için vakit kazancı ve işçilik kazancı sağlamaktadır. En önemli avantajlarından bir tanesi, tamamen Servomotorlu sistem olmasından dolayı enerji tasarrufu yüksektir. Ortamdaki gürültü de alt seviyelerde olmaktadır. Sistem sadece iş yapıldığında çalışacağı için tankın içindeki yağ da azalacaktır. Bu sayede tank boyutu küçülmektedir. Ülkemizde elektrik motorları çok miktarda kullanıldığı için, enerji verimliliği açısından üstünde durulması ve gerekli hassasiyetlerin gösterilmesi gereken bir konudur. Bu çalışma da bu konu üzerine durulmuş ve istenen verimlilik elde edilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda sistem üzerindeki kontrol metotları araştırılarak, verimliliğin yanı sıra performans analizleri üzerine durulacaktır.

## 6. Kaynaklar

1. Çelikayar, G., “Servomotor tahrikli pompa kontrol sistemleri ve enerji tasarrufu”, V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, İstanbul.
2. Çalışkan, H., Balkan, T., Platin, B. E., Demirer, S., “Değişken devirli pompa ile servo hidrolik konum kontrolü”, V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, İstanbul.
3. Halicioğlu, R., Dülger, L. C., Bozdana, A. T., “Sezgisel Algoritmalarla Hareket Denetimi Servo Pres Uygulaması”, Uluslararası Katılımlı 17. Makina Teorisi Sempozyumu, İzmir, 14-17 Haziran 2015.
4. Kuşcu, H., Güllü, A., Arda, M., “Hidrolik Presleri PLC Kontrollü Hale Dönüştürecek Bir Sistemin Tasarımı”, VI. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, İzmir, 12-15 Ekim 2011.
5. Liu, Z., Wang, Y., Huang, H., Li, X., Li, L., Zhou, D. (2016). An Energy Matching Method for Hydraulic Press Group Based on Operation Load Profile. 23rd CIRP Conference on Life Cycle Engineering, **48**: 219-223.
6. Gao, M., Li, X., Huang, H., Liu, Z., Li, L., Zhou, D. (2016). Energy-saving Methods for Hydraulic Presses Based on Energy Dissipation. 23rd CIRP Conference on Life Cycle Engineering Analysis, **48**: 331-335.
7. Hong, W. (2011). Design of PLC-based Hydraulic System for Workpiece Turnover. Procedia Engineering, **15**: 122-126.
8. Everett, H., R. (1995). Sensors for mobile robots theory and application. A.K Peters. Wellesley, Massachusetts.
9. Ersöz, F., E. (2007). Lazer Mesafe Ölçüm Sistemli Otonom Robotlarda Kalman Filtresi Tabanlı Eşzamanlı Lokalizasyon ve Haritalama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 7s.
10. CoDeSys, 2010, User Manual for PLC Programming with CoDeSys 2.3, 3S - Smart Software Solutions GmbH, p. 2.9.