

# ÇÖZÜCÜ-SARICI ÜNİTELERİNE SAHİP MAKİNALARDA SERVO MOTOR KULLANIMI

<sup>1</sup>Engin AYÇİÇEK

<sup>2</sup>Nur BEKİROĞLU

<sup>1,2</sup>Elektrik Mühendisliği Bölümü  
Elektrik-Elektronik Fakültesi  
Yıldız Teknik Üniversitesi, 34394, Yıldız, İstanbul

e-posta <sup>1</sup>eaycicek@yildiz.edu.tr

e-posta <sup>2</sup>nbekir@yildiz.edu.tr

*Anahtar sözcükler: Servo Motor, Gergi Kontrolü, Dancer Merdanesi*

## ABSTRACT

*The use of dancer cylinder in the wind-unwind applications which use servo motors is very widespread primarily because it eases control and simplifies the system mechanically. Dancer cylinder is a mechanism to which linear potentiometer allowing the reception of control signals is connected and which mover upwards and downwards. In this study, in which such a system has been used, the material on the roller driven by the induction motor has been unwound, and wound on the unit controlled by the servo motor and its drive. Although this winding process has been done in high speed, no damage has been observed either on the material used or the tension. Servo motor has been used in the study because it allows easy access to high speed and high accuracy control.*

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle beraber ambalaj kullanımının yaygınlaşması, bu sektörde kullanılan makinelerin verimini ve performansını artırma zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Ambalaj malzemesinin kullanımının yaygınlaşması aynı zamanda bu malzemelerin daha kısa sürede ve daha kaliteli üretilmesini gerektirir. Bu amaçla hedeflenen üretim hızında, istenilen kalitede baskıyı sağlayabilecek şekilde kontrol edilebilen motorlar, sensörler ve sürücüler kullanılmalıdır. Böyle bir sistemde servo motorların kullanılması en optimum çözümleri verir. Servo motorların gelişimiyle sistemin ihtiyacı olan tüm gereksinimler yazılımla karşılanabilir hale gelmiştir.

Servo teknolojisi ilk olarak DC sabit mıknatıslı motorlarda kullanılmıştır. DC motorlara göre AC motorların dezavantajı, hız kontrollerinin çok zor yapılmasıdır. Elektronik dünyasındaki son gelişmeler, hız kontrol sistemlerinin mikro denetleyiciler yardımıyla yapılabileceğini gündeme getirmiştir. Tüm bu gelişmeler, DC sürücü sistemlerin önemini azaltıp,

bunların yerine AC sistemlerin önemini artmasına öncülük etmiştir [1]

Servo motorlar, kendilerine entegre enkoder, resolver gibi geri-besleme cihazları sayesinde nominal devirlerinin üzerinde son derece kararlı çalışabilen elektrik motorlarıdır. Fırçasız tip servo motorlarda fırça ve komütatör bulunmadığından bakımları kolaydır, uzun ömür ve yüksek güvenilirliğe sahiptirler. Güç arızası durumunda, dinamik frenleme uygulayabilirler. Titreşimler düşük seviyededir ve denge problemleri yoktur. Düzgün akım dalga şekillerinden, yüksek hız cevaplarından ve geniş hız kontrol oranlarından dolayı yüksek doğruluğa sahiptirler. Dolayısıyla, konum, hız ve moment kontrolü için en elverişli motorlardır.

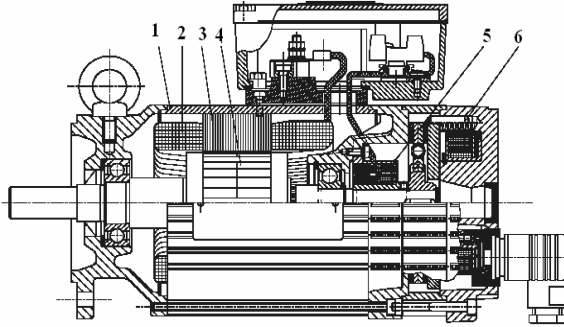
Günümüzde güç elektroniği teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, alternatif akımın fırçalar yerine dış ortamdaki yarı iletken bir anahtarlama devresi ile verildiği fırçasız servo motorlar fırçalı servo motorlara nazaran daha çok tercih edilmektedir. Genel özellikleri bakımından ele alındığında fırçasız servo motor bir AC motordur ve bu sebeple AC servo motor olarak adlandırılır. DC servo motorun hızı genellikle endüviye uygulanan gerilimin değiştirilmesi ile AC servo motorun hızı ise genellikle frekansın değiştirilmesi ile ayarlanır [3]

Performans açısından değerlendirildiğinde AC servo motorlar, DC servo motorlar ile aynı performans değerlerine sahiptirler. AC servo motorların DC servo motorlara göre en temel üstünlüğü fırça elemanlarının olmamasıdır. Bu sebeple fırçaların bakımı diye bir gereklilik yoktur ve dolayısıyla fırçalardan kaynaklanan çoğu problem giderilmiş olur. Ayrıca, sarımların sabit stator içine sarılmasından dolayı, sargı yüzey alanı daha da genişlemektedir. Böylelikle daha iyi ısı yalıtımı sağlanabilmekte ve sargılarda oluşabilecek ısı artışı algılama elemanları tarafından kolayca algılanabilmektedir. Komütatör ve fırça aksamının yokluğu rotor çapını küçültürken aksenal boyu da artırır. Fırçasız motorun belirtilen üstünlüklerinin yanında dezavantajları olarak;

motorların rotor pozisyonunun bir kodlayıcı vasıtasıyla mutlak olarak algılanması gerekliliği ve motor kontrol devresinin karmaşık olması, dolayısıyla maliyetinin yüksek olması gösterilebilir [1]

## 2. FIRÇASIZ SERVO MOTORUN YAPISI

Fırçasız bir servo motor yapısı Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu motorun yapısı, manyetik akıyı üretmek için gerekli olan mıknatıs rotora monte edildiğinden dolayı döner alan tipli motor yapısındadır



Şekil-1. Fırçasız servo motorun yapısı

1) stator yuvası, 2) stator havalandırması, 3) ince dilimli stator göbeği, 4) kalıcı mıknatıslı rotor, 5) resolver, 6) fren

AC servo sürücülerin gelişiminden önce endüstride geniş bir oranda doğru akım servo motorları kullanılmaktaydı. Doğru akım servo motorlarında üretilen akım ile moment arasında oransal ilişki olması sebebiyle, kontrol işlemi çok kolay yapılabilmekteydi. Ancak, fırçalar ve komütatör arasındaki mekanik sürtünmeden dolayı oluşan sürtünme ve ısı kayıpları ve komütatörde komütasyon sırasında oluşan ark, bu motorların önemli bir dezavantajını oluşturduğundan belirli zaman periyotlarında DC servo motorların bakımı kaçınılmaz olmaktadır.

DC servo motorlardaki komütasyonun aksine fırçasız servo motorlar akımı transistörler vasıtasıyla doğrulturlar. Diğer yönden rotor manyetik alanını kodlayıcı vasıta ile algılayıp algılanan bu pozisyona uygun düşecek şekilde stator sarımlarına üç fazlı alternatif akım verilmesi suretiyle kalıcı mıknatıslı senkron motor tipindeki servo motorlar aynı zamanda AC servo motorlar olarak da isimlendirilirler.

## 3. ÇÖZÜCÜ ve SARICILARDA GERGİ KONTROLÜ

Ambalaj sektöründe üç temel hammadde; petrol, alüminyum ve kağıt kullanılmaktadır. Ancak bunların işlenebilmesi için önce rulo haline getirilmeleri gerekir. Bu sebepten, sektördeki hemen hemen tüm

makinelere çözücü ve sarıcı uygulamalarına birer örnek oluşturmaktadır. Sektörde kullanılan ve üzerinde çalışılan malzeme rulo halinde olduğu için, tüm makinelere esas olan, malzemenin gergisini üretim süresi boyunca sabit tutmaktır. Kağıt, kumaş, saç, plastik gibi şerit halindeki malzemelerin, rulo olarak endüstriyel süreçlere girmesinde karşılaşılan en önemli sorunlardan birisi, şeritteki gergi kuvvetinin kontrolüdür. Rulonun açılıp, işlem gördükten sonra tekrar sarılması süresi boyunca hem boşalan hem de sarılan rulo çapının zamanla değişmesinden dolayı üretim hattında gerginliğin değişmesi, bu tip sistemlerin doğal bir davranışıdır. Gergi kuvveti belli değerlerde tutulmadığı takdirde başlıca iki problemle karşılaşılır. Bunlar gergi kuvvetinin artarak, şeridin kopma mukavemetini aşması durumunda oluşacak ve üretimi kesecek olan kopma ve gergi kuvvetinin azalması ile üretim hattındaki gevşemeden dolayı oluşacak aksaklıklar ve kalite düşüklüğü. Dolayısıyla bu tip sistemlerde gerginliğin belli bir değerde tutulması yani denetlenmesi kaçınılmazdır [4]

## 4. GERGİ KONTROL YÖNTEMLERİ

Gerginliğin kontrolü için bugüne kadar çeşitli sistemlerle çözüm aranmıştır. Bu sistemler, gergiyi doğrudan veya dolaylı olarak ölçen sistemler olarak tasarlanabilir. Ölçülen gergi değeri, besleme veya çekme bobinini tahrik eden elektrik motorunun hızını ayarlayan geri besleme işareti olarak tasarlanabileceği gibi sadece çekme bobininin sabit devirli bir motorla tahrik edildiği sistemlerde, besleme bobini üzerinde bir frenleme etkisi oluşturacak geri besleme işareti olarak da tasarlanabilir.

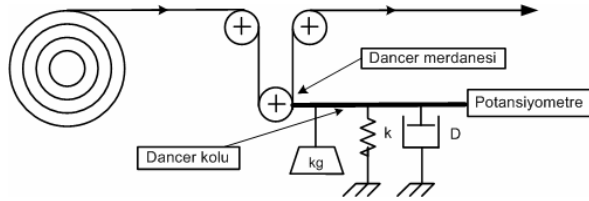
Sarıcı ve çözücü uygulamalarında, malzemenin gerginliğini sabit tutarak çalışabilmek için, malzemenin gerginliğini geri besleme olarak tahrik sistemine almak gereklidir. Bu amaçla izlenebilecek değişik yöntemler vardır. Yük hücresi kullanmak, dancer merdaneleri kullanmak, takometre ile malzeme hızını ölçmek, uygun algılayıcılar ile rulo çapını ölçmek veya rulonun anlık çapını çalışma süresi boyunca devamlı olarak hesaplamak bu yöntemlerden birkaçıdır. Bu çalışmada kullanılan dancer yöntemi, bu tip süreçlerde en sık kullanılan yöntemdir.

## 5. DANCER YÖNTEMİ İLE GERGİ KONTROLÜ

Şekil 2'de dancer yöntemi bir çözücü ünitesi üzerinde gösterilmiştir. Hedef, çözücüde azalan rulo çapına karşı malzeme gergisini sabit tutmak üzere çözücünün momentini azaltmak veya malzemenin aynı hat hızında devam etmesini sağlamak üzere çözücü devrini arttırmaktır. Buradaki temel mantık, hareketli olarak monte edilmiş dancer merdanesini devamlı aynı pozisyonda tutacak şekilde çözücünün hızını ayarlayıp aynı zamanda malzemenin gerginliğini de kontrol etmektir

Bu yöntemde kullanılan potansiyometrenin değeri, dancer merdanesi orta pozisyonda iken, tahrik sistemi için çalışma noktasıdır. Dancer merdanesinin yukarı doğru hareketinde potansiyometrenin alacağı yeni değer, tahrik sisteminde çözücülerde set değerinin artırılması anlamına gelirken, sarıcılarda set değerinin azaltılması anlamına gelir. Her iki sistem, tahrik sistemine yazılan sabit bir pozisyon set değeri ve dancer kolu potansiyometresinden gelen pozisyon geri beslemesi ile kapalı çevrim olarak üretim süresince çalışır.

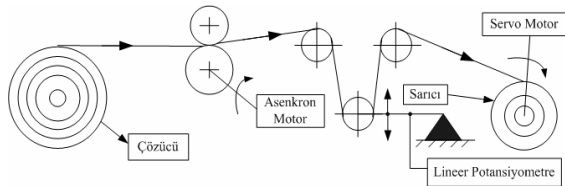
Dancer sistemlerinde, dancer kolu, dancer merdanesi ve kullanılan potansiyometre değişmez sistem elemanlarıdır. Söz konusu sistemler, malzemeye değişik germe kuvveti uygulamak için seçilen ve aşağıya doğru uygulanan yük bakımından farklılıklar gösterebilir. Bu amaçla kola ağırlık asılabildiği gibi ayarlanabilir yay veya pnömatik piston yöntemleri de kullanılabilir. Şekil 2’de bu sistemin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil-2. Dancer merdanesi çalışma prensibi

## 6. SERVO MOTOR KULLANILARAK GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇÖZÜCÜ-SARICI UYGULAMASI

Şekil 3’de görüldüğü gibi uygulama sistemi, malzemeyi çözmek için bir asenkron motor, malzemeyi saran merdaneyi kontrol etmek üzere bir servo motor, dancer sistemi ve doğrusal potansiyometreden oluşmuştur.



Şekil-3. Çözücü-sarıcı makinesi genel görünümü ve elemanların yerleşimi

Uygulama devremizin çözücü tarafında, malzemeyi çözüp hattın içine aktarmak üzere kullandığımız asenkron motor ve bu motoru kontrol eden micromaster 440 serisi AC sürücümüz bulunmaktadır. Sarıcı tarafında ise çözülen malzemenin gergisini kontrol etmek üzere değişik germe anlarında sistemin hızını ayarlayan masterdrive MC servo sürücüsü tarafından kontrol edilen servo motor kullanılmaktadır. Bu motor 1FK6 serisi olup, bu tip motorlar sabit mıknatıslı kompakt servo motor olarak

isimlendirilen senkron servo motorlardır. Düşük rotor atalet momentleri sayesinde oldukça yüksek dinamik cevaba sahiptirler ve koruma sınıfı IP64’tür. Bir başka özellikleri de yüksek statik tork karakteristiğine sahip olmalarıdır. 1FK6 serisi motorlar aynı güçteki diğer motorlara göre daha küçük boyuttadırlar. Bu motorlarda, geri besleme üç farklı tipte seçilebilir. Bunlar sin/cos artımsal enkoder, mutlak değer enkoder veya 2 uçlu resolver tipleridir. Uygulamada kullandığımız servo motorda, geri besleme elemanı olarak 2 uçlu resolver bulunmaktadır.

## 7. UYGULAMA SONUÇLARI

Çözücü-sarıcı uygulamasında kullanılan asenkron motor, motorun hızını set etmekte kullandığımız potansiyometreden aldığı hız referansına göre çalışmakta ve bu çalışma sırasında çözücünden malzemeyi alıp, hattın içine aktarmaktadır. Malzeme, motor tarafından tahrik edilen merdaneyle üzerine basan merdane arasından hareket ederek bir sonraki aşamaya geçer. Bu işlem, malzemeyi çekmenin yanında, merdanelerin önünde ve arkasında kalan kısımlarındaki malzeme gergisini birbirlerinden izole etmek için yapılır. Asenkron motorun kontrolü Siemens Micromaster 440 serisi sürücüsü ile yapılmıştır. Merdanelerden çıkan malzeme, sarıcı motoruna geri besleme işaretini üretecek olan dancer ünitesine girer. Hareketi izlenebilecek şekilde monte edilmiş dancer merdanesine bağlanan doğrusal potansiyometre vasıtasıyla, merdanelerin pozisyonu, dolayısıyla malzemenin pozisyonu elektriksel olarak üretilir (0-10 V). Daha sonra bu işaret, sarıcı motorunu kontrol eden sürücünün PID bloğuna süreç değişkeni olarak tanıtılır. Söz konusu sürücüde ki süreç set değeri ise dancer merdanesinin orta pozisyonda iken ürettiği elektriksel işaretin karşılığı olacak şekilde, sabit bir sayı olarak sürücüye atanır. Sarıcı bölümünde kullanılan motor Siemens 1FK6063-6AF71-1TA0 serisi motordur. Bu motordaki dişli aktarma oranı 38/13’tür. Uygulama gereği maksimum motor çıkış hızı, nominal hızın %25’inde sınırlandırılmıştır. Bu da yaklaşık 90m/dk hıza karşılık gelmektedir. Bu çalışma durumunda Tablo-1, Tablo-2, Tablo-3 ve Tablo-4’de gösterilen değerler elde edilmiştir.

Tablo-1. Uygulamaya ait değerler

Uygulamaya Ait Değerler	
Gergi	4 (kg)
Hat Hızı	90 (m/dk)
Maksimum Bobin Çapı	350 (mm)
Maksimum Çapta Bobin Ağırlığı	7,929 (kg)
Merdane Çapı	90 (mm)
Minimum Çapta Bobin Ağırlığı	1 (kg)
Durma Süresi	3 (sn)

Bobin ağırlığı (1) eşitliği kullanılarak 7,929 (kg) olarak bulunur.

$$B = \Pi \left[ \left( \frac{D}{2} \right)^2 - \left( \frac{d}{2} \right)^2 \right] \times h \times \sigma \quad (1)$$

Tablo-2. Uygulamanın bobin-ağırlık hesabı

Bobin Ağırlık Hesabı	
Özgül Ağırlık( $\sigma$ )	950 (kg/m <sup>3</sup> )
Bobin Eni (h)	148,1 (mm)
Bobin Çapı (D)	350 (mm)
İlk Bobin Çapı (d)	90 (mm)
Bobin Ağırlığı (B)	7,929 (kg)

Bobin uzunluğu (1) eşitliği kullanılarak 2994 m olarak bulunmuştur.

$$L = \frac{\Pi(D^2 - d^2)}{4 \times k} \quad (2)$$

Tablo-3. Uygulamanın bobin-metraj hesabı

Bobin Uzunluğu Hesabı	
Bobin Çapı (D)	350 (mm)
İlk Bobin Çapı (d)	90 (mm)
Malzeme Kalınlığı (k)	30 ( $\mu$ m)
Bobin Uzunluğu (L)	2994 (m)

Tablo-4. Uygulamanın moment-devir değerleri

Maksimum Çapta		Minumum Çapta	
Bobin Tarafı Yük Momenti	3,52 (Nm)	Bobin Tarafı Yük Momenti	2,209 (Nm)
Bobin Devri	81,8 (d/d)	Bobin Devri	318 (d/d)
Motor Tarafı Yük Momenti	1,945 (Nm)	Motor Tarafı Yük Momenti	0,7556 (Nm)
Motor Devri	143,5 (d/d)	Motor Devri	929 (d/d)

Çözme-sarma makinasındaki malzememiz film (Polyester)'dir. Malzememizin genişliği 148,1 mm olduğu için hattımızdaki malzemenin gergisi; (3) eşitliği kullanılarak, yaklaşık 4 kg olarak bulunur.

$$G = h \times g \quad (3)$$

Tablo-5. Ambalaj malzemelerin gergi değerleri

	Kalınlık	Gergi Değeri (kg/cm)
Film (Polyester)	0,0508	0,27
Film (Polietilen)	0,0508	0,09
Asetat	0,0508	0,18
Gazete Kağıdı	0,0508-0,0762	0,045-0,135

Çözücü-sarıcı makinesinin çalışmasından alınan değerlere göre çizilen çap-devir grafiği ve hesaplama örneği aşağıdaki gibidir.

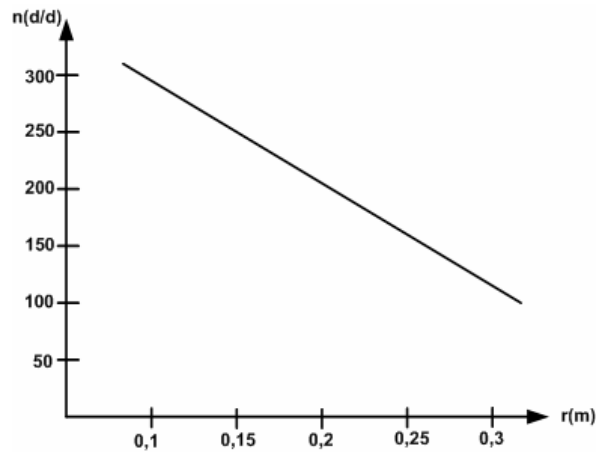
$$v = \Pi \times D \times n \quad (4)$$

(4) eşitliği kullanılarak  $v=90$  m/d'da sabit ve merdane çapı 0.09m, maksimum bobin çapı 0.35m olarak alınırsa çeşitli bobin çapları için devir sayıları;

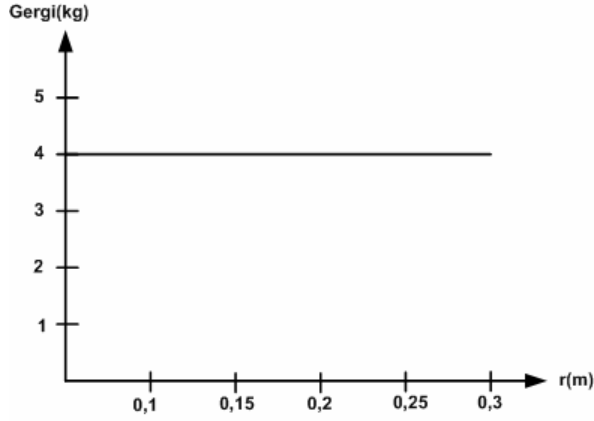
D= 0,09m için  $n= 318$  d/d  
D= 0,10m için  $n= 286,4$  d/d  
D= 0,15m için  $n=190,9$  d/d  
D= 0,25m için  $n=114,59$  d/d  
D= 0,35m için  $n=81,8$  d/d

olarak bulunur.

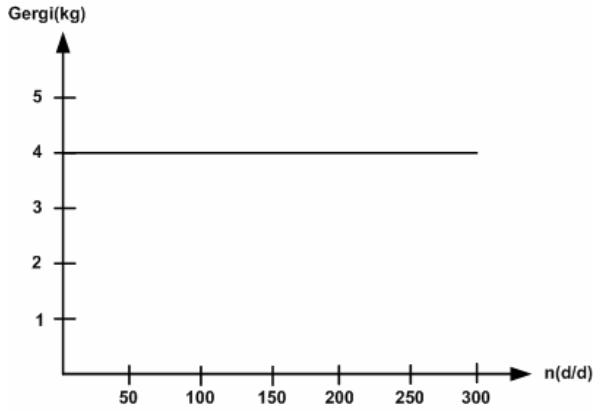
Şekil 4'de gözüktüğü gibi çap azaldıkça devir sayısı artmakta ve çap arttıkça devir sayısı azalmaktadır. Bu işlem hat hızını ve gergisini sürekli değişmeye zorlar. Yaptığımız gergi kontrolü sayesinde hat hızı 90m/d ve gergisi 4 kg olarak sabit utulabilmektedir. Bu durum Şekil 5 ve Şekil 6'de gösterilmiştir.



Şekil-4. Devir sayısının çapa bağlı değişimi



Şekil-5. Gerginin çapa bağlı değişimi



Şekil-6. Gerginin devir sayısına bağlı değişimi

yansıtılabilir ve muhtemel arızalar hakkında hem operatöre hem de bakım personeline bilgi verilebilir. Bu sayede, bakım ve arıza süresi kısaltılarak makinenin verimi arttırılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Dote, Y., Kinoshita, S., (1990) "Brushless Servomotors", Clarendon Pres, Oxford.
- [2] Ellis, G., (1996), "Advances in Brushless DC Motor Technology, Control, and Manufacture", PCIM-Europe, 7s.
- [3] Vas, P., (1998), "Sensorless Vector and Direct Torque Control", Oxford University Press.
- [4] [www.remak.com.tr](http://www.remak.com.tr)

## 8. SONUÇLAR

Bu çalışmada, asenkron motorun tahrik ettiği merdanede bulunan malzeme çözdürülüp, servo motor ve sürücüsü tarafından kontrol edilen sarıcı ünitesinde 90 m/d hızla sarılmıştır. Bu sarma işlemi yüksek hızlarda gerçekleştirilmesine rağmen, kullanılan malzemede ve gergisinde herhangi bir bozulma olmamıştır. Çalışmada yüksek hızlara kolaylıkla çıkılabildiği ve yüksek kontrol doğruluğu sağlanabildiği için servo motor kullanılmıştır. Bu işlemin, diğer elektrik motorları ile bu doğrulukta ve bu verimlilikte gerçekleştirilmesi ise oldukça zor ve kontrolleri daha karmaşıktır. Bu sebeple ancak düşük maliyetin istendiği ve yüksek doğruluk gerektirmeyen uygulamalarda tercih edilebilirler. Bu çalışma, servo motor sürücüleri ile hızlı bir haberleşme protokolüne sahip PLC kullanılarak geliştirilebilir. PLC sisteminin kullanılmasıyla, çap ve gergi kontrolünün yanında ağırlık, metraj hesabı, kamera izleme yöntemi ve kenar ayar sistemi gibi fonksiyonlar da gerçekleştirilebilir. Ayrıca bunlara bağlı olarak uygun çalışma modları da tanımlanabilir. Sonuç olarak PLC kullanılan sistemlerde hız kontrolü için gerekli hesaplamalar daha hızlı yapılabilir ve elde edilen bilgiler sürücülere daha hızlı iletilebilir. Ayrıca makine üzerinde bir operatör terminali kullanılması durumunda, PLC'de toplanan bilgiler operatöre