

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PLC TABANLI 6 EKSENLİ ENDÜSTRİYEL ROBOT İLE
MİLİKEN BEZİ SARMA SİSTEMİNİN OTOMASYONU

Eda YILDIRIM

KOCAELİ 2022

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PLC TABANLI 6 EKSENLİ ENDÜSTRİYEL ROBOT İLE
MİLİKEN BEZİ SARMA SİSTEMİNİN OTOMASYONU

Eda YILDIRIM

Doç. Dr. Serhat YILMAZ
Danışman, Kocaeli Üniv.

.....

Dr. Öğr. Üyesi Sıtkı ÖZTÜRK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

.....

Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman GÜNDAY
Jüri Üyesi, Bursa Uludağ Üniv.

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 23.06.2022

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

☐ Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☒ Bu tez çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler Pirelli Otomobil Lastikleri A.Ş. tarafından Arge Merkezi POL/18/11/009 no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumum saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....
EDA YILDIRIM

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim. Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

☒ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....

EDA YILDIRIM

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüzde otomotiv sektörünün gelişmesiyle birlikte araç ihtiyacı artmıştır. Bu artış, lastik üretimindeki artışı da beraberinde getirmiştir. Üretimdeki en önemli proseslerden biri olan kalite süreci daha da önem kazanmıştır.

Bu çalışmada üretimde yaşanan kalitesel sorunları azaltarak tam otomatik kontrol sağlayabilecek bir miliken yarı mamül makinesi otomasyon sistemi tasarlanmıştır.

Bu otomasyon sistemi ile standart kalitede ürün elde edilmesi, operatör kaynaklı hataların ortadan kaldırılması, üretim adedinin artırılması ve iş gücünden kazanç sağlanması hedeflenmektedir.

Bu konuda çalışma yapmama olanak sağlayan ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Serhat Yılmaz'a, çalışmalarına katkı sağlayan Semih Öngir'e ve benim için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, her zaman yanımda olan babam Rifat Yıldırım, annem Zehra Yıldırım, ablam Tuğba Şeyda Yıldırım ve anneannem Nazmiye Uğurlu'ya sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında bana gerekli imkan ve destek sağlayan Pirelli Otomobil Lastikleri A.Ş.'ye teşekkürlerimi sunarım.

Haziran – 2022

Eda YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ.....	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLOLAR DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Lastik İç Yapısı.....	1
1.2. Problem Tanımı	2
2. ROBOT	7
2.1. Kartezyen Robot	7
2.2. Silindirik Robot	8
2.3. Küresel Robot	8
2.4. SCARA Robot	9
2.5. Mafsallı Robot	9
2.6. Paralel Robot	9
3. ROBOT KİNEMATİĞİ	11
3.1. Robot Manipülatörünün Kinematik Analizi	11
4. MEKANİK TASARIM.....	15
4.1. Miliken Bezi Sarma Makinesi Tasarımı	15
4.2. Çember Sıkıştırma Mekanizması.....	16
4.3. Sarım Mekanizması	18
4.4. Robot Manipülatör Tasarımı.....	20
5. ELEKTRİK VE PNÖMATİK TASARIM.....	22
5.1. Motor Kontrol Ünitesi	22
5.2. Makine Panosu Temel Ekipmanlar.....	23
5.3. PLC Giriş Modülleri ve Bağlantıları	26
5.4. PLC Çıkış Modülleri ve Bağlantıları.....	29
6. SİSTEMİN ROBOT KOLUYLA ÇALIŞMASI.....	32
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	39
KAYNAKLAR.....	40
EKLER	41
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kesiti alınmış lastiğin yapısı ve bölümleri	1
Şekil 1.2. Miliken bezinin uygun sarımı	2
Şekil 1.3. Miliken malzemesi	3
Şekil 1.4. Lastik paketleme makinesi	3
Şekil 1.5. Çelik rulo sarma makinesi.....	4
Şekil 1.6. Çift istasyonlu otomatik lastik çember sarma makinesi	4
Şekil 1.7. Miliken bezi sarma makinesi.....	5
Şekil 2.1. Kartezyen robot	8
Şekil 2.2. Silindirik robot	8
Şekil 2.3. Küresel robot	8
Şekil 2.4. SCARA robot	9
Şekil 2.5. Mafsallı robot	9
Şekil 2.6. Paralel robot	10
Şekil 3.1. Denavit-Hartenberg parametreleri.....	11
Şekil 3.2. Koordinat çerçeveleri	13
Şekil 4.1. Miliken bezi sarma makinesi tasarımı ön görünüşü	15
Şekil 4.2. Çemberin makineye yerleşimi ve çember sıkıştırma mekanizması	16
Şekil 4.3. Miliken sarma makinesinde çemberin alt bölgeden desteklenmesi	17
Şekil 4.4. Miliken bezi sarım mekanizmasının yapısı	18
Şekil 4.5. Miliken bezi sarım mekanizmasının gerçek görünümü	19
Şekil 4.6. Miliken bezinin makine üzerinde yerleşimi	20
Şekil 4.7. Robot ucunda çember tutucu olarak tasarlanan manipülatör	21
Şekil 5.1. Makinede kullanılan motor kontrol devre şeması	22
Şekil 5.2. Makine panosu temel ekipmanları kontrol devre şeması	24
Şekil 5.3. Elektrik panosu.....	24
Şekil 5.4. PLC de kullanılan terminal ve güç modülleri kontrol devre şeması	25
Şekil 5.5. Makinede kullanılan PLC ve modülleri kontrol devre şeması	25
Şekil 5.6. PLC profisafe giriş modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması.....	26
Şekil 5.7. PLC birinci giriş modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması.....	27
Şekil 5.8. PLC ikinci giriş modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması	28
Şekil 5.9. PLC üçüncü giriş modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması	28
Şekil 5.10. PLC dördüncü giriş modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması	29
Şekil 5.11. PLC birinci çıkış modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması	30
Şekil 5.12. PLC ikinci çıkış modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması	30
Şekil 5.13. Valf panosu	31
Şekil 6.1. Sistemin genel yerleşimi	32
Şekil 6.2. Robotun pozisyonları	32
Şekil 6.3. Pnömatik piston.....	34
Şekil 6.4. Test çalışmasında elde edilen yüzde aşma grafiği.....	35
Şekil 6.5. En son elde edilen yüzde aşma grafiği	35

Şekil 6.6. Robot kolu hareketleri	37
Şekil 6.7. Akış şeması	38
Şekil A.1. Kontrol programı(pseudocode)	38

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 6.1. Pozisyonların açıklanması.....	33
---	----

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

V : Voltaj

Kısaltmalar

HSE : Health, Safety, Environment (Sağlık, Güvenlik, Çevre)

PLC : Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)

PLC TABANLI 6 EKSENLI ENDÜSTRİYEL ROBOT İLE MİLİKEN BEZİ SARMA SİSTEMİNİN OTOMASYONU

ÖZET

Araç lastiklerinin jantlara oturduğu kısımlarda, karbon oranı arttırılmış çelik tellerden oluşturulmuş lastik topuk çemberleri bulunmaktadır. Bu çemberin etrafına uygulanan kauçuk malzemenin çembere daha iyi yapışabilmesi için, öncesinde çemberin etrafı miliken ismi verilen gözenekli bez bir yapı ile kaplanır. Bu kaplama işlemi makinelerde operatör aracılığı ile yapılmaktadır.

Gerçekleştirilen çalışmada iki çember sarma makinesi arasına altı eksenli bir robot kolu yerleştirilmiştir. Çıplak çemberleri robot kolunun alabileceği şekilde, sarımı bitmiş çemberi de robot kolunun bırakabileceği bir şekilde besleme ve toplama olarak iki çember dizim aparatı tasarlanmıştır. Mevcut sarma makineleri üzerine, milikenin sarımını çember üzerinde başlatıp, sarımın tamamlanmasından sonra kesecek ve son parçanın sarımını tamamlayan mekanik bir yapı ilave edilmiştir. 13 inç ve 21 inç çapları arasında değişen çember boyutları için operatör ile yapılan ayar otomatik hale getirilmiştir. Yine mevcut makine üzerine sarım sayma ve sarım sayısı girilme seçenekleri ilave edilmiştir. PLC tabanlı çalışan sarma makineleri ile robot kontrol ünitesi haberleştirilerek ortak çalışan bir sistem tasarlanmıştır. Arıza durumlarında iki makinenin beraber durmaması için, operatör ile de çalışabilme seçeneği de eklenmiştir.

Yapılan çalışma ile makinelerde sürekli operatör kullanım ihtiyacı ortadan kalkmıştır. Bu sayede iki operatörün iş gücünden tasarruf sağlanmıştır. Gerçekleştirilen otomasyon ile çember sarımı standart hale getirilmiş, operatör kaynaklı hatalar ortadan kaldırılmıştır. Birim sürede sarımı yapılan çember sayısı ortalama %30 oranında arttırılmıştır. İlerleyen süreçlerde ihtiyaç olması durumunda tek bir robot kolu ile ikiden fazla makinenin birlikte çalışmasının da sağlanabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çember Sarma, Otomasyon, PLC Kontrol, Robotik Kontrol

AUTOMATION OF MILIKEN CLOTH WRAPPING SYSTEM WITH PLC BASED 6 AXIS INDUSTRIAL ROBOT

ABSTRACT

In the parts where the vehicle tires fit on the rims, there are tire bead circles that are made from steel wires with increased carbon content. In order to apply rubber material around the bead circles effectively, the circumference of the bead is covered with a porous cloth called as “miliken”. This coating process is made by the operator with machines.

In this study, six-axis robot arms are placed between two bead wrapping machines. The robot arm must be able to take the unwrapped circles and drop the wrapped circles so two circle arranging apparatus are designed for feeding and collecting. A mechanical structure is added to the current wrapping machines. This mechanical structure is able to wrap circles with miliken. The mechanical structure cuts the wrapping when the circle is completely wrapped. After that the mechanical structure also ensures the wrapping of remaining piece on the circle. The manual process which is handled by an operator is automated for ring sizes ranging from 13 inches to 21 inches diameters. Wrap counter and an input for the number of wraps options have been added to the existing machines. A collaborative system has been designed by communicating the PLC based wrapping machines with the robot control unit. In order to prevent stopping of two machines in case of a malfunction, an option to work with the operator has also been added.

With this study the need of permanent operators for the machines is removed. Thus, the labour force of two operators was saved. The process of wrapping circle has been standardized with the automation performed, operator induced errors have been eliminated. Number of wrapped circles per unit time has increased by an average of 30%. In case of need in the future works, more than two machines can work together with a single robot arm.

Keywords: Circle Wrapping, Automation, PLC Control, Robotic Control

1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasında, otomatik kontrolle gerçekleştirilen bir miliken sarma prosesi ile standart kalitede ürün elde edilen miliken yarı mamül makinesi tasarlanmıştır.

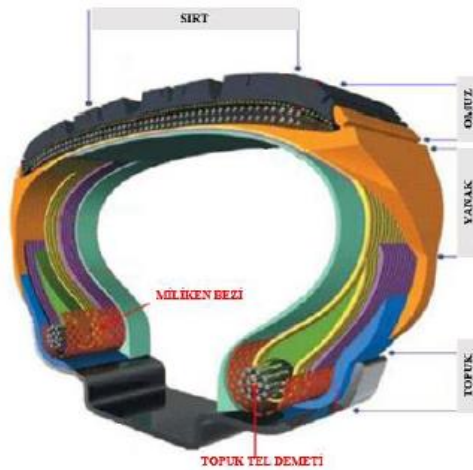
Miliken malzemesi, tekstil iplerden örülmüş kauçuk içerikli kord bezidir. Lastik yapımı sırasında sarıldığı çemberin yapısını ve konumunu korumaktadır.

Miliken sarma işlemi, makine başına bir insan iş gücü ile manuel olarak yapılmaktaydı. Tasarlanan sistem sayesinde bir robot kolu iki makineyi beslenecek ve biten ürünü alacak şekilde sistematik bir yapı oluşturulmuştur.

Çember tutma, sarılacak miliken malzemesini kesme ve bu malzemeyi, sarılacak çembere ilk yapıştırma işlemleri operatörden bağımsız, otomatik olarak gerçekleştirilmiş olacaktır.

1.1. Lastik İç Yapısı

Lastik dört ana kısımdan oluşur. Bu kısımlar sırt, omuz, yanak ve topuk bölgesidir. Bu çalışma topuk bölgesini kapsamaktadır. Topuk bölgesinde yer alan çember ve bu çembere sarılan miliken malzemesi ile ilgilidir. Şekil 1.1’de kesiti alınmış lastiğin bölümleri mevcut olup miliken bezi ve topuk tel demeti ok ile gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Kesiti alınmış lastiğin yapısı ve bölümleri

1.2. Problem Tanımı

Yanlış çember kullanımı veya malzeme tutuşu kötü olan çemberler, lastik üretiminde uygunsuzluk anlamına gelmektedir. Çember malzemesinin belirlenen kalite standartlarına göre uygunsuz olması, lastiğin üretimi sırasında problem yaşanmasına ve bitmiş lastiğin performansının etkilenmesine sebep olmaktadır. En önemli standartlardan biri de miliken malzemesinin çember üzerindeki bindirme durumudur. Miliken malzemesi çemberin üzerine sarılırken bir bindirme standardı ile sarılmaktadır. Şekil 1.2’de uygun bir sarım görülmektedir. Boşluğun olmaması ve sarım sırasında milikenin üst üste çok fazla bindirilmemesi gerekmektedir.



Şekil 1.2. Miliken bezinin uygun sarımı

Bu yüzden çember üretiminde kalite standartlarında yer alan bindirme durumu da ayrıca dikkat edilmesi gerekmektedir. Çemberde ki bindirme artışı, uygulanan tur sayısının artışı ve çemberin ağırlığını etkilemektedir.

Miliken malzemesi, askeri, sağlık, tekstil, kimya, otomotiv gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Lastik üretiminde de topuk malzemesi olarak kullanılır. Şekil 1.3’te miliken malzemesi gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Miliken malzemesi

Miliken malzemesi, rulo halinde hazır bir biçimde elimize ulaşmaktadır. Önceden yapışkanlaştırılmış, kesilmiş ve kullanıma hazır parçalardır. Miliken, yüksek hızlı sarma sırasında kontrollü gerilime sahiptir.

Metal çemberin üzerine malzemenin yapışması zor olması sebebi ile çember ve dolgu malzemesi arasına bu yapışkanlığı sağlayacak ilave bir malzeme olan milikenin kullanılması gerekmektedir. Kauçuk malzemesinin tutma etkisi düşük olduğu için kauçuk içerikli kord bezi ile çemberin çevresini sarmamız gerekmektedir. Bu çalışmaya benzer olarak çelik, tel, boru, rulman ve lastik paketleme ürünlerini örnek olarak verebiliriz. Paketleme makineleri, paketlenen ürün çevresini sarmalayacak şekilde ambalajlanıp paketlenmesini sağlamaktadır. Şekil 1.4'te lastik paketleme makinesi, Şekil 1.5'te çelik rulo sarma makinesi ve Şekil 1.6'da çift istasyonlu otomatik lastik çember sarma makinesi örnekleri yer almaktadır.



Şekil 1.4. Lastik paketleme makinesi (URL-1,2022)



Şekil 1.5. Çelik rulo sarma makinesi (URL-2,2022)



Şekil 1.6. Çift istasyonlu otomatik lastik çember sarma makinesi (URL-3,2022)

Topuk bölümünde yer alan topuk dolgusu malzemesinin topuk tel demeti ile birleşmesi işlemine miliken bezi yardımcı olmaktadır. Miliken bezi Şekil 1.7’de görülen makinelerde operatör aracılığı ile topuk tel demetinin üzerine sarılmaktadır. Miliken bezinin topuk tel demetine daha iyi tutunabilmesi için işlemin öncesinde yapışkanlığını arttıran bir solüsyona batırılması ya da miliken bezinin topuk çemberine sarıldıktan sonra, topuk tel demeti ile

beraber solüsyona batırılması gerekmektedir. Miliken bezi, kord bezinden yapılmış olup etrafına solüsyon batırılıp yapışkanlık özelliği arttırılmıştır. Topuk teli demeti, tellerden sarmalanmış halde olup çember olarak da adlandırılmaktadır.



Şekil 1.7. Miliken bezi sarma makinesi

Gerçekleştirilen çalışmada robotun programlanması, makine hareketlerini kontrol edecek şekilde PLC'nin programlanması ve robot ile PLC'nin haberleşmesi sağlanmıştır. İşlemler insan gücünden bağımsız olacak şekilde otomatik olarak gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmasının yenilikçi yönü, ilk kez robotik ve otomatik kontrolle gerçekleştirilen bir miliken sarma prosesi tasarlanmış olmasıdır. Çalışmada, PLC, robot, pnömatik ve mekanik sistemler, lastik üretiminde kullanılan çember, miliken bezi malzeme olarak kullanılmıştır. Çalışmada tasarlanan yol haritası şu şekildedir;

1. Mevcut makinenin PLC programı kullanılarak revize edilmesi,
2. Robot kolunun alınması ve hareketlerinin sağlanması,
3. Robot kolu ucunda kullanılacak 13 jantan 21 janta kadar değişik çaplardaki çemberler için manipülatör tasarlanması,
4. Makine tarafında miliken bezinin çembere ilk tatbiğini yapacak, sarma işleminin sonunda kesim işlemini yapacak.

5. Kesim sonrası miliken bezine bir sonraki çember için hazır pozisyonda tutacak sistemin tasarlanması,
6. Çıplak çemberin alınacağı ve sargılı çemberin bırakılacağı platformların tasarlanması,
7. Tek makineyi besleyecek şekilde robot programının ve çizeceği yörüngelerin belirlenmesi, PLC programı ile robot programının haberleştirilmesi,
8. Robotta meydana gelecek uzun süreli arıza durumlarında makinenin manuel olarak çalıştırılmasına imkan sağlayacak şekilde PLC programının yazılması,
9. Sistem testlerinin tamamlandıktan sonra işlemlerin sahada uygulamasıdır.

PLC programı kullanılarak, ayar noktalarının otomatik hale gelmesi, hızın ayarlanabilir hale gelmesi, mevcut motorun sürücü ile kontrol edilmesi ve sarım sayısının kontrol edilmesi işlemleri sağlanmıştır.

Verileri toplama işlemi test aşamasında yapılmıştır. Test aşaması sırasında ıskarta miktarının düşürülmesi, üretimde iş gücünden ve zamandan kazanç sağlanması için gerekli çalışmalar yapılmıştır.

Tez çalışmasında yapılan tasarımlar şu şekildedir;

1. Mekanik tasarımlar,
2. Elektrik ve pnömatik tasarımlar,
3. Çemberi taşıyacak olan robotun ucuna takılacak olan manipülatörün tasarımı,
4. Boş ve dolu çemberlerin alınacağı ya da bırakılacağı fikstürlerin tasarlanmasıdır.

2. ROBOT

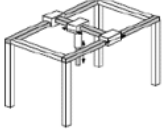
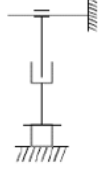
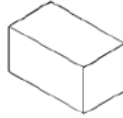
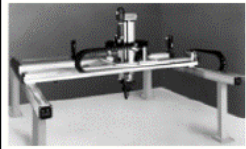
Günümüz teknolojisinde endüstriyel robotların önemi giderek artmaktadır. Endüstriyel robotlar, birden fazla eksene sahip, tekrar eden işleri kolaylıkla devam ettiren, hata oranı düşük, minimum risk ve maksimum hassasiyetle durmaksızın çalışabilen programlanabilir otomatik manipülatördür. Üretim maliyetindeki etkinliği, üretimdeki verimliliği, tehlikeli ortamlarda operatör çalışmasını sınırlaması ve bunlarla birlikte elde edilen kalite güvencesi ile öne çıkmaktadırlar (URL-4,2022; URL-5,2022).

Robotlar askeri, otomotiv, sağlık gibi farklı sektörlerde yoğun olarak tercih edilmektedir. Otomotiv endüstrisinde robotlar, üretim ortamlarında malzeme taşıma, boyama görevlerinde çoğunlukla kullanılmaktadır. Üretim esnasında istenilen kalitesel uygunluğa ulaşabilmek için robotların katkısı fazladır. Robotlar yüksek hassasiyete sahip olup hızlı ve tekrarlayan uygulamalarda da stabil çalışmaktadır. HSE açısından değerlendirildiğinde çalışma koşullarının riskli olduğu alanlarda robotların kullanılması tercih edilebilir. Böylece risk minimum seviyeye indirilebilir (Çakır, 2014).

Robot çeşitleri koordinat sistemlerine göre incelediğimizde, kartezyen, silindirik, küresel ve döner koordinat sistemi şeklinde dört grupta inceleyebiliriz (Öngir, 2011).

2.1. Kartezyen Robot

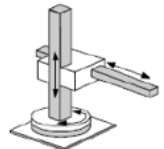
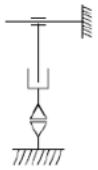
Kartezyen robotlar, X,Y, Z eksenlerine paralel hareket etmektedirler. Birbirlerine karşı açıları dik olmalıdır. Çalışma alanı Şekil 2.1’de gösterildiği üzere bu robotlar dikdörtgen prizması hacminde bulunan alanda robot kolunu hareket ettirebilir. Yük taşıma kapasitesi büyüktür. Çalışma uzayını düşündüğümüzde hareketi yeteneği bakımından kısıtlı hareket serbestliğine sahiplerdir (Özyalçın, 2006).

ROBOT	EKSENLER		ÖRNEK
Prensip Yapı	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Örnek Fotoğraf
 Kartezyen Robot			

Şekil 2.1. Kartezyen robot (Öngir, 2011)

2.2. Silindirik Robot

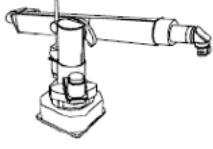
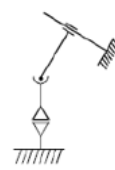
Kartezyen robot ile karşılaştırsak çalışma alanı fazla olup hareket serbestliği daha geniştir. Daha çok noktaya erişim sağlayabilir. Bir döner mafsala ve bir kayar mafsala sahiptir. Döner mafsala kendi etrafında dönebilmektedir. Şekil 2.2’de silindirik robotun örneği görülmektedir.

ROBOT	EKSENLER		ÖRNEK
Prensip Yapı	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Örnek Fotoğraf
 Silindirik Robot			

Şekil 2.2. Silindirik robot (Öngir, 2011)

2.3. Küresel Robot

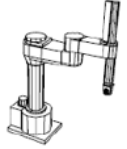
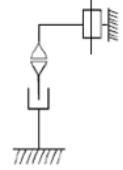
Kinematik yapılarına göre silindirik ve kartezyen robota göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Programlanması daha zordur. Şekil 2.3’te silindirik robotun örneği görülmektedir.

ROBOT	EKSENLER		ÖRNEK
Prensip Yapı	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Örnek Fotoğraf
 Küresel Robot			

Şekil 2.3. Küresel robot (Öngir, 2011)

2.4. SCARA Robot

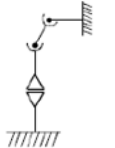
Şekil 2.4'te gösterildiği üzere bir prizmatik bağlantı ve 2 döner bağlantıdan oluşmaktadır. SCARA'nın açılımı ise Selective Compliance Assembly Robotic Arm'dır. Elektronik kartların montajında kullanılmaktadır.

ROBOT	EKSENLER		ÖRNEK
Prensip Yapı	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Örnek Fotoğraf
 SCARA Robot			

Şekil 2.4. SCARA robot (Öngir, 2011)

2.5. Mafsallı Robot

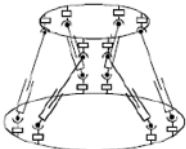
Endüstride en çok tercih edilen robot arasındadır. Hareket esnekliği en fazla olan robot koludur. Diğer robotlara göre fazla ekleme sahip olduğundan dolayı karmaşık bir yapıya sahiptir. Şekil 2.5'te silindirik robotun örneği görülmektedir.

ROBOT	EKSENLER		ÖRNEK
Prensip Yapı	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Örnek Fotoğraf
 Mafsallı Robot			

Şekil 2.5. Mafsallı robot (Öngir, 2011)

2.6. Paralel Robot

Şekil 2.6'da görüldüğü gibi, üç kayar mafsaldan oluşur ve kolları senkronize bir biçimde çalışır.

ROBOT	EKSENLER		ÖRNEK
Prensip Yapı	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Örnek Fotoğraf
 Paralel Robot			

Şekil 2.6. Paralel robot (Öngir, 2011)

Tez çalışmasında altı eksenli, programlanabilen, endüstriyel robot kullanılmıştır. Robot uzayı küresel olduğu zaman tarayabileceği alan her noktaya ulaşır. Eksen azaldıkça tarayacağı alan sınırlı kalır. Bu yüzden bu çalışmada 6 eksenli robot kullanılmıştır.

3. ROBOT KİNEMATİĞİ

Robot modelinin oluşturulmasında kinematik ve dinamik analizin önemi oldukça fazladır. Robot kinematiği, mekanik sistemlerin konum, ivme ve hızlarını inceler. Bir robot manipülatörünün mekanik yapısı, eklemler aracılığıyla birbirine bağlanan bir dizi sert gövde bağından oluşmaktadır. Bir manipülatörün hareketliliği, eklemlerin yardımı ile sağlanır (Sciavicco ve diğ.). Robotun birbirlerine bağlı olduğu eklemler arasındaki bağıntıların oluşturulması ile ilgilenmektedir.

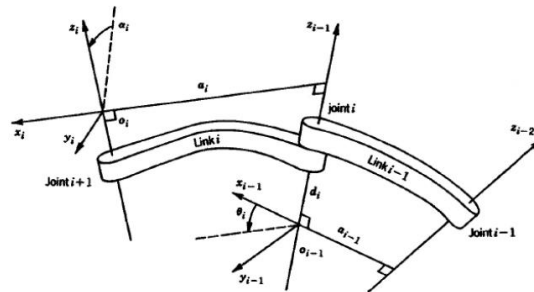
3.1. Robot Manipülatörünün Kinematik Analizi

Kinematik analiz, harekete neden olan kuvvetleri hesaba katmadan robot manipülatörünün tanımını içermektedir.

İleri kinematik, robotun verilen veya hedeflenen eklem değişkenleri ile uç efektörün konumunu ve yönünü bulmak için kullanılmaktadır. Ters kinematik, verilen uç efektörün konumu ve yönüne göre eklem değişkenlerini belirlemek için kullanılmaktadır.

Bir N DOF manipülatöründe, her eklem iki bağlantıyı birbirine bağladığı için (n+1) bağlantı vardır. Kinematik analiz, her bir eklemi 1'den n'ye kadar numaralandırmakla başlamaktadır. Manipülatörün tabanı {0} bağlantı olarak atanır.

Şekil 3.1'e göre i eklemi i bağlantısına göre sabittir ve ortak değişkenin döner olması durumunda q_i ile gösterilen ortak değişken i eklemi ile ilişkilidir.



Şekil 3.1. Denavit-Hartenberg parametreleri (Spong ve diğ., 2006)

Kinematik analiz yapmak için, her bağlantıya bir koordinat çerçevesi eklenir ve sonrasında i'ye oi-xi-yi-zi eklenmektedir. Bu, robot manipülatörünün yürüttüğü hareket ne olursa olsun, çerçeve $\{i\}$ ile ilgili olarak ifade edilen i bağlantısı üzerindeki her noktanın sabit koordinatlarını sağlanmaktadır. A_i 'nin, $\{i\}$ çerçevesinin orijini $\{i-1\}$ çerçevesinin orijinine göre konumunu veren homojen dönüşüm matrisi olduğunu varsayalım. oi-xi-yi-zi'nin konumunu ve yönelimini ifade eden matrise dönüşüm matrisi denir ve T_{ij} olarak ile gösterilir. Denklem (3.1)'deki gibi;

$$T_{ij} = A_{i+1} \cdot A_{i+2} \dots A_j \quad (3.1)$$

Böylece, uç efektörün taban çerçevesindeki konumu ve oryantasyonu denklem (3.2) ve (3.3)'deki bulunur.

$$H = T_{0n} = A_1(q_1) \cdot A_2(q_2) \dots A_n(q_n) \quad (3.2)$$

$$H = \begin{bmatrix} R_{0n} & o_{0n} \\ 000 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Denavit Hartenberg yönteminde, ileri kinematik, ortak değişkenler ile aletin ve uç efektörün konumu ve yönü arasındaki ilişki ile ilgilidir.

Dönüşüm matrisi denklem (3.4)'deki gibidir. Denklemdaki c değeri cosinüsü, s sinüsü ifade etmektedir.

$$A = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i \cdot c\alpha_i & s\theta_i \cdot s\alpha_i & a_i \cdot c\theta_i \\ s\theta_i & c\theta_i \cdot c\alpha_i & -c\theta_i \cdot s\alpha_i & a_i \cdot s\theta_i \\ 0 & s\alpha_i & c\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

a_i bağlantı uzunluğu, α_i bağlantı bükümü, d_i bağlantı ofset ve θ_i bağlantı açısıdır.

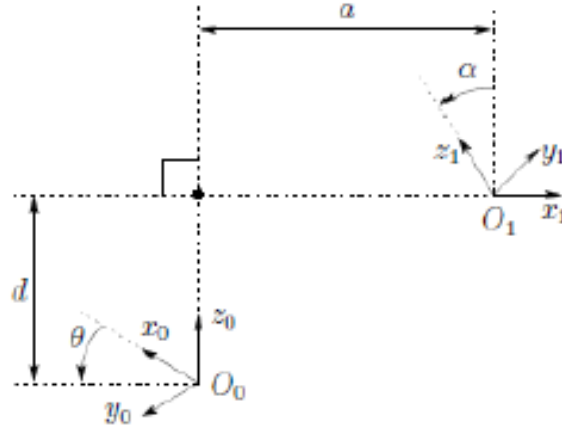
Prizmatik eklem durumu ile karşılaşıldığında, eklem açısı, eklem yer değiştirmesi ile değiştirilir (Spong ve diğ., 2006).

Koordinat çerçevelerinin oluşturulmasında, iki çerçeve arasında x_1 ve z_0 içinaşağıdaki özellikler bulunmalıdır (Spong ve diğ., 2006).

(DH1) x_1 eksenini z_0 eksenine diktir.

(DH2) x_1 eksenini, z_0 ekseniniyle kesişir.

Belirli bir robot manipölatorü için, 0'dan n'ye kadar olan koordinat çerçeveleri, DH1 ve DH2 koşulları sağlanacak şekilde ayarlanır. Şekil 3.2'de koordinat çerçeveleri gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Koordinat çerçeveleri (Spong ve diğ., 2006)

Robot manipölatorlerine koordinat çerçevelerini atamak için aşağıdaki adımlar kullanılır (Spong ve diğ., 2006).

İleri kinematik denklemleri, kartezyen konumların uzayı ile oryantasyonların eklem konumlarının uzayı ile ilişkisini kuran bir fonksiyonla matematiksel olarak tanımlanır. Hız ilişkileri bu fonksiyonun Jacobian'ı tarafından belirlenir. Robotik alanında, Jacobian, eklem hızlarını kol ucunun kartezyen hızlarıyla ilişkilendiren kısmi türevlerin bir matrisidir. Bir n bağlantı manipölatorü için, önce eklem hızlarının n vektörü ile uç efektörün doğrusal ve açısal hızlarından oluşan 6-vektör arasındaki anlık dönüşümü temsil eden Jacobian'ı türetilmektedir. Bu Jacobian matrisi $6 \times n$ boyutludur (Çakır, 2014).

Bir n tane bağlantılı manipölatör, $q_1, q_2, \dots, q_n$ ortak değişkenleri ile Jacobian matrisi denklem (3.5)'teki şekilde tanımlanır ve denklem (3.6) ve (3.7)'daki gibidir.

$$J = \begin{bmatrix} J_v \\ J_w \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

J_v ve J_w denklem (3.6) ve (3.7)'de gösterilmiştir.

$$J_v = [J_{v1} \ J_{v2} \ J_{v3} \ J_{v4} \ J_{v5} \ J_{v6}] \quad (3.6)$$

$$J_w = [J_{w1} \ J_{w2} \ J_{w3} \ J_{w4} \ J_{w5} \ J_{w6}] \quad (3.7)$$

J_{vi} denklem (3.8)'deki şekilde tanımlanmaktadır.

$$J_{vi} = \begin{cases} z_{i-1} * (o_n - o_{i-1}) \\ z_{i-1} \end{cases} \quad (3.8)$$

J_{wi} denklem (3.9)'daki aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$J_{wi} = \begin{cases} z_{i-1} \\ 0 \end{cases} \quad (3.9)$$

Yukarıdaki formülasyonların belirttiği gibi, ileri kinematik çözüldükten sonra Jacobian elde edilmektedir. Jacobian Denklem (3.5)'teki gibi Denklem (3.8) ve Denklem (3.9) kullanılarak hesaplanır.

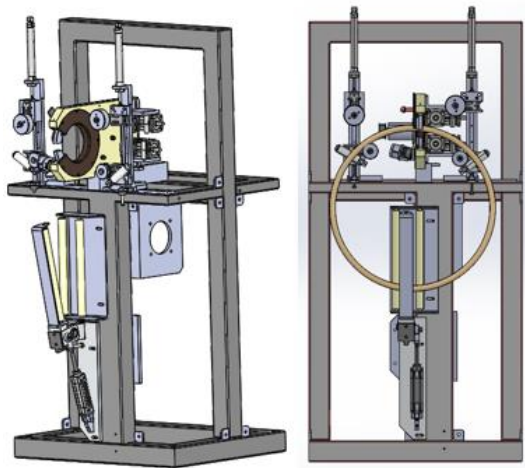
4. MEKANİK TASARIM

Miliken bezi sarma makinesi robot kolu ile haberleşmesi için PLC kontrollü olacak şekilde tasarlanırken mekanik tasarımı da beraberinde geliştirilerek yeniden dizaynedilmiştir.

Bu bölümde miliken bezi sarma makinesinin tasarımı, çember sıkıştırma mekanizması, sarım mekanizması ve robot manipülatör tasarımlarından bahsedilmiştir.

4.1. Miliken Bezi Sarma Makinesi Tasarımı

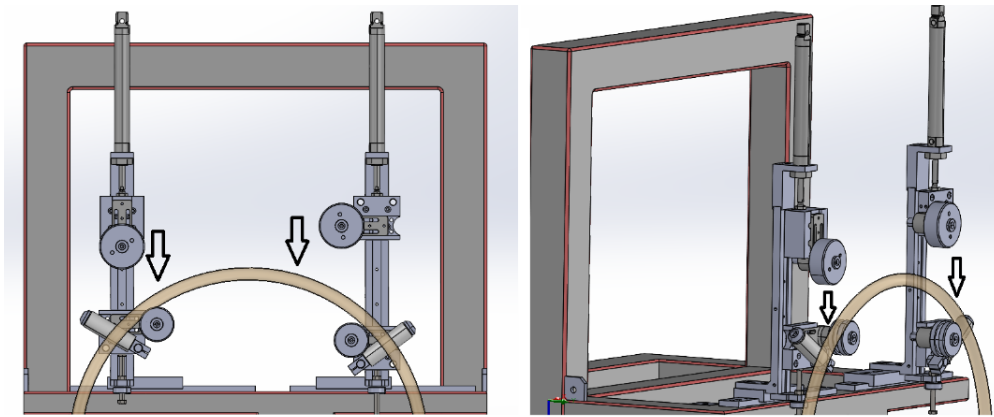
Gerçekleştirilen yeni konstrüksüyon ve makinede, çemberin miliken makinesine yerleştirileceği kısım, miliken bezi sarımı sırasında çemberin dönmesini sağlayan tahrik sistemi, miliken bezinin çember etrafında sarımını gerçekleştiren tahrik sistemi, çember boyutlarına göre ayarlanabilen ve çemberin sıkıştırılmasını sağlayan pnömatik düzeneğe, sarım sırasında çemberin alt bölgede salınımını engelleyen pnömatik destek düzeneği, miliken bezinin takılacağı göbek bulunmaktadır. Şekil 4.1’de miliken bezi sarma makinesi yeni tasarımının ön görünüşü verilmiştir. Görüntü sadeliği açısından şekilde işlevleri anlatılacak olan kısımlara yer verilmiştir. Elektrik ve pnömatik pano yerleşimi, robotsuz çalışma seçeneğinde kullanılan, sarım sırasında güvenlik için kullanılan pnömatik tahrikli kapak, alan içerisinde operatör varken çalışmayı durduran ışık perdesi düzeneğine tasarımın çiziminde yer verilmemiştir.



Şekil 4.1. Miliken bezi sarma makinesi tasarımı ön görünüşü

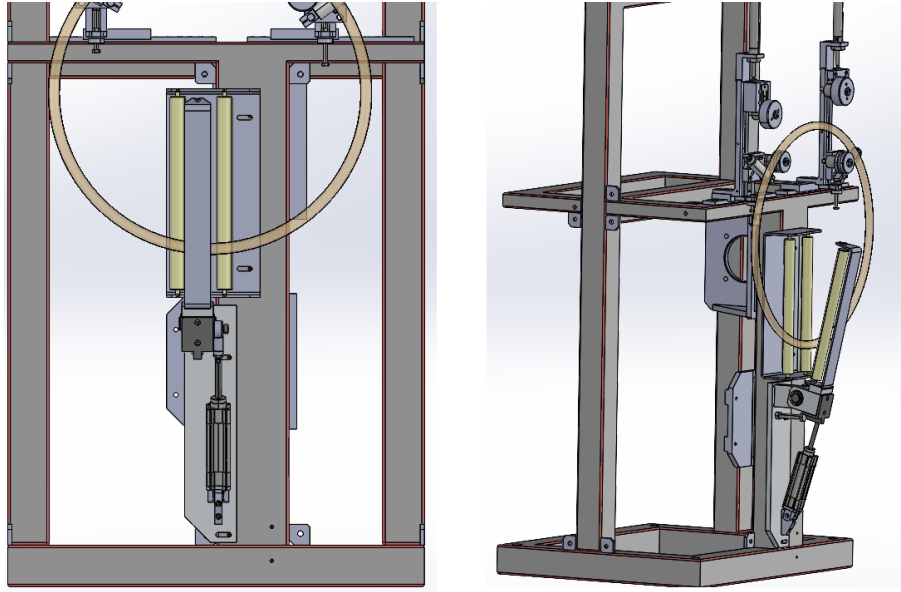
4.2. Çember Sıkıştırma Mekanizması

Lastik yapımında kullanılan topuk çemberleri farklı çaplara sahip olabilmektedir. Gerçekleştirilen yeni miliken makinesinin tasarımında, makine 13 jant ile 22 jant çapındaki çemberleri sarabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Şekil 4.2’de çemberin miliken makinesine yerleştirilmesi ve dönebilen diskler arasında sıkıştırılması gösterilmiştir. Şekil 4.2’de çemberin iki noktadan diskler arasında sıkıştırıldığı görülmektedir. Her bir noktadaki mekanizma iki adet dönebilen disk, bir adet kalem piston ve bir adet çapraz çember dayama rulosundan oluşmaktadır. Kalem pistonlar, çember alt disklerin üzerine yerleştirildikten sonra, üstteki diskleri çemberin üzerine doğru hareket ettirmek için kullanılmaktadır. Bu sayede çember diskler arasında sıkıştırılmış olur. Sarma işlemi bittikten sonrada yine aynı kalem pistonlar üstteki diskleri yukarı doğru hareket ettirerek çemberin alınmasına izin verecektir. Çapraz olarak alt disklerin yanına yerleştirilen rulolar, çemberin yerine düzgün oturması için konulmuştur. Her iki noktadaki mekanizma yatayda birbirlerine doğru veya tersi yönünde hareket ettirilebilecek şekilde bir kızak üzerine yerleştirilmişlerdir. Kullanılacak olan çemberin çapına göre bu ayarlar üretim başlamadan önce gerçekleştirilmektedir. Benzer şekilde üretim öncesinde alt disklerin dikey doğrultudaki pozisyonu ve üst diskleri hareket ettiren kalem pistonlarında kurs mesafesi ayarlanabilmektedir.



Şekil 4.2. Çemberin makineye yerleşimi ve çember sıkıştırma mekanizması

Pozisyonlar ayarlanırken çemberin miliken sarım mekanizması merkezinden bir miktar kaçık olması sağlanır. Miliken bezinin çember üzerindeki sarımının sıkılığı bu kaçıklık miktarı ile doğru orantılıdır. Çemberin bu miliken sarım mekanizması merkezinden olan kaçıklığı, sarım sırasında çemberin alt bölgesinde istenmeyen salınım hareketlerine sebep olacaktır. Bu salınımın engellenmesi için Şekil 4.3'te gösterilen çember alt destek mekanizması tasarlanmıştır.



Şekil 4.3. Miliken sarma makinesinde çemberin alt bölgeden desteklenmesi

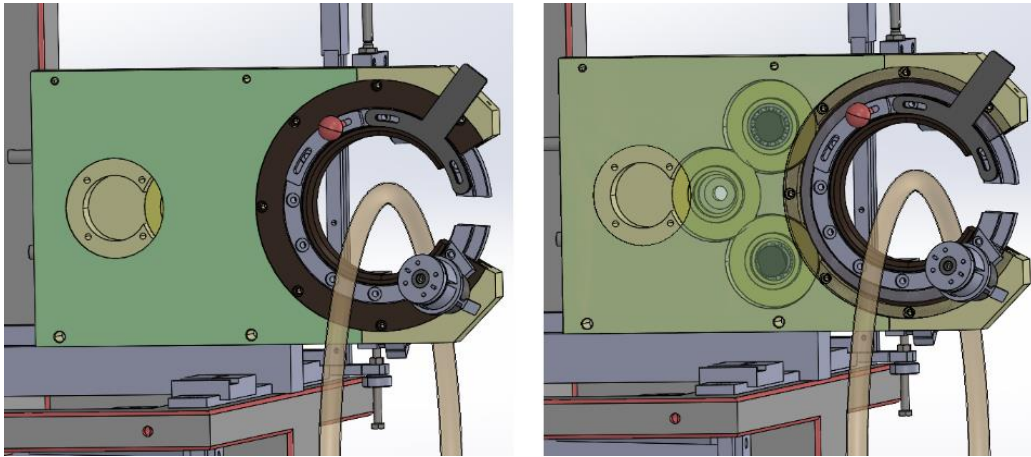
Çember alt destek mekanizması üç adet rulo ve bir adet pnömatrik pistondan oluşmaktadır. Çember miliken sarma makinesine yerleştirilip, kalem pistonlara bağlı üst disklerde çemberin üzerine bastıktan sonra, alt destek mekanizması çalışmaktadır. Mekanizma içinde kullanılan rulolardan ikisi Şekil 4.3'te görüldüğü gibi yan yana, diğer rulo bu iki rulonun tam ortasına denk gelecek şekilde karşı tarafta bulunmaktadır. Birbirlerine makasa benzer bir şekilde bağlanan bu ikili rulo grubu ve tekli rulo, araya çemberin alt kısmını aldıktan sonra, tekli ruloyu hareket ettiren bir piston sayesinde, çemberin alt bölgede sarım esnasındaki salınımını engellemiş olurlar.

Bu mekanizmadaki çemberi sıkıştırma gücünde önemlidir. Fazla olması durumunda çemberin miliken bezi sarımı sırasındaki dönüş hızını etkileyebilmekte ve bez sarım sıklığını

değiştirebilmektedir. Çok az olması da ruloların çember üzerine tam kapanmasını engellemektedir. Bu iki kısıta rağmen ayar tolerans aralığı yüksektir ve bir kez istenilen şekilde ayarlandıktan sonra tüm çember çaplarında aynı ayar kullanılmaktadır. Mekanizma içerisinde kullanılan ruloların boyları 13 jant ile 22 jant çapındaki tüm çemberleri kapsayacak şekilde seçilmiştir.

4.3. Sarım Mekanizması

Şekil 4.4 'te miliken bezi sarım mekanizmasının yapısı görülmektedir. Lastik çemberinin mekanizmanın merkezine doğru yerleştirilmesi için tam daire şeklindeki dış yüzeyi dişli bir halkanın, çemberin rahat geçebileceği kadarlık bir bölümü kesilmiştir. Robot lastik çemberini bu boşluktan geçirerek, çemberi bırakma, aynı boşluktan çember sarımı bittikten sonra çemberi alma işlemini gerçekleştirmektedir.



Şekil 4.4. Miliken bezi sarım mekanizmasının yapısı

Kesikli bu halka Şekil 4.4 'te görüldüğü gibi iki farklı dişli grup tarafından tahrik edilerek çemberin etrafında dönme hareketini gerçekleştirir. İki grup tarafından tahrik edilmesinin sebebi, tahrik dişlilerinden birine halkanın kesikli kısmı geldiğinde, diğer grubun hareketi devam ettirmesinin sağlanması gerekliliğidir. Bu sayede halkanın dönme işlemi kesintisiz olarak devam edecektir. Miliken bezi sarma rulosu yine bu halka üzerindeki bir göbeğe takılır ve halkanın dönüşü sırasında miliken bezi çemberin etrafına sarılmış olur. Halkanın dönüş tur sayısını saymak için halka üzerinde her dönüşte bir yaklaşım sensörünün önünden

geçecek ve sinyal üretecek şekilde konumlandırılmış bir ilave uzantı parça bulunur. Halkanın sarım sırasında kaç tur atacağı, çemberin çapına göre değişmektedir ve çember ölçüsüne göre bu sayı önceden miliken makinesine tanımlanır.

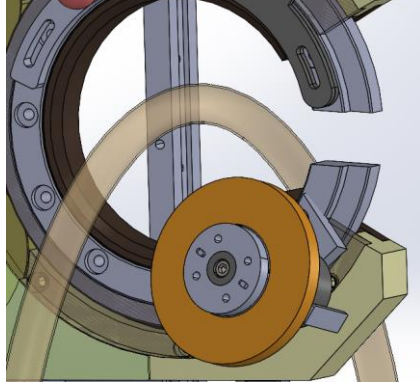
Şekil 4.5'te yapının daha anlaşılır olması için miliken bezi sarım mekanizmasının gerçek görünümü verilmiştir.



Şekil 4.5. Miliken bezi sarım mekanizmasının gerçek görünümü

Kesikli halkanın dönmesini sağlayan dişliler kestamid ya da bronz malzemedan yapılabilir. Sertliğinin halkanın yapıldığı malzemedan yumuşak seçilmesi, zaman içerisinde aşınmanın halka tarafında olmaması, değişiminin kolay ve daha ekonomik olan dişli tahrik grubunda olması içindir. Uzun ömürlü kullanım için dişli grupları belirli periyotlar ile yağlanmalıdır.

Şekil 4.6'da miliken bezinin kesikli halka üzerindeki göbeğe yerleştirilmesi gösterilmiştir. Göbeğin iç tarafında miliken bezi rulosu takıldıktan sonra yerinden oynamaması için yaylı bir mekanizma mevcuttur. Bu yaylı mekanizmayı sıkıp gevşetebilmek için göbeğin yanlarında el ile bu işlemi gerçekleştirebileceğimiz uçlar mevcuttur. Miliken rulosunun takılması ve boş rulo göbeğinin çıkarılması için bu uçlar kullanılmaktadır.

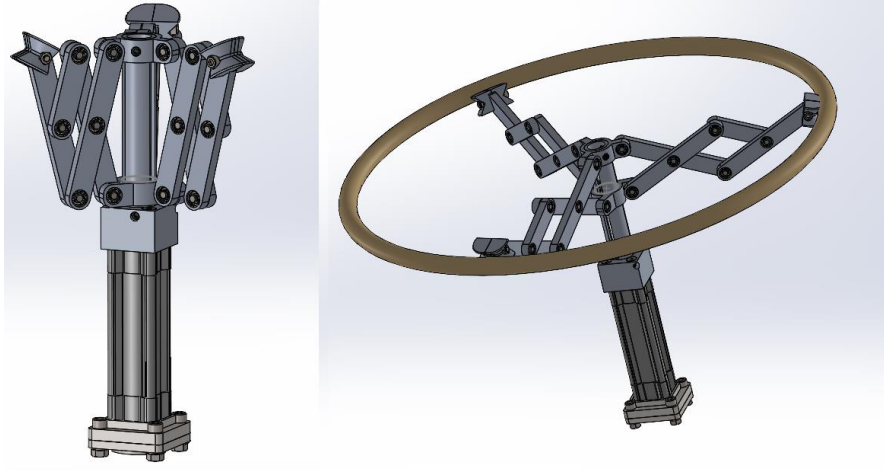


Şekil 4.6. Miliken bezinin makine üzerinde yerleşimi

Miliken bezi sarılırken zaman içerisinde, rulo çapının küçülmesinden kaynaklanan sarım dengesizliği, çember yerleştirilirken oluşturulan kaçıklık ile giderilmiş olur. Kesikli halka merkezinden kaçık olan çember, çemberinde yapı itibarı ile esnek olması sayesinde sarımın sorunsuz yapılmasını sağlar. Sarım sıklığı arttırılmak istendiğinde bu merkez kaçıklığı belirli bir noktaya kadar arttırılabilir. Sarılan miliken bezleri tamamen tekstil bir yapıya sahip olabileceği gibi, üzeri seyreltilmiş kauçuk solüsyonuna batırılmış şekilde de olabilir. Makine her iki yapıdaki bezinde sarımı için uygundur.

4.4. Robot Manipülatör Tasarımı

Şekil 4.7' de robot kolu ucu için tasarlanmış manipülatör görülmektedir. Dar ve geniş hali görüntülenmiş olan manipülatör 13 inç ile 22 inç aralığındaki çaplarda olan çemberleri tutacak şekilde tasarlanmıştır. Pnömatik olarak tasarlanan manipülatörün her ölçüye göre ayarlanması gerekmektedir. Makas şeklinde hareket eden ve bir piston hareketi ile açılıp kapanan bu mekanizmanın ayarı, pistonun kurs boyu değiştirilerek yapılmaktadır. Pistona gelen hava basıncının değişiminin ayarı etkilemesi ve piston kurs boyu ayar kısmının çok hassas yapılması ihtiyacından dolayı, ilerleyen süreçte pnömatik yapının servo motorlu elektrikli yapılması düşünülmektedir. Yeni yapı ile ayar gereksiniminin ortadan kaldırılarak, PLC üzerinden tanıtılan çember reçetelerinden bilgi alarak, ayarını kendiliğinden yapması sağlanacaktır.



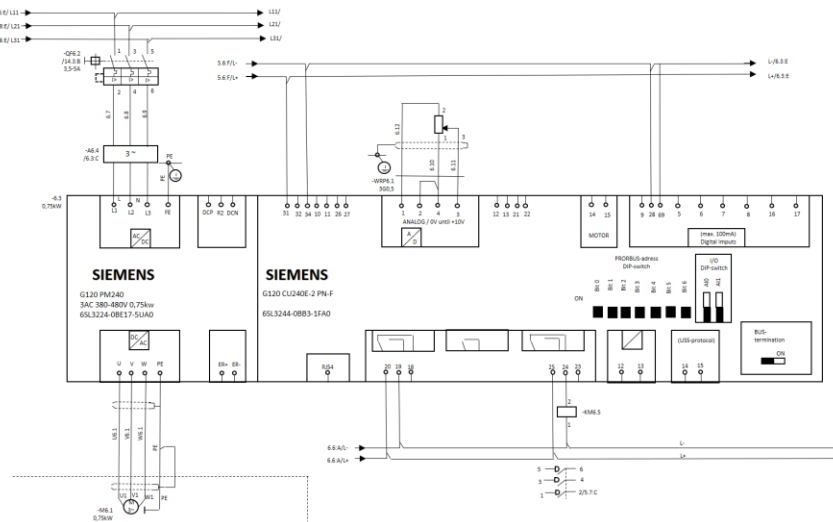
Şekil 4.7. Robot ucunda çember tutucu olarak tasarlanan manipölatör

5. ELEKTRİK VE PNÖMATİK TASARIM

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan elektrik ve pnömatik tasarımı ile ilgili motor kontrol ünitesi, makine panosu temel ekipmanları ve PLC giriş – çıkış modüllerinin bağlantılarının detayları açıklanmıştır.

5.1. Motor Kontrol Ünitesi

Miliken bezi sarma makinesinde, miliken bezinin lastik topuk çemberine sarılma işlemi için kesikli halkaya verilen tahrik ve sarımın yapılması sırasında çemberin diskler üzerinde kayarak dönmesini sağlayan tahrik aynı motor tarafından sağlanmaktadır. Tahrik edilecek noktalara hareketin aktarımı kasnak – triger kayış sistemi ile gerçekleştirilir. Kullanılan motorda çember ölçüsüne ve miliken bezinin durumuna göre en iyi sarımın yapılabilmesi için hız ayarı yapılması gerekmektedir. Miliken bezinin durumundan kast edilen, bezin üzerinde bulunan ve yapışkanlığını sağlayan kaplamanın durumudur. Uzun süre kullanılmadan bekletilen bezlerin yapışkanlık özelliği azalma eğiliminde olabilmektedir. Bu durumda bez yavaş ve sıkı sarım ile sarılmalı veya yapışkan solüsyona yeniden batırılmalıdır. Bu hız ayarının yapılması içinde kullanılan motor bir sürücü devre ile kontrol edilmektedir. Gerçekleştirilen tasarımda 0,75kw gücünde Siemens firmasının G120 serisi sürücülerinden biri kullanılmıştır. Şekil 5.1’de makinede kullanılan motor kontrol ünitesi gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Makinede kullanılan motor kontrol devre şeması

Kontrol ünitesinin içerisinde motor, motor sürücüsü, motor hızının ayarlanabilmesi için sürücüye bağlanmış olan potansiyometre, üç faz sürücü besleme voltajı, aşırı ısınma durumunda motoru koruma amaçlı devreyi kesecek olan termistör-sürücü bağlantısı mevcuttur. Termistörün sinyal ucu sürücü devresinin dijital girişlerine bağlanmaktadır ve devreye girmesi ile sürücüye ilettiği sinyal, sürücüden motora giden güç besleme devresini kesmekte ve bu sayede motorun yanması engellenmektedir.

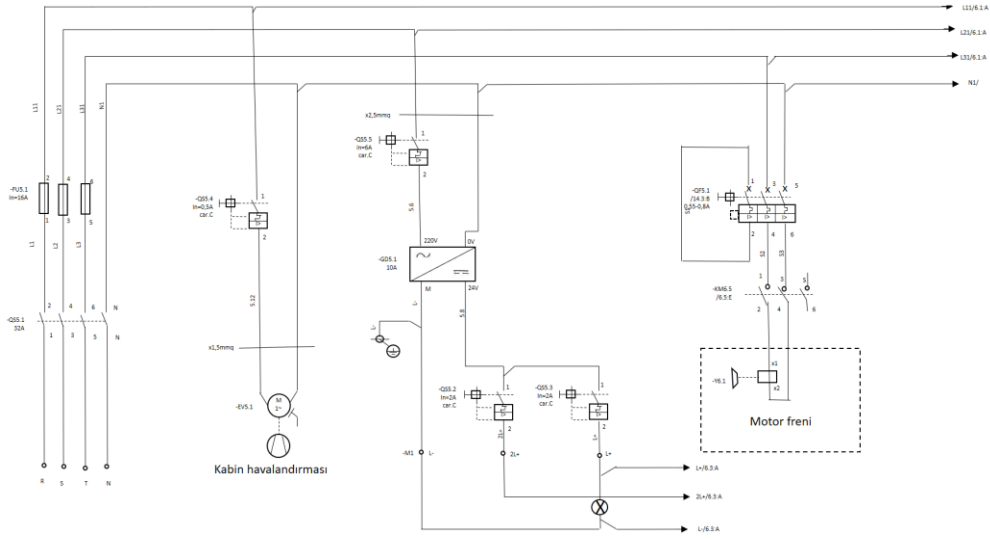
Motor hız ayarının yapılmasına imkan sağlayan potansiyometre ise sürücü üzerindeki bir analog girişe bağlanmıştır. 0-10V arası voltaj ile beslenen analog giriş, voltaj değerinin büyüklüğüne bağlı olarak sürücünün motora çıkış olarak gönderdiği sinyalin frekansını değiştirmekte ve hız kontrolü sağlamaktadır.

Sürücünün kendisinde aşırı akım çekmesine neden olabilecek bir durumda, sürücü besleme girişinde hızlı tepki verebilen bıçaklı sigortalar kullanılmıştır. Bu bıçaklı sigortalar, böyle bir durum ile karşılaşıldığında sürücünün zarar görmesini engellemek içindir.

5.2. Makine Panosu Temel Ekipmanlar

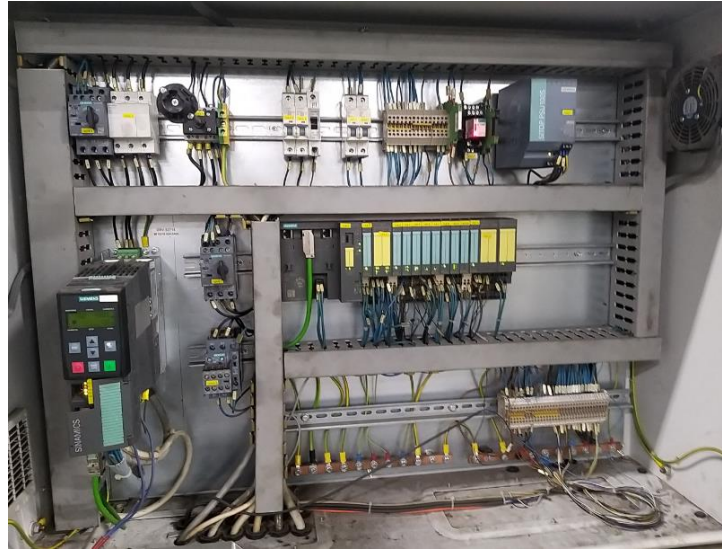
Makinenin pano tasarımı yapılırken, bir elektrik panosunda bulunması gereken temel ekipmanlar göz önünde bulundurulmuştur. Panonun hat elektriği ile bağlantısını kuran ve kesen, ilk giriş kısmında bir pako şalter kullanılmıştır. Şalterin hemen ardından her faz üzerinde bağlı toplamda üç adet bıçaklı sigorta kullanılmıştır. Pano içi ekipmanların korunması amaçlı, pano içi iklimlendirmeyi sağlayan bir kabin havalandırma fanı kullanılmaktadır. Makinenin kullanıldığı ortamında hali hazırda iklimlendirilmiş olması, pano kliması kullanılması ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır.

Kumanda devrelerinde kullanılmak üzere, fazlardan birinden çekilen hat 24V luk bir regülatöre bağlanmıştır. Regülatör çıkışından elde edilen 24V ile makine üzerinde kullanılan sensörlerin ve aktüatörlerin besleme voltajları sağlanmaktadır. Kumanda voltajı olarak 24V seçildiğinden kullanılan PLC nin giriş- çıkış değerleri de aynı şekilde seçilmiştir. Şekil 5.2’de makine panosu temel ekipmanlarının bulunduğu elektrik şeması görülmektedir.



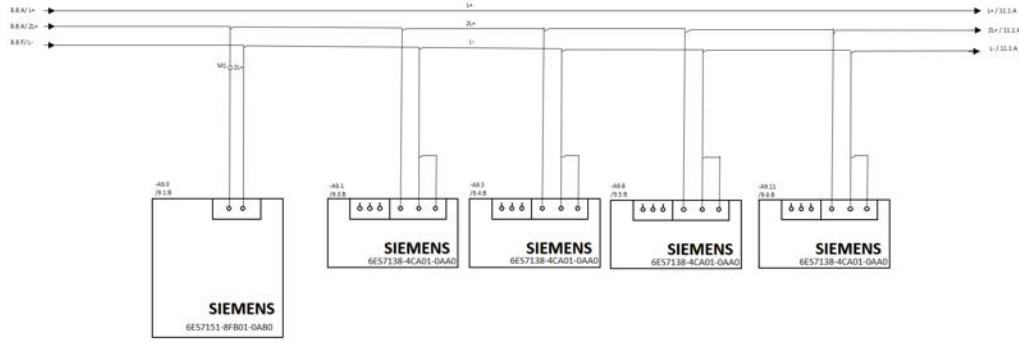
Şekil 5.2. Makine panosu temel ekipmanları kontrol devre şeması

Bu ekipmanlara ek olarak yine aynı şema üzerinde makinede tahrik için kullanılan motorun fren devresi de görülmektedir. Motor fren devresinin kullandığı voltaj 220V tur ve devre ye girip çıkması PLC tarafından gönderilen bir çıkış ile kontrol edilen bir kontaktör aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Şekil 5.3'te elektrik panosunun görünümü yer almaktadır.



Şekil 5.3. Elektrik panosu

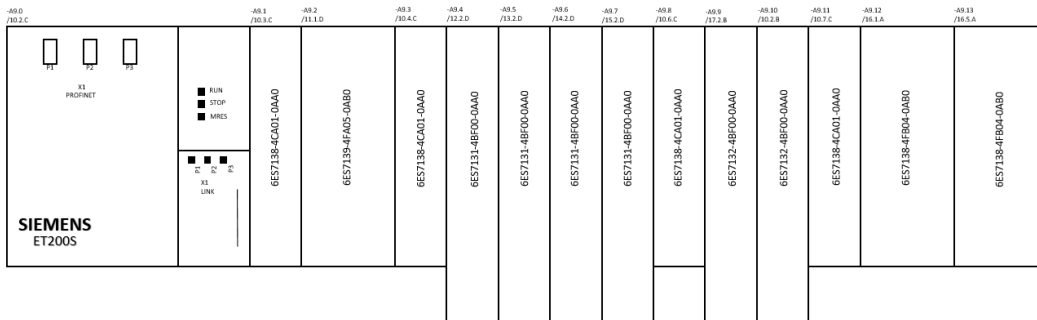
PLC kontrollü olarak çalışan makinede terminal modülü olarak 6ES7151-8FB01-0AB0 Siemens modülü kullanılmaktadır. Güç modülü olarakta yine Siemens'in 6ES7138-4CA01-0AA0 modülü kullanılmıştır. Güç modüllerinin voltajı 24V'tur. Şekil 5.4'te PLC de kullanılan terminal ve güç modülleri gösterilmektedir.



Şekil 5.4. PLC de kullanılan terminal ve güç modülleri kontrol devre şeması

Toplamda bir adet terminal ve dört adet güç modülünün kullanılması, bir miliken bez sarma makinesinin çalışması için yeterli olmuştur.

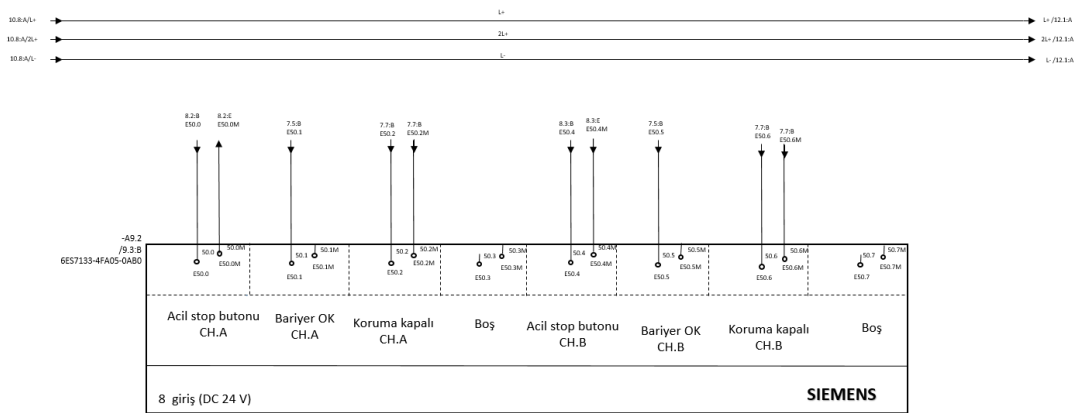
Tasarımı gerçekleştirilen makinenin PLC kontrol yapısında bir adet ET200 haberleşme modülü, dört adet güç modülü, dört adet sekizer girişten oluşan dijital giriş modülü, iki adet sekizer çıkıştan oluşan dijital çıkış modülü, bir adet profisafe giriş modülü ve bir adet yedek olarak tutulan yine 8 çıkışlı dijital çıkış modülü bulunmaktadır. Şekil 5.5'te modüllerin dizilim şekli gösterilmektedir. Her bir modülün bağlantıları ve yapılan bağlantıların işlevi detaylı olarak detaylı olarak ilerleyen sayfalarda anlatılmıştır.



Şekil 5.5. Makinede kullanılan PLC ve modülleri kontrol devre şeması

5.3. PLC Giriş Modülleri ve Bağlantıları

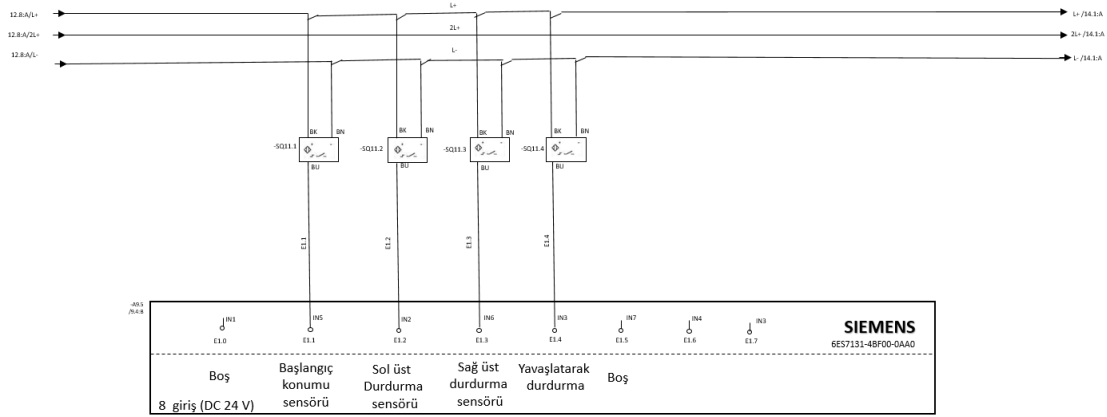
PLC giriş modüllerinden biri emniyet devrelerinin bağlantısı için profisafe modül olarak seçilmiştir. Emniyet ekipmanları olarak makine üzerinde kullanılan acil stop butonlarının bağlantıları, robotun kullanılmadığı durumlarda operatör ile çalışılacak ise çember sarımı sırasında emniyet amaçlı operatörün hareketli bölgeye erişimini engelleyen koruma kapaklarının açık- kapalı olduğuna dair sinyal bağlantıları, yine aynı çalışma modunda hareket alanı girişine konulan emniyet perdelerinin sinyal bağlantıları bu modüle yapılmaktadır. Sekiz girişi olan modülün iki girişi yedek olarak bırakılmıştır. Emniyet ilavesi veya revizyon ihtiyacı olduğunda bu yedek girişler kullanılabilir. Şekil 5.6’da PLC profisafe giriş modülü ve bağlantıları gösterilmektedir.



Şekil 5.6. PLC profisafe giriş modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması

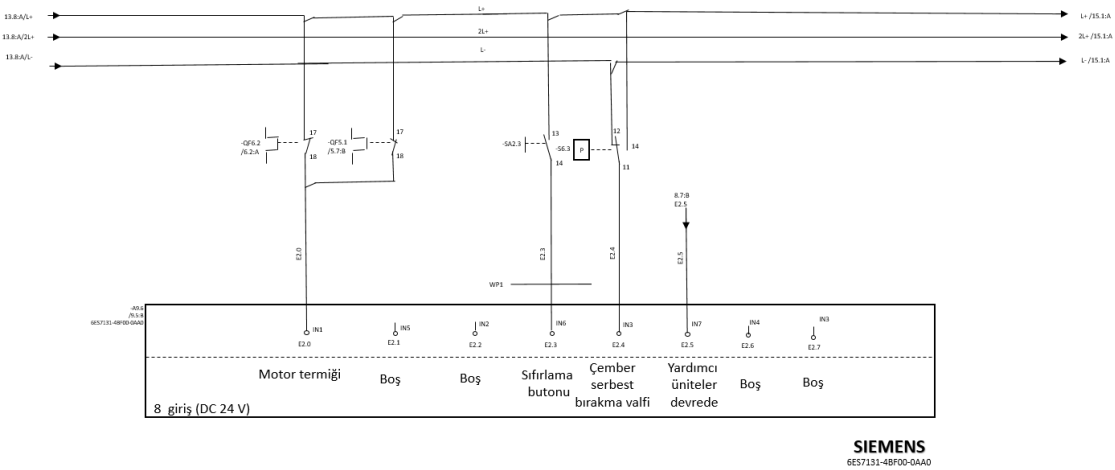
Emniyet ile ilgili ekipmanların kullanımında sinyal girişleri için bu tip profisafe modüllerin kullanımı tavsiye edilmektedir. Makinenin çalıştırılacağı fabrika bünyesinde bu durum bir HSE zorunluluğudur.

Şekil 5.7’de görülen PLC giriş modüllerinin birincisine resetleme butonu, makineye bağlı havanın açık olup olmadığını veya yeterli seviyede olup olmadığını bildiren hava basınç sensörü sinyali, çember üzerine sarımı başlatacak olan otomatik başlatma butonu, sarım sırasında bir anormallik olduğunda, sarımı yarıda durdurabilecek bir durdurma butonu, genellikle yarıda kesilen sarım işlemlerinde ihtiyaç duyulan başlangıç pozisyonuna dönme



Şekil 5.8. PLC ikinci giriş modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması

Şekil 5.9’da PLC üçüncü giriş modülü ve bağlantıları gösterilmektedir. Bu dijital giriş modülüne makine üzerinde kullanılan tahrik motorunun termik sinyali, yarıda kalmış otomatik bir sarımda sarım sayacını sıfırlayan sıfırlama butonu, sarım için disklerin arasına sıkıştırılan çemberin üst disklerinin yukarı hareketini bildiren piston üstü reed sensör sinyali, kumanda devresinin aktif olduğunu gösteren yardımcı üniteler devrede sinyalleri bağlanmıştır. Yine bu modül üzerinde de rezerve boş girişler ileride kullanılma ihtimaline karşın bırakılmıştır.

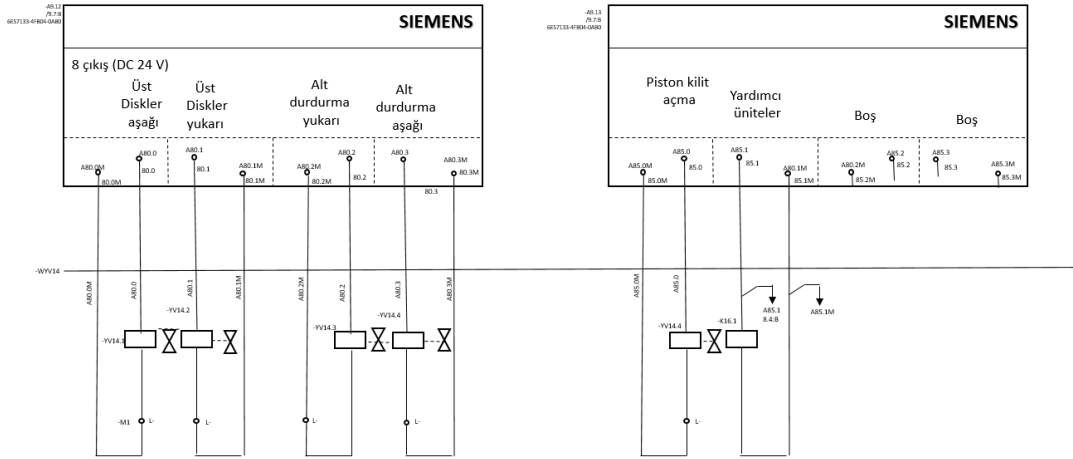


Şekil 5.9. PLC üçüncü giriş modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması

[illegible]

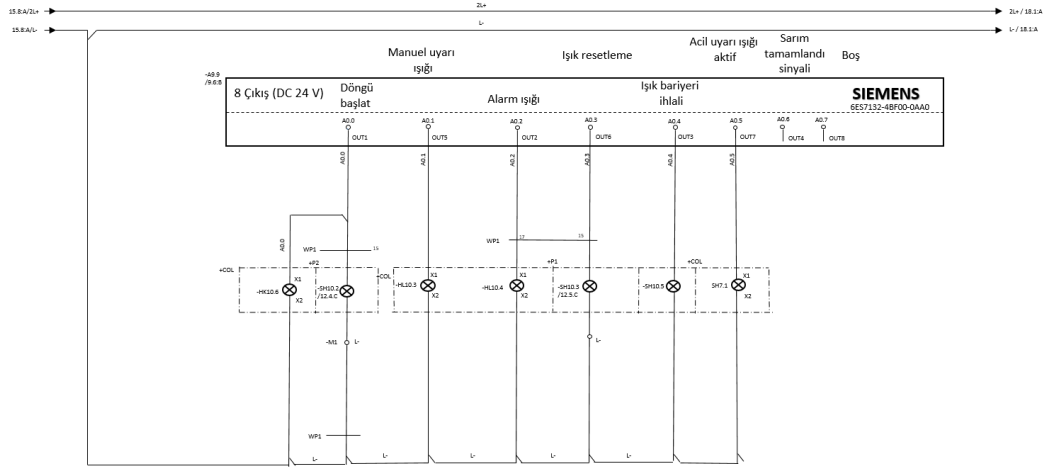
5.4. PLC Çıkış Modülleri ve Bağlantıları

29



Şekil 5.11. PLC birinci çıkış modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması

Şekil 5.12’de PLC ikinci çıkış modülünün bağlantıları gösterilmektedir. Bu modüle makine üzerinde kullanılan uyarı lambaları bağlanmıştır.



Şekil 5.12. PLC ikinci çıkış modülü ve bağlantıları kontrol devre şeması

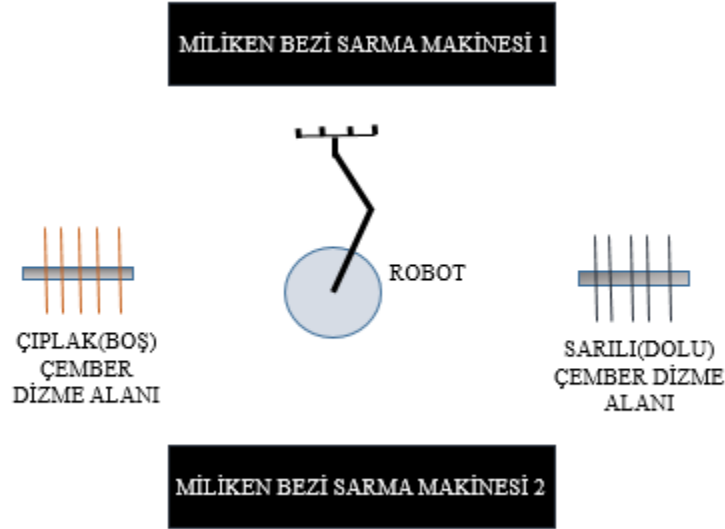
Lambaların çalışma voltajı çıkış modülünün voltaj değeri olan 24V’tur. Valf panosu Şekil 5.13’te gösterilmiştir.



Şekil 5.13. Valf panosu

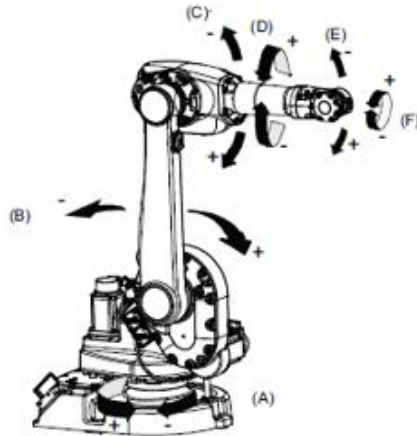
6. SİSTEMİN ROBOT KOLUYLA ÇALIŞMASI

Şekil 6.1’de tez çalışmasının otomatik kontrollü sistemin genel yerleşimi yer almaktadır.



Şekil 6.1. Sistemin genel yerleşimi

Robot kolunun marka ve modeli ABB - IRB 1600 -10/1.2 olarak seçilmiştir. PLC modeli olarak Siemens S7/1500 kullanılmıştır. Robot 6 eksenli olup 10 kilogram taşıma kapasitesine sahiptir. 1.2 metreye kadar erişimi mevcuttur. Robot kullanılan alanda 6 eksenli kollar sayesinde hareket edebilir ve istenilen ağırlıkları taşıyabilmektedir. Şekil 6.2’de robotun pozisyonları görülmektedir ve Tablo 6.1 de pozisyonların açıklamalarına yer verilmektedir.

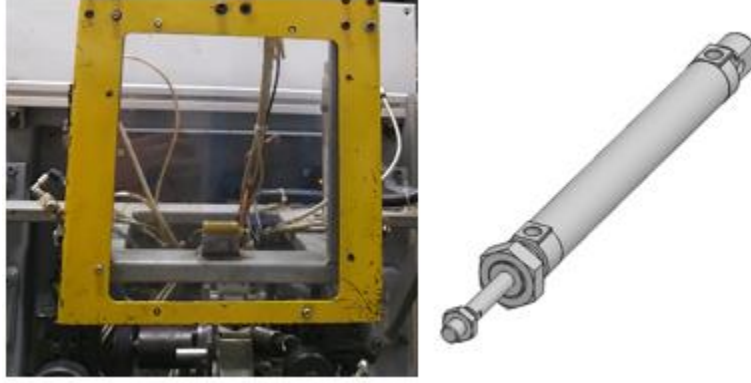


Şekil 6.2. Robotun pozisyonları (URL-6,2020)

Tablo 6.1. Pozisyonların açıklanması (URL-6, 2020)

Pozisyon	Açıklama
A	Eksen 1
B	Eksen 2
C	Eksen 3
D	Eksen 4
E	Eksen 5
F	Eksen 6

Genel yerleşimde çıplak çember dizme alanı, sarılı çember toplama alanı, 2 adet miliken bezi sarma makinesi ve robot kolu bulunmaktadır. Çıplak çember dizme alanında, henüz sarımı gerçekleşmemiş sarılmayan çemberler bulunmaktadır. Sarılmamış olan bu çemberler, çıplak çember olarak adlandırılmaktadır. Bir adet robot kolu tarafından iki adet topuk sarma makinesi beslenmektedir. Robot kolu, makinelere hem çemberleri besler hem de çemberlerin toplama görevini üstlenmektedir. Sarılı çemberi birinci makineden alır ve toplama alanına bırakmaktadır. Çıplak çember dizme alanından çıplak çemberi alıp birinci makineye geri götürmektedir. Aynı toplama ve besleme işlemini ikinci makine için de yapmaktadır. Dizme ve toplama alanında bulunan sıradaki çemberler hareket etmektedir. Dizme alanındaki çemberler ilerleyip gelecek olan bir sonraki çember için yer açarken, çıplak çember alanındaki durum alınan çember yerine gelecek bir sonraki çembere yer açacak şekilde hareketini gerçekleştirmektedir. Bu işlemlerden dolayı robot kolu her zaman çıplak çemberi dizme alanında aynı yerden çemberleri alır ve sarılı çember toplama alanında aynı yere bırakmaktadır. Eğer arıza durumu ile karşılaşılırsa tek makine çalıştırılma seçeneği de bulunmaktadır. İki makinede arızalandığı durumda makineler operatörler birlikte manuel olarak üretime devam ettirilebilir. Böyle bir durum ile karşılaşılması durumdan makinelerde Şekil 6.3'te gösterilen pnömatik piston sarım yapmadan önce kare şeklinde sarım alanına inen bir koruma kapağı bulunmaktadır. Sarım işlemi bittikten sonra koruma kapağı piston yardımı ile yukarı doğru yükselmektedir.



Şekil 6.3. Pnömatik piston

Robotun kendisine ait olan arayüz programında hız, konum bilgileri tanıtılıp programlanmıştır. Robot kolu çemberi almaya giderken robot manipülatörünün çemberin merkezine konumlanması yani istenilen hedefe ulaşılması için deneme çalışmaları yapılmıştır. Performans kriterlerinden en büyük yüzde aşma formülü kullanılmıştır.

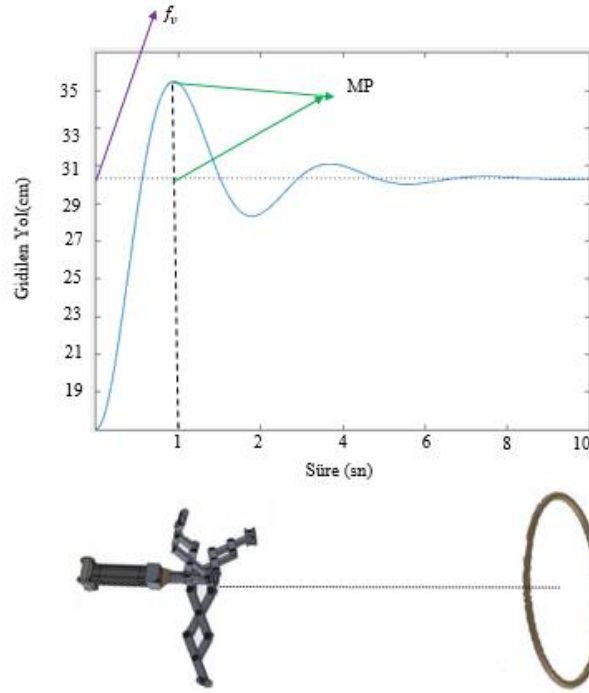
Denklem (6.1)'deki gibi;

$$PO = \%100 \frac{MP - fv}{fv} \quad (6.1)$$

MP değeri sistemin ulaştığı maksimum tepe noktasıdır. Fv değeri son değerdir. Burdan elde ettiğimiz sonuç yaptığımız sistemde yüzdelik olarak istenen hedefin en fazla ne kadar aşıldığını bizlere gösterilmektedir. Bu tez çalışmasında denkleme göre %1,66 aşma olmuştur.

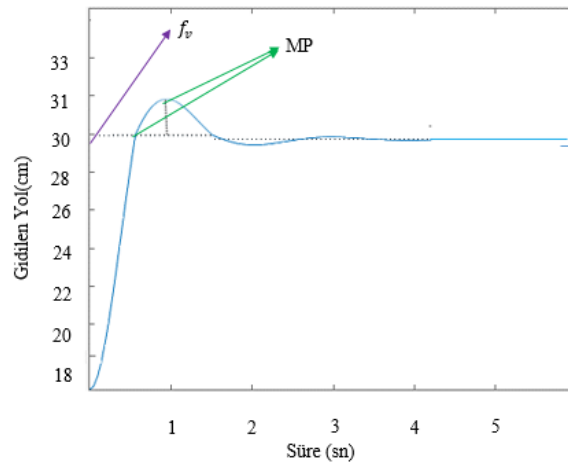
Hedefe ulaşabilmek için hız denemeleri yapılmıştır. Robot kolu çembere yaklaştığında hızı azaltıp yüzde aşma değerinin artmasının engellenmesi sağlanmıştır. Robot kolunun hedefe giderken herhangi bir sapma yapmadığı ve optimum en fazla hız elde edilmesi sağlanmıştır. Şekil 6.4'teki grafik ilk test çalışmasına ait olup son çıkan sonuç ise Şekil 6.5'te verilmiştir. Hesaplamalar denklem (6.3) ve (6.4)'te gösterilmiştir.

$$PO = \%100 \frac{35 - 30}{30} = \%16,67 \quad (6.2)$$



Şekil 6.4. Test çalışmasında elde edilen yüzde aşma grafiği

$$PO = \%100 \frac{30,8 - 30}{30} = \%1,66 \quad (6.3)$$



Şekil 6.5. En son elde edilen yüzde aşma grafiği

Robot kolunun 11 adet hareketi mevcuttur. Bu durum beraberinde 11 adet robot programı parçası anlamına gelmektedir. Şekil 6.6'da robot kolunun hareketleri gösterilmiş olup 4 adet istasyon bulunmaktadır. İstasyon açıklamaları aşağıdaki gibidir;

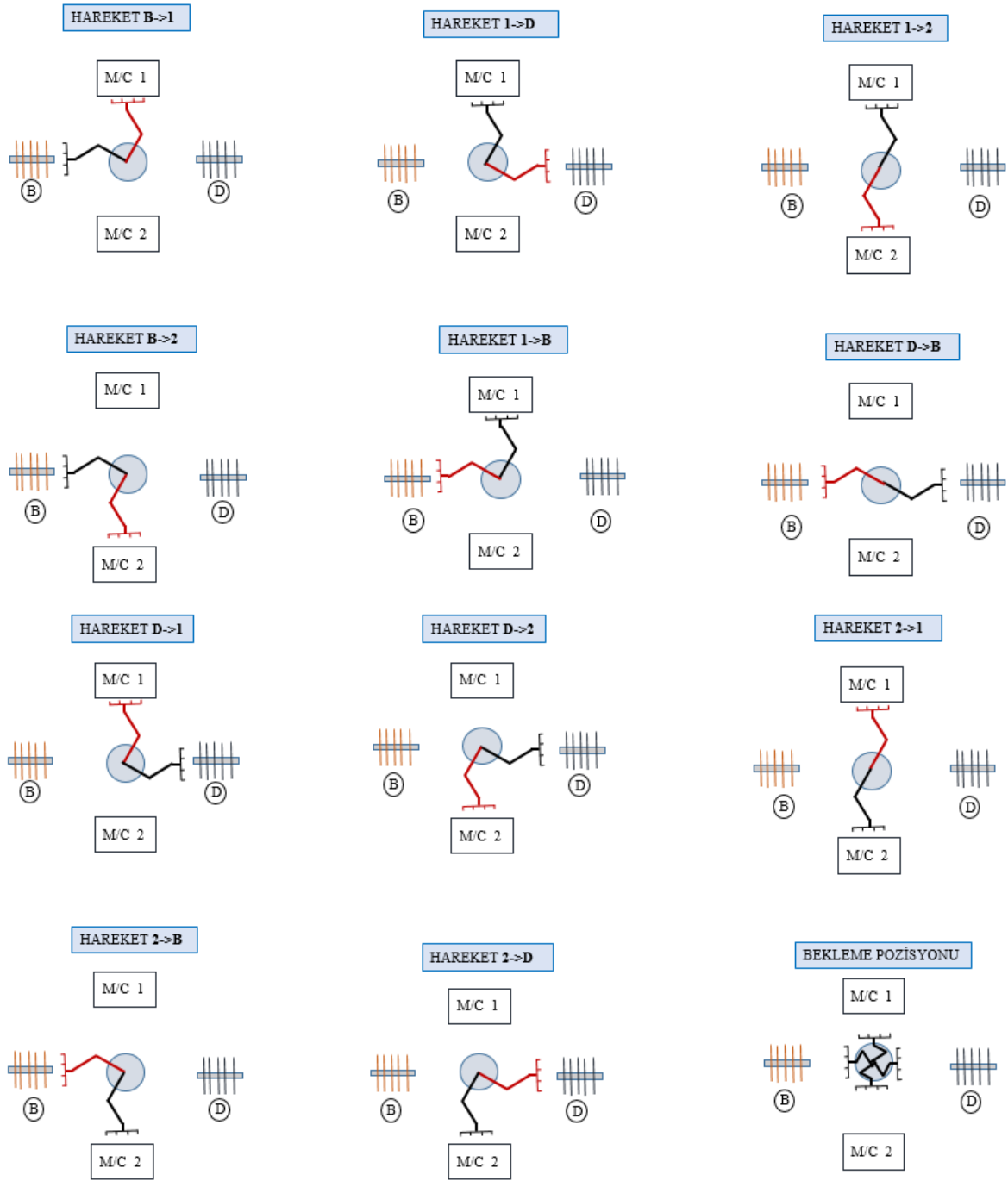
M/C 1 istasyonu: Birinci miliken bezi sarma makinesi

M/C 2 istasyonu: İkinci miliken bezi sarma makinesi

B istasyonu: Boş çember alanı

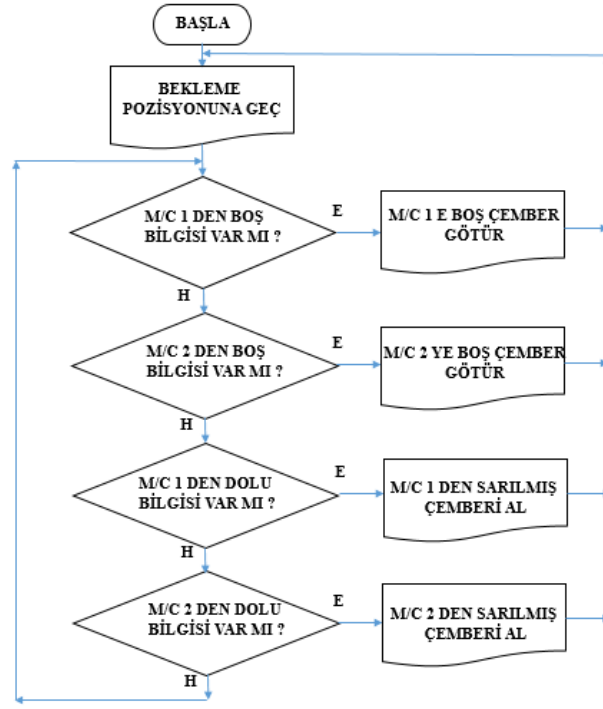
D istasyonu: Dolu çember alanı

Tüm istasyonlar arasında robot kolu hareketi tanımlanmıştır. Sadece B ve D istasyonları arasında robot hareketi bulunmamaktadır. M/C 1 istasyonu ile B istasyonu için robotun o iki istasyon arasındaki işi tamamlama süresi 4 saniyedir. İki robot arasında gidilen süre (M/C 1 istasyonundan M/C 2 istasyonuna doğru olan hareket) 6 saniyedir. Robot kolu 90 derece yaptığı açılarda 4 saniyeden daha hızlı gidebilmektedir fakat robot çemberi taşıdığı için işi tamamlama süresi daha fazladır. Robot, dolu veya boş çember taşıdığı için robot hareketi yavaştır, çember taşımadığı durumlarda ise robotun hareketi hızlıdır.



Şekil 6.6. Robot kolu hareketleri

Şekil 6.7’de sistemin akış diyagramı gösterilmektedir. Miliken bezi sarma makineleri ile robot kolunun haberleşerek sistemin çalışması gerçekleşmektedir.



Şekil 6.7. Akış şeması

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen çalışmada iki çember sarma makinesi arasına altı eksenli bir robot kolu yerleştirilmiştir. Çıplak çemberleri robot kolunun alabileceği şekilde, sarımı bitmiş çemberi de robot kolunun bırakabileceği bir şekilde besleme ve toplama olarak iki çember dizim aparatı tasarlanmıştır. PLC tabanlı çalışan sarma makineleri ile robot kontrol ünitesi haberleştirilerek iki operatör iş gücünden kazanç sağlanması amaçlanmıştır.

Gerçekleştirilen çalışma sarılan çemberlerde standart ve kalitesel açıdan uygun bir sarım elde edilmiş, operatör kaynaklı hatalar elimine edilmiştir ve çalışmalar devam etmektedir. Birim sürede tamamlanan çember adedi ortalama % 30 oranında arttırılmıştır. Ortalama sarılı çember üretme süresi 28 saniyeden 19 saniyeye düşürülmüştür. 8 saatlik vardiyada operatörün saturasyonu ortalama 5 saattir. Gerçekleştirilen çalışma sayesinde sistemin saturasyonu 8 saat olarak kullanılabilir. Bu durumda da % 60 oranında saturasyondan kaynaklı kazanç sağlamaktadır.

Çalışmada tasarlanan 2 adet lastik topuk çemberi sarma makinesi yerine makine adedi arttırılabilir. Robotun çıplak çemberlerin alınması ve sarılan çemberlerin bırakıldığı aparatlar ile ilgili 2 seçenek düşünülmektedir. İlk seçenek robotun çemberleri aldığı ve bıraktığı yerleri sabit tutup çemberleri hareket ettirmektir. İkinci seçenek ise robotun öteleme ile her seferinde bir sonraki çemberi alacak yere gitmesidir. Çemberleri dizmek için farklı aparat tasarım çalışmaları devam etmektedir. (Yıldırım ve diğ., 2021)

KAYNAKLAR

- Çakır, U. (2014). Motion Optimization Of A 6 Axes Robot Manipulator Used For Material Handling Purposes Via Dynamic Programming, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 376353.
- Öngir, S. (2011). Bilgisayar Kontrollü Kartezyen Robot, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 297165.
- Özyalçın, İ. (2006). Kartezyen Robot Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 183923.
- Sciavicco, L., & Siciliano, B. (2004). Modeling and control of robot manipulators (4th ed.). London: Springer.
- Spong, M. W., Hutchinson, S., & Vidyasagar, M. (2006). Robot modelling and control (2nd ed.). USA: John Wiley & Sons, Inc.
- URL-1:<https://www.indiamart.com/proddetail/vertical-tyre-wrapping-machine-22207866712.html>, (Ziyaret tarihi: 23 Nisan 2022).
- URL-2:<https://www.shjlpacking.com/coil-packing-machine/steel-packing-machine/steel-coil-wrapping-machine.html>, (Ziyaret tarihi: 5 Mayıs 2022).
- URL-3:https://www.ecplaza.net/products/double-station-automatic-tire-bead-wrapping_4609083, (Ziyaret tarihi: 30 Haziran 2022).
- URL-4:<https://www.applerubber.com/blog/the-advantages-and-disadvantages-of-industrial-robots/>, (Ziyaret tarihi: 8 Mayıs 2022).
- URL-5:<https://www.plastikmedia.co.uk/advantages-disadvantages-of-industrial-robots/>, (Ziyaret tarihi: 9 Mayıs 2022).
- URL-6:<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC023604-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>, (Ziyaret tarihi: 23 Nisan 2020).

EKLER

EK-A

```
// Çevrim Modülünü başlat
//Yükü bekleme pozisyonuna geç
const robtarget pTYukuBekle (bekleme koordinatları)
    Yüklemeden önceki bekleme koordinatlarına ulaş
const robtarget almayahazır= [(yükleme koordinat ve hız bilgileri)]
    Çember alma pozisyonuna gel

//Çemberi yükle
const robtarget pTYukuYukle= [(yükleme koordinat ve hız bilgileri)]
    Yükleme sonrası bekleme koordinatlarına git
//Birinci Miliken Çemberi boş ise çemberi buraya götür
    Boşalmadan önceki bekleme koordinatlarına ulaş
const robtarget pTYukuBosalt= [(Birinci Miliken koordinat ve hız bilgileri)]
    Boşalttıktan sonraki bekleme koordinatlarına git

//Yükü bekleme pozisyonuna geç
const robtarget pTYukuBekle (bekleme koordinatları)
    Yüklemeden önceki bekleme koordinatlarına ulaş
const robtarget almayahazır= [(yükleme koordinat ve hız bilgileri)]
    Çember alma pozisyonuna gel

//Çemberi yükle
const robtarget pTYukuYukle= [(yükleme koordinat ve hız bilgileri)]
    Yükleme sonrası bekleme koordinatlarına git
//İkinci Miliken Çemberi boş ise çemberi buraya götür
    Boşalmadan önceki bekleme koordinatlarına ulaş
const robtarget pTYukuBosalt= [(İkinci Miliken koordinat ve hız bilgileri)]
    Boşalttıktan sonraki bekleme koordinatlarına git

//Makine Sarım Kontrol Yordamını başlat

    IF SehpaDolu=True THEN
        Write ("Sehpa Doldu, Tablayı çevir ve Start' bas ")
        Uyarı Zilini çalıştır;
    IF Sehpa kullanımda=True THEN
        Sehpa kullanımdan çıkana kadar bekle
    END
END

WHILE Buton=TRUE OR Kilitli=0 DO
    Write ("Sehpa yerinde veya kilitli değil, kontrol edip yeniden başlat")
    Stop;
    Tanımlanan bekleme süresi kadar bekle
ENDWHILE
END Makine Sarım Kontrol Yordamı
```

Şekil A. 1. Kontrol programı (pseudocode)

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Yıldırım E., Yılmaz S., Öngir S. (2021). Lastik Topuk Çemberi Sarma Makinaları İçin Robotik Ve Plc Kontrol Tabanlı Otomasyon Sistemi Tasarımı, *Uluslararası Marmara Fen Bilimleri Kongresi*, Kocaeli, 10-11 Aralık 2021

Değirmenci Ö., Öngir S., **Yıldırım E.**, (2019). Lastik Üretim Makinalarında Risklerin Değerlendirilmesi, *IV.Tehlikeli Kimyasalların Yönetimi ve Proses Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi*, Ankara, 24-25 Nisan 2019

ÖZGEÇMİŞ

1996 yılında İzmir’de doğdu. 2014 yılında Tekirdağ Anadolu Lisesi’nde lise öğrenimini tamamladı. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü’nden 2018 yılında mezun oldu. Mezun olduktan sonra aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2022 yılında mezun olma durumundadır. 2021 Eylül ayından itibaren finans alanında faaliyet gösteren bir kuruluştaki Bilgi Teknolojileri’nde Yazılım Mühendisi olarak çalışmaktadır.