



**YENİ BİR SUNİ DERİ İMALAT MAKİNESİNDE  
ÜRETİM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ VE  
OTOMASYONUNUN İNCELENMESİ**

**Serhat AKÇAY**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİ BİR SUNİ DERİ İMALAT MAKİNESİNDE ÜRETİM  
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ VE OTOMASYONUNUN  
İNCELENMESİ**

**Serhat AKÇAY**

Dr Öğr. Üyesi Gürsel ŞEFKAT  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

BURSA – 2018

## TEZ ONAYI

Serhat AKÇAY tarafından hazırlanan "Yeni Bir Suni Deri İmalat Makinesinde Üretim Parametrelerinin Belirlenmesi ve Otomasyonunun İncelenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman :** Dr Öğr. Üyesi Gürsel ŞEFKAT

**Başkan :** Dr. Öğr. Üyesi Gürsel ŞEFKAT  
Bursa Uludağ Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi,  
Makine Mühendisliği

İmza

**Üye :** Doç. Dr. Elif Erzan TOPÇU,  
Bursa Uludağ Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi,  
Makine Mühendisliği

İmza

**Üye :** Dr. Öğr. Üyesi Ekrem DÜVEN.  
Bursa Teknik Üniversitesi  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi  
Mekatronik Mühendisliği

İmza

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali BAYRAM  
Enstitü Müdürü

6.12.2018

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**12 / 11 / 2018**

**Serhat AKÇAY**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### YENİ BİR SUNİ DERİ İMALAT MAKİNESİNDE ÜRETİM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ VE OTOMASYONUNUN İNCELENMESİ

**Serhat AKÇAY**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Gürsel ŞEFKAT

Mobilya, otomotiv ve tekstil sektörleri başta olmak üzere gerçekçi deri görünümüne sahip suni derilerin kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Genellikle suni deriler, dokumasız kumaşların PVC ile kaplanması ile üretilmektedir. Bilinen yöntemde doğal yapısı gereği rijit olan PVC, katkı kimyasalları ile esnek hale getirilmektedir. Nihai ürün suni deri üzerinde katkı kimyasallarının gaz kabarcığına dönüşerek yüzeyde gözeneklere sebebiyet vermemesi için kaplama, ince film tabakaları halinde yapılarak fırın içerisinde geçirilmektedir. Tez kapsamında PVC yerine poliüretan ile üretim yapan yeni bir suni deri imalat makinesi tasarımı ve prototipi yapılmıştır. Poliüretan, esnek yapısı sayesinde katkı kimyasalları kullanılmasına ve buna bağlı olarak fırın kullanımına ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Fırınsız suni deri üretim teknolojisi sayesinde makine boyu %90 küçülmektedir. Bilgisayar destekli tasarım ile modellenen ve imalat resimleri hazırlanan makine üretilerek üretim parametreleri, yeni makine üzerinde yapılan denemeler ile belirlenmiştir. Denetim sistemi tasarımı yapılmış ve belirlenen parametrelerin endüstriyel beklentileri karşılmasına yönelik otomasyonun akış diyagramları incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** suni deri, suni deri makinesi, denetim sistemleri, otomasyon

**2018, xi + 66 sayfa**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **DETERMINATION OF PRODUCTION PARAMETERS AND INVESTIGATION OF AUTOMATION IN A NEW ARTIFICIAL LEATHER MANUFACTURING MACHINE**

**Serhat AKÇAY**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Science  
Department of Mechanical Engineering

**Supervisor:** Asst. Prof. Dr. Gürsel ŞEFKAT

The use of artificial leather with realistic skin appearance, especially in furniture, automotive and textile sectors, is becoming more widespread. Artificial leathers are generally produced by PVC coating of non-woven fabrics. In the known method, PVC, which is rigid due to its natural structure, is made flexible with additive chemicals. The coating is passed through the furnace as a thin film layer so that the additive chemicals on the final product do not cause pores on the surface by converting the chemicals into gas bubbles. In the scope of the thesis, a new artificial leather manufacturing machine design and prototype has been made by using polyurethane instead of PVC. Polyurethane eliminates the need for additive chemicals due to its flexible structure and the use of furnaces accordingly. Thanks to the artificial leather production technology, the machine size is reduced by 90%. The machine was modeled with computer aided design and the production parameters were determined by experiments on the new machine. The control system has been designed and the flow diagrams of automation are examined to meet the industrial expectations of the determined parameters.

**Keywords:** artificial leather, synthetic leather production, design of machine, artificial leather production machine, automation

**2018, xi + 66 pages**

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Dokusuz kumaşların (non-woven) polivinilklorür (PVC) ile kaplanmasından üretilen ve gerçek deri görünümü kazandırmak için üzerine deri efektleri verilen suni derilerin kullanım alanı otomotiv, mobilya ve tekstil başta olmak üzere gün geçtikçe artmaktadır. Yüksek aşınma dayanımı, gerçek deriye benzer dokunma hissi vermesi ve anti bakteriyel olması yönünden poliüretan (PU) kullanımı tercihi bu süreçte PVC'ye göre hızla artmaktadır.

Ülkemizde ise PU'nun birim maliyetinin PVC'ye göre daha yüksek olması üreticilerin maliyet düşürme stratejisi ile rekabet etmesi nedeniyle iç pazarda yaygınlaşmasını engellemektedir. Bu nedenle katma değeri görece olarak daha düşük olan teknik performans beklentisi bulunmayan ürünlere yönelik suni deri üretimi oranı oldukça fazladır.

Bu çalışma ile mevcut suni deri üretim makinelerinde işletme maliyetini artıran fırın kullanımı olmaksızın yeni bir suni deri imalat makinesi ele alınarak üretim parametreleri belirlenmiş ve endüstriyel beklentileri karşılamaya yönelik otomasyonu incelenmiştir. Bu sayede yüksek hammadde birim maliyetine karşılık PU'ya özel tasarlanan düşük işletme maliyetli suni deri imalat makinesi ile PVC fiyatına denk üretim yapılabilecek bir teknoloji geliştirilmesine katkı sağlanacaktır.

Yüksek lisans tez sürecimde yönlendirmeleri için tez danışmanı hocam Dr. Öğr.Üyesi Gürsel ŞEFKAT'e ve beni her zaman destekleyerek yanımda olan eşim Selin Sevgin AKÇAY'a teşekkürlerimi sunarım.

**Serhat AKÇAY**  
**12 / 11 / 2018**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Kumaş Kaplama Teknikleri.....	3
2.2. Transfer Kaplama Makinelerinin Suni Deri İmalatında Kullanımı.....	5
2.3. Transfer Kaplama Makinelerinde Otomasyon.....	7
2.3.1. SCADA.....	8
2.3.2. Haberleşme Protokolleri.....	10
2.3.3. Programlanabilir Mantık Denetleyici.....	12
2.3.4. Sıvı Seviye Denetimi.....	13
2.3.5. Gergi Denetimi.....	16
2.3.6. Kenar Denetimi.....	18
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	19
3.1. Materyal.....	20
3.1.1. Hammadde Besleme Ünitesi.....	22
3.1.2. Desen Ünitesi.....	28
3.1.3. Transfer Ünitesi.....	31
3.2. Yöntem.....	33
3.2.1. Bilgisayar Destekli Tasarım.....	34
3.2.2. PID Denetimi.....	36
3.2.3. Aç-Kapa Denetim.....	40
3.2.4. SIMULINK.....	42
4. BULGULAR.....	44
4.1. Pompa Motor Devir Kontrolü.....	48
4.2. Seviye Kontrolü.....	49
4.3. Sıcaklık Kontrolü.....	51
4.4. Konum Kontrolü.....	52
4.5. Kenar Kontrolü.....	55
4.6. Gergi Kontrolü.....	57
4.7. Karışım Tabancası Hız Kontrolü.....	60
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	62
KAYNAKLAR.....	66
ÖZGEÇMİŞ.....	68



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
°C	Celcius
cm	Santimetre
$D_o$	Çözücüye takılan astarın ilk çapı
$D_i$	Sarıcıda oluşan astarın son çapı
$h_0$	Desen silindiri yüzeyi ile astar yüzeyi arasında mesafe
$h_i$	Desen silindiri dönme merkezinin astar yüzeyi arasında mesafe
kcal	Kilo kalori
$K_D$	Türevsel kontrol kazanç katsayısı
$K_i$	İntegral kontrol kazanç katsayısı
$K_P$	Oransal kontrol kazanç katsayısı
kWh	Kilo watt saat
m	Metre
mA	Mili amper
ms	Mili saniye
$m_p$	Polyol çözeltisinin kütlesi
$m_i$	İzosiyanat çözeltisinin kütlesi
$n_k$	Karıştırıcı devri
$n_p$	Polyol pompası devir sayısı
$n_i$	İzosiyanat pompası devir sayısı
$P_{hava}$	Kompresör basıncı
$T_{gp}$	Polyol tankına giren soğuk suyun sıcaklığı
$Q_p$	Polyol debisi
$Q_i$	İzosiyanat debisi
$Q_f$	Fan ısısı
$r_d$	Desen silindirinin çapı
s	Tabanca kurs miktarı
$T_{çp}$	Polyol tankından çıkan sıcak suyun sıcaklığı
$T_{gi}$	İzosiyanat tankına giren soğuk suyun sıcaklığı
$T_{çi}$	İzosiyanat tankından çıkan sıcak suyun sıcaklığı
$T_i$	Kurutucu sıcaklığı
$T_r$	Rezistansın sıcaklığı
V	Tabanca hızı
$V_d$	Desen silindiri çizgisel hızı
$V_o$	Çözücüdeki astarın çizgisel hızı
$V_i$	Sarıcıda oluşan astarın çizgisel hızı
$V_a$	Astarın ilerleme hızı
$V_p$	Polyol hacmi
$V_i$	İzosiyanat hacmi
$w_d$	Desen silindirinin açısal hızı

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
CANBus	Controller Area Network Bus
DA	Doğru Akım
DCS	Distuributed Control Ssystem
DOP	Dioktil Ftalat
DP	Decentralized Periphery
ERP/MES	Enterprice Resource Planning/ Meaningement Enterprice System
FBD	Function Block Diagram
FMS	Fieldbus Message Specification
HART	Highway Addressable Remote Transducer
HMI	Human Machine Interface
PA	Process Automation
PLC	Programmable Logic Controller
PU	Poliüretan
PVC	Poli vinil klorür
RTU	Remote Terminal Unite
SCADA	Supervisory Control And Data Aquasition
STL	Statement List
TEYDEB	Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Transfer Kaplama Makinesi ile Suni Deri İmalatı (Matex 2018).....	6
Şekil 2.2. Transfer Kaplama Metodu .....	6
Şekil 2.3. Kaplanmış Kumaş Örnekleri.....	7
Şekil 2.4. Tank İçin Hazırlanmış SCADA Örneği.....	9
Şekil 2.5. Modbus Haberleşmesi.....	12
Şekil 2.6. PLC'nin Basit Yapısı.....	13
Şekil 2.7. Hidrolik Pompa Çeşitleri .....	14
Şekil 2.8. Dişli Pompa.....	15
Şekil 2.9. Pistonlu Pompa .....	15
Şekil 2.10. Paletli Pompa .....	15
Şekil 2.11. Dancer Mekanizması .....	17
Şekil 2.12. Manyetik Fren (EMF 2012).....	18
Şekil 2.13. Kenar Denetim Sistemi .....	19
Şekil 2.14. Optik Algılayıcı .....	19
Şekil 3.1. Dört Bıçak-Fırın Sistemine Sahip Transfer Kaplama Makinesi (Boy 100m).	20
Şekil 3.2. Hamurun Transfer Kağıdı Üzerine Sıyırılması.....	21
Şekil 3.3. Mevcut Durumdaki Suni Deri İmalat Makinesi Örneği .....	22
Şekil 3.4. Hammadde Ünitesi .....	23
Şekil 3.5. IBC Tank.....	24
Şekil 3.6. Polyol ve İzosiyonat Günlük Tankı .....	24
Şekil 3.7. Şamandıra Metoduyla Seviye Ölçümü .....	25
Şekil 3.8. Tez Materyalinde Tercih Edilen Dişli Pompa .....	26
Şekil 3.9. Karışım Tabancası .....	27
Şekil 3.10. Genişlik Ayarı.....	27
Şekil 3.11. Desen Ünitesi Mekanik Parçaların Patlatılmış Görüntüsü.....	29
Şekil 3.12. Desen Ünitesi .....	29
Şekil 3.13. Rulodan Rulo Sarma Metodunda Hız Değişimi.....	30
Şekil 3.14. Elektrik Motorlu Lineer Kızak.....	30
Şekil 3.15. Transfer Mekanizması .....	31
Şekil 3.16. Kilitleme Çarkı .....	32
Şekil 3.17. Havalı Şaft .....	32
Şekil 3.18. Sarma Bobini Rehber Sistemi.....	33
Şekil 3.19. Püskürtme ile Kaplama .....	34
Şekil 3.20. Part Design Açılışı .....	35
Şekil 3.21. Assembly Modülünün Açılışı .....	35
Şekil 3.22. Drafting Modülünün Açılışı.....	36
Şekil 3.23. Geri Beslemeli Bir Denetim Sistemi .....	36
Şekil 3.24. PID Denetleyicinin Orantı, İntegral ve Türev Yapısı .....	39
Şekil 3.25. İki konumlu denetim sistemi.....	41
Şekil 3.26. Aç-Kapa Kontrolün Salınım Oluşturması.....	42
Şekil 3.27. Yaygın Kullanılan Simulink Blokları .....	43
Şekil 4.1. Tez Çalışmasında Kullanılan Suni Deri İmalat Makinesi Akışı.....	45
Şekil 4.2. Tez Çalışmasında Kullanılan Suni Deri İmalat Makinesi Modeli .....	46
Şekil 4.3. Prototip Suni Deri İmalat Makinesi .....	48
Şekil 4.4. Basınç için Motor Devir Kontrolü (Mitsubishi Electric, 2018).....	49
Şekil 4.5. Seviye Kontrolü Şematik Gösterimi .....	50

Şekil 4.6. Sistemin Blok Şema Çizimi .....	51
Şekil 4.7. Sıcaklık Kontrolü Şematik Gösterimi .....	52
Şekil 4.8. Sistemin Blok Şema Çizimi .....	52
Şekil 4.9. Solenoid Matematiksel Modeli .....	53
Şekil 4.10. Elektromekaniksel Sistem Blok Şema Gösterimi .....	54
Şekil 4.11. Çekme Bobini ve Kenar Kontrolü .....	55
Şekil 4.12. Step Motor Çalışma Prensibi .....	56
Şekil 4.13. Mekanik Gergi Denetim Sistemi Şematik Gösterimi .....	57
Şekil 4.14. Mekanik Geri Denetim Sistemi Blok Diyagramı.....	60
Şekil 4.15. Alan Sargısı Denetimli Doğru Akım Motoru .....	60
Şekil 5.1. Suni Deri İmalat Makinesinin Otomasyonu .....	63
Şekil 5.2. Akış Diyagramı Sembolleri .....	63
Şekil 5.3. Hammadde Besleme Ünitesi Akış Diyagramı .....	64
Şekil 5.4. Desen Ünitesi Akış Diyagramı .....	64
Şekil 5.5. Transfer Ünitesi Akış Diyagramı.....	65
Şekil 5.6. Paketleme Ünitesi Akış Diyagramı.....	65

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Kaplamada Kullanılan Teknikler.....	4
Çizelge 2.2. Günümüzde en fazla kullanılan veri iletişim protokolleri (Adıyan 2012)..	10
Çizelge 3.1. Ziegler-Nichols Ayar Parametreleri.....	40
Çizelge 5.1. Tez Sonucu Makinenin Mevcut Makine ile Karşılaştırılması .....	66



## 1. GİRİŞ

Suni deri imalatı, dokusuz (non-woven) kumaş üzerine poliüretan (PU) veya polivinil klorür (PVC) kaplaması ile yapılmaktadır. Son yıllarda ülkemizde de suni derilerin gerçek derinin yerine geliştirilmesi hız kazanmakla beraber hatta düşük maliyeti ve yüksek dayanım özellikleri sayesinde gerçek derinin kullanım yerleri haricinde de kullanımı yaygınlaşmaktadır. Suni deri genellikle PVC veya PU kaplama suni deri olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır.

Suni deriler, genellikle PVC kaplama ile üretilmektedir. PVC hammadde maliyeti, PU maliyetine göre daha düşük olduğu için geniş kullanım ve uygulama alanı bulmaktadır. PVC, yapısı gereği sert bir malzeme olup suni deri üretiminde esnekleştirilmesi için ilave kimyasallar karıştırılmaktadır. Bu kimyasallar sıcak ortamlarda PVC suni deriden buharlaşarak hem insan sağlığına zarar vermektedir (Önalın 2003).

Polimer teknolojileri alanında kaydedilen ilerlemeler neticesinde artık suni deri üretiminde PU da kullanılmaya başlanmıştır. PU suni deriler, PVC'lere göre daha sağlıklı ve çevreci olmaları, hava geçirgenlik, dokunma hissi, teknik özellikler ve görünüm yönünden gerçek deriye daha yakın özellikler taşıması sebebiyle tercih edilmektedir. PU suni deriler; sağlık, otomotiv ve havacılık gibi alanlarda yüksek katma değerli ürünler üzerinde kullanım alanı bulmaktadırlar.

Bu çalışmada mevcut suni deri imalat makineleri incelenmiş olup işletme maliyetini artıran süreçler iptal edilerek yerine yeni suni deri imalat teknolojisi sunan ve TEYDEB 2130334 numaralı proje ile prototip üretimi yapılan yeni bir suni deri imalat makinesinin üretim parametreleri belirlenmiş ve otomasyonu incelenmiştir.

Mevcut durumda yüksek viskoziteli PVC karışımının içerisinde esnekliği artırmaya yönelik kullanılan yağlar ve katkı kimyasalları, üretimin sonunda gaz kabarcıklarına sebep olarak deri görünümünü bozmaktadır. Bu nedenle istenilen gramaj bir defada bıçak ile sıyrılmayıp önce ince bir film tabakası oluşturulup 285°C sıcaklıkta fırına sokulur ve içerisindeki kimyasallar buharlaştırılır. Bu işlem dört defa tekrarlandıktan sonra nihai ürün suni deri elde edilmektedir. Yüksek yatırım maliyeti ve işletme

maliyetine sebep olan fırın kullanım gereksinimi ortadan kaldırmak üzere çalışmada hammadde olarak PU kullanılmıştır. Viskozite düşürülerek yüksek basınç ile pulvarizasyon yapılarak fırınsız ve düşük sıcaklıklarda suni deri kurutulabilmiştir. PU, doğası gereği esnek bir yapıda olması ilave esnekliği artırmaya yönelik katkı kimyasalı kullanımına gerek duymaması düşük sıcaklıklarda kurutmaya imkan sunduğu görülmüştür.

Bu sayede genel olarak ithal ürün olan PU hammadde fiyatlarında maliyet düşüşü yapılamamasına karşılık işletme maliyetinin önemli bir kısmını oluşturan suni deri imalat makinesinin yatırım ve çalıştırma maliyetleri düşürülerek neticede PVC suni deri fiyatına eş PU suni deri üretim teknolojisinin geliştirilmesine katkı sağlanmıştır. Çalışma ile ülkemizin lokomotif sektörlerinden biri olan makine imalatı sektörü içerisinde tekstil makineleri alanında suni deri imalat makinesi üretim hacmini artırmaya destek olmak üzere mevcut ithal makinelerin üretim kapasitelerine ve kalitesine muadil olabilmesi için insan faktörünü en aza indirecek otomasyonu incelenmiştir.

Prototip imalatı yapılan yeni suni deri imalat makinesi alt montaj gruplarına ayrılarak matematik modeli oluşturulmuştur. Akış diyagramı çıkarılarak makinenin; hammadde saklama ve şartlandırma ünitesi, desen ünitesi, transfer mekanizması ve paketleme ünitesini meydana getiren denetim organlarının geliştirilmesine yardımcı olacak çalışma gerçekleştirilmiştir.

## **2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI**

Bu bölümde öncelikle suni derilerin de içerisinde olduğu kaplamalı kumaşların imalatında kullanılan genel kumaş kaplama teknikleri incelenmiştir. Mevcut durumdaki suni deri imalat makinelerinin kullandığı teknik olan transfer kaplama yöntemi ile suni deri imalatı açıklanmıştır. Suni deri imalatında faydalanılan otomasyon donanımları ve denetim sistemleri hakkında literatür araştırması yapılmıştır.

### **2.1. Kumaş Kaplama Teknikleri**

Atmosfere açık ortamlarda kullanımdan kaynaklanan yıpranmalara karşı korumak için çeşitli maddeler kumaş üzerine kaplanarak, hava geçirgenliği özellikleri belirli oranda azaltılmış kumaş elde edilmesiyle kaplama kumaş teknolojisine ilk adım atılmıştır. Kauçuk ve polimer ürünlerin bulunması ve kimya alanındaki ilerlemelerle birlikte çeşitli özellikte ve farklı uygulama alanlarına sahip ürünler üretilmeye başlanmıştır. Teknik tekstil; çeşitli kimyasal, hava şartı, mikroorganizmalara karşı dayanıklı, yüksek performans ve fonksiyonel özelliklere sahip, yüksek katma değerli ürün grubudur. Teknik tekstillerin üretiminde kullanılan kumaşların fonksiyonel özelliklerini artırmak ve kullanım yerlerini genişletmek amacıyla laminasyon ve kaplama teknikleri uygulanmaktadır. Atmosfer koşullarından etkilenmemek amacıyla üretilen kaplamalı kumaşlar ziraattan medikale, inşaattan koruyucu iş elbiselerine kadar çok fazla kullanım yerine sahiptir. Kaplamalı kumaşların fonksiyonel özellikleri, tatbik edilen kaplama malzemesine, prosese, kumaş yüzeyinin yapısına ve özelliklerine göre çeşitlilik göstermektedir.

Kaplamalı kumaşlar; örme, dokuma veya dokusuz olarak üretilen kumaşın bir veya her iki yüzeyinin kimyasal bir malzeme ile kaplanması sonucu üretilmektedir. Kaplama, farklı yöntemler ile uygulanabilmesiyle birlikte, kullanılması öngörülen yöntem, kaplanılacak kumaşın türüne ve ulaşılmak istenilen özelliklere bağlıdır. Kaplama malzemesi, iplik ve lif yüzeylerinde yayılmasına olanak sağlayacak viskozitede olmalıdır. Kaplama neticesinde yüzey düz, pürüzsüz olmalıdır. Her yöntemde kaplama



öncesinde kumaş tam en olarak açılmalı, gerilim kontrolü ile besleme yapılmalıdır. Kaplanmış kumaş, kaplama sonrası ise kumaşın içerisindeki kimyasalların buharlaşımını uzaklaştırılabilmesi için soğutulmuş sarılmadan önce kurutucuda işlem uygulanmalıdır. Mevcut kaplama yöntemlerinin temelinde emdirme, sonrasında sıcak havada ve genellikle ramöz içerisinde kurutma yapılmaktadır. Mevcut kaplama yöntemlerinin yanında son yıllarda giderek kullanımı artan yeni yöntemlerde bilinmektedir.

Modern kaplama tekniklerini; Çizelge 2.1’de gösterildiği gibi kaplama malzemesinin sıvı, katı ve plazma teknikleri olmak üzere üç bölümde incelenebilir (Bulut ve Sülar 2008).

**Çizelge 2.1.** Kaplamada Kullanılan Teknikler

Kaplama malzemesinin sıvı olduğu teknikler	Kaplama malzemesinin sonradan dozajlandığı teknikler	Bıçaklı (rakleli kaplama)	Bilinen en eski yöntemlerden biridir. Kaplama malzemesinin kumaşa direkt aktarılmasıyla sabit bir bıçakla homojen halde sürülmektedir.
		Tel sarılı rulo ile kaplama	Düşük viskoziteli ve gramajlı kaplamalarda tercih edilir.
	Kaplama malzemesinin önceden dozajlandığı teknikleri	Silindir kaplama	Düşük viskozitedeki kaplamalarda tercih edilir.
		Döner şablon ile kaplama	Rotasyon baskı sürecine benzer bir tekniktir.
		Püskürtme ile kaplama	Kaplama malzemesi, taşıyıcı silindirle yönlendirilen kumaşa püskürtücü ile kaplanmaktadır.
	Kaplama malzemesinin katı olduğu teknikler	Sıcak eriyik ile kaplama	Ekstrüzyon ile kaplama
Pudralı kaplama			Toz halde bulunan polimer malzeme, kumaş üzerine serpilir. Radyasyon ısıtıcı

			ile termoplastik malzeme eritilir. Polietilen naylon gibi kaplama maddeleri kullanılır.
--	--	--	---

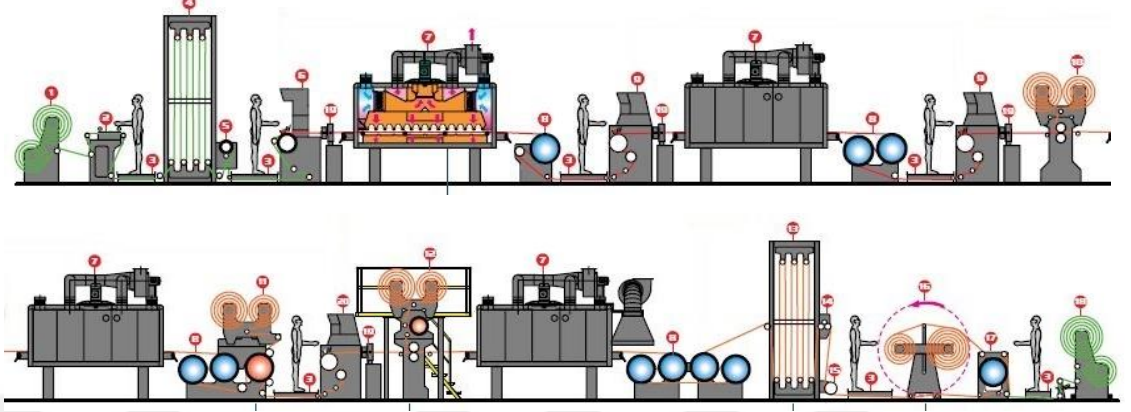
**Çizelge 2.1.** Kaplamada Kullanılan Teknikler (devam)

	Kalander kaplama	Sıcak silindir arasından geçirilerek akışkan hale gelen kaplama malzemesi silindirler ile kumaşa aktarılmaktadır.
	Transfer kaplama	Kesintisiz kaplama filmi ısı veya yapıştırıcı ile kumaşa kaplanır. Kaplama yüzeyi gözeneksiz, hatasız şekilde hazırlanabilir.
Modern kaplama teknikleri	Soljel kaplama	Dispersiyon formundan yola çıkılarak çeşitli uygulama alanlarına göre seramik, cam, kompozit malzemelerin üretim tekniğidir.
	Plazma kaplama	Tekstil malzemelerinin yüzeyini değiştiren teknolojidir. Yüzeğe diğer mevcut yöntemlerle kazandırılmayan özellikler kazandırılmaktadır.

## 2.2. Transfer Kaplama Makinelerinin Suni Deri İmalatında Kullanımı

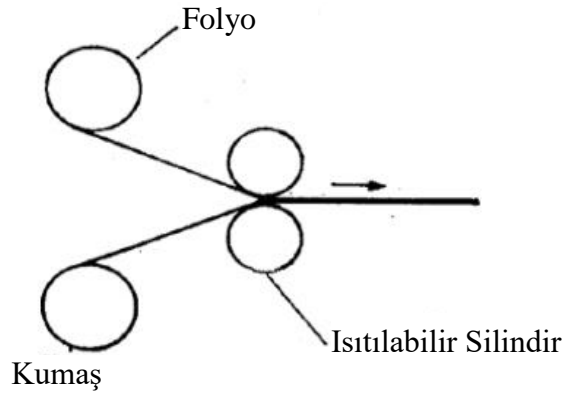
Günümüzde endüstriyel olarak yaygın kullanılan suni deri imalat makinelerinde transfer kaplama tekniği kullanılmaktadır. Transfer kaplama makineleri ile desenli kağıt üzerine polimerin sıvanarak birden fazla fırın içerisinden geçirildikten sonra astar kumaş üzerine yapıştırılmasıyla suni deri üretilir. Şekil 2.1’de dört fırınlı transfer kaplama makinesinde proses gösterilmektedir. Makine toplam uzunluğu yaklaşık 100 metre olup 7 kişi ile kontrol edilebilmektedir. Transfer kaplama metodunda genellikle PVC hamur haline getirilerek dört defada tekrarlanan sıyırma işlemi ile desen kağıdı üzerine aktarılır. Böylece fırın içerisinden geçirilen film tabakası ne kadar ince olursa içerisindeki katkı kimyasalları da o kadar kolay buharlaştırılabilir. İlk katman kağıda sıyırıldıktan sonra fırın içerisinden geçirilerek ısıyla kararlı hale getirilir. Her fırın

çıkışında soğutma suyu çevrimi ile silindirlere geçirilen film tabakası soğutulur ve daha sonra üzerine ikinci katman hamur sıyrılır.



**Şekil 2.1.** Transfer Kaplama Makinesi ile Suni Deri İmalatı (Matex 2018)

Prosesin sonunda Şekil 2.2’de gösterildiği gibi desenli kağıt üzerinde oluşturulan kaplama filmi, baskıyla kumaş üzerine yapıştırılır. Bu aşamada verilen baskı fazla olursa kumaş, hamur içerisine gömülür nihai ürün daha çok plastik özelliği taşır ve sert bir dokunma hissine sahip olur. Fakat baskı az olursa bu durumda da kumaş, katmanlara tam olarak bağlanmaz ve dayanıklı olamaz (Önalın 2003).



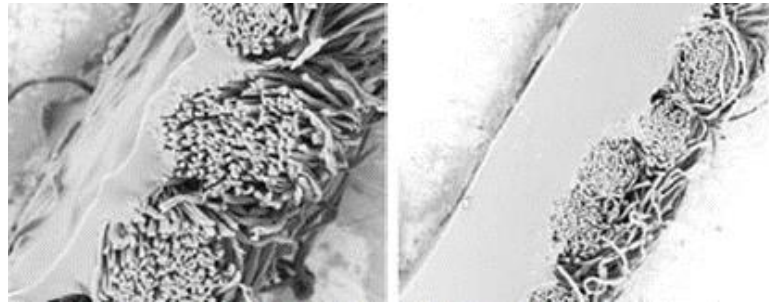
**Şekil 2.2.** Transfer Kaplama Metodu

Operatör inisiyatifinde olan üretim parametrelerinin kontrolü oldukça önemli olup literatürde transfer kaplama makinelerinde üretim parametrelerinin araştırıldığı çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Balcı ve ark. (2011) çalışmalarında, silindir üstü bıçak yöntemiyle gerçekleştirilen tek yüzey kaplama prosesini etkileyen parametreleri incelemişlerdir. Çalışmada, tek yüzey kaplama yöntemiyle üretilmiş dokuma kumaşlarda kaplama hamurunun kumaşın arka yüzeyine geçme oranını, bu oranı etkileyen üretim parametrelerini istatistiksel olarak incelenmiştir. Üretim parametresi olarak; kaplama kalınlığı, bıçağın açısı, karışım hamuru içerisindeki esnekleştirici belirlenmiştir. Yöntem olarak silindir üstü bıçak tekniği kullanılmıştır. Arka yüzeye geçme oranına karar verilmesi için CIELab neticeleri, su iticilik değeri kriter olarak belirlenmiştir. Sonuçta kaplama kalınlığının kumaş arka yüzeyine geçme oranına etkili parametre olduğu görülmüştür.

Yeşilalan ve ark. (2010), çalışmalarında yine silindir üstü bıçak kaplama yönteminde kaplama maddesinin penetrasyonu ile ilgili deneysel ve teorik yaklaşıma yer vermişlerdir. Çalışmada PU kaplama maddesi kullanılmıştır. Bıçak ile kaplama yüzü arasındaki boşluk kaplamanın hızı ve malzemesi, PU'nun viskozitesi incelenmiştir.

Dembicky (2010), kaplama sürecinin benzetimi hakkında çalışma gerçekleştirmiştir. Kaplamanın kalınlığı, çeşitli parametrelere bağlı olarak tahmini seçilmiştir. Çalışmada silindir üstü bıçak kaplama yöntemi seçilmiş ve PU malzemenin kaplanmasına yer verilmiştir. Şekil 2.3'de silindir üstü bıçak kaplama sonrasında, kaplanmış kumaşın görüntüsüne verilmiştir. Çalışmada; kaplama kalınlığı ve hızı değişken olarak alınarak kaplama yapılan kumaşların lif içerisinde penetrasyonu incelenmiştir.



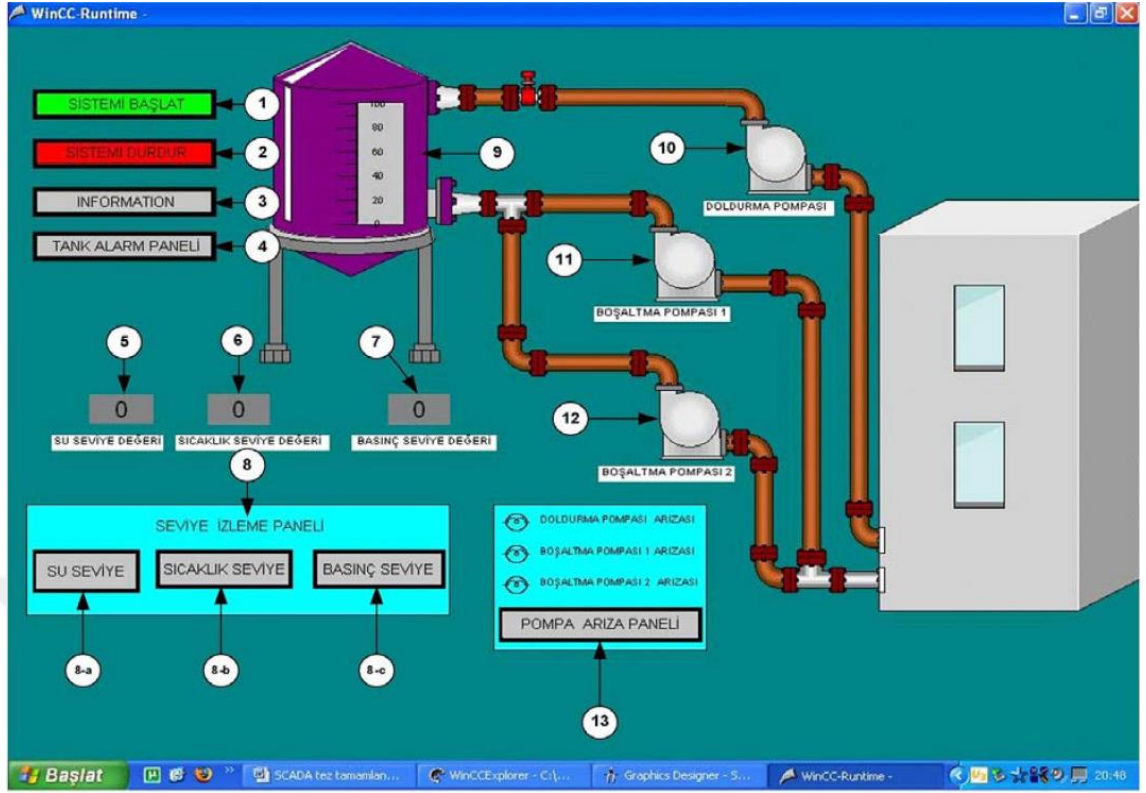
**Şekil 2.3.** Kaplanmış Kumaş Örnekleri

### **2.3. Transfer Kaplama Makinelerinde Otomasyon**

Bu bölümde transfer kaplama makinelerinde genel otomasyon bileşenleri incelenmiştir. Özellikle transfer kaplama makinelerinin 100 metre uzunluğunda olduğu dikkate alındığında denetimi sağlanacak alt sistemlerin (hammadde besleme ünitesi, transfer ünitesi vb.) birbirlerinden olan uzaklıkları nedeniyle birden fazla tekil kontrol ünitesinin merkezi bir kontrol ünitesinde toplanarak kontrol edilme gerekliliği bulunmaktadır. Bu nedenle genellikle birden fazla kontrol sisteminin merkezi bir yerden kontrolünü sağlayan SCADA sistemi açıklanmıştır. Ayrıca suni deri imalat makinesi özelinde denetimi amaçlanan alt montaj grupları belirlenmiştir.

### **2.3.1.SCADA**

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), 1980'den bugüne sahadan veri almak ve eyleyicileri denetlemek için kullanılmaktadır. SCADA, genellikle saha ile sistem arasında veri transferinin 100 ms'nin üstünde olan sistemlerde kullanılır. Esnek üretimin gerçekleştirebileceği ve sahada olup bitenin bir monitörden izlenebileceği, verilerin kaydedilebileceği, kaynak planlanması yapılabileceği merkezi denetleme sistemidir. Transfer kaplama makinesi gibi oldukça uzun ve birbirinden bağımsız bölümleri nedeniyle ulaşılması zor olan endüstriyel sistemlerin bir merkezden gerçek zamanlı gözlemlenebilmesini ve kontrol edilebilmesini sağlaması açısından avantaj sunmaktadır.



**Şekil 2.4.** Tank İçin Hazırlanmış SCADA Örneği

Bayındır ve ark. (2011), Şekil 2.4’de gösterilen çalışmalarında depolama tankından algılayıcılar aracılığıyla toplanan sıcaklık, seviye, basınç değerlerinin PLC kullanarak SCADA yazılımı ile kontrolünü gerçekleştirmiştir. Çalışmada sanayide kullanılan saklama tanklarında seviye, sıcaklık, basınç değerlerinin ve sistem arızalarını uzakta bulunan bir ofisten gözlenmesini sağlamıştır. Geliştirilen kontrol döngüsünde sistem parametrelerini daha hassas ölçmek, verilerin anlık kayıtlarını arşivlemek, istenildiğinde bu verileri raporlayabilmek klasik yöntemlerden ayrılan önemli farklılıklardır.

Suni deri imalatında hammaddenin saklandığı tankların haricinde hız, konum, sıcaklık gibi denetimi yapılması gereken farklı sistemlerde bulunmaktadır. Farklı sistemlerin bir kontrol merkezine veri transferinde çeşitli markalarda cihazların, donanımların kullanılması haberleşme açısından problem oluşturmaktadır. Cihaz, donanım üretici firmaların endüstriyel haberleşme için özgün protokol kullanmaları bu problemin kök nedenidir. Denetleyicinin içerisindeki verinin cihaz, donanım denetimi ve veri izleme ara yüzü işlevini gerçekleştiren SCADA yazılımlarında okunması ve denetleyiciye verinin yazdırılması için denetleyiciyi SCADA’ya tanıtan sürücü gereksinimi

olmaktadır. Her denetleyici üreticisinin haberleşme protokolü farklı olduğu için her SCADA yazılımına da özel sürücü tasarlanmalıdır (Büyük ve Gök, 2012).

### 2.3.2. Haberleşme Protokolleri

Üretim süreçlerinin gün geçtikte hızlanması, hassasiyetinin artması ve kapasitesinin büyümesi beklenmektedir. Bu nedenle üretim süreçlerinde kullanılan cihazlar ve makineler arası iletişim zorlaşmaktadır. Bu sorunun çözümü için sanayide haberleşme konusu için belirli standartlar (protokoller) geliştirilmiştir.

Çeşitli sistemler arasında veri toplama, işleme ve analiz; otomasyon sistemlerinin PLC sistemleri ile haberleşmesi sayesinde gerçekleşmektedir. Haberleşmede verici-alıcı arasında veri transferinin hızlı-güvenilir olması için cihazların bazı kurallara uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bu kuralların belirlenmesi ile aslında haberleşme protokolleri belirlenir. Tüm haberleşme protokollerin kendine özgü özellikleri vardır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan haberleşme protokolleri Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Günümüzde en fazla kullanılan veri iletişim protokolleri (Adıyan 2012)

<b>İletişim Protokolü</b>	<b>Uygulama alanları</b>	<b>Sponsor</b>
CANBus	Otomotiv, proses kontrol	Bosch
Profibus	Proses kontrol	Siemens, ABB
Fieldbus	Kimya endüstrisi	Fisher-Rosemount, ABB
ASI	Bina otomasyonu	Siemens
Modbus	Çeşitli donanımlar arası	Birçok şirket

CANBus protokolü: Bosch firması tarafından geliştirilen birden fazla kablo yerine tek kabloyla veri transferi amaçlanmaktadır. 100 yılda 1 tane mesaj hatası yapabileceği istatistiksel olarak belirlenmiştir. Bu yüksek güvenilirliği nedeniyle otomotiv

endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Akıllı yapılar, laboratuvarlar, motorların kontrolü, otomobil elektroniği gibi alanlarda maksimum 1Mbit/sn'lik iletişim hızındadır. Bu protokolda tüm üniteler veri yollamada eşit önceliğe sahip olması sayesinde sistem tüm üniteleri izler, hattın boş olduğu zamanı yakalar ve hattı boş gören ünite veri gönderir.

Profibus protokolü; özel bir arabirime ihtiyacı olmadan çeşitli üreticilerin cihazları, donanımları arasında haberleşmeyi sağlar. Üreticiden bağımsız bir protokoldür. Hızlı veri transferi sağladığı için yüksek hıza sahip kritik uygulamalarda, karışık yapıdaki haberleşmelerde tercih edilirler. Büyük ölçekli üretim, süreç otomasyonu için tasarlanmıştır. Bu protokol de cihazların değiştirilmesi mümkündür. Çevre birimleri, saha elemanları çalışma anında takılabilir ya da çıkarılabilir. Veri transferi, optik iletkenler yardımıyla gerçekleştirilir.

Fieldbus protokolü; otomasyon ürünleri ve bilgisayarlardan oluşturulan alan ağıdır. Yüksek çözünürlükte ölçme, yüksek güvenilirlik sağlar. Kendini test edebilme özelliği vardır. Çok fonksiyonlu saha birimleri sayesinde geniş pazar payına sahiptir. Kurduğu döngüler ile PLC sistemlerini aralarında haberleştirebilir. Bu döngüler ile sahada büyük ölçekli elektronik elemanlar arasında arızanın yerini tespit ederek kullanıcıya tam olarak gösterebilir.

ASI protokolü; PLC otomasyon sistemlerinde kullanılan endüstriyel bir haberleşme protokolüdür. Paralel kablolamaya karşılık en basit alternatiftir. Tam anlamıyla henüz standartlaşmaya gidememiştir. Basit, düşük maliyetli ve güvenilir bir sistemdir. Özel veri dönüştürücüler ile Profibus sinyalleri, ASI formatına çevirilerek kullanılır. Algılayıcıdan aldığı sinyalleri işler ve eyleyicileri yöneten valfleri denetler. Bu işlem için kullandığı standart giriş-çıkış modülü vardır.

Modbus protokolü, PLC'ler arası veri transferi için kullanılmaktadır. Basit, güçlü yapısı nedeniyle endüstride en yaygın kullanılan protokoldür. Çeşitli cihazlar arasında veri transferi sağlama sunucu/istemci tabanlı bir protokol olduğu için veriler bir cihazdan alınarak bir veri merkezinde toplanabilmektedir. Kullanıcıların ücret ödemediği açık bir



protokoldür. Modbus ayrıca donanımları programlamak, master-slave sistemleri izlemek için de kullanılabilir. Ağ içerisinde 1 adet master ile birlikte 247 slave donanım bulunabilir. Master donanım, slave donanımlardan gelen verilere göre slave donanımları yönetebilir. Şekil 2.5’de gösterilen Modbus, algılayıcılar ve diğer aygıtları birbirleriyle haberleştirmek için veya ağ içindeki donanımları uzaktan bilgisayarla kontrol etmek için kullanılmaktadır. Ayrıca sadece PLC ve bilgisayar sistemlerinde değil gelişmiş sensörlerle de kullanılabilir.



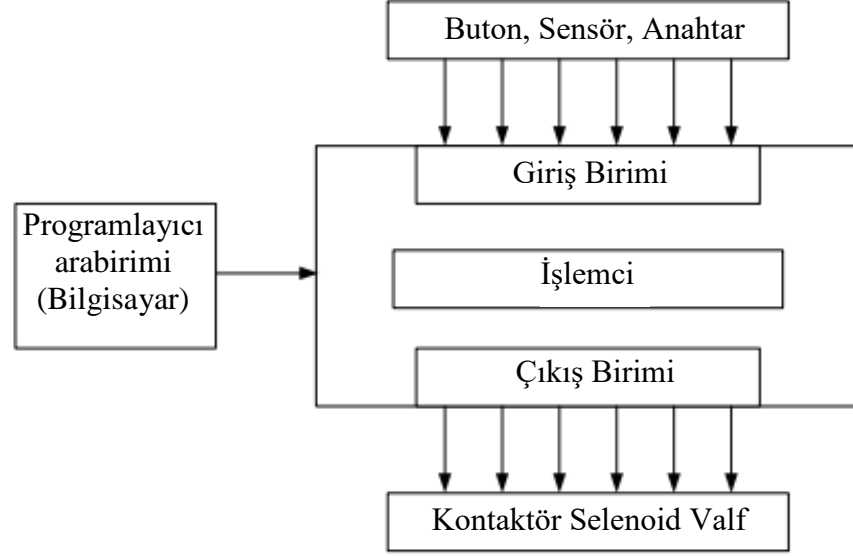
Şekil 2.5. Modbus Haberleşmesi

### 2.3.3. Programlanabilir Mantık Denetleyici

PLC, denetimi yapılmak istenen alanda bulunan sensörlerden, diğer donanımlarda veya dahili birimlerden gelen verileri içerisine yüklenen algoritmaya göre değerlendirerek eyleyicileri denetleyen cihazdır. PLC, otomasyon sistemlerinin kalbi niteliğinde olmazsa olmazlarındandır. Tarihsel gelişim süreci incelendiğinde doğduğu günden bu güne oldukça büyük aşamalardan geçmiştir. Günümüzde PLC, kişisel bilgisayarların sahip olduğu işlemcilerin hızına erişmiş ve bu sayede karmaşık hesaplamalar gerektiren PID, bulanık mantık, yapay zeka algoritmalarını işleyebilir hale gelmiştir.

PLC, otomasyon sisteminde direkt kullanıma uygun giriş-çıkış birimlerine sahiptir. Örneğin; girişine sıcaklık, basınç, seviye algılayıcıları, buton gibi iki değerli sayısal bilgi taşıyan elemanlar, çıkışına ise solenoid valf, kontaktör gibi kumanda devrelerinin sürücüleri direkt bağlanabilir. Şekil 2.6’da gösterildiği gibi bir PLC; sayısal işlemci

bellek, programlayıcı birimi, giriş-çıkış birimleri ve güç kaynağı temel kısımlarından oluşur (Taplamacıoğlu ve ark. 2017).



Şekil 2.6. PLC'nin Basit Yapısı

#### 2.3.4. Sıvı Seviye Denetimi

Suni deri imalatında PVC tozları plastikleştirici gibi kimyasallar ile karıştırılarak yüksek viskoziteli sıvı hale getirilmektedir. Bir tank içerisinde karıştırılarak oluşturulan sıvının üretilmek istenen suni derinin metrajı sağlayacak kadar tank içerisinde olması gerekmektedir. Bu nedenle tank içerisindeki sıvının seviye denetimi gerçekleştirilmektedir. Sıvı seviye denetimi sadece suni deri imalatı değil endüstrinin pek çok alanında kullanılmakta olup literatürde sıvı seviye denetimi ile birçok çalışma yapılmıştır.

Bektaş ve ark. (2014), çift tank için sıvı seviye sisteminin modellenmesini, sezgisel yöntemler ile katsayıları optimize edilmiş PID kontrolünü çıkarmışlardır. PID denetleyicisinin kontrolör parametre katsayılarının optimumu değerlerini, genetik algoritma ve parçacık sürü optimizasyonu yöntemleri ile bulmuşlardır. PID için bu iki farklı optimizasyon yöntemiyle bulunan katsayılar kullanarak farklı referans girişler için

model çalıştırılmıştır. Yükselme zamanı, üst aşım, oturma zamanı ve tepe zamanı gibi kriterler karşılaştırılmıştır.

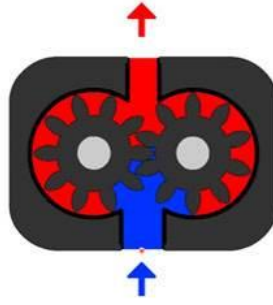
Ünsal ve ark. (2009), bir sıvı seviye sisteminin gerçek zamanlı denetimi için çalışmalarında MATLAB SIMULINK kullanmışlardır. Modellenen sıvı seviye sisteminin donanım yapısı bir DAQ kart ile eklenerek denetimi gerçekleştirmiştir. Bu işlemin gerçekleşmesi esnasında kullanılan SIMULINK araç kutuları, DAQ kartıyla iletişimin nasıl sağlandığı açıklanmıştır.

Sıvı seviye tespiti ile üretimin aksamadan devam edeceği kadar minimum hammadde bulunması garanti altına alınır. Tank içerisinde yeterli sıvı bulunması durumunda üretim alanına aktarma da, yetersiz sıvı kalması durumunda takviye yapılması da pompalar aracılığıyla gerçekleşmektedir. Uygulama koşullarına göre ve tasarlanan sistemin ihtiyaçlarına göre Şekil 2.7’de gösterilen dişli, pistonlu ve paletli hidrolik pompalar kullanılabilir (AKDER Akışkan Gücü Derneği 2018).



**Şekil 2.7.** Hidrolik Pompa Çeşitleri

Dişli pompalar (Şekil 2.8): kolaylıkla piyasadan tedarik edilebilen, düşük maliyetli, 200 bar basınca kadar çıkabilen ve değişik uygulama alanlarında kullanılan pompa tipidir. Dezavantajı ise yüksek basınç altında veriminin düşmesi, kullanım ömrünün azalması ve yüksek gürültü seviyesinde çalışmasıdır.



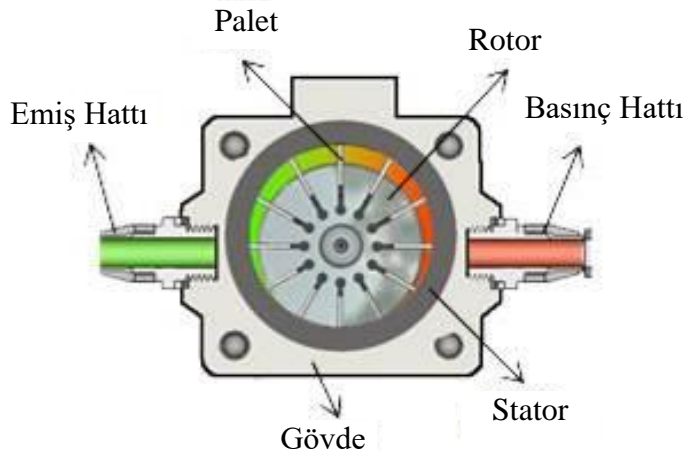
Şekil 2.8. Dişli Pompa

Pistonlu pompalar (Şekil 2.9): yüksek verimli, 300-400 bar basınç aralığında kullanılabilen, yüksek basınç pompalarıdır. Birçok kritik uygulamada pistonlu pompalar tercih edilmektedir.



Şekil 2.9. Pistonlu Pompa

Paletli pompalar (Şekil 2.10): paletli ya da kanatlı diye adlandırılan bu pompalar genellikle takım tezgahlarında, kapalı alanlarda çalıştırılan çeşitli hidrolik devrelerde kullanılmaktadır. Avantajı sessiz çalışması olup, dezavantajı ise emiş performansının düşük olmasıdır.



Şekil 2.10. Paletli Pompa

### 2.3.5. Gergi Denetimi

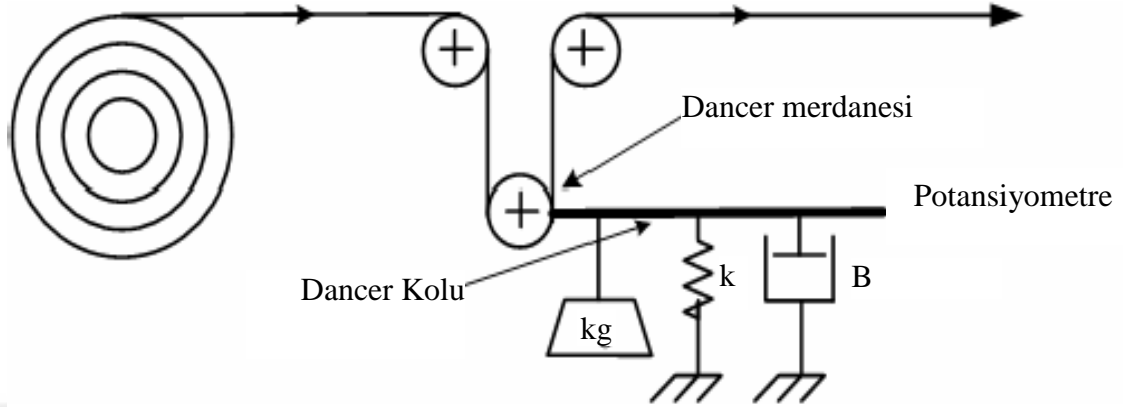
Kağıt, kumaş ve sac gibi şerit halindeki çeşitli malzemelerin rulo olarak üretim süreçlerine girmesinde görülen en büyük problemlerden biri şeridin gergi kuvvet denetimidir. Rulo bobininin açılıp işleme tabi tutulduktan sonra tekrar bobine sarılması süresince boşalan ve sarılan rulo çapında zamanla değişmeden dolayı gerginlik bu tip sistemlerde değişmektedir. Eğer gergi kuvveti belli değerler altında tutulamazsa ya gergi kuvveti artarak, şeridin kopma mukavemeti aşılarak kopma nedeniyle üretim durur ya da gergi kuvvetinin düşmesi nedeniyle üretim hattındaki gevşemeden dolayı oluşacak aksaklıklar ve kalite düşüklüğü ile karşılaşılır. Bu nedenle bu sistemlerde gerginliğin denetlenmesi gerekmektedir.

Şefkat ve ark. (1996) yaptığı çalışmada, elektromekanik fren mekanizmalı bir gergi denetim sistemi tasarlayarak elektromekanik fren ve kullanıldığı prototipin imalatını gerçekleştirmiştir. Gergi denetim sistemini temsil eden matematik model oluşturularak sistemi tanımlayan denklemler bilgisayar ile çözülmüştür.

Dancer mekanizması, hem sarıcı hem de çözücü devrinin kontrol edilebildiği bir gerginlik kontrolüdür. Şekil.2.11'de gösterilen mekanizma ile çözücü bobinde azalan çapa karşılık şerit gerginliğini sabit tutmak üzere çözücünün momentini azaltılır. Malzemenin ilerleme hızının sabit devam etmesi istenirse de çözücü devri artırılır. Mekanizmanın çalışma mantığı, hareketli olan dancer merdanesini sürekli aynı pozisyonda sabit tutmaya yönelik çözücünün hızını ayarlamak ve aynı anda malzeme gerginliğini kontrol etmektir. Bu teknikte potansiyometre değeri merdanenin orta pozisyondayken tahrik sistemi için çalışma noktası anlamına gelmektedir. Merdanenin yukarı yönde hareketi potansiyometreyi değiştirir ve tahrik sisteminde çözücüde referans değer artırılması anlamına gelirken, sarıcıda referans değer azaltılması anlamına gelir. Her iki durumda da tahrik sisteminde girilen bir referans değeri ve potansiyometreden gelen geri beslemeyle kapalı çevrim üretim süresince çalışır.

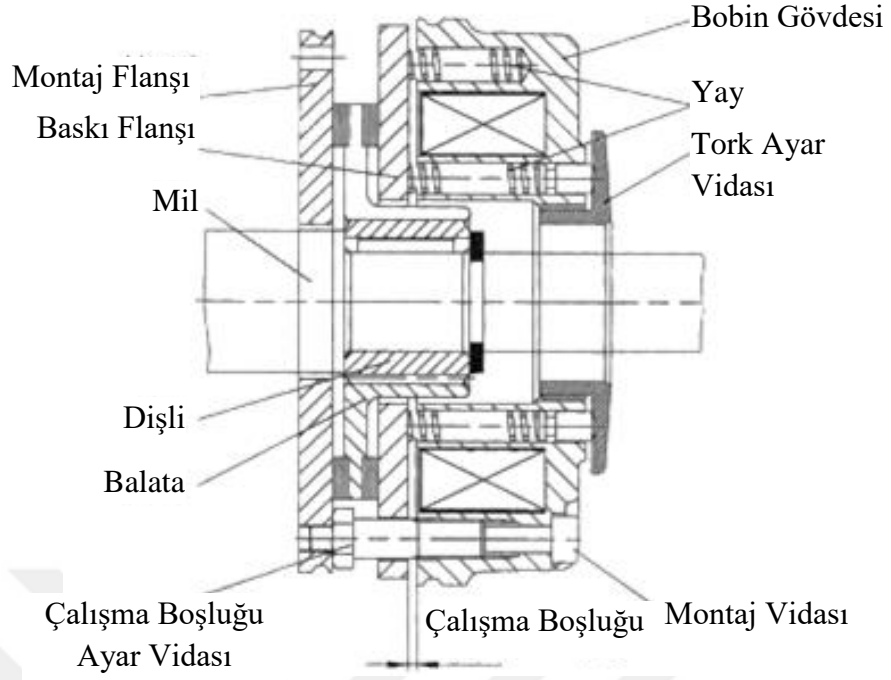
Dancer kolu, merdanesi ve potansiyometre dancer mekanizmalarının değişmez elemanlarıdır. Bu elemanlar ile şerit malzemeye çeşitli germe kuvvetleri uygulanması

amacıyla aşağı yönlü yük uygulanmaktadır. Bu amaçla dancer koluna ağırlık asılabileceği gibi ayarlı yay ya da pnömatik piston da kullanılabilir (Ayçiçek 2005).



Şekil 2.11. Dancer Mekanizması

Tekstil makinelerinde genellikle bobin elektrik motorunun hızı ayarlanarak şerit gerginliği denetlenmektedir. Fakat daha düşük maliyetli ve basit bir yöntem olarak da frenlemeli gergi denetim sistemleri de bilinmektedir. Fren; pnömatik, mekanik, hidrolik ya da manyetik seçilebilir. Hassas olmayan sistemlerde mekanik fren, hassas denetim istenen yerlerde hidrolik veya manyetik fren tercih edilir. Hidrolik fren, yüksek frenleme momenti istenen yerlerde kullanılan, kompleks, yüksek maliyetli sistemlerdir. Bu nedenle suni deri imalatında manyetik fren sistemleri yeterli olmaktadır. Manyetik fren, geri beslemeli hassas gergi denetimi sağlayabilen basit yapılı sistemlerdir. Şekil 2.12’de gösterildiği gibi kompakt bir yapıya sahiplerdir. Elektrik kesilmesinde baskı uygulayan montajı kolay sistemlerdir. Elektrik uygulanmasıyla oluşan manyetik alanda gövde içerisinde kurulu olan baskı yayları, baskı flanşını çekerek meydana gelen çalışma boşluğunda iş mili serbest bırakılır. Fren istendiğinde, bobin üzerindeki enerji kesilip kurulu yaylar baskı flanşını harekete geçirerek balatanın sıkışmasını sağlar.

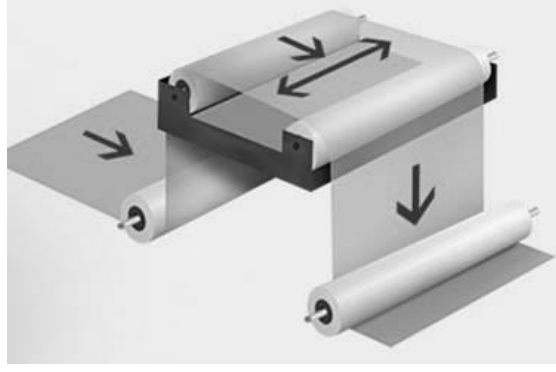


**Şekil 2.12.** Manyetik Fren (EMF 2012)

### 2.3.6. Kenar Denetimi

Suni deri imalat makinelerinin 100 metreyi aşan uzunlukları nedeniyle makinenin başlangıcından sonuna kadar giden yolda desenli kağıt yatayda sağa veya sola doğru kayabilmektedir. Bu nedenle desenli kağıt kenarları sürekli denetlenerek her zaman aynı doğrultuda ilerletilecek şekilde hizalanmaktadır. Suni deri makinesinin ambalaj biriminde sarıcı, aksel kaçıklık olmadan suni deri rulosu oluşturabilmesi için çözücüye takılan astarın üretim aşamasında eksenden kaçık sarılmaması gerekmektedir. Fakat uygulamada hem astar üreticilerinin bu süreci kontrol edememesi hem de makinenin çözücü kısmında ufak bir kaçıklık dahi makinenin sonunda rulonun dışarıya taşmasına sebep olduğu için sarıcıda kenar kontrol sistemi kullanılmaktadır.

Şekil 2.13’de gösterilen kenar denetiminde infrared çizgi takip sensörleri şerit halindeki malzemenin kenarını takip eder. Herhangi manuel müdahaleye gerek kalmadan DC motor veya step motor tahrikli sistemle kenar hizasını mikrometre oranında kontrol eder. Böylece ürünün doğru pozisyonda hat üzerinden geçmesini sağlar (Medel 2018).



**Şekil 2.13.** Kenar Denetim Sistemi

Şekil 2.14’de bir örneği gösterilen optik algılayıcı, hassaslık istenen çalışmalarda elektrostatik parazite karşılık duyarsız olması sayesinde kullanışlıdır. Kenar denetim sistemi, optik algılayıcı tarafından oluşturulan sinyali işleyerek çalışır. Optik algılayıcı çalışma prensibi, cismi ışık aracılığıyla algılama ve sonra da sinyale dönüştürmektir. Foto transistör, foto direnç, foto diyot gibi üzerinden geçen akımı ışık etkisiyle değiştiren elemanlara optik eleman denir. Genel olarak; ışın verici seçimi, foto alıcı seçimi, ışın verici devrenin ve foto alıcı devrenin geliştirilmesi, gerekli optik elemanların seçimi ile optik sistemlerin tasarımı gerçekleştirilmektedir (Karaçuha ve ark. 2013).



**Şekil 2.14.** Optik Algılayıcı

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

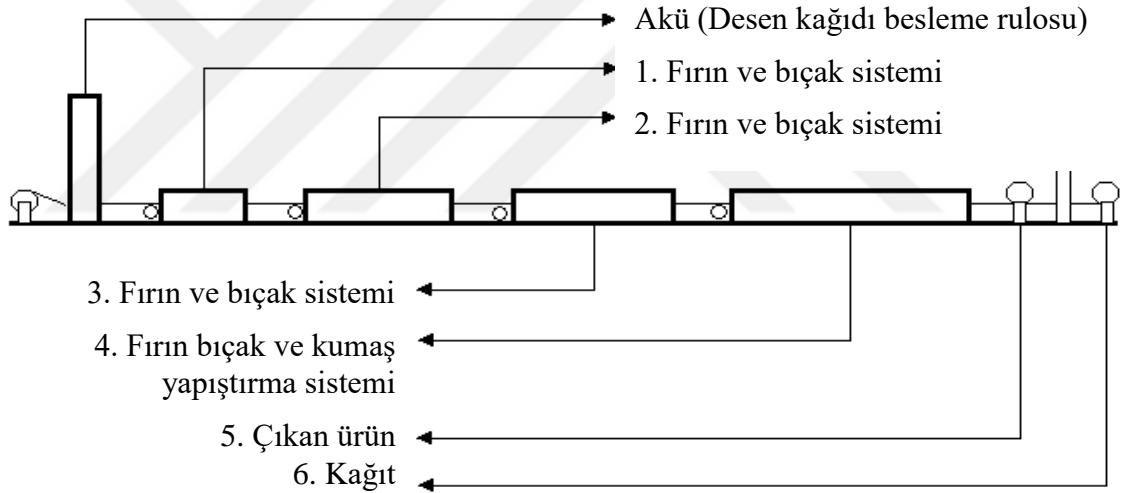
Bu çalışmada önce mevcut suni deri imalat makineleri incelenmiş olup sonrasında işletme maliyetini artıran süreçler iptal edilerek yerine yeni suni deri imalat teknolojisi sunan yeni bir suni deri imalat makinesinin TEYDEB 2130334 numaralı proje ile prototip üretimi yapılmıştır. Yeni makinede PVC yerine PU kullanılarak



buharlaştırılmak zorunda olan DOP gibi katkı kimyasalları kullanımına gerek kalmayan fırınsız yeni suni deri imalat makinesinde üretiminin parametreleri incelenmiştir. Otomasyonu için denetim yöntemleri araştırılmış ve makineye ait otomasyon algoritması teorik olarak elde edilmiştir.

### 3.1. Materyal

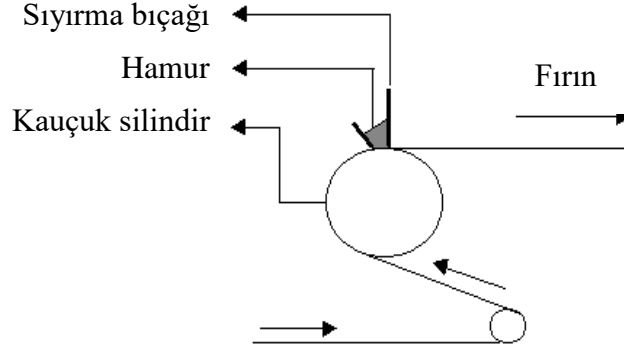
Mevcut suni deri üretim sistemleri Şekil 3.1’de gösterildiği üzere suni deriye hem desen veren hem de makine içerisinde ilerletilmesini sağlayan desenli kağıttan ve bu kağıt üzerine suni deri hammaddesi olan PVC’yi sıyıran ve kurutan fırın-bıçak sisteminden oluşmaktadır. Makine; hamur hazırlama, desen verme, kumaşa aktarım olmak üzere üç kısımdan oluşur.



**Şekil 3.1.** Dört Bıçak-Fırın Sistemine Sahip Transfer Kaplama Makinesi (Boy 100m)

Hamur hazırlama kısmında hedeflenen suni deri özelliklerine göre hazırlanan kimyasal karışım belli sıcaklıkta karıştırılarak hamur haline getirilir. Dioktil Ftalat (DOP) vb. plastikleştirici kullanılarak toz halindeki PVC hamur haline getirilir. Hazırlanan hamur, silindirdeki desenli kağıda Şekil 3.2’de gösterildiği gibi bıçak vasıtasıyla sıyrılarak film tabakası oluşturulur. Bıçak ile kağıt arasındaki uzaklık değiştirilerek desenli kağıt üzerine sıyrılacak miktar ayarlanır. Bıçak konumu hassas hareket edebilen mekanizma

ile yukarı-aşağı her yönde değiştirilebilir. Böylece metrekareye verilecek hamur miktarı ayarlanır.



**Şekil 3.2.** Hamurun Transfer Kağıdı Üzerine Sıyırılması

Desen verme kısmında, makine içerisinde sürekli olarak ilerletilen, genişliği genellikle 140 cm olan deri desenli yüzeye sahip kağıt üzerine ince bir film oluşturacak şekilde kaplanır. Fırınların içerisinden ilerletilerek kağıt üstündeki hamurun uçucu malzemeleri buharlaştırılır. Nihai ürün suni derinin kalitesi açısından bu işlem tekrarlanır. Bu da fırın ile kurutma hattının uzaması sonucunu doğurur. Kumaşa aktarma kısmında ise istenilen kalınlık, desene sahip tabakanın üst tarafına kumaş kuvvet uygulanarak yapıştırılır, alt tarafta kalan desen kağıdı ise sıyırılarak giriş kısmına geri döndürülür.

Bu yöntemde fırınların ısıtılması için kızgın yağ kazanı kullanılmaktadır. Kazan içerisindeki borulardan geçirilen yağ 280°C'ye ısıtılır. Kızgın yağ fırınların içerisine konumlandırılmış kanatlı peteklerden geçirilerek fanlar ile çevrimi yapılan havayı ısıtır. Isınan hava transfer kağıdı üstündeki film tabakası halindeki hamura aktarılır. Fırın içerisindeki ısıtma bölgeleri ısı çift (thermo couple) aracılığıyla sıcaklık denetimine sahiptir. İstenen sıcaklığa ulaşıldığında yağ çevrimi otomatik olarak kapanır.

Transfer kağıdı, aküden (çoklu dikey sistem) geçirilerek toplanır. Akü nedeniyle üretim durmadan farklı desen kağıtlarının eklentisi yapılabilir. Ekleme işlemi sürecinde üretim, akü içerisindeki kağıttan beslenir. Kağıt, makine içerisinde yukarı aşağı hareket ederek toplamda 162m mesafe alır. (Önalın 2003)

Açıklanan transfer kaplama metodu ile suni deri imalatı yapan makinelerin toplam uzunluğu 120 metreye kadar ulaşabilmektedir (Şekil 3.3). Fırınlardan toplamı 55 m olmakla birlikte makinenin yaklaşık %50'si fırınlardan meydana gelmektedir. Bu uzunlukta bir makinede ısıtmanın homojen olması için en verimli yöntem makinenin hiç kapatılmadan ayarlanan üretim parametrelerinde 7/24 çalıştırılmasıdır. 300 kWh elektrik tüketimi,  $2,5 \times 10^6$  kcal kızgın yağ kazanımı gereksinimi, doğalgaz tüketimi ve her bıçakla sıyırma istasyonunda önce soğutma gereksinimi nedeniyle kullanılan su tüketimi yüksek işletme ve yatırım maliyetine sebep olmaktadır.



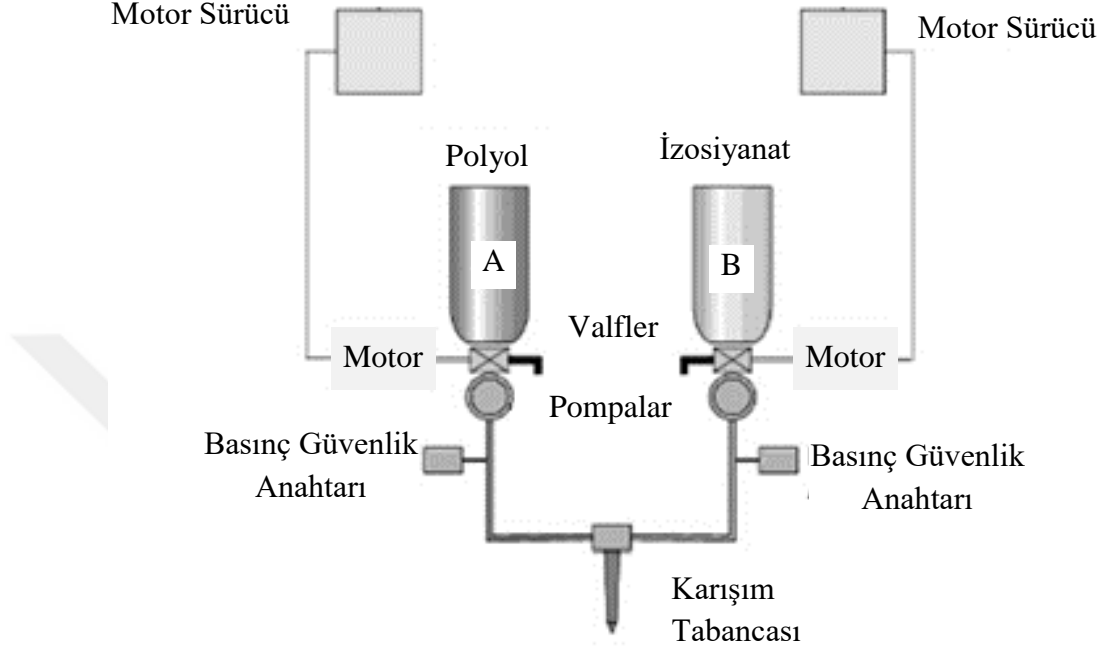
**Şekil 3.3.** Mevcut Durumdaki Suni Deri İmalat Makinesi Örneği

Fırın kullanımı makineyi uzatan ve yüksek yatırım-işletme maliyetine neden olan bir gereksinimdir. Bu amaçla yeni makine; hammadde besleme ünitesi, desen ünitesi ve transfer ünitesi olmak üzere üç kısma ayrılarak ele alınmıştır.

### **3.1.1. Hammadde Besleme Ünitesi**

Hammadde besleme ünitesinde PU suni deri imalatının iki alt kimyasalı olan polyol ve izosiyanat kimyasal proses gerekliliklerine göre sıcaklık, debi ve karışım oranları

kontrol edilerek karışım tabancası vasıtasıyla astar üzerine pulverize edilir. Şekil 3.4’de gösterildiği gibi bu ünite de iki adet tank bulunmaktadır. Tankların içerisindeki sıvı malzemeyi karışım tabancasına besleyen iki adet değişken debili pompa bulunmaktadır.



Şekil 3.4. Hammade Ünitesi

Bu çalışmada ele alınan suni deri imalat makinesinde süreç, ilgili kimyasalların Şekil 3.5’de gösterilen IBC tank olarak adlandırılan 1m<sup>3</sup>’lük kapasiteye sahip tanklar ile tedarik edilmesiyle başlamaktadır. IBC tank 1x1x1m ölçülerinde isteğe göre karıştırma ve ısıtma opsiyonu ile kullanılabilen tel kafes içerisinde plastik bir tanktır. Endüstriyel uygulamada aylık 1 500 000 metre üretim yapıldığı dikkate alındığında şartlandırma ekipmanlarının her bir IBC tank üzerinde bulunması yüksek maliyete sebep olacaktır. Bu nedenle IBC tank ile tedarik edilen polyol ve izosiyanatlar hammade ünitesi içerisinde sabit olarak konumlandırılmış 70 litrelik günlük tanklara aktarılarak şartlandırılmaktadır.



**Şekil 3.5. IBC Tank**

Tez çalışmasında kullanılan tanklar Şekil 3.6’da gösterilmiş olup çift sıra çelik gövdeye sahip sıcaklığı kontrol edilebilen, karıştırıcılı ve çıkış ucunda debi kontrolü yapılabilen motorlara sahiptirler. Uygulama alanına göre hacimleri farklılık gösteren tanklar ortalama 70 litre civarında olup seri üretimde hızla tükenerek tekrar doldurulması gerekmektedir. Polyol, izosiyanat karışım oranı birbirlerine göre eşit olmayıp biri diğerinden daha hızlı tükenebilmektedir. Bu durumda reaksiyona girecek kimyasal kalmadığı için üretimin direkt durmasına sebep olabilir.

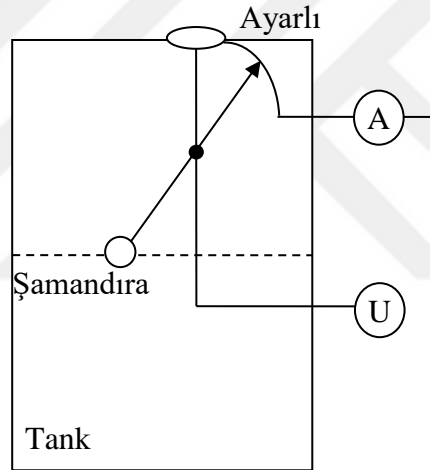


**Şekil 3.6. Polyol ve İzosiyanat Günlük Tankı**

Bu nedenle iki tank içerisine sıvı çözelti halinde doldurulan kimyasalların seviyesinin ölçümünün yapılmasından sonra sıvı seviye bilgisinin mikro denetleyici tarafından karışım oranı karşılaştırması yapması, gerekli en az gramajın altında kalması

durumunda uyarı vermesi için bilginin LCD ekrana aktarılması sağlanır. Basit yapısı gereği şamandıra metoduyla seviye ölçme yöntemi tercih edilir.

Şamandıralı seviye ölçme sistemleri, sıvıların kaldırma kuvveti prensibi ile çalışırlar. Bu sistemde, yüzen cisme iki kuvvet uygulanmaktadır. Yerçekimi sebepli aşağı yönde çekme kuvveti ve cismin yüzdüğü sıvının oluşturduğu yer çekim kuvvetine ters yönde kaldırma kuvveti. Şekil 3.7’de gösterilen sistemde tank dolu iken şamandıra sistemi yukarı yönde hareket ederek pot direncini düşürür. Düşen direnç nedeniyle daha fazla akım geçerek kontrol panelindeki ampermetrede değer okunur. Tank içerisinde sıvı azaldıkça şamandıra aşağı yönde inerek pot direncini büyütür. Büyüyen direnç değeri nedeniyle de az akım geçer (Katıcioğlu 2005).



**Şekil 3.7.** Şamandıra Metoduyla Seviye Ölçümü

Tank içerisinde şartlandırılan hammadde, pompa aracılığıyla tank içerisinden çekilmektedir. Pompanın minimum debisini belirlemek için suni deri üretim makinesi için aylık 1 500 000 mtül üretim kapasitesi olarak kabul edilmiştir. Makinenin en düşük üretim hızını belirlemek için en fazla 30 gün çalışılması ön görülerek günlük üretim miktarı;

$$1\ 500\ 000 / 30 = 50\ 000\ \text{mtül} \quad (3.1)$$

olarak hesaplanır. Günlük olarak da 24 saat üzerinden makine hiç kapatılmasa dahi 86 400 saniye üretim yapılacak olup üretim hızı;

$$50\ 000 / 86\ 400 = 0,578 \text{ mtül/s} \quad (3.2)$$

olarak hesaplanır. Üretimi yapılacak en ince suni derinin astar ağırlığı  $130 \text{ g/m}^2$ , toplam ağırlığı  $500 \text{ g/m}^2$  ve genişliği  $1,45 \text{ m}$  olarak kabul edilmiştir. Bu durumda  $1 \text{ mtül}$  üretim esnasında gerekli olacak poliüretan miktarı;

$$(500-130) \cdot 1,45 = 536,5 \text{ g/mtül} \quad (3.3)$$

olarak hesaplanır. Eşitlik 3.2 ile 3.3 çarpılarak  $1$  saniyede ihtiyaç duyulacak poliüretan miktarı yani debi hesaplanır.

$$0,578 \cdot 536,5 = 310,1 \text{ g/s} \quad (3.4)$$

Poliüretanı oluşturan polyol / izosiyanat oranında en fazla  $70 / 30$  oranında karışım yapılacağı kabul edilirse bir tankta kullanılacak pompanın debisi:

$$310,1 \cdot 0,7 = 217 \text{ g/s} \quad (3.5)$$

Bu değere göre standart pompa katalogları incelendiğinde Şekil 3.8'de gösterilen ABB marka dişli pompa tez çalışmasında üretim parametrelerinin incelendiği suni deri imalat makinesinde kullanılmıştır.



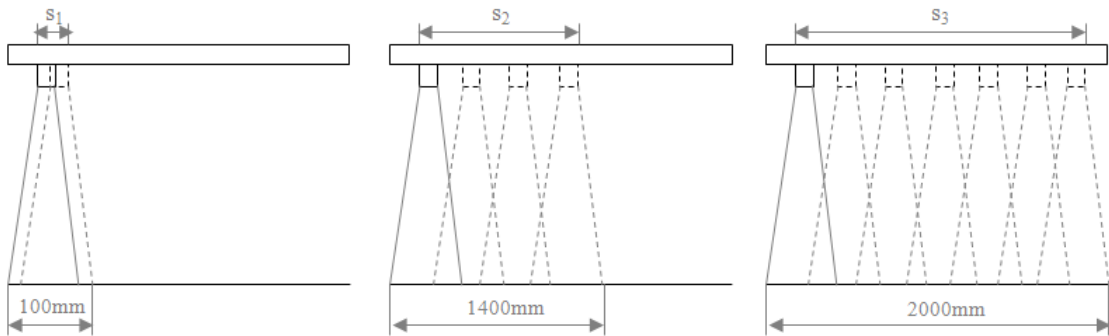
**Şekil 3.8.** Tez Materyalinde Tercih Edilen Dişli Pompa

Tanklarda şartlandırılan polyol ve izosiyanat pompalar ile karışım tabancasına gönderilir. Şekil 3.9’da gösterilen karışım tabancası polyol ve izosiyanatın ayrı hortumlardan gelerek birbiriyle karıştığı bir odadır. Poliüretanın ilk oluşmaya başladığı bu oda içerisinde basıncın artmasıyla birlikte nozuldan astar üzerine pulverizasyon başlar.



**Şekil 3.9.** Karışım Tabancası

Tabancanın konumu sabit olmayıp en dar 100mm ve en geniş 2000mm ölçülerinde suni deri üretimi yapılması hedeflendiği için yatayda hareket etmektedir. Üretilmek istenen genişliğe göre tabancanın kurs miktarı Şekil 3.10’da gösterildiği gibi  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$  gibi ayarlanmaktadır.



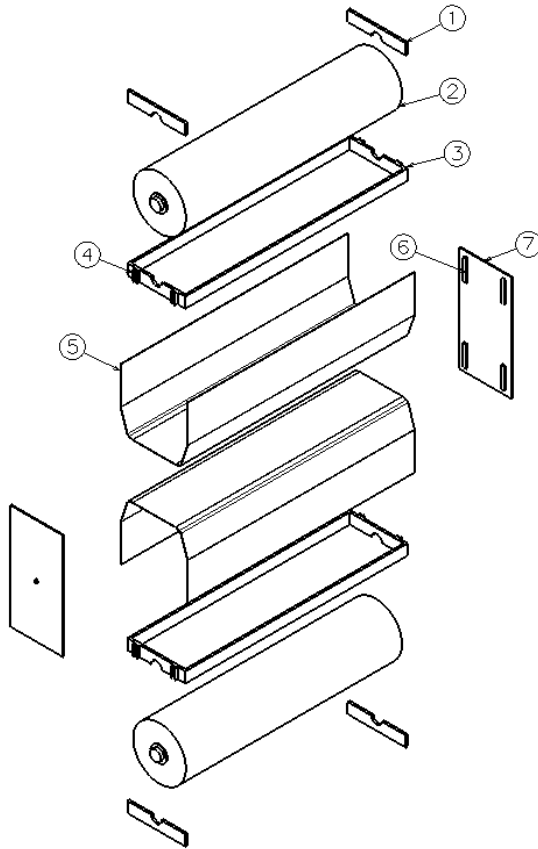
**Şekil 3.10.** Genişlik Ayarı



Tabancanın hareket edeceği mesafe değişmesine karşılık transfer mekanizması ile ilerletilen astarın hızı aynı kalmaktadır. Bu nedenle tabanca, daha geniş mesafede ayar yapıldığında yatayda daha hızlı hareket etmelidir. Örneğin; 1400mm genişliğinde suni deri üretmek için ayarlanan tabanca hızı değiştirilmeden 2000mm genişliğinde suni deri üretmek istendiğinde tabanca yavaş kalarak istenilen kalınlıkta üretim yapılamayacaktır.

### 3.1.2.Desen Ünitesi

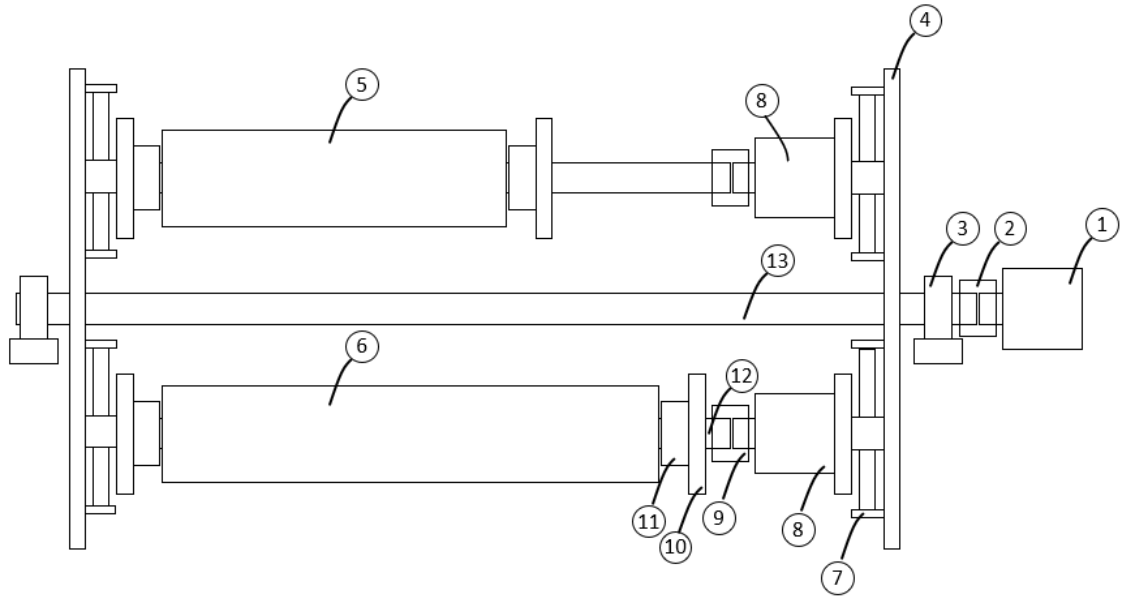
Hammadde besleme ünitesinde hazırlanan PU'ya deri görünümü kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. En basit tanımı ile Şekil 3.11'de gösterildiği gibi üst üste konumlandırılmış iki adet silindirden oluşmaktadır. İkili silindir sistemi, alt silindir çalışırken üst silindir değişimi yapılmasına imkan tanımaktadır. Böylece üretim duruşlarına sebep olan kalıp değiştirme problemi yaşanmamaktadır. Silindir çapları ve uzunlukları üretimi yapılmak istenen ürüne göre değişmektedir. Bu nedenle yükseklik ayarı için konum denetimi bulunmalıdır.



Sıra No	Tanım
1	Kilit
2	Desen silindiri
3	Silindir taşıyıcı
4	Kızak
5	Toz koruyucu
6	Ray
7	Dönebilen gövde sacı

### Şekil 3.11. Desen Ünitesi Mekanik Parçaların Patlatılmış Görüntüsü

Desen ünitesinde bulunan silindirleri, kimyasal aşındırma yöntemi ile deri görseli kazınmıştır. Her iki silindir de hız kontrollü elektrik motoru ile tahrik edilmektedir. Farklı desen gerektiğinde değişen desen silindirinin çapı da farklı olabilmektedir. Dolayısıyla çapa bağlı olarak değişen çizgisel hız, elektrik motor hızı artırılıp-azaltılarak astar hızına uygun hale getirilmelidir. Aksi durumda desenlerde kaymalar meydana gelir. Şekil 3.12’de gösterilen 8 numaralı elektrik motoru, silindiri tahrik ederek astar hızı ile aynı hızda dönmesi için sürekli denetimi yapılmaktadır.

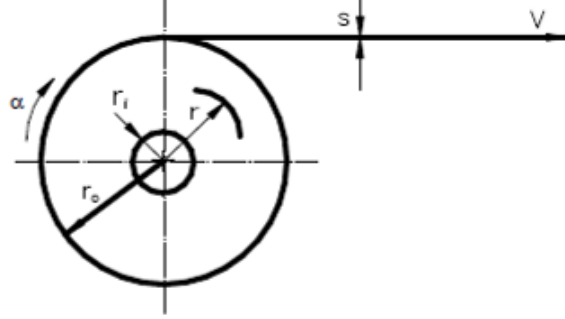


Sıra No	Tanım
1, 8	Elektrik Motoru
2, 9	Kaplin
3, 11	Rulman
4, 10	Sac
5	1400mm genişliğinde desen silindiri
6	2000mm genişliğinde desen silindiri
7	Motorlu lineer kızak
12, 13	Mil

### Şekil 3.12. Desen Ünitesi

Desen silindiri yüzeyi üzerinde seçilecek bir nokta ile sürekli ilerleyen astar üzerinde seçilecek bir noktanın çizgisel hızları, kayma oluşmaması için aynı olmalıdır. Sürekli

ilerleyen astar Şekil 3.13’de gösterildiği gibi çözücüdeki astar çapının zamanla küçülmesine karşılık sarıcının çapının büyümesi nedeniyle değişmektedir.

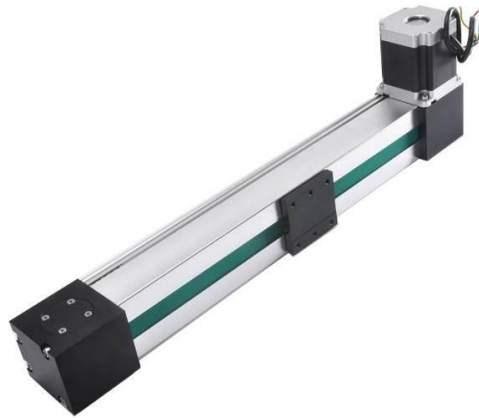


**Şekil 3.13.** Rulodan Ruloya Sarma Metodunda Hız Değişimi

Bobin, şeridin gergi kuvveti altında sabit  $V$  hızı ile çekilmesiyle çözülmektedir. Rulo yarıçapının ( $r$ ) zamana ( $t$ ) göre değişimi aşağıda gösterilmiştir.

$$r = \sqrt{r_0^2 - \frac{s}{\pi} \cdot V \cdot t} \quad (3.6)$$

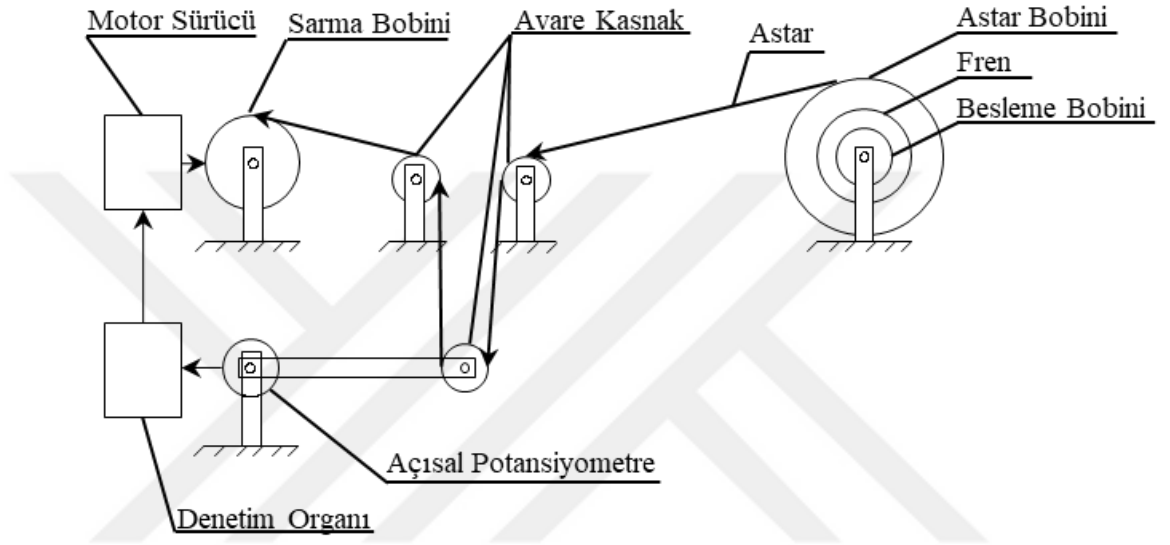
Desen silindiri çapı değişmesinin bir diğer etkisi de astar yüzeyine olan mesafe değişiminin baskı kuvvetini değiştirmesidir. Baskı kuvvetini aynı tutmak için desen ünitesinin yukarı veya aşağı yönde ayarlanabilmesi gerekir. Desen silindir yüzeyi ile astar yüzeyi arasındaki mesafe Şekil 3.15’de gösterilen elektrik tahrikli lineer kızak ile sağlanmaktadır.



**Şekil 3.14.** Elektrik Motorlu Lineer Kızak

### 3.1.3. Transfer Ünitesi

Transfer mekanizması; çözücü (besleme bobini), sarıcı (sarma bobini), kenar kontrol ünitesi ve gerginlik kontrol ünitesinden meydana gelmektedir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Transfer Mekanizması

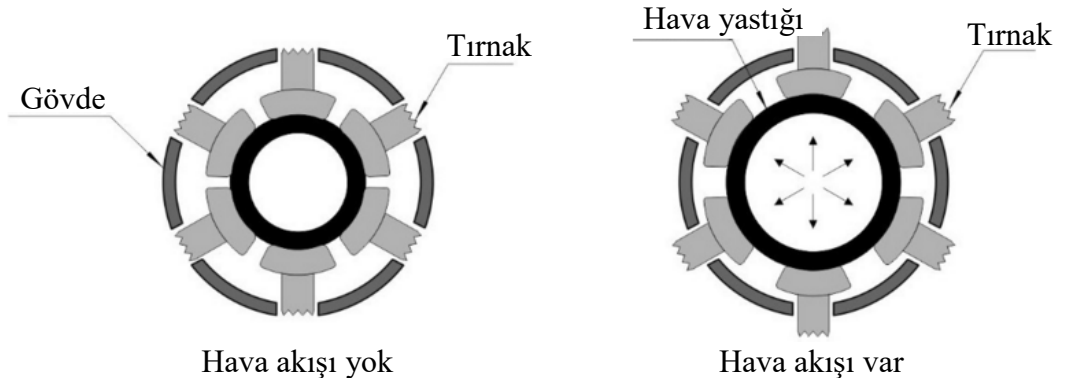
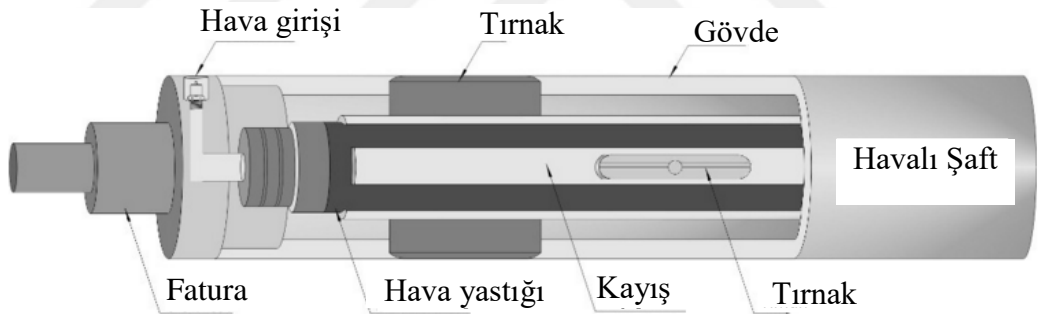
Besleme bobinine takılan astarın ilk çapı zaman ilerledikçe azalmasına karşılık çekme bobininde karton rulo üzerine astarın sarılmasıyla birlikte çap zamana bağlı olarak büyümektedir. Çap değişimleri nedeniyle çözücü ve sarıcı bobinleri arasında astarın hızında değişiklik meydana gelmektedir. Bu durumda kalınlık değişimi, desen kaymaları gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Besleme bobini; kilitleme çarkı, havalı şaft ve frenlerden oluşmaktadır. Şekil 3.16'da gösterilen kilitleme çarkları pnömatik bağlantı ile çalışmaktadır. Kilitler hızlı bir şekilde havalı şaftın takılmasına ya da sökülmesine imkan tanımaktadır. Besleme bobinine astar bağlanmak istendiğinde ya da istenilen metrajda üretim yapıldıktan sonra sarıcıdan suni deri rulosu sökülme istendiğinde kilitlene çarkı açılarak havalı şaft alınmaktadır.



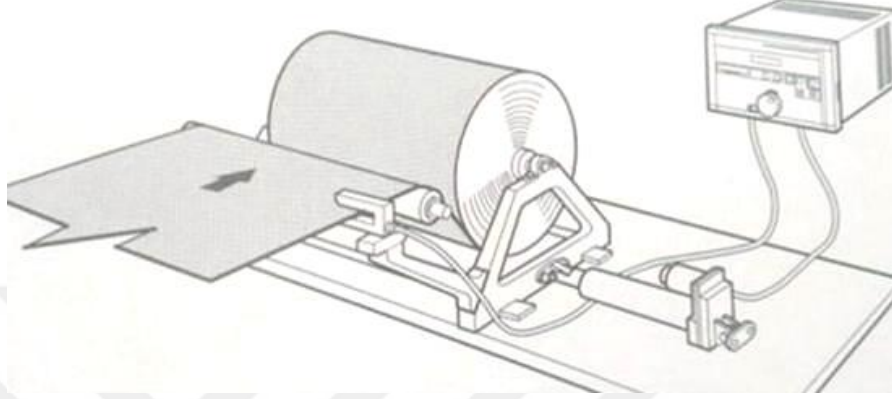
Şekil 3.16. Kilitleme Çarkı

Havalı şaftlar; karbon fiber, alüminyum ya da çelik gövdeden imal edilmektedir. Şekil 3.17’de gösterildiği gibi kanallı yapısı ile kompresörden alınan hava, şaft içerisinde tırnakları genişleterek üzerine takılacak karton masurayı sıkıca tutmaktadır. Tırnaklı yapı, üreticiden üreticiye değişen karton masura çapı için modüler bir çözüm oluşturmaktadır. Aksi durumda makineye astar bağlanmak istendiğinde öncelikle standart çaptaki karton masuraya astarın sarılması gerekir.



Şekil 3.17. Havalı Şaft

Sarma bobini, yatay kızaklar üzerine konumlandırılarak bobin rehber sistemi aracılığıyla sarma esnasında oluşabilecek kaçıklıkları önlemekte dolayısıyla kenar kontrolü yapılmasına olanak sağlamaktadır. Rehber sistem Şekil 3.18’de görüldüğü gibi servo motor ile tahrik edilen elektrikli silindir, kontrolör ve sensörden oluşmaktadır.

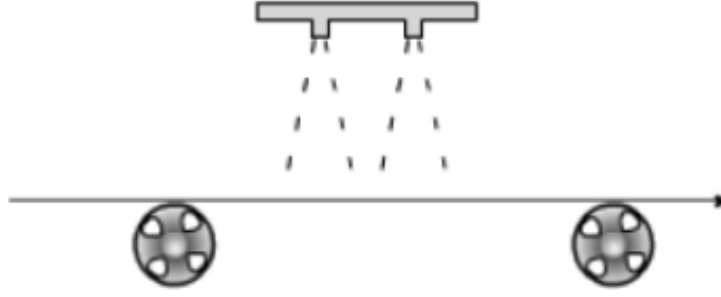


**Şekil 3.18.** Sarma Bobini Rehber Sistemi

### **3.2. Yöntem**

Yeni suni deri imalat makinesinin tasarım yönteminde model tabanlı tasarım süreci izlenmiştir. Model tabanlı tasarım sürecini klasik tasarım sürecinden ayıran fark, yüksek maliyete sebep olabilecek prototip ile deneme-yanılma yöntemi yerine simülasyon ile performansın optimize edilebilmesidir.

Model tabanlı tasarım sürecinin ilk adımı isterlerin tanımlanmasıdır. Tasarıma girdi oluşturacak isterler, yeni suni deri imalat makinesindeki üretim parametreleridir. Bu parametreler, Şekil 3.19’da gösterilen püskürtme yöntemi ile çalışan suni deri imalat makinesi üzerinde incelenmiştir. Suni deri imalat makinesinin üretimi için bilgisayar destekli tasarım yazılımı CATIA kullanılarak katı modeller ve imalat resimleri çizilmiştir. Buna göre makine imalatı yapılmıştır.



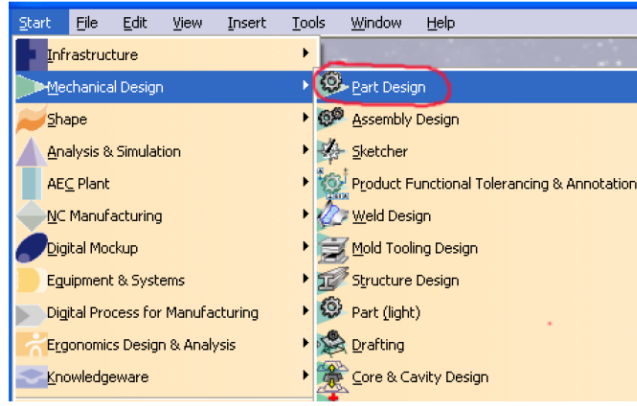
**Şekil 3.19.** Püskürtme ile Kaplama

İsterlere karşılık denetleyici tasarımı endüstriyel denetim organlarından PID ve aç-kapa yöntemi kullanılmıştır. Transfer fonksiyonları oluşturan makinenin istasyonları SIMULINK kullanılarak incelenmiştir.

### **3.2.1. Bilgisayar Destekli Tasarım**

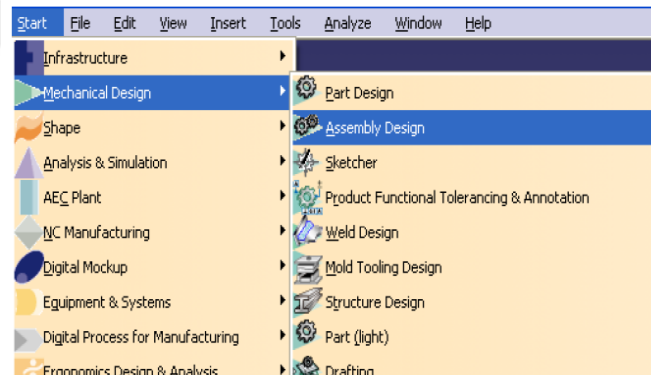
Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen tasarımlarda CATIA V5 R16 yazılımı kullanılmıştır. Tasarım programı birçok modülden oluşmasına karşılık kontrol edilecek makine elemanlarının tasarımı için Part Design, Assembly Design ve Drafting olmak üzere üç modül kullanımı yeterli olmuştur.

Part Design, katı olarak parça tasarımı ve çizimlerin oluşturulması için kullanılır (Şekil 3.20). Programın ilk adımı olup bu modülde yapılan çalışmalar diğer modüllerde teknik resimlerinin çıkarılmasına, montaj parçalarının birleştirmesine, talaşlı imalatı yapılacak parçaların NC kodlarının çıkarılmasına imkan tanımaktadır. Genellikle köşeli geometrilerin çizimi bu modülde gerçekleştirilir. Sünger formu gibi kavisli yüzeyleri bulunan geometrileri farklı modüllerin yardımıyla çizilmektedir. Çalışma adımları ürün ağacında listelenerek istenildiğinde değiştirilmesine imkan tanımaktadır. Çizim yapmaya başlamak için ekrandaki düzlemlerden biri seçilerek sketch komutu kullanılması gerekir. Düzlem seçilip sketch komutu tıklanınca yeni ara yüze geçilerek çizim yapmayı sağlayan komutların bulunduğu bir ara yüze ulaşılır.



**Şekil 3.20.** Part Design Açılışı

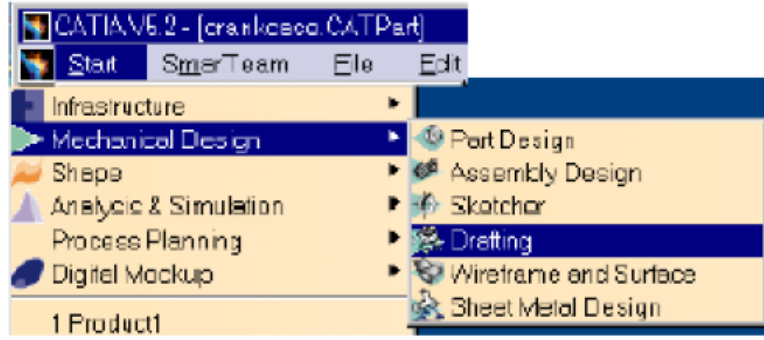
Assembly modülü ile katı modellerin montajlanması yapılır (Şekil 3.21). İstenilen sayıda parça kullanılarak kapsamlı montaj grupları oluşturulabilir. Montajlanarak oluşturulan parçaların üzerinde de değişiklikler yapılarak geliştirme yapılması mümkündür. Bunun için değiştirilmek istenen parça ürün ağacından bulunarak çift tıklanır. Part ara yüzüne tekrar dönen ekranda gerekli değişiklikler yapıp Product kısmına çift tıklanması ile Assembly modülüne dönülebilir (Yalçın, 2005).



**Şekil 3.21.** Assembly Modülünün Açılışı

Drafting modülünde (Şekil 3.22) tekil parça ya montajlı parçanın teknik resmi çizilir. Bilinen teknik resim çizim kurallarından öte istenilen parça seçilerek direkt resmin otomatik olarak çizdirilmesi bakımından kolaylık sunulmaktadır. Bir görünüş parçadan seçildikten sonra yan görünüş, üst görünüş gibi diğer görünüşler modül tarafından yine otomatik olarak oluşturulur. Ölçülendirme de eğer part modül kısmında çizim esnasında gösterildiyse otomatik olarak bu gösterilen ölçü değerlerinden alınabilir. DWG formatında kaydedilen çizimler lazer sac kesim makinelerine direkt yüklenebilmektedir.

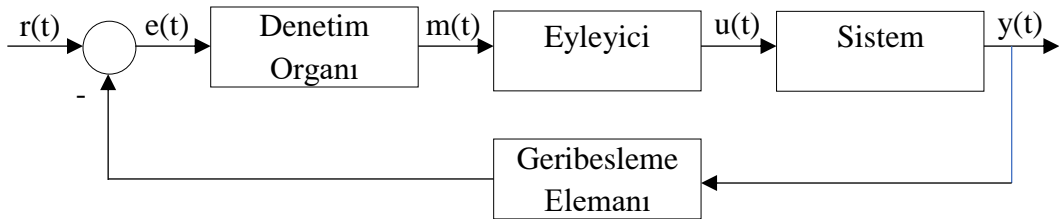




Şekil 3.22. Drafting Modülünün Açılışı

### 3.2.2. PID Denetimi

PID denetimi; orantı, integral ve türev (P, I ve D) temel denetim etkilerini birleştiren sürekli denetim yöntemidir. PID denetimde yer alan P, I ve D harfleri İngilizce Proportional (orantı), Integral (integral) ve Derivative (türev) kelimelerinin baş harflerinden meydana gelir. PID denetim genelde en basit yapıda denetleyici olarak bilinir ve pek çok endüstriyel uygulama alanında yeterli bir denetim sağlar. Bu üç öngörünün ağırlıklı toplamı eyleyiciyi harekete geçirecek düzeltme sinyalini oluşturur. Şekil 3.23’de gösterildiği gibi ölçme elemanı ile geri beslenen mevcut çıkış büyüklüğü ( $y(t)$ ) istenen giriş büyüklüğü ( $r(t)$ ) ile karşılaştırarak aradaki farkı ( $e(t)$ ) yani hatayı giderecek düzeltme sinyali ( $m(t)$ ) üretilerek eyleyici harekete geçirilir. Eyleyici tarafından oluşturulan ( $u(t)$ ) sinyali ile sisteme müdahale gerçekleştirilir.



Şekil 3.23. Geri Beslemeli Bir Denetim Sistemi

Orantı denetim (P-Denetim) yönteminde, kontrolör çıkışında hata sinyali ile orantılı bir değişim söz konusudur ve çalışma süreklidir.

$$u_p = K_p e(t) \quad (3.7)$$

Orantı etkide, sabit bir  $K_p$  orantı kazancında  $m(t)$  denetim etkisinin şiddeti hatanın şiddetine bağlıdır ve herhangi bir anda hatanın şiddeti ne kadar büyük olursa orantı etkinin hatayı düzeltme etkisi o kadar büyük olur. Buna karşılık hata küçüldükçe denetim etkisinin şiddeti küçülür ve hatanın belli bir en küçük değerinden sonra denetim etkisinin şiddeti hatayı tamamen düzeltmeye yetmez. Bu durumda geri beslemeli sistemde belli bir kalıcı durum hatası oluşabilir. Orantı kazancının büyük tutulması ile meydana gelen kalıcı durum hatası küçültülebilir. Bu durumda da sistem aşırı salınımlı ve hatta kararsız hale gelebilir.

Orantı-İntegral denetim (PI-Denetim) yönteminde, orantı etkiye integral etki ilavesi ile elde edilen PI denetleyicinin yapısı nispeten basit olup, özellikle basınç, seviye ve akış kontrol sistemlerinde kullanılır. İntegral etki, denetlenen çıkış büyüklüğünde meydana gelebilecek kalıcı durum hatalarını ortadan kaldırır. İntegral, geometrik anlamda alan bulmak anlamına gelmektedir. Her bir  $dt$  çevriminde hata  $K_i$  katsayısıyla çarpılarak toplanır.

$$K_{PI} = K_p e(t) + K_i \int e(t)dt \quad (3.8)$$

İntegral etki, biriktirilmiş hataya orantılı bir denetim çıkışı oluşturarak hatanın zaman içerisinde sıfırlanmasını sağlar. Bu integral etkinin olumlu tarafı olmasına karşılık diğer taraftan integral etki, hatayı biriktirerek düzelttiği için denetim etkisi ve hatayı düzeltmesi zaman alır. Bu da integral etkiyi yavaş tepkili denetim biçimi yapar ve integral etkinin olumsuz yönüdür.

İntegral etkinin kullanım amacı sistemin değişen talepleri üzerinde yeterli bir denetim etkisi sağlamaktır. Eğer sistemden gelen talep yalnız başına P-etkisi ile karşılanabiliyorsa I-etkinin kullanılması gereksizdir. Sistemde oldukça sık aralıklarda yüksek miktarda talepler ortaya çıkıyorsa P-etkisi yalnız başına bu talepleri karşılayamaz. Böyle bir durumda talebin (bozucu giriş) büyüklüğüne bağlı olarak sistemde kalıcı durum hatası ortaya çıkacaktır. Eğer P-etkisine I-etkisi ilave edilecek olursa denetleyici çıkışından sürekli artan (integre olan) denetim etkisi elde

edileceğinden motor elemanın, hatanın ortadan kalkmasını sağlayacak kadar hareket etmesi temin edilmiş olur. Bu işlem sonucu denetlenen çıkış büyüklüğünde ortaya çıkan sapma sıfırlanmış olur.

Orantı-Türev denetim (PD-Denetleyici), türev etki hatanın kendisi yerine hatanın değişimi üzerinde etkili olduğundan hatanın değişimini önceden kestirerek hatanın büyümesine meydan vermeden hatayı çok hızlı bir şekilde düzeltme özelliğine sahiptir. Türev etki daha hata değişmeye başlar başlamaz harekete geçmesi “önceden sezmiş veya öngörü” etkisi olarak da bilinir. Türev etki aynı zamanda geri beslemeli sisteme sönüm katar. Bu da sistemin cevap hızı değişmeksizin kararlılığını artırır. Bir sabitin türevi sıfır olduğundan türev etkinin zamanla değişmeyen, sabit kalan hata üzerinde etkisi yoktur.

$$u_{PD} = K_p e(t) + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (3.9)$$

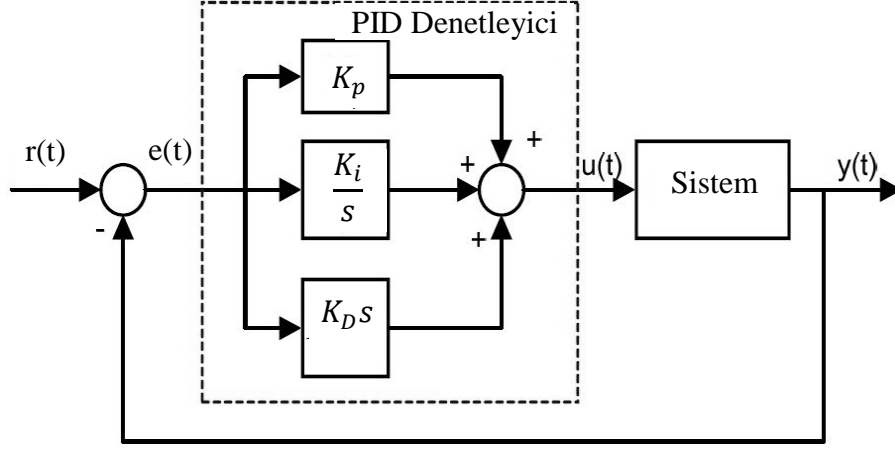
Orantı-Integral-Türev denetim (PID Denetleyici); orantı, integral ve türev yöntemlerin birleşmesiyle oluşur. İntegral bileşeni büyük yük değişimleri nedeniyle oluşan orantı ofseti azaltmak ve yok etmek için kullanılır. Türev yöntemi de osilasyon eğilimini azaltır ve hata sinyalini önceden sezen bir etki sağlar. Türev yöntemi özellikle ani yük değişimlerinin olduğu süreçlerde çok kullanılışlıdır. Diğer bir ifadeyle PID yöntemi bir veya iki denetim yönteminin hatayı kabul edilebilir limitler içerisinde tutamadığı hızlı ve büyük yük değişimleri olan süreçlerde kullanılır. PID denetimde set değeri ile ölçülen değer arasındaki fark sinyalinin türevi ve integrali alınır. Hata sinyali orantı denetleyiciden geçer ve toplayıcı devresinde türev sinyali, integral sinyali, orantı sinyal toplanır. (Yüksel 2011)

$$u_{PID} = K_p e(t) + K_i \int e(t)dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (3.10)$$

Fonksiyonun Laplace dönüşümü alınarak PID denetleyicinin transfer fonksiyonu elde edilir:

$$U_s = \left( K_p + \frac{K_i}{s} + K_D s \right) E(s) \quad (3.11)$$

$$C(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \left( K_p + \frac{K_i}{s} + K_D s \right) \quad (3.12)$$



**Şekil 3.24.** PID Denetleyicinin Orantı, İntegral ve Türev Yapısı

Çıkışta geri besleme ile karşılaştırıcıya gönderilen sinyal, referans sinyaliyle karşılaştırılarak hata oluşturulur. Hata, PID denetleyicisine iletilir ve denetleyici tarafından algoritmasına uygun bir denetim sinyali oluşturulur. Bu şekilde bir döngü içerisindeki hata en aza inene kadar tekrarlanır. Optimum sonuç için en az ya da sıfır hata, sistemde en az aşım, kısa sürede hatanın giderilmesi ve sistemde kararlılığı sağlama kriterlerini sağlayacak  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_D$  kazançları seçilmelidir. Sistemin çıkışında minimum hata, hızlı cevap ve kararlı çalışma bu sayede karşılanmış olacaktır. Burada  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_D$  kazançlarının belirlenmesi en önemli işlemdir. Katsayıların belirlenmesi zor olsa da farklı yöntemler ile yapılabilmektedir.  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_D$  kazançlarının belirlenmesi için analitik ve deneysel yöntemler kullanılır (Özçivit 2014). En çok kullanılan yöntem Ziegler ve Nichols yöntemidir. John Ziegler ve Nathaniel Nichols isimli mühendisler 1942’de PID denetleyicinin katsayılarını belirlemek için halen yaygın olarak kullanılan iki klasik yöntem oluşturmuştur.

Salınım yada titreşim yöntemi, geri beslemeli kapalı döngü bir sistemin basamak giriş ile sürekli salınımda test edilmesine dayanır. Başlangıç olarak PID denetiminde integral ve türev etkiler devre dışı bırakılıp denetleyici sadece orantı etki ile çalıştırılır. Deney

başlangıcında zaman sabiti ( $T_i$ ) sonsuza, türev zaman sabiti de ( $T_d$ ) sifira ayarlanır ya da fiziksel olarak denetleyici üzerindeki ayar düğmeleri yardımıyla devre dışı bırakılır. Bu sayede PID denetleyicisi sadece P-etki ile çalışır. Bu durumda kapalı döngü sisteminin başvuru girişinden bir basamak giriş uygulanır.  $K_p$  oranı etki kazancı artırılarak sistem cevabı sürekli salınım durumuna ulaşana kadar deneylere devam edilir. Sürekli salınımlı hale karşılık gelen maksimum oranı kazancı  $K_{pmax}$  ve sürekli titreşim periyodu saniye cinsinden  $P_u$  olarak kaydedilir. Daha sonra 3.12 numaralı denklemde yer alan PID denetiminin parametre değerlerinin ( $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ) ayar değerleri Çizelge 3.1’de verilen ampirik formüller yardımıyla hesaplanır. Bulunan bu ayar değerleri PID denetleyicisi üzerinde uygulanarak ayar işlemi tamamlanır. Bunun için önce PID denetleyici üzerinde devre dışı bırakılmış olan D ve I- etkileri devreye alınır ve ayar değerleri ayarlandıktan sonra kapalı döngü sistem son bir kez basamak testine tabi tutulur.

**Çizelge 3.1.** Ziegler-Nichols Ayar Parametreleri

Etki Türü	$K_p$	$T_i$	$T_d$
<b>P</b>	0,5 $K_{pmax}$	-	-
<b>PI</b>	0,45 $K_{pmax}$	0,825 $P_u$	-
<b>PID</b>	0,6 $K_{pmax}$	0,5 $P_u$	0,125 $P_u$

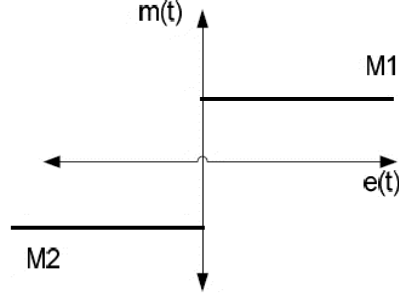
### 3.2.3. Aç-Kapa Denetim

Aç-kapa denetim veya ikili denetim organı sadece iki belirli konumda çalışır. Hata değerine bağlı olarak denetim organı ve buna bağlı olarak eyleyici ya devrede veya devrede değildir. Aç-Kapa denetimde hata sinyalinin pozitif veya negatif olmasına bağlı olarak ya  $M_1$  maksimum değerde ya da  $M_2$  minimum değerde kalır. Buna göre iki konumlu kontrol elemanında  $e(t)$  hata sinyali ve  $m(t)$  kumanda sinyali olarak gösterilirse;

$$e(t) > 0 \text{ için } m(t) = M_1 \quad (3.13)$$

$$e(t) < 0 \text{ için } m(t) = M_2 \quad (3.14)$$

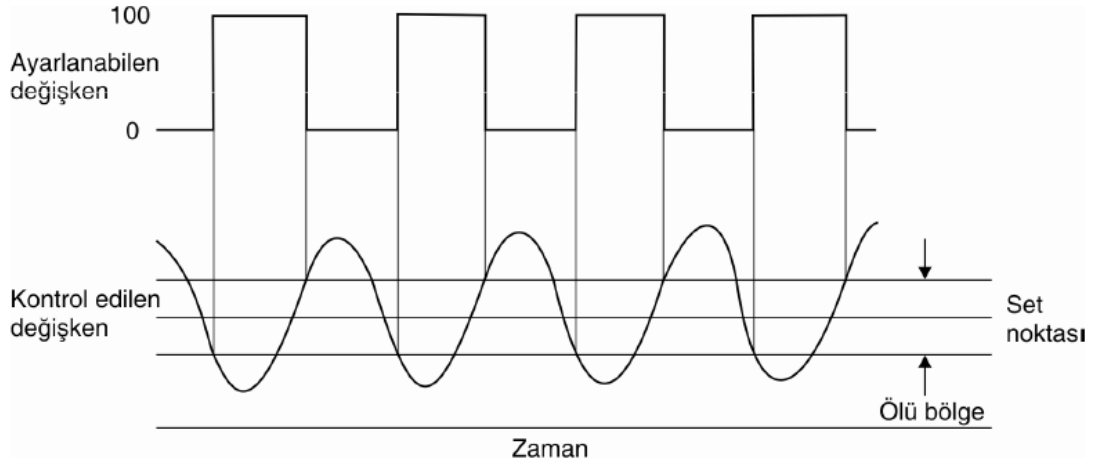
$M_1$  açık veya maksimum durumu ve  $M_2$  kapalı veya minimum durumu temsil eden birer sabittir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. İki konumlu denetim sistemi

Düzenleyici denetim biçiminde çalışan süreç denetim sistemlerinde iki konumlu denetim organı ya maksimum kumanda (açma) ya da sıfır kumanda (kapama) verir. Denetlenen çıkış büyüklüğü değeri ayar değerini (başvuru girişi) aştığında denetim organı sıfır kumanda (kapama), buna karşılık çıkış değeri ayar değerinin altına düştüğünde ise denetim organı maksimum kumanda (açma) verir (Yüksel 2011).

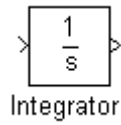
Genellikle büyük kapasiteli, proses parametrelerinin yavaş değiştiği sistemlerde tercih edilir. Örneğin büyük soğuk hava deposu soğutma sisteminde ısıtıcı veya soğutucunun açılıp kapanma sayıları düşüktür. Bu tarz bir sistemde aniden değişiklik olası değildir. Yapısı gereği aç-kapa denetim, Şekil 3.26'da gösterildiği gibi sürekli salınım içerir. Fakat yukarıda örnek verilen büyük çaplı kontrol sistemlerinde salınım zamanı oldukça büyüktür (Asiltürk 2007).



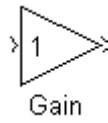
**Şekil 3.26.** Aç-Kapa Kontrolün Salınım Oluşturması

### 3.2.4. SIMULINK

Fiziksel sistemi oluşturmadan önce simülasyonunu yaparak gerekli analizleri yaptıktan sonra bunu gerçekleştirmek zaman ve maliyet israfını önlemektedir. Bu amaçla kullanılan yazılımlardan bir tanesi de SIMULINK'dir. SIMULINK, MATLAB ile birlikte bütünleşik olarak çalışan bir simülasyon ortamıdır. Karmaşık sistemlerin tasarlanması ve simülasyonun yapılmasında kullanılır. İçerisinde birçok alt sistemi blok halinde barındırdığı için sürükle bırak yöntemiyle çeşitli sistemlerin modelleri kurulabilmektedir. Bu sayede farklı girişlere karşı sistem cevabı analiz edilebilir. Bunun için blok kütüphanesinden yararlanılmakta olup yaygın kullanılan bloklar Şekil 3.27'de gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)



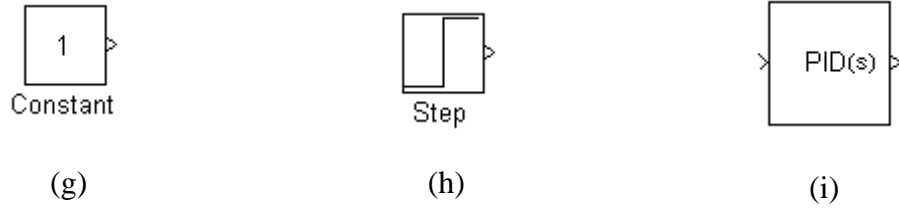
(d)



(e)



(f)



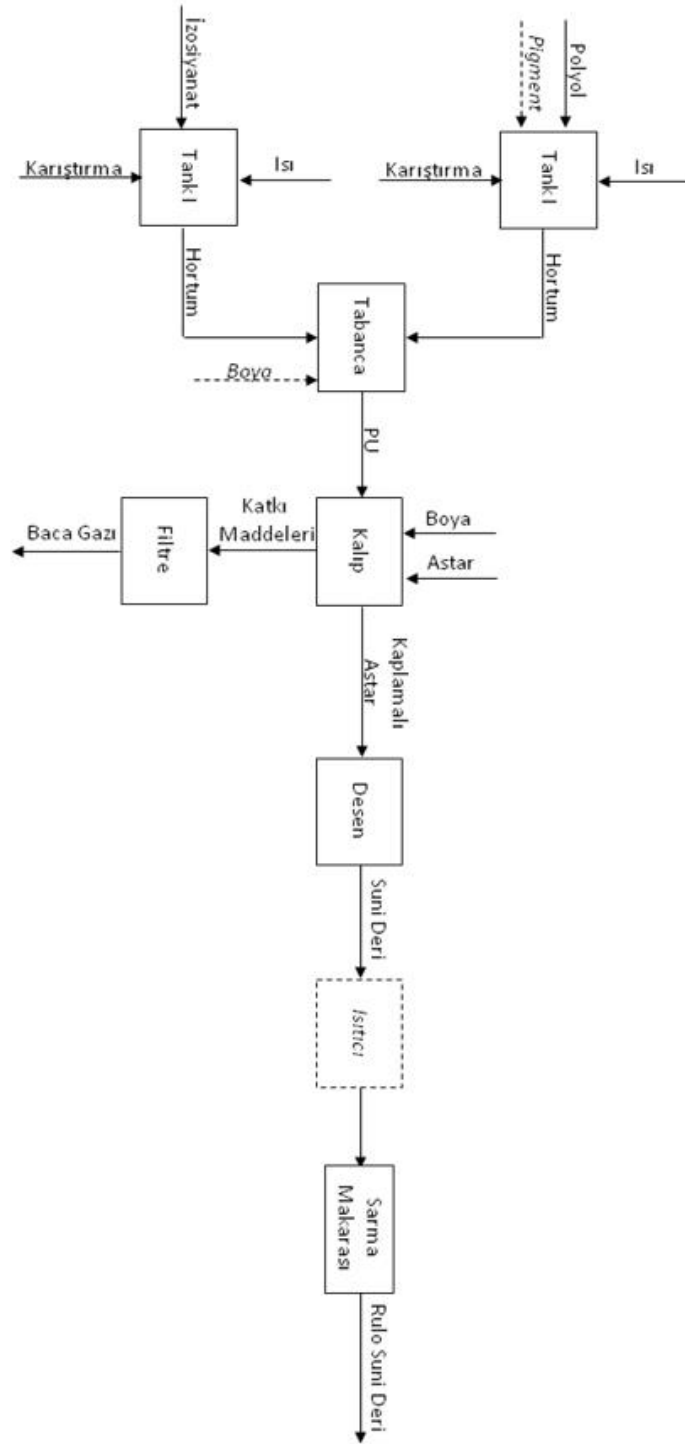
**Şekil 3.27.** Yaygın Kullanılan Simulink Blokları

- a. İntegral alıcı (Integrator): Giriş sinyalinin zamana göre integralini hesaplar.
- b. Kazanç (Gain): Bu bloğa gelen giriş sinyali bir kazanç (sayısal bir değer) ile çarpılır. Kazanç bloğu hem skaler (sayısal) hem de vektör (eleman elemana çarpma) sinyalleriyle çalışır. Bu durumda kazanç değeri girişin tipiyle uyumlu olmalıdır.
- c. Toplama (Sum): Girişlerin cebri toplamını veren bir bloktur. Girişlerin sayısı ve her bir girişe uygulanacak işaret, blok diyalog kutusunda ayarlanabilir.
- d. Mux: Sonlu sayıda skaler giriş sinyallerini bir çıkış sinyali matrisi üretecek tarzda birleştiren bloktur.
- e. Gösterge (Display): Giriş sinyalinin o anki değerini gösterir.
- f. Görüntüleme (Scope): Skaler veya vektör sinyallerini osiloskoptakine benzer tarzda grafik olarak gösteren bloktur.
- h. Sabit (Constant): Sabit bir sayısal değer üreten bloktur. Sabit, bir skaler veya vektör olabilir.
- i. Basamak/Adım (Step): Basamak/Adım fonksiyonu üretir.
- j. PID: PID kontrolünü ayarlayabilen bloktur.



#### **4. BULGULAR**

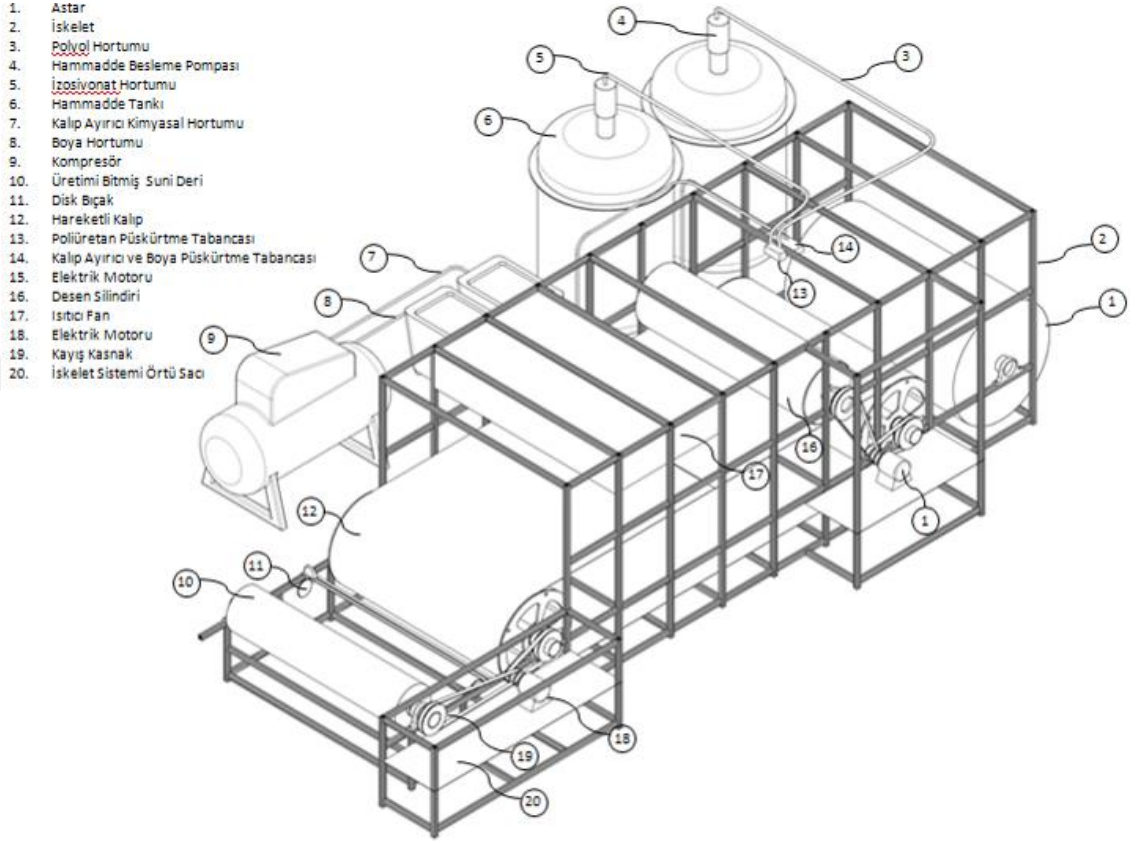
Tez çalışmasına paralel olarak yenilikçi ve özgün bir tasarım sonucu imal edilen suni deri imalat makinesinin çalışma akış diyagramı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.1.** Tez Çalışmasında Kullanılan Suni Deri İmalat Makinesi Akışı

Suni deri imalat makinesi; hammadde ünitesi, desen ünitesi ve transfer ünitesi olmak üzere 3 alt sistemden meydana gelmektedir.

Öncelikle Şekil 4.2’de gösterilen ve konsept tasarımı yapılan suni deri imalat makinesi, bilgisayar destekli tasarım yazılımı ile modellenmiştir. Montaj parçalarının birbiri ile girişim yapmadan çalışması incelendikten sonra teknik (imalat) resimleri çizilmiştir.



**Şekil 4.2.** Tez Çalışmasında Kullanılan Suni Deri İmalat Makinesi Modeli

Prototip imalatı Şekil 4.3’de gösterildiği gibi gerçekleştirilen suni deri imalat makinesi ile çeşitli poliüretan malzemeler ile astar üzerine kaplama denemeleri yapılmıştır. Yapılan bu denemeler sonucunda nihai ürün olan suni derinin mekanik ve görsel özelliklerine etki eden üretim parametreleri yedi maddede toplanmıştır:

1. Tanklardan çekilen akışkanın debisini ayarlamak için pompa hızı: İki kimyasalın karışım oranı uygun ayarlanmadığında izosiyanat debisi fazla olunca nihai üründe istenilenden daha sert bir yüzey ya da polyol debisi fazla olursa geç kuruma ve yapışkanlık olduğu gözlemlenmiştir.

2. Besleme tankı akışkan seviyesi: Bir kimyasalın karışım oranını sağlayamayacak oranın altına düşmesi durumunda diğer kimyasal bulursa dahi üretim yapılamamasına sebep olacağı için üretimi durdurma riski bulunmaktadır.

3. Besleme tank akışkan sıcaklığı: İstenilen sıcaklığa getirilmeden polyol ve izosiyanatın karıştırılması durumunda reaksiyon başlamayarak poliüretan oluşmadan polyol ve izosiyanatın karışım tabancasından çıkabildiği gözlemlenmiştir.

4. Desen silindirinin konumu: Desen tekrar sıklığına bağlı olarak küçük ya da büyük çaplı silindirler kullanılabildiği için desen silindiri konumu değişiklik gösterebilmektedir. Konum kontrolü hassas olmadığı zaman desen verememe ya da fazla girişim neticesinde desen silindirine yapışma problemleri oluşmuştur.

5. Astarın kenar konumu: Çözücü bobine bağlanan ham kumaş ile sarıcı bobine bağlanan kumaş kenarı birbirlerine göre aynı konumda olmamaları durumunda sarıcı bobinde bir süre sarım yapıldıktan sonra rulo dışarı doğru kendini atmaktadır. Bu nedenle sarıcı bobin yatayda hareketli olup kenar kontrol elemanından aldığı geri beslemeye göre daima ruloyu düğün sarmalıdır.

6. Astarın gerginliği: Çözücü bobindeki astar çapı zamanla azaldıkça sarıcı tarafında çap artmaktadır. Yarı çap değişmesine karşılık bobinler sabit açısız hızla döndürüldüğü için çizgisel hız değişkenlik göstererek astarın yırtılmasına ya da bollaşarak kalite problemlerine sebep olabilmektedir.

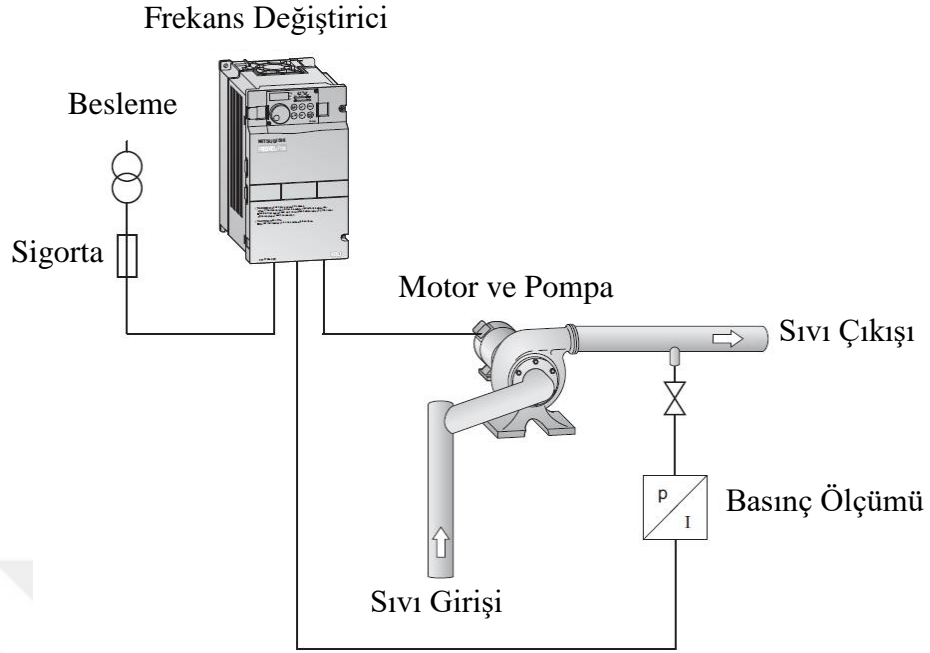
7. Astar hızı: Karışım tabancasından gelen debi değiştirilmeden astar hızı değiştirilerek suni derinin kalınlığı ayarlanmaktadır.



**Şekil 4.3.** Prototip Suni Deri İmalat Makinesi

#### **4.1. Pompa Motor Devir Kontrolü**

Tez materyali yeni suni deri imalat makinesinin ilk istasyonunda hammadde besleme ünitesi bulunmaktadır. Bu ünite, polyol ve izosiyanat olmak üzere iki farklı kimyasal sıvıyı istenilen oranda karıştırarak pompa aracılığıyla karışım tabancasına iletmektedir. Kimyasal sıvıların homojen karışımı, tabanca içerisindeki basınç ile doğru orantılı olduğu görülmüştür. Basınç yükseldikçe daha homojen bir yapıda poliüretan elde edilmektedir. 200 bar basınç ile kimyasalların birbirleriyle karıştırıldıktan sonra astar üzerine pulverize edilerek suni deri üretimi yapılmasının en uygun sonucu verdiği denemeler ile belirlenmiştir (TEYDEB 2130334 numaralı proje). Farklı suni deri üretimlerinde karışım oranı değişebileceğinden basıncın 200 bar'da sabit tutulması için Şekil 4.4'de gösterildiği gibi pompa motorunun devri kontrol edilmelidir.



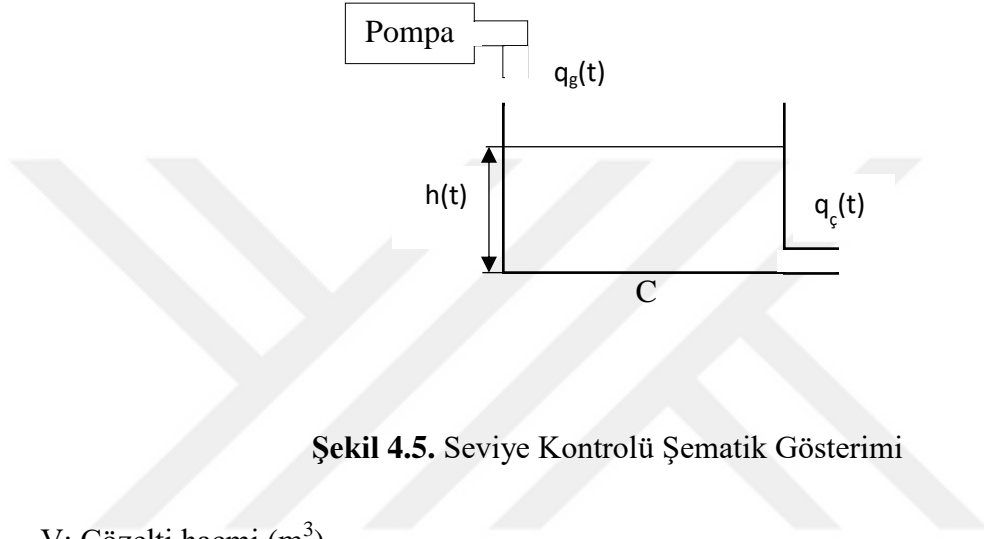
**Şekil 4.4.** Basınç için Motor Devir Kontrolü (Mitsubishi Electric, 2018).

Pompa, sabit devirle tahrik edildiğinde kısma işlemi yapılacağı zaman sıvının geçtiği kesit alanı valfler ile daraltılır. Bu esnada bir basınç kaybı meydana gelir. Ayrıca sistemin iş yapmadığı durumlarda da pompa sabit bir devirle dönmek zorunda olduğundan dolayı da enerji kaybı oluşmaktadır. Değişken devirli tahrik sisteminde ise kısma işlemi yapılacağı zaman tahrik devri düşürülmektedir. Sistemin iş yapmadığı durumlarda pompa yüksek sabit bir devirde dönmek yerine minimum devre inmekte ve buradan da hem enerji tasarrufu sağlanmakta hem de gürültü seviyeleri minimum seviyelere düşürülmektedir. Değişken devirli tahrik yönteminde sistemin kurulu gücü efektif kullanıldığı ve kayıplarında minimuma inmesinden dolayı motor gücü daha küçük seçilebilmektedir.

#### 4.2. Seviye Kontrolü

Polyol ve izosiyanat 1 m<sup>3</sup>'lük tel kafes içerisindeki plastik tanklar (IBC) ile tedarik edilmektedir. Üretimi yapılacak suni derinin reçete gereksinimine göre sıcaklığın ayarlanması ve renklendirici gibi bazı katkıların eklenerek karıştırılması için IBC tanktan yetmişer litrelik günlük tanklara aktarım yapılmaktadır. Günlük tanklarda

üretime hazır hale getirilen polyol ve izosiyanat makinaya üretime başla emri verildiğinde öncelikle yeterli miktarda çözelti bulunduğunun denetimi yapılmaktadır. Bu denetim tank içerisinde sıvı seviyesinin kontrolü ile gerçekleştirilmektedir. İstenen üretim miktarını karşılamayacak seviyeye düşmesi durumunda IBC tank içerisinde otomatik olarak çözelti pompalanarak tankın doldurulması sağlanmaktadır. Seviye kontrolü için üretim parametreleri Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.5.** Seviye Kontrolü Şematik Gösterimi

V: Çözelti hacmi (m<sup>3</sup>)

A: Tank taban alanı (m<sup>2</sup>)

h: Çözelti seviyesi (m)

$q_g$ : Pompadan gelen çözelti miktarı [m<sup>3</sup>/s]

$q_c$ : Tanktan çıkan çözelti miktarı [m<sup>3</sup>/s]

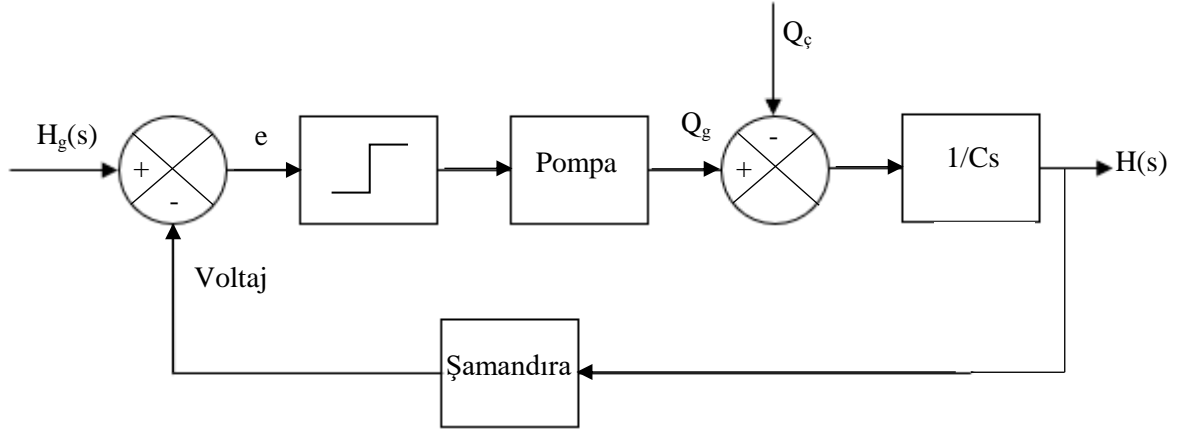
Belirlenen üretim parametrelerinden faydalanılarak seviye kontrolünün transfer fonksiyonu;

$$\frac{V}{dt} = \frac{A \cdot h}{dt} \quad (4.1)$$

$$q_g - q_c = C \cdot \frac{dh}{dt} \quad (4.2)$$

$$Q_g(s) - Q_c(s) = Cs \cdot H(s) \quad (4.3)$$

Seviye kontrolünün blok şema gösterimi;



Şekil 4.6. Sistemin Blok Şema Çizimi

### 4.3. Sıcaklık Kontrolü

Tanklar içerisinde sıvı halde bulunan polyol ve izosiyanat sıcaklığı her üretim için farklı olmasına karşılık ortalama 50°C'dir. Tanklar iç içe geçmiş iki silindirden üretilmiştir. Böylece iki silindir arasında yalıtım yapılarak istenilen sıcaklık korunmaktadır. Sıcaklık kontrolü için üretim parametreleri;

$T_g(t)$ : Tank içerisine giren çözeltinin sıcaklığı (°C)

$T_ç(t)$ : Tanktan çıkan çözeltinin sıcaklığı (°C)

$M$ : Çözelti kütlesi (kg)

$q_g(t)$ : Isı girişi (°C)

$q_ç(t)$ : Isı çıkışı (°C)

Sıcaklık kontrolünün transfer fonksiyonu;

$$q_g - q_ç = M C \frac{dT_ç}{dt} \quad (4.4)$$

$$q_g - \dot{m} c (T_ç - T_g) = M C \frac{dT_ç}{dt} \quad (4.5)$$

$$Q_g(s) - \dot{m} c T_ç(s) + \dot{m} c T_g(s) = M C s T_ç(s) \quad (4.6)$$

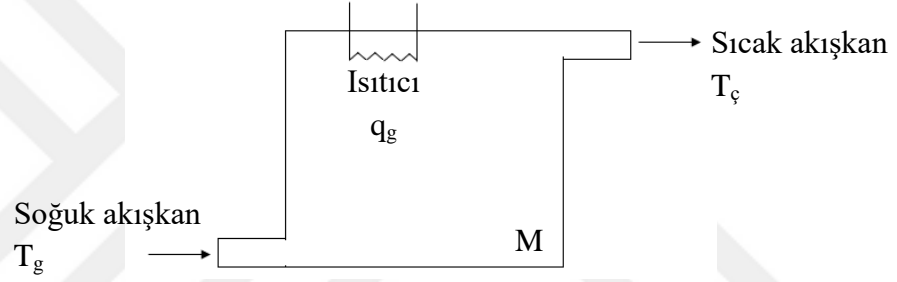


$$Q_g(s) + \dot{m} c T_g(s) = (M C s + \dot{m} c) T_c(s) \quad (4.7)$$

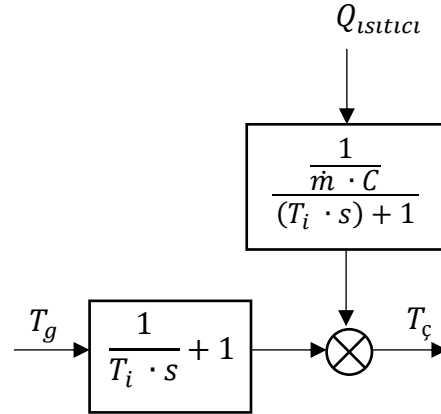
$$T_c(s) = \left( \frac{1}{M C s + \dot{m} c} \right) Q_g(s) + \left( \frac{\dot{m} c}{M C s + \dot{m} c} \right) T_g(s) \quad (4.8)$$

$$T_c(s) = \left( \frac{\frac{1}{\dot{m} c}}{\frac{M}{\dot{m}} s + 1} \right) Q_g(s) + \left( \frac{1}{\frac{M}{\dot{m}} s + 1} \right) T_g(s) \quad (4.9)$$

$$T_c(s) = \left( \frac{\frac{1}{\dot{m} c}}{(T_i s + 1)} \right) Q_g(s) + \left( \frac{1}{(T_i s + 1)} \right) T_g(s) \quad (4.10)$$



Şekil 4.7. Sıcaklık Kontrolü Şematik Gösterimi



Şekil 4.8. Sistemin Blok Şema Çizimi

#### 4.4. Konum Kontrolü

Kumaş üzerine kaplanan poliüretan, desen silindiri tarafından ezilerek silindir üzerine kazınmış desenler henüz kurumakta olan poliüretan kaplı kumaşa aktarılmaktadır.

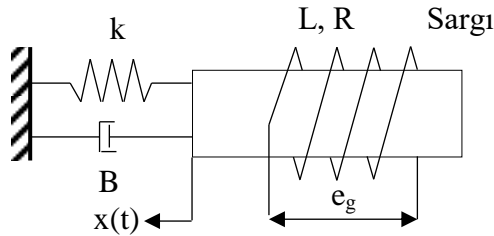
Burada desen silindirinin çapı desen tekrarını belirlemektedir. Silindirin bir tam tur dönmesinden sonra aynı desen tekrar başlayacağı için büyük çaplı silindir kullanılması durumunda desen tekrarları fark edilemez ve gerçekçi deri görünümü algısı artar. Silindir çapının değiştirilmesi, silindir yüzeyi ile astar kumaş üzerine kaplanmış PU film yüzeyi arasındaki mesafesi değiştireceği için desen derinliğinin değişmesine sebep olmaktadır. bu nedenle;

$r_d$ : Desen silindiri çapı

$h_0$ : Desen silindiri yüzeyi ile astar yüzeyi arasında mesafe (mm)

olmak üzere iki üretim parametresi desen silindirinin konum kontrolünde önemlidir. Kaplamalı kumaşın konumu sabit olduğu için bu parametrelerde değişiklik olduğunda desen silindiri, altından geçen kaplamalı kumaş ile girişim yapacak şekilde öteleme hareketi yapmalıdır.

Doğrudan öteleme hareketi yapan elektromekanik sistemler içerisinde en yaygın olarak kullanılanları hareketli çekirdek türü olup solenoid olarak bilinmektedir. Şekil 4.9'da solenoid türü elektromekanik sistemin basitleştirilmiş bir modeli verilmiş ve sistemle ilgili parametreler şekil üzerinde gösterilmiştir. Sistemin elektriksel kısmı (L, R elemanları) akım değişimi sonucu oluşan mıknatıs alanı hareketli çekirdek üzerinde bir mıknatıs çekim kuvveti oluşturur. Mekanik kısımda yay elemanı bulunmaktadır. Yay, geri çağırma kuvveti ve hareketi sağlar. Hareketli çekirdek mıknatıs kuvveti ile çekildikten sonra kendiliğinden ilk konumuna dönemez. Yay kuvveti yardımıyla ilk konumuna döndürülür.



**Şekil 4.9.** Solenoid Matematiksel Modeli

Elektriksel sistemde  $e_g$  giriş gerilim sinyaline karşılık meydana gelen akım değişimi arasındaki bağıntı ve Laplace dönüşümü;

$$e_g = L \frac{di}{dt} + R \quad (4.11)$$

$$E_g(s) = (Ls + R)I(s) \quad (4.12)$$

elde edilir. Akım değişimi olan mıknatıs çekim kuvveti gerçekte hem yer değiştirmenin hem de akım değişimin doğrusal olmayan fonksiyonudur. Bunun çalışma civarında doğrusallaştırılmış şekli;

$$f_m = K_m i \quad (4.13)$$

$$F_m(s) = K_m I(s) \quad (4.14)$$

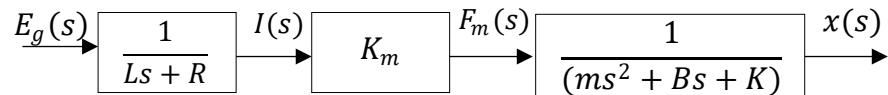
Mıknatıs kuvvete karşılık gelen hareket denklemi;

$$f_m = m \frac{d^2x}{dt^2} + B \frac{dx}{dt} + kx \quad (4.15)$$

$$F_m(s) = (ms^2 + Bs + k)X(s) \quad (4.16)$$

Sistemin transfer fonksiyonu (4.12), (4.14) ve (4.16) numaralı eşitliklere göre;

$$\frac{X(s)}{E_g(s)} = \frac{K_m}{(Ls+R)(ms^2+Bs+K)} \quad (4.17)$$



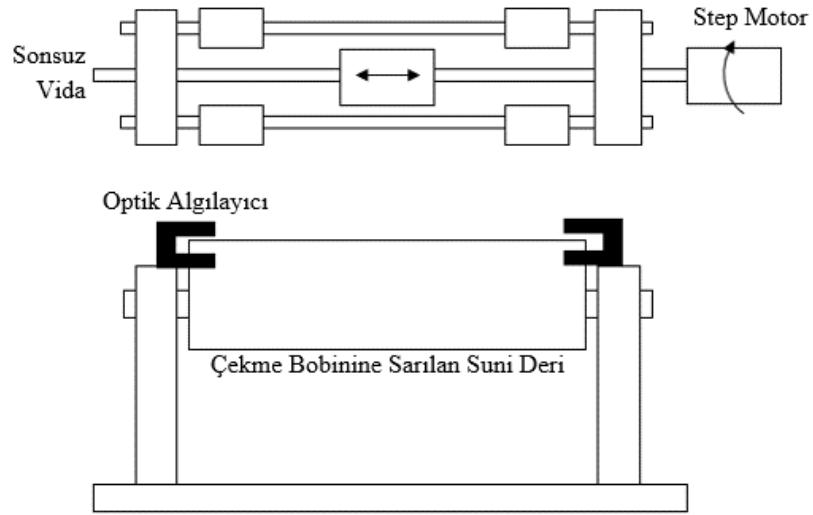
**Şekil 4.10.** Elektromekaniksel Sistem Blok Şema Gösterimi

#### 4.5. Kenar Kontrolü

Suni deri imalat makinesine bağlanan astar, çekme bobini tarafından çekilirken bir miktar sağa veya sola doğru kaymaya başlayabilir. İstenmeyen bu durum, üretim tamamlandığında çekme bobininde silindirik bir paketleme yapılmasını engeller.

Bu probleme sebep olabilecek başlıca kök nedenler; çözücü bobinin üreticisi tarafından hatalı sarılması, suni deri makinesinin çözücü ve sarıcısı arasında konumlandırılmadan kaynaklanabilecek kaçıklıklardır. Her durumda çekme bobini tarafından kusursuz bir paketleme sağlanması için nihai ürün suni deri paketlenmeden önce her iki kenarında da optik algılayıcıların bulunduğu son kontrol noktasından geçirilir.

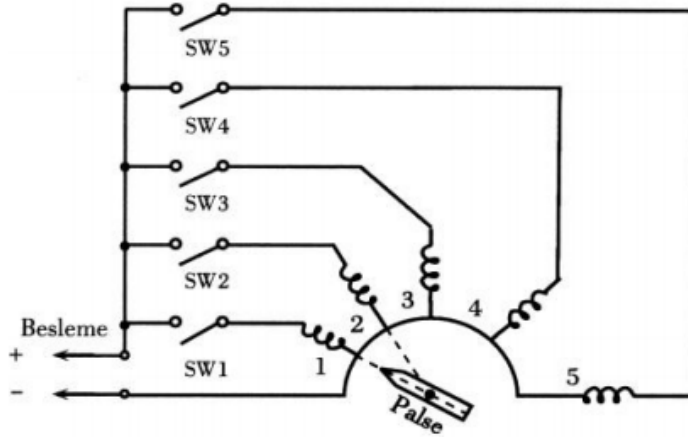
Şekil 4.11’de gösterildiği gibi optik algılayıcı tarafından sinyal üretilmesi durumunda çekme bobininin konstrüksiyonu sağa veya sola doğru kaydırılarak suni derinin aksel kaçıklık oluşturmadan sarılması sağlanır. Oldukça hızlı gerçekleşmesi gereken sağ-sol hareketler, konstrüksiyonun altında yanlardan indüksiyonlu miller ile yataklanmış ortasında sonsuz vida mekanizması tarafından kontrol edilir. Sonsuz vida, kaplin aracılığıyla step motora bağlanır. Optik algılayıcıdan gelen sinyale göre motor dönüş yönü değişir.



Şekil 4.11. Çekme Bobini ve Kenar Kontrolü

Step motorun çalışma prensibi Şekil 4.12’de gösterildiği gibi elektronik anahtarlar vasıtasıyla bobinlere enerji verilir ve rotor, üzerinde enerji olan bobinin karşısına

geçerek durur. Motorun ne kadar çok dönmesi isteniyorsa bobinlere sırasıyla o kadar darbe sinyali verilir. Çok hassas pozisyon ve hız kontrolü, düşük devirde yüksek moment sunabilmeleri çekme bobini üzerine suni deri sarıldıkça meydana gelecek ağırlık artışı altında hızlı bir şekilde yatayda hareket ihtiyacını karşılaması açısından uygundur.



Şekil 4.12. Step Motor Çalışma Prensibi

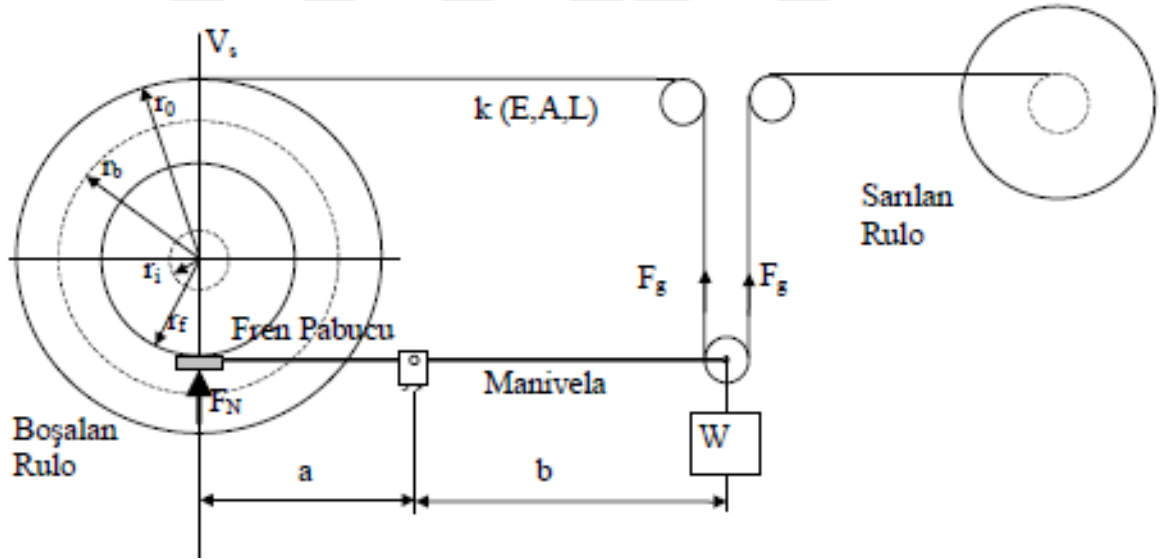
Step motorlar iki veya beş fazlı olabilirler. Yapısal olarak iki fazlı motor, beş fazlı motor ile aynıdır. Her ikisindeki rotorun 50 dişi vardır. Aralarındaki fark, beş fazlı motorun 10 kutuplu olmasından dolayı rotor bir diş fazının bir sonraki aşama ile aynı hizaya gelecek bir şekilde hareket etmesidir. İki fazlı motorda, rotor bir diş aralığının 1/4'ünü sonraki faz ile aynı hizada olacak şekilde hareket ettirmektedir. Bu nedenle iki fazın dönüş başı 200 adım ve adım başına  $1,8^\circ$ , beş fazın da dönüş başına 500 adım ve adım başına  $0,72^\circ$  olmaktadır. Her iki motorun da mekanik doğruluğu  $\pm 0,05^\circ$ 'dir. Step motorda uygulanan voltaja göre adım komutları, darbe sinyali üreticisi tarafından üretilir. Darbelerin sayımı ile rotorun mevcut konumunu belirlemek için ilave teçhizat gereksinimi doğurmamaktadır.

Step motorun döndürdüğü vida, üzerinde bulunan somunu ileri-geri hareket ettirmektedir. Vidanın hatve açısı somuna bağlı çekme bobinini yatayda hareket ettirmektedir. Üretim hızını yavaşlatmadan ani yön değişiklikleri ile kenar kontrolünü sağlamak için hatve açısının büyük tutulması hızlı cevap verme açısından avantaj sağlamaktadır. Fakat buna karşılık vidayı çevirmek için moment ihtiyacı artmaktadır.

Sürekli üzerine yeni suni derinin sarılacağı çekme bobininde ağırlık artışı olacaktır. Üzerine vida mekanizmasından kaynaklı ilave moment gereksinimi motor seçiminden maliyeti artıracaktır. Hem hızlı hem de ilave moment gereksinimi doğurmaması adına iki ağızlı vida kullanımı çözüm sağlamaktadır.

#### 4.6. Gergi Kontrolü

Gergi kontrolü sistemi için Şekil 4.13’de gösterilen fiziksel model ele alınmıştır. Şekilden görüldüğü gibi boşalan rulo, miller, sarılan rulo, manivela kolu ve fren pabucu bulunmaktadır. Rulo halindeki malzeme miller arasından geçerek sarılan ruloya gelmektedir. Millerden ikisi sabit destek mili olup diğeri bağlı olduğu manivela kolu ile geri besleme işlevi yapmaktadır. Manivela kolunun diğeri ucunda bulunan fren pabucu ile boşalan rulo üzerine etki eden sürtünme momenti ile malzemenin gerginliği denetlenmektedir. Bu fiziksel model üzerinden bir matematiksel model elde edilmiştir.



Şekil 4.13. Mekanik Gergi Denetim Sistemi Şematik Gösterimi

Rulo halinde sarılmış bir malzemede, yarıçapın ( $r_b$ ) zamana bağlı olan açılma açısına ( $\theta_b$ ) göre değişimi:

$$r_b(t) = r_b(0) - \frac{s}{2\pi} \theta_b(t) \quad (4.6)$$

s: Şerit kalınlığı

$r_b(0)$ : Rulonun başlangıçtaki yarıçapı

Benzer mantıkla sarılan rulonun yarıçapı  $r_s$ , sarma rulosunun açılma açısı  $\theta_s$ 'ye göre değişimi;

$$r_s(t) = r_s(0) + \frac{s}{2\pi} \theta_s(t) \quad (4.7)$$

$r_s(0)$ : Sarma bobininin ilk yarıçapı

Şeritte oluşan gergi kuvveti sünek malzemeler için Hooke kanunundan;

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta l}{l}$$

$$F = \frac{EA}{l} \Delta l$$

$\frac{EA}{l} \Delta l = k$  malzemenin sabit rijitliği olarak alınır;

$$F_g = k(x_s - x_b)$$

$$\frac{dF_g}{dt} = k(v_s - v_b) \quad (4.8)$$

$v_s$  : Sarılan silindirin çekme hızı

$v_b$  : Boşalan silindirin çekme hızı

Gergi kuvvetinin zamana göre değişimini veren ifadeyi elde ederiz. Diğer taraftan boşalan rulonun miline gelen döndürme etkileri dikkate alınarak;

$$F_g r_b(t) - F_f r_f = J_b (r_b) \ddot{\theta}_b + B_b \dot{\theta}_b \quad (4.9)$$

$F_g r_b$ : Germe Momenti

$F_f r_f$ : Frenleme Momenti

$J_b$ : Eylemsizlik

$B_b$ : İhmal edilebilecek iç sürtünmeler

$F_f$ : Mekanik frenin teğetsel kuvveti

$\ddot{\theta}_b$ : Boşalan rulonun açısal ivmesi

Açısal hız ile çizgisel hız arasındaki bağıntı;

$$\begin{aligned}\dot{\theta}_b &= \frac{V_b}{r_b} \\ \dot{\theta}_s &= \frac{V_s}{r_s}\end{aligned}\quad (4.10)$$

Fren pabucundaki frenleme kuvveti;

$$F_f = \mu_s F_N \quad (4.11)$$

$\mu_s$ : Sürtünme katsayısı

$F_N$ : Normal kuvvet

Şekil 4.16'da görüldüğü gibi  $F_N$  frenleme kuvvetini oluşturan normal kuvveti temsil etmektedir. Manivelaya ait mekanik bağıntıdan normal kuvvet;

$$F_N \cdot a - e \cdot b = 0$$

$e$ : Gergi denetim sisteminde karşılaşılan hata

$$e = W - 2F_g$$

4.9 numaralı ifadede geçen ve boşalan rulonun yarıçapına bağlı olarak değişen eylemsizlik momenti;

$$J_b(r_b) = J_{b0} + 0,5\rho L\pi(r_b^4 - r_i^4) \quad (4.12)$$

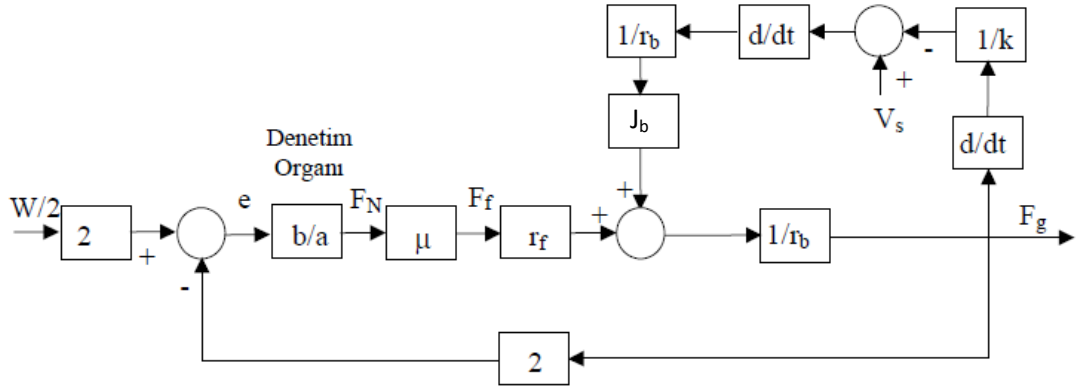
$r_i$ : Boşalan rulonun iç çapı

$L$ : Boşalan rulonun eni

$\rho$ : Malzemenin yoğunluğu

Verilen matematik modele uygun olan kapalı döngü mekanik gergi denetim sistemi blok diyagramı Şekil 4.14'deki gibi oluşturulur. (Şefkat 2009)

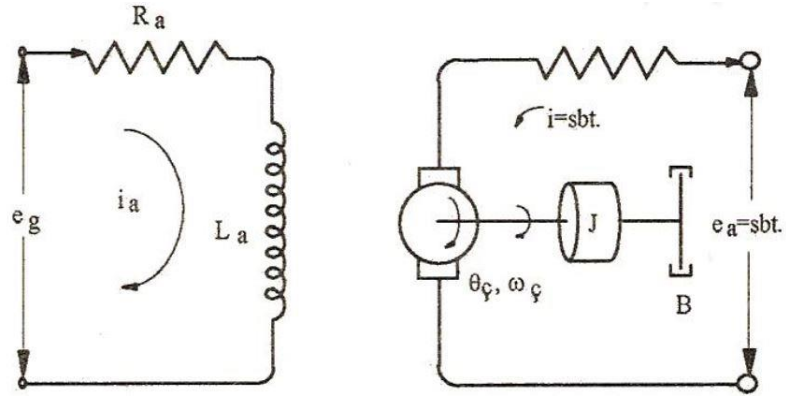




Şekil 4.14. Mekanik Geri Denetim Sistemi Blok Diyagramı

#### 4.7. Karışım Tabancası Hız Kontrolü

Alan sargısı denetimli bir doğru akım (DA) motorunun basitleştirilmiş modeli Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Elektriksel sistem  $L_a$  ve  $R_a$  elemanlarında, mekanik sistem de  $J$  eylemsizlik kütlesi ve  $B$  dönül sönümlenme elemanından oluşmaktadır. Burada alan sargısı uçlarına uygulanan  $e_g$  gerilim değişimine karşılık mekanik sistemin hız analizi yapılabilmektedir.



Şekil 4.15. Alan Sargısı Denetimli Doğru Akım Motoru

Sistemin girişi volt, çıkış milin açısal hızı olarak tanımlandığında transfer fonksiyonu;

$$e_g = L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a \quad (4.13)$$

$$E_g(s) = (L_a s + R_a) i_a(s) \quad (4.14)$$

Göbek sargısı akımı yaklaşık olarak sabit tutulur. Alan sargısı akımında  $i_a$  meydana gelen değişim bir mıknatıs akısı doğurur. Bu da motor milinde bir döndürme momentine neden olur. Sonuçta motor milinde elde edilen döndürme momenti alan sargısı akımı  $i_a$  ile orantılı olur.

$$M(t) = K_m i_a \quad (4.15)$$

Bu aslında elektriksel sistem ile mekaniksel sistem arasında bir dönüş denklemi olup burada  $K_m$  (Nm/A) motor veya dönüştürme sabitidir. Bu moment sistemin eylemsizliğini  $J$  (kgm<sup>2</sup>) ve yapışkanlık sürtünmesi  $B$  [Nm/(rad/s)] yenmek için harcanır. Meydana gelen akım değişimi sonucu bobin etrafında bir mıknatıs alanı oluşur ve bu mıknatıs alanı rotor üzerinde bir döndürme momenti yaratır. Gerçekte akım ile meydana gelen döndürme momenti arasındaki bağıntı doğrusal değildir. Sistemin dinamik davranışına açıklık getirmek için akım ile moment değişimi arasındaki bağıntının doğrusal olduğu varsayılır.

Döndürme momentine karşılık mekanik hareket denklemi, Laplace dönüşümü ve tüm sistemin transfer fonksiyonu;

$$M(t) = J \frac{d^2\theta}{dt^2} + B \frac{d\theta}{dt} \quad (4.16)$$

$$M(s) = (Js^2 + Bs) \theta(s) \quad (4.17)$$

$$\frac{\theta_\zeta(s)}{E_g(s)} = \frac{K_m}{s(L_a s + R_a)(Js + B)} \quad (4.18)$$

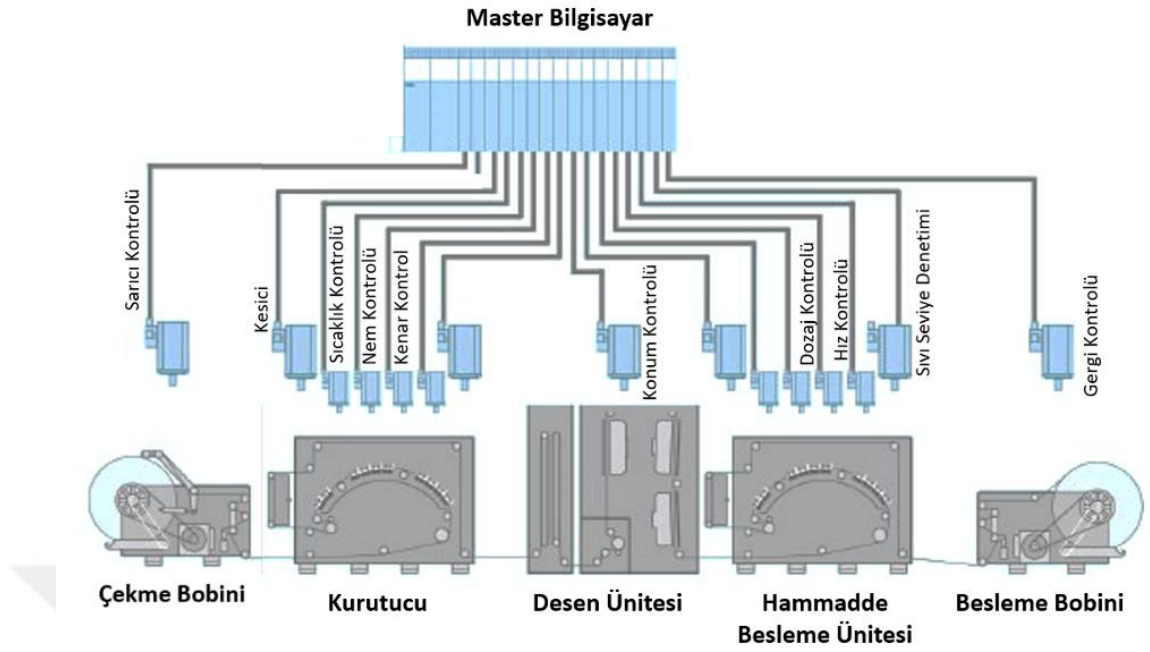
olarak elde edilir. Çıkışın hız olarak tanımlanması durumunda, konum ile hız arasındaki  $d\theta/dt = \omega$  veya  $s\theta(s) = \omega(s)$  kinematik bağıntısından çekilen  $\theta(s) = \omega_\zeta(s)/s$  konum fonksiyonu (4.18) numaralı eşitlikte yerine konursa;

$$\frac{\omega_c(s)}{E_g(s)} = \frac{K_m}{(L_a s + R_a)(J s + B)} \quad (4.19)$$

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

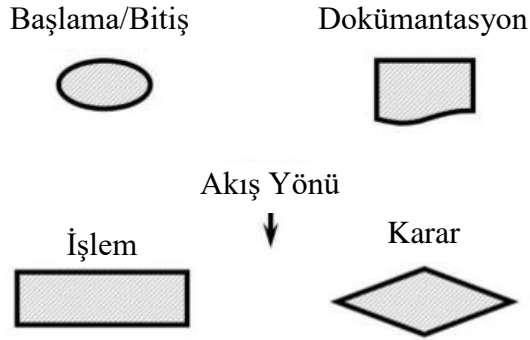
Bu çalışma kapsamında suni deri üretiminde kullanılan mevcut sistemlere alternatif yeni bir suni deri imalat makinesi geliştirilmiştir. Mevcut makinelerde yüksek yatırım ve işletme maliyetine sebep olan fırın kullanım gereksinimini ortadan kaldıran bir yöntem geliştirilmiştir. Yeni suni deri imalat makinesinin tasarım ve prototip imalatını içeren proje, TÜBİTAK-TEYDEB tarafından 1512 kodlu destek programı kapsamında desteklenmiştir (proje numarası 2130334). İmalatı yapılan prototip üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar ile nihai ürün suni deri üzerinde etkili olan üretim parametreleri belirlenmiştir. Üretim parametrelerinin hız, hassasiyet ve kararlılık bakımından endüstriyel beklentileri karşılaması için denetim yöntemleri de bu tez çalışmasında incelenmiştir. Yeni suni deri imalat makinesi otomasyonunun temelini oluşturmaya yönelik alt sistemlerin transfer fonksiyonları ve blok şema gösterimleri çıkarılmıştır.

Bulgular kısmında belirlenen yedi farklı üretim parametresi denetiminin tek bir merkezden kontrol edilmesi gerekmektedir. Makinenin otomasyonunda, denetlenen tüm sistemlerin Şekil 5.1’de gösterildiği gibi ana kontrol paneli (master bilgisayar) ile haberleşmesi endüstriyel beklentileri karşılaması bakımından önemlidir.



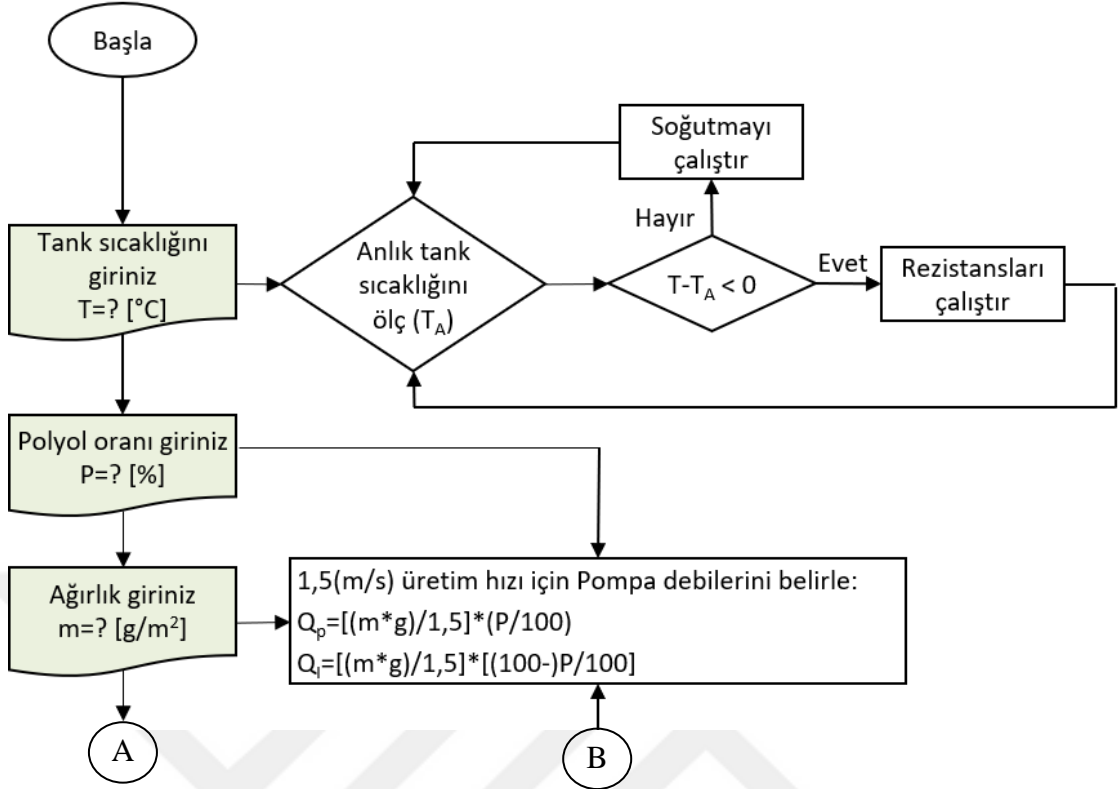
**Şekil 5.1.** Suni Deri İmalat Makinesinin Otomasyonu

Ana kontrol panelinin tüm makineyi denetlemesi için uygulayacağı yol akış diyagramı hazırlanarak incelenmiştir (Şekil 5.3 – Şekil 5.6). Akış diyagramı, her işlem için ayrı bir sembol kullanılarak oluşturulur. Akış diyagramında kullanılan semboller Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

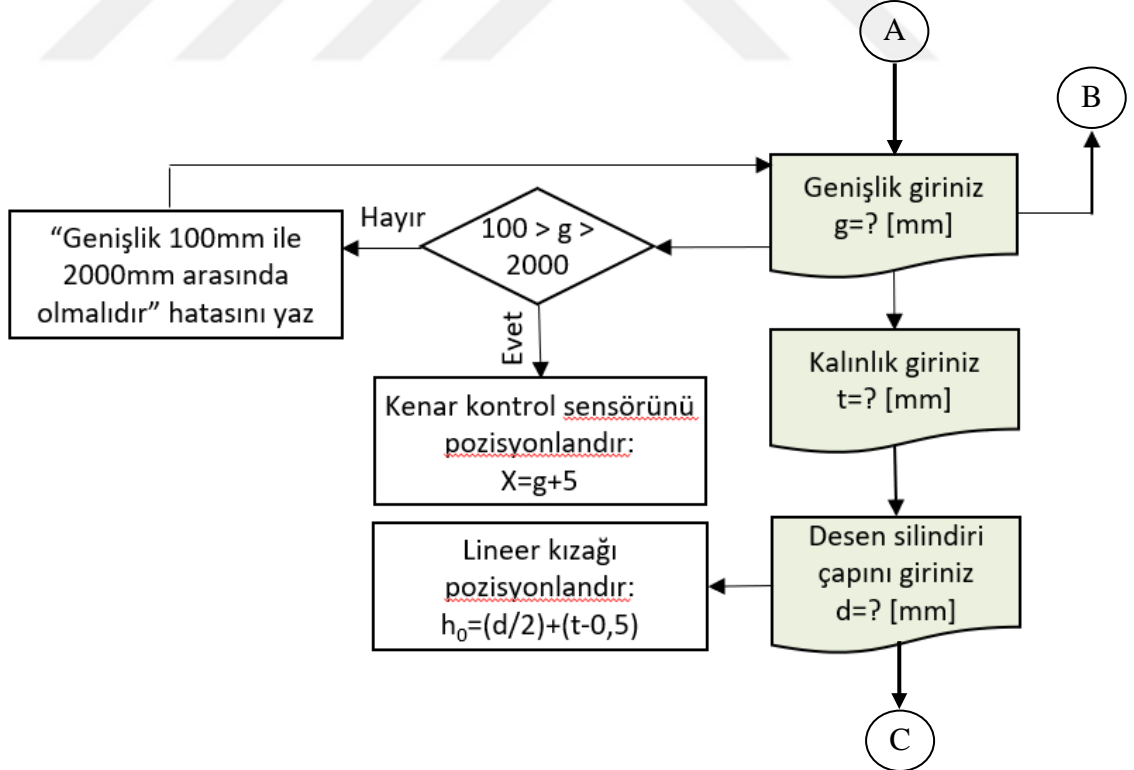


**Şekil 5.2.** Akış Diyagramı Sembolleri

Makinenin endüstriyel olarak kullanılması için akış diyagramı; hammadde besleme ünitesi akış diyagramı, desen ünitesi akış diyagramı, transfer ünitesi akış diyagramı ve paketleme ünitesi akış diyagramı olmak üzere 4 ana gruba ayrılarak gösterilmiştir:

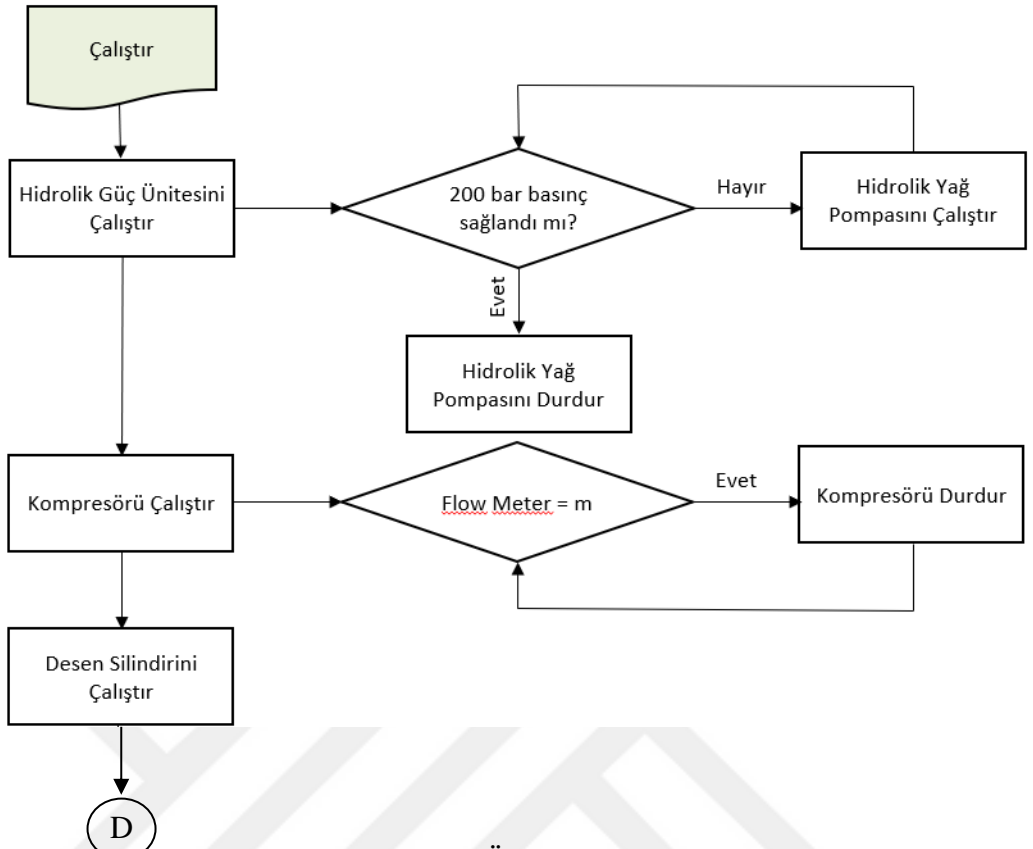


Şekil 5.3. Hammadde Besleme Ünitesi Akış Diyagramı

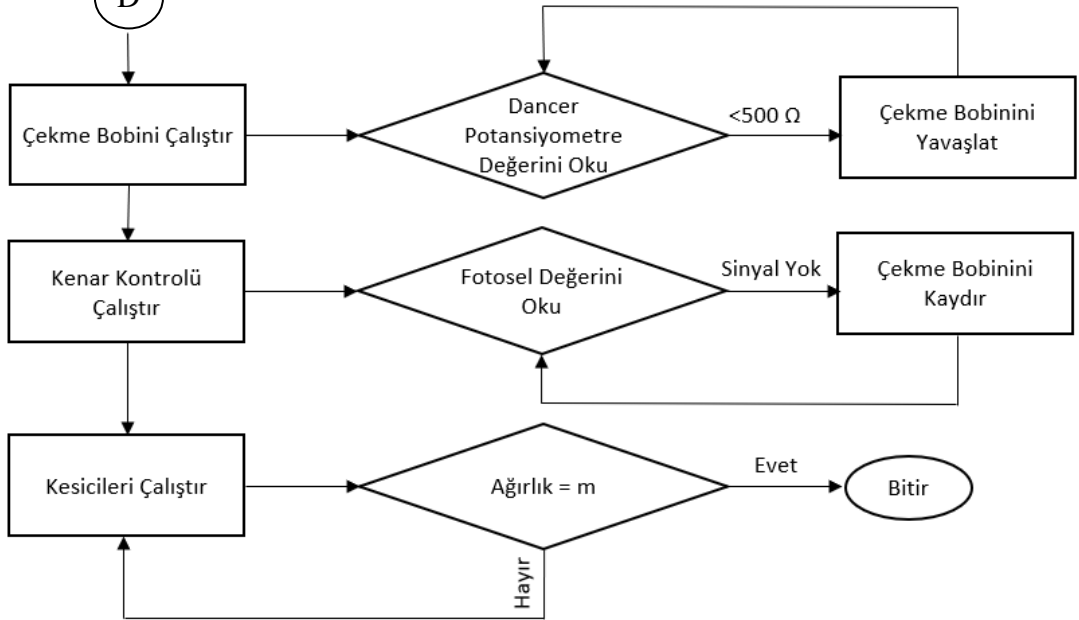


Şekil 5.4. Desen Ünitesi Akış Diyagramı





Şekil 5.5. Transfer Ünitesi Akış Diyagramı



Şekil 5.6. Paketleme Ünitesi Akış Diyagramı

Tez çalışması neticesinde elde edilen yeni makine ve mevcut makinenin karşılaştırılması Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.1.** Tez Sonucu Makinenin Mevcut Makine ile Karşılaştırılması

	<b>Mevcut Makine</b>	<b>Yeni Makine</b>
<b>Ölçüler (En x Uzunluk)</b>	3 m x 120 m	2,4 m x 9,7 m
<b>Çalışma Sıcaklığı</b>	280°C	70°C
<b>Isı Kaynağı</b>	1,5 milyon kcal kazan (1743,3 kWh)	2,4 kWh infrared ısıtıcı
<b>Fırın Sayısı</b>	4 adet	Yok
<b>Üretim Kapasitesi</b>	1,5 milyon mtül	1,5 milyon mtül

Bu tez çalışmasında makinenin tasarımı ve prototip imalatı yapılırken diğer taraftan kaliteli ürün için belirlenen üretim parametrelerinin denetim incelemiştir. Ancak irdelenen denetim sistemlerinin teorik veya pratik analizleri yapılmamıştır. İleriki çalışmalarda belirlenen üretim parametrelerine yönelik denetim sistemlerinin de prototip makine üzerinde uygulanarak, merkezi bir bilgisayardan otomatik kontrolü yapılan yeni bir suni deri üretim makinesinin geliştirilmesine yardımcı olacağı değerlendirilmektedir.

#### **KAYNAKLAR**

- Adıyan, A., 2012,** Sıvı Seviye Kontrolü İçin Scada Sistem Tasarımı. *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, s.36
- Akder Akışkan Gücü Derneği, 2018.** [www.akder.org/tr/makale/310-hidrolik-devrelerde-kullan-ilan-pompa-tipleri#.Wu3G8tSLTwc](http://www.akder.org/tr/makale/310-hidrolik-devrelerde-kullan-ilan-pompa-tipleri#.Wu3G8tSLTwc) - (Erişim Tarihi: 08.05.2018).
- Asiltürk, İ., 2007.** Testere ile Kesme İşleminde Yapay Zeka Tabanlı Adaptif Kontrol Uygulaması. *Doktora Tezi*, T.C Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 72-74
- Ayçiçek E., Bekiroğlu N., 2005.** Çözücü-Sarıcı Ünitelerine Sahip Makinalarda Servo Motor Kullanımı, III. Otomasyon Sempozyumu, Denizli
- Balci, O., Çaylan, Ö., Can, Nilay., 2011.** Silindir Üstü Bıçak Yöntemi Kullanılarak Yapılan Tek Yüz Kaplama İşlemini Etkileyen Proses Parametrelerinin İncelenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 84.
- Bayındır, R., Kaplan, O., Bayyığıt, Cem., Sarıkaya, Y., Hallaçoğlu, M., 2011** PLC ve SCADA Kullanılarak Bir Endüstriyel Sistemin Otomasyonu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(1): 107-115.
- Bektaş B., Yılmaz E., Katrancıoğlu S., 2014.** Çift Tank Sıvı Seviye Sisteminin Modellenmesi ve Sezgisel Yöntemlerle Parametreleri Optimize Edilmiş PID ile Kontrolü, Gedik Üniversitesi
- Bulut, Y. ve Sülar V., 2008.** Kaplama veya Laminasyon Teknikleri ile Üretilen Kumaşların Genel Özellikleri ve Performans Testleri. *Tekstil ve Mühendis*, 15(70-71): 5-16.
- Büyük S., Gök S., 2012.** Proses Otomasyonunda OPC Teknolojisi. *Mühendis ve Makina Dergisi*, 53(635): 13-15.

- Çalışkan H., Balkan T., Platin B., Demirer S., 2008.** Değişken Devirli Pompa İle Servo Hidrolik Konum Kontrolü, V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, 359-375
- Çelikayar, G., 2008.** Servomotor Tahrikli Pompa Kontrol Sistemleri Ve Enerji Tasarrufu, V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, 151
- Dembicky J., 2010.** Simulation of the coating process. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(1-78): 79-83.
- Dumanay, A. B., İstanbullu A., Demirtaş. M., 2009.** DC Motorun PID ile Hız Denetimi için Uzaktan Laboratuvar Uygulaması, Elektrik Elektronik Bilgisayar Biyomedikal Mühendislikleri Eğitimi IV. Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı, 241-244
- EMF., 2012.** Elektromanyetik Fren ve Kavrama Sistemleri, [www.megendustri.com.tr/img/katalog/emf-katalog.pdf](http://www.megendustri.com.tr/img/katalog/emf-katalog.pdf) - (Erişim Tarihi: 08.05.2018).
- Engin D., 2014.** Programlanabilir Denetleyici ile PID Parametrelerinin Otomatik Ayarlanması, Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu, Kontrol ve Otomasyon Teknolojisi Programı. Otomasyon, 300-308
- Güllü A., Arda M., Kuşçu H., 2015.** Sıvı Süreçlerinin Matematiksel Modellenmesi ve Sıcaklık Kontrolü, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, TOK'2015, Denizli
- Karaçor M., Keleş K., 2007.** Otomasyon Sistemlerinin Bileşenleri, VI. Otomasyon Sempozyumu, Samsun
- Karaçuha O., Telli Z., ÇAMURŞEN S., 2013.** Kumaşın PLC Kontrollü Kenar ve Sarkma Denetimi, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Katicioğlu İ., Sefer C., 2005.** Sıvı Tanklarda Seviye Kontrol Sistemi, İstanbul Üniversitesi, s.8
- Köse, F., Kaplan, K., Ertunç, H. Metin., 2013.** PID ve Bulanık Mantık ile DC Motorun Gerçek Zamanda STM32F407 Tabanlı Hız Kontrolü, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, Malatya
- Mamaur, H., Atacak, I., Korkmaz, F., Bhuiya, M.R.A., 2017.** Modelling and Application of a Computer-Controlled Liquid Level Tank System. Seventh International Conference on Computer Science, Engineering and Applications, 7(2): 97-106.
- Matex, 2018.** Coating Machines, [http://www.matex.it/media/0001/rotocoat\\_matex.pdf](http://www.matex.it/media/0001/rotocoat_matex.pdf) - (Erişim Tarihi: 12.09.2018)
- Medel, 2018.** Kenar Kontrol Sistemleri, [www.medelektronik.com/index.php/kenar-kontrol-sistemleri/](http://www.medelektronik.com/index.php/kenar-kontrol-sistemleri/) - (Erişim Tarihi: 08.05.2018).
- Mitsubishi Electric, 2018.** Frekans İnverterleri Başlangıç Kılavuzu, [http://www.inverter-plc.net/mitsubishi/FR-F700\\_kullanım\\_kilavuzu.pdf](http://www.inverter-plc.net/mitsubishi/FR-F700_kullanım_kilavuzu.pdf) - (Erişim Tarihi: 10.05.2018).
- Morar, A., 2003.** Stepper Motor Model for Dynamic Simulation, University of Targu-Mures, Romania
- Önalın F., 2003.** Suni Deri ve Üretimi Sanayi Profili, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Araştırma Ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara
- Öner E., 2014.,** İstatistiksel Kalite Kontrol Dersi – Pratik Çalışmaların Çözümleri. Marmara Üniversitesi, İstanbul, 1-28.
- Özçivit Ç., 2014.** PID Denetleyiciler. <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/pid-denetleyiciler/11787#ad-image-0> - (Erişim Tarihi: 08.05.2018).
- Salman, B., 2009,** Sonsuz Vidalar Ve Sonsuz Vida Karşılık Dişlisi Helisel Dişli Matematik Modellemesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, s.11
- Soylu, E. 2014.** MTM406 Endüstriyel İletişim Sistemleri Ders Notları. Karabük Üniversitesi, Karabük, 10-11.



- Şefkat, G., Yüksel, İ., Şengirgin, M., 1996.** Elektromekanik Gergi Denetim Sistemi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bursa
- Şefkat, G., 2009.** Elektromekanik gergi denetim sisteminin DGM Kullanarak iyileştirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(1): 11-22.
- Taplamacıoğlu, M.C., Saygın, A., Değirmenci, E., Tezcan, Cem., 2017.** PLC Cihazı İle Serada Sıcaklık ve Nem Kontrolünün PID Denetleyiciyle Gerçekleştirilmesi, Gazi Üniversitesi, Ankara
- Ünsal A., Tunaboşlu S., Ulu C., 2009.** Matlab/Simulink Ortamında Modellenen Bir Sıvı Seviye Sisteminin Gerçek Zamanlı Kontrolünün Sağlanması, Elektrik Elektronik Bilgisayar Biyomedikal Mühendisleri Eğitimi 4. Ulusal Sempozyumu, Eskişehir
- Vatansever A., 2009.** AC Motor Kontrol Yöntemlerinin İncelenmesi Ve Bir Uygulama Devresi Gerçekleştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Yalçın, T., 2005.** CATIA V5 Eğitim Notları
- Yanıkören M., 2013.** PID Kontrol Deneyi, T.C. Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
- Yesilalan, H., E., Warner, S., B., Laoulache, R., 2010.** Penetration of blade-applied viscous coatings into yarns in a woven fabric. *Textile Research Journal*, 80(18): 1930-1941.
- Yüksel, İ., 2011.** Otomatik Kontrol Sistem Dinamiği ve Denetim Sistemleri. Dora yayımları, 226 s., Bursa.

## ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı : Serhat AKÇAY
- Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa - 15.02.1987
- Yabancı Dili : İngilizce
- Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl) :
- Lise : Bursa Cem Sultan Lisesi - Fen Matematik (2004)
- Lisans : Sakarya Üniversitesi - Makine Mühendisliği (2008)
- Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Grammer A.Ş. – Ar-Ge Mühendisi (2009-2012)
- TOFAŞ – Ar-Ge Mühendislik Uzmanı (2012-devam)
- İletişim (e-posta) : serhatakay@live.com