



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK DOKUMA  
MAKİNELERİNDE ÇÖZGÜ BESLEME SİSTEMİ TASARIMI

Lütfullah DAĞKURS

DOKTORA TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2010



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK DOKUMA  
MAKİNELERİNDE ÇÖZGÜ BESLEME SİSTEMİ TASARIMI

Lütfullah DAĞKURS

Prof.Dr. Recep EREN  
(Danışman)

DOKTORA TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2010

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK DOKUMA MAKİNELERİNDE  
ÇÖZGÜ BESLEME SİSTEMİ TASARIMI

Lütfullah DAĞKURS

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 11/11/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/~~oy çokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr. Recep EREN  
Danışman

  
Prof. Dr. H. Rifat ALPAY

  
Prof. Dr. Cevza CANDAN

  
Prof. Dr. Şükriye ÜLKÜ

  
Prof. Dr. Ferruh ÖZTÜRK

## ÖZET

Bu çalışmada dokuma makinesine ait çözgü salma sisteminin teorik modellenmesi yapılmıştır. Teorik modelden yararlanılarak tüm dokuma işlemi boyunca meydana gelen çözgü gerginliğindeki değişim incelenmiştir. Çözgü gerginliği çözgü salma miktarına, kumaş çekme miktarına ve arka köprünün hareketine bağlı olarak farklı değişimler göstermektedir. Çözgü gerginliğinin istenilen değerde sabit tutabilmek için PID denetim sistemi ve Bulanık Mantık kontrol denetçisi kullanılmıştır. PID denetim sisteminde farklı oransal, türev ve integral değerleri kullanılarak çözgü gerginliğinin değişimi incelenmiştir. Bulanık mantık kontrolcüsünde ise istenilen gerginlik değerine ulaşabilmek için kural tablosu oluşturulmuştur. Yapılan simülasyon çalışmasıyla bulanık mantık kontrolcüsüyle yapılan gerginlik değişiminin PID denetim sistemiyle yapılan kontrole göre önemli avantajlar sağladığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Çözgü Gerginliği, Bulanık Mantık , PID Kontrol



**ABSTRACT**

In this thesis, theoretical modelling of the let off system in loom has been done. Throughout the entire weaving process, change occurring in the warp tension investigated by using the theoretical model. Warp tension, depending on the back rail oscillations and let off and take up amount, shows the different variations. Desired to keep the value of warp tension PID and fuzzy logic controller was used. PID control system, different proportional, derivative and integral values of the exchange were examined using warp tension. The rule table of fuzzy logic controller in order to achieve the desired tension value was created. Fuzzy logic controller with a simulation study made of the PID control system built with the tensions of change compared to control important advantages that have been observed.

Keywords : Warp tension, Fuzzy logic control, PID control

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

|   | Sayfa |
|---|-------|
| TEZ ONAY SAYFASI .....  | ii    |
| ÖZET .....  | iii   |
| ABSTRACT .....  | iv    |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....  | v     |
| KISALTMALAR DİZİNİ .....  | vi    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....   | vii   |
| SİMGELER DİZİNİ .....   | x     |
| 1. GİRİŞ .....  | 1     |
| 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....   | 4     |
| 2.1. Çözümlü Salma ve Kumaş Çekme Mekanizması .....                 | 4     |
| 2.1.1. Negatif Çözümlü Salma Sistemi .....                          | 5     |
| 2.1.2. Pozitif Çözümlü Salma Sistemi .....                          | 7     |
| 2.1.3. Yarı Pozitif Çözümlü Salma Mekanizmaları .....               | 8     |
| 2.2. Kontrol (Denetim) Sistemleri .....                             | 18    |
| 2.2.1. Kapalı Döngü Denetim Sistemleri .....                        | 20    |
| 2.2.1.1. Negatif Geri Besleme .....                                 | 20    |
| 2.2.1.2. Pozitif Geri Besleme .....                                 | 21    |
| 2.3. Temel Denetim Teknikleri ve Denetim Organları .....            | 22    |
| 2.3.1. Klasik Denetim Teknikleri .....                              | 22    |
| 2.3.1.1. Açık – Kapalı Kontrol .....                                | 22    |
| 2.3.1.2. Oransal Kontrol (P) .....                                  | 23    |
| 2.3.1.3. Oransal-İntegral Kontrol (PI) .....                        | 25    |
| 2.3.1.4. Oransal -Türev Kontrol (PD) .....                          | 26    |
| 2.3.1.5. PID Kontrol .....  | 27    |
| 2.3.2. Modern Denetim Teknikleri .....                              | 28    |
| 2.3.2.1. Bulanık Mantık ve Bulanık Mantık Kontrolcüsü .....         | 29    |
| 2.4. Çözümlü Salma Mekanizmaları Üzerine Yapılan Araştırmalar ..... | 38    |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....   | 50    |
| 3.1. Materyal .....   | 50    |
| 3.2. Yöntem .....   | 57    |
| 3.2.1. Deneysel Çalışmaya Ait Yöntem .....                          | 57    |
| 3.2.2.1. PID Denetim İle Çözümlü Gerginliği Kontrolü .....          | 73    |
| 3.2.2.2. Bulanık Mantık İle Çözümlü Gerginliği Kontrolü .....       | 77    |
| 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI .....  | 81    |
| 4.1. Teorik Çalışmaya Ait Araştırma Sonuçları .....                 | 81    |
| 4.2. Deneysel Çalışmaya Ait Sonuçlar .....                          | 91    |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....  | 96    |
| KAYNAKLAR .....   | 98    |
| EK-1 .....  | 101   |
| EK-2 .....  | 103   |
| EK-3 .....  | 115   |
| ÖZGEÇMİŞ .....  | 117   |
| TEŞEKKÜR .....  | 118   |

## **KISALTMALAR DİZİNİ**

P – Oransal Kontrol

PI- Oransal +İntegral Kontrol

PD- Oransal + Türev Kontrol

PID- Oransal + Türev+İntegral Kontrol

FLC- Bulanık Mantık Kontrolcüsü

ELO- Elektronik Çözümler Salma

EWC- Elektronik Çözümler Salma

ETU- Elektronik Kumaş Sarma

**ŞEKİLLER DİZİNİ****Sayfa**

|  |    |
|--|----|
| Şekil 2.1. Dokuma Makinesi .....   | 4  |
| Şekil 2.2. Arka Köprü.....   | 5  |
| Şekil 2.3. Negatif Çözümlü Salma Sistemi .....   | 6  |
| Şekil 2.4. Levent Çapına Bağlı Olarak Çözgü Gerginliği Değişimi .....  | 6  |
| Şekil 2.5. Pozitif Çözümlü Salma Sistemi.....  | 7  |
| Şekil 2.6. Çözgü İpliği Gerginlik Kontrolü Prensibi.....   | 9  |
| Şekil 2.7. Hunt Tipi Çözgü Salma Mekanizması .....   | 10 |
| Şekil 2.8. Yer Değişime Sensörü Kullanan Elektronik Yarı Pozitif Çözgü Salma Mekanizması .....   | 12 |
| Şekil 2.9. Çözgü Salma Sisteminde Kullanılan Sensörler.....  | 12 |
| Şekil 2.10. SOMET Firmasına Ait Yük Hücreleri İle Çözgü Gerginliği Ölçümünü Esas Alan Elektronik Salma Mekanizması.....  | 14 |
| Şekil 2.11. Tsudakoma Firmasına Ait Sistem .....   | 15 |
| Şekil 2.12. Dornier Tarafından Uygulanan Elektronik Çözgü Salma Sistemi.....   | 16 |
| Şekil 2.13. Dornier'e Ait Otomatik Başlangıç Hatasını Önleyen Sistem .....   | 17 |
| Şekil 2.14. Kapalı Döngü Denetim Sistemi.....  | 20 |
| Şekil 2.15. Aç-Kapa Tipi Denetimin Çıkış Cevap Grafiği.....  | 23 |
| Şekil 2.16. Oransal Kontrol Blok Şeması.....   | 24 |
| Şekil 2.17. Oransal Kontrol Cevap Eğrisi .....   | 24 |
| Şekil 2.18. PI Kontrol Blok Şeması .....   | 25 |
| Şekil 2.19. PI Kontrol Cevap Eğrisi .....  | 25 |
| Şekil 2.20. PD Kontrol Blok Şeması.....  | 26 |
| Şekil 2.21. PD Kontrol Cevap Eğrisi .....  | 26 |
| Şekil 2.22. PID Denetleyicisi .....  | 27 |
| Şekil 2.23. Farklı Denetim Tiplerinin Cevap Eğrileri .....   | 28 |
| Şekil 2.24. Bulanık Mantık Denetleyicinin(FLC) Temel Yapısı .....  | 33 |
| Şekil 2.25. Başlangıç Ayarlarının Çözgü Gerginliğine Etkisi.....   | 39 |
| Şekil 2.26. Çözgü Gerginliğinin Levend Çapına Bağlı Değişimi .....   | 40 |
| Şekil 2.27. Çözgü Leventinin Durumuna Göre Çözgü Gerginliğinin Değişimi .....  | 41 |
| Şekil 2.28. Çözgü Gerginlik Değerleri.....   | 42 |
| Şekil 2.29. Atkı Sıklığı Değişiminin Çözgü Gerilimine Etkisi .....   | 43 |
| Şekil 2.30. Çözgü Gerginliğinin Değişimi .....   | 44 |
| Şekil 2.31. Çözgü Salma Sisteminin Arka Köprü Hareketli İken PID Kontrol Etkisiyle Çalışması Durumunda Çözgü Gerginliğinin Levent Yarıçapına Bağlı Olarak Değişimi | 45 |
| Şekil 2.32. Bulanık Ön Kompansatörlü PID Denetim Yapısı.....   | 45 |
| Şekil 2.33. 300 dv/dk Çalışma Hızında Elde Edilen PID Ve Fuzzy-PID Kontrol Sistemlerindeki Gerilim Değişimleri.....  | 46 |
| Şekil 2.34. 550 dv/dk çalışma hızında elde edilen PID ve Fuzzy-PID kontrol sistemlerindeki gerilim değişimleri .....   | 46 |
| Şekil 2.35. Çözgü Gerginliğinin PID, bulanık mantık+ PID ve tekli sinir ağı+ PID Denetleyicileri Üzerindeki Değişimleri.....                                       | 47 |
| Şekil 2.36. Hata Giriş Üyelik Fonksiyonu .....   | 48 |
| Şekil 2.37. Hata Değişimi Giriş Üyelik Fonksiyonu.....   | 48 |
| Şekil 2.38. Çıkış Üyelik Fonksiyonu.....   | 48 |
| Şekil 2.39. PID ve Bulanık Mantık Kontrolcülerinin kullanımı durumundaki çözgü gerginliği değişimi.....  | 49 |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 2.40. Bulanık Mantık ve PID Kontrol Organlarının Sistem Davranışı .....                                 | 49 |
| Şekil 3.1. ATPR Kancalı Hava Jetli Dokuma Makinesi .....  | 50 |
| Şekil 3.2. AC Motor Sürücüsü Micromaster Vector Drive .....   | 51 |
| Şekil 3.3. Micromaster Vector Sürücüsüne Ait Kontrol Bağlantıları .....                                       | 51 |
| Şekil 3.4. Motora Yön Sinyali Veren Optokuplör Devresi .....  | 52 |
| Şekil 3.5. Motora Yön Sinyalinin Verilmesi .....  | 53 |
| Şekil 3.6. Çözümlü Levendinin Tahriki .....   | 53 |
| Şekil 3.7. Tezgah Anamiline Bağlanmış Anahtar Tipi İndüktif Sensör .....                                      | 54 |
| Şekil 3.8 İndüktif Tipte Yer Değiştirme Sensörünün Arka Köprüye Yerleşimi .....                               | 55 |
| Şekil 3.9. Advantech PCL-818 arabirim kartı .....   | 56 |
| Şekil 3.10. Advantech PCLD-8115D Terminal Kartı .....   | 56 |
| Şekil 3.11. Anahtar Tip İndüktif Sinyalin Simulinkte İşlenmesi .....  | 57 |
| Şekil 3.12. Simulinkte Her Atkı Atımında Ortalama Gerginlik Değerinin Hesaplanması .....                      | 58 |
| Şekil 3.13. Simulinkte Motor Dönüş Yönünün Ayarlanması .....  | 58 |
| Şekil 3.14. PID Tipi Denetimle Gerginlik Kontrolü .....   | 59 |
| Şekil 3.15. Hata Sinyalinin Üyelik Fonksiyonu .....   | 59 |
| Şekil 3.16. Çıkış Sinyalinin Üyelik Fonksiyonu .....  | 60 |
| Şekil 3.17. Hata Sinyaline Göre Çıkış Sinyalinin Değişimi .....   | 60 |
| Şekil 3.18. Bulanık Mantık Kontrolcüsüyle Gerginlik Kontrolü .....  | 61 |
| Şekil 3.19. Yer Değiştirme Sensörüne Sahip Bir Elektronik Çözüm Salma Mekanizması .....                       | 62 |
| Şekil 3.20. Çözüm İpliği Çapının Hesaplanması .....   | 65 |
| Şekil 3.21. Dokuma Makinasının Herbir Devrindeki Çözüm Leventi Yarıçapının Hesaplanması .....                 | 66 |
| Şekil 3.22. Serbest Bırakılan Çözüm Miktarının Hesaplanması .....   | 66 |
| Şekil 3.23. Çözüm İpliği Gerginliğindeki Değişimin Hesaplanması .....   | 67 |
| Şekil 3.24. Çözüm Gerginliğindeki Değişimin Arka Köprüye Olan Etkisi .....                                    | 68 |
| Şekil 3.25. $l_{fark}$ Değerinin Hesaplanması .....   | 69 |
| Şekil 3.26. Çözüm İpliğindeki Toplam Değişim Miktarı .....  | 69 |
| Şekil 3.27. Çözüm İpliği Gerginliğinin Değişimi .....   | 70 |
| Şekil 3.28. Çözüm İpliği Gerginliğinin Hesaplanması .....   | 70 |
| Şekil 3.29. Yük Momenti .....   | 71 |
| Şekil 3.30. DC Motora Ait Blok Şeması .....   | 72 |
| Şekil 3.31. Motorun Açısal Hızının Dişli Oranıyla Düşürülmesi .....   | 72 |
| Şekil 3.32. Sensör Çıkış Sinyali .....  | 73 |
| Şekil 3.33. PID Kontrol Denetleyicisi .....   | 75 |
| Şekil 3.34. PID Denetimi Kullanılmış Çözüm Gerginliği Kontrol Sistemi .....                                   | 76 |
| Şekil 3.35. Çözüm Gerginliği Kontrolüne Ait Blok Şema .....   | 76 |
| Şekil 3.36. Bulanık Mantık Denetleyicisi İle Yapılan Simülasyon Diagramı .....                                | 77 |
| Şekil 3.37. Bulanık Mantık Kontrolcüsünün Giriş Üyelik Fonksiyonu .....                                       | 77 |
| Şekil 3.38. Bulanık Mantık Kontrolcüsünün Çıkış Üyelik Fonksiyonu .....                                       | 78 |
| Şekil 3.39. Bulanık Mantık Kontrolcüsünün Kural Tablosu .....   | 78 |
| Şekil 3.40. Hata Sinyaline Göre Kumanda Sinyalinin Üretilmesi .....   | 79 |
| Şekil 3.41. Hata Değerlerine Karşılık Gelen Çıkış Sinyali .....   | 79 |
| Şekil 4.1. Oransal Kontrol Durumunda Çözüm Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (22 atk/cm, $K_p=1$ ) ..... | 81 |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 4.2. Oransal Kontrol ve İntegral Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (22 atk/cm, $K_p=1$ , $K_i=1$ ) .....           | 82 |
| Şekil 4.3. Oransal Kontrol ve İntegral Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (22 atk/cm, $K_p=1$ , $K_i=2$ ) .....           | 83 |
| Şekil 4.4. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (22 atk/cm, $K_p=1$ , $K_i=1$ , $K_d=1$ ) .....   | 83 |
| Şekil 4.5. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (22 atk/cm, $K_p=1$ , $K_i=2$ , $K_d=1$ ) .....   | 84 |
| Şekil 4.6. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=3000$ cN, $K_p=1$ , $K_i=1$ , $K_d=1$ )..... | 85 |
| Şekil 4.7. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=3000$ cN, $K_p=1$ , $K_i=1$ , $K_d=1$ )..... | 85 |
| Şekil 4.8. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=6000$ cN, $K_p=1$ , $K_i=1$ , $K_d=1$ )..... | 86 |
| Şekil 4.9. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=6000$ cN, $K_p=1$ , $K_i=1$ , $K_d=1$ )..... | 86 |
| Şekil 4.10. Bulanık Mantık Kontrol Organı İle Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $n=22$ atk/cm).....                                      | 88 |
| Şekil 4.11. Bulanık Mantık Kontrol Organı İle Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=3000$ cN) .....                                       | 89 |
| Şekil 4.12. Bulanık Mantık Kontrol Organı İle Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=3000$ cN) .....                                       | 89 |
| Şekil 4.13. Bulanık Mantık Kontrol Organı İle Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=6000$ cN) .....                                       | 90 |
| Şekil 4.14. Bulanık Mantık Kontrol Organı İle Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=6000$ cN) .....                                       | 90 |
| Şekil 4.15. PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak $K_p=5$ , $K_i=2$ , $K_d=1$ Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi.....                           | 92 |
| Şekil 4.16. PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak $K_p=10$ , $K_i=2$ , $K_d=1$ Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi.....                          | 92 |
| Şekil 4.17. PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak $K_p=15$ , $K_i=2$ , $K_d=1$ Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi.....                          | 93 |
| Şekil 4.18. PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak $K_p=5$ , $K_i=5$ , $K_d=1$ Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi.....                           | 93 |
| Şekil 4.19. PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak $K_p=10$ , $K_i=5$ , $K_d=1$ Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi.....                          | 94 |
| Şekil 4.20. PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak $K_p=15$ , $K_i=5$ , $K_d=1$ Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi.....                          | 94 |
| Şekil 4.21. Bulanık Mantık Denetçisinin 5 Üyelikli Kullanılması Durumunda Atkı Sayısına Bağlı Olarak Gerginlik Değişimi.....                          | 95 |
| Şekil 4.22. Bulanık Mantık Denetçisinin 9 Üyelikli Kullanılması Durumunda Atkı Sayısına Bağlı Olarak Gerginlik Değişimi.....                          | 95 |

## SİMGELER DİZİNİ

- $\theta$  - Arka Köprü Salınım Açısı
- $n$  - Tezgah Devri (dv/dk)
- $n_s$  - Atkı Sıklığı (atkı/cm)
- $l_{kç}$  - Kumaş Çekme Miktarı
- $l_{çs}$  - Serbest Bırakılan Çözü Mü Miktarı
- dr- Çözü Mü Levendi Yarıçapında Meydana Gelen Değişim Miktarı
- d $\theta$  - Levent Dönme Miktarı (Rad)
- dç- Çözü Mü İpliği Çapı
- L - Serbest Çözü Mü Uzunluğu
- $E_ç$  - Çözü Mü İpliği Elastisite Sabiti (N).
- $\Delta T$  - Çözü Mü İpliği Gerginliğindeki Değişim
- $l_{fark}$  - Arka Köprü'nün Çözü Mü İpliği Değişimi Üzerine Olan Etkisi
- $T_m$  - Tahrik Momenti
- $K_m$  - Tork Sabiti
- I - Akım
- $M_y$  - Yük Momenti
- $\omega_l$  - Levent Açısal Hızı
- i- Çevrim oranı





elektronik ünitelerin (örneğin DSP-sayısal sinyal işleme) sayesinde ayarlanarak çözgü gerilimleri kontrol altına alınabilmektedir. Böylelikle gerilim değişimlerinden dolayı daha az hatalı kumaş dokunmaktadır.

Dokuma makinelerinde çözgü salma sistemlerinden beklenen, çözgü ipliklerinin dokuma işlemi boyunca sabit gerilimle beslemesini sağlamaktır. Bu amaçla geliştirilen gerilim kontrol sistemleri arasında günümüzde başarıyla kullanılan PID (orantı-türev-integral) kontrol denetimcisine sahip olan kontrol sistemleridir. PID günümüzde çok kullanılan bir kontrol yöntemidir. Endüstrideki uygulamaların yaklaşık %75'inde uygulanmaktadır. Elektronik çözgü salma sistemlerinde de yaygın olarak geri beslemeli PID kontrol kullanılmaktadır. Literatürde farklı birçok PID kontrol sistemini esas alarak çalışan çözgü gerginliği kontrol sistemleri bulunmaktadır. PID kontrol denetimcisi ile gerilim kontrolünde en önemli nokta doğru çözgü gerilimini sağlayabilmek için çözgü gerginliğinin dolu leventten boş levende kadar hassas bir şekilde ölçülmesi ve bu ölçümün levent çapındaki değişimlerden bağımsız olarak gerçekleştirilmesidir. Esas olarak levent çapındaki değişimlerden kaynaklanan gerginlik değişimi algılandıktan sonra düzeltme sinyali üretilmekte ve bu sinyal işlenerek çözgü salma levendini tahrik eden motorun hızı ayarlanır ve gerginlikteki sapma düzeltilir.

Dokuma makinesinin matematiksel modellemesinin yapılması etkin bir PID denetimi için gereklidir. Çünkü kontrol sistemlerinin analiz, tasarım ve boyutlandırılmasında tüm sistem dinamiğini tanımlayan, giriş ve çıkış bağıntıları ile durum değişkenlerini içeren diferansiyel denklemlerin elde edilmesi gerekir. Sistemin değişkenleri arasındaki bağıntılarını veren bu denklemlere otomatik kontrol sistemlerinin matematiksel modeli denir. Bu konu üzerinde yoğunlaşan mühendisler, sonuçta dokuma makinesinin mekaniksel hareketlerini tanımlayan 5.dereceden diferansiyel denklemler ortaya çıkarmıştır. Sistem mekaniğini çok iyi temsil eden denklemler teorik olarak işe yaraması gerekirken, dokuma makinelerinde tam istenilen bir gerilim kontrolü elde edilememektedir. Bunun nedenleri arasında çözgü salma ve kumaş sarma sistemlerinde kullanılan motorların özelliklerinin modellemelerdeki gibi lineer olmaması, ipliğin yük-uzama ilişkisinin farklı tip ipliklerde lineerlikten sapmalar göstermesi gibi sebepler sayılabilir.

Günümüz kontrol sistemlerinde popüler bir konu olan bulanık mantık (fuzzy logic) ve yapay zeka sistemleri bazı avantajları nedeniyle endüstride yaygınlaşmış ve başarılı kontrol sistemi uygulamalarıyla kendine yer edinmiştir. Çözümlenmiş sistemlerde de bulanık mantık esasına dayanan kontrol sistemleri uygulamaları araştırma alanına girmiş bulunmaktadır.

Bulanık mantık basit bir matematik modelin bulunmadığı çok karmaşık sistemlerde özellikle lineer olmayan sistemlerde oldukça etkili sonuçların alınabildiği bir yöntemdir. “İnsana özgü tecrübe ile öğrenme” olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınması nedeniyle lineer olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için özellikle uygundur.

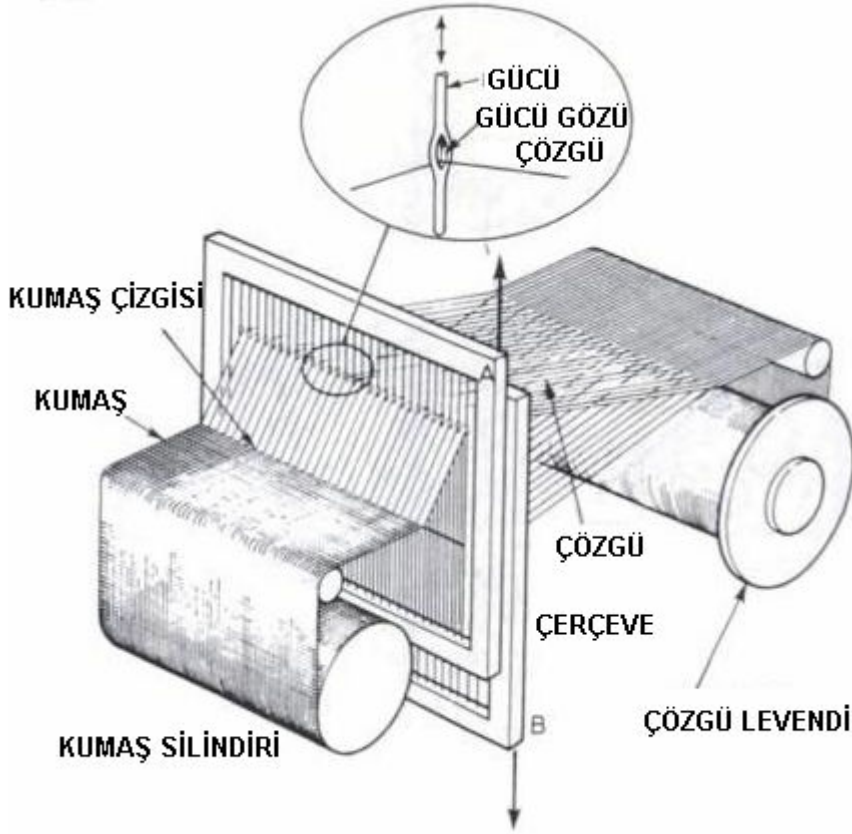
Bu çalışmada mekanik çözümlenmiş mekanizmasına sahip bir dokuma makinesinde çözümlenmiş sistem elektronik hale getirilmiş, PID ve bulanık mantık kontrol yaklaşımları uygulanarak bulanık mantıkla çözümlenmiş besleme sisteminin kontrol edilebilme olanakları PID kontrol yaklaşımı ile karşılaştırılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Çözü Salma ve Kumaş Çekme Mekanizması

Dokuma işleminin sürekli olarak devam edebilmesi için çözgü ipliği çözgü salma mekanizması tarafından çözgü levendinden beslenmekte ve elde edilen kumaş ise kumaş sarma sistemi tarafından çekilip sarılmaktadır (Şekil 2.1).

Dokuma makinelerinde kaliteli bir kumaş elde etmek için çözgü gerginliğinin işlem boyunca kumaş yapısının gerektirdiği değerde sabit tutulması gerekir. Çözgü salma sistemleri, çözgü ipliklerini istenilen gerginlik değeri sabit olacak şekilde dokuma bölgesine sevk eden sistemlerdir.

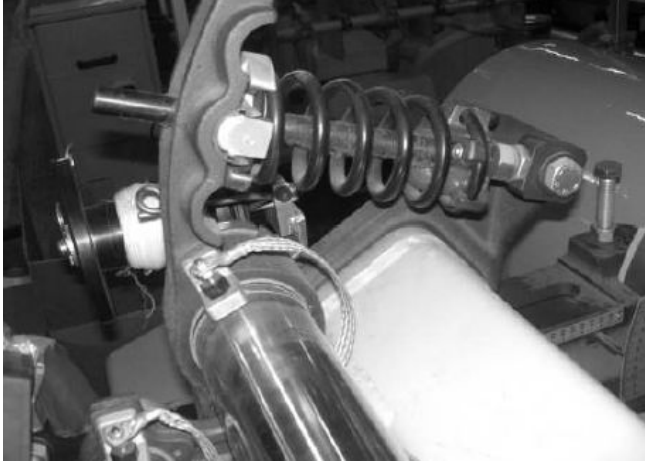


Şekil 2.1. Dokuma Makinesi

**KAYNAK:** Lord, Mansour, Weaving: conversion of yarn to fabric

Kaliteli bir dokuma kumaş elde etmek için çözgü salma mekanizmaları çözgü salınımını kontrollü bir gerilim altında sağlamaktadırlar. Çözgü salma mekanizmaları

üzerinde barındırdığı arka köprü sayesinde (Şekil 2.2) ağızlık açılmasından kaynaklanan gerilim değişimlerini, dokuma bölgesi içerisinde bulunan çözümlü uzunluğunu değiştirerek sınırlamaktadırlar.

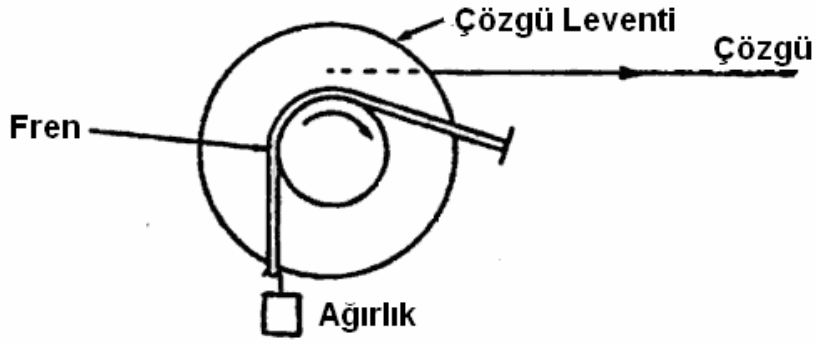


Şekil 2.2. Arka Köprü

Çözgü salma sistemleri negatif çözgü salma sistemi, yarı pozitif çözgü salma sistemi ve pozitif çözgü salma sistemi olmak üzere 3 grupta incelenebilir.

### 2.1.1. Negatif Çözgü Salma Sistemi

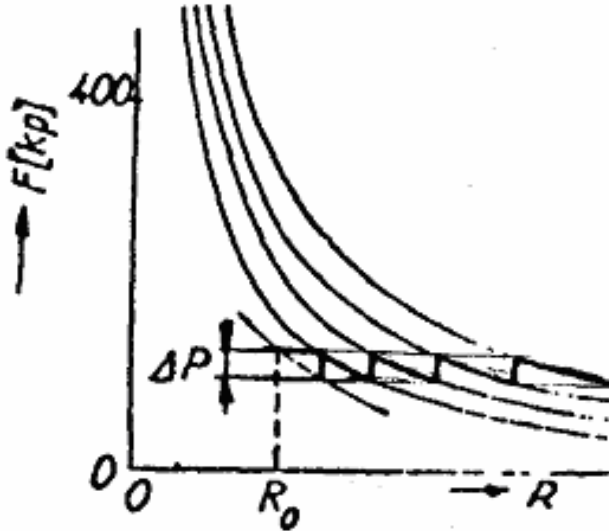
En basit çözgü salma sistemi negatif çözgü salma sistemidir. Negatif çözgü salma sistemlerinde çözgü levendi bir frenleme sistemine sahiptir ve çözgü ipliklerinin gerilimi ile çözgü levendi hareket etmektedir (Şekil 2.3). Otomatik olmayan dokuma makinelerinde çok geniş bir kullanıma sahip olan bir çözgü salma sistemidir. Mekanik olarak basit bir yapıya sahiptir ve bu sebepten dolayı düşük bir maliyetle kullanılabilir. Fakat otomatik dokuma makinelerinin çalışma şartlarına göre bazı dezavantajlara sahiptir. Bu dezavantajların sebepleri arasında çözgü geriliminde kısa, orta ve uzun periyotlu değişimlere neden olması ve böylelikle atkı sıklığında değişimlerinin görülmesidir.



Şekil 2.3. Negatif Çözü Salma Sistemi

**KAYNAK:** BOARD N., Complete technology book on textile, spinning, weaving, finishing and printing, Asia Pacific Business Press Inc, p 187, 2009

Negatif çözü salma sistemlerinde çözü leventinin yarıçapı ile çözü gerginliği arasında hiperbolik bir bağıntı mevcuttur. Çözü leventinin çapının azalışı ile çözü gerginliğinin azalmaması isteniyorsa frenleme momentinin uygun bir şekilde değiştirilmesi gerekmektedir (Alpay 1985). Levent çapına bağlı olarak çözü gerginliği değişimi Şekil 2.4’de görülmektedir.



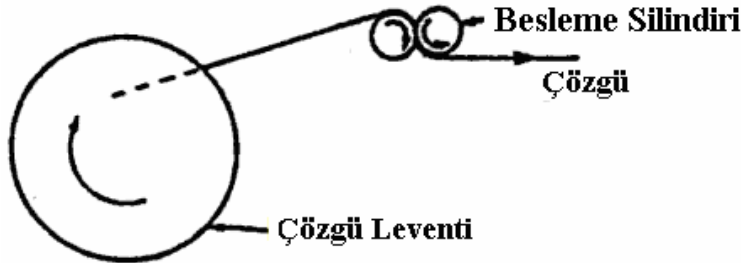
Şekil 2.4. Levent Çapına Bağlı Olarak Çözü Gerginliği Değişimi

**KAYNAK:** ALPAY R., 1985. Dokuma Makinaları, Makine Mühendisleri Odası, Yayın No:114, s. 195

Çözü levendinin bazen düzensiz bazen de kesikli çalışmasından dolayı kısa periyotlu değişimler sistemin doğası olarak birkaç atkı atımından sonra atkı sıklığında değişime neden olmaktadır. Statik sürtünme dinamik sürtünmeye nazaran daha büyüktür, bu sebepten dolayı çözü levendini devamlı hareketli tutmak çözü levendini dururken hareket ettirmeye göre daha fazla kuvvet gerektirmektedir. Bu nedenle, kumaş sarma hareketinde tefelemenin etkisiyle çözü levendinin dönmesi, artan çözü geriliminin etkisiyle daha da zorlaşmaktadır. Levent çözü geriliminin etkisiyle dönme hareketine başladığında ve dönmeye devam ettiğinde tefe kumaş çizgisine geldiğinde çözü ipliklerini çekeceğinden çözü levendinin hareketi azalacak ve dinamik sürtünme etkisini yitirecektir. Bu durumda çözü levendi çözü gerginliği tekrar dinamik sürtünmeyi aşacak yeterli gerginlik değerine ulaşmıncaya kadar duracaktır. Bu durum dinamik ve statik sürtünme katsayısına, çözü ipliğinin elastik modülüne ve kumaş çekme oranına bağlı olarak değişmektedir.

### 2.1.2. Pozitif Çözü Salma Sistemi

Pozitif çözü salma sisteminde prensip çözü ipliğini kumaş yapısının gerektirdiği sabit dokuma bölgesine beslemektir. Çözü salma işlemi çözü gerginliğinden bağımsız olarak gerçekleşmektedir. Ancak kumaşın dokunması için gerekli olan çözü besleme hızı başlangıçta gerginlik istenen seviyede olacak şekilde belirlenir. Pozitif çözü salma mekanizmaları çok özel alanlar dışında dokuma sektöründe yaygınlık kazanamamıştır. Daha fazla örme sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Pozitif çözü salma mekanizmalarının dokumada uygulanabilirliğinin araştırılması kaynak (Eren 1998) 'da verilmektedir.



Şekil 2.5. Pozitif Çözü Salma Sistemi

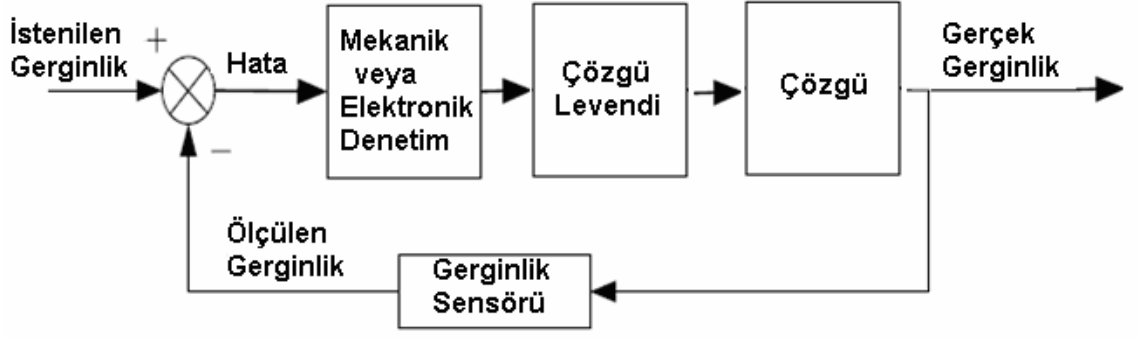
**KAYNAK:** BOARD N., Complete technology book on textile, spinning, weaving, finishing and printing, Asia Pacific Business Press Inc, p 187,2009

Negatif çözü salma mekanizmaları zaman içerisinde levend çapındaki değişimin etkisini sınırlayacak şekilde geliştirilse de dokumanın ihtiyaçlarına cevap verememiş ve yarı pozitif çözü salma mekanizmaları geliştirilerek endüstride kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde de kullanılan sistem yarı pozitif çözü salma sistemi olup elektronik donanımla çalışmaktadır. Aşağıda gelişim sürecine göre yarı pozitif çözü salma mekanizmaları incelenecektir.

### **2.1.3. Yarı Pozitif Çözü Salma Mekanizmaları**

Yarı pozitif çözü salma mekanizmalarında çözü levendi ana motordan bir mekanik sistem ile veya bağımsız bir çözü salma motoru tarafından tahrik edilir. Çözü besleme hızı ise çözü gerginliği tarafından belirlenir. Yarı pozitif çözü salma mekanizmalarında çözü gerginliği arka köprüde ölçülür. İstenilen değerle karşılaştırıldıktan sonra olabilecek bir sapma çözü levendinin hızı ayarlanarak düzeltilir. Arka köprü genelde hareketli olup her tezgah devrinde salınım yapmaktadır. Bu şekilde ağızlık açma ve tefeleden dolayı ortaya çıkan gerginlik değişimleri sınırlandırılır. Orta periyotlu ve levend çapının gittikçe azalmasından dolayı ortaya çıkan uzun periyotlu gerginlik değişimleri ise ölçme sistemi tarafından algılanıp levendin açısal hızı ayarlanarak düzeltilir. Dolayısıyla yarı pozitif çözü salma mekanizmalarında dolu levenden boş levende kadar gerginlikte ortaya çıkabilecek tüm sapmalar düzeltilebilme potansiyeli taşımaktadır.

Yarı pozitif çözü salma mekanizmaları Şekil 2.6'da görülen blok diyagramı ile temsil edilen bir geri beslemeli kontrol sistemi olarak çalışmaktadır. Burada ölçülen gerginlik istenen gerginlik ile karşılaştırılmakta ve aradaki fark hata sinyali olarak elde edilmektedir. Mekanik veya elektronik denetim organı hata sinyalini işleyip tahrik elemanını kontrol ederek çözü levendi hızını ayarlamaktadır. Buna göre beslenen çözü miktarı değiştirilip gerginlik düzeltilmektedir. Bu çevrim ortalama çözü gerginliği belirlenerek dokuma işlemi boyunca devam eder.



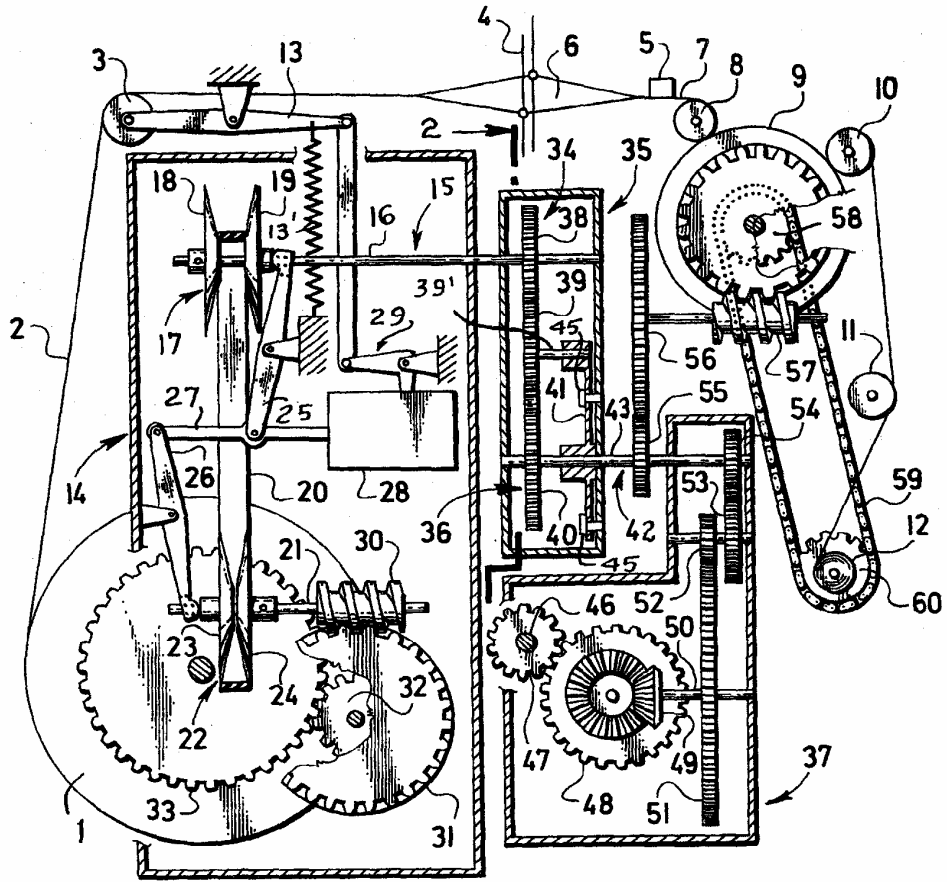
Şekil 2.6. Çözgü İpliği Gerginlik Kontrolü Prensibi

**KAYNAK:** ZHOU Q., HE Y., GUO S., FANG M., DSP-Based Intelligent Tension Controller, High Density Microsystem Design and Packaging and Component Failure Analysis, Shanghai, 27-29 June 2005, p 1-4

Yarı pozitif çözgü salma mekanizmaları 80’li yıllara kadar mekanik sistemler kullanılarak uygulanmıştır. Önceleri kesikli hareket üretecek tarzda tasarlanıp üretilen yarı pozitif çözgü salma mekanizmaları daha sonra sürekli hareket üretecek şekilde üretilmiş ve endüstride kullanılmıştır. Şekil 2.7 Hunt tipi sürekli levend hareketi üreten bir mekanik çözgü salma mekanizmasını göstermektedir. Sürekli levend hareketi üreten bu mekanizmada çözgü gerginliği 13` nolu yayın gerginliği ile ayarlanır. Yay kuvveti 13 nolu kolu saat ibreleri yönünde döndürmeye çalışırken çözgü gerginliği 3 nolu arka köprü silindirine uyguladığı kuvvetle saat ibrelerinin tersi yönünde döndürmeye çalışmaktadır. Çözgü gerginliğinin momenti yay kuvveti momentine eşit olduğu zaman 13 nolu kol denge konumunda kalır ve istenen gerginlik elde edilmiş olur. Levent çapındaki azalmaya bağlı olarak çözgü gerginliği artış eğilimine girer ve 13 nolu kolu saat ibreleri tersi yönünde döndürmeye başlar. 13 nolu kolun saat ibreleri tersi yönündeki dönme hareketi 29 nolu kola saat ibreleri yönünde dönme hareketi olarak iletilir. 29 nolu kolun saat ibreleri yönündeki dönme hareketi 25 nolu kolun saat ibleri tersi yönünde 26 nolu kolun ise saat ibreleri yönünde dönme hareketi olarak aktarılır. Bunun sonucu olarak üst varyatör kasnağı kapanıp kayışın temas ettiği çap artarken alt kasnak açılıp kayışın temas ettiği çap azalmaktadır. Üst kasnak dokuma makinesinin ana milinden alınan sabit hızda tahrik edildiğinden kasnak çaplarındaki bu değişim alt kasnağın açısal hızını arttırmaktadır. Alt kasnak hızı sabit birdişli oranıyla levende iletildiğinden levend açısal hızında da artış olur ve çözgü besleme hızı artar. Bunun sonucu olarak bu işlem gerginlik istenilen değere gelinceye kadar (13 nolu kolun dengesi oluşuncaya) kadar devam eder.



Herhangi bir sebepten dolayı çözgü gerginliğinde düşüş olduğunda sistem ters yönde çalışarak gerginliği ayarlanan değere getirir. Bu sistem levent çapındaki değişimden veya başka sebeplerden dolayı oluşacak gerginlik değişimlerini otomatik olarak ortadan kaldırmaktadır. Sürekli hareket üreten çözgü salma mekanizmalarının kullanımı ile tam otomatik ağızlık arama işlemi dokumaya uygulanmaya başlanmıştır. Çünkü çözgü levendi kesikli hareket üreten sistemlerde olduğu gibi tek yönlü döndürülmeyip hem saat ibreleri hemde tersi yönünde istenildiği kadar döndürülmektedir.



Şekil 2.7. Hunt Tipi Çözgü Salma Mekanizması

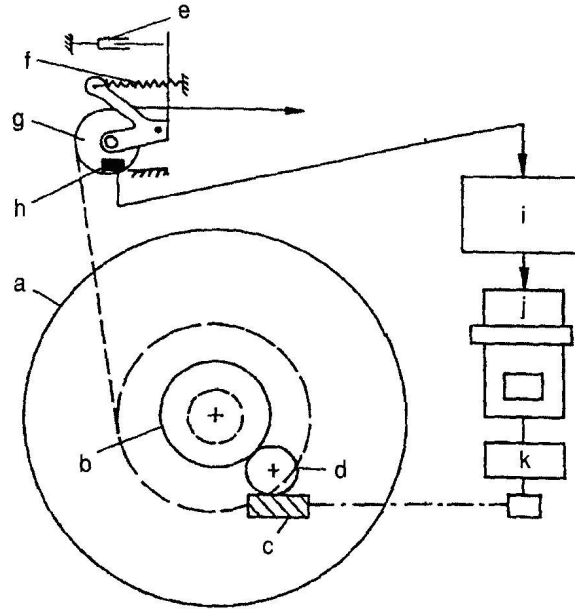
**KAYNAK:** Rotrekl, O. ,Kuda, V. , Warp Let-Off And Its Drive In A Loom, US Patents No: 4402347

Yüksek hızlı modern dokuma makinelerinde elektronik çözgü salma mekanizmaları makinenin kaçınılmaz bir parçası olmuştur. 1991’de elektronik kumaş sarma sistemleri (ETU) de eklenmiş ve iki hareketin birlikte eş zamanlaması kumaş kalitesinde iyileştirme

sağlamış ve kumaş çizgisi konumundaki değişimlerin kontrol edilmesiyle başlangıç hatalarının görünürde giderilebilmesi de büyük ölçüde mümkün olmuştur. Elektronik yarı pozitif çözümler mekanizmaları yüksek performans ve esneklikleri ile bir bakıma mekanik sistemlere nazaran bakıma çok daha az ihtiyaç göstermeleri sebebiyle bugün imal edilen dokuma makinelerinin standart bir ünitesi durumundadır. Ayrıca mikro işlemci kontrolüne uygun olmaları sebebiyle bilgisayar kontrollü bir dokuma makinesi için vazgeçilmez bir ünedir. Mekanik sistemlerde olduğu gibi esas olarak aşağıda sıralanan üç ana kısımdan oluşurlar.

- Çözgü gerginliği ölçme ünitesi
- Kontrol elemanı
- Tahrik ünitesi

Bu sistemde (Şekil 2.8) çözgü gerginliği f yayı ile ayarlanmakta ve yay kuvveti g arka köprü silindirin mafsallı olduğu kola saat ibreleri yönünde bir moment etki ettirmektedir. Çözgü gerginliği ise arka köprü silindiri aracılığıyla aynı kola saat ibreleri tersi yönünde bir moment etki ettirmektedir. İstenen çözgü gerginliği yer değiştirme sensöründen elde edilen çıkış sinyali ile belirlenmekte ve bu çıkış sinyali yer değiştirme sensörü ile arka köprü kolu arasındaki mesafeye bağlıdır. Gerginliğin aynı kalması mesafenin aynı kalması ile mümkündür. Gerginlikte istenen değerden bir sapma meydana geldiğinde örneğin gerginlikte bir artış olduğunda arka köprü kolu ile yer değiştirme sensörü arasındaki mesafe azalır, gerginlikte azalma meydana geldiğinde ise artar. Bunun sonucu olarak yer değiştirme sensöründen elde edilen çıkış sinyali istenen değere göre artış veya azalış gösterir. İstenen değerden meydana gelen bu sapma (hata sinyali) kontrol elemanı tarafından işlenip levendi tahrik eden motora kontrol sinyali olarak gönderilir. Bunun sonucunda gerginlik artmışsa levend dönüş hızı arttırılarak gerginlik azalmış ise levend dönüş hızı azaltılarak çözgü gerginliği istenilen değere getirilir.



- a) Çözü Leventi b) Çözü Leventi Düz Dişlisi c) Sonsuz Vida d) Sonsuz Vida Dişlisi  
 e) Sönümleyici f) Gerdirme Yayı g) Çözü Köprüsü h) Yakınlık Mesafe Algılayıcısı  
 i) Çözü Salma Kontrol Ünitesi j) Motor k) Dişli Kutusu

Şekil 2.8. Yer Değişime Sensörü Kullanan Elektronik Yarı Pozitif Çözü Salma Mekanizması

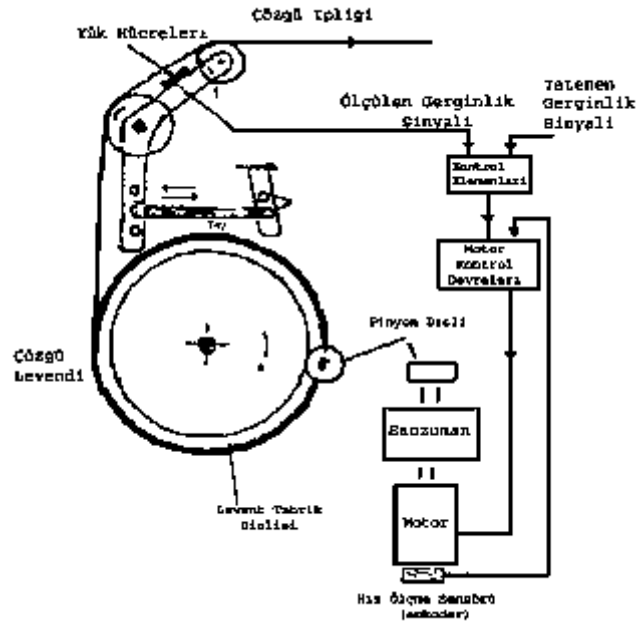
**KAYNAK:** Wulfhorst, B., Gries, T., Veit, D., Textile technology, Hanser Gardner Publication, München, 2006, p 136

Çözü gerginliği ölçme ünitesi olarak arka köprü kullanılmaktadır. Arka köprü üzerine yerleştirilen gerginlik ölçme elemanı bu mekanizma için genellikle indüktif yerdeğiştirme sensörleri kullanılmaktadır. Şekil 2.9’da indüktif yerdeğiştirme sensörleri kullanılmaktadır.



Şekil 2.9. Çözü Salma Sisteminde Kullanılan Sensörler

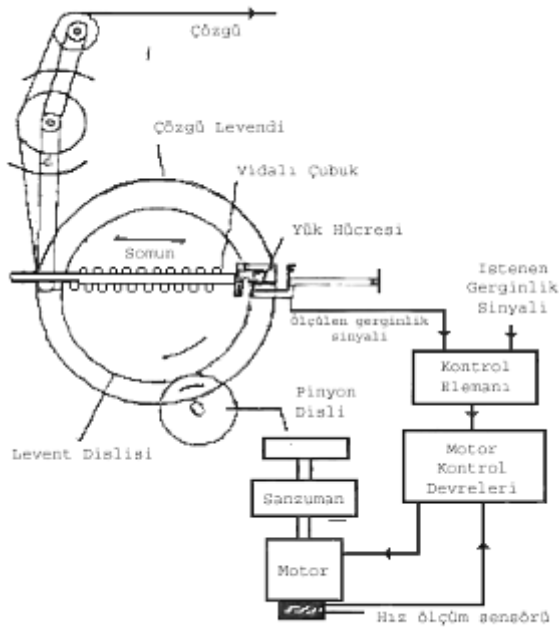
Endüstride daha yaygın olarak kullanılan elektronik çözümlü salma mekanizmaları gerginlik ölçümünde yük hücresi kullanılan mekanizmalardır. Bu gerginlik ölçme yöntemiyle gerginliğin doğrudan mutlak olarak ölçülmesi söz konusudur. Ayrıca çözümlü gerginliğin ayarlanmasında diğer çözümlü salma mekanizmalarında olduğu gibi yay kuvveti kullanılmamaktadır. Çözümlü gerginliğin yük hücresine uyguladığı baskı, istenen gerginlik elde edilinceye kadar levend açılma hızı ayarlanıp gerginlik kontrol işlemi gerçekleştirilir. Şekil 2.10'da Somet firması tarafından kullanılan yük hücreli bir elektronik çözümlü salma mekanizmasını göstermektedir. Şekilde k arka köprü kolu olup  $A_0$  etrafında dönebilmektedir. Aynı eksenli 2 nolu silindir de  $A_0$  etrafında dönebilmektedir. 3 nolu silindir k koluna mafsallanmış olup k kolu ile salınım yaparken kendi eksen etrafında da dönebilmektedir. k kolunun alt ucuna bir ucu gövdeye sabitlenmiş olan yay bağlanmıştır. k kolu üzerine 2 ve 3 nolu silindirler arasında bir yük hücresi sabitlenmiştir. Çözümlü gerginliğin k koluna uyguladığı saat ibreleri yönündeki döndürme momenti yay kuvvetinin saat ibreleri tersi yönündeki momentle dengelenmektedir. Bu iki kuvvetin etkisindeki k kolu eğilmeye maruz kalmakta ve yük hücresi dirençlerinde boyutsal değişim meydana gelmektedir. Gerginliğin etkisiyle dirençlerde meydana gelen bu boyutsal değişim elektriksel sinyale dönüştürülür ve gerginlik ölçülmüş olur. İstenen gerginlik sinyali ölçülen gerginlik sinyali ile karşılaştırılır ve aradaki farka göre hata sinyali elde edilir. Hata sinyali kontrol organında kontrol sinyaline dönüştürülerek çözümlü salma motoru tahrik edilir. Bu şekilde çözümlü gerginliğindeki artış veya azalmalar çözümlü salma motorunun hızı ayarlanarak levend çapı ne olursa olsun hep aynı değerde tutulabilmektedir.



Şekil 2.10. SOMET Firmasına Ait Yük Hücreleri İle Çözgü Gerginliği Ölçümünü Esas Alan Elektronik Salma Mekanizması

**KAYNAK:** Eren 2006

Aynı prensibi kullanan farklı bir tasarım örneği Şekil 2.11'de görülmektedir. Tsudakoma firmasına ait olan bu sistemde kendi eksenini etrafında dönebilen 1 no'lu silindir ile aynı eksen etrafında dönen bir kol mevcut olup kolun üst ucuna eksen etrafında dönebilen bir silindir takılmıştır. Kolun alt ucu yayla bağlı olarak yayın içinden uzanan ve üzerinde vida açılmış yatay çubuk alt ucundan açılmış olan boşluk içinde serbestçe hareket edebilmektedir. Yatay çubuğun diğer ucu yük hücresinin bir tarafına bağlanmıştır. Burada yük hücresi çeki ve baskıya zorlanmaktadır. Yatay çubuğun üzerinde dış kısmında yay profiline uygun şekilde açılmış kanat bulunan silindirik bir parça mevcuttur. Bu parça döndürülerek yay eksenini boyunca hareket ettirilip yay üzerinde istenilen yerde sabitlenebilmektedir. Bu sayede yukarıda açıklandığı şekilde arka köprünün salınım miktarı (yani rijitliği) ayarlanabilmektedir.



Şekil 2.11. Tsudakoma Firmasına Ait Sistem

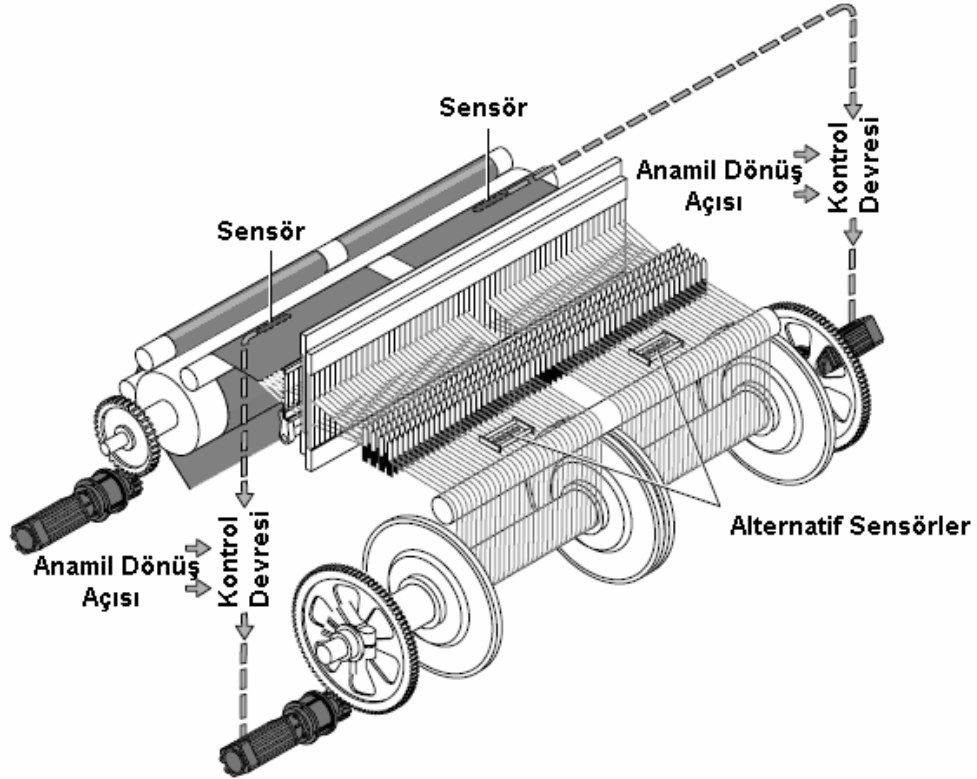
**KAYNAK:** Eren 2006

Her iki sistemde de bir ön gerginlik verilmesi durumunda salınım yapan kolun açılma pozisyonu değişeceğinden aynı çözümlenme gerginliği değeri için yük hücreleri farklı seviyede zorlanır ve dolayısıyla farklı çıkış sinyalleri elde edilir. Bunun sebebi 1 no'lu silindir ve kol ile birlikte salınan 2 no'lu silindir arasındaki çözümlenme tabakasının yatayla yaptığı açının değişmesi sonucu 2 no'lu silindire etkileyen çözümlenme gerginliğinin sebep olduğu momentin değişmesidir. Bu yaklaşım belirli bir yük ölçme aralığına sahip bir yük hücresi ile daha geniş bir aralıkta çözümlenme gerginliği ölçümü prensibini benimseyen bazı firmalar arka köprü geometrisindeki değişiklikleri hesaba katan yazılımlar ile gerginlik ölçümünü mutlak değer olarak göz önüne almaktadır. Bu durumda istenen toplam çözümlenme gerginliği bilgisayardan kN olarak girilmektedir.

Çözümlenme gerginliği ölçümünü mutlak değer olarak değerlendirmeyen firmalar ise çözümlenme gerginlik aralığını temsil eden birimsiz sayılar kullanarak istenen çözümlenme gerginlik değerini bilgisayardan girmektedir. Gerçekleşen çözümlenme gerginliği dokunması istenen kumaş için tatmin edici değilse istenen çözümlenme gerginliği değeri olarak farklı sayılar

tatmin edici sonuç elde edilinceye kadar değiştirilir. Başlangıçta çözüge gevşetip gerginliği sıfır olunca sensör çıkışı sıfır olacak şekilde ayar yapılır.

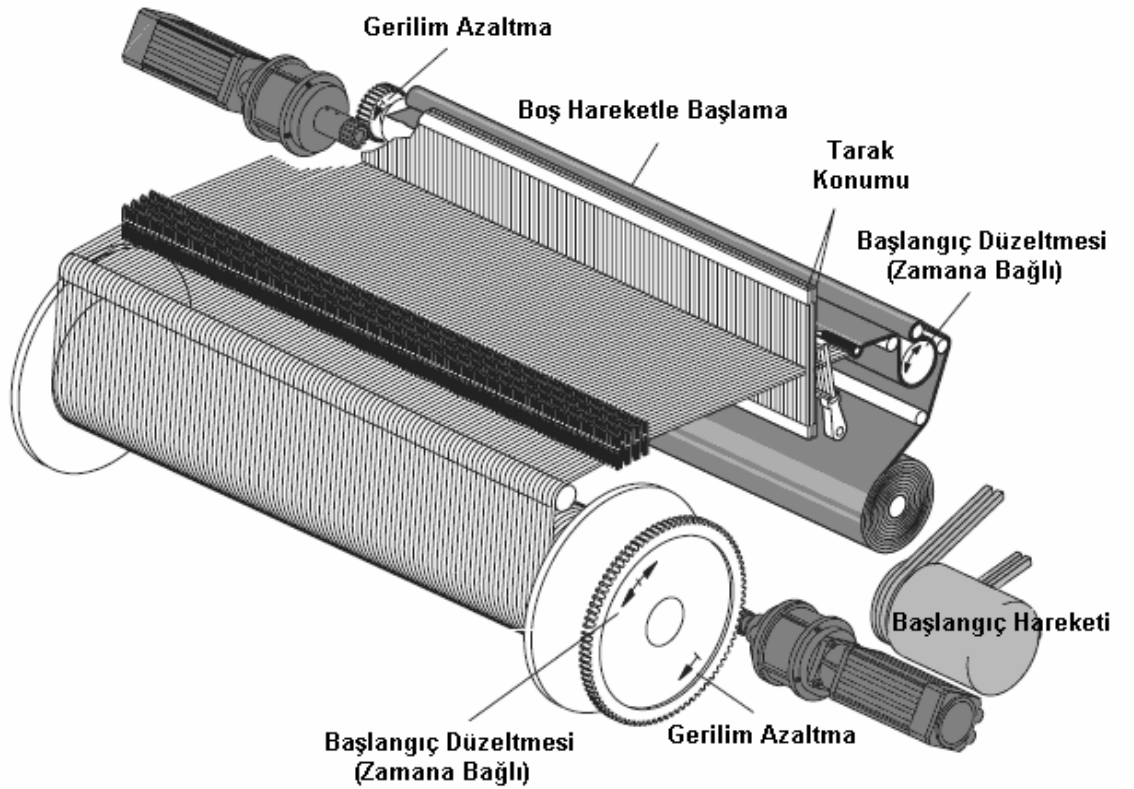
Dornier firması tarafından kullanılan elektronik çözüge salma sistemi (EWL) şematik olarak Şekil 2.12’de görülmektedir. Bu sistemde çözüge gerginliği yerine kumaş gerginliğinin ölçümü esas alınmaktadır. Bu şekilde gerginlik ölçmenin arka köprü geometrisindeki değişimlerden etkilenmediği düşünülmektedir. Kumaş gerginliği ölçüldükten sonra istenen gerginlik değeri ile karşılaştırılmakta ve aradaki sapmaya göre yukarıda açıklandığı gibi levendi tahrik eden motorların açılma hızları ayarlanarak gerginlikteki sapma düzeltilmektedir. Şekilde çift levendle çalışma söz konusu olduğundan 2 ayrı sensör ve 2 ayrı levendi tahrik eden 2 ayrı elektrik motoru kullanılmaktadır. Gerginlik kontrol sistemi her bir levend için bağımsız olarak oluşturulmaktadır. Kumaş gerginliğini ölçmek yerine taşınabilir gerginlik ölçme sensörleri kullanılarak da gerginlik kontrol sistemi oluşturulabilmektedir. Taşınabilir sensörler belirli sayıda çözügeün gerginliğini ölçmekte ve gerginlik kontrol sistemi buna göre oluşturulmaktadır.



Şekil 2.12. Dornier Tarafından Uygulanan Elektronik Çözüge Salma Sistemi

**KAYNAK:** Dornier Kataloğu

Dornier tezgahlarında uygulanan ve kumaş sarma ile çözü salmayı entegre ederek duruş izlerini önlemeyi amaçlayan sistemin çalışma ilkesi Şekil 2.13’de gösterilmektedir. Tezgah duruşunda ağızlık otomatik olarak kapatılır ve çözü geriliminde rahatlatma çözü salma ve kumaş çekme mekanizmaları tarafından gerçekleştirilir ve böylece çözüde sürünmenin önüne geçilir. Yeniden başlamada çözü geriliminde düzeltme yapılarak sık seyrek hatalarının oluşumu önlenir (Özek 1993). Bunun haricinde tezgahın istenen hıza ulaşma süresini kısaltan, tezgah istenilen hıza ulaşana kadar atkı atmama (boş atkı) ve tezgahın başlama konumunu belirleme duruş izlerini önlemeyi amaçlayan diğer yöntemler olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.13. Dornier'e Ait Otomatik Başlangıç Hatasını Önleyen Sistem

**KAYNAK:** Dornier Kataloğu



Elektronik çözümler salma mekanizmalarında dokunan kumaşın yapısına bağlı olarak aynı kumaşın farklı kısımları dokunurken değişik çözümler gerginlikleriyle çalışmak mümkündür. Bu amaçla dokuma makinesini aynı kumaş için 10'dan fazla sayıda çözümler gerginliğine ayarlayıp kumaş dokumak mümkündür.

## 2.2. Kontrol (Denetim) Sistemleri

Bir denetim sistemi bir takım elemanların karşılıklı şekilde birbirine bağlanmasından meydana gelmiştir. Bu sistem elemanlarını birbirlerine giriş ve çıkışlar yoluyla bağlanmıştır. Otomatik denetim sistemleri veya kısaca denetim sistemleri, günümüzde ileri toplumların günlük yaşantısına girmiş ve hemen hemen her alanda kullanılmaktadır. Evlerde kullanılan otomatik çamaşır makinesi, otomatik bulaşık makinesi, termostatlı fırınlar veya diğer bir deyişle akıllı fırınlar, ütüler, endüstriyel ve araştırma alanında kullanılan robotlar, mikro işlemciler, bilgisayarlar, uzay taşıtları v.b. denetim sistemleri üretim ve üretim kalitesini sürekli olarak arttırmakta olup, yaşam biçimimize etki etmektedirler. Denetim sistemleri herhangi bir endüstri toplumunun tamamlayıcı bir parçası olup artan dünya nüfusunun ihtiyaç malzemelerini üretmek için gereklidirler.

**Sistem** : Genel anlamda ; bir bütün oluşturacak şekilde karşılıklı olarak birbirine bağlı elemanlar toplamıdır diye tanımlanabilir. Fiziksel anlamda; bir amacı gerçekleştirmek için düzenlenmiş ve bütün bir birim olarak hareket etmek üzere birleştiren etkileşimli yada ilişkili fiziksel elemanlar düzenidir.

**Denetim (Kontrol)** : Kelime olarak ayarlamak, düzenlemek, yönlendirmek veya kumanda etmek anlamlarına gelmektedir. Bir sistemde denetim faaliyetleri insan girişimi olmaksızın önceden belirlenen bir amaca göre denetleniyor ve yönlendiriliyor ise bu tür kontrole de otomatik kontrol adı verilir.

**Denetim Sistemi** : Kendisini veya diğer bir sistemi kumanda etmek, yönlendirmek veya ayarlamak üzere birleştiren fiziksel organlar kümesidir. Mühendislik açısından denetim sistemi, en az veya hiçbir insan girişimi gerektirmeyecek şekilde, arzu edilen

işlevleri ve sonuçları sağlamak üzere bir araya getiren makine, süreç ve diğer aygıt donanımlarının otomatik olarak çalışmasını ifade eder. Denetim sistemleri, denetlenen niceliklerin değerlerini sabit tutar yada bu değerleri, önceden belirlenmiş biçimde değişmesini sağlar.

**Giriş :** Denetim sisteminden belli bir cevap almak üzere bir dış enerji kaynağından sisteme uygulanan uyarıdır.

**Çıkış :** Denetim sisteminden sağlanan gerçek cevaptır. Çıkış girişin öngördüğü cevaba eşit olur veya olmayabilir. Bir sistemin denetim amacını giriş ve çıkışlarının türü belirler. Örneğin bir sıcaklık denetim sisteminde giriş arzı edilen sıcaklık çıkış ise sistemde gerçekleşen ve ölçülen sıcaklıktır.

**Denetim Organı :** Denetim organından alınan sinyale göre belli bir fiziksel yapıda güç sağlayan elemandır. Bu eleman denetlenen sistemde meydana gelen hatayı veya sapmayı düzeltmek için gerekli hareketi sağlayan bir elemandır.

**Denetlenen Sistem :** Özel bir niceliğin denetlendiği tesisat, süreç veya bir makinedir.

**Geribesleme Elemanı :** Denetlenen çıkış sinyali ile geribesleme sinyali arasında işlevsel bağıntı kuran elemandır. Geribesleme elemanları özellikle denetlenen değişken ile başvuru giriş sinyalinin farklı fiziksel yapıda olduğu durumlarda bir dönüştürgeçten (transducer) ibarettir. Geri besleme elemanı denetlenen değişkenin ölçülen değerini sağlar. Genellikle geribesleme elemanı bir ölçü elemanı biçimindedir.

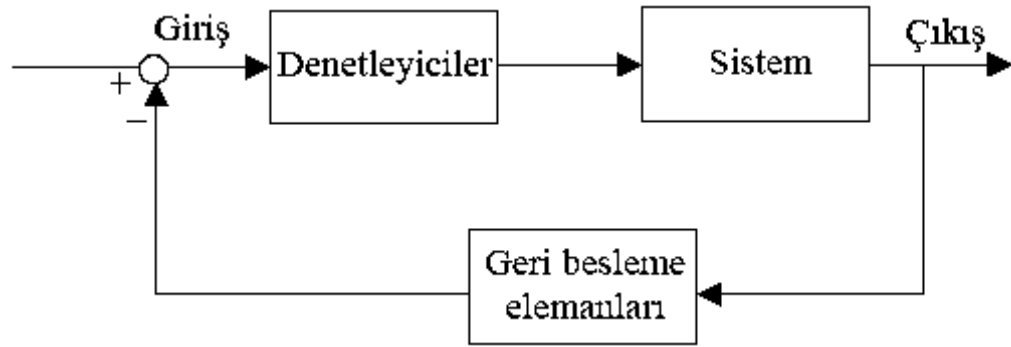
Sistem elemanlarının işlevleri, bireysel giriş ve çıkışları ve sistem elemanları arasındaki bilgi akışı işlevsel blok şemaları ile gösterilir. Bu şemalar sistem elemanlarının etki ve neden-sonuç ilişkilerine göre sıralanmalarını, sistemin yapısının incelenmesini sağlar, işlevsel bloklar bir kara kutunun davranışı giriş çıkış bağıntısı ile belirlenir. Burada giriş neden, çıkışta girişin neden olduğu bir sonuçtur. Bu nedenle giriş-çıkış bağıntısı elemanın neden-sonuç davranışı olarak ifade edilir. Örneğin bir elektrik direncine bir gerilim uygulandığında bu nedenin sonucu olarak dirençte bir akım oluşur,

işlevsel şemadaki elemanların işlevlerini matematiksel ifadelerle gösteren şemalara ise blok şema denir.

Bir kontrol sisteminde denetleyen ve denetlenen (yönetim ve yöneten-yönlendiren ve yönlendirilen) olmak üzere iki temel unsur bulunmaktadır. Kontrol sistemleri kontrol etkisi açısından iki ana sınıfa ayrılır;

### 2.2.1. Kapalı Döngü Denetim Sistemleri

Denetim etkisi sistem çıkışına bağlıdır. Sistemin çıkışı ölçülüp geri beslenir ve arzu edilen giriş değeri ile karşılaştırılır. Bu tür sistemlere aynı zamanda geri beslemeli sistemler de denir.



Şekil 2.14. Kapalı Döngü Denetim Sistemi

Geri besleme etkisi iki şekilde olmaktadır.

- i) Negatif geri besleme
- ii) Pozitif geri besleme

#### 2.2.1.1. Negatif Geri Besleme

Çıkıştaki değişimler girişe ters yönde etki ettirilerek çıkışın istenen değere dönmesi sağlanır. Bu tür sistemlerde daima giriş ile çıkışın bir farkı alınır ve denetim organına bir hata girişi olarak iletilir. Denetim organında çıkışın istenen değere getirilmesini ve bu

değerde sabit tutulmasını sağlar. Negatif geri besleme endüstriyel sistemlerin en belirgin özelliğidir ve daima hatayı en küçük tutmayı veya sıfır yapmayı amaçlar.

#### 2.2.1.2. Pozitif Geri Besleme

Çıkış girişe aynı yönde etki eder. Buna göre çıkışta meydana gelecek bir artış giriş ile toplanarak hata sinyali bir artışa, dolayısıyla denetim sinyalinde bir artışa neden olur. Bu çıkışı daha da artıracak yönde bir etki yaratır. Sonuçta artış sistemin fiziksel sınırlarına dayanır ve sistem denetlenebilirliğini kaydeder. Pozitif geri besleme iç döngüler hariç bir kapalı döngü denetim sisteminde kullanılamaz.

**Geribeslemeli Denetim (Feedback) :** Denetlenen çıkış değişkeninin ölçülüp geri beslenerek arzu edilen giriş değeri ile karşılaştırıldığı kapalı-döngü denetim sistemidir. Sistemin çıkışı arzu edilen çıkış değerini sağlayacak bir biçimde giriş niceliği üzerine etki eder.

Açık-döngü ve kapalı-döngü denetim sistemleri arasındaki temel fark geri besleme etkisidir. Geri besleme etkisi ise negatif geri besleme ve pozitif geri besleme olarak ikiye ayrılır. Negatif geri besleme çıkışın girişe ters yönde etki ettiği ve pozitif geri besleme de çıkışın girişe aynı yönde etkideği sistem olarak tanımlanır. Endüstriyel denetim sistemlerinde uygulanan geri besleme etkisi negatif türdendir.

Denetim sistemleri uygulama alanları ve çalışma biçimlerine göre düzenleyici denetim, izleyici denetim servomekanizma denetim gibi isimler alırlar. Bu sistemlerin tümü negatif geri beslemelidir ve endüstriyel alanda kullanılırlar.

Düzenleyici denetimde sisteme bir ayar değeri verilir ve çıkış tüm bozucu girişlere rağmen sabit bir değerde tutulmaya çalışılır.

İzleyici denetimde giriş değişkendir ve çıkış bu girişi izlemeye çalışır. Bunlarda sistem çıkışın hem başvuru girişi hem de bozucu girişten doğan değişimleri izlemesi ve arzu edilen değere getirilmesi esastır.

Servomekanizma mekaniksel çıkışlı güç yükseltilmesi gerekli sistemlerde kullanılır. Yerine göre izleyici türde, yerine göre düzenleyici türde çalışabilir.

### **2.3. Temel Denetim Teknikleri ve Denetim Organları**

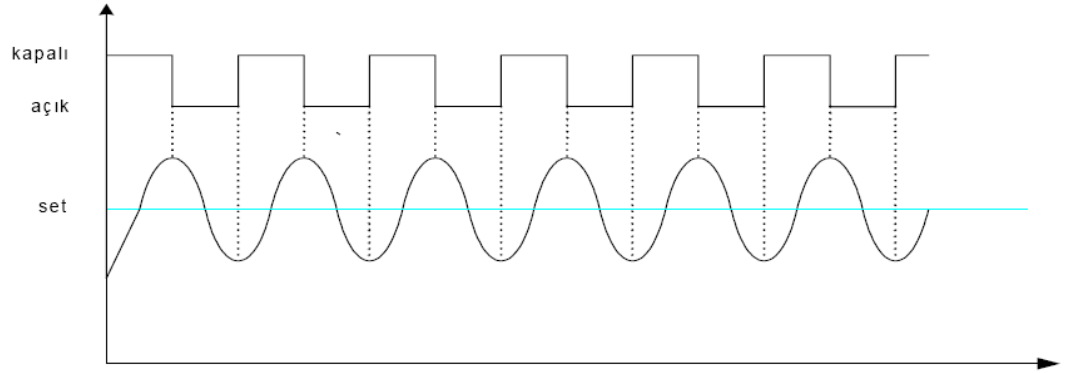
Bir kapalı-döngü denetim sistemi içinde denetim organının görevi, ölçme elemanı üzerinden geri beslenen çıkış büyüklüğünü, başvuru giriş büyüklüğü ile karşılaştırmak ve karşılaştırmadan ortaya çıkabilecek hata değerinin yapısına ve kendi denetim etkisine bağlı olarak uygun bir kumanda veya denetim sinyali üretmektir. Denetim teknikleri temelde klasik ve modern denetim teknikleri olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir.

#### **2.3.1. Klasik Denetim Teknikleri**

Günümüzde yaygın olarak kullanılan klasik denetim sistemleri içerisinde açık-kapalı, orantı, integral ve türevsel kontrollü denetim sistemleri yer alır.

##### **2.3.1.1. Açık – Kapalı Kontrol**

Bu tip kontrollerde sistemin enerjisi güç elemanına ya tam uygulanır, ya da tam kesilir. Güç elemanı iki durumda bulunabilir; ya çalışıyordur ya da duruyordur. Örnek olarak; elektrikle çalışan bir ısıtıcı ele alındığında, oda sıcaklığı  $22\text{ C}^{\circ}$  'ye ulaşınca kadar ısıtıcı açık-kapalı kontrol denetimi ile çalıştırılmakta, oda sıcaklığı  $22\text{ C}^{\circ}$  'ye ulaşınca açık-kapalı kontrol denetimi ile ısıtıcı kapatılmaktadır. Şekil 2.15'de bu tip kontrole ait sıcaklık – zaman eğrisi ve transfer eğrisi görülmektedir (Yılmaz ve Kaya 1992).



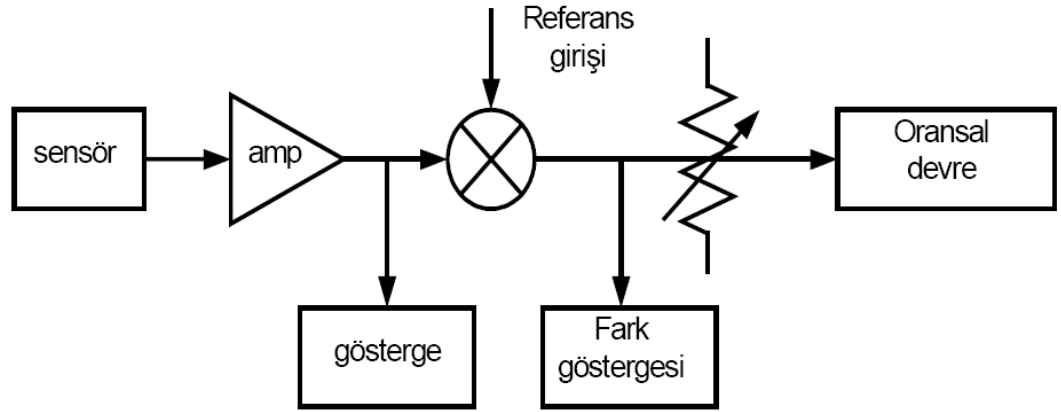
Şekil 2.15. Aç-Kapa Tipi Denetimin Çıkış Cevap Grafiği

**KAYNAK:** YILMAZ M., KAYA İ., Servo-Senkro Mekanizmalar Ders Notu, Mersin Üniversitesi, 1992, s 62

Bu tip açık – kapalı kontrol denetiminde kontrol değişkeni olan ortam sıcaklığı sürekli olarak değişim halindedir. Bu değişim değeri ayar değerinden düşük olduğunda ısıtıcı devreye girmekte, yüksek olduğunda ise devreden çıkmaktadır. Sürekli olarak açma kapama şeklinde gerçekleşen kontrol denetimi devamlı bir osilasyona neden olmaktadır. Böyle bir osilasyon güç elemanını çalıştırıp durduran sürücü devrenin çabuk bozulmasına neden olmakta ve sistemin verimini düşürmektedir.

### 2.3.1.2. Oransal Kontrol (P)

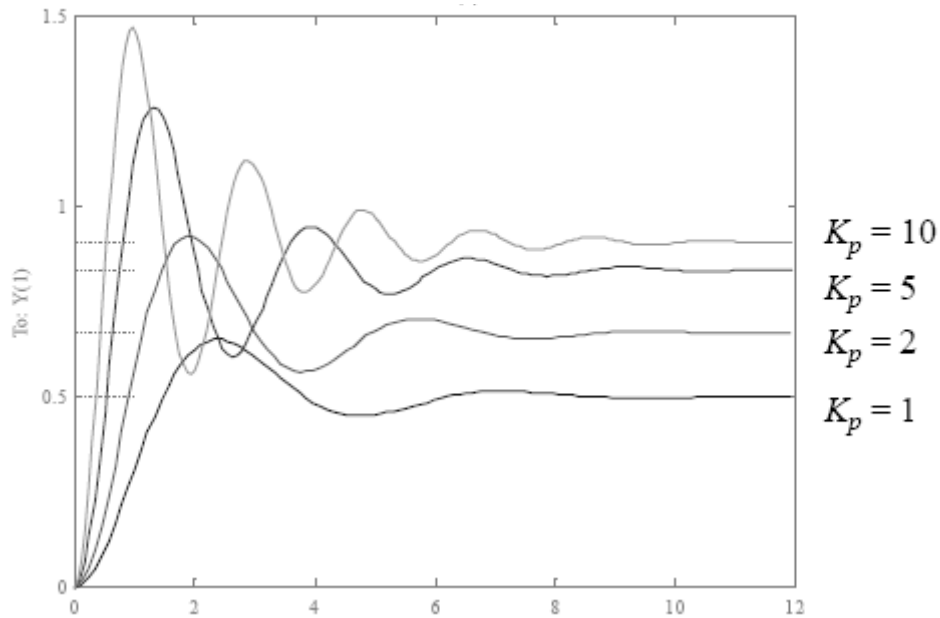
Oransal kontrolde, çalışma devamlıdır. Ancak sistemin enerji ihtiyacı her an değişim gösterir. Kontrol cihazı, ölçme elemanından aldığı ölçme bilgisine göre sürücü elemanı uyarır. Sürücü eleman da güç elemanına giren enerjiyi kontrol eder. Ölçme elemanı kontrol edilen değişkeni sürekli ölçer ve kontrol elemanına sürekli olarak sinyal gönderir. Sistemin set değerinde bir sapma olduğu anda ölçme elemanı bunun karşılığı olan elektrik sinyalini kontrol elemanına gönderir. Kontrol elemanı bu bilgiyi referans değer ile karşılaştırarak sürücü elemanı uyarır (Şekil 2.16). Oransal kontrolörün transfer fonksiyonu sabit bir sayı şeklindedir ve  $K_p$  ile gösterilir.



Şekil.2.16. Oransal Kontrol Blok Şeması

**KAYNAK:** YILMAZ M., KAYA İ., Servo-Senkro Mekanizmalar Ders Notu, Mersin Üniversitesi, 1992, s 65

Oransal kontrol sistemin yükselme zamanını azaltır ve kalıcı durum hatasını azaltır, aşımı artırır (Yılmaz ve Kaya 1992). Oransal kazancın artırılmasıyla sistemin verdiği cevap eğrisi Şekil 2.17’de verilmiştir. Şekil 2.17 incelendiğinde giderek artan oransal kontrol kazançlarında, sistemin salınımının arttığı gözlemlenmektedir.

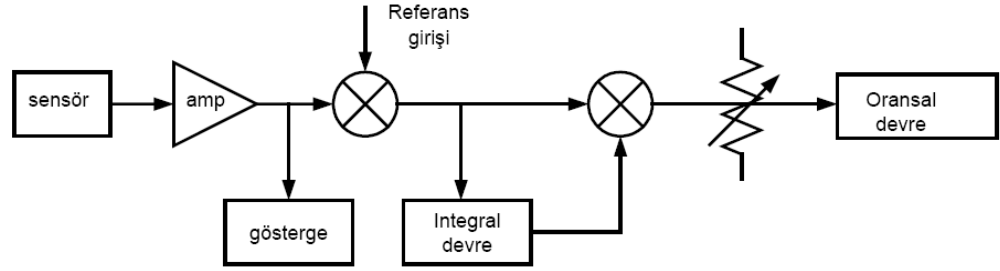


Şekil 2.17. Oransal Kontrol Cevap Eğrisi

**KAYNAK:** WONG L. K., PID Controllers, homepage.mac.com/sami\_ashhab /.../first.../PID\_controllers.pdf , 2010

### 2.3.1.3. Oransal-İntegral Kontrol (PI)

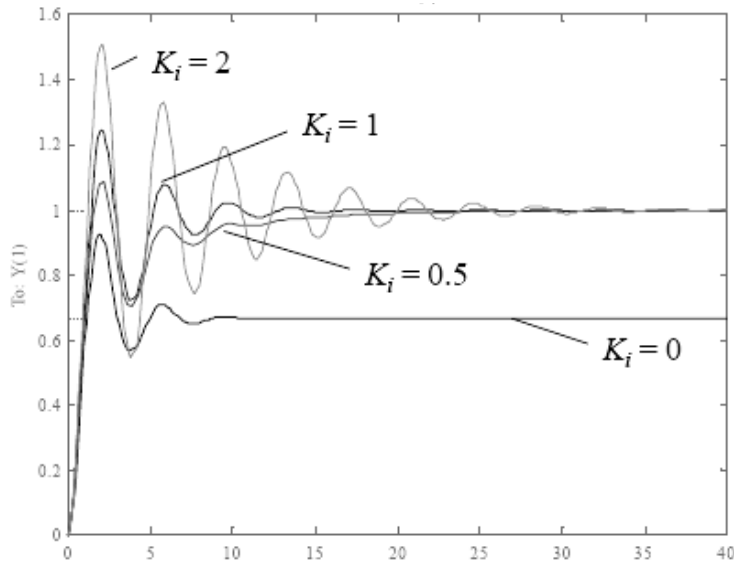
İntegral kontrolör, hata değeri sabit bir değerde kalmışsa bu hatayı gidermek üzere giderek artan bir kontrol sinyali üreterek sistem çıkışının referans değere ulaşmasını sağlar. Hata sıfır olduğunda integral çıkışı da sıfır olur. PI tipi kontrolün blok şeması Şekil 1.34'de görülmektedir.



Şekil 2.18. PI Kontrol Blok Şeması

**KAYNAK:** YILMAZ M., KAYA İ., Servo-Senkro Mekanizmalar Ders Notu, Mersin Üniversitesi, 1992, s 70

PI tipi sabit bir oransal kazançta integral kazancının artırılmasıyla sistemin verdiği cevap eğrisi Şekil 2.19'da verilmiştir. Şekil 2.19 incelendiğinde giderek artan integral kazançlarında, sistemin salınımlarının arttığı gözlemlenmektedir.



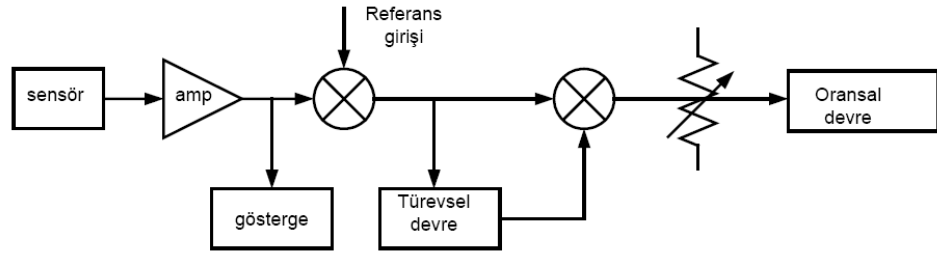
Şekil 2.19. PI Kontrol Cevap Eğrisi

**KAYNAK:** WONG L. K., PID Controllers, [homepage.mac.com/sami\\_ashhab/.../first.../PID\\_controllers.pdf](http://homepage.mac.com/sami_ashhab/.../first.../PID_controllers.pdf), 2010



### 2.3.1.4. Oransal -Türev Kontrol (PD)

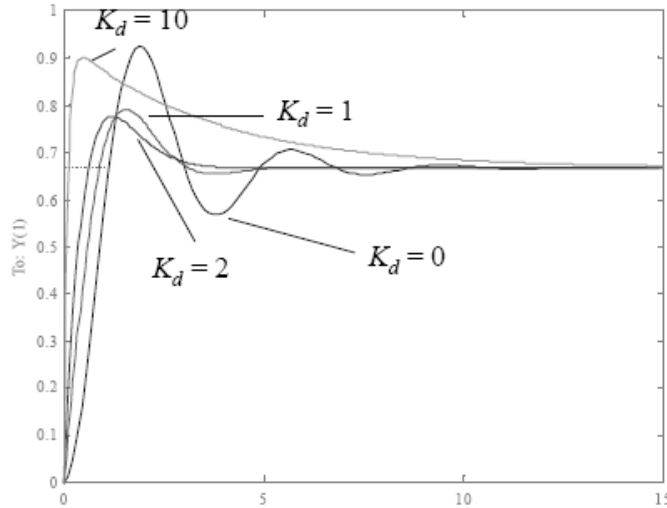
Türev kontrol hatanın türevini alarak bir kontrol sinyali üretir. Dolayısıyla kalıcı durum hatası üzerinde bir etkisi yoktur, çünkü sabit bir sinyalin türevi sıfırdır. Bu yüzden, türev etki kontrolörlerde yalnız başına kullanılmaz diğer etkilerle beraber kullanılır. Orantı-Türev kontrolörler her iki denetim etkisinin özelliklerini taşırlar. PD tipi kontrolün blok şeması Şekil 2.20’de görülmektedir.



Şekil 2.20. PD Kontrol Blok Şeması

**KAYNAK:** YILMAZ M., KAYA İ., Servo-Senkro Mekanizmalar Ders Notu, Mersin Üniversitesi, 1992, s 72

PD tipi sabit bir oransal kazançta türevsel kazancın artırılmasıyla sistemin verdiği cevap eğrisi Şekil 2.21’de verilmiştir. Şekil 2.21 incelendiğinde giderek artan türevsel kazançlarında, sistemin salınımlarının azaldığı gözlemlenmektedir.

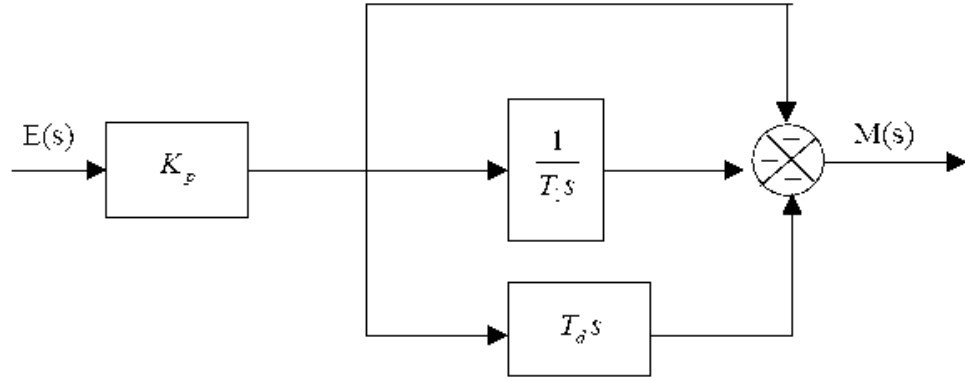


Şekil 2.21. PD Kontrol Cevap Eğrisi

**KAYNAK:** WONG L. K., PID Controllers, homepage.mac.com/sami\_ashhab /.../first.../PID\_controllers.pdf , 2010

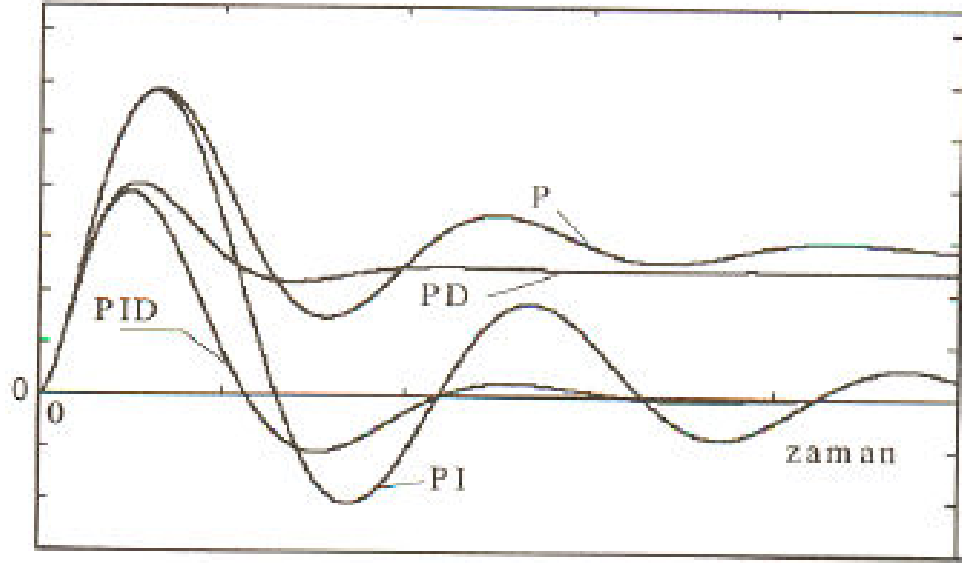
### 2.3.1.5. PID Kontrol

PID (Proportional-Integral-Derivative) günümüzde çok kullanılan bir kontrol yöntemidir. Endüstrideki uygulamaların %75'inde uygulanmıştır. Çok geniş bir uygulama alanının olmasına rağmen PID uygulamaları için standart bir tanımlama yoktur. PID denetim; P, I ve D gibi 3 temel denetim etkisinin bileşiminden meydana gelmiştir (Şekil 2.22). PID denetim üç temel etkisinin üstünlüklerini tek bir birim içinde birleştiren bir denetimdir. PID denetim sistemde sıfır-kalıcı-durum hatası olan hızlı cevap sağlar. Ancak bu denetim organı diğerlerine göre daha karmaşıktır. Eğer  $K_p, T_i, T_d$  katsayıları uygun biçimde seçilirse bu denetim organından en iyi şekilde yararlanılabilir.



Şekil 2.22. PID Denetleyicisi

Oransal (P), Oransal türevsel (PD), Oransal integral (PI) kontrolün yeterli gelmediği, karmaşık proseslerde Oransal İntegral Türevsel (PID) kontrol sistemleri devreye girer. Oransal kontrolde ofset integral algoritmasıyla istenen değerin çok üzerine çıkılması veya altına inilmesi (overshoot veya undershoot) ise türev algoritması ile giderilir. PID parametrelerinin doğru ayarlanması ile mükemmel bir kontrol sağlanabilir.



Şekil 2.23. Farklı Denetim Tiplerinin Cevap Eğrileri

KAYNAK: BOZ, A. F., <http://web.sakarya.edu.tr/~afboz/control/bolum10.html>, 2011

### 2.3.2. Modern Denetim Teknikleri

Birden fazla girdi ve çıktılı kontrol sistemlerinin tasarımı söz konusu olduğunda ilk akla gelen yaklaşım modern kontrol yöntemleridir. Modern kontrol yaklaşımında amaç, durum uzayı formunda ifade edilmiş plant dinamik denklemlerini kullanarak ele alınan kontrol değişkenini istenilen değere getirecek kontrolcü kazançlarının belirlenmesidir (Özkan 2009).

Üzerine kontrol sistemi tasarlanacak plantın matematiksel modelinin çıkarılabilmesi, kontrol sistemi tasarımında arzu edilen bir özelliktir. Plant dinamik davranışı çalışma koşullarının tamamında geçerli olacak şekilde tam olarak modellenemese ve parametreler için elde edilen veya kestirilen değerler bir miktar belirsizlik içerse dahi, sistemin dinamik davranışını tanımlayan bir matematiksel model kullanılarak analitik yöntemlerle daha hassas kontrol sistemleri tasarlamak mümkündür. Diğer taraftan, bazı uygulamalarda ele alınan plantın matematiksel modelini elde etmek oldukça zor, hatta kimi durumlarda olanaksızdır. Özellikle akışkan kontrollü sistemlerde ve toplumsal davranış yapılarını modelleme çalışmalarında, bahsedilen zorlukla sıkça yüzyüze gelinir. Temeli göz önüne alınan plant modeline dayanan model tabanlı kontrol yaklaşımlarının

çözüm üretemediği bu tip durumlarda, modern denetim sistemleri kullanılabilir (Şahin 2000).

### 2.3.2.1. Bulanık Mantık ve Bulanık Mantık Kontrolcüsü

Bulanık mantık (Fuzzy Logic) kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lotfi A.Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyuldu. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş katı bir matematik düzen olarak tanımlanabilir. Bilindiği gibi istatistikte ve olasılık kuramında, belirsizliklerle değil kesinliklerle çalışılır ama insanın yaşadığı ortam daha çok belirsizliklerle doludur. Bu yüzden insanoğlunun sonuç çıkarabilme yeteneğini anlayabilmek için belirsizliklerle çalışmak gereklidir (Şahin 2000).

Bulanık mantık adından anlaşılacağı gibi mantık kurrallarının esnek ve bulanık bir şekilde uygulanmasıdır. Klasik (boolean) mantıkta bildiğiniz gibi, "doğru" ve "yanlış" yada "1" ve "0"lar vardır, oysa bulanık mantıkta, ikisinin arasında bir yerde olan önermeler ve ifadeler izin verilebilir ki, gerçek hayata baktığımızda hemen hemen hiçbir şey kesinlikle doğru veya kesinlikle yanlış değildir. Gerçek hayatta önermeler genelde kısmen doğru veya belli bir olasılıkla doğru şeklinde değerlendirilir. Bulanık mantığa da zaten klasik mantığın gerçek dünya problemleri için yeterli olmadığı durumlar dolayısıyla ihtiyaç duyulmuştur (Şahin 2000).

Fuzzy kuramının merkez kavramı fuzzy kümeleridir. Küme kavramı kulağa biraz matematiksel gelebilir ama anlaşılması kolaydır. Örneğin "orta yaş" kavramını inceleyerek olursak, bu kavramın sınırlarının kişiden kişiye değişiklik gösterdiğini görürüz. Kesin sınırlar söz konusu olmadığı için kavramı matematiksel olarak da kolayca formüle edemeyiz. Ama genel olarak 35 ile 55 yaşları orta yaşlılık sınırları olarak düşünülebilir. Bu kavramı grafik olarak ifade etmek istediğimizde karşımıza şekil deki gibi bir eğri çıkacaktır. Bu eğriye "aitlik eğrisi" adı verilir ve kavram içinde hangi değerlerin hangi ağırlıkta olduğunu gösterir (Aydın 2003).

Bir fuzzy kümesi kendi aitlik fonksiyonu ile açık olarak temsil edilebilir. Şekilde görüldüğü gibi aitlik fonksiyonu 0 ile 1 arasındaki her değeri alabilir. Böyle bir aitlik fonksiyonu ile “kesinlikle ait” veya “kesinlikle ait değil” arasında istenilen incelikte ayarlama yapmak mümkündür (Aydın 2003).

Bulanık mantık ile matematik arasındaki temel fark bilinen anlamda matematiğin sadece aşırı uç değerlerine izin vermesidir. Klasik matematiksel yöntemlerle karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek işte bu yüzden zordur, çünkü veriler tam olmalıdır. Bulanık mantık kişiyi bu zorunluluktan kurtarır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Bir kişi için 38,5 yaşında demektense sadece orta yaşlı demek bir çok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece azımsanamayacak ölçüde bir bilgi indirgenmesi söz konusu olacak ve matematiksel bir tanımlama yerine daha kolay anlaşılabilen niteliksel bir tanımlama yapılabilecektir.

Bulanık mantıkta fuzzy kümeleri kadar önemli bir diğer kavramda linguistik değişken kavramıdır. Linguistik değişken “sıcak” veya “soğuk” gibi kelimeler ve ifadelerle tanımlanabilen değişkenlerdir. Bir linguistik değişkenin değerleri fuzzy kümeleri ile ifade edilir. Örneğin oda sıcaklığı linguistik değişken için “sıcak”, “soğuk” ve “çok sıcak” ifadelerini alabilir. Bu üç ifadenin her biri ayrı ayrı fuzzy kümeleri ile modellenir.

Bulanık mantığın uygulama alanları çok geniştir. Sağladığı en büyük fayda ise “insana özgü tecrübe ile öğrenme” olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu nedenle lineer olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için özellikle uygundur.

Bulanık mantığın sistemi şu şekildedir. Bir ifade tamamen yanlış ise klasik mantıkta olduğu gibi 0 değerindedir, yok eğer tamamen doğru ise 1 değerindedir. (Ancak bulanık mantık uygulamalarının çoğu bir ifadenin 0 veya 1 değerini almasına izin vermezler veya sadece çok özel durumlarda izin verirler.) Bunların dışında tüm ifadeler 0 dan büyük 1 den küçük reel değerler alırlar. Yani değeri 0.32 olan bir ifadenin anlamı %32 doğru %68 yanlış demektir.

Bulanık mantığın da klasik mantıkta olduğu gibi işleçleri (operator) vardır, örneğin and, or, not ... ancak bunlar kendine has işlemlerdir mesela -başka yaklaşımlarda olmasına rağmen and işlemi- genelde çarpma olarak ifade edilir veya not işlemi de birden çıkarma şeklinde ifade edilir.

Bunlar;

$$\text{AND: } A=0.2 \quad B=0.8 \Rightarrow A \text{ and } B = (A) * (B) = 0.2 * 0.8 = 0.4$$

$$\text{NOT: } A=0.4 \Rightarrow \text{not } A = 1-(A) = 1 - 0.4 = 0.6$$

şeklinde örneklenebilir. Ancak bunlar en basit yaklaşımlardır.

Bulanık mantık konusunda yapılan araştırmalar Japonya'da oldukça fazladır. Özellikle fuzzy process controller olarak isimlendirilen özel amaçlı bulanık mantık mikroişlemci çipi'nin üretilmesine çalışılmaktadır. Bu teknoloji fotoğraf makineleri, çamaşır makineleri, klimalar ve otomatik iletim hatları gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Bundan başka uzay araştırmaları ve havacılık endüstrisinde de kullanılmaktadır. TAI'de araştırma gelişme kısmında bulanık mantık konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Yine bir başka uygulama olarak otomatik civatalamaların değerlendirilmesinde bulanık mantık kullanılmaktadır. Bulanık mantık yardımıyla civatalama kalitesi belirlenmekte, civatalama tekniği alanında bilgili olmayan kişiler açısından konu şeffaf hale getirilmektedir. Burada bir uzmanın değerlendirme sınırlarına erişilmekte ve hatta geçilmektedir.

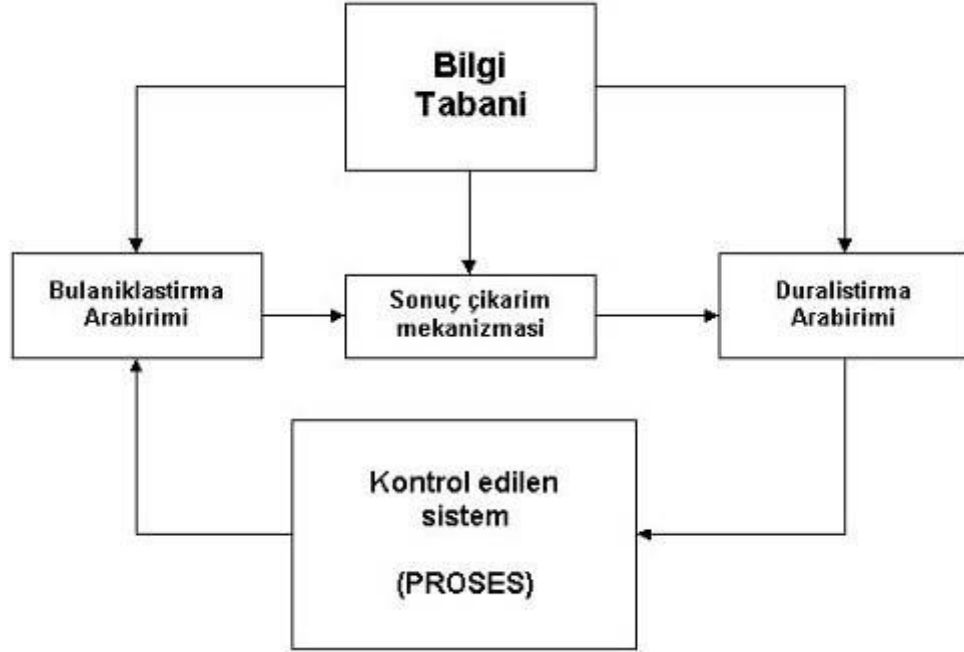
Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Fuzzy Logic tekniklerinin beraber kullanımı ile daha etkili sistemler dizayn etmek mümkündür, ancak bu işlem ortaya çıkan sistemi çok yavaşlatmaktadır ve henüz bu tekniklerin birleştirilmesi yöntemi geliştirme ve test aşamalarındadır, aslında YSA algoritmaları da her gün hızla güncellenmektedir. Yani bu konuların -mesela özyineleme ya da search gibi- tam olarak oturdukları söylenemez, fakat başarılı uygulamaları da mevcuttur (Şahin 2000).

Bulanık mantığın insan düşünme tarzına yakın olması, matematiksel modele ihtiyaç duymaması, uzman kişi yerine geçebilmesi, hızlı olması ve ucuza mal olması en büyük avantajlarıdır. Bunun yanı sıra bulanık mantık sistemleri genel bir tasarım metodunun olmaması, kullandıkları kuralların mutlaka uzman deneyimlerin bağı olarak oluşturulması, üyelik fonksiyonlarının deneme ile bulunmasında oluşabilecek zaman kaybı ve bulanık mantık sistemlerinin kararlılık analizinin yapılmaması başlıca dezavantajlarını oluşturmaktadır. Karşılaşılan bu problemler yapay sinir ağlarını ve/veya istatistik araçları kullanan, uyum sağlama yeteneğine sahip bulanık kontrol sistemleri ile aşmaya çalışılmaktadır. Bulanık mantık uygulamaları her uygulama için sihirli bir değnek değildir. Bazı uygulamalar için kullanılması uygun olduğu gibi bazılarında uygun değildir (Aydın 2003).

Klasik kontrol sistem tasarımındaki ilk adım kontrol edilecek düzeneğin transfer fonksiyonunun tam olarak elde edilmesidir. Başka bir deyişle matematiksel modelinin oluşturulmasıdır. Ayrıca uygun ve etkin bir kontrol sağlamak için sistem parametrelerinin zamanla değişmemesi istenir. Fakat uygulamadaki sistemlerin pek çoğu bilinmeyen parametrelere veya kompleks ve lineer olmayan karakteristiklere sahiptirler. Gerçi sistem parametrelerinin değiştiği veya sistemde lineerlikten sapma olduğu durumlar için adaptif kontrol yöntemleri gerçekleştirilmiştir; fakat bu tip kontrol sistemleri genellikle kompleks olmaları ve hesaplamalarda uzun zaman almaları sebebiyle gerçek zaman uygulamalarında sorunlar çıkarmaktadır (Aydın 2003).

Böyle uygulamalarda, uygulama alanındaki uzman kişilerin bilgisi klasik kontrol sistemlerinden daha faydalı ve etkili olabilmektedir. Bu yüzden insan düşünme yeteneğini ve bilgisini kontrol sisteminin içine sokabilecek bir kontrol yöntemi olan Bulanık Mantık Denetleyicisi(Fuzzy Logic Controller, FLC) iyi bir çözüm olabilmektedir. Fuzzy mantığa dayanan FLC sistemleri geleneksel ve matematiksel sistemlerin aksine insan düşüncenin ruhuna, ifade etme şekline yani diline daha yakındır. Bu sayede FLC sistemleri bir uzmanın kişisel ve mantıksal bilgi ve becerilerini nümerik hesaplamalar kullanarak otomatik bir kontrol stratejisine çevirebilir (Aydın 2003).

Temel olarak FLC sistemleri Şekil 2.24'de de görüldüğü gibi dört temel arabirimden oluşur:



Şekil 2.24. Bulanık Mantık Denetleyicinin(FLC) Temel Yapısı

**KAYNAK:** AYDIN H., Matlab İle Kontrol Sistemlerinin İncelenmesi, Lisans Bitirme Tezi, Gazi Üniversitesi, 2003

FLC sistemleri kesin olmayan dilsel ifadelerle gösterilen uygulama alanına ait bilgileri kullanmaktadır. Başka bir açıdan FLC'nin dayandığı bulanık küme teorisinde işlemler bulanık değerler üzerinde yapılmaktadır. Bu sebeple dış ortamdan ölçülen reel giriş değişkenlerini bulanık değişkenlere çeviren bulanıklaştırma FLC'de önemli bir rol oynar ve ilk adımı teşkil eder (Aydın 2003).

Bu arabirimde gerçekleştirilen temel işlemler, kontrolü yapılan sistemden giriş değişkenlerinin gerçek zamanda ölçümlerinin alınması, eğer gerekliyse giriş değişkenlerini sabit bir sayıyla çarpmak ya da bölmek gibi işlemlerle ölçeklendirme yapılması, yine gerekliyse ve isteğe bağlı olarak seçilen dilsel uzayın kesikli hale dönüştürülmesi, ölçümü yapılan reel giriş değişkenlerinin her birisini o değişkene ait



söylem uzayına göre dilsel değişkenlere dönüştürmek ve bunlara ait üyelik değerlerini bulmak sayılabilir (Aydın 2003).

Sonuç olarak dilsel niteleyicisi ve üyelik değeri elde edilen her bir reel giriş değişkeni bulanık değişkenlere veya başka bir deyişle bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

Her bir değişken için söylem uzayı değişkenin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasını kapsar. Sonlu sınırlara sahip bu söylem uzayları sonlu sayıda dilsel değişkenlere ayrılır. Bu bölme işleminde kullanılan fonksiyonlara ise dilsel değişkenler kümesinin üyelik fonksiyonu denir. En çok kullanılan üyelik fonksiyonları üçgen, yamuk ve üstel fonksiyonlardır (Aydın 2003).

Bulanıklaştırma arabirimini oluşturmada üyelik fonksiyonunu belirlemek ve söylem uzayını bölgelere ayırmak için matematiksel bir metot yoktur ve sayısız şekillerde gerçekleştirilebilir. Bu ise kontrol sistemine esneklik vermesiyle beraber tasarım işlemlerini biraz daha zorlaştırmaktadır. Bu arabirim, kontrol sistemini büyük ölçüde etkilediği için dikkatli bir şekilde hazırlanması gerekir.

Üyelik fonksiyonlarının birbirleriyle kesişmesi ve iki farklı dilsel değişkene ait üyelik değerlerinin toplamının 1.0'den büyük olması bulanık kümelerde sıkça görülür. Uygulamaların genelinde görülen yapı ise ikiden fazla üyelik fonksiyonunun kesişmemesi ve üyelik fonksiyonlarının üçgen veya yamuktan oluşmasıdır. Üstel ve polinom ifadelerin hesaplanması ve sınırlandırılması ise pratikte daha zor ve zaman alıcıdır. Ayrıca bulanık üyelik fonksiyonlarının ağırlık merkezine göre simetrik olması işlemleri kolaylaştırdığı halde böyle olmadığı uygulamalarda görülebilmektedir.

Temel olarak uygulama sahasına ait uzman bilgisini ve kontrol hedeflerini içeren bilgi tabanı FLC'nin dilsel kavramları kullanabilmesini sağlayan arabirimdir. Bulanık kontrol sistem tasarımında klasik kontrol sistemlerinde olduğu gibi analitik bir metot olmaması bu arabirimin oluşturulmasını güçleştirmektedir. Veri tabanı ve kural tabanı olmak üzere iki kısımdan oluşur.

Veri tabanı kısaca dilsel kavramları(bulanık değişkenleri) FLC sisteminde kullanabilmek için gerekli tanımları içerir. Başlıca giriş, çıkış değişkenlerine ait dilsel uzayların tanımlarını, üyelik fonksiyonlarını, eğer sistemde değişkenler normalize edilmişse ve kesikli hale dönüştürülmüşse bu işlemlerle ilgili bilgileri ve FLC'de kullanılan bulanık işlemlerinin tanımlarını kapsar.

Kural tabanı uygulama alanındaki uzman kişilerin kontrol hedeflerini ve kontrol sırasında takip ettikleri yöntemleri karakterize etmeyi sağlayan dilsel değişkenlerden oluşturulan kurallar kümesidir. Oluşturulan bu kurallara bulanık kurallar denir. Dilsel kural tabanı, sistemde dilsel-bulanık giriş değişkenlerine hangi dilsel-bulanık değişkenlerinin çıkışa verileceğinin ifade edildiği bölümdür. Genellikle kurallar şart cümlelerinden (EĞER X=A İSE Y=B) oluşur. Kuralların sayısı ve doğruluğu sistemin performansını etkileyen en önemli faktörlerdir.

Sistemin kural tabanını oluşturmak için bugüne kadar değişik yollar kullanılmıştır. Bunlardan birisi uygulanacak sistemi iyi tanıyan bir uzman bilgisi ile sistem giriş-çıkış değişkenleri ve kontrol kuralları belirlenir. Kurallar giriş çıkış değişkenlerinin dilsel ifadelerinden oluştuğundan bu işlem uzmanın kendi kontrol stratejisinin kural tabanına aktarımının en kolay ve güvenli yoludur.

Diğer bir yol ise daha önceden operatörün kontrol yönteminin taklit edilmesidir. Bazı endüstriyel sistemlerde modellenemeyen ve ancak bir operatör yardımıyla kontrol edilebilen süreçlerin; operatörün izlenmesiyle, yaptığı işlemlerin(bilinçli ya da bilinçsiz) şart cümlelerine (EĞER ... İSE ) dönüştürerek kural tabanının elde edilmesidir.

Kural tabanıyla ilgili üçüncü yol ise sistemin bulanık modellenmesidir. Burada bulanık durum değişkenleri ve bulanık estimasyon ile optimum bir bulanık denetleyici temel hedeftir.

Sistemin giriş çıkış fonksiyonu veya verileri belirli ise öğrenmeye dayalı bir sistem, kural tabanı oluşturmak için kullanılabilir. Öğrenme yöntemi, sistem kurulmadan önce uygulanarak sabit bir kural tabanı oluşturulur. Daha sonra sistem performansının

ölçülmesiyle kurallarda değişiklik yapılabilir. Bu yöntemin en önemli ve gerekli kısmı sisteme ait istenen(optimum) kontrol sürecinin giriş-çıkış verilerinin elimizde bulunmasıdır (Aydın 2003).

Kural tabanı oluşturulduktan sonra gerekiyorsa her kurala belirli bir ağırlık vermek veya gereksiz(kullanılmayan) kuralların eliminasyonu işlemleri hızlandırmak için gerekli olabilmektedir (Aydın 2003).

Kontrol kurallarının oluşturulması, sistemin bulanık durumları, bulanık tanımlama gibi çok geniş alanları kapsayan ve belirli bir sistematik yaklaşımın bulunmadığı bulanık modelleme üzerinde çalışmalar devam etmektedir (Aydın 2003).

Sonuç çıkarım mekanizması FLC'nin en önemli arabirimidir. Bilgi tabanında tanımlanan bulanık kavram ve kuralları kullanarak giriş değişkenlerinin durumuna göre uzman bir kişiden beklenen kontrol hareketlerini dilsel ifade olarak üretir. Çıkışta dilsel değişkeni ve üyelik fonksiyonu belli bulanık sayılar elde edilir. Çıkış değişkenlerine ait üyelik fonksiyonu bulunurken çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Literatürde en çok geçen yöntemler minimum korelasyonu ve çarpım korelasyonu olarak sayılabilir. Bu yöntemler kullanılırken ilk önce, dilsel çıkış değişkenlerinin üretilmesine sebep olan giriş değişkenlerine ait üyelik dereceleri isteğe bağlı olarak minimum(VE) veya maksimum(VEYA) işlemine tabi tutulur ve çıkış üyelik fonksiyonlarının etkinlik derecesi( $\omega_i$ ) diyebileceğimiz tek bir üyelik derecesi elde edilir. Genelde etkinlik derecesini elde etmede literatürde minimum işlemi kullanılmıştır. Bu işlem üretilen her bir çıkış için tekrarlanır ve elde edilen bu etkinlik dereceleri yukarıda geçen metotlardan birinde kullanılarak çıkış dilsel değişkenleri ve üyelik fonksiyonları oluşturulur. Bu işlemler sonucu tek bir bulanık sayının elde edilmesi gerekmez ve genelde de birden fazladır (Aydın 2003).

Durulaştırma arabirimi, sonuç çıkartım mekanizmasının ürettiği çıkış değişkenlerine ait bulanık sayılardan reel kontrol işaretlerinin elde edildiği bölümdür. Bulanık sayılardan reel çıkış değerleri maksimum kriteri, maksimumların ortalaması ve alanların ağırlık merkezi gibi üç farklı dönüşüm ile elde edilebilir. Maksimumların ortalaması yöntemi

geçici durum için, alanların ağırlık merkezi yöntemi ise kalıcı durum için daha iyi sonuçlar vermektedir ve bu nedenle ağırlık merkezi durulaştırmada en çok kullanılan yöntemdir. Ayrıca çıkışa ait reel değişkenlerin sınırları, dilsel değişkenlerin söylem uzayından farklı ise bulanıklaştırmadaki gibi bir ölçeklendirme durulaştırmada da yapılabilir (Aydın 2003).

#### 2.4. Çözü Salma Mekanizmaları Üzerine Yapılan Araştırmalar

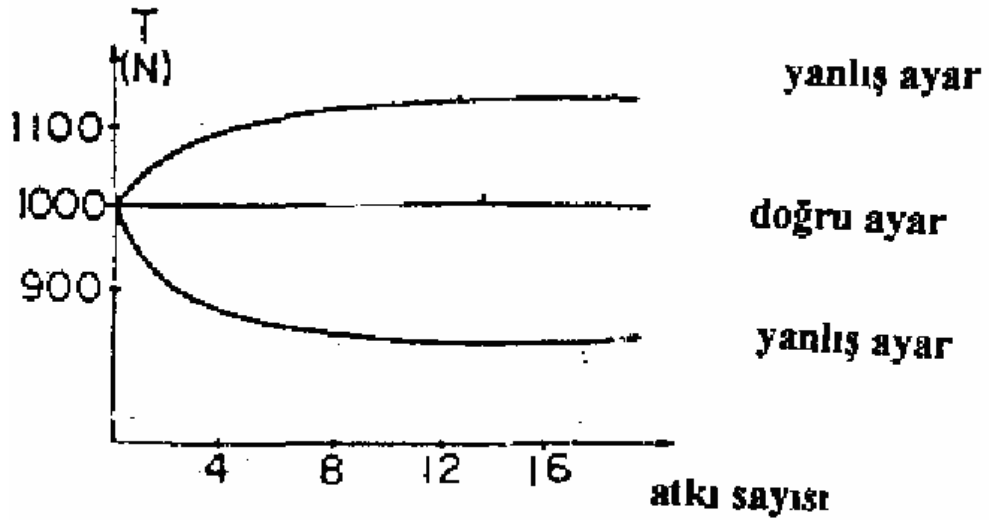
Dokuma makinelerinin üretim hızlarında son 40 yılda büyük bir artış görülmektedir. Üretim hızlarındaki bu artış kontrol sistemleri sayesinde mamül kalitesinde de bir artış sağlamıştır. Makinelerdeki bu performans artışı ve üretim artışı kontrol sistemleri sayesinde gerçekleşmiştir. Dokuma makinelerinde önemli olan dinamik şartlardaki değişimler (örneğin hız değişimi) ve kumaş yapısındaki gibi değişimleri çözgü gerginliğini belirli limitler altında kalacak şekilde çalışmasını sağlamaktır (Han 2005).

Geleneksel PID denetiminin lineer olmayan sistemlerde yetersiz kalmasından dolayı bulanık mantık temelli algoritmalarından yararlanılarak gerginlik kontrolü sağlanabilmektedir. Yapılan çalışmalar bu türlü yaklaşımların gerginlik kontrolü açısından daha tatminkar sonuçlar verdiğini göstermektedir (Guo 2004).

Bedini ve Taglia (1979) mekanik kesiksiz bir çözgü salma mekanizması kontrol sisteminin matematiksel modellemesini gerçekleştirmiştir. Çözgü gerginliğini sabit tutmak için leventin açılma hızını arka köprünün hareketiyle kontrol etmişlerdir. Kontrol sistemine ait matematiksel denklemler lineer olmayan denklemler içerdiğinden, çözümde simülasyon yöntemi kullanılmıştır. Simülasyon sonucunda, dokuma işlemi boyunca elde edilen gerginlik değişiminin deneysel verilerle uygun olduğu gözlenmiştir ancak, arka köprünün yatayla yaptığı açı azaldıkça gerilim dalgaları malanın arttığı görülmüştür. Yayın elastik sabiti arttığında, kararsızlığın azalmasına karşın gerilim değerinin oldukça yükseldiği, yumuşak yay kullanımında ise sistemin kararsız çalıştığı gözlenmiştir. Gerilim dalgalanmalarını azaltmak için, arka köprü ile çözgü leventi arasındaki çözgü ipliklerinin düşeyle yaptığı açıyı sabit tutmak için ilave bir silindir kullanılırken gerilimdeki artış da çok düşük olmuştur (Bedini ve Taglia 1979).

Tümer ve Bozdağ (1986), pozitif çözgü salma mekanizmaları başlığı altında yaptıkları çalışmada temelde negatif geri beslemeli mekanik bir otomatik kontrol sistemi olan çözgü regülatörünü çözgü gerginliği ve çözgü uzunluğunu kontrol etmek için kullanmışlardır. Tümer ve Bozdağ'a (1986) göre, çözgü ipliği elastikiyetinden dolayı belli bir yay sabitine sahip olduğundan çözgü bir ucundan çekildiğinde uzama çekilme miktarına eşit olmamakta ve bir miktar çözgü leventten dokuma bölgesine geçmektedir. Bu nedenle, çözgü için eşdeğer bir yay katsayısı tanımlanmış olup çözgü katmanları

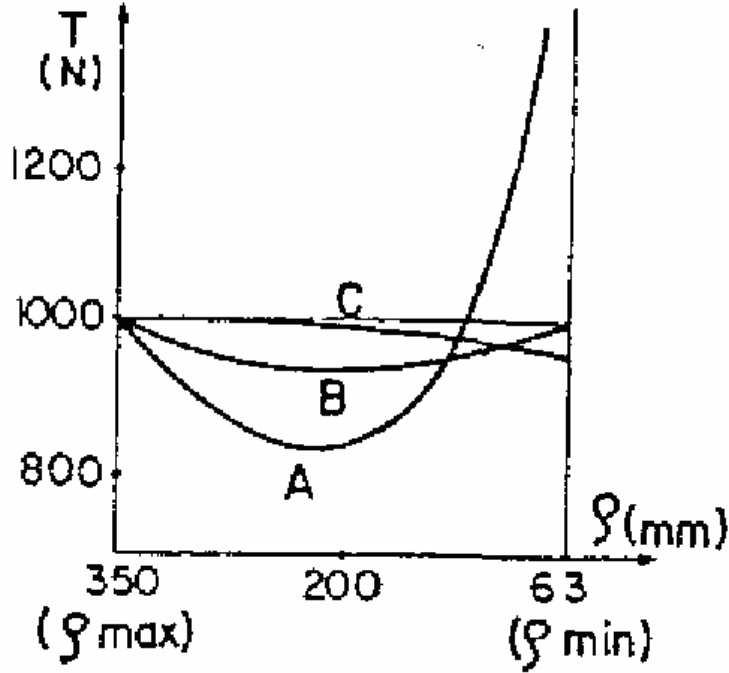
arasındaki sürtünme sonsuz ise çözgü levende sabitleştirilmiş gibi davranmakta, sürtünme hiç yoksa çözgü levend ucu serbest gibi davranmaktadır. Modelden elde edilen denklemler lineer olmayan denklemler olduğundan, model bilgisayar benzeşimi yöntemiyle çözülmüştür. Dokuma başlangıcında, çözgü salma ile ilgili ayarların rastgele yapılması durumunda, sistem geri beslemeli bir otomatik kontrol sistemi olması nedeniyle belli bir sürede istenen atkı sıklığını sağlayacak yeni bir sürekli rejime girmektedir. Ancak bu yeni rejimde çözgü gerginliği istenen değerinden saptığından sürekli rejime ulaşıncaya kadar sık-seyrek hataları meydana gelmektedir. Sık-seyrek hatasının ve gerginlikteki sapmanın kaç atkı için olduğu ayardaki bozukluğun büyüklüğüne bağlıdır. Aşağıdaki Şekil 2.25’de görüldüğü gibi, başlangıç ayarlarının doğru verilmesi durumunda, çözgü gerilimi aynı kalırken başlangıç ayarları yanlış ise gerilim yavaş yavaş değişerek başlangıç değerinden farklı bir değere ulaşmaktadır. Bu davranış, çözgü regülatörünün düzeltici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.25 Başlangıç Ayarlarının Çözgü Gerginliğine Etkisi

**KAYNAK:** Tümer, T., Bozdağ, M., Mathematical Description of The Operation of Positive Let-Off Motions. Journal of Textile Institute, 1, p.52

Tüm ayarlar doğru yapılarak dokumaya başlandığında ve başka bozucu bir etki bulunmadığında gerginliğin levend çapına bağlı olarak değişimi aşağıdaki şekil 2.26'da verilmiştir.



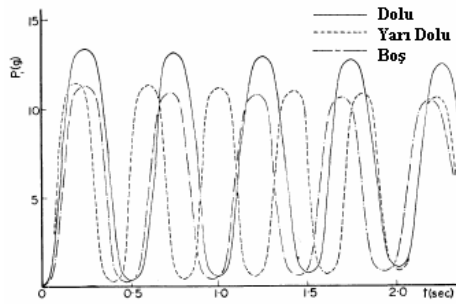
Şekil 2.26 Çözümlü Gerginliğin Levend Çapına Bağlı Değişimi

**KAYNAK:** Tümer, T., Bozdağ, M., Mathematical Description of The Operation of Positive Let-Off Motions. Journal of Textile Institute, 1, p.53

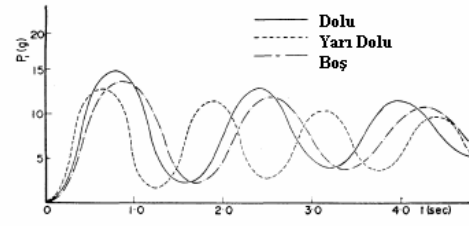
A eğrisi, levend yoklayıcı mekanizmasının kullanılmadığı durumu göstermektedir. Bu durum, levend çapındaki değişimle aynı dönme miktarının farklı çözgü salma miktan vermesinden kaynaklanmaktadır. Levend yoklayıcı mekanizması kullanılması durumunda, levend çapı ile dönme miktan arasında çözgü salma miktanını sabit tutacak şekilde hiperbolik bir ilişki sağlandığında B eğrisi elde edilmektedir. Levend yoklayıcı mekanizmasına ilave olarak, levend çapındaki değişime karşı çözgü levendi ile arka köprü arasındaki eğimi sabit tutmak amacıyla ek rulolar kullanılması durumunda ise C eğrisi elde edilmektedir. Sonuçta, lineer olmayan model için geliştirilen bilgisayar programı, bozucu hatalara yol açmayacak doğru başlangıç ayarlarının bulunmasına olanak vermektedir (Tümer ve Bozdağ 1986).

Çözü gerginliği dağılımındaki varyasyonların kumaş üzerindeki etkilerini inceleyen Inui ve Kurata'ya (1965) göre, maksimum çözgü gerginliğindeki varyasyonlar kumaşa ince-kalın yerlerin oluşumu için önemli bir nedendir. Sık-seyrek hatalarının önlenmesi, gerginlik-atla sayısı eğrilerinin yatay olarak elde edilmesine bir başka deyişle çözgü gerginliği değerinin dokuma işlemi boyunca sabit kalmasına bağlıdır.

Fumio Murakami ve ark. çözgü salma işleminin önemini anlatan çalışmasında çözgü ipliklerinin çözgü salma esnasındaki değişimlerini matematiksel model kullanarak göstermişlerdir. Yapılan bu çalışmada farklı tipten çözgü ipliklerinin dokuma işlemi esnasında çözgü leventinden boşalması anında gösterdikleri gerginlik değişimlerinin dokuma makinesi alımında dikkat edilmesi gereken bir özellik olduğunu ve bu konunun üzerinde çeşitli geliştirmeler yapılabilmesinin mümkün olduğunu belirtmişlerdir.



Pamuk İpliğinin levent çapına göre gerginlik değişimi



Nylon filament ipliklerinin levent çapına göre gerginlik değişimi

Şekil 2.27. Çözgü Leventinin Durumuna Göre Çözgü Gerginliğinin Değişimi

**KAYNAK:** MURAKAMI F., WATANABE T., Dynamic Tension on Yarns being Unwound from a Beam, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Transaction Vol.31, No. 4, p 96, 1978

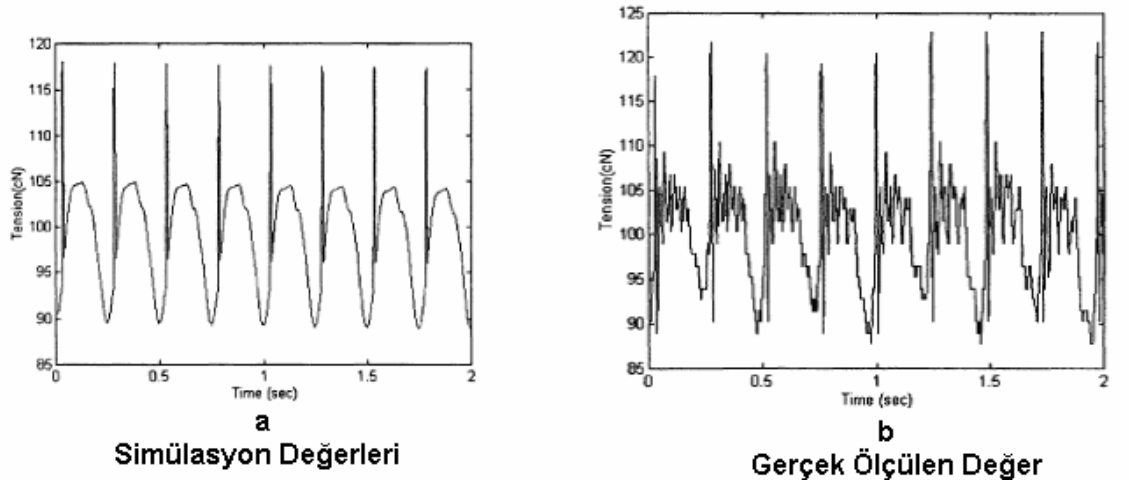
Ming-Yuan Shieh ve Tzuu-Hseng S.Li çalışmalarında servo motorların pozisyon kontrolünü bulanık mantık yöntemiyle gerçekleştirmişlerdir. Günümüzde dokuma işlemi sırasında çözgü gerginlik değişiminin ve kopuşlarının azaltılması ile dokuma veriminin artırılması için çözgü salma sistemlerinin bilgisayar kontrollü, elektronik ölçme ve elektronik kontrollü tahrik sistemleri sayesinde yüksek performansta çalışmaları sağlanmıştır.



Bununla birlikte son on yıldır üretimde tepkiselliğin sağlanması için Yapay-zeka uygulamaları birçok mühendislik alanında uygulanmaktadır. Bulanık mantık servo motor kontrollü sistemler için iyi bir uygulama alanıdır (Kayacan 2007)

Makkonen ve Koivo (1994) çalışmalarında bir lineer olmayan servo motor modelinin bulanık mantık ve diğer kontrol yöntemleriyle kontrol performansını simüle edip, bulanık mantıkla kontrol edilen motorun performansının daha iyi olduğunu göstermişlerdir.

Mirjalili (2004) çözümlü salma sisteminin gerginliğe etkisini yaptığı matematiksel modellemeyle anlatmıştır. Bu çalışmada arka köprü hareketinin toplam çözümlü miktarına etkisini hesaplamış, elde ettiği diferansiyel denklemleri Runge-Katta metoduyla çözerek gerginlik değişimlerini ve arka köprü hareketini benzeşim yöntemiyle çözerek gerginlik eğrilerini elde etmiştir. Benzeşim yöntemiyle elde edilen sonuçların ölçülen değerlerle uyduğunu göstermiştir.



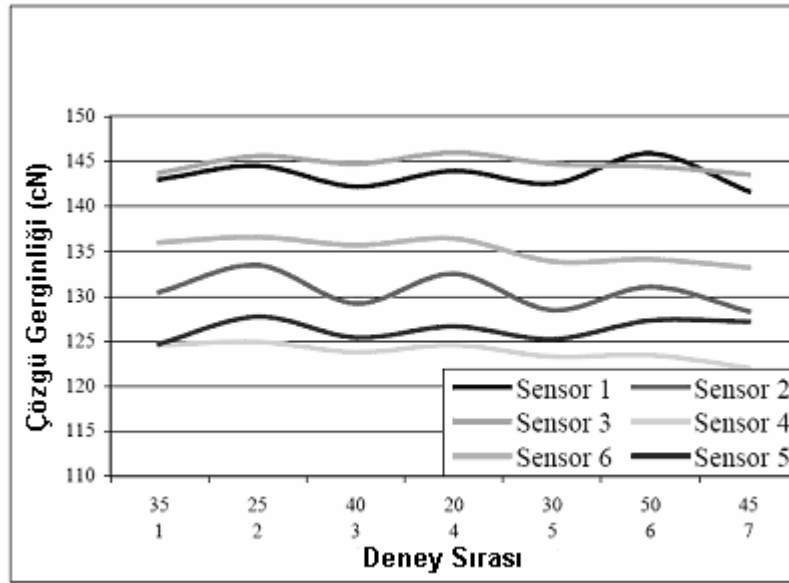
Şekil 2.28. Çözümlü Gerginlik Değerleri a) Simülasyon b) Gerçek Değer

**KAYNAK :** MIRJALILI S.A., Computer Simulation of Warp Tension on a Weaving Machine, J.Text.Eng., Vol:49, No:1, p8-12

Sheikhzadeha ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada dokuma işlemi esnasında çözümlü levendi yarıçapı değişiminin ve arka köprü silindiri çapıyla arka köprünün yatay ve dikey hareketlerinin çözümlü gerginliğine olan etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları matematiksel

model sayesinde dolu levent çapından boş levent çapına kadarki süreçte çözgü gerginliği değişiminin nasıl olduğunu göstermişlerdir.

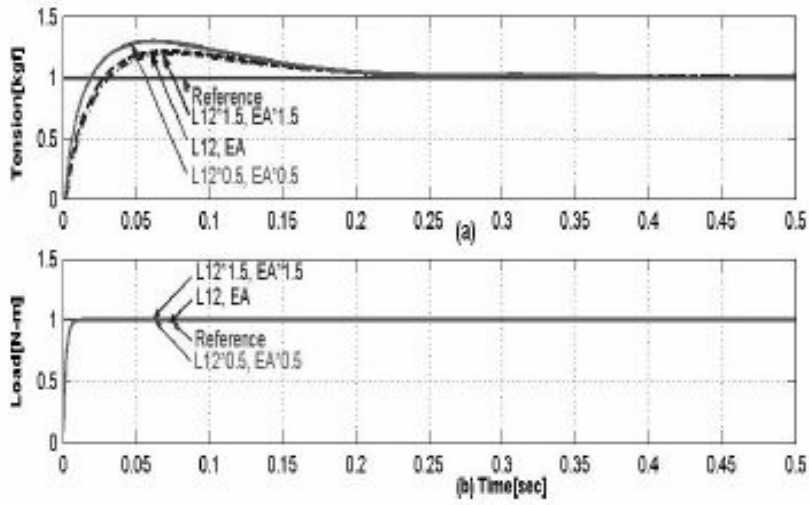
Gahide (2001) çözgü ipliği gerginlik ölçümünde kullanılan sensörleri açıklamış ve farklı dokuma parametrelerinde çalışan dokuma makinesinde uyguladığı deney düzeneği ile çözgü gerginliğindeki değişimi incelemiştir. Sonuçlar Şekil 29'daki gibi elde edilmiştir.



Şekil 2.29. Atkı Sıklığı Değişiminin Çözgü Gerilimine Etkisi

**KAYNAK :** GAHIDE, S., Exploration of Micro machines to Textiles: Monitoring Warp Tension and Breaks During the Formation of Woven Fabrics., Ph.D. Thesis, North Carolina State University, 2001

Han D.C., (2005) dokuma makinesindeki çözgü salma sisteminin matematiksel bir modellemesini yaparak gerginlik değişimlerini PI kontrol ve SVR (support vector regression) kontrol ile yapmıştır. Bu çalışmada bir yük hücresinde gerginlik değişimleri ölçülerek AC servo motora kumanda edilmiştir. Yapılan çalışmada çözgü iplik gerginliğinin istenen değere PI kontrol yaklaşımına göre SVR kontrol ile daha kısa zamanda ulaştığını göstermişlerdir (Şekil 2.30).



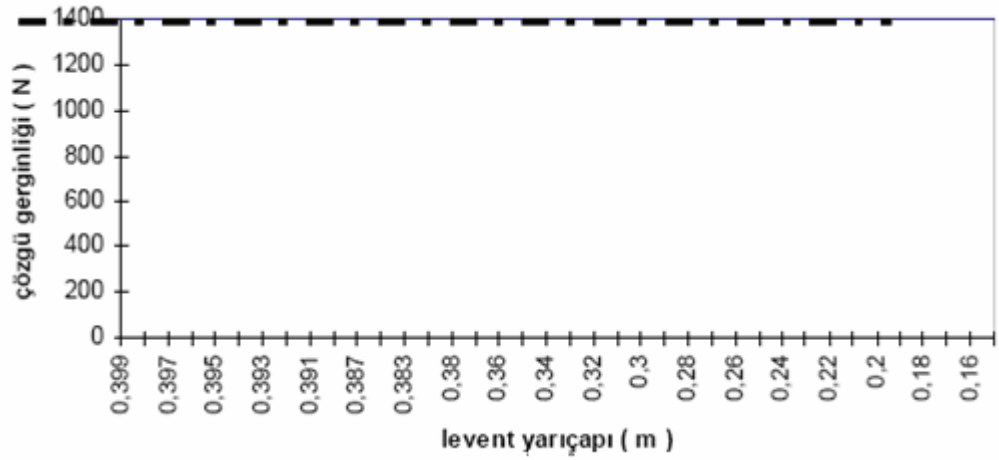
Şekil 2.30. Çözgü Gerginliğinin Değişimi a) PI Kontrol B) SVR Kontrol

**KAYNAK:** HAN D.C., 2005, Tension Control of the Let-off and Take-up System in the Weaving Process Based on Support Vector Regression, KINTEX, June 2-5, Gyeonggi-Do, Korea

Çakmak ve Kayacan (2007) ise yaptıkları çalışmada pamuklu kumaşı konvansiyonel bir makinenin çözgü salma sistemine bağlanan servo motor aracılığı ile, konvansiyonel, PID, Bulanık mantık algoritmaları kullanılarak dokumuştur. Dokunan bu kumaşların fiziksel özelliklerini test edilerek birbirleriyle karşılaştırmışlardır. Yapılan bu çalışma dokuma makinesinin anamelinin bir devrindeki çözgü gerginliği esas olacak şekilde yapılmıştır. Çözgü salma sisteminde servo motorun kullanılması ile sistemin cevap verme hızı artırılarak kararsızlık süresinin azaldığını ve bundan dolayı çözgü geriliminin kontrolünün daha etkin bir şekilde yapılmış olduğunu belirtmişlerdir.

Eren ve Özkan (2004) yaptıkları çalışmada dokumada elektronik çözgü salma mekanizmalarının matematiksel analizini sunmuşlardır. Bu çalışmada ağızlık açma ve tefe vurma işlemlerinden dolayı her makina devrinde ortaya çıkan periyodik bozucular göz önüne alınmamakta, periyodik olmayan bir bozucu olan çözgü levendi çapındaki azalmanın çözgü salma mekanizması performansına etkisi simülasyon yöntemi kullanılarak belirlenmektedir. Dolu levenden boş levende kadar çözgü gerginliği değişimi hesaplanmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre PID tipi denetim kullanıldığında arka köprüde kalıcı değişimlerin bulunmadığını ve

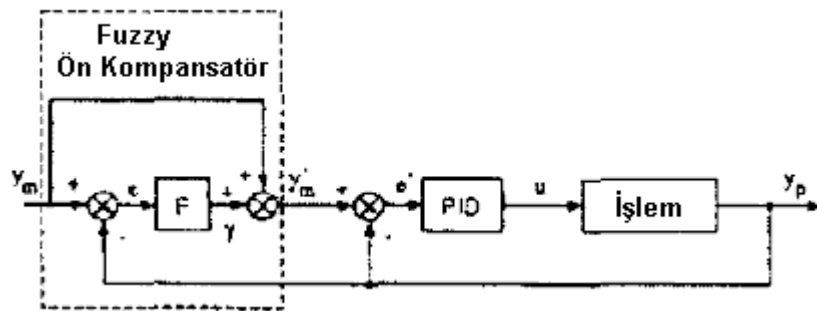
böylelikle PID tipi denetimin arka köprünün geometrisindeki değişimlerin gerginlik üzerindeki etkisini ortadan kaldırdığını göstermişlerdir.



Şekil 2.31. Çözümlü Salma Sisteminin Arka Köprü Hareketli İken PID Kontrol Etkisiyle Çalışması Durumunda Çözümlü Gerginliğin Levent Yarıçapına Bağlı Olarak Değişimi

**KAYNAK:** EREN R., ÖZKAN G., Dokuma Makinelerinde Elektronik Çözümlü Salma Mekanizmalarının Matematiksel Analizi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 1, 2004

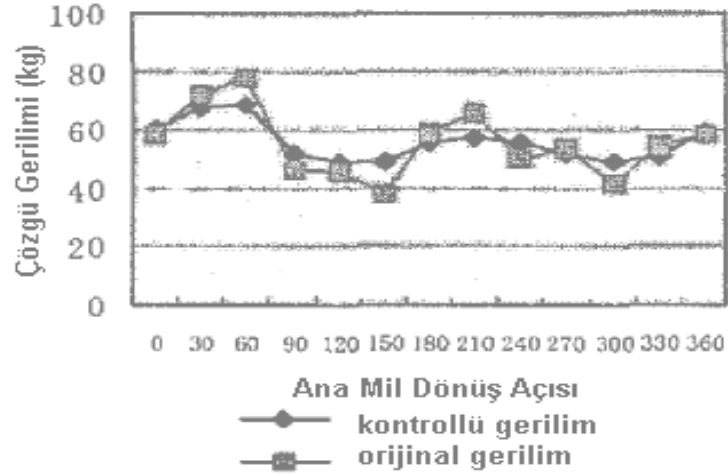
GUO Shuai, HE Yongyi, FANG Minglun, LU Lixin yaptıkları çalışmada PID denetimli bir çözümlü salma sisteminin servomotoruna bulanık mantık denetleyicisini bir ön kompensatör olarak kullanmışlardır (Şekil 47).



Şekil 2.32. Bulanık Ön Kompensatörlü PID Denetim Yapısı

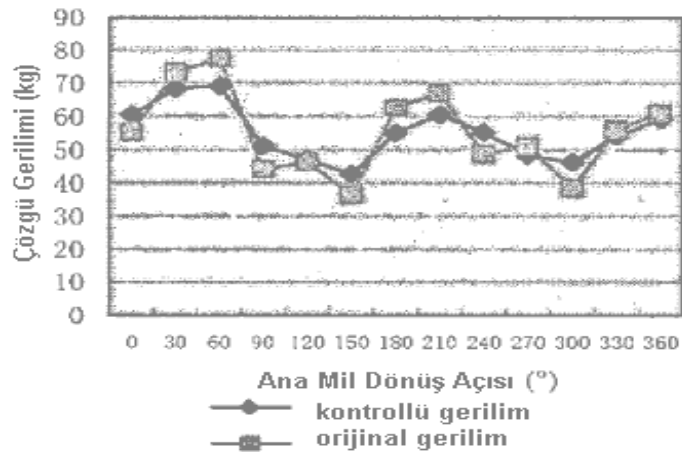
**KAYNAK:** GUO, S., HE, Y., FANG M., LU, L., Design of a Fuzzy Pre-compensator PID Tension Controller for Fabric Based on DSP ,2004 8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision Kunming, China, 6-9th December 2004

Böylelikle dokuma makinesinin bir devrinde meydana gelen gerginlik değişiminin bulanık mantık ön kompensatör kullanıldığında konvansiyonel PID tipi denetimle yapılabildiğine göre daha uygun sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir (Şekil 2.33 ve Şekil 2.34).



Şekil 2.33. 300 dv/dk Çalışma Hızında Elde Edilen PID Ve Fuzzy-PID Kontrol Sistemlerindeki Gerilim Değişimleri

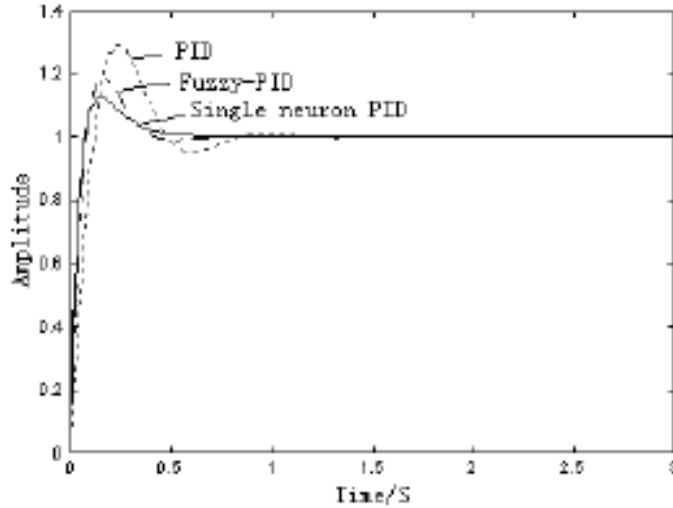
**KAYNAK :** GUO, S., HE, Y., FANG M., LU, L., Design of a Fuzzy Pre-compensator PID Tension Controller for Fabric Based on DSP ,2004 8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision Kunming, China, 6-9th December 2004



Şekil 2.34 550 dv/dk çalışma hızında elde edilen PID ve Fuzzy-PID kontrol sistemlerindeki gerilim değişimleri

**KAYNAK:** GUO, S., HE, Y., FANG M., LU, L., Design of a Fuzzy Pre-compensator PID Tension Controller for Fabric Based on DSP ,2004 8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision Kunming, China, 6-9th December 2004

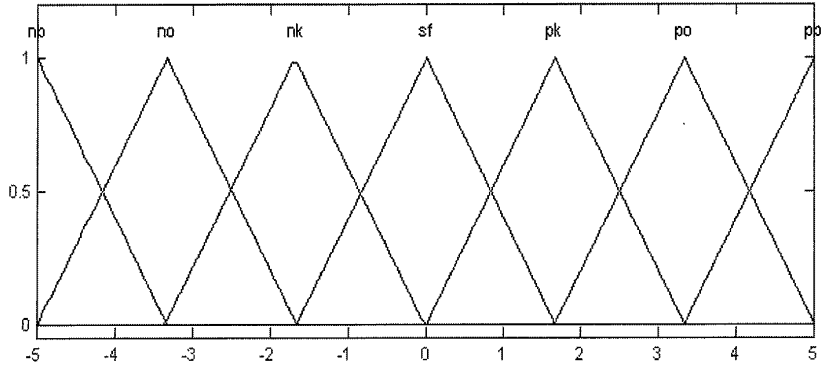
Lei ve ark.(2009) yaptıkları çalışmada çözümlü gerginliğini düzenleyen kontrol sistemlerini incelemiştir. PID, bulanık mantık+ PID ve tekli sinir ağı+ PID denetleyicileri üzerinde çözümlü gerginliğinin değişimlerini göstermiştir (Şekil 2.35).



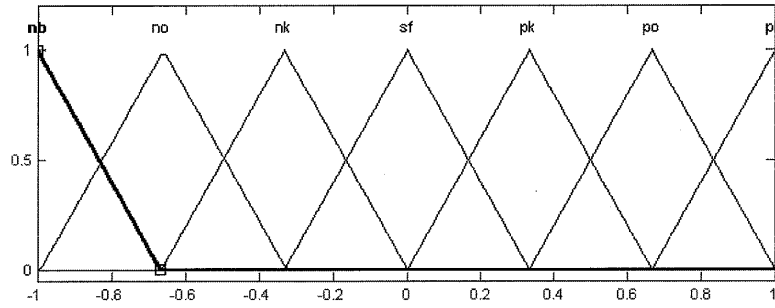
Şekil 2.35 Çözümlü Gerginliğinin PID, bulanık mantık+ PID ve tekli sinir ağı+ PID Denetleyicileri Üzerindeki Değişimleri

**KAYNAK:** LEI W., JIANCHENG Y., The Research on Controlling Method of Loom Warp Tension, 2009 Second International Symposium on Computational Intelligence and Design, IEEE, p 115-118

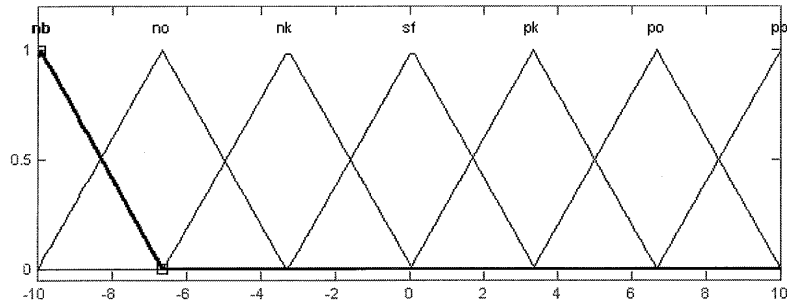
Dayık ve ark. (2009) Rus yapımı ATPR marka hava jetli dokuma makinasında çözümlü gerginliğini geleneksel PID kontrolü ve Bulanık Mantık Kontrolü ile yapmışlardır. Çözümlü salma sistemine taktıkları servomotorun zamanlamasını dokuma makinasının anamiline taktıkları artımlı enkoder ile gerçekleştirmiş , çözümlü gerginliğini ise arka köprüye taktıkları bir yerdeğiştirme sensörü ile ölçmüşlerdir. Sensörden ve enkoderden gelen elektriksel sinyalleri bir arabirim kartı ile işlenmiş ve bilgisayar yazılımı ile çözümlü salma sisteminin hareketini sağlayan servomotor kontrol edilmiştir. Yapılan çalışmada dokuma makinesinin anamelinin 1 devri içinde gerçekleşen gerginlik değişimleri gözlemlenmiştir. Bulanık Mantık kontrolcüsüyle yapılan gerginlik denetiminde gerginlik kontrolü için hata ve hata değişimi olmak üzere 2 giriş üyelik fonksiyonu ve 1 adet çıkış fonksiyonu kullanılmıştır. Kullanılan hata ve hata değişimi giriş üyelik fonksiyonları ve çıkış üyelik fonksiyonu Şekil 2.36, Şekil 2.37 ve Şekil 2.38’de gösterilmiştir.



Şekil 2.36 Hata Giriş Üyelik Fonksiyonu



Şekil 2.37. Hata Değişimi Giriş Üyelik Fonksiyonu

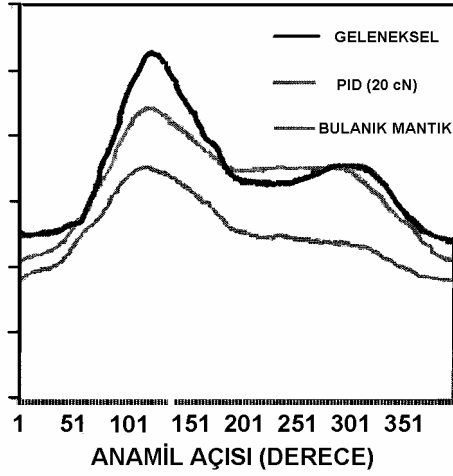


Şekil 2.38. Çıkış Üyelik Fonksiyonu

**KAYNAK:** DAYIK, M. , ÇALIŞ, H., KACACAN, M. , 2009, Adaptive Control Of Let-Off System In Weaving, The Journal Of Textile Institute, v 100(2), p186-194

Yapılan çalışma neticesinde geleneksel, PID ve Bulanık Mantık Kontrolcülerinin kullanımı durumunda çözgü gerginliğinde meydana gelen değişimler birbirleri ile mukayese edilmiştir. Çalışma sonucunda geleneksel, PID ve Bulanık Mantık

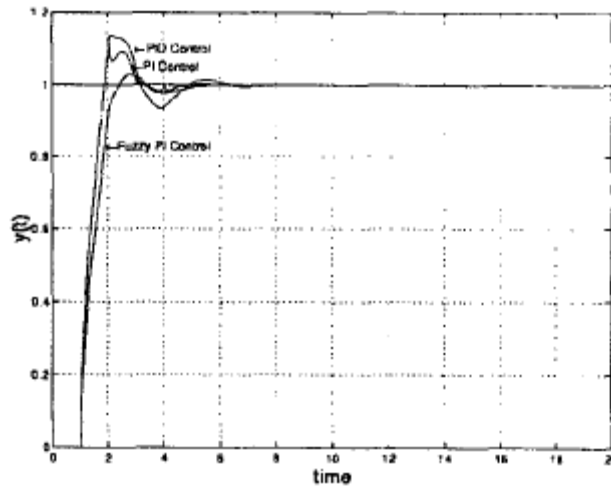
Kontrolcülerinin kullanımı durumundaki çözgü gerginliği değişimi Şekil 2.39’da görülmektedir.



Şekil 2.39 PID ve Bulanık Mantık Kontrolcülerinin kullanımı durumundaki çözgü gerginliği değişimi (Dayık 2009)

**KAYNAK:** DAYIK, M. , ÇALIŞ, H., KACACAN, M. , 2009, Adaptive Control Of Let-Off System In Weaving, The Journal Of Textile Institute, v 100(2), p186-194

Huang ve Yasanabu (2000) yaptıkları çalışmada bulanık mantık kontrolcüsünün kullanıldığı durumlarda PID kontrole göre sistem davranışının daha hızlı ve az salınımlı olduğunu göstermişlerdir.



Şekil 2.40. Bulanık Mantık ve PID Kontrol Organlarının Sistem Davranışı

**KAYNAK:** HUANG Y., YASUNOBU S., A General Practical Design Method for Fuzzy PID Control from Conventional PID Control, IEEE, p969-972



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Deneysel çalışmada Rus yapımı ATPR kancalı hava jetli dokuma makinesi kullanılmıştır. Şekil 3.1’de görülen dokuma makinesinde orijinal olarak mekanik çözgü salma mekanizması bulunmaktadır. Dokuma makinesinde 3000 tel 150 den PES çözgü ipliği her bir tarak dışından iki adet geçirilmiş olup yaklaşık 30 tel/cm sıklığında, atkı ipliği ise Ne22 pamuk ipliği olup 22 atkı/cm sıklığında bezayağı kumaş dokumaktadır. Kullanılan 150den PES çözgü ipliğinin Instron 4301 test cihazında 50cm uzunluğundaki çözgü iplikleri test edilerek ortalama elastisite modülü 2.15 N/tex olarak belirlenmiştir. İlgili test sonuçları Ek-1’de verilmiştir.



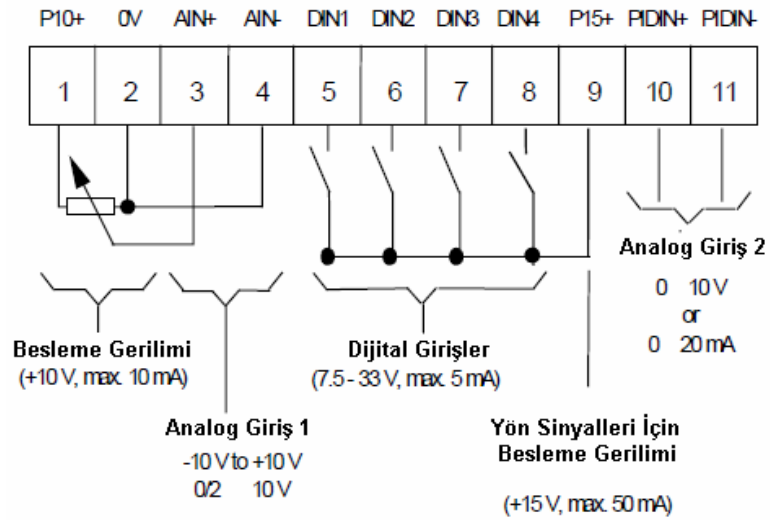
Şekil 3.1. ATPR Kancalı Hava Jetli Dokuma Makinesi

Bu çalışma kapsamında mekanik çözgü salma mekanizması çıkarılıp çözgü salma mekanizmasına AC motoru ilave edilmiş ve bilgisayara bağlı bir sürücü sistem (Şekil 3.2) ile leventin hareketi elektronik kontrollü bir sisteme dönüştürülmüştür. Motor sürücüsü olarak SIEMENS firmasına ait 1 kW gücünde Micromaster Vector Drive modeli kullanılmıştır.



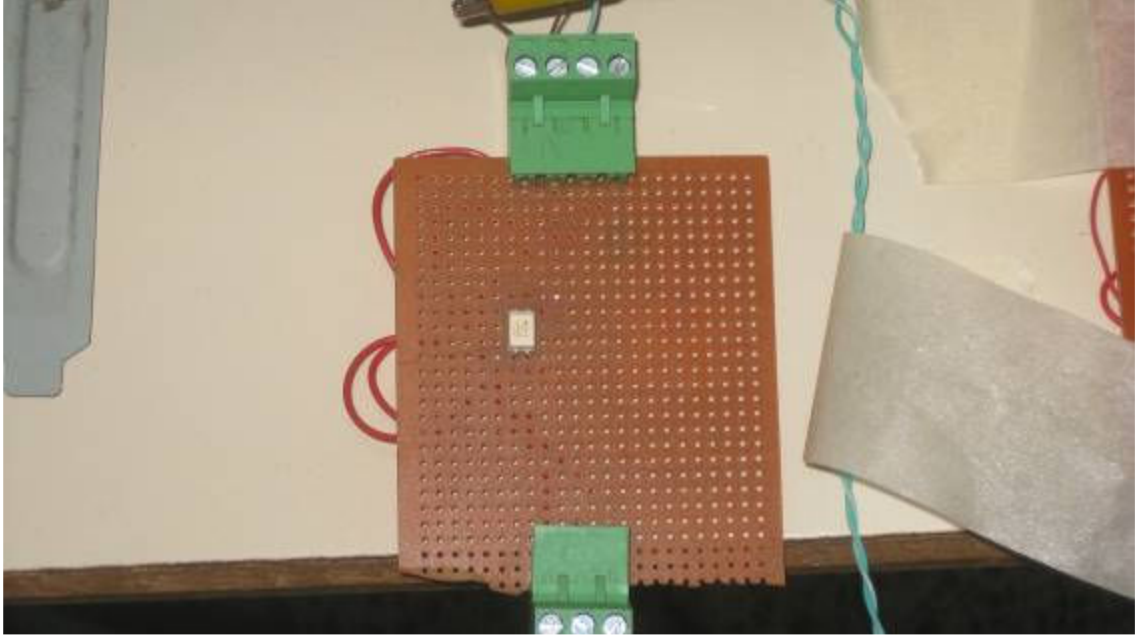
Şekil 3.2. AC Motor Sürücüsü Micromaster Vector Drive

Motor sürücüsünün 2. ve 3. pinleri motor hızını ayarlamak için terminal kartının analog çıkışına bağlanmıştır. AC motorlarının hızı motor içinde bulunan döner manyetik alanın frekansı ile doğru orantılı olduğundan sürücünün 2. ve 3. pinleri AC motorun hızını motor içinde bulunan döner manyetik alanın frekansını 0-50 Hz arasında değiştirerek istenilen motor hızını sağlamaktadır. 0-50Hz frekans değerine bilgisayardan üretilen arabirim kartı aracılığıyla 0-10V'luk gerilim ile doğrusal olarak ulaşılmaktadır. Sürücünün 4. ve 5. pinleri ise dijital giriş olup motora yön sinyali vermek için 15. pin ile birlikte kullanılmaktadır (Şekil 3.3).



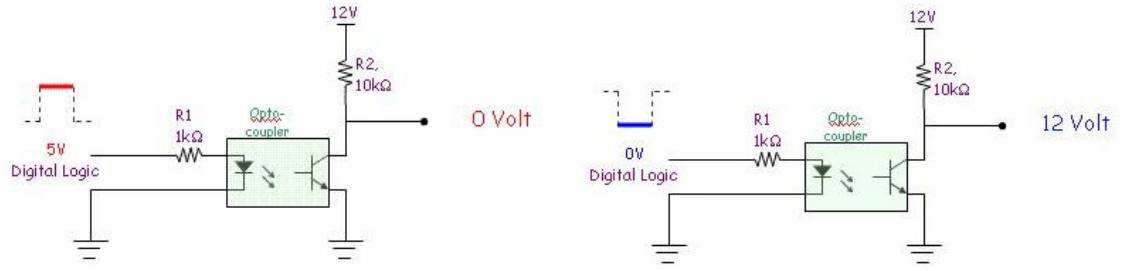
Şekil 3.3. Micromaster Vector Sürücüsüne Ait Kontrol Bağlantıları

Motorun ileri-geri hareketini sağlayabilmek için 15.pinden gelen 15V'luk sinyal üzerinde bir optocoupler bulunan bir devreye (Şekil 3.4) gelmekte ve arabirim kartından gelen dijital giriş sinyaliyle 4. ve 5. pinlere aç-kapa sinyali verilerek motor istenilen yöne döndürülebilmektedir.



Şekil 3.4. Motora Yön Sinyali Veren Optokuplör Devresi

Bir optokuplör, kaynakla yük arasında elektriksel izolasyon sağlayan bir cihazdır. Şekil 3.5'de görüldüğü üzere optokuplörler girişinde bir LED ve çıkışta da bir fotosensör vardır. LED ve fotosensör arasında elektriksel hiçbir bağlantı yoktur. Optokuplörlerde LED ile fotosensör arasındaki iletişim led ışığı ile sağlanmaktadır. Arabirim kartından gelen 5V'luk dijital sinyal ledin ışığını yakarak fotosensörü tetiklemektedir. Fotosensörün bir bacağı motor sürücü devresinin 15.pinine, diğer bacağı ise motora ileri yön verilecekse motor sürücü devresinin 4.pinine, motora geri yön verilecekse motor sürücü devresinin 5.pinine bağlanmıştır. Fotosensör, led ışığı yanınca motor sürücü devresinden gelen +12V'luk sinyali açarak sürücünün 4.ve 5. pinlerine iletir.



Şekil 3.5. Motora Yön Sinyalinin Verilmesi

Levendin tahriki ise AC motordan alınan hareketle dişli mekanizması üzerinden sağlanmaktadır (Şekil 3.6). Motor ve levent arasında 1:2000 dişli oranı kullanılmaktadır.

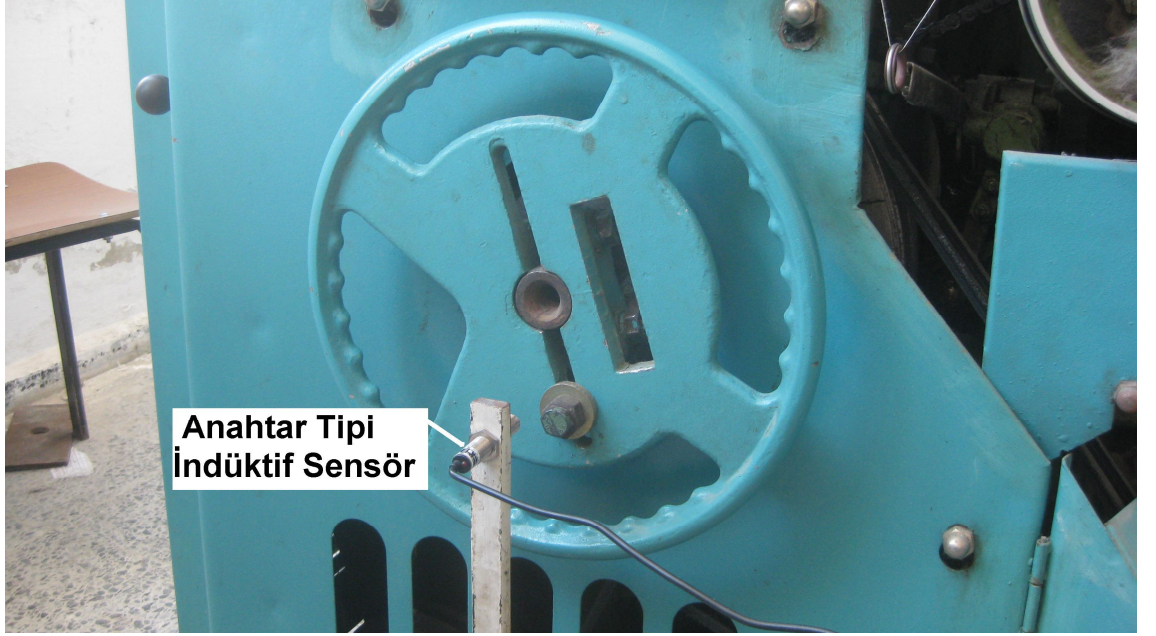


Şekil 3.6. Çözümlü Levendinin Tahriki

Leventin tahrikiyle tezgah anamili arasındaki zamanlama anahtar tipi bir indüktif sensör kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7). İndüktif sensör ana mile takılmış olan bir civata sensörün önünden geçerken sensör çıkışı 5V olmakta, bunun haricindeki ana mil açılarında indüktif sensör çıkışı 0V olmaktadır. Sensör çıkışı 0V'dan 5V'a geçerken tefe en ileri konumda olmakta ve bu durum anamil dönüş açısının  $0^0$  değerine karşılık gelmektedir. Dokuma makinesinin ana milinin hareketine bağlı olarak  $360^0$ 'de 1 kez ana mile bağlı civata parçası sensörün bir çıkış sinyali üretmesine neden olmaktadır. Dokuma makinesinin ana milinin bir kez dönüşü ile bir atkı atılmış olacağından sensörün çıkış sinyali kullanılarak makine çalışmasında atılan toplam atkı sayısının ve makine hızının

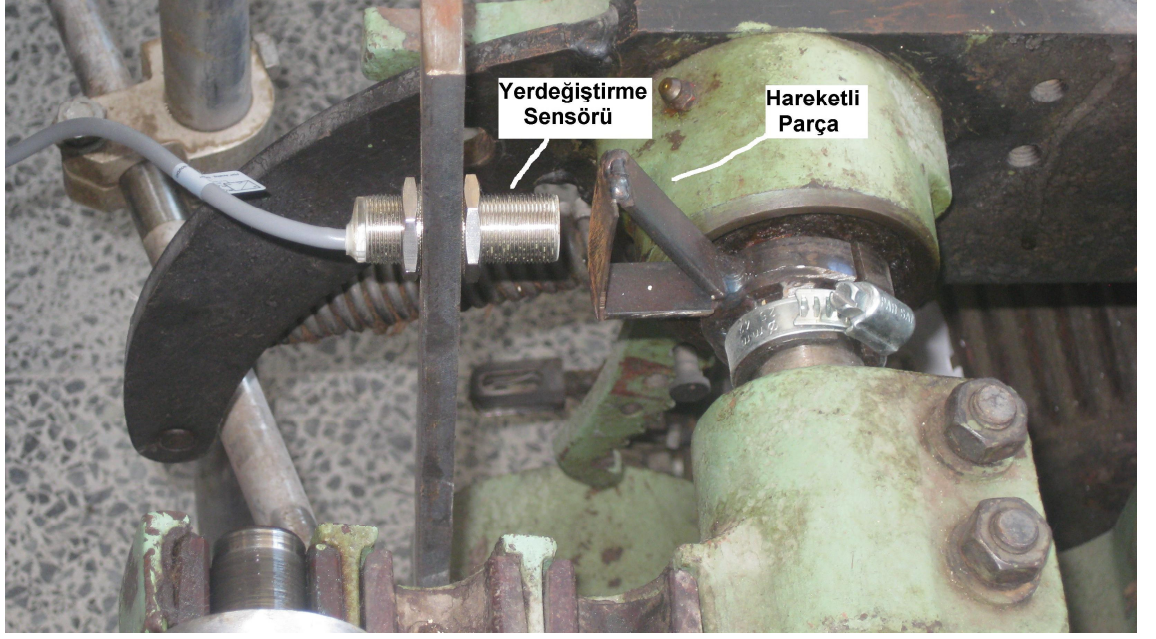


(d/dak) cinsinden tesbiti mümkün olmaktadır. indüktif sensörden elde edilen çıkış sinyali bir arabirim kartı üzerinden bilgisayarın dijital giriş portuna bağlanmakta ve kullanılan simülasyon programında bağlanılan port adresi gösterilerek sinyal bilgisayardan okunmakta ve işlenmektedir.



Şekil 3.7. Tezgah Anamiline Bağlanmış Anahtar Tipi İndüktif Sensör

Elektronik çözgü salma mekanizmasında gerginlik ölçümünde arka köprüye bağlı bir hareketli parça ile bu parça karşısında arka köprünün hareketini algılayan bir indüktif tipte yer değiştirme sensörü kullanılmıştır (Şekil 3.8). Yer değiştirme sensörü 0-5mm arasındaki mesafe değişimlerine karşı duyarlı olup, 0-5mm arasındaki mesafe değişimlerinde 0-10V arasında analog çıkış sinyali vermektedir. Yer değiştirme sensöründen alınan analog sinyal arabirim kartının analog girişine bağlanmaktadır. Bilgisayardan okunan yer değiştirme sensörünün analog sinyali toplam çözgü gerginliğinin ölçümünde kullanılmaktadır.



Şekil 3.8 İndüktif Tipte Yer Değiştirme Sensörünün Arka Köprüye Yerleşimi

Bilgisayarla makine arasındaki bağlantı ISA kanalıyla bağlantı yapılan bir Advantech PCL-818 arabirim kartıyla sağlanmıştır. Advantech PCL-818 ara birim kartı aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- 12bit ADC (analog dijital dönüştürücü) , 16 analog giriş.
- 16 dijital giriş.
- 16 dijital çıkış.
- 1 adet analog çıkış, analog çıkış 12bitlik bir DAC ile elde edilmektedir.
- Zaman ve sayaç devreleri.

Ara birim kartı ile 100 kHz frekansta veri okunabilmekte ve arabirim kartı özellikleri yapılan deneysel çalışma için yeterli olmaktadır. Arabirim kartının görünüşü Şekil 3.9’da gösterilmektedir. Arabirim kartının 1 analog girişi yer değiştirme sensörü için, 1 dijital girişi aç-kapa sensörü, 2 dijital çıkışı kullanılan AC motor sürücüsünün yön sinyali ve 1 analog çıkış ise motor sürücüsüne hız sinyali vermek için kullanılmıştır. Arabirim kartına sinyallerin giriş çıkışları aşağıdaki adresler üzerinden yapılmaktadır.

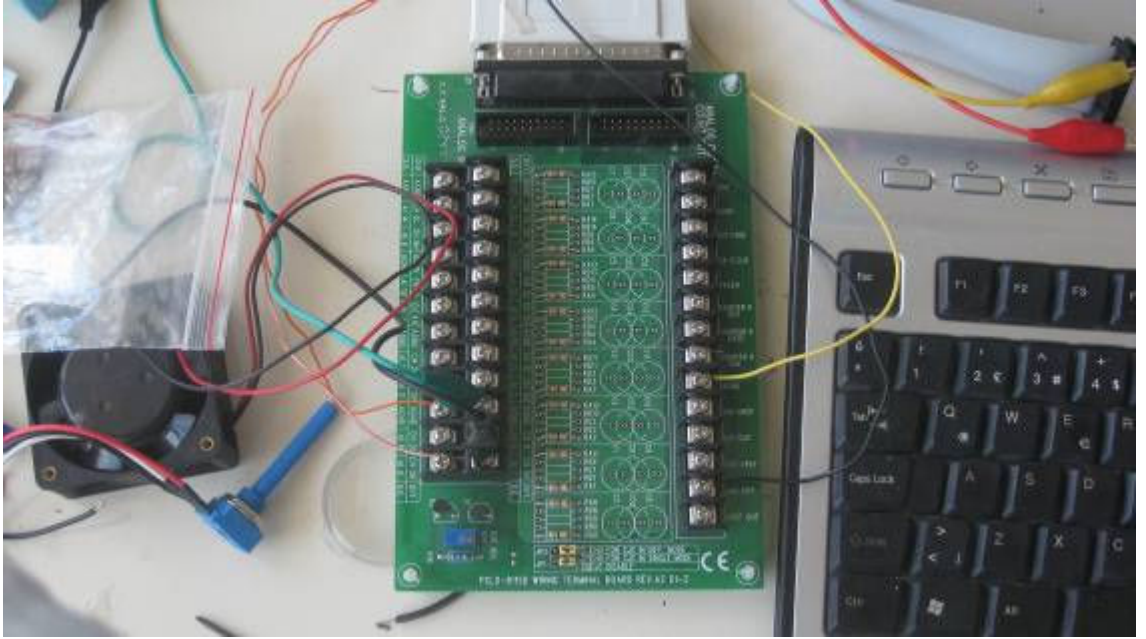
- Dijital giriş Adres: 0X303 , 3 nolu pin
- Dijital çıkış Adres:0X303, 3 ve 4 nolu pinler
- Analog giriş Adres:0X300 ( 4.bit ) , 0X300 (5.bit)
- Analog çıkış Adres: 0X304 ( 1.bayt ) , 0X305 (2.bayt)

Burada sayıların önündeki 0X adresi temsil eden sayıların 16'lık tabanda olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.9. Advantech PCL-818 arabirim kartı

Arabirim kartı ile sensörler arasındaki bağlantıları ise Advantech PCLD-8115D Terminal Kartı ile sağlanmıştır (Şekil 3.10). Advantech PCL-818 arabirim kartı üzerinde 37 pin bulunan DB37 kablo ile terminal kartına bağlanmıştır. Analog giriş ve analog çıkış sinyalleri bağlantı kartı üzerinden arabirim kartına iletilmektedir. Terminal kartının kullanılmasıyla bağlantılar daha kolayca yapılabilmektedir.

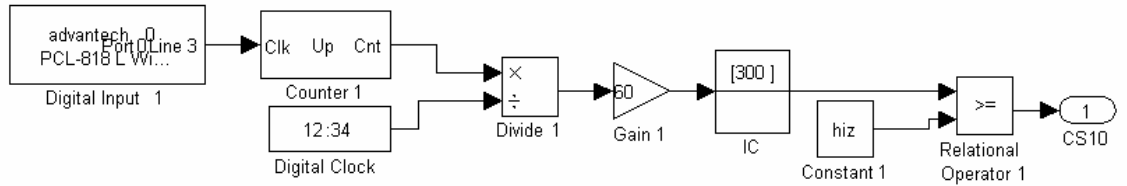


Şekil 3.10. Advantech PCLD-8115D Terminal Kartı

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Deneysel Çalışmaya Ait Yöntem

PID klasik kontrol denetimi ve bulanık mantık algoritmalarını içeren yazılım Matlab SIMULINK kullanılarak yapılmıştır. Dokuma makinesinin anamelinin dönüş sayısı atılan atkı sayısını belirlemektedir. Dokuma makinesinin anameline takılı olan anahtar tipi indüktif sensör dokuma makinesinin çalışması esnasında atılan atkı sayısının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Anahtar tipi indüktif sensör simulink'te data kartının bulunduğu araç kutusundan dijital giriş olarak tanımlanmıştır. Buradan alınan dijital sinyal bir sayıcıya bağlanılarak dokuma makinesinin anamelinin dönüş sayısı belirlenmiştir. Sayaçta toplanan bu değer daha sonra grafiklerin çizilmesinde yatay eksen verisi olarak kullanılmaktadır. Dokuma makinesi çalışmaya başladıktan sonra herhangi bir sebeple çalışması durdurulduğunda çözümlü salma motorunun da durabilmesi için bir mantıksal operatör kullanılmaktadır. Makine hızı belirlenen bir hızın altına düştüğünde çözümlü salma motoruna mantıksal operatör 0 sinyali göndererek çözümlü salma işlemi sonlandırılmaktadır. Makine hızı istenilen hız değerinden eşit ve büyük olduğunda ise mantıksal operatör 1 sinyali gönderir ve çözümlü salma işlemi devam eder. Şekil 3.11 bu işlemleri Matlab Simulink blok diyagramı olarak göstermektedir.

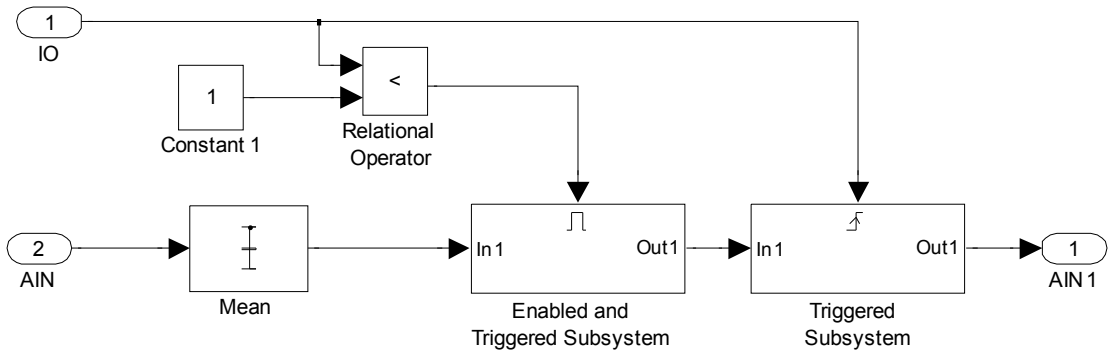


Şekil 3.11. Anahtar Tip İndüktif Sinyalin Simulinkte İşlenmesi

Yerdeğiştirme sensöründen alınan gerginlik değerleri atkı atımı süresince dokuma makinesinin çerçeve hareketinden ve tefeleden dolayı ani gerginlik artışları gözlemlenmektedir. Çözümlü gerginliği kontrol sisteminin daha kararlı çalışması için bu ani değişimlerin etkisi, dokuma makinesinin ana milinin her bir tam devrinde elde edilen gerginlik değerlerinin ortalaması alınarak azaltılmaktadır. Ortalama gerginlik değerinin Simulinkte bulunan istatistik araçlarından olan ortalama bloğu kullanılarak

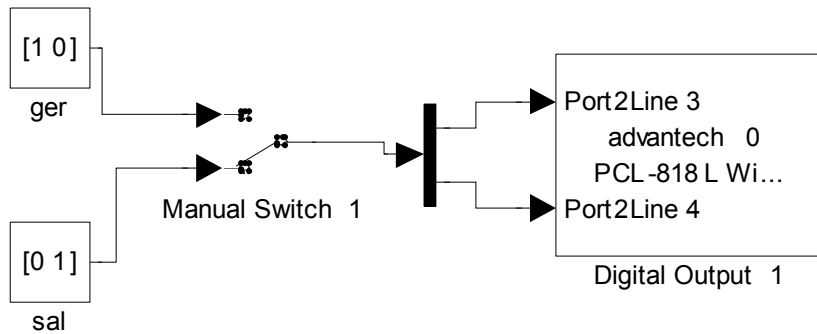


hesaplanmıştır. Makine ana miline takılı olan indüktif aç-kapa sensöründen 0 değeri okundukça, yerdeğiştirme sensöründen gelen gerginlik sinyallerinin ortalaması alınmaktadır. Mantıksal operatör ise anamildeki indüktif sensörden gelen sinyali karşılaştırır ve sinyal olumluysa tetikleyici bloğuna iletir, tetikleyici blok ise sensörden gelen 1 sinyalinde ortalama gerginlik değerini bir sonraki işleme göndermektedir. Bu işlemlere ait Simulink bloğu Şekil 3.12’de gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Simulinkte Her Atkı Atımında Ortalama Gerginlik Değerinin Hesaplanması

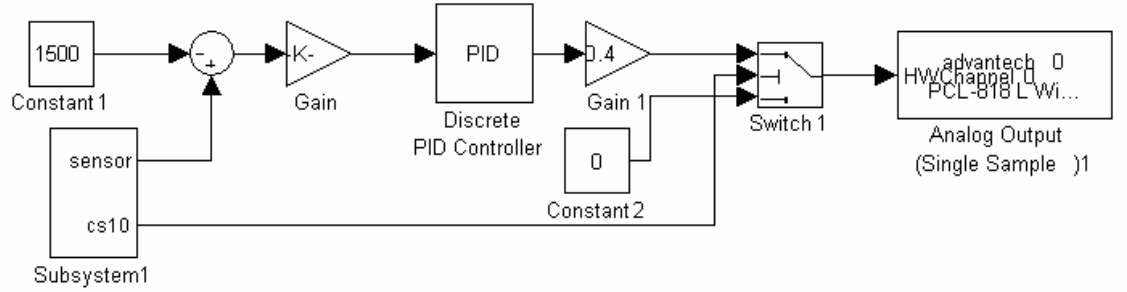
Çözümlü salma motorunun saat ibreleri veya tersi yönündeki dönüş hareketini sağlayabilmek için simulink’te arabirim kartına ait dijital çıkış bloğuna 1-0 veya 0-1 sinyal çiftleri elle anahtarlama yapan bir anahtarlama bloğuna bağlanmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Simulinkte Motor Dönüş Yönünün Ayarlanması

DeneySEL çalışmada PID tipi denetimle yapılan gerginlik kontrolünün Simulink’e ait blok şeması Şekil 3.14’de gösterilmektedir. Burada istenilen gerginlik değeri ile indüktif tipte yerdeğiştirme sensöründen gelen gerginlik değeri karşılaştırılmakta ve arasındaki

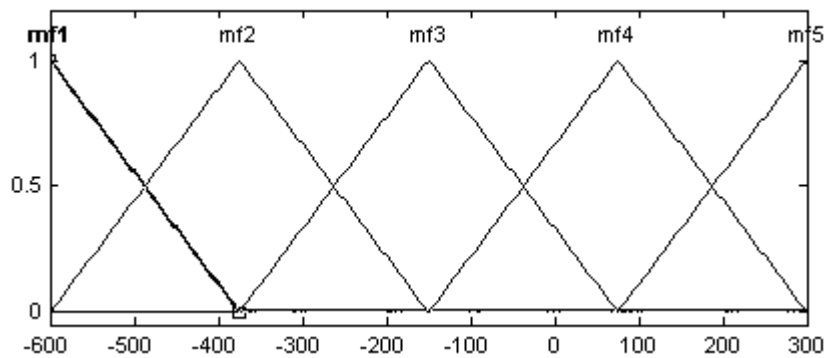
fark değeri PID kontrolcüsüne giriş sinyali olarak verilmektedir. PID kontrolcüsünde işlenen hata sinyali bir çıkış sinyali üretmekte ve elde edilen çıkış sinyali çözgü salma mekanizmasının hareketini sağlayan AC motor sürücüsüne kumanda sinyali olarak arabirim kartından gönderilmektedir.



Şekil 3.14. PID Tipi Denetimle Gerginlik Kontrolü

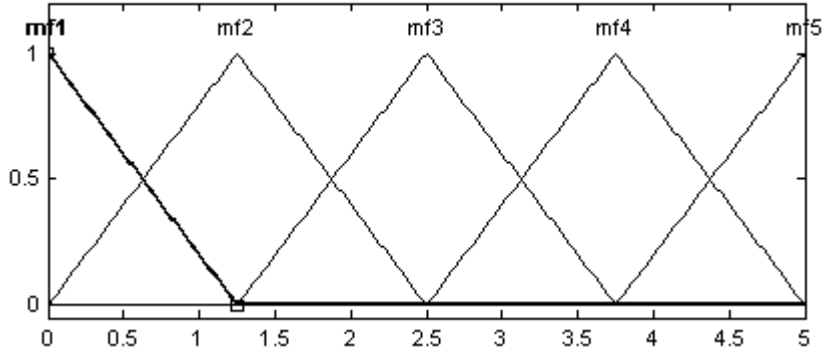
PID tipi denetimle yapılan gerginlik kontrolüne ait deneysel çalışmada çözgü ipliklerinin toplam 900N ön gerginlik değeri verilmiş, sırasıyla 1100, 1300 ve 1500 N'luk gerginlik değerlerine ulaşınca kadarki gerilim değişimleri incelenmiştir. Bu çalışmaya ait deneysel sonuçlar Ek-2'de verilmiştir.

Deneysel çalışmada bulanık mantık denetçisiyle yapılan gerginlik kontrolünde, bulanık mantık kontrolcüsü tek girişli ve tek çıkışlı olmak üzere tasarlanmıştır. Giriş fonksiyonu olarak alınan hata sinyalinin alt ve üst aralıkları -600N ile 300N olarak belirlenmiştir. Şekil 3.15'de hata sinyalinin üyelik fonksiyonu görülmektedir.



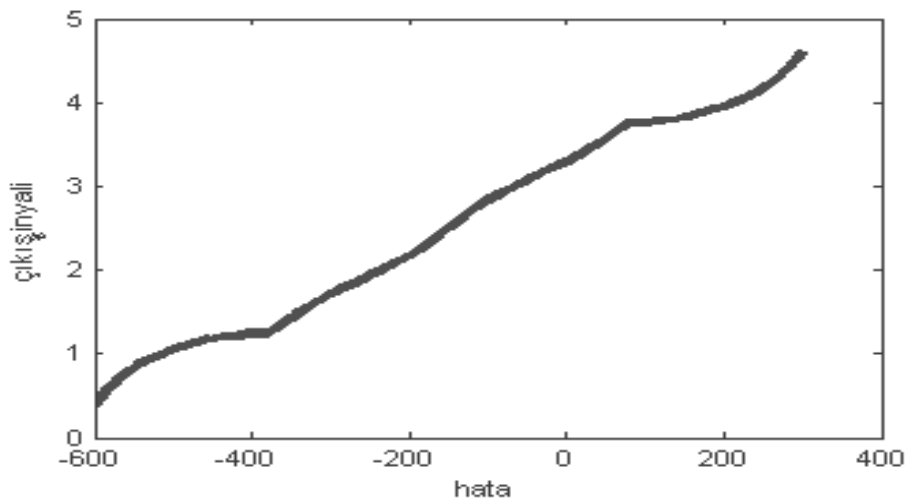
Şekil 3.15. Hata Sinyalinin Üyelik Fonksiyonu

Çıkış üyelik fonksiyonu ise 0V ile 5V arasında olacak şekilde belirlenmiştir. Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları 5 üyelikli ve üçgen olacak şekilde tasarlanmıştır. Şekil 3.16'da çıkış sinyalinin üyelik fonksiyonu görülmektedir.



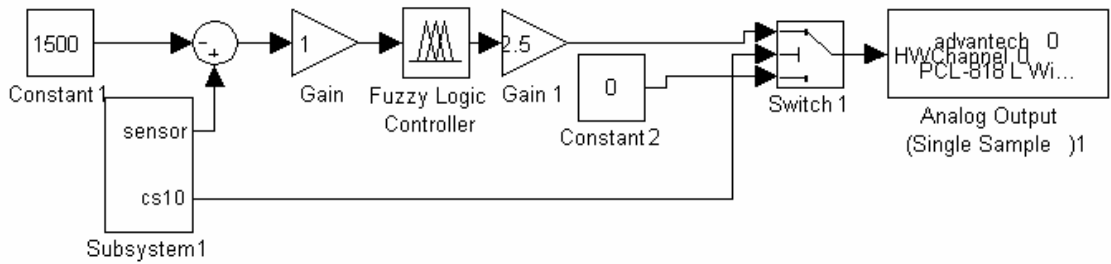
Şekil 3.16. Çıkış Sinyalinin Üyelik Fonksiyonu

Bulanık mantık kontrolcüsünün sistemden gelen hata sinyaline karşılık çıkış sinyali üretebilmesi için bir kural tablosuna ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan deneysel çalışmada istenilen gerginlik değeri ile ölçülen gerginlik değeri arasındaki hata sinyali negatif ve çok büyük olması durumunda çözgü salma mekanizmasının istenilen gerginlik değerine daha çabuk ulaşabilmesi için bulanık mantık kontrolcüsünün çok küçük bir çıkış sinyali vermesi sağlanmıştır. Eğer istenilen gerginlik değeri çok aşılış ise bulanık mantık kontrolcüsü daha büyük çıkış sinyali üreterek çözgü salma motorunun açışal hızını arttırmakta ve böylelikle dokuma ortamına daha fazla çözgü beslenerek istenilen gerginlik değerine hızlı bir şekilde ulaşması sağlanmaktadır. Elde edilen hata sinyaline karşılık gelen çıkış sinyali Şekil 3.17’de görülmektedir.



Şekil 3.17. Hata Sinyaline Göre Çıkış Sinyalinin Değişimi

Simulinkte bulanık mantık kontrolcüsü ile yapılan gerginlik kontrolüne ait blok şema Şekil 3.18’de görülmektedir. Kural tablosu oluşturulduktan sonra bulanık mantık kontrolcüsüne ait olan bloğa önceden kaydedilen dosya okutulur. Dokuma makinesi çalışmaya başlayınca yerdeğiştirme sensöründen gelen analog gerginlik sinyali istenilen gerginlik sinyali ile karşılaştırılarak bir hata sinyali elde edilir. Elde edilen hata sinyali bulanık mantık kontrolcüsü yardımıyla bir kumanda sinyaline dönüştürülerek arabirim kartı üzerinden çözümlenmiş salma sisteminin hareketini sağlayan AC motorunun sürücüsüne hız sinyali olarak iletilir.

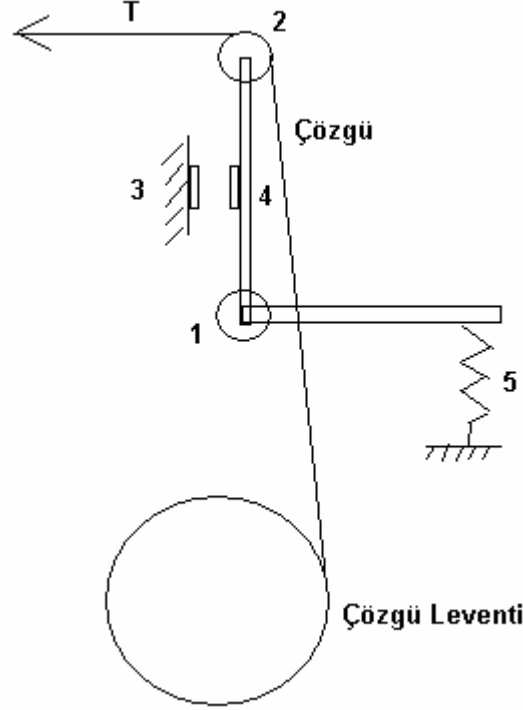


Şekil 3.18. Bulanık Mantık Kontrolcüsüyle Gerginlik Kontrolü

Bulanık mantık esaslı denetimle yapılan gerginlik kontrolüne ait deneysel çalışmada çözümlenmiş ipliklerinin toplam 900N ön gerginlik değeri verilmiş, sırasıyla 1100, 1300 ve 1500 N’luk gerginlik değerlerine ulaşıncaya kadarki gerilim değişimleri incelenmiştir. Bu çalışmaya ait deneysel sonuçlar Ek-3’de verilmiştir.

### 3.2.2 Teorik Çalışmaya Ait Yöntem:

Bu tez kapsamında yapılan teorik çalışmada kullanılan yer değiştirme sensörüne sahip elektronik yarı pozitif çözü salma mekanizması Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Yer Değiştirme Sensörüne Sahip Bir Elektronik Çözgü Salma Mekanizması

Çözgü salma mekanizmasının çalışma prensibi aşağıda açıklanmıştır.

1 nolu silindir makina gövdesine döner mafsalla yataklanmış olup çözgü gerginliğinin etkisiyle kendi ekseninde dönebilmektedir. 2 nolu arka köprü silindiri ise 4 nolu kol üzerine yataklanmıştır ve 4 nolu kolün diğer ucuna 5 nolu yay bağlanmıştır. Çerçeve hareketi ve tefe vuruşundan dolayı oluşan çözgü gerginliği değişimi mekanizmada yay ile kompanse edilerek arka köprünün salınım miktarı ayarlanmaktadır. Levenden beslenen çözgü miktarıyla değişen çözgü gerginliği 3 nolu yer değiştirme sensöründen alınan sinyal ile tesbit edilmektedir. İstenilen çözgü ipliği gerginliği ise bilgisayardan girilen bir sayı tarafından belirlenmektedir. Çözgü gerginliğindeki değişim 2 nolu silindire etkileyen momenti değiştirmektedir. Değişen bu moment değeri arka köprü

silindirinin yatay eksenle yaptığı açığı değiştirmektedir. Bu açısal değişim farklı gerginlik değerleri için yer değiştirme sensöründen (3) farklı çıkış sinyalleri elde edilmesine neden olmaktadır.

Şekil 3.19'da görülen arka köprü tasarımında arka köprüye etki eden toplam moment sıfır olacağından aşağıdaki denklem elde edilir.

$$T.r - F.l = 0 \quad (3.1)$$

Burada;

$T$  : Çözümlü gerginliği (cN)

$F$  : Yay kuvveti

$r$  : Arka köprü silindiri ile 1 nolu mafsal arasındaki kol uzunluğu (m)

$l$  : 1 nolu mafsal ile yay arasındaki kol uzunluğu (m)

5 nolu yayın uyguladığı kuvvet ise 3.2 nolu eşitlikten hesaplanır.

$$F = l.\theta.k \quad (3.2)$$

Burada;

$k$  : Yay sabiti (N/m)

$\theta$  : Arka köprünün yatayla yaptığı açı (rad)

3.1 nolu denklemde  $F$  yerine 3.2 nolu denklem yerine konulup eşitlikten  $\theta$  çekilirse arka köprünün yatay eksenle yaptığı salınım açısı 3.3 nolu denklemden elde edilir.

$$\theta = \frac{T.r}{k.l^2} \quad (3.3)$$

Bu denkleme göre arka köprüdeki tasarımdan yararlanılarak, simülasyonda hesaplanılacak  $\theta$  değeri ile kol uzunluğu çarpımından arka köprü hareketinden dolayı dokuma bölgesine salınan veya çekilen çözümlü miktarı hesaplanabilmektedir.

Dokuma makinesinde çözgü gerginliği salınan çözgü ipliği miktarı ile kumaş çekme miktarının arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Dokuma makinasının bir devrindeki kumaş çekme miktarı;

$$l_{k\zeta} = \frac{1}{n} \quad (3.4)$$

formülü ile hesaplanabilmektedir. Burada;

$n$  : Atkı sıklığı (atkı/cm)

Dokuma işlemi esnasında salınan çözgü miktarı dokuma levendinde çap değişimine neden olmaktadır. Çözgü salma miktarının hesaplanabilmesi için öncelikle çözgü levendinin açısız yer değiştirme miktarına bağlı olarak levend yarıçapında meydana gelen değişim miktarı hesaplanmalıdır. Çözgü leventinin dönüş miktarı ile levend yarıçapı arasındaki ilişki Tümer ve Bozdağ'ın aşağıda belirttiği gibi kabul edilmiştir.

$$\frac{dr}{d\theta} = \frac{d\zeta}{2} \quad (3.5)$$

Burada;

$dr$  : Çözgü levendi yarıçapında meydana gelen değişim miktarı (m)

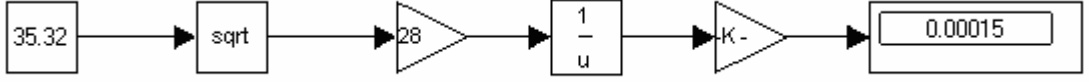
$d\theta$  : Levend dönme miktarı (rad)

$d\zeta$  : Çözgü ipliği çapı (m)

Çözgü ipliği çapı kullanılan çözgü ipliği numarasına göre ;

$$d\zeta = \frac{1}{28\sqrt{Ne}} \quad (3.6)$$

eşitliği ile inç olarak hesaplanmaktadır. Şekil 3.20'de çözgü ipliği çapının hesaplanması için oluşturulan blok gösterilmektedir. Bloкта 150den PES çözgü ipliğinin çapının 0,00015m olarak hesaplanmış ve yapılan teorik çalışmada çözgü ipliğinin çap değeri olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.20. Çözümlü İpliği Çapının Hesaplanması

Çözgü levendinin dönme miktarı ise;

$$d\theta = \omega_l \cdot t \quad (3.7)$$

değerine eşit olup 3.5 nolu denklemde  $d\theta$ 'nin yerine yazılırsa levendin dönüşüyle meydana gelen çaptaki değişim;

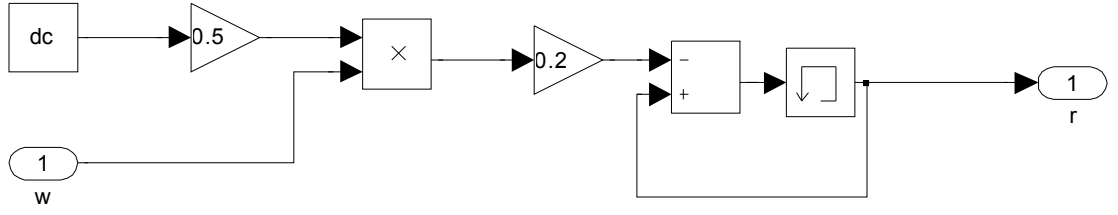
$$dr = \frac{d\phi \cdot \omega_l \cdot t}{2} \quad (3.8)$$

olarak hesaplanabilmektedir. Dokuma makinesinin  $n$ . devri için çözgü levendi yarıçapı;

$$r_n = r_{n-1} - dr \quad (3.9)$$

formülünden dokuma makinesinin bir önceki atkı atımındaki levend çapından çıkarılarak her atkı atımındaki levend çapı hesaplanmaktadır. Şekil 3.21'de oluşturulan blokta çözgü ipliği çapı 0.5 değeri ile çarpılarak çözgü ipliği yarıçapı bulunmuş ve çözgü ipliği yarıçapı ile leventin açısal hızı çarpılarak çözgü leventinin çap değişimi elde edilmiştir. Çözgü leventinin çap değişimi 300dv/dk çalışma devriyle dönen bir dokuma makinesi için atkı atım zamanı olan 0.2s değeri ile çarpılarak dokuma makinesinin her bir çalışma devri için çözgü leventinin çap değişimi bulunmuştur. Hesaplanan levend çapındaki değişim başlangıçtaki levend çapından çıkartılarak levend çapı bulunmuştur.



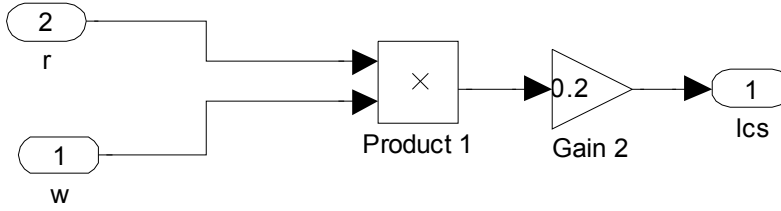


Şekil 3.21. Dokuma Makinasının Herbir Devrindeki Çözgü Leventi Yarıçapının Hesaplanması

Dokuma makinesi çalışmaya devam ettikçe çözgü leventinden serbest bırakılan çözgü miktarı ise ;

$$l_{\zeta s} = \omega_l \cdot r_n \quad (3.10)$$

eşitliğinden hesaplanmaktadır. Şekil 3.22 yapılan teorik çalışmada serbest bırakılan çözgü miktarının hesaplanmasını göstermektedir.



Şekil 3.22. Serbest Bırakılan Çözgü Miktarının Hesaplanması

Dokuma işlemi devam ettikçe dokuma leventinin çap değişimine bağlı olarak salınan çözgü miktarı başlama şartlarına göre değişmekte ve böylelikle kumaş çekme miktarı ile salınan çözgü ipliği miktarı arasında bir farka neden olmaktadır. Kumaş çekme miktarı ile salınan çözgü ipliği miktarı arasında oluşan fark çözgü ipliği gerginliğini değiştirmektedir. Çözgü ipliği gerginliğindeki değişim;

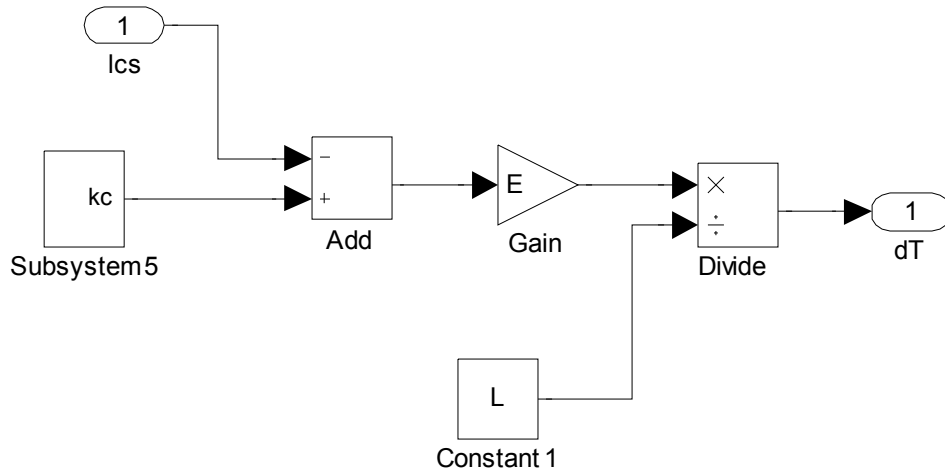
$$\Delta T = \frac{l_{k\zeta} - l_{\zeta s}}{L} \cdot E_{\zeta} \quad (3.11)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Burada;

$L$  :Çözü levendinden kumaş çizgisine kadar olan bölgede serbest çözü uzunluğu

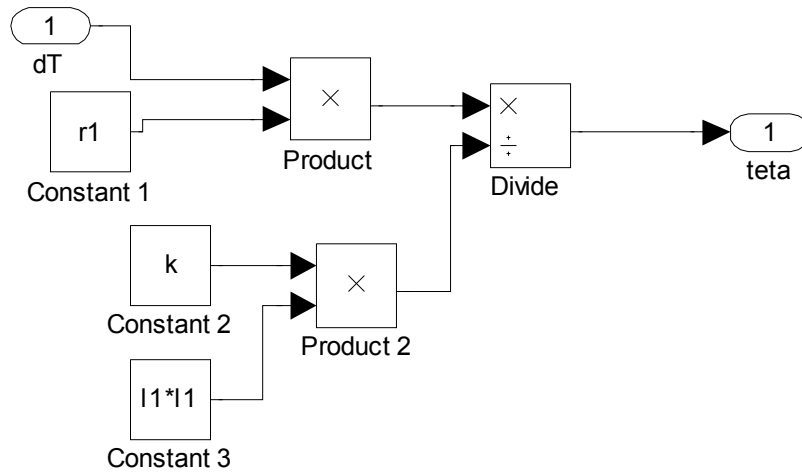
$E_{\text{ç}}$  :Çözü ipliği elastisite sabiti (N)

Çözü ipliği gerginliğindeki değişimin hesaplanması Şekil 3.23'de verilen simulink bloğunda gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Çözü İpliği Gerginliğindeki Değişimin Hesaplanması

Çözü gerginliğinde meydana gelen değişim dokuma makinesinin arka köprüsünün bir önceki pozisyonuna göre açılma yerdeğişimine neden olmaktadır. Kabul edilen arka köprü tasarımına göre çözü ipliği gerginliğindeki değişimin arka köprüye olan etkisi hesaplanırken 3.3 nolu eşitlik kullanılmıştır. Şekil 3.24'de arka köprüün salınımının hesaplanması gösterilmektedir.



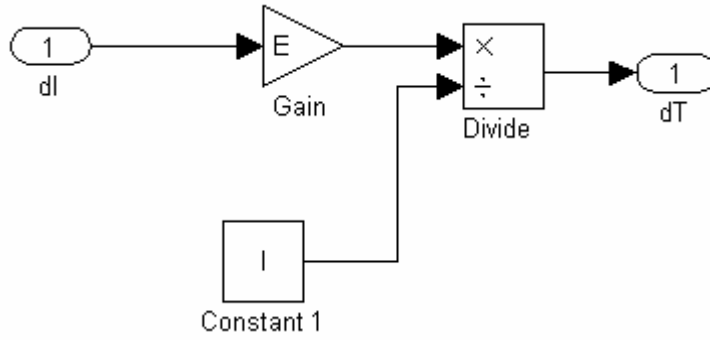
Şekil 3.24. Çözgü Gerginliğindeki Değişimin Arka Köprüye Olan Etkisi

Arka köprüde meydana gelen açısal yerdeğiştirmenin yukarı veya aşağı olması dokuma bölgesindeki toplam çözgü ipliği miktarını değiştirmektedir. Arka köprünün açısal yerdeğiştirmesi sonucunda dokuma bölgesine salınan veya dokuma bölgesinden çekilen çözgü miktarı  $l_{fark}$  değeri kadar olmaktadır.  $l_{fark}$  değeri ;

$$l_{fark} = d\theta_{arkaköprü} \cdot KolUzunluğu \quad (3.12)$$

eşitliğinden hesaplanmaktadır. Çözgü ipliğindeki gerginliğin artması veya azalması durumunda arka köprünün yukarı veya aşağıya doğru hareket etmesine neden olmaktadır. Arka köprünün bir önceki pozisyonuna göre aşağıya hareketi durumunda,  $l_{fark}$  kadar çözgü uzunluğu çözgü salma miktarına ilave olarak serbest bırakıldığından  $l_{fark}$  değeri negatif, arka köprünün bir önceki pozisyonuna göre yukarı yöndeki hareketi durumunda ise  $l_{fark}$  kadar çözgü uzunluğu kumaş çekme miktarına ilave olarak çekilmiş olacağından  $l_{fark}$  değeri pozitif olmaktadır. Simülasyonda  $l_{fark}$  değerinin (+) veya (-) olacağı kumaş çekme ve çözgü salma miktarları arasındaki farktan yola çıkılıp bir fonksiyon olarak belirtilmiştir. Fonksiyonda kumaş çekme ile çözgü salma arasındaki fark (+) ise arka köprü yukarı hareket edeceğinden  $l_{fark}$  değeri (-) ile çarpılmış, kumaş çekme ile çözgü salma arasındaki fark (-) ise arka köprü aşağıya hareket edeceğinden  $l_{fark}$  değeri (+) alınmıştır (Şekil 3.25).



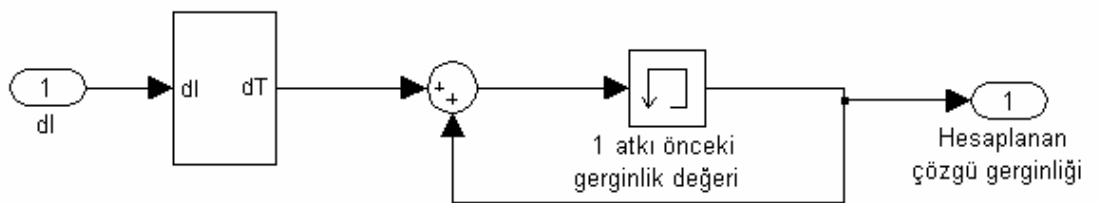


Şekil 3.27. Çözgü İpliği Gerginliğinin Değişimi

Her atkı atımındaki çözgü gerginliğini hesaplamak için bir önceki atkı atımındaki çözgü gerginliği bir sonraki atkı atımında meydana gelen gerginlik değişimi ile toplanarak hesaplanmaktadır. Çözgü gerginliği bu durumda ;

$$T_s = T_o + dT \quad (3.14)$$

olmaktadır. Simülasyonda dokuma makinasının bir atkı atımı öncesindeki gerginlik değerinin hesaplanması simülasyon döngüsü içerisinde bir döngü öncesi değeri hafızasında tutan ve gerginlik değişimi ile toplayan bir hafıza bloğu kullanılarak yapılmıştır. Şekil 3.28 simülasyonda çözgü ipliği gerginliğinin hesaplanmasını göstermektedir.



Şekil 3.28. Çözgü İpliği Gerginliğinin Hesaplanması

Simülasyonda bir DC motorun çözgü salma mekanizmasını hareket ettirdiği düşünülmüştür. Çözgü salma motorunun hızlanması veya yavaşlaması için denetim organından gelen kontrol sinyali belli bir sabitle çarpılarak motora beslenen voltaj değeri elde edilmektedir. Motor armatür devresinden geçen akım değeri;

$$I = \left( \frac{V - E}{R} \right) \quad (3.15)$$

değeri ile bulunabilmektedir. Motor armatür devresinde indirgenen emk ( $E$ ) değeri ve motor tarafından üretilen tahrik momenti ( $M_t$ ) ise kullanılan motora ilişkin motor sabitine ( $K_m$ ) bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$E = K_m \cdot \omega_m \quad (3.16)$$

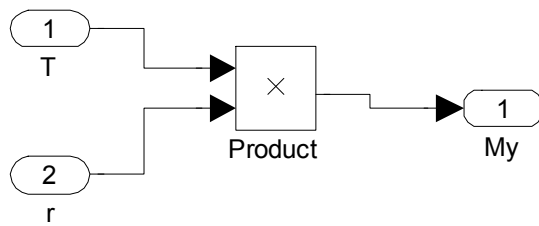
$$M_t = K_m \cdot I \quad (3.17)$$

Motorun ürettiği tahrik momentine karşılık gelen yük momentleri ise, motorun viskoz sürtünmeleri ve çözümlü leventinin oluşturduğu yük momentleridir. Bu momentlerin net değeri ile motor belli bir atalet momenti ile hızlanmaktadır.

Çözümlü leventinden kaynaklanan yük momentleri ise;

$$M_y = \frac{T \cdot r}{i} \quad (3.18)$$

olmaktadır (Şekil 3.29).

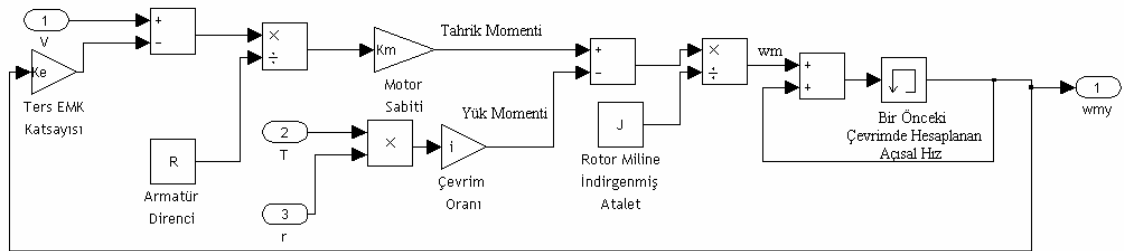


Şekil 3.29. Yük Momenti

Herhangi bir andaki motor hızı, motor tarafından üretilen tahrik momenti ve motor miline etkiyen yük momentleri arasındaki farkla orantılı olacağından, yeni durumda motor hızı ( $\omega_{my}$ ) aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\omega_{my} = \omega_m + \left( \frac{M_t - M_y}{J} \right) \cdot t \quad (3.19)$$

(3.19) nolu denklemde, motordan levent miline hareket iletiminin elastikiyeti ve yataklardaki sürtünmeler küçük olduğundan göz önüne alınmamıştır. Yapılan simülasyon çalışmasında oluşturulan motora ait blok şeması Şekil 3.30'da gösterilmektedir.

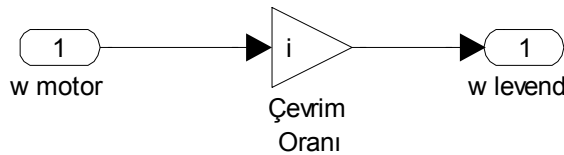


Şekil 3.30. DC Motora Ait Blok Şeması

Motorun açısal hızı belirli bir dişli oranıyla ( $i$ ) düşürülmekte ve çözümlü leventi hareket ettirilmektedir. Buna göre levent hızı;

$$\omega_l = \omega_m \cdot i \quad (3.20)$$

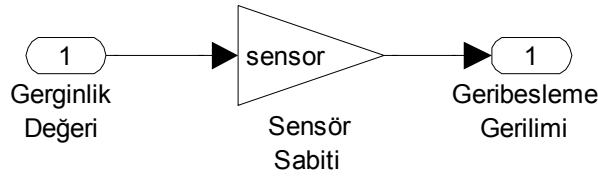
olmaktadır (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Motorun Açısal Hızının Dişli Oranı ile Düşürülmesi

Dokuma makinesi çalışmaya devam ettikçe çözümlü ipliği geriliminde meydana gelen değişim arka köprüünün yerdeğiştirmesine neden olmaktadır. Bu yerdeğişim miktarı indüktif tipte yerdeğiştirme sensörü tarafından algılanarak elektriksel sinyale dönüştürülmektedir. Simülasyonda hesaplanan gerginlik değeri sensör sabiti ile

çarpılarak ölçülen gerginlik değerine karşılık gelen elektriksel sinyale dönüştürülmektedir (Şekil 3.32). Simülasyon oluşturulurken sensör gerilimi 0-10V arasında değişecek şekilde kabul edilmiş ve istenen gerginlik değerine göre sensör sabiti hesaplanmıştır.



Şekil 3.32. Sensör Çıkış Sinyali

Kontrol sisteminin temel çalışma mantığı, çıkıştaki değişimlerden meydana gelen geri besleme sinyalinin giriş sinyali ile arasındaki fark olan hata sinyali alınarak sistem çıkışın istenen değere ulaşmasını sağlamaktır. Bu tür sistemlerde daima giriş ile çıkışın bir farkı alınır ve denetim organına bir hata girişi olarak iletilir. Denetim organı çıkışın istenen değere getirilmesini ve bu değer sabit tutulmasını sağlar. Negatif geri besleme endüstriyel sistemlerin en belirgin özelliğidir ve daima hatayı en küçük tutmayı veya sıfır yapmayı amaçlar. Yapılan teorik çalışmada istenilen gerginlik değeri ile ölçülen gerginlik değeri arasındaki fark alınarak hata sinyali elde edilmiştir.

$$e(t) = e_{ist} - e_{ölç} \quad (3.21)$$

Elde edilen hata sinyali ise kontrol denetleyicisinin giriş sinyali olmaktadır. Kontrol denetleyicisi olarak PID, Bulanık Mantık, Yapay Sinir ağları tek başına kullanılabildiği gibi farklı kontrol denetleyicileri birleşiminden oluşan hibrit denetleyicilerde kullanılabilmektedir.

### 3.2.2.1. PID Denetim İle Çözümlü Gerginliği Kontrolü

PID kontrol denetleyicisi kullanıldığında giriş sinyali orantı+türev+integral etkisi altında işlenmekte ve hata değeri minimum olacak şekilde bir çıkış sinyali üretmektedir.



Hata sinyali seçilen kontrol elemanının özelliklerine bağlı olarak kontrol elemanı çıkış sinyaline dönüştürülür. Kontrol elemanının oransal etki ( $P$ ) içermesi durumunda, hata sinyali orantı kazancı ( $K_p$ ) adı verilen bir sabitle çarpıldıktan sonra kontrol elemanı çıkış sinyali ( $m(t)$ ) elde edilir.

$$m(t) = K_p \cdot e(t) \quad (3.22)$$

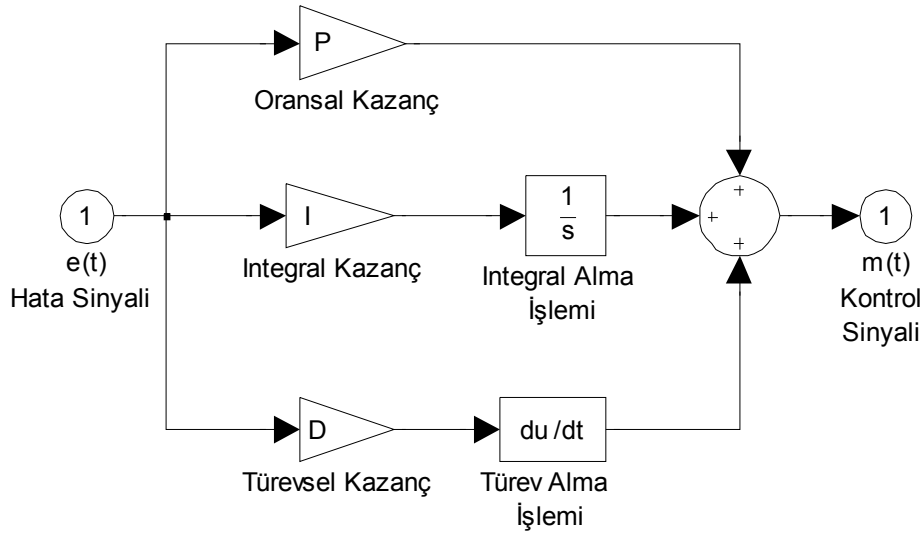
Kontrol elemanının orantı+integral tipinde ( $PI$ ) seçilmesi durumunda, kontrol elemanı çıkış sinyali toplam hata sinyalinin integral etki kazancı ( $K_i$ ) adı verilen bir sabitle çarpımı ve bu değere orantı etkinin ilave edilmesiyle elde edilir.

$$m(t) = K_i \int e(t) \cdot dt + K_p \cdot e(t) \quad (3.23)$$

Orantı + İntegral + Türev etkinin birlikte kullanılmasıyla elde edilen PID denetimde ise kontrol elemanı çıkış sinyali aşağıdaki şekilde olur.

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t) \cdot dt + K_d \left( \frac{de}{dt} \right) \quad (3.24)$$

Burada  $K_d$ , türev denetim etki kazancıdır. PID denetleyicisi olarak Matlab ortamında bulunan PID bloğundan yararlanılmıştır. PID bloğu incelendiğinde giriş sinyali ile çıkış sinyali arasındaki fark hata sinyali olarak PID bloğuna iletilmektedir. Simülasyon çalışmaya başladığında elde edilen hata sinyali oransal kazanç, türevsel kazanç ve integral kazancı ile çarpılmakta; integral kazancıyla çarpılan hata sinyalinin integrali, türevsel kazançla çarpılan hata sinyalinin türevi alınarak hesaplanan değerler toplanarak çıkış sinyali elde edilmektedir. Şekil 3.33 bu işlemlerin yapılmasında kullanılan PID bloğunu göstermektedir.



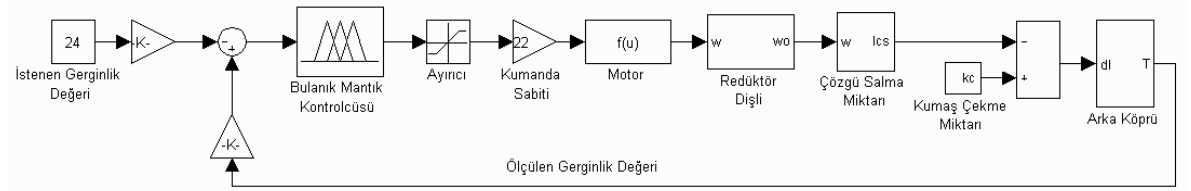
Şekil 3.33. PID Kontrol Denetleyicisi

Hazırlanan simülasyon (Şekil 3.34) çalıştırıldığında istenilen gerginlik değeri ile ölçülen gerginlik değerleri arasındaki fark hata sinyali olarak PID kontrolcüsüne iletilir. PID kontrolcüsünün ürettiği 0-10 V arasındaki kumanda sinyali 22 kazanç sabiti ile çarpılarak 0-220 V motor giriş sinyaline dönüştürülür. Motor giriş sinyali tarafından motorun açısal hızı belirlenmektedir. Motor ile çözümlendi arasında bulunan çevrim oranı 1/2000 olan redüktör ile motorun açısal hızı çözümlendinin açısal hızına düşürülmektedir. Çözüm levendinin dönüşüyle dokuma bölgesine salınan çözümlendi miktarı ve çözümlendindeki çap değişimi bulunur. Yeni levend çap değeri ile ölçülen gerginlik değeri motora yük momenti olarak iletilir. Kumaş çekme miktarı ile çözümlendi salma miktarı arasındaki fark çözümlendi gerginliğinde değişime neden olmaktadır. Hesaplanan çözümlendi gerginliğindeki değişim ile arka köprünün açısal yerdeğişimi bulunmaktadır. Arka köprünün açısal yerdeğişimi kullanılarak  $I_{fark}$  değeri hesaplanmaktadır. Kumaş çekme miktarı ile çözümlendi salma miktarı arasındaki farka  $I_{fark}$  değeri; arka köprünün yukarı hareketinde (-), aşağı hareketinde ise (+) alınarak toplanmakta ve dokuma bölgesindeki toplam çözümlendi uzunluğu bulunmaktadır. Dokuma bölgesindeki toplam çözümlendi uzunluğu ile bir atkı atımı öncesindeki toplam çözümlendi uzunluğu arasındaki farktan çözümlendi ipliğindeki gerginlik değişimi hesaplanır ve bir önceki gerginlik değeri ile toplanarak ölçülen gerginlik değeri bulunmaktadır. Bu çalışmada ön gerginlik değeri olarak 18-24cN'luk çözümlendi ipliği gerginlik değeri 24-32cN'luk istenilen çözümlendi ipliği gerginliği değişimi incelenmiştir. Sıklık değerleri olarak 10-22-40 tel/cm atkı sıklığında, iplik elastik sabiti



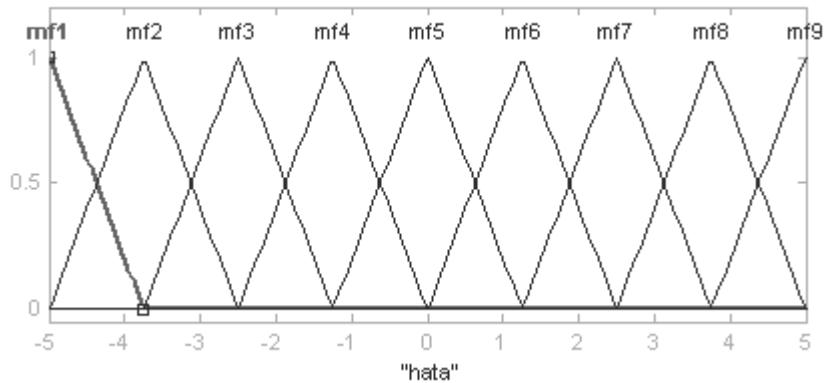
### 3.2.2.2. Bulanık Mantık İle Çözümlü Gerginliği Kontrolü

Bulanık mantık kontrol denetçisiyle yapılan simülasyon çalışmasında (Şekil 3.36) tek giriş ve tek çıkışlı bir kontrol denetçisi tasarlanmıştır. Elde edilen hata sinyali giriş değişkeni olarak seçilmiş, çıkış değişkeni ise motor kontrol sinyali olarak atanmıştır. Bulanık mantık ile ölçülen hata 0-10 V arasında bir motor giriş sinyaline dönüştürülmektedir. Bulanık mantık denetçisinin çıkış sinyali (-) olduğunda motorun ters yönde dönmesini engellemek için bir ayırıcı kullanılmıştır. Ayırıcıya gelen (-) sinyallerde ayırıcı çıkışını 0 vererek çözümlü gerginliğinin kumaş çekme miktarıyla artırılması sağlanmıştır.



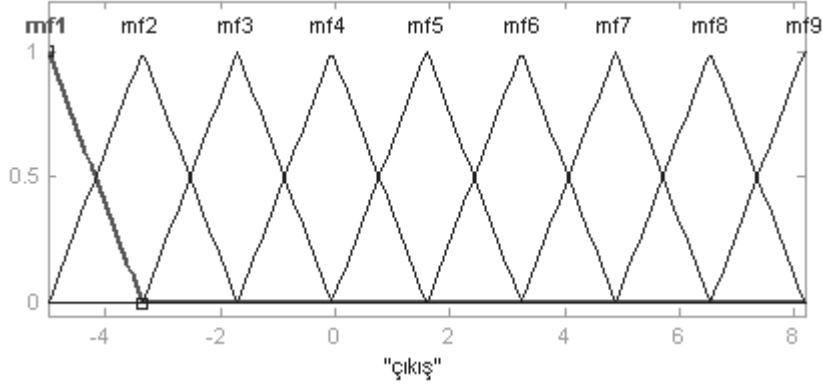
Şekil 3.36. Bulanık Mantık Denetleyicisi İle Yapılan Simülasyon Diagramı

Bulanık mantık kontrol sisteminde giriş üyelik fonksiyonu -5V ile 5V arasında değişen hata sinyali olarak kabul edilmiştir. Şekil 3.37 giriş üyelik fonksiyonunu göstermektedir.



Şekil 3.37. Bulanık Mantık Kontrolcüsünün Giriş Üyelik Fonksiyonu

Bulanık mantık kontrolcüsünün çıkış değişkeni olan motor kumanda sinyali -5V ile 8V arasında kabul edilmiştir. Şekil 3.38 çıkış üyelik fonksiyonunu göstermektedir.



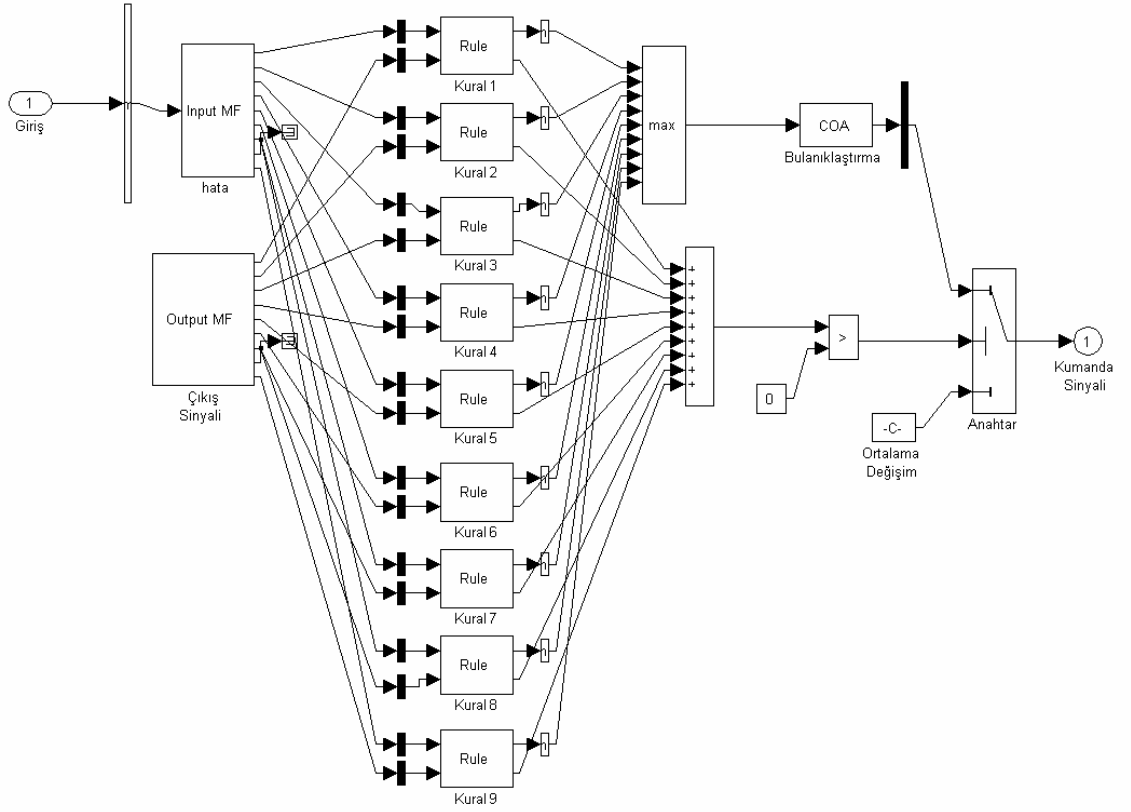
Şekil 3.38. Bulanık Mantık Kontrolcüsünün Çıkış Üyelik Fonksiyonu

Bulanık mantık kontrolcüsünde giriş ile çıkış fonksiyonları arasında bir kural tablosu oluşturulmaktadır. Oluşturulan kural tablosunda hata değeri (-) ise motor kumanda sinyali küçük, hata değeri (+) ise motor giriş sinyali büyük olacak şekilde kurallar oluşturulmuştur. Oluşturulan kural tablosu Şekil 3.39'da verilmiştir.

1. If (hata is mf1) then (çıkış is mf1) (0.1)
2. If (hata is mf2) then (çıkış is mf2) (0.2)
3. If (hata is mf3) then (çıkış is mf3) (0.3)
4. If (hata is mf4) then (çıkış is mf4) (0.4)
5. If (hata is mf5) then (çıkış is mf5) (0.8)
6. If (hata is mf6) then (çıkış is mf6) (0.4)
7. If (hata is mf7) then (çıkış is mf7) (0.4)
8. If (hata is mf7) then (çıkış is mf7) (0.3)
9. If (hata is mf9) then (çıkış is mf9) (0.1)

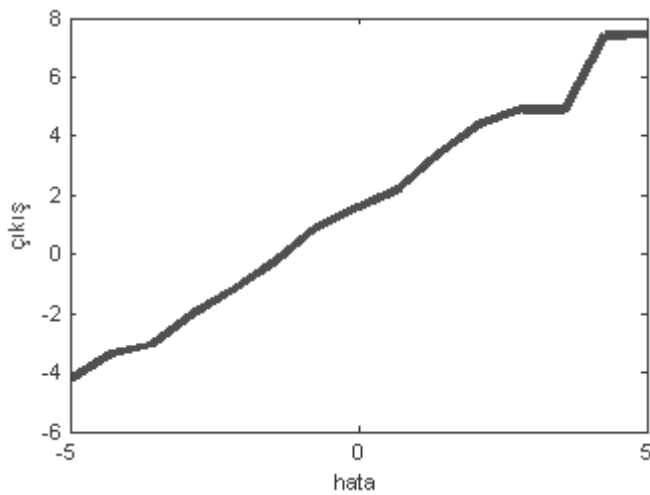
Şekil 3.39. Bulanık Mantık Kontrolcüsünün Kural Tablosu

Bulanık mantık denetçisine giren hata sinyalini kural tablosuna göre bulanıklaştırma arabirimi sayesinde işler, sonuç çıkarım arabirimi ile bir karara varır (Şekil 3.40) ve durulaştırma arabirimi sayesinde bir kumanda sinyali üretmektedir.



Şekil 3.40. Hata Sinyaline Göre Kumanda Sinyalinin Üretilmesi

Hazırlanan kural tablosunun hata değerlerine karşılık gelen çıkış sinyali Şekil 3.41’de grafik olarak verilmiştir. Grafik incelendiğinde çok büyük (+) hatalarda sistem cevabının daha fazla çıkış sinyali ürettiği görülmektedir.



Şekil 3.41. Hata Değerlerine Karşılık Gelen Çıkış Sinyali

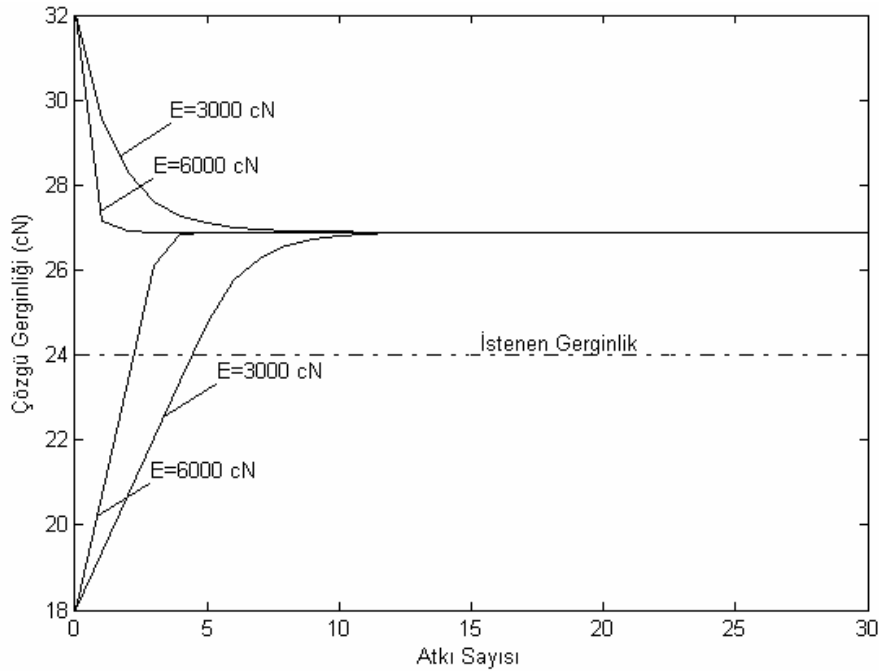
Bulanık mantık denetleyicisinin kullanıldığı çalışmada ön gerginlik değeri olarak 18-24cN'luk çözümlü ipliği gerginlik değeri 24-32cN'luk istenen çözümlü ipliği gerginliği değişimi incelenmiştir. Sıklık değerleri olarak 10-22-40 tel/cm atkı sıklığında, iplik elastik sabiti 3000-6000 cN/tex olarak alınmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

### 4.1. Teorik Çalışmaya Ait Araştırma Sonuçları

Geliştirilen matematik model PID ve Bulanık Mantık kontrol organı kullanılarak çözümlü gerginliğini kontrol performansları araştırılmıştır. Araştırmada istenen değerden meydana gelen bir sapmadan sonra çözümlü gerginliğinin geçiş karakteristiği ile dolu levantten boş levande kadar çözümlü gerginliği değişimi araştırılmıştır. Gerginlik kontrol sisteminin performansına her iki kontrol organı durumunda da ipliğin elastik modülü ve atkı sıklığının etkisi incelenmiştir.

Şekil 4.1 sadece oransal kontrol kullanıldığında çözümlü gerginliğinin geçiş karakteristiği gösterilmektedir. İstenen gerginlik bir çözümlü ipliği için 24 cN olmasına rağmen kalıcı durumda ulaşılan çözümlü gerginliği bir miktar kalıcı durum hatasıyla (3 cN) 27 cN'dan sabitlenmiştir.



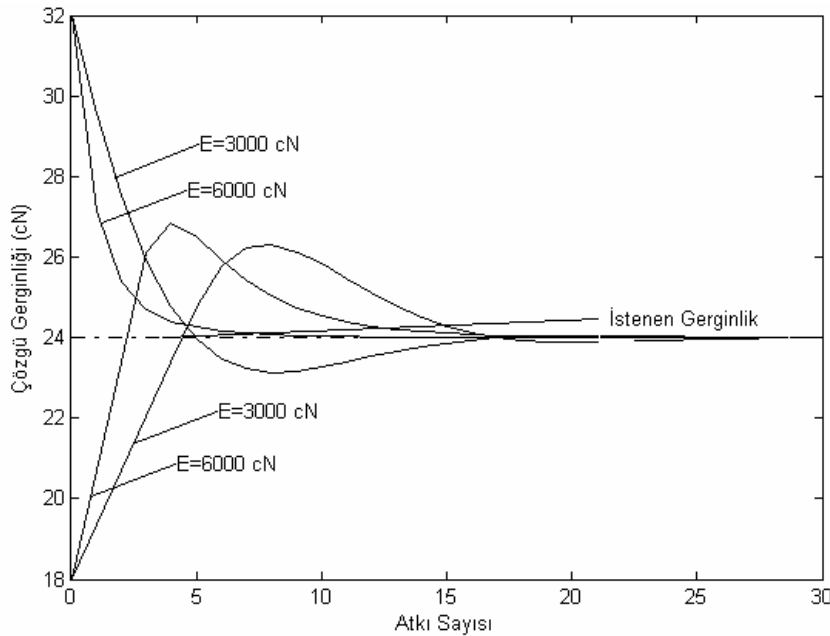
Şekil 4.1. Oransal Kontrol Durumunda Çözümlü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (22 atkı/cm,  $K_p=1$ )

Oransal kontrol için bu kalıcı durum hatası beklenen bir durumdur. Kalıcı durum hatasını küçültmek için oransal kontrol kazancı artırılmış ancak kararsız bir geçiş

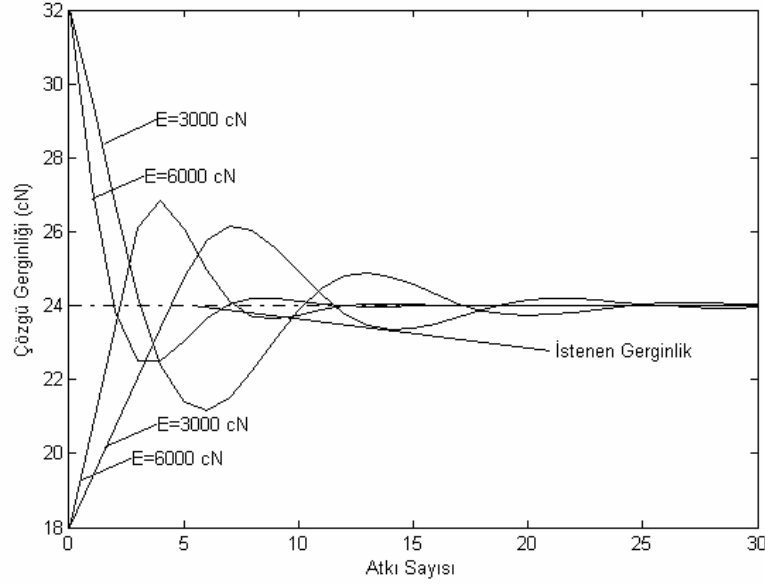


sergilendiği için uygun bir yaklaşım olarak kabul edilmemiştir. Ayrıca oransal kontrol durumunda dolu levantten boş levante kadar olanki çalışmada kalıcı durum hatası artmakta ve çözgü gerginliği istenen değerden daha fazla sapma göstermektedir. Diğer yandan elastik sabiti daha büyük olan yani daha az uzama özelliğine sahip çözgülerle daha kısa bir geçiş periyodu elde etmek mümkün olmaktadır. Bu yüzden oransal kontrolle birlikte integral kontrol kullanılarak çözgü gerginlik kontrol sisteminin performansı araştırılmıştır.

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 orantı + integral kontrol durumunda çözgü gerginliğinin bir sapmadan sonra istenen değere geçişini göstermektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi integral kontrolün ilave edilmesi kalıcı durum hatasını sıfırlamakta ve çözgü gerginliği tam olarak istenilen değere ulaşmaktadır. Ancak geçiş periyodu istenilen değer etrafındaki bir salınımdan sonra sabitlenmektedir. İntegral katsayısının artırılması salınımı arttırıcı etki yapmaktadır. Elastik sabiti daha yüksek olan çözgüler ile geçiş periyodunda istenilen gerginlik etrafındaki salınım daha düşük olmaktadır. İntegral katsayısının küçük olması geçiş periyodunu uzatarak salınımı azaltmaktadır. Bu yüzden daha etkin bir kontrol etkisi meydana getirmek için orantı + integral'e türev bileşeni de ilave edilerek kontrol olanağı araştırılmıştır.

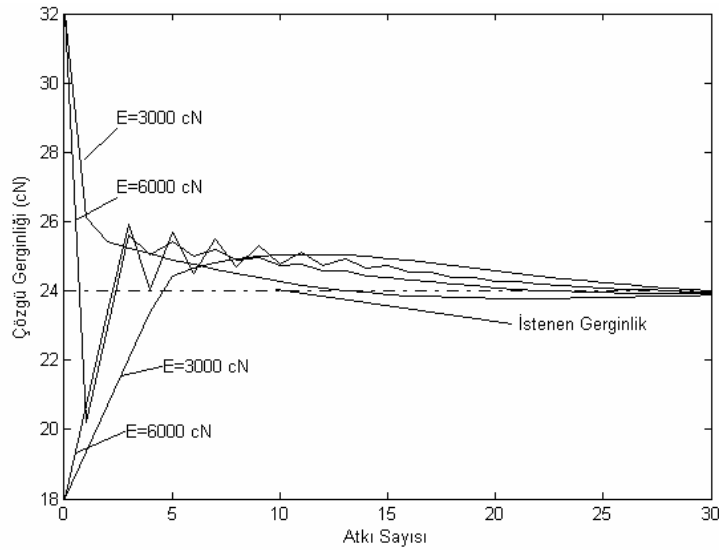


Şekil 4.2. Oransal Kontrol ve İntegral Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (22 atkı/cm,  $K_p=1$ ,  $K_i=1$ )

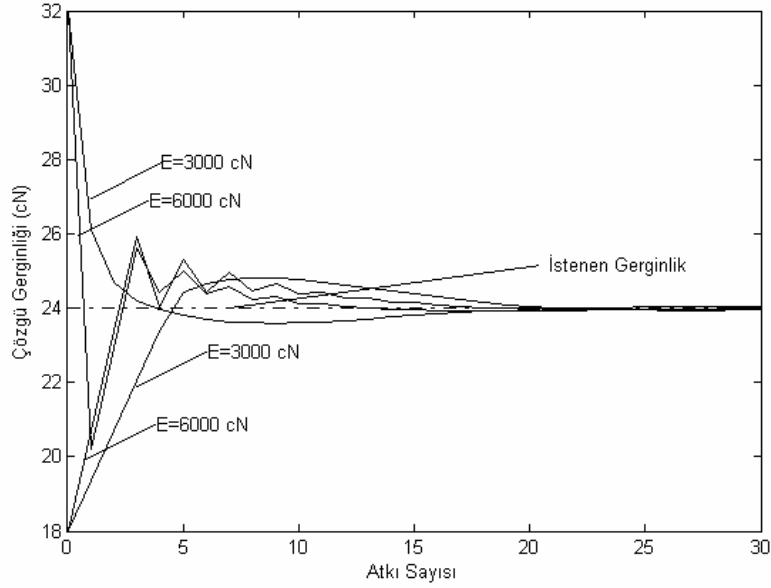


Şekil 4.3. Oransal Kontrol ve İntegral Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (22 atkı/cm,  $K_p=1$ ,  $K_i=2$ )

Şekil 4.4 ve Şekil 4.5 orantı + integral + türev (PID) şeklindeki kontrol organı ile gerginlik kontrol sisteminin davranışını göstermektedir. Yukarıdaki şekillerdeki eğrilerle karşılaştırıldığında türev etkisinin ilavesiyle geçiş periyodunda çözgü gerginliğindeki dalgalanma azaltılmış ve daha kararlı bir geçiş periyodu ile istenilen gerginlik değerine ulaşılmıştır. Bu şekillerde de görüldüğü gibi elastik sabiti yüksek olan çözgülerde geçiş periyodu daha kısa olmaktadır.



Şekil 4.4. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (22 atkı/cm,  $K_p=1$ ,  $K_i=1$ ,  $K_d=1$ )

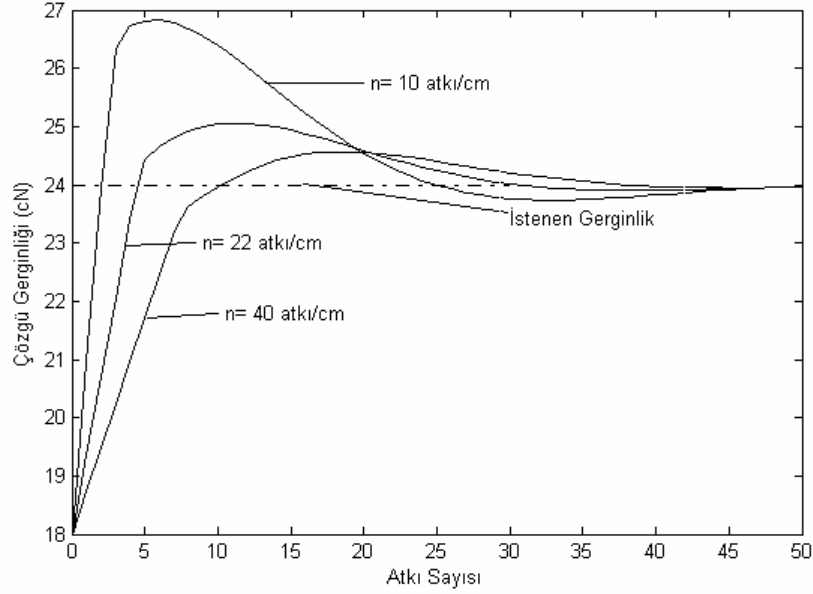


Şekil 4.5. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (22 atkı/cm,  $K_p=1$ ,  $K_i=2$ ,  $K_d=1$ )

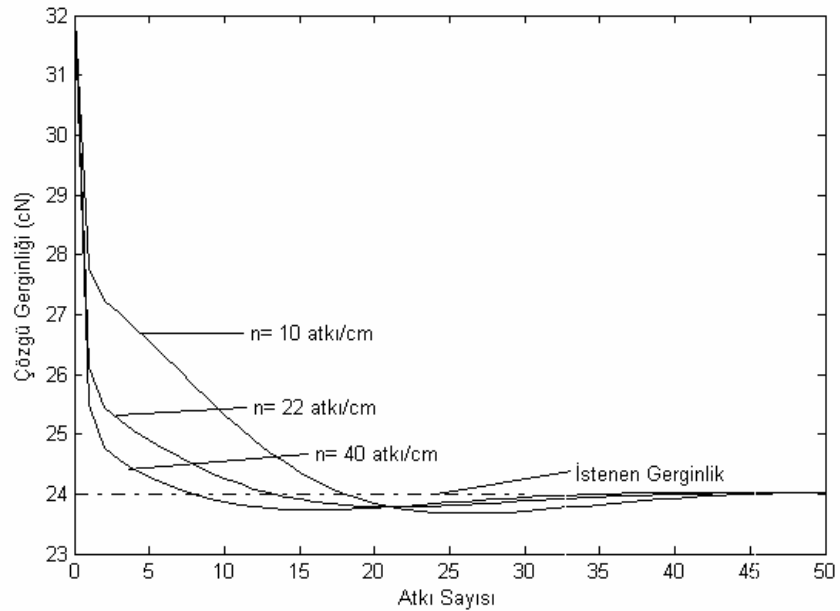
Yukarıdaki sonuçlar göstermektedir ki PID kontrol kullanılması durumunda istenen çözgü gerginliği değerine kararlı bir geçişten sonra ulaşılabilmesi ve bu değerde çalışması orantı + integral + türev katsayılarının ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) uygun bir şekilde belirlenmesi ile mümkündür. Çözgünün elastik sabiti yanında atkı sıklığının da gerginlik kontrol sisteminin davranışına etkisi olmaktadır.

Şekil 4.6, 4.7, 4.8 ve 4.9 farklı atkı sıklık değerleri için çözgü gerginlik kontrol sisteminin davranışını göstermektedir. Şekil 4.6 ve 4.7 elastik sabiti 3000 cN olan çözgü içindir. Şekillerden görüldüğü gibi düşük gerginlikten istenilen gerginliğe geçişte atkı sıklığı arttıkça geçiş periyodu uzamakta ancak çözgü gerginliği çok küçük genlikle bir salınım yapmaktadır. Düşük atkı sıklığına doğru gidildikçe geçiş periyodu kısalmakta ancak daha yüksek bir salınım ortaya çıkmaktadır. Yüksek gerginlikten istenilen gerginliğe geçişte ise atkı sıklığı arttıkça geçiş periyodu kısalmakta ve herhangi bir salınım olmadan istenilen gerginlik değerine ulaşılmaktadır. Bu davranış farklılığının sebebi atkı sıklığı arttıkça her devirde çekilen kumaş miktarı azalacağından çözgü salma mekanizması tarafından beslenen belirli uzunluktaki çözgü gerginliği daha çabuk düşürüp istenilen gerginliğe ulaşılmasını sağlar. Düşük gerginlikten istenilen değere

geçişte ise çözgü besleme hızı azalmakta ve sıklık arttıkça her devirde çekilen kumaş uzunluğu azalacağından çözgü besleme ve kumaş çekme arasındaki fark yüksek atkı sıklıklarında gerginliği daha yavaş değiştirici bir etki meydana getirmektedir.

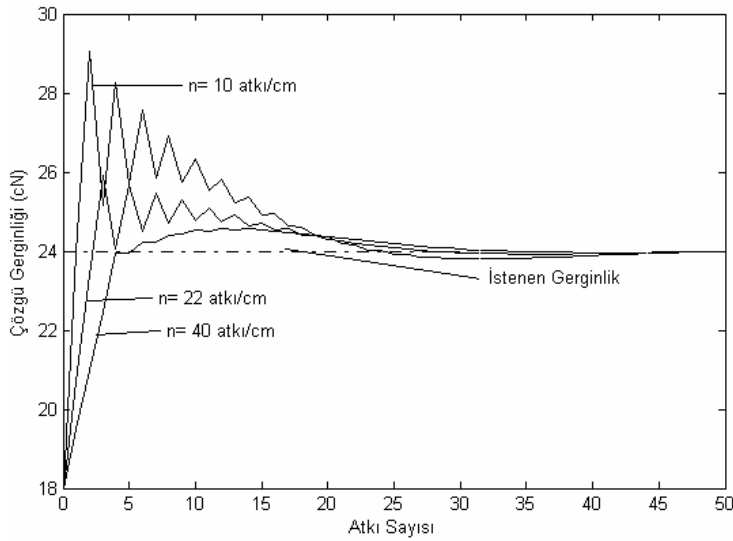


Şekil 4.6. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=3000$  cN,  $K_p=1$ ,  $K_i=1$ ,  $K_d=1$ )

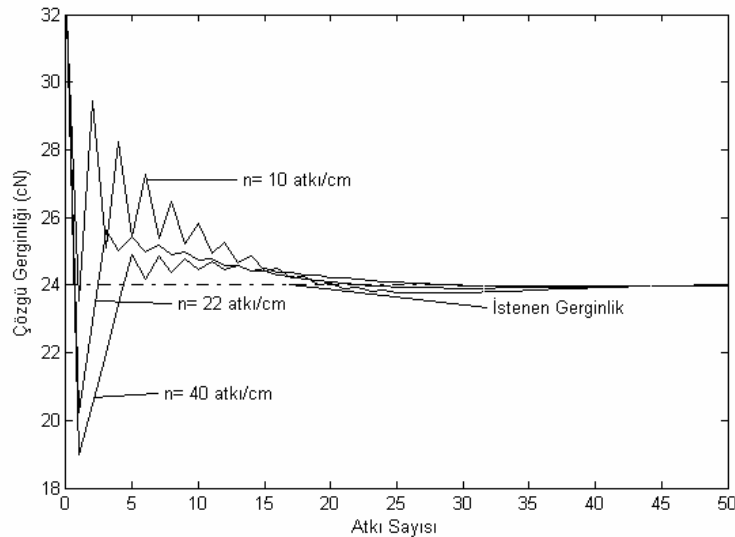


Şekil 4.7. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=3000$  cN,  $K_p=1$ ,  $K_i=1$ ,  $K_d=1$ )

Şekil 4.8 ve 4.9’da ise aynı kontrol organı parametreleri ile elastik sabiti  $E=6000$  cN olan bir çözüme ait sonuçlar gösterilmektedir. Farklı atkı sıklığına bağlı olarak elde edilen çözgü gerginlik değişimleri yukarıdakilerle aynı olmakla birlikte daha kısa sürede istenen gerginlik değeri etrafında salınım yapılarak istenilen gerginlik değerine ulaşılmaktadır. Elastik sabitinin yüksek olmasından dolayı aynı miktardaki çözgü uzamasının daha fazla çözgü gerginlik değişimine sebep olması çözgü gerginliğinin salınımlı bir değişim göstermesinin sebebi olarak açıklanabilir.



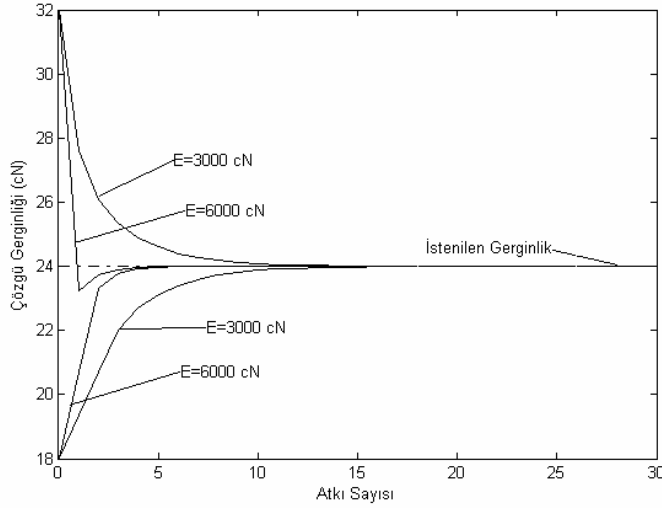
Şekil 4.8. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=6000$  cN,  $K_p=1$ ,  $K_i=1$ ,  $K_d=1$ )



Şekil 4.9. Orantı + İntegral + Türev Kontrol Durumunda Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı ( $E=6000$  cN,  $K_p=1$ ,  $K_i=1$ ,  $K_d=1$ )

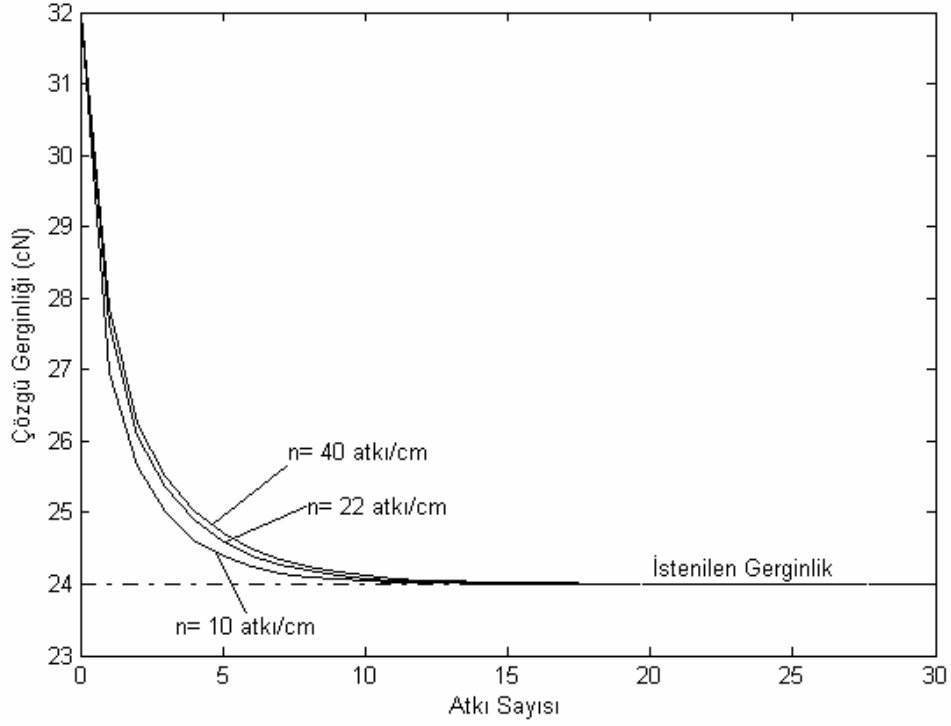
Orantı + İntegral + Türev (PID) kontrol organının kullanılması ile dokumanın farklı çalışma şartlarında yani farklı atkı sıklıkları ve farklı elastikiyete sahip çözümlerle çalışılması durumlarında çözgü gerginlik kontrol sistemi davranışının farklı olacağı açıkça görülmektedir. Bu yüzden farklı dokuma şartları için orantı, integral, türev etkilerine ait katsayılarının (veya kazançların) farklı değerlere ayarlanması çözgü gerginliğinin istenilen değere en uygun geçiş karakteristiği ile ulaşması açısından önemlidir. Dolayısıyla çözgü gerginlik kontrolünde PID kontrol organı kullanmak değişik dokuma şartları için katsayıların ayarını gerektirmektedir.

PID kullanımında gerginliğin salınım yaparak istenilen seviyelere ulaşması ve bunun farklı dokuma şartlarında değişiklik göstermesi olumsuz bir noktadır. Bu durum dokumada atkı sıklığında değişimlere neden olup kumaşta duruş izleri üretebilir. Bu yüzden istenen sürede salınım yapmadan çözgü gerginliğinin istenilen değere ulaştırabilecek bir kontrol organının kullanılması dokuma için daha uygun olacaktır. Bu çalışmada bulanık mantık kontrol algoritması kullanılarak çözgü gerginlik kontrol sisteminin davranışı incelenmiştir. 9 üyelikli bir bulanık mantık kontrol organı kullanılmıştır. 9 üyelikli bulanık mantık kontrol organı kullanıldığında gerginlik kontrol sisteminin istenen gerginlikte meydana gelen bir sapmaya karşı davranışını Şekil 4.10 göstermektedir. Eğrilerden de görüldüğü gibi gerek gerginlikteki bir artıştan gerekse bir azalmadan sonra herhangi bir salınım olmadan çözgü gerginliği istenilen değerine ulaşmaktadır. Ayrıca çözgü gerginliğinin istenilen değere ulaşması PID kontrol organına göre daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Çözgünün elastik sabiti arttıkça yani daha az uzayabilen bir çözgü kullanıldığında geçiş periyodu daha da kısaltılmakla birlikte PID kontrol yöntemindeki gibi bir salınım yaparak istenilen değere ulaşılmamaktadır. Bu sonuç literatürde yer alan bilimsel çalışmalardan elde edilen sonuçlarla uyumaktadır. (Zhou ve ark.2005)

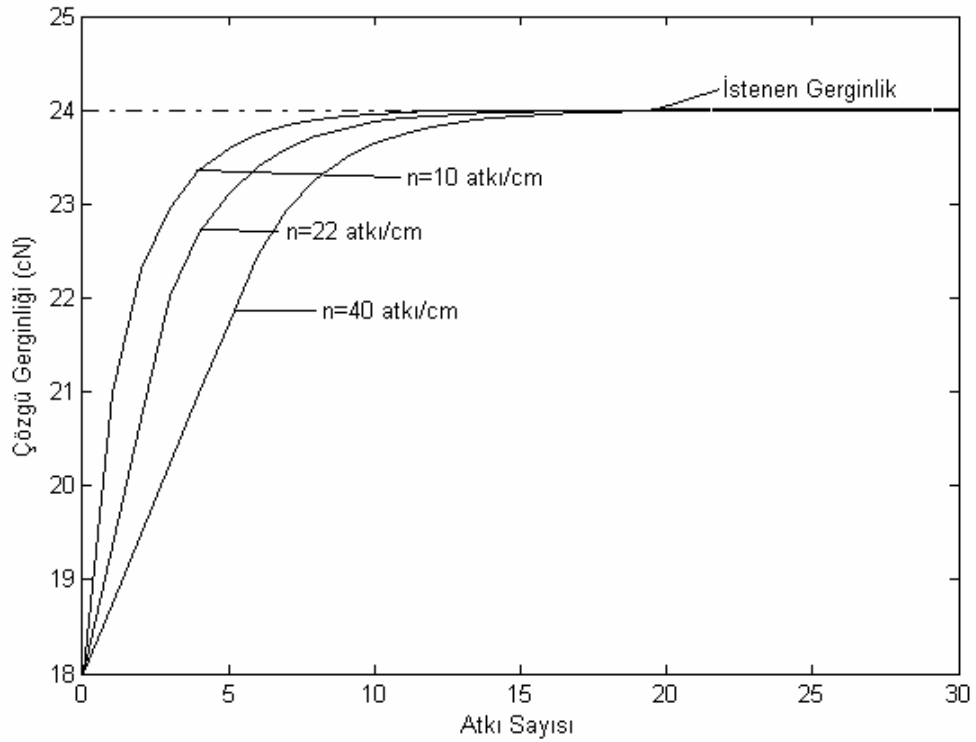


Şekil 4.10. Bulanık Mantık Kontrol Organı İle Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (n=22 atkı/cm)

Şekil 4.11, 4.12, 4.13 ve 4.14 çözgü gerginlik sisteminin performansını farklı atkı sıklıkları için göstermektedir. Çözgü gerginliği istenen değere genellikle herhangi bir salınım yapmadan PID kontrol yöntemine göre daha kısa bir sürede ulaşmaktadır. Sadece çözgünün yüksek elastik sabite sahip olması durumunda küçük bir salınım meydana gelmektedir. E=6000 cN için elde edilen eğriler her atkı sıklık değeri için E=3000 cN elastik sabitli çözgüye nazaran daha kısa bir geçiş süresini göstermektedir. Aynı uzama değeri için daha yüksek gerginlik değişimi söz konusu olduğu için çözgü gerginliğinin istenilen değere ulaşması normal bir durumdur. Geçiş periyodu düşük gerginlikten istenilen gerginliğe ulaşırken farklı atkı sıklıklarında önemli farklılıklar göstermektedir ve atkı sıklığı yükseldikçe geçiş periyodu uzamaktadır. Ancak yüksek gerginlikten istenilen değere gelirken farklı atkı sıklıkları için geçiş periyotlarında önemli farklar bulunmamaktadır. Geçiş periyoduna karşılık gelen atkı sayısı pratik açıdan kabul edilebilir değerler olduğu için ve gerginlik değişimi salınım göstermediğinden farklı atkı sıklıklarıyla çalışılırken bulanık mantık kontrol organında önemli bir ayar değişikliğine gerek duyulmayabilir. Ancak yüksek elastik sabitli çözgü durumunda geçiş süresini bir miktar daha uzatmak duruş izlerine sebep olmamak açısından istenen bir özellik olabilir.

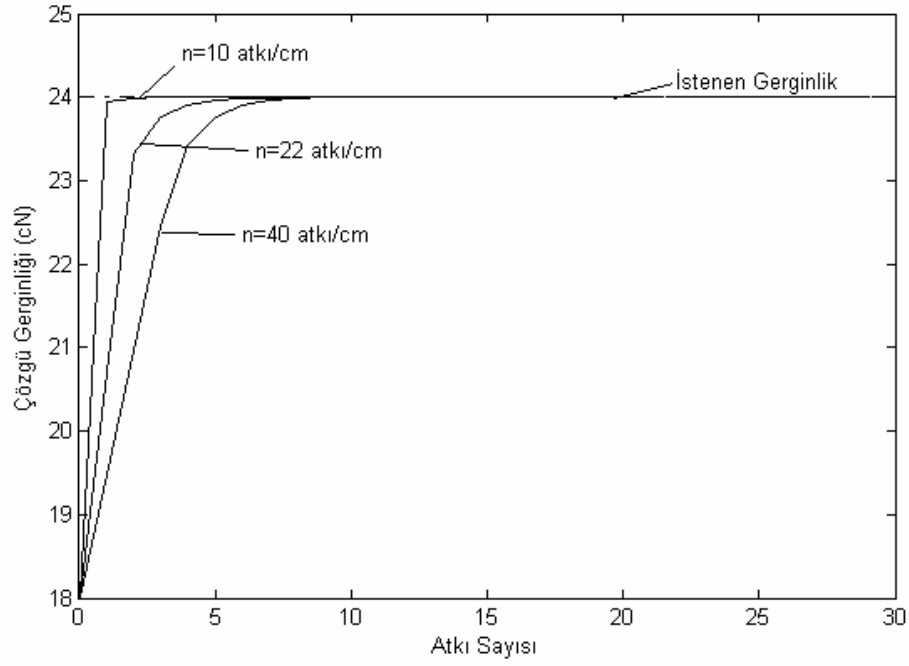


Şekil 4.11. Bulanık Mantık Kontrol Organı İle Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (E=3000 cN)

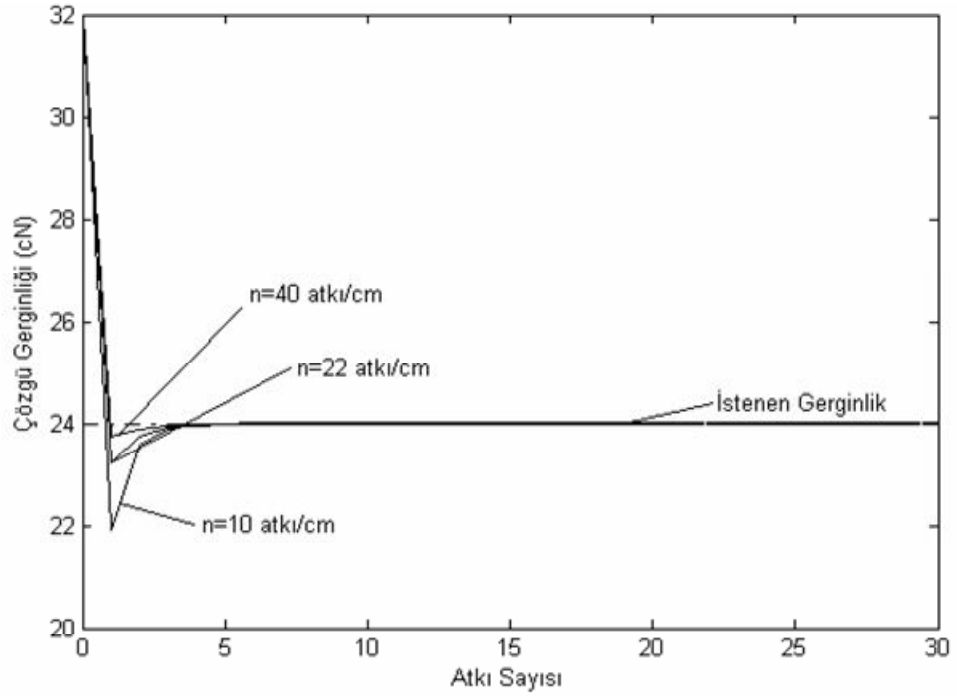


Şekil 4.12. Bulanık Mantık Kontrol Organı İle Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (E=3000 cN)





Şekil 4.13. Bulanık Mantık Kontrol Organı İle Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (E=6000 cN)



Şekil 4.14. Bulanık Mantık Kontrol Organı İle Çözgü Gerginlik Kontrol Sisteminin Davranışı (E=6000 cN)

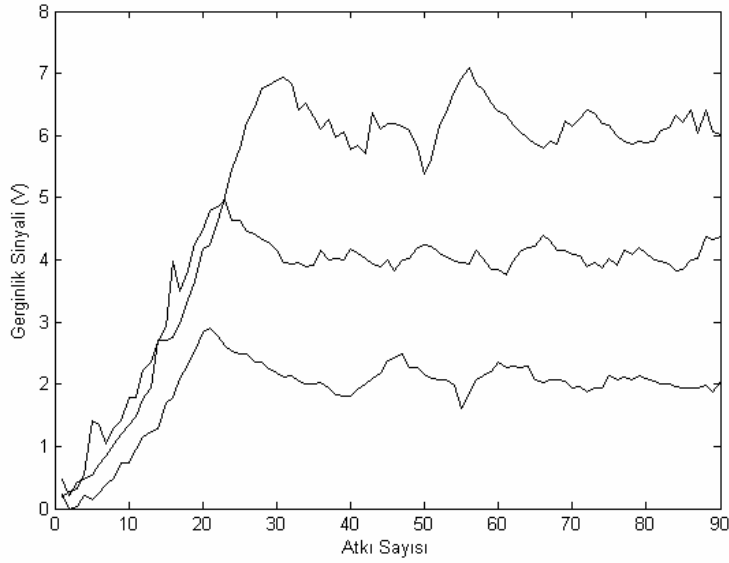
Bu zaman kadar incelenen çözümlü gerginliği eğrilerinden görüldüğü gibi bulanık mantık kontrol yaklaşımının PID kullanmaya nazaran gerginlik geçiş periyodu açısından bir avantaj teşkil ettiği açıkça görülmektedir. Ancak geçiş periyodunun yanında dolu levenden boş levende kadar yani dokuma işlemi boyunca çözümlü gerginliğinin nasıl değiştiğini yada bir kalıcı durum hatası olmaksızın istenilen değerde kalıp kalmadığının incelemek gerekir. Simülasyon PID kontrol organı ile çalıştırıldığında dolu levenden boş levende kadar çözümlü gerginliğinin herhangi bir kalıcı durum hatasına sebep olmaksızın sabit olarak tutulduğu görülmüştür. Ancak bulanık mantık ile çalışıldığında pratik açıdan istenilen bir geçiş periyodu göstermesine rağmen dolu levenden boş levende kadar yani dokuma işlemi boyunca ve pratik açıdan istenmeyen bir kalıcı durum hatasına sebep olduğu görülmüştür. Şu aşamada bulanık mantık ile yapılan çalışmada yoğunlaşma geçiş periyodu üzerinde olduğundan kalıcı durum hatasının giderilmesi mümkün olmamıştır. Burada özellikle belirtmek gerekir ki gerek PID kontrol organının gerekse bulanık mantık kontrol organının parametreleri ayarlanarak çözümlü gerginliği geçiş karakteristiği değiştirilebilir ve herhangi bir pratik uygulamaya rahatlıkla uyarlanabilir.

#### 4.2. Deneysel Çalışmaya Ait Sonuçlar

Deneysel çalışmada gerginlik kontrolü için gerginlik ölçümü bir yer değiştirme sensörü ile yapılmıştır. Bu yüzden ele edilen gerginlik sinyali gerginliğin mutlak değerini ifade etmemekte sadece bir kontrol sinyali olarak kullanılmaktadır. Ancak gerginlik ölçme sinyali başlangıçta istenen gerginlik için belirlenmekte ve işlem esnasında bu sinyal istenen değerinde tutulduğunda istenilen gerginlik elde edilmiş olur. Aşağıdaki şekillerde dikey eksen ölçme elemanından elde edilen sinyali temsil etmektedir.

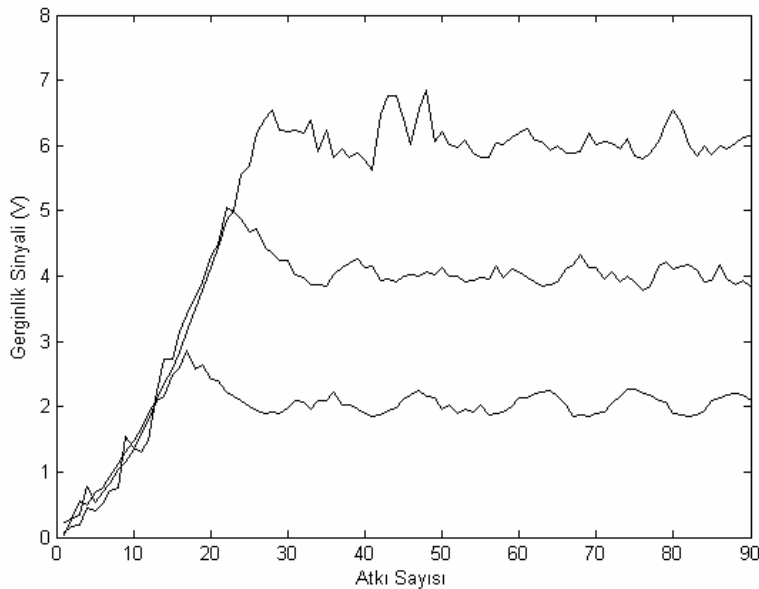
Deneysel çalışma tek bir atkı sıklığında gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada önce PID kontrol yöntemi uygulanmış ve farklı kazanç değerleriyle çözümlü gerginlik değişim eğrileri elde edilmiştir. Şekil 4.15 istenen gerginlikten bir sapma sonrası dokuma makinesi çalıştırıldığında çözümlü gerginliğinin istenilen değere geçişini göstermektedir. Bu geçiş eğrileri orantı+integral+türev katsayıları ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) bir miktar deneme sonrası bulunduktan sonra elde edilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi istenen gerginliğe ulaşmak çözümlü gerginliğindeki sapma miktarına bağlı olup 15-25 atkı arasında değişmektedir. Geçiş periyodu gerginliğin istenilen değerine çok küçük bir sapma ile üzerine çıktıktan

sonra normal değerine ulaşmasıyla tamamlanmaktadır. Gerginlikte meydana gelebilecek daha küçük sapmalar durumunda geçiş periyodu daha kısa sürede tamamlanacaktır.

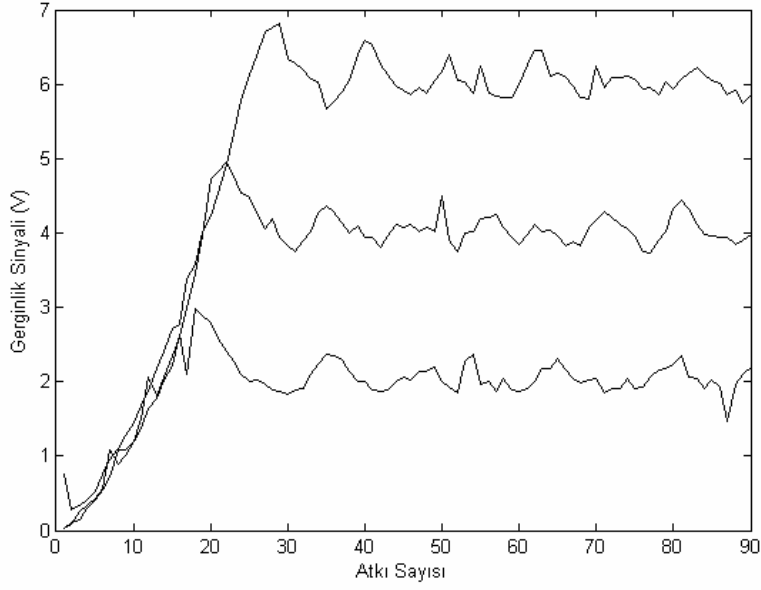


Şekil 4.15 PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak  $K_p=5$ ,  $K_i=2$ ,  $K_d=1$  Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi

Şekil 4.16 ve 4.17’de görülen eğriler PID’ye ait oransal kazancın veya katsayısını değiştirerek elde edilmiştir. Ancak çözümlü gerginlik geçiş periyodunda önemli bir fark meydana gelmemiştir.

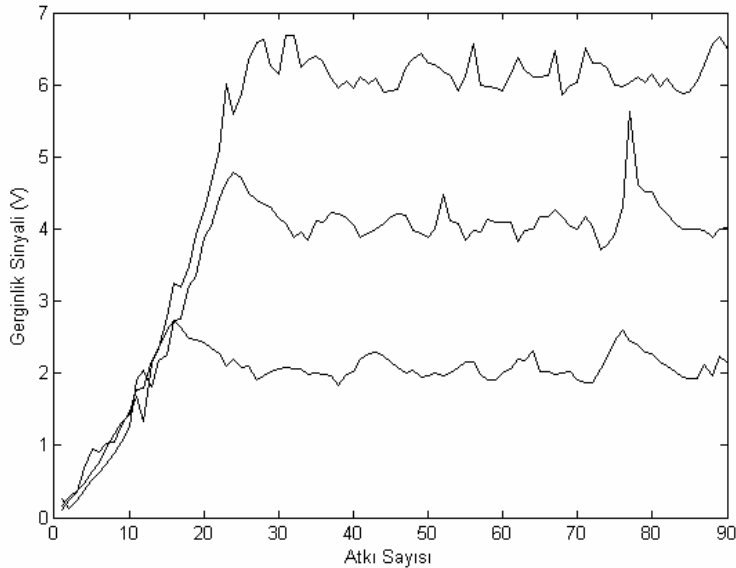


Şekil 4.16 PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak  $K_p=10$ ,  $K_i=2$ ,  $K_d=1$  Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi

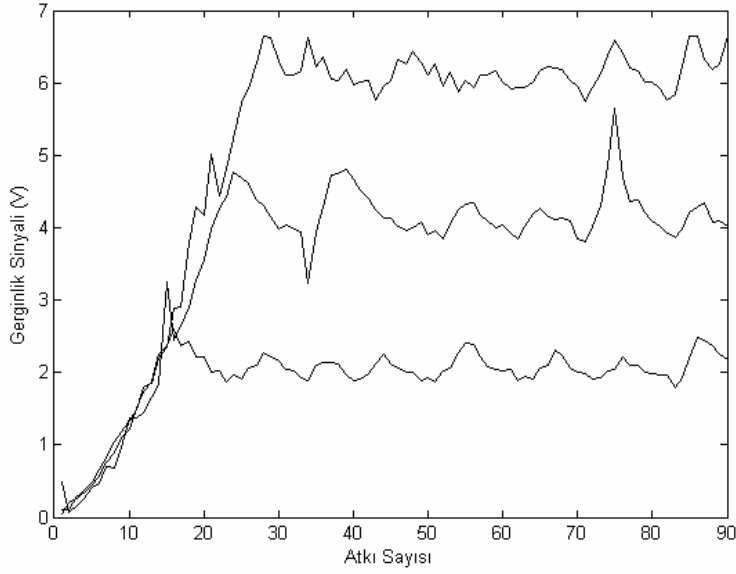


Şekil 4.17 PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak  $K_p=15$ ,  $K_i=2$ ,  $K_d=1$  Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi

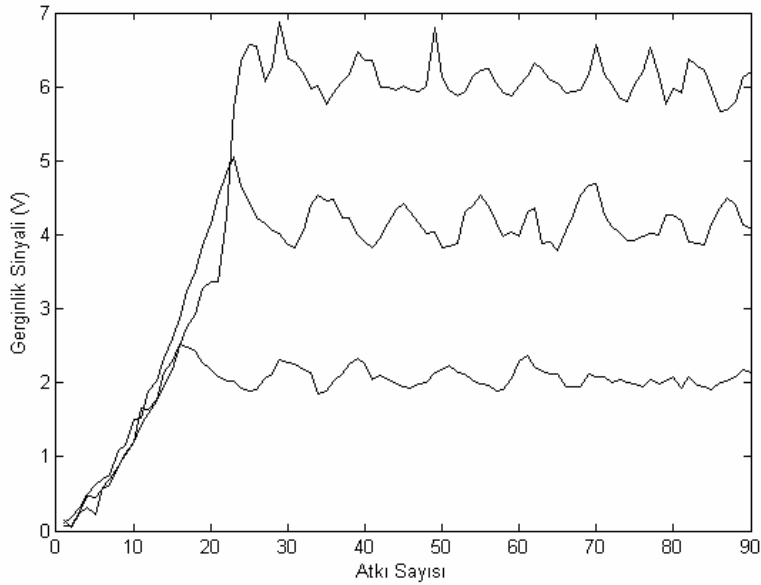
Şekil 4.18 ile 4.20 arasındaki eğriler yine farklı bir integral katsayısı için oransal kazancın değiştirilmesiyle elde edilmiştir. Şekiller incelendiğinde katsayıların değiştirilen aralığında çözgü gerginliği geçiş periyotlarında pratik açıdan anlamlı bir fark gözlemlenmemiş ve sonuçlar pratik açıdan kabul edilebilir sınırlar içinde değerlendirilebilir.



Şekil 4.18 PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak  $K_p=5$ ,  $K_i=5$ ,  $K_d=1$  Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi



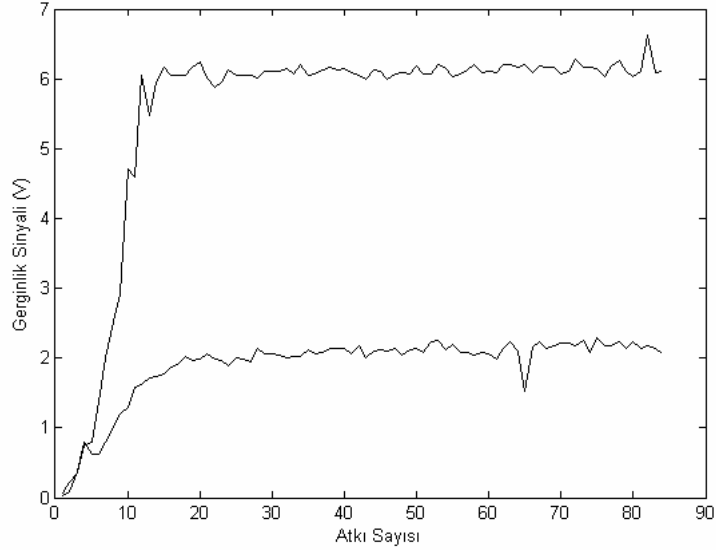
Şekil 4.19. PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak  $K_p=10$ ,  $K_i=5$ ,  $K_d=1$  Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi



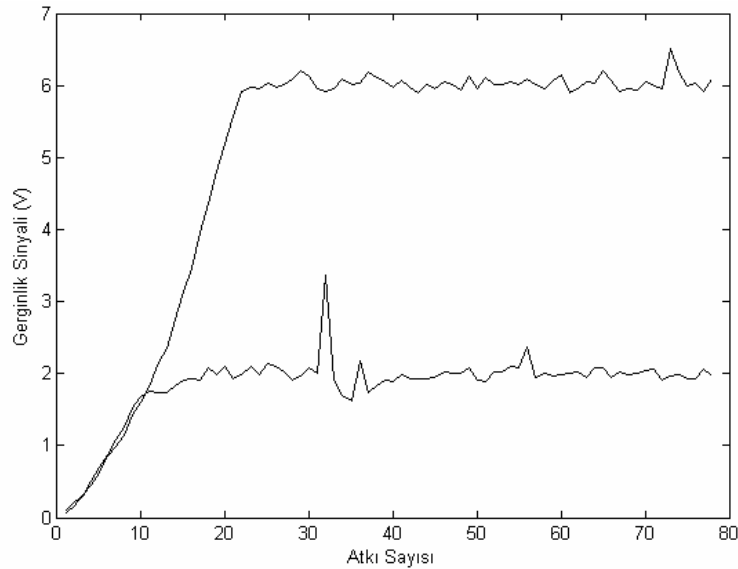
Şekil 4.20. PID Denetimde Atkı Sayısına Bağlı Olarak  $K_p=15$ ,  $K_i=5$ ,  $K_d=1$  Olması Durumundaki Gerginlik Değişimi

Şekil 4.21 ve 4.22 belirli bir sapmadan sonra istenen 2 farklı gerginlik değerine çözümlü gerginliğinin geçiş periyodunu göstermektedir. Şekil 4.21 5 üyelikli, Şekil 4.22 ise 9 üyelikli bulanık mantık kontrol organı ile elde edilen geçiş periyotlarını temsil etmektedir. 5 üyelikli bulanık mantık kontrol organı ile çözümlü gerginliği istenen değerine

9 üyelikliye nazaran daha kısa sürede oturmaktadır. Deneysel çalışmaya ait PID kontrol organı ile elde edilen geçiş eğrileriyle karşılaştırıldığında bulanık mantık kontrol organı ile elde edilen geçiş periyodu daha kısa olmaktadır (10-20 atkı). Ayrıca çözgü gerginliği istenen değerine herhangi bir salınım yapmadan ulaşmaktadır. Deneysel olarak elde edilen bu sonuçlar teorik olarak elde edilen sonuçlarla uyusmaktadır.



Şekil 4.21. Bulanık Mantık Denetçisinin 5 Üyelikli Kullanılması Durumunda Atkı Sayısına Bağlı Olarak Gerginlik Değişimi



Şekil 4.22. Bulanık Mantık Denetçisinin 9 Üyelikli Kullanılması Durumunda Atkı Sayısına Bağlı Olarak Gerginlik Değişimi

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Dokuma makinesinin çözümlü salma mekanizmaları üzerinde araştırmacılar uzun yıllar boyu çalışmalar yapmaktadırlar. Yapılan bu çalışmaların tek amacı dokuma işlemi boyunca çözümlü gerginliğini istenilen gerginlik seviyesinde tutmak ve böylelikle elde edilen dokuma kumaşın kalite seviyesini yükseltmektir. Günümüzde kullanılan çözümlü salma mekanizmaları otomatik kontrol sistemleriyle donatılmışlardır. Otomatik kontrol sistemleri sayesinde elde edilen dokuma kumaşın hatası en aza indirilebilmektedir.

Geleneksel PID denetimli çözümlü salma mekanizmaları günümüzde en çok kullanılan otomatik çözümlü salma sistemleridir. Yapılan bu tez çalışmasında PID denetimli çözümlü salma sistemlerinde bazı dezavantajlar görölmektedir. Bunlardan biri değişik dokuma şartları için (farklı atkı sıklığı ve farklı elastik özelliklere sahip çözümlülerle çalışmak) kontrol organında en uygun çözümlü gerginlik kontrolü için katsayıların ayarlanmasına ihtiyaç duyulmasıdır. Uygun katsayılar sečilmediđi takdirde istenen gerginlikten bir sapma meydana geldikten sonra dokuma makinesi çalıştığında çözümlü gerginliğinin salınımlı bir geçişten sonra istenen değere ulaşması ve bu esnada atkı sıklığında değişiklik meydana gelme olasılığıdır.

Bulanık mantık denetleyicisinin çözümlü salma mekanizmalarında kullanılması durumunda ise belli bir gerginlik değerine PID denetime nazaran daha kısa sürede ulaştığı gözlemlenmiştir. Gerginlik değişimi incelendiğinde ise karakteristik bakımından PID denetime göre salınım yapmadığı görölmektedir. Ancak bulanık mantık denetleyicisi oluştururken belli bir çalışma şartında üyelik dereceleri oluşturulduğu için farklı atkı sıklıklarında sistemin çalışması durumunda dolu levenden boş levende çalışma esnasında bir miktar kalıcı durum hatası görölmektedir. Oluşan bu kalıcı durum hatasını üyelik derecesini optimum şartlarda çalışabilecek şekilde güncelleyerek azaltılabilmesi mümkün olmaktadır. Bulanık mantık kontrol elemanı kullanmanın önemli avantajlarından bir tanesi de çözümlü gerginliğinin istenilen değerine salınım yapmadan daha kısa sürede ulaşabilmesidir.

Değişik dokuma şartları çözgü gerginlik kontrol sisteminin ayarına ihtiyaç duymaktadır. Çözgü gerginlik kontrol sisteminin performansına etki eden en önemli 2 parametre atkı sıklığı ve çözgü ipliklerinin elastik sabitidir. Belirli şartlara ayarlanmış bulanık mantık kontrol organı için elastik sabiti daha yüksek çözgülerle çalışıldığında çözgü gerginliğinin geçiş periyodu daha kısa olmakta ve pratik açıdan istenmeyen gerginlik dalgalanmasından sonra istenilen değerine oturmaktadır. İstenen kararlı bir gerginlik değişimi elde etmek için kontrol organının parametrelerinin ayarlanmasına ihtiyaç duyulabilmektedir. Benzer şekilde yüksek atkı sıklığından düşük atkı sıklığına gidildikçe gerginlik geçiş periyodu kısalmakta ve bazı durumlarda istenmeyen gerginlik salınımlarından sonra istenilen değerine ulaşmaktadır. Bu durumda da çalışılan atkı sıklığına göre en iyi gerginlik geçiş eğrisini verecek kontrol organının ayarlarının yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada PID kontrol organının çözgü gerginlik değişimine olan etkisi gerek teorik gerekse pratik olarak belirlenmesine rağmen bulanık mantıkla ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmıştır. Bulanık mantık kontrol organının farklı dokuma şartları için otomatik olarak ayarlanmasının sağlanması ile dolu levendden boş levende kadar çalışması esnasında kalıcı durum hatasının meydana gelmesi ve bunun gittikçe artması bundan sonra yapılması gereken çalışmalar olarak önerilmektedir.



**KAYNAKLAR**

ALPAY R., 1985. Dokuma Makinaları, Makine Mühendisleri Odası, Yayın No:114, 320s,

AYDIN H., Matlab İle Kontrol Sistemlerinin İncelenmesi, Lisans Bitirme Tezi Gazi Üniversitesi, 2003

BOARD N., Complete technology book on textile, spinning, weaving, finishing and printing, Asia Pacific Business Press Inc, p 187,2009

ÇAKMAK E., Çözü Salma Sistemi Farklı Yöntemlerle Kontrol Edilerek Dokunan Pamuklu Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2007

DORNIER Ürün Kataloğu

EREN R., April, 1998, Feasibility of a positive warp feed system in weaving, Melliand Textilberichte International Reports, pp. 234-237, in German. (pp. E57-E59, in English).

EREN R.,ÖZKAN G., Dokuma Makinelerinde Elektronik Çözü Salma Mekanizmalarının Matematiksel Analizi,Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi,Cilt 9,Sayı 1,2004

GAHIDE, S., Exploration of Micro machines to Textiles: Monitoring Warp Tension and Breaks During the Formation of Woven Fabrics., Ph.D. Thesis,North Carolina State University, 2001

GUO, S., HE, Y., FANG M., LU, L., Design of a Fuzzy Pre-compensator PID Tension Controller for Fabric Based on DSP ,2004 8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision Kunming, China, 6-9th December 2004

HAN D.C., Tension Control of the Let-off and Take-up System in the Weaving Process Based on Support Vector Regression, Korea Textile Machinery Research Institute, ICCAS, 2005, Gyongsan, Korea

HUANG Y., YASUNOBU S., A General Practical Design Method for Fuzzy PID Control from Conventional PID Control, IEEE, p969-972

KAYACAN M. C., ÇAKMAK E., Çözgü Salma Sistemi Farklı Yöntemlerle Kontrol Edilerek Dokunan Pamuklu Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi 2007 (1) 23-32

LEI W., JIANCHENG Y., The Research on Controlling Method of Loom Warp Tension, 2009 Second International Symposium on Computational Intelligence and Design, IEEE, p 115-118

LORD P.R., MANSOUR H. M., 1982, Weaving: conversion of yarn to fabric, Merrow Publishing, England, p394

MIRJALILI S.A., Computer Simulation of Warp Tension on a Weaving Machine, J.Text.Eng., Vol:49, No:1, p8-12

MURAKAMI F., WATANABE T., Dynamic Tension on Yarns being Unwound from a Beam, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Transaction Vol.31, No. 4, p 60-66, 1978

ÖZEK Z., Dokuma Endüstrisindeki Son Gelişmeler ve Yen Eğilimler, Tekstil ve Mühendis, Özel Sayı, 1993, s 196-197

ÖZKAN B., Mekatronik Sistemlerde Uygulanan Belli Başlı Kontrol Yöntemleri, Tünav Bilim Dergisi, 2009, Cilt: 2, Sayı: 3, Sayfa: 302-316

ROTREKL, O. ,Kuda, V. , 1987, Warp Let-Off And Its Drive In A Loom, US Patents No: 4402347

SIEMENS MICROMASTER VECTOR DRIVE Ürün Kataloğu

SHEIKHZADEHA, M., HOSSEINI S.A., DARVISHZADEH, M.,2007, Theoretical evaluation of warp tension variations during weaving, Indian Journal Of Fibre And Textiles Research, Vol 32, p377-380

SHIEH, M., Y., S. LI, T., H., Design and Implementation of Integrated Fuzzy Logic Controller For a Servo Motor System, Mechatronics 8, 1998, 218-240 p.

ŞAHİN M., Üretim Yönetimi ve Yapay Zeka, 2000, s: 133,134,135

TÜMER, T., BOZDA , M.,. Mathematical Description of The Operation of Positive Let-Off Motions. Journal of Textile Institute, 1986, No.1, 44-55.

YILMAZ M., KAYA İ., Servo-Senkro Mekanizmalar, Mersin Üniversitesi, 1992

WONG L. K., PID Controllers, [http://homepage.mac.com/sami\\_ashhab/courses/control/students/first\\_2002\\_2003/ra3ed\\_kattoura/PID\\_controllers.pdf](http://homepage.mac.com/sami_ashhab/courses/control/students/first_2002_2003/ra3ed_kattoura/PID_controllers.pdf), Erişim tarihi 24.01.2010

WULFHORST, B., GRIES, T., VEIT, D., Textile technology, Hanser Gardner Publication, München, 2006, p 321

ZHOU Q., HE Y., GUO S., FANG M., DSP-Based Intelligent Tension Controller, High Density Microsystem Design and Packaging and Component Failure Analysis, Shanghai, 27-29 June 2005, p 1-4

EK-1

## 150den Çözgü İpliğinin Instron 4301 Test Cihazında Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Mukavemet Değerleri

XYZ Corporation  
Main Street  
Anytown, U.S.A.

İplik muk. testi  
Kalife Kontrol Tab. II

Test type: Yarn/Fiber  
Operator name: baris

Instron Corporation  
Series IX Automated Materials Tester  
Test Date: 01 Jan 1996

Sample Identification: C076U150  
Interface Type: 42/43/4400 Series  
Machine Parameters of test:  
Sample Rate (pts/s): 6.667  
Crosshead Speed (mm/min): 5000.0000

Sample Type: yarn  
Humidity (%): 50  
Temperature (deg. F): 73

Dimensions:

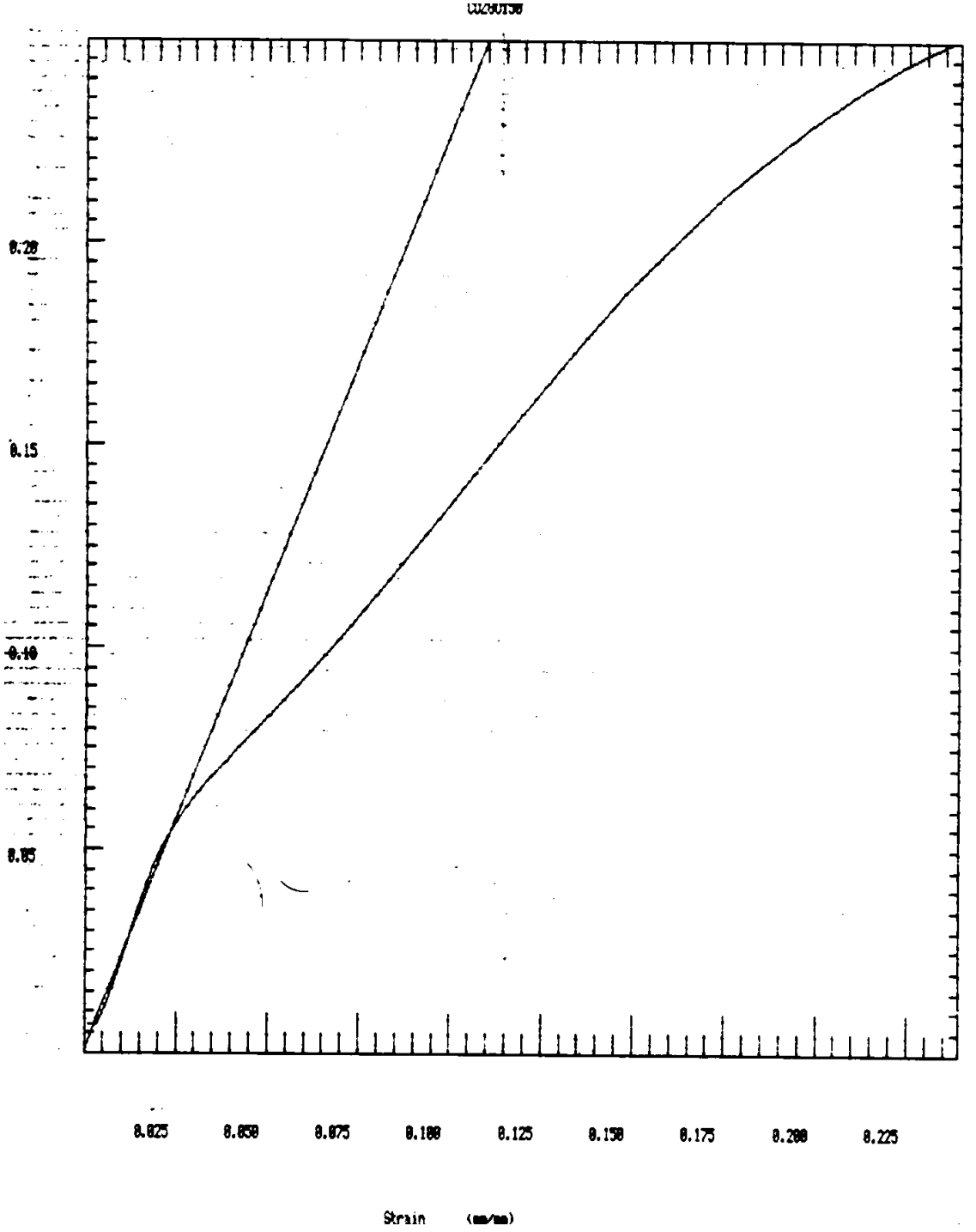
|                     | Spec. 1 | Spec. 2 | Spec. 3 | Spec. 4 | Spec. 5 | Spec. 6 | Spec. 7 |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Lin. Density (tex)  | 16.700  | 16.700  | 16.700  | 16.700  | 16.700  | 16.700  | 16.700  |
| Spec gauge len (mm) | 500.00  | 500.00  | 500.00  | 500.00  | 500.00  | 500.00  | 500.00  |

Out of 7 specimens, 0 excluded.

| Specimen Number     | Load at Break (kN) | Tenacity at Break (N/tex) | Strain at Break (mm/mm) | % Strain at Break (%) | Energy to Break Point (J) | Modulus (AutYoung) (N/tex) | Load at Maximum (kN) |
|---------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|
| 1                   | .0027              | .1628                     | .1228                   | 12.280                | .0977                     | 2.500                      | .0027                |
| 2                   | .0040              | .2408                     | .2140                   | 21.400                | .2379                     | 2.342                      | .0040                |
| 3                   | .0042              | .2513                     | .2422                   | 24.220                | .2967                     | 2.263                      | .0042                |
| 4                   | .0042              | .2485                     | .2384                   | 23.840                | .3035                     | 2.483                      | .0042                |
| 5                   | .0007              | .0442                     | .0263                   | 2.631                 | .0051                     | 1.772                      | .0008                |
| 6                   | .0011              | .0677                     | .0480                   | 4.798                 | .0157                     | 1.741                      | .0011                |
| 7                   | .0012              | .0690                     | .0439                   | 4.392                 | .0147                     | 1.962                      | .0012                |
| Mean:               | .0026              | .1549                     | .1337                   | 13.370                | .1388                     | 2.152                      | .0026                |
| Standard Deviation: | .0016              | .0937                     | .0968                   | 9.682                 | .1366                     | .324                       | .0016                |
| Mean - 2.00 * Sdv:  | *****              | *****                     | *****                   | -5.997                | *****                     | 1.505                      | *****                |
| Mean + 2.00 * Sdv:  | .0057              | .3424                     | .3273                   | 32.730                | .4120                     | 2.799                      | .0057                |
| CofDfVar:           | 60.52              | 60.52                     | 72.43                   | 72.43                 | 98.46                     | 15.04                      | 60.35                |

1 ve 5 nolu test numunelerinden uygun kopma koşulları gözlemlenmediği için dikkate alınmamıştır. Ortalama elastisite modülü 2.15cN/tex olarak hesaplanmıştır.

150den Çözgü İpliğinin Instron 4301 Test Cihazında Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Gerilme-Birim Uzama Grafiği



## EK-2

**PID Tipi Denetimle Yapılan Gerginlik Kontrolüne Ait Deneysel Veriler**

**Çizelge 1.** Kp:10 Ki:2 Kd:1 22 tel/cm atkı sıklığında 900N'luk çözgü ön gerilmesine göre çözgü ipliğindeki ortalama gerilim değişim ölçümleri

| Ölçüm Sayısı | Atkı Sayısı | Ölçülen Gerginlik Değerleri |           |           |
|--------------|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|
|              |             | 1500 N                      | 1300 N    | 1100 N    |
| 1-100        | 1           | 923,8242                    | 906,9548  | 902,4908  |
| 101-200      | 2           | 926,9841                    | 916,1758  | 926,9597  |
| 201-300      | 3           | 956,2442                    | 919,3114  | 934,3297  |
| 301-400      | 4           | 950,1783                    | 945,8901  | 978,4567  |
| 401-500      | 5           | 968,1807                    | 940,0488  | 954,3883  |
| 501-600      | 6           | 975,0574                    | 951,0085  | 968,5519  |
| 601-700      | 7           | 993,1429                    | 970,5104  | 981,4359  |
| 701-800      | 8           | 1012,9377                   | 975,3358  | 1003,3260 |
| 801-900      | 9           | 1031,0476                   | 1054,7546 | 1015,9756 |
| 901-1000     | 10          | 1047,1355                   | 1037,0647 | 1034,6227 |
| 1001-1100    | 11          | 1064,5519                   | 1031,4725 | 1058,7057 |
| 1101-1200    | 12          | 1090,6129                   | 1047,7705 | 1078,0220 |
| 1201-1300    | 13          | 1111,2332                   | 1123,5409 | 1108,4249 |
| 1301-1400    | 14          | 1136,5519                   | 1171,8926 | 1116,0000 |
| 1401-1500    | 15          | 1158,2173                   | 1173,4066 | 1148,5958 |
| 1501-1600    | 16          | 1183,8437                   | 1214,5690 | 1160,1709 |
| 1601-1700    | 17          | 1213,9634                   | 1240,2393 | 1185,6557 |
| 1701-1800    | 18          | 1248,6007                   | 1267,1795 | 1158,1197 |
| 1801-1900    | 19          | 1278,0952                   | 1290,3541 | 1163,9365 |
| 1901-2000    | 20          | 1313,9927                   | 1329,7143 | 1141,8852 |
| 2001-2100    | 21          | 1344,6398                   | 1347,9609 | 1140,3907 |
| 2101-2200    | 22          | 1386,1050                   | 1405,0305 | 1122,5153 |
| 2201-2300    | 23          | 1399,7314                   | 1399,4139 | 1116,7033 |
| 2301-2400    | 24          | 1456,5519                   | 1387,6777 | 1110,2271 |
| 2401-2500    | 25          | 1468,0098                   | 1368,6691 | 1100,2247 |
| 2501-2600    | 26          | 1520,1123                   | 1372,4200 | 1094,1392 |
| 2601-2700    | 27          | 1541,0842                   | 1344,7277 | 1089,3284 |
| 2701-2800    | 28          | 1554,6764                   | 1334,1880 | 1091,3260 |
| 2801-2900    | 29          | 1523,4530                   | 1324,9084 | 1089,5482 |
| 2901-3000    | 30          | 1522,0855                   | 1323,7851 | 1097,9341 |
| 3001-3100    | 31          | 1524,2735                   | 1302,5201 | 1109,6508 |
| 3101-3200    | 32          | 1518,8034                   | 1298,5739 | 1106,2076 |
| 3201-3300    | 33          | 1539,9219                   | 1287,7070 | 1097,0549 |
| 3301-3400    | 34          | 1490,2759                   | 1287,3016 | 1109,9292 |
| 3401-3500    | 35          | 1522,7790                   | 1285,5824 | 1108,4689 |
| 3501-3600    | 36          | 1481,1380                   | 1303,1013 | 1121,4212 |
| 3601-3700    | 37          | 1495,1453                   | 1312,4444 | 1101,8706 |
| 3701-3800    | 38          | 1481,0012                   | 1318,8278 | 1102,6471 |
| 3801-3900    | 39          | 1489,2650                   | 1326,2564 | 1095,6044 |
| 3901-4000    | 40          | 1477,2405                   | 1312,8205 | 1089,2796 |

|           |    |           |           |           |
|-----------|----|-----------|-----------|-----------|
| 4001-4100 | 41 | 1462,9695 | 1315,5897 | 1084,6642 |
| 4101-4200 | 42 | 1548,6838 | 1292,6300 | 1086,9109 |
| 4201-4300 | 43 | 1576,1416 | 1294,5299 | 1093,1136 |
| 4301-4400 | 44 | 1575,0769 | 1291,7460 | 1097,7045 |
| 4401-4500 | 45 | 1541,7778 | 1299,1209 | 1110,7741 |
| 4501-4600 | 46 | 1500,9475 | 1301,2210 | 1119,1453 |
| 4601-4700 | 47 | 1555,4530 | 1299,7265 | 1124,8596 |
| 4701-4800 | 48 | 1584,5128 | 1307,1306 | 1114,9206 |
| 4801-4900 | 49 | 1506,3297 | 1302,9695 | 1112,9426 |
| 4901-5000 | 50 | 1520,8547 | 1313,6020 | 1096,7668 |
| 5001-5100 | 51 | 1500,7717 | 1299,2918 | 1102,8474 |
| 5101-5200 | 52 | 1496,4347 | 1299,1648 | 1089,5726 |
| 5201-5300 | 53 | 1508,2149 | 1292,0684 | 1096,0440 |
| 5301-5400 | 54 | 1487,4676 | 1292,6935 | 1092,6740 |
| 5401-5500 | 55 | 1481,6068 | 1297,5385 | 1102,1050 |
| 5501-5600 | 56 | 1482,7350 | 1295,3602 | 1088,1221 |
| 5601-5700 | 57 | 1502,7448 | 1315,1306 | 1089,3529 |
| 5701-5800 | 58 | 1501,4359 | 1297,4310 | 1090,8181 |
| 5801-5900 | 59 | 1513,4310 | 1311,2625 | 1100,7912 |
| 5901-6000 | 60 | 1519,5067 | 1305,8608 | 1114,6764 |
| 6001-6100 | 61 | 1525,1136 | 1298,4322 | 1113,8559 |
| 6101-6200 | 62 | 1507,3846 | 1291,9414 | 1119,5360 |
| 6201-6300 | 63 | 1505,9048 | 1284,9817 | 1122,0317 |
| 6301-6400 | 64 | 1493,9683 | 1286,5983 | 1125,3480 |
| 6401-6500 | 65 | 1499,4628 | 1291,3602 | 1116,7961 |
| 6501-6600 | 66 | 1488,5617 | 1310,1099 | 1102,6764 |
| 6601-6700 | 67 | 1489,2845 | 1318,2808 | 1085,3968 |
| 6701-6800 | 68 | 1489,7534 | 1332,0342 | 1087,4481 |
| 6801-6900 | 69 | 1518,5006 | 1313,7143 | 1085,5922 |
| 6901-7000 | 70 | 1502,5788 | 1312,2100 | 1089,8657 |
| 7001-7100 | 71 | 1507,0672 | 1296,5910 | 1091,7118 |
| 7101-7200 | 72 | 1503,9560 | 1306,5495 | 1105,3138 |
| 7201-7300 | 73 | 1494,9304 | 1291,0623 | 1116,3858 |
| 7301-7400 | 74 | 1510,0122 | 1300,9084 | 1126,3101 |
| 7401-7500 | 75 | 1484,5275 | 1291,2674 | 1126,5397 |
| 7501-7600 | 76 | 1478,9695 | 1279,0672 | 1120,8840 |
| 7601-7700 | 77 | 1488,3858 | 1284,9768 | 1117,2015 |
| 7701-7800 | 78 | 1506,4225 | 1314,9255 | 1108,5470 |
| 7801-7900 | 79 | 1535,1258 | 1322,2613 | 1106,8181 |
| 7901-8000 | 80 | 1553,7729 | 1310,5495 | 1089,8901 |
| 8001-8100 | 81 | 1535,1648 | 1316,4200 | 1087,0134 |
| 8101-8200 | 82 | 1502,1587 | 1316,4982 | 1085,6996 |
| 8201-8300 | 83 | 1483,4676 | 1309,6361 | 1087,1844 |
| 8301-8400 | 84 | 1500,1856 | 1291,6972 | 1094,1441 |
| 8401-8500 | 85 | 1486,0024 | 1293,2112 | 1108,4835 |
| 8501-8600 | 86 | 1498,4811 | 1317,4212 | 1114,2711 |
| 8601-8700 | 87 | 1495,7021 | 1296,2393 | 1118,7204 |
| 8701-8800 | 88 | 1502,8816 | 1286,1294 | 1120,5128 |
| 8801-8900 | 89 | 1512,9621 | 1293,5287 | 1118,1001 |
| 8901-9000 | 90 | 1514,7595 | 1283,0281 | 1110,0122 |

**Çizelge 2.** Kp:10 Ki:5 Kd:1 22 tel/cm atkı sıklığında 900N'luk çözümlü ön gerilmesine göre çözümlü ipliğindeki ortalama gerilim değişim ölçümleri

| Ölçüm Sayısı | Atkı Sayısı | Ölçülen Gerginlik Değerleri |           |           |
|--------------|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|
|              |             | 1500 N                      | 1300 N    | 1100 N    |
| 1-100        | 1           | 905,2015                    | 948,7619  | 909,6703  |
| 101-200      | 2           | 919,4481                    | 906,3297  | 910,0806  |
| 201-300      | 3           | 926,8181                    | 916,6838  | 929,5092  |
| 301-400      | 4           | 936,5812                    | 925,3529  | 933,3773  |
| 401-500      | 5           | 949,5433                    | 940,5372  | 945,9096  |
| 501-600      | 6           | 965,3284                    | 947,5409  | 957,0452  |
| 601-700      | 7           | 982,3736                    | 970,3834  | 975,9805  |
| 701-800      | 8           | 1003,9267                   | 968,0000  | 989,4750  |
| 801-900      | 9           | 1017,7973                   | 996,5470  | 1010,6325 |
| 901-1000     | 10          | 1032,9084                   | 1036,6252 | 1021,8901 |
| 1001-1100    | 11          | 1048,1074                   | 1036,8498 | 1051,2674 |
| 1101-1200    | 12          | 1079,1844                   | 1045,5433 | 1074,4078 |
| 1201-1300    | 13          | 1085,2796                   | 1065,9536 | 1086,6422 |
| 1301-1400    | 14          | 1119,6239                   | 1083,2772 | 1125,3675 |
| 1401-1500    | 15          | 1134,5006                   | 1224,8840 | 1137,2063 |
| 1501-1600    | 16          | 1188,3077                   | 1144,5324 | 1160,7082 |
| 1601-1700    | 17          | 1190,3053                   | 1164,3321 | 1136,2882 |
| 1701-1800    | 18          | 1278,0415                   | 1190,6960 | 1142,4713 |
| 1801-1900    | 19          | 1328,6740                   | 1226,7399 | 1121,7436 |
| 1901-2000    | 20          | 1316,3126                   | 1255,8242 | 1120,9328 |
| 2001-2100    | 21          | 1401,7534                   | 1297,7729 | 1101,1722 |
| 2101-2200    | 22          | 1343,4823                   | 1327,5556 | 1102,1245 |
| 2201-2300    | 23          | 1380,6252                   | 1342,1587 | 1087,5653 |
| 2301-2400    | 24          | 1422,2222                   | 1376,4103 | 1096,4347 |
| 2401-2500    | 25          | 1471,8193                   | 1369,1477 | 1091,5702 |
| 2501-2600    | 26          | 1492,0391                   | 1360,7277 | 1106,9060 |
| 2601-2700    | 27          | 1527,4628                   | 1338,2906 | 1109,3578 |
| 2701-2800    | 28          | 1565,1819                   | 1330,5934 | 1127,0085 |
| 2801-2900    | 29          | 1562,8669                   | 1315,6288 | 1121,1770 |
| 2901-3000    | 30          | 1530,6618                   | 1298,3443 | 1116,1905 |
| 3001-3100    | 31          | 1510,3443                   | 1304,6105 | 1105,1282 |
| 3101-3200    | 32          | 1510,0904                   | 1297,1184 | 1102,7253 |
| 3201-3300    | 33          | 1517,4945                   | 1294,2564 | 1091,8437 |
| 3301-3400    | 34          | 1562,7937                   | 1223,0379 | 1089,1087 |
| 3401-3500    | 35          | 1522,7546                   | 1293,4408 | 1109,1282 |
| 3501-3600    | 36          | 1535,6532                   | 1328,3272 | 1114,5055 |
| 3601-3700    | 37          | 1505,9731                   | 1372,4933 | 1113,3724 |
| 3701-3800    | 38          | 1502,6764                   | 1375,3358 | 1112,8449 |
| 3801-3900    | 39          | 1518,3443                   | 1380,7033 | 1096,5812 |
| 3901-4000    | 40          | 1497,0208                   | 1367,1844 | 1089,8510 |
| 4001-4100    | 41          | 1501,2259                   | 1350,7937 | 1091,4335 |
| 4101-4200    | 42          | 1503,1844                   | 1340,3810 | 1098,6716 |
| 4201-4300    | 43          | 1476,7619                   | 1324,8889 | 1112,2589 |
| 4301-4400    | 44          | 1494,6911                   | 1313,7778 | 1125,1917 |



|           |    |           |           |           |
|-----------|----|-----------|-----------|-----------|
| 4401-4500 | 45 | 1503,8486 | 1312,9719 | 1112,1807 |
| 4501-4600 | 46 | 1531,1013 | 1301,8168 | 1107,1209 |
| 4601-4700 | 47 | 1526,9109 | 1296,1905 | 1100,6789 |
| 4701-4800 | 48 | 1543,7411 | 1300,6154 | 1101,0647 |
| 4801-4900 | 49 | 1527,9170 | 1306,8376 | 1088,5324 |
| 4901-5000 | 50 | 1510,4420 | 1289,4310 | 1092,8694 |
| 5001-5100 | 51 | 1526,8230 | 1296,5226 | 1086,4225 |
| 5101-5200 | 52 | 1495,1258 | 1284,9621 | 1101,7582 |
| 5201-5300 | 53 | 1515,2869 | 1305,4505 | 1106,2173 |
| 5301-5400 | 54 | 1488,2930 | 1325,3480 | 1128,0635 |
| 5401-5500 | 55 | 1502,6813 | 1331,9609 | 1140,9768 |
| 5501-5600 | 56 | 1492,9915 | 1335,0183 | 1139,1306 |
| 5601-5700 | 57 | 1510,2662 | 1316,8010 | 1121,8852 |
| 5701-5800 | 58 | 1510,8327 | 1308,7131 | 1107,7851 |
| 5801-5900 | 59 | 1516,4200 | 1299,2967 | 1103,7363 |
| 5901-6000 | 60 | 1500,5665 | 1304,4005 | 1101,6068 |
| 6001-6100 | 61 | 1490,8962 | 1291,6093 | 1104,2198 |
| 6101-6200 | 62 | 1494,1392 | 1285,3480 | 1089,2357 |
| 6201-6300 | 63 | 1493,8559 | 1300,8889 | 1093,9389 |
| 6301-6400 | 64 | 1502,1343 | 1318,3248 | 1091,5018 |
| 6401-6500 | 65 | 1516,2247 | 1326,5934 | 1105,8120 |
| 6501-6600 | 66 | 1522,5543 | 1314,7399 | 1109,8950 |
| 6601-6700 | 67 | 1519,7411 | 1311,9463 | 1130,1441 |
| 6701-6800 | 68 | 1517,9341 | 1313,6313 | 1123,9756 |
| 6801-6900 | 69 | 1503,3944 | 1308,4982 | 1106,0073 |
| 6901-7000 | 70 | 1495,7705 | 1284,2491 | 1099,7167 |
| 7001-7100 | 71 | 1474,3980 | 1280,3858 | 1097,5531 |
| 7101-7200 | 72 | 1493,8071 | 1302,6862 | 1090,6911 |
| 7201-7300 | 73 | 1513,4066 | 1330,2125 | 1092,6056 |
| 7301-7400 | 74 | 1536,8840 | 1384,2930 | 1102,5885 |
| 7401-7500 | 75 | 1559,6337 | 1465,3333 | 1103,6728 |
| 7501-7600 | 76 | 1541,4310 | 1368,9670 | 1120,8596 |
| 7601-7700 | 77 | 1520,4640 | 1336,3956 | 1110,2662 |
| 7701-7800 | 78 | 1515,8046 | 1338,6325 | 1110,6081 |
| 7801-7900 | 79 | 1501,3626 | 1320,3419 | 1100,7179 |
| 7901-8000 | 80 | 1500,6056 | 1309,0696 | 1097,8706 |
| 8001-8100 | 81 | 1490,9060 | 1301,9927 | 1097,4505 |
| 8101-8200 | 82 | 1476,6984 | 1291,3065 | 1096,9035 |
| 8201-8300 | 83 | 1484,5177 | 1286,6178 | 1080,0195 |
| 8301-8400 | 84 | 1521,6752 | 1297,9243 | 1092,2833 |
| 8401-8500 | 85 | 1563,9316 | 1320,8840 | 1119,9170 |
| 8501-8600 | 86 | 1564,1758 | 1328,9133 | 1148,7131 |
| 8601-8700 | 87 | 1532,0635 | 1333,6508 | 1145,2845 |
| 8701-8800 | 88 | 1518,5104 | 1306,8571 | 1136,2882 |
| 8801-8900 | 89 | 1525,3675 | 1309,6313 | 1125,1526 |
| 8901-9000 | 90 | 1564,8889 | 1301,4652 | 1117,2650 |

**Çizelge 3.** Kp:15 Ki:2 Kd:1 22 tel/cm atkı sıklığında 900N'luk çözümlü ön gerilmesine göre çözümlü ipliğindeki ortalama gerilim değişim ölçümleri

| Ölçüm Sayısı | Atkı Sayısı | Ölçülen Gerginlik Değerleri |           |           |
|--------------|-------------|-----------------------------|-----------|-----------|
|              |             | 1500 N                      | 1300 N    | 1100 N    |
| 1-100        | 1           | 976,4493                    | 903,0476  | 902,6813  |
| 101-200      | 2           | 928,0537                    | 910,3932  | 908,6642  |
| 201-300      | 3           | 933,0647                    | 914,7692  | 925,1038  |
| 301-400      | 4           | 941,5531                    | 929,0598  | 933,8559  |
| 401-500      | 5           | 952,6886                    | 941,5531  | 942,9988  |
| 501-600      | 6           | 976,1319                    | 954,9011  | 956,8010  |
| 601-700      | 7           | 995,7656                    | 972,0147  | 1007,9365 |
| 701-800      | 8           | 1010,6374                   | 1007,7363 | 989,8217  |
| 801-900      | 9           | 1028,4249                   | 1007,5263 | 1000,6105 |
| 901-1000     | 10          | 1044,7619                   | 1019,2283 | 1020,5372 |
| 1001-1100    | 11          | 1067,1306                   | 1051,3260 | 1036,7228 |
| 1101-1200    | 12          | 1086,7302                   | 1106,3101 | 1064,5910 |
| 1201-1300    | 13          | 1117,4554                   | 1081,4212 | 1077,4847 |
| 1301-1400    | 14          | 1140,2442                   | 1105,5189 | 1102,8816 |
| 1401-1500    | 15          | 1172,0684                   | 1135,4872 | 1121,5140 |
| 1501-1600    | 16          | 1177,1380                   | 1160,6789 | 1164,1563 |
| 1601-1700    | 17          | 1238,4615                   | 1198,6422 | 1110,1978 |
| 1701-1800    | 18          | 1256,9475                   | 1245,7094 | 1198,7448 |
| 1801-1900    | 19          | 1301,2698                   | 1296,3565 | 1188,2784 |
| 1901-2000    | 20          | 1322,1001                   | 1371,9512 | 1178,2955 |
| 2001-2100    | 21          | 1354,2369                   | 1383,0281 | 1157,0842 |
| 2101-2200    | 22          | 1392,8303                   | 1395,6874 | 1141,3919 |
| 2201-2300    | 23          | 1434,0317                   | 1376,2295 | 1126,9792 |
| 2301-2400    | 24          | 1477,2894                   | 1353,3529 | 1109,6020 |
| 2401-2500    | 25          | 1513,2845                   | 1348,0830 | 1101,2210 |
| 2501-2600    | 26          | 1537,1673                   | 1328,6496 | 1102,2466 |
| 2601-2700    | 27          | 1570,3785                   | 1306,5690 | 1096,2100 |
| 2701-2800    | 28          | 1576,7766                   | 1319,2430 | 1088,5714 |
| 2801-2900    | 29          | 1582,3150                   | 1294,0269 | 1086,6569 |
| 2901-3000    | 30          | 1534,6081                   | 1282,0269 | 1083,0134 |
| 3001-3100    | 31          | 1528,2295                   | 1274,4371 | 1089,3529 |
| 3101-3200    | 32          | 1517,5531                   | 1291,1306 | 1091,6874 |
| 3201-3300    | 33          | 1507,6288                   | 1302,2173 | 1110,3150 |
| 3301-3400    | 34          | 1503,8193                   | 1327,0574 | 1123,0818 |
| 3401-3500    | 35          | 1466,8864                   | 1336,8449 | 1137,5043 |
| 3501-3600    | 36          | 1477,0501                   | 1328,8449 | 1135,5360 |
| 3601-3700    | 37          | 1490,1636                   | 1313,7534 | 1128,2198 |
| 3701-3800    | 38          | 1505,6557                   | 1299,2186 | 1113,6264 |
| 3801-3900    | 39          | 1539,8926                   | 1309,4945 | 1100,3419 |
| 3901-4000    | 40          | 1559,6239                   | 1293,2894 | 1100,7619 |
| 4001-4100    | 41          | 1553,3236                   | 1293,2601 | 1089,4994 |
| 4101-4200    | 42          | 1525,7924                   | 1280,8254 | 1087,7607 |
| 4201-4300    | 43          | 1511,9658                   | 1296,4835 | 1088,1514 |
| 4301-4400    | 44          | 1496,6496                   | 1310,9890 | 1101,1624 |

|           |    |           |           |           |
|-----------|----|-----------|-----------|-----------|
| 4401-4500 | 45 | 1491,7314 | 1307,4139 | 1106,1294 |
| 4501-4600 | 46 | 1486,1490 | 1311,6044 | 1101,6508 |
| 4601-4700 | 47 | 1496,3907 | 1302,1197 | 1113,0012 |
| 4701-4800 | 48 | 1488,7668 | 1307,9756 | 1113,9048 |
| 4801-4900 | 49 | 1505,7241 | 1302,4420 | 1119,2234 |
| 4901-5000 | 50 | 1516,7375 | 1350,4176 | 1100,5568 |
| 5001-5100 | 51 | 1540,5079 | 1289,9683 | 1092,7179 |
| 5101-5200 | 52 | 1505,8510 | 1275,7998 | 1085,4750 |
| 5201-5300 | 53 | 1502,2076 | 1299,3407 | 1126,4518 |
| 5301-5400 | 54 | 1487,9365 | 1302,1490 | 1137,6947 |
| 5401-5500 | 55 | 1523,4969 | 1319,8779 | 1096,2979 |
| 5501-5600 | 56 | 1488,7473 | 1320,9035 | 1100,6056 |
| 5601-5700 | 57 | 1484,1368 | 1324,9084 | 1087,5458 |
| 5701-5800 | 58 | 1482,9353 | 1307,5214 | 1103,2967 |
| 5801-5900 | 59 | 1482,2369 | 1294,9597 | 1089,1722 |
| 5901-6000 | 60 | 1498,5788 | 1285,2503 | 1087,8095 |
| 6001-6100 | 61 | 1526,3150 | 1298,0757 | 1091,5018 |
| 6101-6200 | 62 | 1545,4799 | 1310,6471 | 1100,2295 |
| 6201-6300 | 63 | 1545,0794 | 1302,1978 | 1117,6410 |
| 6301-6400 | 64 | 1510,8913 | 1303,8046 | 1117,9438 |
| 6401-6500 | 65 | 1515,5800 | 1295,8486 | 1130,1734 |
| 6501-6600 | 66 | 1509,2405 | 1282,5543 | 1114,9158 |
| 6601-6700 | 67 | 1496,6496 | 1289,2747 | 1104,3077 |
| 6701-6800 | 68 | 1482,9939 | 1283,0379 | 1099,3455 |
| 6801-6900 | 69 | 1479,3016 | 1307,1355 | 1101,6215 |
| 6901-7000 | 70 | 1523,6093 | 1317,2161 | 1104,3077 |
| 7001-7100 | 71 | 1496,0928 | 1329,3040 | 1084,5470 |
| 7101-7200 | 72 | 1508,9719 | 1320,7473 | 1090,9304 |
| 7201-7300 | 73 | 1508,0977 | 1311,6728 | 1090,7497 |
| 7301-7400 | 74 | 1510,3053 | 1305,3236 | 1104,3468 |
| 7401-7500 | 75 | 1506,2808 | 1295,5995 | 1091,5751 |
| 7501-7600 | 76 | 1494,0904 | 1275,7802 | 1093,5531 |
| 7601-7700 | 77 | 1494,8132 | 1272,1416 | 1105,9292 |
| 7701-7800 | 78 | 1485,0159 | 1290,5055 | 1115,7851 |
| 7801-7900 | 79 | 1502,9890 | 1302,7350 | 1118,5983 |
| 7901-8000 | 80 | 1493,3089 | 1332,8449 | 1123,2576 |
| 8001-8100 | 81 | 1506,7888 | 1343,2234 | 1135,5458 |
| 8101-8200 | 82 | 1515,3846 | 1331,7802 | 1106,6911 |
| 8201-8300 | 83 | 1522,3394 | 1310,5153 | 1104,4640 |
| 8301-8400 | 84 | 1513,6361 | 1298,5739 | 1091,5214 |
| 8401-8500 | 85 | 1504,6398 | 1295,1551 | 1102,8132 |
| 8501-8600 | 86 | 1500,7521 | 1293,9243 | 1093,1624 |
| 8601-8700 | 87 | 1485,6899 | 1294,2759 | 1047,2869 |
| 8701-8800 | 88 | 1492,0293 | 1284,5861 | 1097,0354 |
| 8801-8900 | 89 | 1474,4371 | 1289,3626 | 1110,8327 |
| 8901-9000 | 90 | 1486,2759 | 1297,7094 | 1120,2686 |

**Çizelge 4.** Kp:15 Ki:5 Kd:1 22 tel/cm atkı sıklığında 900N'luk çözümlü ön gerilmesine göre çözümlü ipliğindeki ortalama gerilim değişim ölçümleri

| Ölçüm Sayısı | Atkı Sayısı | Ölçülen Gerginlik Değeri |           |           |
|--------------|-------------|--------------------------|-----------|-----------|
|              |             | 1100 N                   | 1300 N    | 1500 N    |
| 1-100        | 1           | 913,4310                 | 910,6813  | 905,7924  |
| 101-200      | 2           | 904,3858                 | 918,9499  | 906,1343  |
| 201-300      | 3           | 923,0525                 | 932,1856  | 925,9927  |
| 301-400      | 4           | 931,5702                 | 949,3089  | 946,5348  |
| 401-500      | 5           | 921,8999                 | 961,8901  | 945,0110  |
| 501-600      | 6           | 957,7534                 | 970,6081  | 956,1758  |
| 601-700      | 7           | 969,4505                 | 975,4286  | 963,1990  |
| 701-800      | 8           | 987,6093                 | 1007,4579 | 985,9438  |
| 801-900      | 9           | 1002,6422                | 1016,6789 | 1004,0391 |
| 901-1000     | 10          | 1019,0330                | 1050,0855 | 1020,4982 |
| 1001-1100    | 11          | 1065,2308                | 1051,6972 | 1041,9780 |
| 1101-1200    | 12          | 1064,1709                | 1089,4994 | 1058,6618 |
| 1201-1300    | 13          | 1077,7778                | 1103,2821 | 1076,1661 |
| 1301-1400    | 14          | 1114,1050                | 1133,9341 | 1094,7155 |
| 1401-1500    | 15          | 1129,2161                | 1160,0000 | 1118,0269 |
| 1501-1600    | 16          | 1152,5177                | 1185,8901 | 1149,8559 |
| 1601-1700    | 17          | 1147,8632                | 1222,3590 | 1174,7741 |
| 1701-1800    | 18          | 1142,7595                | 1250,1538 | 1192,3321 |
| 1801-1900    | 19          | 1126,9597                | 1284,3175 | 1227,3846 |
| 1901-2000    | 20          | 1118,1294                | 1315,3846 | 1237,4847 |
| 2001-2100    | 21          | 1107,9707                | 1350,9499 | 1237,4847 |
| 2101-2200    | 22          | 1102,6129                | 1384,7863 | 1324,1563 |
| 2201-2300    | 23          | 1102,4420                | 1405,4505 | 1471,2821 |
| 2301-2400    | 24          | 1092,4493                | 1365,3871 | 1533,0159 |
| 2401-2500    | 25          | 1088,3272                | 1344,1270 | 1557,6606 |
| 2501-2600    | 26          | 1090,1636                | 1322,7204 | 1554,8474 |
| 2601-2700    | 27          | 1107,0818                | 1315,8242 | 1506,3492 |
| 2701-2800    | 28          | 1112,6300                | 1306,5641 | 1526,6911 |
| 2801-2900    | 29          | 1130,7350                | 1301,4750 | 1587,9609 |
| 2901-3000    | 30          | 1127,3260                | 1286,7155 | 1536,8059 |
| 3001-3100    | 31          | 1125,8071                | 1283,1013 | 1533,1673 |
| 3101-3200    | 32          | 1118,3150                | 1304,8352 | 1518,7937 |
| 3201-3300    | 33          | 1113,1770                | 1339,9902 | 1498,3004 |
| 3301-3400    | 34          | 1085,2796                | 1353,2845 | 1501,6947 |
| 3401-3500    | 35          | 1088,7033                | 1345,8120 | 1477,0452 |
| 3501-3600    | 36          | 1102,0757                | 1348,6252 | 1491,4432 |
| 3601-3700    | 37          | 1111,7705                | 1323,7949 | 1506,1734 |
| 3701-3800    | 38          | 1125,3333                | 1323,1990 | 1515,6581 |
| 3801-3900    | 39          | 1132,2100                | 1299,8046 | 1548,0049 |
| 3901-4000    | 40          | 1124,8596                | 1290,3932 | 1535,7998 |
| 4001-4100    | 41          | 1104,4005                | 1283,1502 | 1535,9072 |
| 4101-4200    | 42          | 1109,3529                | 1295,2137 | 1499,2674 |
| 4201-4300    | 43          | 1105,0061                | 1315,6190 | 1499,5604 |
| 4301-4400    | 44          | 1099,1306                | 1333,7289 | 1495,9658 |
| 4401-4500    | 45          | 1094,0073                | 1341,8071 | 1501,9048 |

|           |    |           |           |           |
|-----------|----|-----------|-----------|-----------|
| 4501-4600 | 46 | 1092,1612 | 1331,4628 | 1495,9707 |
| 4601-4700 | 47 | 1097,9780 | 1314,8864 | 1494,4420 |
| 4701-4800 | 48 | 1099,5653 | 1302,4127 | 1501,3675 |
| 4801-4900 | 49 | 1113,0012 | 1304,0781 | 1580,0781 |
| 4901-5000 | 50 | 1117,1624 | 1283,1062 | 1513,3236 |
| 5001-5100 | 51 | 1123,6190 | 1283,8388 | 1496,4347 |
| 5101-5200 | 52 | 1113,5873 | 1288,9621 | 1488,4591 |
| 5201-5300 | 53 | 1112,4103 | 1331,0623 | 1493,4505 |
| 5301-5400 | 54 | 1102,6081 | 1340,5568 | 1514,5006 |
| 5401-5500 | 55 | 1097,8413 | 1353,9585 | 1523,1502 |
| 5501-5600 | 56 | 1096,5812 | 1338,4567 | 1524,5177 |
| 5601-5700 | 57 | 1088,8791 | 1316,6398 | 1504,2100 |
| 5701-5800 | 58 | 1090,0806 | 1298,0757 | 1490,7399 |
| 5801-5900 | 59 | 1105,7387 | 1304,5324 | 1488,6203 |
| 5901-6000 | 60 | 1129,7241 | 1297,5140 | 1501,5775 |
| 6001-6100 | 61 | 1136,5372 | 1329,6996 | 1514,8962 |
| 6101-6200 | 62 | 1122,3980 | 1336,2882 | 1532,6496 |
| 6201-6300 | 63 | 1115,2625 | 1288,1563 | 1524,7668 |
| 6301-6400 | 64 | 1111,6923 | 1289,6264 | 1508,7033 |
| 6401-6500 | 65 | 1112,5128 | 1279,4481 | 1504,2833 |
| 6501-6600 | 66 | 1094,9304 | 1305,6947 | 1491,0330 |
| 6601-6700 | 67 | 1095,2039 | 1325,8608 | 1493,4261 |
| 6701-6800 | 68 | 1093,9683 | 1354,4078 | 1495,4383 |
| 6801-6900 | 69 | 1112,4982 | 1366,7155 | 1517,2015 |
| 6901-7000 | 70 | 1107,2918 | 1368,8645 | 1557,3626 |
| 7001-7100 | 71 | 1108,9963 | 1326,7057 | 1515,6581 |
| 7101-7200 | 72 | 1100,1612 | 1311,9756 | 1503,7216 |
| 7201-7300 | 73 | 1104,5372 | 1301,3187 | 1483,8535 |
| 7301-7400 | 74 | 1100,4396 | 1291,6190 | 1480,8449 |
| 7401-7500 | 75 | 1099,4237 | 1292,3810 | 1504,0440 |
| 7501-7600 | 76 | 1094,4127 | 1297,5678 | 1520,2882 |
| 7601-7700 | 77 | 1104,3663 | 1301,8315 | 1553,1966 |
| 7701-7800 | 78 | 1098,9744 | 1299,5604 | 1516,7717 |
| 7801-7900 | 79 | 1102,6471 | 1327,0965 | 1475,7460 |
| 7901-8000 | 80 | 1108,6935 | 1326,2955 | 1496,5275 |
| 8001-8100 | 81 | 1092,5714 | 1319,8291 | 1491,2088 |
| 8101-8200 | 82 | 1108,7033 | 1289,4505 | 1537,3236 |
| 8201-8300 | 83 | 1096,8791 | 1289,0989 | 1527,4774 |
| 8301-8400 | 84 | 1095,5702 | 1285,8755 | 1522,1734 |
| 8401-8500 | 85 | 1090,5983 | 1315,2869 | 1497,9976 |
| 8501-8600 | 86 | 1100,7668 | 1337,0891 | 1466,4371 |
| 8601-8700 | 87 | 1101,4261 | 1349,4261 | 1469,2796 |
| 8701-8800 | 88 | 1107,4335 | 1340,7375 | 1479,9072 |
| 8801-8900 | 89 | 1118,2418 | 1312,6740 | 1512,6300 |
| 8901-9000 | 90 | 1114,4860 | 1308,2540 | 1520,9524 |
| 9001-9100 | 91 | 1118,3199 | 1300,1661 | 1553,7436 |
| 9101-9200 | 92 | 1101,0256 | 1303,9365 | 1605,7924 |
| 9201-9300 | 93 | 1108,8107 | 1281,7045 | 1634,3248 |
| 9301-9400 | 94 | 1098,7790 | 1274,8181 | 1582,8620 |
| 9401-9500 | 95 | 1101,0061 | 1293,0159 | 1507,2039 |

**Çizelge 5.** Kp:5 Ki:2 Kd:1 22 tel/cm atkı sıklığında 900N'luk çözümlü ön gerilmesine göre çözümlü ipliğindeki ortalama gerilim değişim ölçümleri

| Ölçüm Sayısı | Atkı Sayısı | Ölçülen Gerginlik Değeri |           |           |
|--------------|-------------|--------------------------|-----------|-----------|
|              |             | 1100 N                   | 1300 N    | 1500 N    |
| 1-100        | 1           | 922,5641                 | 918,9451  | 946,7790  |
| 101-200      | 2           | 900,0000                 | 927,8388  | 920,2686  |
| 201-300      | 3           | 903,4432                 | 932,4884  | 942,6276  |
| 301-400      | 4           | 921,9145                 | 953,7631  | 946,6276  |
| 401-500      | 5           | 914,9744                 | 1040,6642 | 953,6459  |
| 501-600      | 6           | 924,7521                 | 1035,7363 | 970,3101  |
| 601-700      | 7           | 939,2772                 | 1003,0623 | 983,3016  |
| 701-800      | 8           | 948,5421                 | 1030,5983 | 1003,1697 |
| 801-900      | 9           | 973,8852                 | 1042,3980 | 1019,4237 |
| 901-1000     | 10          | 973,9536                 | 1078,5250 | 1033,8217 |
| 1001-1100    | 11          | 995,7558                 | 1078,6227 | 1049,0012 |
| 1101-1200    | 12          | 1015,8242                | 1122,5397 | 1075,4530 |
| 1201-1300    | 13          | 1023,7949                | 1135,7216 | 1093,3871 |
| 1301-1400    | 14          | 1029,0696                | 1168,5812 | 1169,9194 |
| 1401-1500    | 15          | 1068,9768                | 1192,8645 | 1170,1832 |
| 1501-1600    | 16          | 1077,6313                | 1298,5836 | 1176,0391 |
| 1601-1700    | 17          | 1108,8205                | 1250,2613 | 1198,0220 |
| 1701-1800    | 18          | 1131,1600                | 1282,3980 | 1236,1758 |
| 1801-1900    | 19          | 1152,7375                | 1326,4469 | 1265,8510 |
| 1901-2000    | 20          | 1183,8535                | 1348,5421 | 1316,7033 |
| 2001-2100    | 21          | 1191,0818                | 1379,1404 | 1323,5702 |
| 2101-2200    | 22          | 1176,1905                | 1385,5971 | 1363,4969 |
| 2201-2300    | 23          | 1161,5287                | 1395,4139 | 1401,1966 |
| 2301-2400    | 24          | 1153,4408                | 1364,1856 | 1444,0586 |
| 2401-2500    | 25          | 1148,9133                | 1363,0037 | 1479,1941 |
| 2501-2600    | 26          | 1148,0879                | 1345,8120 | 1520,9963 |
| 2601-2700    | 27          | 1136,4054                | 1341,7094 | 1545,8217 |
| 2701-2800    | 28          | 1134,6081                | 1332,9670 | 1577,0012 |
| 2801-2900    | 29          | 1124,8107                | 1327,7705 | 1581,1868 |
| 2901-3000    | 30          | 1117,3187                | 1316,3126 | 1589,0354 |
| 3001-3100    | 31          | 1110,8962                | 1296,5812 | 1594,0562 |
| 3101-3200    | 32          | 1113,6264                | 1294,4518 | 1582,1001 |
| 3201-3300    | 33          | 1104,5128                | 1295,2821 | 1542,0317 |
| 3301-3400    | 34          | 1101,1233                | 1289,8413 | 1550,9646 |
| 3401-3500    | 35          | 1101,2357                | 1291,0965 | 1530,9304 |
| 3501-3600    | 36          | 1102,3687                | 1314,9841 | 1510,3687 |
| 3601-3700    | 37          | 1094,4322                | 1300,3907 | 1524,6691 |
| 3701-3800    | 38          | 1083,9805                | 1301,0989 | 1496,2393 |
| 3801-3900    | 39          | 1081,5775                | 1301,0549 | 1506,7057 |
| 3901-4000    | 40          | 1079,8974                | 1318,4518 | 1478,3248 |
| 4001-4100    | 41          | 1090,9646                | 1311,4383 | 1485,1819 |
| 4101-4200    | 42          | 1099,5018                | 1301,3919 | 1471,0574 |
| 4201-4300    | 43          | 1110,1734                | 1293,7680 | 1536,8987 |
| 4301-4400    | 44          | 1118,4664                | 1289,9389 | 1509,8755 |
| 4401-4500    | 45          | 1136,8156                | 1301,0549 | 1518,4322 |

|           |    |           |           |           |
|-----------|----|-----------|-----------|-----------|
| 4501-4600 | 46 | 1141,2454 | 1283,2381 | 1518,9499 |
| 4601-4700 | 47 | 1148,6447 | 1299,0476 | 1514,2125 |
| 4701-4800 | 48 | 1127,7314 | 1301,9731 | 1507,1990 |
| 4801-4900 | 49 | 1127,5311 | 1320,2589 | 1482,2173 |
| 4901-5000 | 50 | 1115,5800 | 1323,2088 | 1438,2662 |
| 5001-5100 | 51 | 1110,1978 | 1322,8767 | 1463,2234 |
| 5101-5200 | 52 | 1108,0781 | 1310,6667 | 1514,7009 |
| 5201-5300 | 53 | 1106,4957 | 1305,3040 | 1537,5336 |
| 5301-5400 | 54 | 1098,2173 | 1297,7827 | 1572,1856 |
| 5401-5500 | 55 | 1062,0904 | 1296,2637 | 1590,7937 |
| 5501-5600 | 56 | 1084,4005 | 1294,1197 | 1608,3810 |
| 5601-5700 | 57 | 1107,6484 | 1316,2393 | 1583,7607 |
| 5701-5800 | 58 | 1113,9243 | 1302,2906 | 1574,5592 |
| 5801-5900 | 59 | 1119,6093 | 1284,6642 | 1552,3565 |
| 5901-6000 | 60 | 1136,4444 | 1283,8046 | 1538,8864 |
| 6001-6100 | 61 | 1127,7705 | 1275,3309 | 1531,2674 |
| 6101-6200 | 62 | 1129,7729 | 1297,9487 | 1516,3614 |
| 6201-6300 | 63 | 1125,8462 | 1312,7424 | 1505,8364 |
| 6301-6400 | 64 | 1129,4701 | 1318,7595 | 1494,2955 |
| 6401-6500 | 65 | 1106,6911 | 1320,9426 | 1486,4127 |
| 6501-6600 | 66 | 1102,3541 | 1339,0720 | 1479,3993 |
| 6601-6700 | 67 | 1106,9060 | 1330,1050 | 1491,2772 |
| 6701-6800 | 68 | 1106,6374 | 1315,6435 | 1487,1551 |
| 6801-6900 | 69 | 1103,9316 | 1315,6093 | 1524,1563 |
| 6901-7000 | 70 | 1093,2601 | 1308,8400 | 1514,2466 |
| 7001-7100 | 71 | 1095,5556 | 1307,1111 | 1528,5226 |
| 7101-7200 | 72 | 1088,3370 | 1288,1905 | 1540,9035 |
| 7201-7300 | 73 | 1093,2845 | 1295,4872 | 1534,2125 |
| 7301-7400 | 74 | 1093,7973 | 1287,2039 | 1518,6081 |
| 7401-7500 | 75 | 1113,6264 | 1302,5983 | 1517,8852 |
| 7501-7600 | 76 | 1108,0391 | 1291,3993 | 1500,1465 |
| 7601-7700 | 77 | 1112,5763 | 1314,6911 | 1489,7924 |
| 7701-7800 | 78 | 1106,5299 | 1308,2002 | 1486,3150 |
| 7801-7900 | 79 | 1112,8987 | 1320,5861 | 1489,6752 |
| 7901-8000 | 80 | 1108,7912 | 1310,3639 | 1489,5580 |
| 8001-8100 | 81 | 1104,3761 | 1300,5275 | 1490,2955 |
| 8101-8200 | 82 | 1100,8303 | 1298,7790 | 1508,0098 |
| 8201-8300 | 83 | 1101,0501 | 1292,4054 | 1513,1770 |
| 8301-8400 | 84 | 1095,5946 | 1282,9988 | 1531,4383 |
| 8401-8500 | 85 | 1093,7289 | 1284,9328 | 1521,2845 |
| 8501-8600 | 86 | 1093,6801 | 1300,3028 | 1540,2930 |
| 8601-8700 | 87 | 1093,8755 | 1302,9499 | 1504,1709 |
| 8701-8800 | 88 | 1097,8706 | 1337,4701 | 1541,6166 |
| 8801-8900 | 89 | 1087,5116 | 1332,3321 | 1506,0073 |
| 8901-9000 | 90 | 1105,5482 | 1337,2063 | 1501,6996 |

**Çizelge 6.** Kp:5 Ki:5 Kd:1 22 tel/cm atkı sıklığında 900N'luk çözümlü ön gerilmesine göre çözümlü ipliğindeki ortalama gerilim değişim ölçümleri

| Ölçüm Sayısı | Atkı Sayısı | Ölçülen Gerginlik Değeri |           |           |
|--------------|-------------|--------------------------|-----------|-----------|
|              |             | 1100 N                   | 1300 N    | 1500 N    |
| 1-100        | 1           | 910,5348                 | 926,1978  | 915,5751  |
| 101-200      | 2           | 924,2051                 | 911,6142  | 928,0049  |
| 201-300      | 3           | 935,6532                 | 924,6154  | 936,6740  |
| 301-400      | 4           | 968,7912                 | 936,7961  | 946,3590  |
| 401-500      | 5           | 994,0855                 | 953,3822  | 963,7802  |
| 501-600      | 6           | 990,2759                 | 962,5153  | 975,8779  |
| 601-700      | 7           | 1002,3297                | 974,3150  | 996,8596  |
| 701-800      | 8           | 1004,4396                | 990,1001  | 1016,8547 |
| 801-900      | 9           | 1027,9121                | 1005,1624 | 1031,1160 |
| 901-1000     | 10          | 1045,9194                | 1025,0891 | 1042,6325 |
| 1001-1100    | 11          | 1077,7827                | 1089,9096 | 1067,9121 |
| 1101-1200    | 12          | 1079,5360                | 1103,9512 | 1033,8803 |
| 1201-1300    | 13          | 1116,8791                | 1081,1966 | 1114,2613 |
| 1301-1400    | 14          | 1135,1648                | 1116,8449 | 1134,9451 |
| 1401-1500    | 15          | 1159,1453                | 1125,8168 | 1177,0110 |
| 1501-1600    | 16          | 1173,4799                | 1173,1624 | 1224,9915 |
| 1601-1700    | 17          | 1163,5165                | 1175,1404 | 1218,5592 |
| 1701-1800    | 18          | 1148,1465                | 1220,7033 | 1247,9365 |
| 1801-1900    | 19          | 1146,0659                | 1234,6520 | 1292,5763 |
| 1901-2000    | 20          | 1142,5983                | 1287,7607 | 1325,8657 |
| 2001-2100    | 21          | 1135,7900                | 1304,4689 | 1363,6874 |
| 2101-2200    | 22          | 1127,2234                | 1342,8571 | 1412,0293 |
| 2201-2300    | 23          | 1109,3236                | 1365,3626 | 1500,4884 |
| 2301-2400    | 24          | 1119,9951                | 1378,4322 | 1458,7888 |
| 2401-2500    | 25          | 1108,9963                | 1370,2515 | 1488,0342 |
| 2501-2600    | 26          | 1110,9548                | 1350,3834 | 1533,9194 |
| 2601-2700    | 27          | 1091,0427                | 1340,2882 | 1559,2821 |
| 2701-2800    | 28          | 1096,1416                | 1335,1160 | 1562,7106 |
| 2801-2900    | 29          | 1102,5934                | 1330,5739 | 1525,4847 |
| 2901-3000    | 30          | 1106,7937                | 1314,4078 | 1514,5739 |
| 3001-3100    | 31          | 1107,3016                | 1307,8339 | 1568,1465 |
| 3101-3200    | 32          | 1105,3284                | 1289,3138 | 1568,1319 |
| 3201-3300    | 33          | 1106,8571                | 1296,7277 | 1524,4591 |
| 3301-3400    | 34          | 1099,3651                | 1284,5372 | 1533,4164 |
| 3401-3500    | 35          | 1100,1368                | 1310,9597 | 1539,3651 |
| 3501-3600    | 36          | 1099,3016                | 1309,2601 | 1531,1209 |
| 3601-3700    | 37          | 1097,4603                | 1323,0281 | 1508,3223 |
| 3701-3800    | 38          | 1083,0916                | 1321,0012 | 1495,6435 |
| 3801-3900    | 39          | 1098,3248                | 1314,9255 | 1504,2149 |
| 3901-4000    | 40          | 1101,7436                | 1304,9475 | 1494,9988 |
| 4001-4100    | 41          | 1119,1453                | 1287,7021 | 1511,1844 |
| 4101-4200    | 42          | 1126,6764                | 1294,7448 | 1501,7485 |
| 4201-4300    | 43          | 1129,0110                | 1299,5116 | 1508,9915 |
| 4301-4400    | 44          | 1122,6276                | 1307,5800 | 1489,5189 |



|           |    |           |           |           |
|-----------|----|-----------|-----------|-----------|
| 4401-4500 | 45 | 1116,2393 | 1316,8400 | 1491,6532 |
| 4501-4600 | 46 | 1107,4921 | 1320,5031 | 1493,6020 |
| 4601-4700 | 47 | 1100,4298 | 1319,6435 | 1523,2918 |
| 4701-4800 | 48 | 1103,8095 | 1298,0464 | 1536,5079 |
| 4801-4900 | 49 | 1094,3932 | 1294,1148 | 1543,8242 |
| 4901-5000 | 50 | 1096,8059 | 1287,4481 | 1530,5153 |
| 5001-5100 | 51 | 1100,0586 | 1299,2967 | 1527,7411 |
| 5101-5200 | 52 | 1096,9231 | 1347,5018 | 1518,1392 |
| 5201-5300 | 53 | 1100,3370 | 1310,4762 | 1512,8449 |
| 5301-5400 | 54 | 1107,6288 | 1306,7497 | 1491,9414 |
| 5401-5500 | 55 | 1115,8046 | 1285,1038 | 1511,3895 |
| 5501-5600 | 56 | 1115,1013 | 1297,6264 | 1555,9121 |
| 5601-5700 | 57 | 1098,5836 | 1295,9365 | 1499,0232 |
| 5701-5800 | 58 | 1091,3162 | 1312,9621 | 1496,6545 |
| 5801-5900 | 59 | 1091,4774 | 1310,2955 | 1495,2381 |
| 5901-6000 | 60 | 1100,6252 | 1309,4750 | 1491,0574 |
| 6001-6100 | 61 | 1105,9487 | 1309,7680 | 1514,7790 |
| 6101-6200 | 62 | 1119,7118 | 1281,7338 | 1536,9524 |
| 6201-6300 | 63 | 1117,9145 | 1298,7302 | 1519,4823 |
| 6301-6400 | 64 | 1131,1111 | 1299,5165 | 1511,5507 |
| 6401-6500 | 65 | 1102,2173 | 1316,7814 | 1510,1685 |
| 6501-6600 | 66 | 1101,9487 | 1316,5861 | 1512,4542 |
| 6601-6700 | 67 | 1097,8022 | 1326,2076 | 1547,5702 |
| 6701-6800 | 68 | 1099,6679 | 1317,3626 | 1486,4615 |
| 6801-6900 | 69 | 1101,7094 | 1303,7607 | 1499,6777 |
| 6901-7000 | 70 | 1090,6618 | 1300,6838 | 1502,3932 |
| 7001-7100 | 71 | 1086,4078 | 1317,1624 | 1551,2918 |
| 7101-7200 | 72 | 1086,8620 | 1303,6923 | 1529,6703 |
| 7201-7300 | 73 | 1106,0073 | 1271,3748 | 1529,5092 |
| 7301-7400 | 74 | 1122,5397 | 1279,4383 | 1523,0623 |
| 7401-7500 | 75 | 1144,9328 | 1291,5702 | 1499,8535 |
| 7501-7600 | 76 | 1159,8779 | 1330,2222 | 1497,5092 |
| 7601-7700 | 77 | 1145,4212 | 1463,6386 | 1502,1978 |
| 7701-7800 | 78 | 1138,1685 | 1360,4298 | 1511,7607 |
| 7801-7900 | 79 | 1129,3919 | 1350,9304 | 1503,3504 |
| 7901-8000 | 80 | 1126,8132 | 1350,7546 | 1514,8376 |
| 8001-8100 | 81 | 1114,8278 | 1330,6960 | 1497,0940 |
| 8101-8200 | 82 | 1110,1294 | 1320,3370 | 1509,2259 |
| 8201-8300 | 83 | 1101,7289 | 1306,8376 | 1492,7668 |
| 8301-8400 | 84 | 1093,7192 | 1299,6288 | 1488,2735 |
| 8401-8500 | 85 | 1093,2698 | 1298,9744 | 1489,2357 |
| 8501-8600 | 86 | 1092,6642 | 1299,8877 | 1504,1807 |
| 8601-8700 | 87 | 1111,7265 | 1297,6703 | 1528,7326 |
| 8701-8800 | 88 | 1096,3175 | 1287,9463 | 1556,2344 |
| 8801-8900 | 89 | 1122,7106 | 1299,0085 | 1565,5678 |
| 8901-9000 | 90 | 1113,9780 | 1301,8852 | 1549,0696 |

## EK-3

**Bulanık Mantık Tipi Denetimle Yapılan Gerginlik Kontrolüne Ait Deneysel Veriler**

| Ölçüm Sayısı | Atkı Sayısı | Ölçülen Gerginlik Değeri |           |           |
|--------------|-------------|--------------------------|-----------|-----------|
|              |             | 1100 N                   | 1300 N    | 1500 N    |
| 1-100        | 1           | 902,4127                 | 913,1136  | 906,1245  |
| 101-200      | 2           | 907,7607                 | 923,4432  | 922,9548  |
| 201-300      | 3           | 938,1392                 | 936,4005  | 936,0195  |
| 301-400      | 4           | 978,8083                 | 948,1856  | 974,1490  |
| 401-500      | 5           | 961,8364                 | 963,0818  | 979,6093  |
| 501-600      | 6           | 961,7924                 | 979,5897  | 1036,8742 |
| 601-700      | 7           | 980,0000                 | 985,7143  | 1099,5800 |
| 701-800      | 8           | 999,8095                 | 1015,8437 | 1152,2295 |
| 801-900      | 9           | 1019,0476                | 1026,3297 | 1193,0549 |
| 901-1000     | 10          | 1029,9634                | 1076,5031 | 1370,8181 |
| 1001-1100    | 11          | 1057,6850                | 1141,6410 | 1359,6142 |
| 1101-1200    | 12          | 1062,2271                | 1087,9951 | 1505,6703 |
| 1201-1300    | 13          | 1071,6044                | 1124,5910 | 1447,9853 |
| 1301-1400    | 14          | 1074,4957                | 1141,5531 | 1495,3797 |
| 1401-1500    | 15          | 1076,5372                | 1167,9560 | 1515,6777 |
| 1501-1600    | 16          | 1086,8620                | 1203,2821 | 1504,6496 |
| 1601-1700    | 17          | 1091,7314                | 1238,3346 | 1505,1282 |
| 1701-1800    | 18          | 1102,0806                | 1264,1270 | 1505,1282 |
| 1801-1900    | 19          | 1097,1917                | 1273,8706 | 1516,2637 |
| 1901-2000    | 20          | 1098,5739                | 1292,2686 | 1524,6642 |
| 2001-2100    | 21          | 1105,6947                | 1278,3053 | 1501,0354 |
| 2101-2200    | 22          | 1098,1001                | 1309,7485 | 1488,6203 |
| 2201-2300    | 23          | 1096,7424                | 1315,6679 | 1494,7839 |
| 2301-2400    | 24          | 1088,8596                | 1303,9805 | 1512,8742 |
| 2401-2500    | 25          | 1100,2100                | 1307,6190 | 1505,1819 |
| 2501-2600    | 26          | 1098,4469                | 1318,6129 | 1505,5678 |
| 2601-2700    | 27          | 1094,0171                | 1315,3162 | 1505,4652 |
| 2701-2800    | 28          | 1113,0940                | 1325,1819 | 1501,5433 |
| 2801-2900    | 29          | 1106,0952                | 1321,7436 | 1509,9096 |
| 2901-3000    | 30          | 1107,0183                | 1315,7607 | 1509,8950 |
| 3001-3100    | 31          | 1104,2100                | 1325,1136 | 1511,1746 |
| 3101-3200    | 32          | 1099,4628                | 1311,1697 | 1514,9206 |
| 3201-3300    | 33          | 1103,2723                | 1317,4847 | 1506,3004 |
| 3301-3400    | 34          | 1103,1160                | 1316,5079 | 1519,7607 |
| 3401-3500    | 35          | 1111,8877                | 1316,3126 | 1506,0269 |
| 3501-3600    | 36          | 1106,4615                | 1318,4371 | 1507,9365 |
| 3601-3700    | 37          | 1107,7656                | 1320,6838 | 1512,4298 |
| 3701-3800    | 38          | 1113,3529                | 1328,1123 | 1516,8010 |
| 3801-3900    | 39          | 1114,3150                | 1311,0085 | 1511,9219 |
| 3901-4000    | 40          | 1114,4274                | 1314,2808 | 1513,7534 |
| 4001-4100    | 41          | 1105,5775                | 1320,5226 | 1509,0012 |

|           |    |           |           |           |
|-----------|----|-----------|-----------|-----------|
| 4101-4200 | 42 | 1117,6313 | 1314,6520 | 1505,2454 |
| 4201-4300 | 43 | 1099,7070 | 1322,0952 | 1499,2772 |
| 4301-4400 | 44 | 1109,3480 | 1321,2161 | 1513,4701 |
| 4401-4500 | 45 | 1112,6300 | 1318,1685 | 1510,4029 |
| 4501-4600 | 46 | 1109,5873 | 1315,7656 | 1499,3700 |
| 4601-4700 | 47 | 1113,5043 | 1317,1136 | 1506,8278 |
| 4701-4800 | 48 | 1104,9866 | 1323,3260 | 1508,8987 |
| 4801-4900 | 49 | 1111,2332 | 1310,0122 | 1506,1294 |
| 4901-5000 | 50 | 1114,1099 | 1317,2308 | 1518,2906 |
| 5001-5100 | 51 | 1108,7228 | 1307,5214 | 1506,8669 |
| 5101-5200 | 52 | 1123,7167 | 1314,7888 | 1507,6874 |
| 5201-5300 | 53 | 1124,6154 | 1322,5836 | 1519,8486 |
| 5301-5400 | 54 | 1112,7961 | 1332,4298 | 1514,6569 |
| 5401-5500 | 55 | 1119,0281 | 1320,2930 | 1502,9695 |
| 5501-5600 | 56 | 1108,3810 | 1308,0195 | 1506,5836 |
| 5601-5700 | 57 | 1107,5946 | 1306,3394 | 1512,3614 |
| 5701-5800 | 58 | 1105,1526 | 1303,5556 | 1519,5995 |
| 5801-5900 | 59 | 1108,6252 | 1320,7228 | 1508,6398 |
| 5901-6000 | 60 | 1106,4078 | 1318,3150 | 1510,9206 |
| 6001-6100 | 61 | 1099,2430 | 1319,5165 | 1508,3126 |
| 6101-6200 | 62 | 1114,1148 | 1315,1160 | 1520,7570 |
| 6201-6300 | 63 | 1124,3126 | 1314,7595 | 1519,9756 |
| 6301-6400 | 64 | 1109,5726 | 1305,1575 | 1515,8437 |
| 6401-6500 | 65 | 1052,4786 | 1310,1783 | 1521,1380 |
| 6501-6600 | 66 | 1115,7753 | 1308,1319 | 1508,6056 |
| 6601-6700 | 67 | 1123,5263 | 1300,8889 | 1518,2125 |
| 6701-6800 | 68 | 1114,7009 | 1308,6349 | 1515,9707 |
| 6801-6900 | 69 | 1116,9719 | 1308,1514 | 1517,0940 |
| 6901-7000 | 70 | 1120,7131 | 1307,5604 | 1507,8632 |
| 7001-7100 | 71 | 1120,9719 | 1313,3724 | 1511,6728 |
| 7101-7200 | 72 | 1117,6020 | 1311,7460 | 1528,6252 |
| 7201-7300 | 73 | 1125,7387 | 1316,0537 | 1516,1856 |
| 7301-7400 | 74 | 1108,5079 | 1312,4200 | 1515,9951 |
| 7401-7500 | 75 | 1128,5226 | 1316,7717 | 1513,8217 |
| 7501-7600 | 76 | 1118,2369 | 1316,1221 | 1503,8242 |
| 7601-7700 | 77 | 1118,0757 | 1306,1001 | 1518,2369 |
| 7701-7800 | 78 | 1123,6093 | 1314,2906 | 1526,2515 |
| 7801-7900 | 79 | 1114,7937 | 1319,3895 | 1510,0317 |
| 7901-8000 | 80 | 1124,0000 | 1309,9243 | 1503,9805 |
| 8001-8100 | 81 | 1114,1685 | 1306,3541 | 1510,3248 |
| 8101-8200 | 82 | 1117,3578 | 1304,7619 | 1562,5836 |
| 8201-8300 | 83 | 1113,8413 | 1308,5763 | 1509,0208 |
| 8301-8400 | 84 | 1106,5592 | 1310,9483 | 1510,7546 |

## ÖZGEÇMİŞ

7 Mayıs 1977’de Bursa’da doğdu. İlköğrenimini Bursa Atatürk İlkokulu, orta ve lise öğrenimini ise Bursa Erkek Lisesinde tamamladı. Lisans eğitimini 1999 yılında Uludağ Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliğinde, yüksek lisans eğitimini ise 2003 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalında tamamlamıştır. Kısa bir süre tekstil boyahanesinde vardiya amirliği yaptıktan sonra 2000 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tokat Meslek Yüksek Okulunda öğretim görevlisi olarak görev almıştır ve halen görevine devam etmektedir.

**TEŞEKKÜR**

Bu tez çalışmasında bana yol gösteren ve devamlı desteğini gördüğüm sayın danışman hocam Prof.Dr.Recep EREN'e, çalıőmamda desteklerini esirgemeyen Arő.Gör.Barıő HASÇELİK, Arő.Gör. Serkan TEZEL ve Arő.Gör.Fatih SÜVARİ'ye , manevi kardeőim Öğr.Gör. İsmail İŐERİ'ye ve sürekli motivasyonumu sağlayan sevgili eőim Bengü Görkem DAĞKURS'a teőekkürlerimi bir borç bilirim.