

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇAMAŞIR MAKİNELERİNDE BULANIK MANTIK
KONTROL SİSTEMLERİNİN MEMS SENSÖRLERİ İLE
BENZETİM UYGULAMASI**

Elektrik Müh. Pelin EKİZ

FEB Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Kontrol ve Otomasyon Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Galip Cansever

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|-------|
| SİMGE LİSTESİ | v |
| KISALTMA LİSTESİ..... | vi |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | vii |
| ÇİZELGE LİSTESİ | x |
| ÖNSÖZ | xi |
| ÖZET | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. ÇAMAŞIR MAKİNESİ SENSÖR UYGULAMALARI LİTERATÜR ARAŞTIRMASI | 4 |
| 2.1 Basınç Ölçümü ve Basınç Sensörü | 4 |
| 2.1.1 Basınç Ölçüm Tipleri | 4 |
| 2.1.2 Basınç Sensörleri | 5 |
| 2.1.2.1 Sensör Karakteristiğine Ait Tanımlar | 5 |
| 2.1.2.2 Piezoresistif Basınç Sensörleri | 7 |
| 2.1.2.3 Kapasitif Basınç Sensörleri | 9 |
| 2.1.3 Basınç Sensörü Sinyal Değerlendirme | 10 |
| 2.1.4 Basınç Sensörü ile İlgili Patentler | 11 |
| 2.1.4.1 Yüke Bağlı Su Alan Çamaşır Makinesi | 11 |
| 2.1.4.2 Çamaşır Makinesi için Otomatik Su Seviye Kontrol Sistemi | 13 |
| 2.1.4.3 Çamaşır Makinesi Kontrolü için Kontrol Metodu | 15 |
| 2.1.4.4 Program Kontrollü Çamaşır Makinesi | 16 |
| 2.2 Kuvvet Ölçümü ve Yük Sensörü | 18 |
| 2.2.1 Kuvvet Ölçümü | 18 |
| 2.2.2 Hooke Kuralı | 18 |
| 2.2.2.1 Kuvvet Ölçümünün Temel Yöntemleri | 20 |
| 2.2.3 Yük Sensörleri | 20 |
| 2.2.3.1 StrainGage Load Cell | 21 |
| 2.2.3.1.1 Strain Gage | 21 |
| 2.2.3.1.2 Piezoelektrik Yöntemler | 22 |
| 2.2.3.1.3 Kapasitif Kuvvet Transdüseri | 23 |
| 2.2.3.1.4 Kuvvet Algılama Dirençleri(İletken Polimerler) | 24 |
| 2.2.4 Yük ve Cins Ölçümü ile İlgili Patentler | 24 |
| 2.2.4.1 Çamaşır Makinesinde Yıkama Parametrelerinin Ölçülmesi | 24 |
| 2.2.4.2 Programlanmış Çamaşır Makinesi | 25 |
| 2.2.4.3 Su Emme Seviyesinin Belirlenmesi | 26 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.2.4.4 | Makinedeki Çamaşırın Miktarını ve Cinsini Belirleme Yöntemi | 26 |
| 2.2.4.5 | Çamaşırın Miktarına Bağlı Olarak Yük Seviyesini Belirleme Yöntemi | 27 |
| 2.3 | Elektriksel İletkenlik(Direnç) Ölçümü ve İletkenlik Sensörü..... | 27 |
| 2.3.1 | Temel Fikirler..... | 27 |
| 2.3.2 | Temel Model ve Teori | 28 |
| 2.3.3 | Özdirenç Ölçümü için Deneysel Yöntemler | 30 |
| 2.3.3.1 | İki Nokta Yöntemi | 30 |
| 2.3.3.2 | Dört Nokta Yöntemi | 31 |
| 2.3.3.3 | Van der Pauw Yöntemi..... | 31 |
| 2.3.4 | Su Sertliği Ölçümü ile İlgili Patentler..... | 33 |
| 2.3.4.1 | Su İletkenliğinin Belirlenmesi Metodu..... | 33 |
| 2.3.4.2 | Çözücü Olarak Kullanılan Suyun Bulanıklılığını Ölçme | 34 |
| 2.3.4.3 | İletkenlik Sensörü | 35 |
| 2.4 | Bulanıklık Ölçümü ve Bulanıklık Sensörü | 36 |
| 2.4.1 | Söndürme ve Bulanıklık: Emici Olmayan Bir Ortamdaki Partiküller..... | 37 |
| 2.4.2 | Saf Akışkanlardaki Yoğunluk Dalgalanmasına Bağlı Bulanıklılık..... | 39 |
| 2.4.3 | Laboratuar Aygıtlarının Tasarımı..... | 40 |
| 2.4.3.1 | Tek Işınlı Aygıtlar: Optik..... | 40 |
| 2.4.3.2 | Tek Işınlı Sistemler: Elektronik | 41 |
| 2.4.3.3 | Çift Işınlı Aygıtlar: Optik..... | 42 |
| 2.4.3.4 | Çift Işınlı Aygıtlar: Elektronik | 44 |
| 2.4.4 | Sınırlamalar | 44 |
| 2.4.5 | Bulanıklık Sensörü ile İlgili Patentler..... | 44 |
| 2.4.5.1 | Gaz veya Sıvı Bir Ortamın Niteliklerini Belirlemek için Sensör Tasarımı | 44 |
| 2.4.5.2 | Elektromekanik Kir Sensörü | 45 |
| 2.4.5.3 | Kir Sensörü ile Çamaşır Makinesi Program Adımlarının Kontrolü | 46 |
| 2.4.5.4 | Yıkama Adımları Sırasında Kirliliğin Ölçmek için Aygıt Tasarımı | 47 |
| 2.4.5.5 | Program Kontrollü Çamaşır Makinesi..... | 48 |
| 2.5 | Çamaşır Makinesi Sensör Uygulamaları Literatür Araştırma Sonuçları | 49 |
| 3. | BULANIK MANTIK İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇM MODELİ..... | 52 |
| 3.1 | Bulanık Mantık ile Tasarlanan Sistemin Tanımı..... | 54 |
| 3.2 | Algoritma Parametrelerinin Belirlenmesi | 54 |
| 3.2.1 | Yük Miktarının Belirlenmesi | 55 |
| 3.2.2 | Ana Yıkama Su Miktarının Belirlenmesi | 57 |
| 3.2.3 | Çamaşırın Cinsinin Belirlenmesi..... | 60 |
| 3.2.4 | Yıkama Suyu Sıcaklığı ve Motor Devrinin Belirlenmesi | 61 |
| 3.2.5 | Deterjan Miktarının Belirlenmesi (Deterjan Dozajlama) | 62 |
| 3.3 | Durulama Parametrelerinin Belirlenmesi | 65 |
| 3.3.1 | Durulama Su Miktarının Belirlenmesi..... | 65 |
| 3.3.2 | Durulama Tekrarına Karar Verilmesi..... | 67 |
| 4. | MODELİN BİLGİSAYAR ORTAMINDA BENZETİMİ | 68 |
| 5. | SONUÇLAR | 69 |
| | KAYNAKLAR..... | 72 |

| | |
|--|----|
| EKLER..... | 73 |
| Ek-1 Sistemin Matlab Simulink Modeli | 74 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 75 |

SİMGE LİSTESİ

| | |
|-----------------|--|
| a | Kristalin alanı |
| A | Plakaların yüzey alanı |
| A, C | Aygıt sabiti |
| C | Plakalar arasındaki kapasitans |
| C_{abs} | Emilim kesiti |
| C_{ext} | Söndürme kesiti |
| C_{scatt} | Dağılım kesiti |
| d | Yükün hassasiyeti (her kristal için sabit bir değer) |
| d_l | Ölçülen materyalin kalınlığı (m) |
| E | Elektrik Alan (V/m) |
| f | Işın dalgalandırıcısı |
| F | Kristal üzerinde Δt metre değişime sebep olan kuvvet miktarı |
| h | Plakalar arasındaki kalınlık |
| I_0 | Örnekte var olan ışığın yoğunluğu |
| I_T | Örneğin içinden geçen ışının yoğunluğu |
| J | Akım Yoğunluğu ($A m^{-2}$) |
| k | Boltzmann sabiti |
| k_l | Birim basınca düşen hassasiyet |
| k_0 | Ofset |
| K | Karşılıklı yönde sıkıştırılabilirlik |
| l | Örnekteki ışık yolunun uzunluğu |
| l_R | Referans ışın örneğinin kalınlığı |
| l^l | Voltmetre ölçümü için kullanılan kablolar arasındaki mesafe (m) |
| Δp | Belirli bir noktadaki basınç değişimi |
| P_0 | Düşen ışının gücü |
| P_R | Algılayıcıdaki referans ışının kuvveti |
| P_T | İletilen ışının gücü |
| t | Kristalin kalınlığı |
| T | Mutlak sıcaklık |
| Y | Young katsayısı |
| α | Birim uzunluk başına soğurma katsayısı |
| α_R | Referans ışındaki örneğin emilimi |
| β_T | İzotermal sıkıştırılabilirlik |
| ε | Dielektrik sabiti |
| ε_0 | Boş havanın dielektrik sabiti. |
| ε_r | Yalıkanın dielektrik sabiti. |
| λ | Düşen ışığın dalga boyu |
| ρ | Yoğunluk |
| τ | Birim uzunluk başına bulanıklık |
| τ_R | Referans ışındaki örneğin bulanıklığı |

KISALTMA LİSTESİ

| | |
|-----|--|
| AC | Altenating Current (Alternatif Akım) |
| DC | Direct Current (Doğru Akım) |
| FIS | Fuzzy Interface System |
| IEC | International Electrotechnical Comission |
| NTC | Negative Temperature Coefficient |
| TS | Temperature Sensor |

ŞEKİL LİSTESİ

| | Sayfa |
|---|-------|
| Şekil 2.1 Farklı basınç ölçüm tipleri. | 4 |
| Şekil 2.2 Gauge, vacuum ve absolute basınç değerleri arasındaki ilişki. | 5 |
| Şekil 2.3. Sıcaklık parametresinin basınç sensörü ofsetine etkisi. | 6 |
| Şekil 2.4. Sıcaklık parametresinin basınç sensörü hassasiyetine etkisi. | 6 |
| Şekil 2.5. En küçük kareler metodu ile elde edilen doğru ve gerçek eğrinin karşılaştırılması. . | 6 |
| Şekil 2.6. Tekrarlanabilirliğe ait grafik. | 7 |
| Şekil 2.7. Bir sensöre ait histerisiz eğrisi. | 7 |
| Şekil 2.8. Piezoresistif basınç sensörünün yapısı. | 8 |
| Şekil 2.9. Sensörün kare diyagram tipinde resistör yerleşimi. | 8 |
| Şekil 2.10. Genel olarak kullanılan piezoresistif sensör için kompanzasyon devresi. | 9 |
| Şekil 2.11. Kapasitif basınç sensör yapısı. | 10 |
| Şekil 2.12 Yarı iletken basınç sensörü ile basınç belirleme devresi. | 12 |
| Şekil 2.13 Kontrol sisteminin blok diyagramı. | 12 |
| Şekil 2.14 Sensör çıkış değişiminin sıvı (su) seviye değişimine oranı. | 12 |
| Şekil 2.15 Farklı sıcaklıklarda su alma işlemini açıklamak için akış diyagramı. | 13 |
| Şekil 2.16 Sıvı seviye kontrol sistemi. | 14 |
| Şekil 2.17 Basınç transdüserinin dalga boyu ölçümü. | 14 |
| Şekil 2.18 Farklı değerlerdeki yük ağırlıkları için su hacmi ve basınç tepe değerlerinin farkları arasındaki ilişki. | 15 |
| Şekil 2.19 Temel bir çamaşır makinesi yapısı. | 15 |
| Şekil 2.20 Basınç sensörünün çıkış sinyalleri. | 16 |
| Şekil 2.21 Metodun açıklanması için basınç sensör sinyali. | 17 |
| Şekil 2.22 Az çamaşır yükü için basınç sensör sinyali. | 17 |
| Şekil 2.23 Fazla çamaşır yükü için basınç sensör sinyali. | 17 |
| Şekil 2.24 Tek yönde gerilim (a), sıkıştırma(b) ve bükme(c) işlemlerinin gösterimi. | 18 |
| Şekil 2.25 Uzama ve kısılma katsayıları: (a)gerilim, (b)sıkıştırma ve (c)bükme için | 19 |
| Şekil 2.26 Farklı load cell yapıları. | 21 |
| Şekil 2.27 Wheatstone köprü dirençlerinin gösterimi | 22 |
| Şekil 2.28 Kuvvet algılama resistor diyagramı | 23 |
| Şekil 2.29 Yük, cins ölçüm şeması. | 25 |
| Şekil 2.30 Gerilim uygulandığında herhangi bir materyalin üzerinden geçen elektrik akımının basit modeli. | 28 |

| | |
|--|----|
| Şekil 2.31 Özdirenç ölçümü için iki nokta metodu. | 29 |
| Şekil 2.32 İletkenlik ölçümü için dört nokta yönteminin deneysel görünümü | 31 |
| Şekil 2.33 Van der Pauw yöntemi için bir ölçüm geometri şeması..... | 33 |
| Şekil 2.34 Su sertliğini ölçen optik sensör yapısı..... | 34 |
| Şekil 2.35 İletkenlik sensörünün yerleşimi. | 35 |
| Şekil 2.36 İletkenlik sensörünün elektronik devresi..... | 36 |
| Şekil 2.37 Bulanıklılığın fiziksel temelini içeren deneysel gösterim | 38 |
| Şekil 2.38 Tek ışınli bulanıklık ölçüm aygıtı için optik blok diyagram | 40 |
| Şekil 2.39 İki algılayıcı ve çift ışınli bulanıklık aygıtının optik blok diyagramı | 42 |
| Şekil 2.40 Sıcaklık sensörü bütünleşmiş optik sensör. | 45 |
| Şekil 2.41 Basitleştirilmiş sistem devre şeması..... | 46 |
| Şekil 2.42 Kir sensörünün yerleşim şeması. | 47 |
| Şekil 2.43 Kir sensör ünitesi..... | 48 |
| Şekil 2.44 Program kontrollü yıkama makinesinde kullanılan kir sensörü. | 49 |
| Şekil 3.1 Açık Çevrim Kontrol Sistemi | 52 |
| Şekil 3.2 Yük miktarına ait bulanık mantık blok diyagramı | 55 |
| Şekil 3.3 Yük miktarı blok diyagramına ait üyelik fonksiyonları | 55 |
| Şekil 3.4 Yük miktarına ait kural şeması | 56 |
| Şekil 3.5 Çamaşır makinesi üzerinde basınç sensörü yerleşimi ve basınç ölçümü | 57 |
| Şekil 3.6 Cinsle bağıli su alma algoritması | 59 |
| Şekil 3.7 Cins algılama için kullanılan bulanık mantık blok diyagramı..... | 60 |
| Şekil 3.8 Vana açma adedine ait bulanık mantık üyelik fonksiyonları..... | 61 |
| Şekil 3.9 Su miktarına ait bulanık mantık üyelik fonksiyonları | 61 |
| Şekil 3.10 Sıcaklık için kullanılan bulanık mantık blok diyagramı..... | 62 |
| Şekil 3.11 Sıcaklık ve devir için kullanılan giriş üyelik fonksiyonları..... | 62 |
| Şekil 3.12 Deterjan Miktarının belirlenmesine ilişkin..... | 63 |
| Şekil 3.13 Deterjan miktarını belirlemek için kullanılan bulanık sensör çıkışına ait üyelik fonksiyonları..... | 63 |
| Şekil 3.14 Deterjan Dozajlamaya ait kural şeması | 64 |
| Şekil 3.15 Durulama su miktarını bulmak için kullanılan blok diyagram | 65 |
| Şekil 3.16 Deterjan konsantrasyonuna ait üyelik fonksiyonları | 66 |
| Şekil 3.17 Yük miktarına ait üyelik fonksiyonları | 66 |
| Şekil 3.18 İletkenlik ölçümüne bağıli durulama tekrarı belirleme algoritmasının blok diyagramı..... | 67 |

Şekil 4.1 Bilgisayar ortamında benzetim programının önyüz görünümü 68

ÇİZELGE LİSTESİ

| | Sayfa |
|---|-------|
| Çizelge 1.1 Çamaşır makinesi sensör uygulamaları. | 2 |
| Çizelge 3.1 Yıkama süresince makine içinde kontrol edilebilecek parametreler..... | 53 |
| Çizelge 3.2 Farklı yük ve cinse bağlı yıkama için su miktarları | 58 |
| Çizelge 3.3 IEC Standartlarına göre yük miktarına bağlı çamaşır makinesinde kullanılan deterjan miktarı. | 65 |
| Çizelge 5.1. %30 bulanıklık değerine bağlı olarak deterjan miktarı karşılaştırması..... | 70 |
| Çizelge 5.2. %50 bulanıklık değerine bağlı olarak deterjan miktarı karşılaştırması..... | 70 |
| Çizelge 5.3 Farklı bulanıklık değerleri için deterjan miktarı oranları. | 70 |

ÖNSÖZ

Başta tez danışmanım Prof. Dr. Galip Cansever olmak üzere Araş. Gör. Engin Yeşil'e yardımlarında dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın uygulama kısmında bilgisini ve desteğini esirgemeyen Sn. İlkin Tacan' a teşekkür ederim.

“Endüstride Uygulama Destekli Tez Programı” kapsamında bu tez çalışmasının gerçekleşmesini sağlayan ARÇELİK A.Ş. AR-GE Merkezi'ne ve çalışmalar sırasında destek veren tüm AR-GE çalışanlarına teşekkür ederim.

Son olarak, hayatım boyunca maddi manevi desteğini esirgemeyen, varlıklarını her zaman yanımda hissettiğim aileme teşekkür ederim.

Temmuz 2007

Pelin EKİZ

ÖZET

Günümüzde çamaşır makinelerinde, mühendisler tarafından önceden belirlenmiş yıkama programları kullanılmaktadır. Kullanıcı bu programların içinden, çamaşırın cinsine, miktarına ve kirlilik derecesine göre uygun olan programı seçer. Bu seçime bağlı olarak, yıkama için gerekli olan parametrelerde otomatik olarak belirlenmiş olur. Bunlar, alınacak su miktarı, su sıcaklığı, tambur dönme hızı ve kullanılacak deterjan miktarı gibi parametrelerdir. Fakat bu seçim her zaman doğru olmayabilir. Bunun sonucunda, gereksiz su ve enerji tüketimi, çamaşırın zarar görmesi ve çamaşırın uygun temizlenmemesi gibi durumlarla karşılaşılabilir. Kullanıcıyı program seçiminden bağımsız hale getirmek, problemin çözümünün temelidir. Bununla birlikte, çamaşırın farklı parametrelerini algılamak için çeşitli sensörler kullanılır. Bu sensörlerin çıkış değerlerine bağlı olarak makine kontrol edilir.

Bu çalışmada, çamaşır makinesinde kullanılacak sensörler ve bunların ölçüm yöntemleri araştırılmıştır. Sensör çıkışlarının kontrol edilebileceği en uygun yöntem olarak bulanık mantık kontrolü seçilmiştir. Bulanık mantık temel alınarak bir algoritma modeli çıkarılmıştır. Algoritma içinde çamaşır makinesi kontrolü için beş ayrı sensör kullanılmıştır. Bunlar sıcaklık, basınç, bulanıklık, iletkenlik ve yük sensörleridir. Bu sensör değerlerine bağlı olarak makinenin yıkama suyu sıcaklığı, yıkama devri, su miktarı, çamaşırın cinsi, deterjan miktarı ve durulama tekrarı gibi kararlar verilir. Gerçekleştirilen bu kontrol aynı zamanda, bilgisayar ortamında gerçek zamana uygun olarak benzetim uygulaması gerçekleştirilmiştir. Benzetim için bilgisayar ortamında nesne yönelimli bir program dili kullanılarak bir benzetim programı yazılmıştır. Program iki bölümden oluşmaktadır. İlki, çamaşır makinesinin ön yüzünde kullanıcının görebileceği parametre değişimlerinin gösterildiği ara yüzdür. Diğeri ise bulanık mantık algoritmasının çalıştığı, programın ilerleyişi hakkında bilgi veren programdır. Böylelikle farklı giriş yıkama parametreleri ile yıkamanın nasıl gerçekleşeceği gösterilmiş olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çamaşır makinesi kontrolü, sensör, basınç sensörü, bulanıklık sensörü, iletkenlik sensörü, yük sensörü, sıcaklık sensörü, bulanık mantık kontrol.

ABSTRACT

Nowadays, the washing programs, which are previously determined by the engineers, are used in washing machines. The user chooses the one according to the type, quantity and the dirtiness level of clothes through these. Depending on the program selection, the parameters, which are required for the washing and rinsing, automatically are determined. These are the parameter; as water amount, water temperature, drum cycling velocity. But this choice always doesn't accurate. In conclusion of this, It can be encountered with undesirable situations that unnecessary water and energy consumption, clothes aren't cleaned effectively, damaged clothes. The base of solution of this problem is to make the user be independent from the program selection. However, it is used sensor for sensing different parameters of the clothes. The washing machine is controlled depending on the output of these sensors.

In this study, the sensors usable in washing machine and the sensor measurement techniques have been researched. Fuzzy logic control has been chosen as the most suitable method for that the output of the sensors may be controlled. The washing algorithm has been developed using fuzzy logic. In algorithm, five different sensors have been used to control washing machine. These are temperature, pressure, turbidity, load and electrical conductivity sensor. According to these sensor values, the washing water temperature, drum cycle, amount of water, clothes type, and amount of detergent and repetition of rinsing are decided. Also, Realized this control has been simulated like real time. Using an object oriented programming language has created the simulation program. The program consists of two sections. The one of them is interface that the variety of parameter, which the user can see, is showed. The other one is the program that the fuzzy logic algorithm works, and gives information about the way of program. Thus, how to realize the washing is showed considering different input washing parameters.

Key Words: Washing machine, washing machine control, sensor, pressure sensor, conductivity sensor, load sensor, temperature sensor, fuzzy logic control

1. GİRİŞ

Günümüzde çamaşır makinesi kullanıcıları, yıkama işlemini gerçekleştirmek için çamaşırın miktarına, cinsine ve kirlilik derecesine göre önceden belirlenmiş uygun programları tercih ederler. Bu programlar farklı türde, miktarda ve kirlilik derecesine sahip çamaşır ile yapılan deneysel sonuçlar ile belirlenmektedir. Bu deneyler belirli standart senaryolar üzerinden gerçekleştirilmektedir. Tabii ki bu senaryolar veya kullanıcının seçimi, makinedeki çamaşırın uygun yıkanması için her zaman doğru olmayabilir. Bu doğru eşleşmeyen seçimler, yıkama için istenmeyen durumlar ile karşılaşmamıza yol açabilir. Bunlar gereksiz su, enerji ve deterjan tüketimi ve çamaşırın zarar görmesi olarak sayabiliriz. Son zamanlarda su ve enerji harcamasının önemi de düşünülecek olursa, bu konudaki çalışmaların değeri daha da artmaktadır.

Bu istenmeyen durumların önüne geçebilmek için kullanıcıyı program seçiminden bağımsız hale getirmek ve önceden belirlenmiş programları tercih etmemek bir başlangıç olabilir. Ek olarak da çamaşır parametrelerinin doğru şekilde algılanıp, bu değerlerin uygun olarak yorumlanıp kontrol edilmesini gerektiren bir algoritma tasarlanmalıdır.

Bunun için öncelikli olarak çamaşır parametrelerini algılayabilecek sensörler ve bunlara uygun ölçüm yöntemleri araştırılmıştır. Araştırması sonucu çamaşır makinesinde algılama ve kontrol amaçlı kullanılacak sensörler ve uygulama bilgisi aşağıdaki çizelgede kısaca özetlenmiştir.(Çizelge 1.1)

Görüldüğü gibi çamaşır makinesinde kullanılacak sensör sayısı oldukça fazladır. Ayrıca Beyaz eşya sektöründe ürünler her geçen gün daha fazla elektronikleşmektedir. Sensörlerin de sisteme yavaş yavaş girmesi ile ürünler %100 elektronik olarak kontrol edilmeye başlanmıştır. Beyaz eşya gibi büyük bir pazarın bu konu ile ilgilenmesi, sensör ve kontrol üzerine yapılan çalışmaları arttırmıştır.

Çalışma çerçevesinde, geliştirilen algoritmada çamaşır makinesi kontrolü için basınç, sıcaklık, yük, iletkenlik ve bulanıklık olmak üzere beş ayrı sensör kullanılmıştır. Bu sensörlerin çıkış değerleri kullanılarak, çamaşır miktarı ve cinsi, yıkama su miktarı ve sıcaklığı, tambur devir hızı, deterjan miktarı ve durulama tekrarı gibi kararlar verilir.

Kullanılacak sensörlerin çıkışlarının değerlendirilmesi için bir kontrol yönteminin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için en uygun yöntemin bulanık mantık kontrolü olduğuna karar verilmiştir. Birbiri ile hiç bir şekilde ilişkisi olmayan ve değişimlerinin de birbirinden bağımsız olduğu parametrelerin kontrolü için en iyi yöntem bulanık mantıktır.

Çizelge 1.1 Çamaşır makinesi sensör uygulamaları.

| Çamaşır Makinesi Sensör Uygulamaları | | |
|---|---|--|
| Sensör | Parametre | Kontrol |
| Sıcaklık | Su sıcaklığı | Sıcaklık kontrol |
| Basınç | Su seviyesi Çamaşırın cinsi Çamaşırın miktarı Dengesiz yük | Mekanik hareketi Su seviyesi kontrol Motor kontrol |
| Bulanıklık (Kir) | Kir algılama Köpük algılama | Köpük azaltma Deterjan dozajlama |
| İletkenlik | Su sertliği | Yıkama süresi |
| Renk | Çamaşırın rengi | Durulama sayısı Su sertliği kontrol |
| Yük | Çamaşırın ağırlığı | Çamaşır Miktarı |

Geliştirilen algoritma içinde verilen kararların büyük bir kısmı için bulanık mantık kontrolü kullanılmıştır. Bulanık mantık kuralları için ise MATLAB Fuzzy Logic ToolBox kullanılmıştır. Algoritma modeli ise Matlab Simulink ortamında geliştirilmiştir.

Son olarak da, geliştirilen bu algoritma için bilgisayar ortamında bir benzetim programı hazırlanmıştır. Bunun için nesne yönelimli bir programlama dili olan C# dili kullanılmıştır.

Benzetim programı iki ana bölüme ayrılır. Birincisi, gündelik yaşamda kullanıcının çamaşır makinesi çalışırken gördüğü parametre değişimlerinin gösterildiği ara yüz programıdır. İkincisi ise geliştirilen algoritmanın çalıştığı ve kullanıcıya program değişimleri ve süreç ile ilgili bilgilerin verildiği programdır. Programda sensör verileri gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırılarak belirlenmiştir. Dolayısı ile benzetim programı gerçek zamanlı çalışmaya oldukça benzemesi sağlanmıştır.

Bu program ile farklı yük, cins, miktar ve kirlilik derecelerine bağlı olarak, bir çamaşır makinesinin çalışmasının nasıl gerçekleşeceğini gösterilmesi amaçlanmıştır.

2. ÇAMAŞIR MAKİNESİ SENSÖR UYGULAMALARI LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

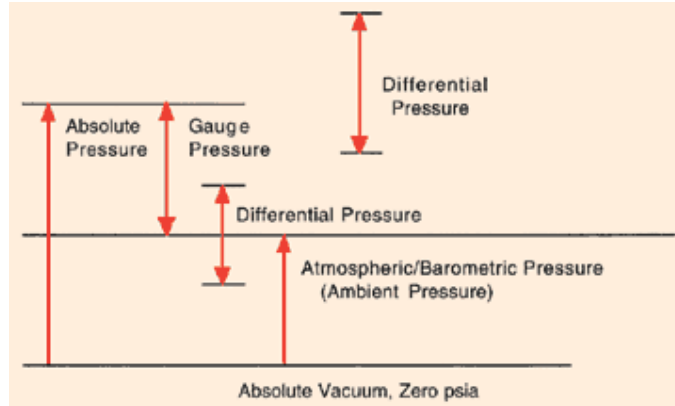
Sensör teknolojisinin giderek gelişmesi ve hızlanması ile sensör maliyetleri önemli ölçüde düşmüştür. Bu sebeple beyaz eşya sektöründe farklı ürünlerde, farklı parametre ölçümleri için sensör kullanımı artmıştır. Bu bölümde çamaşır makinelerinde kullanılabilecek farklı sensör ölçüm mekanizmalarına yer verilmiştir.

2.1 Basınç Ölçümü ve Basınç Sensörü

Günümüzde çamaşır makinelerinde en çok ve sık kullanılan sensörlerin başında basınç sensörü gelmektedir. Bu kısımda farklı basınç sensör tipleri ve bu konu ile ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

2.1.1 Basınç Ölçüm Tipleri

Tüm basınç ölçümleri göreceli (*relative*) ölçümlerdir. Referans bir değer alınır ve bu değere göre ölçüm yapılır. Referans değer olarak, yerel atmosferik basınç veya dış ortamdan izole edilmiş sensör gövdesi içindeki basınç değeri alınabilir. Şekil 2.1’ de basınç çeşitleri ve farklı basınç ölçüm yöntemleri verilmiştir.



Şekil 2.1 Farklı basınç ölçüm tipleri.(Wilson, 2002)

Şekil 2.1’ de verilen basınç ölçümlerine dair tanımlamalar şunlardır:

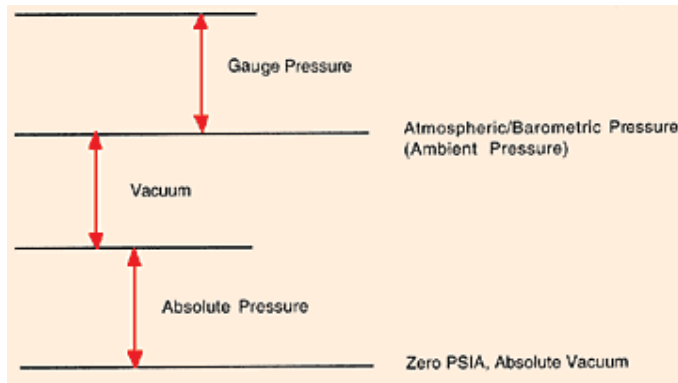
Atmosferik Basınç (barometrik basınç): Dünya atmosferinin ağırlığından dolayı oluşan basınçtır. Atmosferik basınç, coğrafi yerleşim, yükseklik ve havaya göre değişir.

Gauge Basınç: Çevreleyen basınca göre ölçülen basınçtır. Sensör çevresini saran basınç, atmosferik basınçtan farklı olmadığı sürece, atmosferik basınç ve ölçülen basınç arasındaki farktır. Burada atmosferik basınç referans alınarak ölçüm yapılır.

Vacuum: Atmosferik basıncın altında ölçülen basınçtır. Referans değer olarak atmosferik basınç alınır. Vacuum, negatif gauge basınçtır. Gauge basıncı için yerel atmosferik basınca göre ölçüm yapıldığından vacuum pozitif yada negatif olabilir.

Mutlak Basınç: Sıfır basınca (zero pressure) göre ölçülen basınç değeridir.

Diferansiyel Basınç: İki farklı ölçüm noktası arasındaki basınç farkına diferansiyel basınç denir.



Şekil 2.2 Gauge, vacuum ve absolute basınç değerleri arasındaki ilişki. (Wilson, 2002)

2.1.2 Basınç Sensörleri

Ticarileşmiş farklı tür basınç sensörleri mevcuttur. Basınç sensörleri içerisinde beyaz eşyada kullanım alanı olan ve en bilinen sensör tipleri, piezoresistif basınç sensörleri ve kapasitif basınç sensörleridir. Aşağıda bu iki tür basınç sensörüne ait algılama mekanizmaları incelenmiştir.

2.1.2.1 Sensör Karakteristiğine Ait Tanımlar

Herhangi bir sensör denklem (2.1) de verildiği gibi modellenebilir:

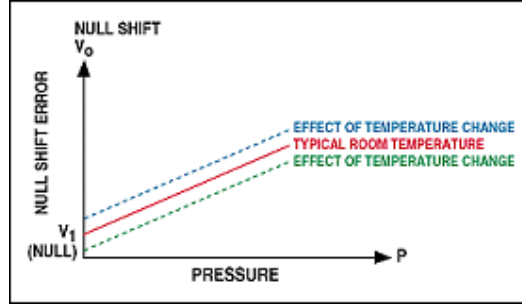
k_0 : Ofset

k_1 : Birim basınca düşen hassasiyet

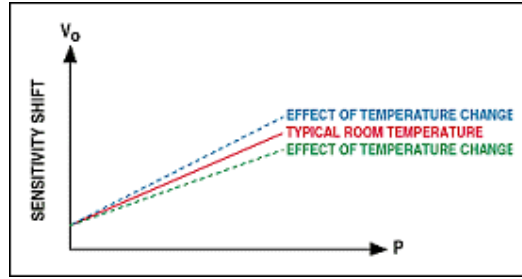
olarak tanımlanırsa, çıkış gerilimi şu şekilde olur:

$$V_{out} = k_o + k_1 P \quad (2.1)$$

Bir sensör genelde, sıcaklık ofset katsayıları ve hassasiyeti gösterir (şekil 2.3ve şekil 2.4).



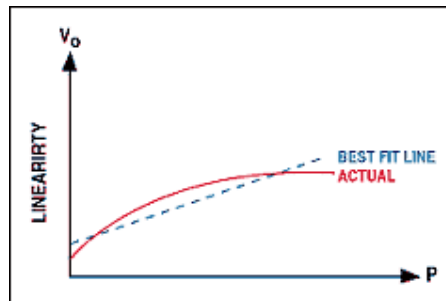
Şekil 2.3. Sıcaklık parametresinin basınç sensörü ofsetine etkisi.(Bicking, 1998)



Şekil 2.4. Sıcaklık parametresinin basınç sensörü hassasiyetine etkisi. (Bicking, 1998)

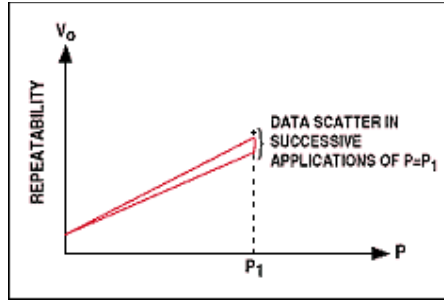
Basınç sensörü ile ilgili önemli parametrelerle ilgili açıklamalara aşağıda yer verilmiştir:

Doğrusallık: Doğrusallık yukarıda gösterilen denklemle ($V_{out} = k_o + k_1 P$) tanımlanan; ideal doğrudan sapma olarak tanımlanabilir. Doğrusallığı ölçmenin bir yolu, en düzgün doğruyu veren, en küçük kareler metodunu kullanmaktır (şekil 2.5).



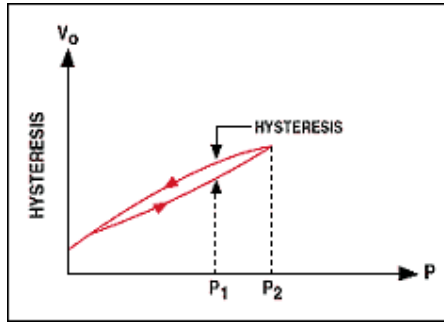
Şekil 2.5. En küçük kareler metodu ile elde edilen doğru ve gerçek eğrinin karşılaştırılması.
(Bicking, 1998)

Tekrarlanabilirlik: Aynı sensörün ardışık yapılan ölçümlerinde, aynı çıkışı üretebilme yeteneğine tekrarlanabilirlik denir. Buna ait grafik şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Tekrarlanabilirliğe ait grafik. (Bicking, 1998)

Histerisiz: Ardışık olarak ilk önce artan ve daha sonra azalan bir basınç uygulandığında, sensörün aynı çıkışı verebilme yeteneğidir (şekil 2.7). Sıcaklık histerisizi de bir sıcaklık döngüsünden önce veya sonra verilen bir sıcaklıkta, sensörden aynı çıkışı elde edebilme özelliğidir. Tekrarlanabilirlik ve histerisiz kolayca kompanze edilemez ve bu özellikler bir sensörün temel kararlılık göstergeleridir.



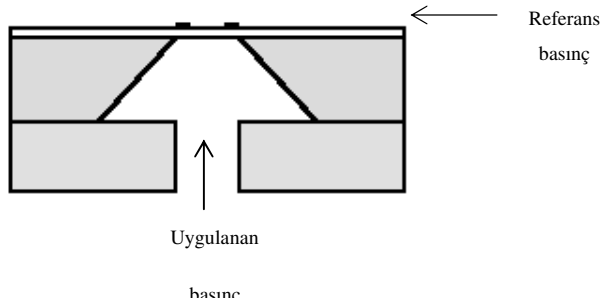
Şekil 2.7. Bir sensöre ait histerisiz eğrisi. (Bicking, 1998)

2.1.2.2 Piezoresistif Basınç Sensörleri

Bu sensör yapısında malzemelerin gerilimleri ölçülür. Mutlak, gauge ve diferansiyel olmak üzere üç farklı basınç tipi ölçülmektedir. Sensör yapısında dirençler genellikle wheatstone köprüsü biçiminde düzenlenmektedir. Sensör performansı sıcaklık ve basınca göre değişmektedir. Sıcaklık yükseldikçe, piezoresistörlerin hassasiyeti azalır. Uygulanan basınca verilen cevabın nonlineerliği, membrandaki bozulma ve gerilen yüzeydeki dirençlerin yerleşimine bağlıdır. Bozulma, diyagramdaki inceliğin %10’nu aşarsa, gerilme sonuçlarının nonlineerliği de yükselir. Uygun şekilde tasarlanan aygıtlar, tam ölçümün (full scale) % 0,01’

den daha az nonlineerliği gerçekleştirebilirler. Piezoresistif sensörlerin avantajları aşağıda verilmiştir:

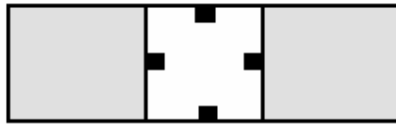
- Boyutları küçüktür.
- Yüksek basınç hassasiyetine sahiptir.
- Geniş dinamik bir aralıktaki iyi bir doğrusallığa sahiptir.
- Histerisiz ve karakteristik sürüklenmesinden bağımsızdır.



Şekil 2.8. Piezoresistif basınç sensörünün yapısı.

Piezoresistif sensör yapısında direnç değişimi iki farklı şekilde olabilir:

Kare silikon diyagram: Yerleşim, bölgenin kenarlarının ortalarına yerleştirilen piezoresistörler ile sağlanır (şekil 2.9). Maksimum değerlerde basının simetrik dağılım bozulmaya sebep olur.



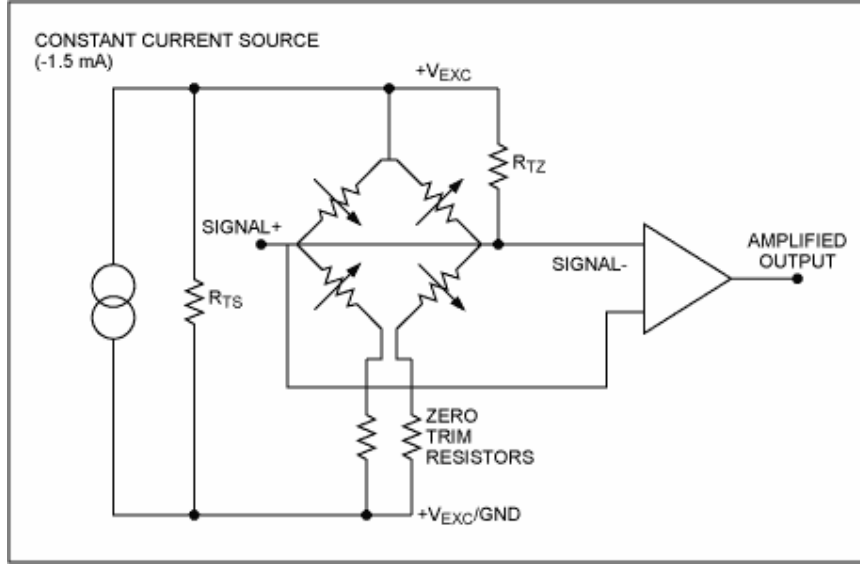
Şekil 2.9. Sensörün kare diyagram tipinde resistör yerleşimi.

Dikdörtgen diyagram: Basınç, uzun kenarlardan ortalarına doğru bir yol boyunca, gerilme veya sıkıştırma biçiminde gözlenebilir. Dirençler gerilen yüzeye dikey biçimde yerleştirilir. Bu tip sensörlerdeki direnç yerleşimi, kare diyagram yerleşiminden daha az kritiktir.

Piezoresistif sensörlerde, sensör yapısında membrana herhangi bir basınç uygulandığında membranda bozulma görülür. Wheatson köprü biçiminde düzenlenen resistörlerin

dengeşizliği değişir ve bu değişim sebebiyle, uygulanan basınca orantılı bir gerilim oluşmaktadır.

Şekil 2.10 pizoresistif basınç sensörü için bir kompanzasyon devresi verilmiştir. Burada kullanılan dirençlerden; R_{Ts} sensörün hassasiyeti, R_{Tz} çıkış sinyalinin ofset ve sıfırlama ayarları için kullanılır. İşlemsel yükselteç ile sinyal yükseltilerek, sensör çıkışı hedef uygulama üzerinde istenen seviyelere getirilir.



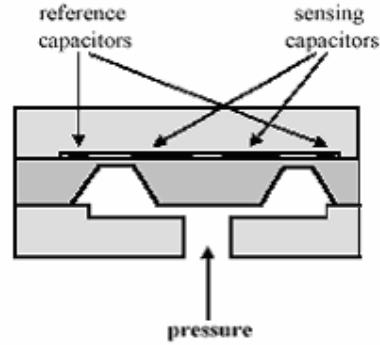
Şekil 2.10. Genel olarak kullanılan piezoresistif sensör için kompanzasyon devresi. (Konrad ve Ashauer, 1999)

2.1.2.3 Kapasitif Basınç Sensörleri

Kapasitif basınç sensörlerinin yapısında referans kapasitör ve algılayıcı kapasitör olmak üzere iki eleman vardır. Sensör, bu iki eleman arasındaki ortalama sapmayı ölçerek basıncı bulur. Piezoresistif sensörlerle karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlar edinilmektedir:

- Daha yüksek basınç hassasiyetine sahiptir.
- Sıcaklık hassasiyeti daha düşüktür.
- Doğrusallık daha düşüktür.
- Histerisiz yoktur.
- Elektronik değerlendirme donanımları daha karmaşıktır.

- Sensörün uzun süreli cevabı ve kararlılığı daha yüksektir.
- Üretim maliyetleri daha yüksektir.



Şekil 2.11. Kapasitif basınç sensör yapısı.

Kapasitans değişimi, basınç veya bozulmaya bağlı olarak lineer değildir. Fakat bu değerler ilişkilendirilebilir.

Sensör yapısı basit ve üretiminde genel kullanılan mikro işleme teknikleri kullanılır.

Küçük kapasitansa ($1\sim 3\text{pF}$) sahip olması sensörün dezavantajıdır. Bu sebeple hassas ölçüm yapılabilmesi için, ölçüm devresi çip üzerine entegre edilmeli ve devre üzerindeki yollardan ötürü meydana gelen kapasitanslar sıfırlanmalıdır.

Yüksek hassasiyet ve geniş bir uygulama alanı sağlamak için, çok ince bir diyagram kullanılmalıdır.

2.1.3 Basınç Sensörü Sinyal Değerlendirme

Çamaşır makinesinde kullanılmaya uygun, ticari olarak satılan basınç sensörleri çıkışları genelde üç farklı tiptedir:

1. Analog çıkışlı, ancak sensör çıkışı değerlendirilmemiş basınç sensörleri. Bu basınç sensörlerinin çıkışları genelde gerilimdir ve *milivolt* mertebesindedir.
2. Analog çıkışlı, sensör çıkışı değerlendirilmiş; genelde sensör ve sinyal işleme donanımı tüm devre elektroniği kullanılarak tümleşik şekilde geliştirilmiş basınç sensörleridir. Sensör çıkışı *volt* mertebesindedir. Tüm devre içinde sıcaklık etkisini ortadan kaldıran (kompanzasyon) ayrı bir devrede yer almaktadır.

3. Digital çıkışlı, sensör çıkışı değerlendirilmemiş basınç sensörleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sensörlerin çıkışı da genellikle frekansıdır.

Analog çıkışlı olup, milivolt mertebesinde çıkış veren basınç sensörlerine ait çıkış sinyali işlemsel yükselteç devresi ile yükseltilmelidir.

2.1.4 Basınç Sensörü ile İlgili Patentler

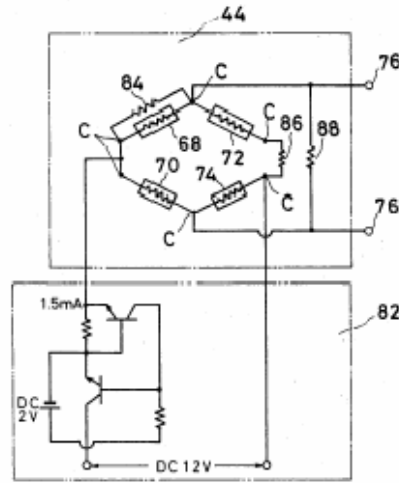
Bu bölümde beyaz eşya üzerinde basınç sensörü uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmalar sonucu, çeşitli firmaların aldığı patentlere yer verilmiştir. Çamaşır makinesi üzerinde, en çok araştırma yapılan alanlardan birisi basınç sensörü ve su sistemi ile yapılan çalışmalardır. Çünkü makinenin performansını belirleyen ana unsurlardan birisi de su sistemidir.

2.1.4.1 Yüke Bağlı Su Alan Çamaşır Makinesi

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| Patent No | US4662193 |
| Patent Adı | WASHING MACHINE |
| Yayınlanma Tarihi | 05.05.1987 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | HONDA KUNIOKI (JP) |
| Uygulayıcı(ları) | SANYO ELECTRIC CO.(JP) |

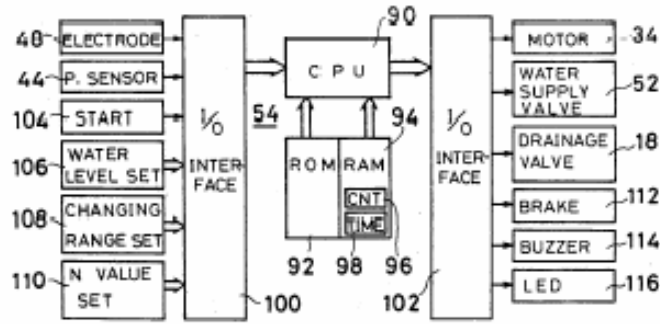
Patent bir çamaşır makinesi ile ilgilidir. Çamaşır makinesindeki yüke bağlı olarak su miktarını ayarlayan, yıkama, durulama ve çevirme altyapısına sahip bir yöntemle ilgilidir. İlgili yöntemin amacı çamaşır makinesindeki yüke göre su optimizasyonu sağlamaktır.

Bir çamaşır makinesinde, tamburun iç ve dış kısmı arasında kalan alana yerleştirilen basınç sensörünün bu bölgedeki su seviyesini ölçerek, ajitatörün durma ve dönme zamanına karar verilir. Su seviyesinin değişimi temelde yüke bağlıdır. Yük ne kadar fazla ise, çevrim sırasında duraklama için gerekli olan süre de buna paralel artar. Buna bağlı olarak, yükün az veya fazla olma durumuna göre yıkama uygun hale getirilebilir. Su başaltımı sırasında, kazanın iç ve dış kısmı arasında kalan basınç sensör ile ölçülür. Bu ölçülen değerlerin karşılaştırılmasına göre, motora enerji verilip verilmeyeceğine karar verilir.

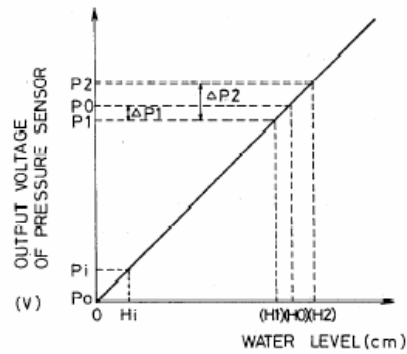


Şekil 2.12 Yarı iletken basınç sensörü ile basınç belirleme devresi

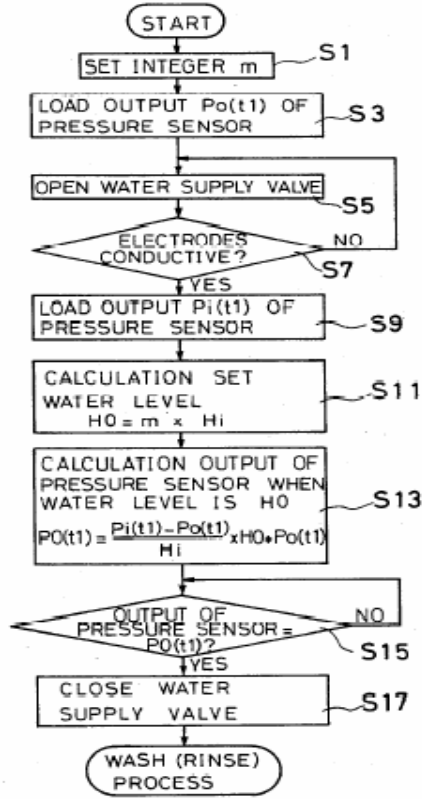
Aşağıda, hangi su seviyesine hangi basınç değerlerinin denk geldiği bir grafik üzerinde gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, basınç değerleri ile su seviyesi arasındaki ilişki doğrusaldır.



Şekil 2.13 Kontrol sisteminin blok diyagramı



Şekil 2.14 Sensör çıkış değişiminin sıvı (su) seviye değişimine oranı.



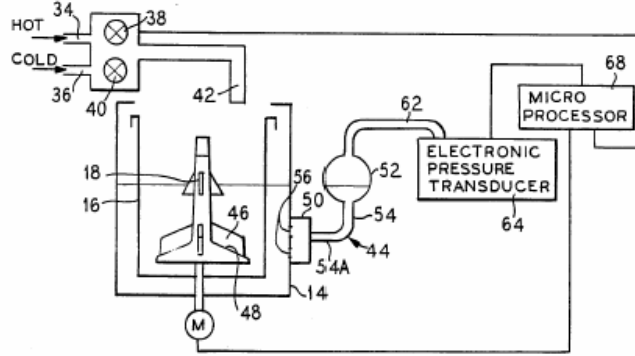
Şekil 2.15 Farklı sıcaklıklarda su alma işlemini açıklamak için akış diyagramı.

2.1.4.2 Çamaşır Makinesi için Otomatik Su Seviye Kontrol Sistemi

| | |
|-------------------------------|--|
| Patent No | US4835991 |
| Patent Adı | Automatic water level control system for an automatic washer |
| Yayınlanma Tarihi | 06.06.1989 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Knoop Donald E; Paustian John K |
| Uygulayıcı(ları) | WHIRLPOOL CO (US) |

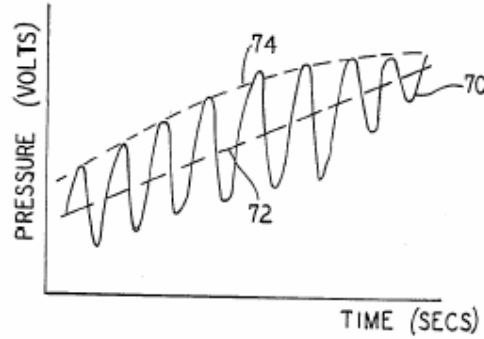
Bu patent çamaşır makinesi için otomatik su seviye kontrol sistemi ile ilgilidir. Bu sistem, çift bölmeli bir sensör ve yıkama işlemine uygun bir algoritma ile sağlanmıştır. Makinenin su alımı sırasında en az ve en fazla su seviyesini algılamak ve buna göre, tamburun hareketini kontrol etmek için hava ile çalışan (pnömatic) bir basınç sensörü kullanılmıştır. Sensörün ilk bölümü (50), bir tüp ile makinedeki su değişimini hava kütesinin yarattığı basınç ile izlenebilecek bir boruya bağlıdır. İkinci bölme (52) de basınç dönüştürücüsüne (sensör) bağlıdır. İlk bölmenin su ile dolması ile sensörün ikinci bölümüne, alınan su miktarına bağlı

olarak hava basıncı uygulanır. Bu basınç değerine karşılık, basınç dönüştürücüsünden alınan sinyal ile alınan su seviyesi arasındaki ilişki kullanılır.

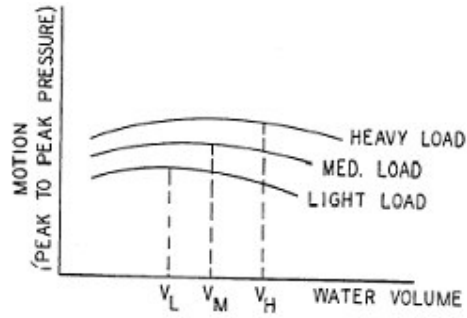


Şekil 2.16 Sıvı seviye kontrol sistemi

Algoritma, en uygun su seviyesini elde etmek için, basınç dönüştürücüsünden alınan bilgileri kullanır. Dalga boylarındaki genlik X ile tanımlanırsa; X şu parametrelere göre değişir: Su hacmi, yükün ağırlığı ve çamaşır tipi. Örneğin; yük miktarı arttıkça dalga boyu da büyür. Bu belirtilen parametrelere göre de uygun bir yıkama işlemi gerçekleştirilmiş olur.



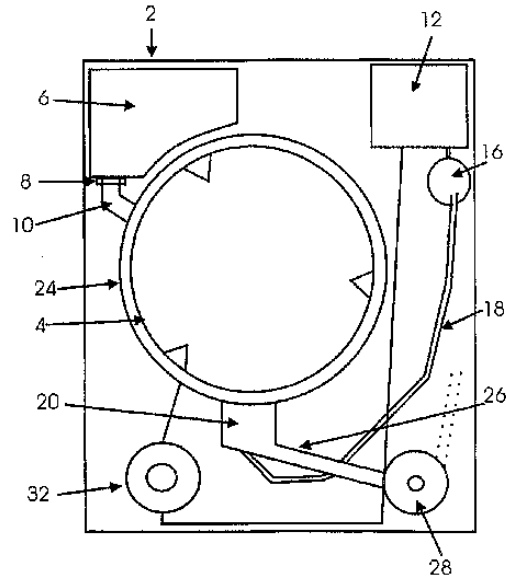
Şekil 2.17 Basınç transdüserinin dalga boyu ölçümü.



Şekil 2.18 Farklı değerdeki yük ağırlıkları için su hacmi ve basınç tepe değerlerinin farkları arasındaki ilişki.

2.1.4.3 Çamaşır Makinesi Kontrolü için Kontrol Metodu

| | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Patent No | WO0009792 |
| Patent Adı | A WASHING MACHINE |
| Yayınlanma Tarihi | 24.02.2000 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Güeler Emin Çağatay ; Murach Stefanie |
| Uygulayıcı(ları) | ARCELIK A.S. (TR) |



Şekil 2.19 Temel bir çamaşır makinesi yapısı.

Bir çamaşır makinesi (şekil 2.22), yıkanacak çamaşırların konduğu kazan (4), deterjan haznesi

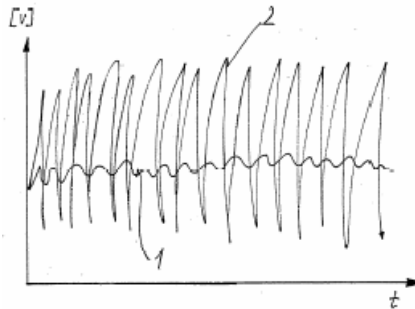
(6), makinenin su girişine izin veren bir su giriş vanası (8), basınç sinyallerini ölçen bir basınç sensörü (16) ve bir elektronik kontrol sistemini kapsar. Bu elektronik kontrol, yüklenen çamaşırın cinsini, miktarını ortaya çıkarmayı ve makinenin yıkama programlarını gerçekleştirmeyi sağlar. Bu kontrol, öncelikle su giriş vanasını açılmalarını sayarak yüklenen çamaşırın cinsini ortaya çıkarmak, ikinci olarak ta su giriş vanasının açılma ve kapanma zamanlamalarından faydalanılarak çamaşırın cinsine karar verilmesi için karakterize edilmiştir. Böylece makineye yüklenen çamaşırın özelliklerine göre su alınır.

2.1.4.4 Program Kontrollü Çamaşır Makinesi

| | |
|-------------------------------|--|
| Patent No | DE19623958 |
| Patent Adı | Program controlled drum washing machine |
| Yayınlanma Tarihi | 18.12.1997 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Steinmueller Harald Dipl Ing; Wick Oliver Dipling (DE) |
| Uygulayıcı(ları) | AEG HAUSGERAETE GMBH (DE) |

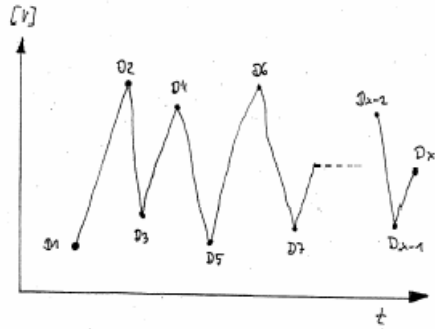
Bu patent, bir çamaşır makinesinde basınç sensöründen gelen bilgiler doğrultusunda yıkama programının düzenlenmesi ile ilgilidir.

Program kontrollü çamaşır makineleri yıkama çevrimi esnasında meydana gelen su ve hava basınçları kaydetmek için bir basınç sensörüne sahiptir. Sensörün çıkış sinyali makinedeki yüke göre de değişir. Ölçme devresi, basınç genlik farklarının toplamından bir çıkış sinyali meydana getirmek için basınç sensörünün sinyalini kullanır. Bu sinyal, yıkama esnasında kazan dönme hızını, mekanik hareketleri, yıkama suyunun miktarı ve sıcaklığı gibi değerler için bir kontrol değeri olarak sonraki programların çalıştırılması için kullanılır.



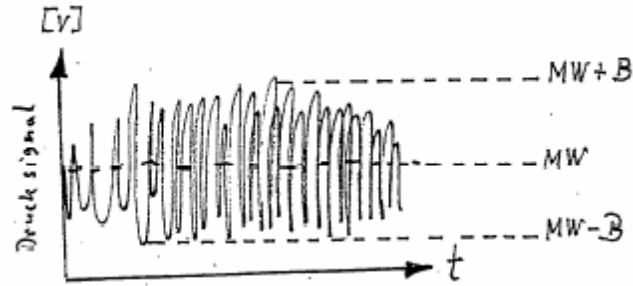
Şekil 2.20 Basınç sensörünün çıkış sinyalleri.

Yukarıdaki grafikte, basınç sensörünün çıkış sinyalleri verilmiştir. 1 ile gösterilen sinyal, 2 ile gösterilen sinyale göre daha az miktarda çamaşır yüklenmesi sonucu oluşan basınç sinyalidir.

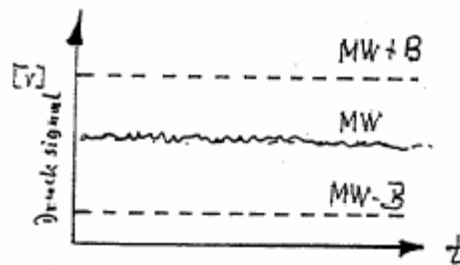


Şekil 2.21 Metodun açıklanması için basınç sensör sinyali.

Şekil 2.22 ve şekil 2.23'da gösterilen grafikte MW+B genliğinin maksimum olduğu, MW-B genliğinin minimum olduğu ve MW de tüm genliklerin ortalama değerini göstermektedir.



Şekil 2.22 Az çamaşır yükü için basınç sensör sinyali.



Şekil 2.23 Fazla çamaşır yükü için basınç sensör sinyali.

2.2 Kuvvet Ölçümü ve Yük Sensörü

Bu bölümde yük sensörü ve buna bağlı kuvvet ölçümü ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

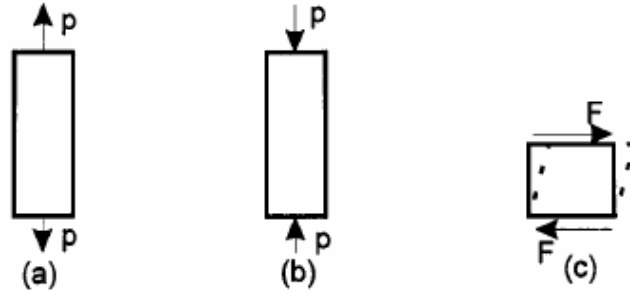
2.2.1 Kuvvet Ölçümü

Kuvvet bir vektör birimidir. Bir cismin mevcut tepkisi veya cismin hareketine sebep olacak bir etki olarak da tanımlanabilir. Bundan sonraki bölümlerde kuvvetin büyüklüğünü belirlemek için kullanılacak yöntemler yer almaktadır.

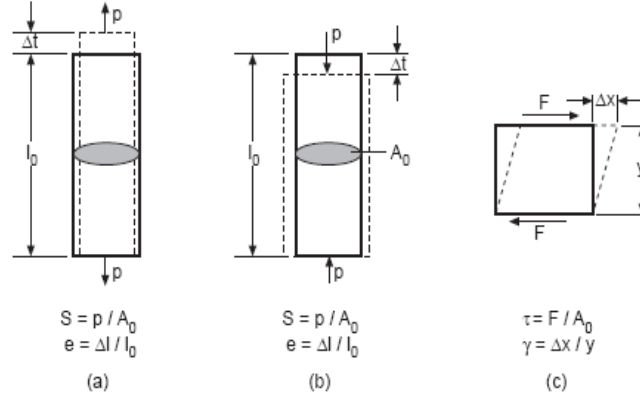
Kuvvetin ölçülmesi veya belirlenmesi şu nedenlere bağlıdır: Eğer bir cisme uygulanan kuvvet, herhangi bir hareket yaratmıyorsa, kuvvet sistemi dengeli olmalıdır. Sistemin statik bir dengede olduğu düşünülebilir. Bir cisim ile ilişkili olan kuvvetler, iç ve dış olmak üzere iki kategoride sınıflandırılabilir. Eğer bir cisim diğer cisimlerle destekleniyorsa, bağlantı veya destek noktalarında bozulma, yer değiştirme veya kuvvetlerin hareketi oluşacaktır. İç kuvvetler, sistem dengeye ulaşana kadar, cisim boyunca yayılır. Daha sonra cisim basınç altında denebilir. Bir cisim belirli bir durumda düşünüldüğünde; iç kuvvetler, eşit veya zıt olan iki kuvvet biçiminde davranırlar. Dış kuvvetler ise tekil davranırlar.

2.2.2 Hooke Kuralı

Kuvvet ölçümünün kaynağı, dış kuvvet altındaki bir cismin fiziksel davranışından gelir. Bu nedenle materyallerin mekaniksel davranışlarını kısaca gözden geçirmek faydalı olacaktır. Bir cisme tek bir yönde germe veya sıkıştırma işlemi uygulandığında, kritik uzama ve kısalma katsayısına kadar esneme davranışı gösterir. Elastik bölgede atomlar sürekli yer değiştirir fakat yük etkisi ortadan kalktığında, denge durumundaki hallerine geri dönerler.



Şekil 2.24 Tek yönde gerilim (a), sıkıştırma(b) ve bükme(c)işlemlerinin gösterimi.



Şekil 2.25 Uzama ve kısılma katsayıları: (a)gerilim, (b)sıkıştırma ve (c)bükme için

$$v = -e_2/e_1 \quad (2.1)$$

Poisson oranı (v), gerilim(e_2) ve sıkıştırma (e_1) değerlerinin birbirine bölümü ile elde edilir. Esnek olan bölgede bu oran 1/3 ve 1/4 arasında değişir. Kuvvete bağlı uzama ve kısılma arasındaki ilişki Hooke kuralı ile şöyle ifade edilir:

$$S = E e \text{ (gerilim ve sıkıştırma)} \quad (2.2)$$

$$\tau = G \gamma \text{ (bükme)} \quad (2.3)$$

E ve G , elastiklik ölçü birimidir. Hacimde küçük bir değişme, elastik bozulma ile ilgili olabilir. Bu bozulma izotropik materyaller için, (2.4) eşitliği ile ifade edilir.

$$\frac{\Delta Vol}{Vol} = e_1(1 - 2v) \quad (2.4)$$

Hacim modülleri aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

K : Karşılıklı yönde sıkıştırılabilirlik

Δp : Belirli bir noktadaki basınç değişimi

$$K = \Delta p / \left[\frac{\Delta Vol}{Vol} \right] \quad (2.5)$$

Elastiklik teorisi, kuvvet ölçüm tekniklerinin teorisi olarak kullanılır. Farklı mühendislik alanlarındaki kuvvet ölçümleri, özel uygulamalardır. Aşağıda bu ölçüm teknikleri sıralanmıştır.

2.2.2.1 Kuvvet Ölçümünün Temel Yöntemleri

Bilinmeyen bir kuvvet şu yollarla ölçülebilir:

1. Kaldıraç sistemi ile standart bir yüke karşılık bilinmeyen kuvvetin dengelenmesi
2. Bilinen bir kütlenin hareketinin ölçülmesi
3. Bir mıknatıs ve akım taşıyan bir bobinin etkileşmesi ile meydana gelen magnetik kuvvete, bilinmeyen kuvvetin eşitlenmesi
4. Basınç meydana getirmek için belirli bir bölgede kuvvetin yayılması ve daha sonra bu basıncın ölçülmesi.
5. Elastik bir elemente uygulanan kuvvetin bozulmaya (deformasyon) sebep olması.

Kuvvet ölçümü için kullanılan bu yöntemler, ölçüm araçlarının tasarımının farklılığından kaynaklanır. Bu kuvvet ölçümünün amacı öncelikli olarak sensör tasarımı içindir. Sensör tasarımında iki problem ortadan kaldırılır:

1. Geometrik ve fiziksel engellerin sensör tasarımında üstesinden gelinmesi
2. Kuvvet, kullanılabilir bir işarete dönüştürülür.(elektronik bir sinyal gibi)

Aşağıdaki bölümlerde, kuvvetin sinyale dönüştürülmesi için kullanılan aygıtlardan bahsedilmiştir. Son bölümde de bu aygıtların kullanımı ile ilgili birkaç örnek verilmiştir.

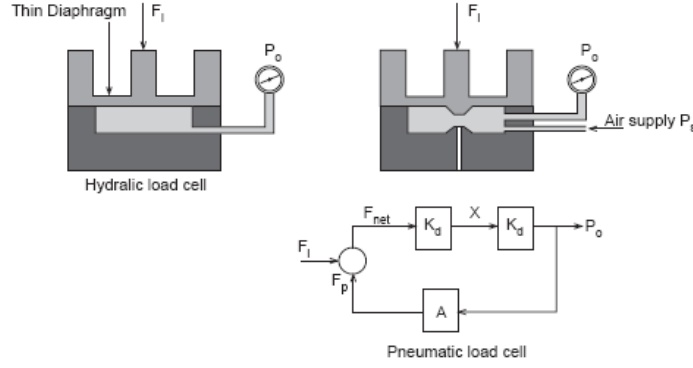
2.2.3 Yük Sensörleri

Sistemin cevabını anlayabilmek için kuvvet sensörleri gerekir. Çalışan bir süreç ile meydana gelen kuvvetin kesilmesi, hata belirlemek veya süreç parametrelerinin kontrolünde bu hatanın sebebini anlamak için görüntülenebilir. Kuvvet sensörleri otomotiv endüstrisinde vuruş etkisini görüntülemek için kullanılır. Birkaç mekanik sistem kontrolünde kuvvetlerin direk ölçümü faydalıdır.

Kuvvet sensörlerinin birkaç tipi, kuvvet ile meydana gelen sapma veya dönmeyi temel alırlar. Son derece elastik özelliğe sahip sarmal yaylar, sapmayı ölçmek için yükü dönüştüren kuvvet sensörü olarak kullanılması için uygundur. Strain gage veya mikro-elektronik bir yapının içinde var olan piezoelektrik (quartz) kristaller, kuvvet sensörleri için yaygın kullanılan yapılardır. Ani veya yavaş değişen kuvvetlerin her ikisi de bu sensör yapıları ile ölçülebilir.

Kuvvet ölçüm yöntemleri için genel ikinci bir grup, load cell olarak tanımlanabilir Load cell

genel olarak sert bir yapıya sahiptir. Load cell, küçük bir dönme ile geniş, sabit ve yavaş değişen kuvvetlerin ölçümü için kullanılır ve algıladığı kuvvet göreceli olarak doğrudur. Tipik olarak doğruluğu tüm ölçüm aralığının %1'i kadardır. Load cell in tasarımına bağlı olarak, kuvvet ölçümü için çeşitli yöntemler kullanılır.



Şekil 2.26 Farklı load cell yapıları

Şekil 2.26'da şekilde, az maliyet ve geniş bir kuvvet aralığını ölçmeyi sağlayacak, farklı load cell yapıları gösterilmiştir. Hidrolik load cell, sıvı dolu bir iç oyuk ve sert bir dış yapıya sahiptir. Yağ basıncı ölçümlerinde kullanılır.

Değişen yüklere daha hızlı cevap veren piezoelektrik transdüserler veya strain gage gibi farklı yöntemlerde kullanılabilir.

2.2.3.1 StrainGage Load Cell

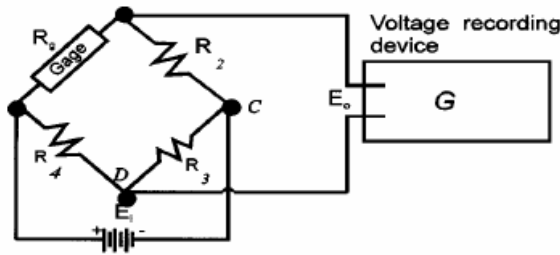
Strain gage load cell, kuvvet uygulandığında elastik olarak şekil değiştiren bir yapı içerirler. Strain gage bağlantıları da bu deformasyona orantılı elektriksel bir çıkış verirler. Buna çubuk ve halka biçiminde load cell ler örnek olarak verilebilir.

2.2.3.1.1 Strain Gage

Strain gage için düz sarmal biçimde istenen direnci sağlayabilecek uzunlukta metal bir tel kullanılır. Bu sarmal, iki ince plastik şerit arasında yerleştirilir ve bir çubuk üzerine yapıştırılır. Mevcut nemi ayırmak için, 90°C de fırınlanır. Daha sonra, çeşitli mekaniksel etkilerden korumak için tabakalar reçinelenir. Çubuk gerildiğinde, karşılıklı bölümlerdeki alanların biçiminde değişimler olur. Bu da kolaylıkla belirlenebilecek gage in yapısında değişime sebep olur. Küçük gerilim değişimlerini ölçmek için, birim direnç başına küçük direnç değişimlerini ölçmek yeterli olacaktır ($\Delta R/R$). Bu değişim genelde 0.5% den daha azdır.

Wheatstone köprüsü(şekil 2.27) genelde küçük büyüklükleri ölçmek için kullanılır. R_1 (bonded strain gage) in gerilmesi ile bu direçte $+\Delta R$ kadar bir direnç değişimi meydana gelir. Bu da D noktasında bir gerilim farkı ΔV oluşmasına neden olur. Benzer şekilde R_4 direncinde de $-\Delta R$ kadar bir direnç değişimi olsa, D noktasında $2\Delta V$ lik bir gerilim değişimi olacaktır. R_2 ve R_4 de aynı şekilde düşünülecek olursa, bu gerilim değişimi $4\Delta V$ lik bir gerilim değişimi olacaktır. Bu dirençlerin oranları (2.6) denkleminde gösterildiği gibi olmalıdır.

$$\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3} \quad (2.6)$$



Şekil 2.27 Wheatstone köprü dirençlerinin gösterimi

2.2.3.1.2 Piezoelektrik Yöntemler

Piezoelektrik malzemeler, piezoelektrik etki olarak bilinen olayı sergileyen meteryallerdir. Bu etki, asimetrik ve elastik kristallerin bir kuvvet ile deforme edilmesi durumunda, elektriksel bir potansiyel elde edilmesini ifade eder. Bu etki tersine çevrilebilir. Yani, kristal yüzeyler arasında bir potansiyel uygulanırsa, bu yüzeylerde fiziksel değişimde meydana gelecektir.

Yüzeyde biriken yükün büyüklüğü ve polaritesi, uygulanan kuvvetin yönü ve büyüklüğü orantılıdır.

d : Yükün hassasiyeti(her kristal için sabit bir değer)

F : Kristal üzerinde Δt metre değişime sebep olan kuvvet miktarı

$$Q = dF \quad (2.7)$$

a : Kristalin alanı

t : Kristalin kalınlığı

$$F = \frac{aY}{t} \Delta t \quad (2.8)$$

Y : Young katsayısı

$$Y = \frac{Ft}{a\Delta t} \quad (2.9)$$

Elektrodlar arasındaki gerilim E_0 gerilim değerine kadar artar.

$$E_0 = Q/C \quad (2.10)$$

ε : Dielektrik sabiti

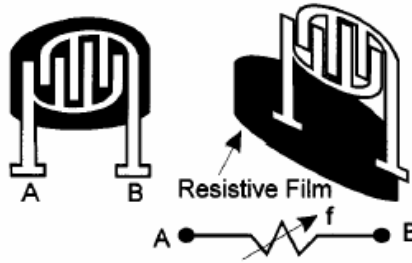
C : Plakalar arasındaki kapasitans

$$C = \varepsilon a/t \quad (2.11)$$

Piezoelektrik kristaller, kuvvetteki anlık değişimleri ölçmek için kullanılır. İnce quartz plakalar elektronik osilator olarak kullanılabilir. Bu osilasyonun frekansı, ince plakaların doğal frekansına üstün gelecektir. Dış bir kuvvet ile plakaların frekansındaki herhangi bir değişiminde, osilasyon frekansı tetiklenir. Bu sebepten dinamik kuvvet osilasyon frekansındaki değişim ile ölçülebilir.

2.2.3.1.3 Kapasitif Kuvvet Transdüseri

Kapasitans değişimini kullanan bir transdüser, kuvvet ölçmek için de kullanılabilir. Elastik olarak yön değiştirmeye sahip bir membranın üzerine uygulanan kuvvet, kapasitans değişimi ile belirlenir. Kapasitif transdüserler çok küçük yön değişimlerini bile doğrulukla algılaya bildiği için, bu yöntem ile son derece hassas kuvvet transdüseri yapılabilir. Elektronik bir devrede kapasitans değişimini DC gerilime dönüştürür.



Şekil 2.28 Kuvvet algılama resistor diyagramı

Bir hava aralığı ile ayrı iki metal plakayı içeren kapasitans sensör şekil 2.28' de gösterilmiştir. Terminaller arasındaki kapasitansın (C) değeri şu şekilde hesaplanır.

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{h} \quad (2.12)$$

ϵ_0 : Boş havanın dielektrik sabiti.

ϵ_r : Yalınanın dielektrik sabiti.

A : Plakaların yüzey alanı.

h : Plakalar arasındaki kalınlık

Kapasitif sensörlerin hassasiyeti azdır. Teorik olarak, plakalar arasındaki mesafe düşürüldüğünde, hassasiyetin artması gereklidir. Fakat pratikte bakıldığında, bu yüksek hassasiyeti engellemektedir. Yalnız bu sensörün avantajlarından bir tanesi, kararlılığının ve hassasiyetinin çevresel basınç ve sıcaklık etkilerine karşı değişmemesidir. Diğer bir avantajı da plakalardan birinin diğerine göre yer değiştirmesi için çok küçük bir kuvvete gereksinim duymasıdır.

2.2.3.1.4 Kuvvet Algılama Dirençleri(İletken Polimerler)

Kuvvet algılama dirençleri için, uygulanan kuvvetin artması ile direnci düşen polimer filmleri kullanılır. Kuvvet algılama sensörleri iki bölümden oluşur. İlki, bir filme eklenmiş rezistif metaldir. İkincisi de diğer filme sivriltilmiş bir dizi bağlantı eklenir. Şekil 2.28'deki yapıya benzer. Rezistif metal, film üzerindeki iletkenler arasındaki elektriksel devreyi tamamlar. Sensöre bir kuvvet uygulandığında, bağlantılar arasında daha iyi bir iletim sağlanır. Bununla birlikte, iletkenlik artar. İletkenlik yaklaşık olarak, kuvvetin lineer bir fonksiyonudur.

Kuvvet algılama dirençleri, bir miktar histerisize sahiptir. Bunun dışında maliyeti diğer sensör tiplerine göre daha azdır. Piezo filmler ile karşılaştırıldığında, titreşim ve sıcaklığa karşı daha az hassastır.

2.2.4 Yük ve Cins Ölçümü ile İlgili Patentler

Çamaşır makinelerinde yük miktarının bilinmesi, yıkama programlarının etkin ve verimli bir şekilde çalışması için yük miktarının bilinmesi büyük önem içermektedir. Bu bölümde piyasada konu ile ilgili yapılan çalışmalara bir kaç örnek verilmiştir.

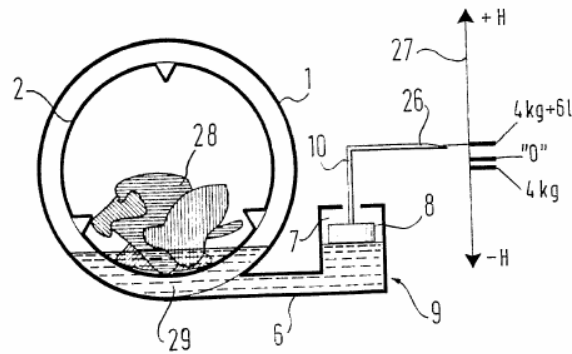
2.2.4.1 Çamaşır Makinesinde Yıkama Parametrelerinin Ölçülmesi

Patent No GB2262363

Patent Adı Determination of operating parameters of a washing machine

| | |
|-------------------------------|---|
| Yayınlanma Tarihi | 17.06.1993 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Knopp Lothar Dipl Ing; Ruhnau Klaus Dipl Ing; Spielmann Johannes Dipl Ing |
| Uygulayıcı(ları) | BOSCH SIEMENS HAUSGERAETE (DE) |

Bu patent, program kontrollü yıkama makinelerinin uygulama parametrelerini belirleyen bir metot ile ilgilidir. Bu metot, çamaşır makinesi kazanına çamaşır (28) ve her su (29) girişinde makinedeki belirli bir referans noktasına bağlı olarak bulunan bir ölçüm değeri olarak, kazandaki su seviyesinin yüksekliğinin tespit edilmesini kapsar. Bu değerler, kuru çamaşırın hacmi, çamaşırın tipi, su seviyesi, çamaşır tarafından emilen su miktarı ve dönme işleminden sonra artakalan su miktarı gibi parametrelerin belirlenmesi için, bilgisayarda kaydedilir.



Şekil 2.29 Yük, cins ölçüm şeması.

2.2.4.2 Programlanmış Çamaşır Makinesi

| | |
|-------------------------------|--|
| Patent No | DE19641819 |
| Patent Adı | Programmed washing machine of simple operation |
| Yayınlanma Tarihi | 16.04.1998 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Hellhake Wolfgang; Hockeler Regine; Sieding Dirk |
| Uygulayıcı(ları) | MIELE & CIE (DE) |

Çamaşır makinesi, yıkanacak çamaşırların tipini belirlemek ve farklı ürün tipindeki çamaşırların karışık yüklenmesi halinde gerekli yıkama sıcaklığına bağlı programı belirlemek

için program seçimine sahiptir. Program kontrolü, parametrelere göre makinenin dönüşlerini düzenler. Yükleme tipine göre, parametreler ve/veya yükleme hacmi ölçülür. Esas program en az iki program seçimine sahiptir. Ölçülen parametrelere göre bunlardan biri seçilir.

2.2.4.3 Su Emme Seviyesinin Belirlenmesi

| | |
|-------------------------------|--|
| Patent No | DE19538291 |
| Patent Adı | Registering water absorption degree of washing |
| Yayınlanma Tarihi | 17.04.1997 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Steinmueller Harald Dipl Ing; Wick Oliver Dipl Ing |
| Uygulayıcı(ları) | AEG HAUSGERAETE GMBH (DE) |

Bu patent, program kontrollü yıkama makinelerinde su alma hacminin kaydedilmesi ile ilgilidir. Su seviyesi ilk yükleme değerine ulaşınca kadar kazan doldurulur. Kazana yerleştirilen çamaşırlar, verilen zaman aralığında su ile döndürülür. Hareketin sonunda su seviyesi ölçülür. Bir sonraki periyodun sonundaki değerde ölçülür. İki ölçüm arasındaki fark kaydedilir.

2.2.4.4 Makinedeki Çamaşırın Miktarını ve Cinsini Belirleme Yöntemi

| | |
|-------------------------------|---|
| Patent No | EP0649932 |
| Patent Adı | Method for determining the quantity and/or the type of fabric introduced in a laundry washing machine, and laundry washing machine implementing such a method |
| Yayınlanma Tarihi | 26.04.1995 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Aisa Valerio; Mariotti Constantino; Reginello Donato |
| Uygulayıcı(ları) | MERLONI ELETTRODOMESTICI SPA (IT) |

Bu patent, bir çamaşır makinesinde yıkanacak çamaşırların ürün tipini ve/veya çeşidini belirlemek için tanımlanmış bir metot ile ilgilidir. Tanımlanan metodun esas özelliği, bir seviye sensörü ile kontrol edilen, özellikle elektro mekanik seviye basınç anahtarı ile, makinedeki sıvı seviyesinin düzenlenmesi için ürünün tipinin veya cinsinin belirlenmesidir.

2.2.4.5 amaşırın Miktarına Bağlı Olarak Yük Seviyesini Belirleme Yöntemi

| | |
|-------------------------------|---|
| Patent No | EP0709512 |
| Patent Adı | Method for determining the load level depending on the nature and the quantity of the laundry |
| Yayınlanma Tarihi | 01.05.1996 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Olschewski Ruediger; Sieding Dirk; Sebeikat Wilhelm |
| Uygulayıcı(ları) | MIELE & CIE (DE) |

Bu patent, yıkama için bir dönen kazan, kazanı sürmek için bir motor ve dönme hız sinyalinin görüntülenmesi için bir aygıttan oluşan çamaşır makinesinin kullanılmasını içeren bir proses ile ilgilidir. Yükleme aşaması, ilk program döngüsünde ters dönme sırasında hız sinyalinin titreşim davranışına bağlı olarak değerlendirme devresi ile belirlenir.

2.3 Elektriksel İletkenlik(Direnç) lm ve İletkenlik Sensörü

Elektriksel zdiren her maddenin fiziksel bir özelliğidir. Genellikle herhangi bir maddenin iletkenliğini ölçmek gerekir. Oda sıcaklığında farklı maddelerin elektriksel direnci büyülüğünün 20 katı kadar değişebilir. Bu geniş aralıktaki özdirenç değişimini ölçmek için tek bir yöntem veya alet yoktur. Bu bölümde özdirenç ölçümü için kullanılan farklı deneysel teknikler ve aletlerden bahsedilecektir. Pratik olarak ölçümün üzerinde durulmuştur. Konunun genel olarak teorisi açıklanmıştır.

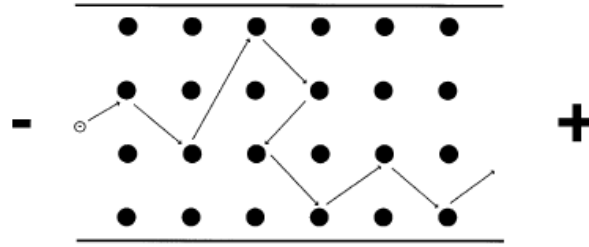
2.3.1 Temel Fikirler

Elektriksel zdiren, bir materyalin elektrik akışına ne kadar direnç gösterdiği ifade eden sayısal bir birimdir. Özdirenç, ohm metre(Ωm) birimi ile llr. Elektrik akımı, bir materyalden kolaylıkla geçebiliyorsa, bu elementin direnci düşük demektir. Benzer şekilde elektrik akımı zorlukla geçebiliyorsa o zaman bu materyalin direnci yüksek olarak tanımlanır. Bina ve g hatlarındaki elektriksel kablolar bakır ve alüminyumdan ($20 n\Omega m$) yapılır. Çünkü

bu materyallerin direnci çok düşüktür ve elektriksel gücün akmasına kolaylıkla izin verir. Plastik gibi bazı malzemelerde yüksek dirence ($1 \text{ E}\Omega\text{m} = 1 \cdot 10^{18} \Omega\text{m}$) sahiptir. Bu tür materyallerden ise çok az güç akışı sağlanabilir.

Elektriksel özdirenç ρ ile gösterilirken, elektriksel iletkenlik ise σ harfi ile ve direncin tersi biçiminde tanımlanır. Bunun anlamı yüksek özdirenç, düşük iletkenlik olarak ifade edilir.

$$\rho \equiv \frac{1}{\sigma} \quad (2.12)$$



Şekil 2.30 Gerilim uygulandığında herhangi bir materyalin üzerinden geçen elektrik akımının basit modeli

Bir materyale bir gerilim uygulandığında oluşan elektrik akımı şekil 2.30 da gösterilmiştir. Buradaki siyah küreler hareketsiz atomları temsil eder.

Bir materyalin elektriksel direnci, büyüklüğünden ve şeklinden bağımsız olarak, onun kendine özgü fiziksel bir niteliğidir. Bu şu anlama gelir: bilgisayardaki ince bir bakır kablo ile bakırdan yapılmış bir özgürlük heykelinin özdirençleri aynıdır.

2.3.2 Temel Model ve Teori

Şekil 2.30 da bir materyalin içinden geçen elektrik akımı mikroskobik basit bir model ile gösterilmiştir. Bu model çok basitleştirilmiş ve birçok yönden doğru değildir. Materyallerin fiziksel iletkenliğini daha iyi anlamak ve ifade etmek için, kuantum mekaniğini bilmek gereklidir.

Genel olarak bakıldığında, elektrik akımı, materyalin içindeki elektronların hareketi demektir. Şekil 2.30 da küçük beyaz küre, materyalin içinden geçen bir elektronu sembolize eder. Daha kolaylıkla açıklamak için tek bir elektron gösterilmiştir. Tabi ki normalde, çok daha fazla elektron hareketi vardır. Bir materyale dış bir kuvvet uygulandığında, elektronlar materyalin solundan sağına doğru gitmeye eğilimlidirler. Bu dış kuvvet materyalin bir güç kaynağına ya

da bir pile bağlanmasından kaynaklanır. Elektronların materyalin içinde hareket etmesi ile atomlar ile çarpışır bu da elektronların hareketini yavaşlatır. Elektronların çarpışma sayısı farklı materyallere göre değişebilir. Çarpışmaların fazla meydana geldiği materyaller, yüksek dirence sahiptir. Aynı şekilde, çarpışmaların az olduğu materyallerin ise direnci düşüktür.

Bir materyalin direnci, farklı sıcaklıklarda büyük değişimler gösterebilir. Genellikle sıcaklık arttıkça metallerin iletkenliği artar, yarı iletkenlerin düşer. Bir materyalin direnci, uygulana magnetik alana bağlı olabilir.

Direncin bir başka tanımı da, meydana gelen akım yoğunluğunun, elektrik alanına oranıdır.

$$E \equiv \rho J \quad (2.13)$$

E : Elektrik Alan (V/m)

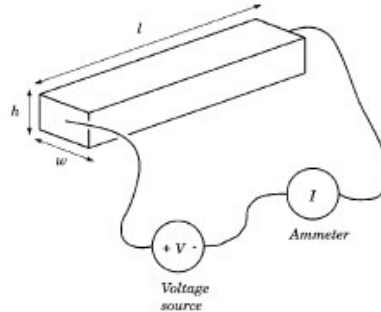
J : Akım Yoğunluğu ($A m^{-2}$)

Şekil 2.31'de gösterilen basit sistemde, Elektrik alan (E), gerilimin(V) l masafesi ile bölünmesi ile meydana gelir.

$$E = \frac{V}{l} \quad (2.14)$$

Akım yoğunluğu (J) ise, akımın(I) kesit alana (A) bölünmesi ile elde edilir.

$$J = \frac{I}{A} \quad (2.15)$$



Şekil 2.31 Özdirenc ölçümü için iki nokta metodu.

Kesit alan; yükseklik (h) ve genişlik (w) çarpımına eşittir. Denklem (2.13); (2.14) ve (2.15) i yeniden düzenlenirse, sonuç olarak denklem (2.16) elde edilir.

$$V = \frac{I\rho l}{A} \quad (2.16)$$

Buradan direnç, diye isimlendirilen yeni bir birim bulunur. Direnç (R), denklem (2.17)deki gibi ifade edilir.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (2.17)$$

Ohm kanununa göre I denklem (2.18) deki gibi ifade edilir.

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.18)$$

Direnç (R) materyalin büyüklüğüne ve şekline göre değişebilir. Ama öz direnç şekil ve büyüklükten bağımsızdır. Örneğin, uzunluk iki kat arttırılırsa, direnç de iki kat artar. Fakat öz direnç sabit kalacaktır.

2.3.3 Öz direnç Ölçümü için Deneysel Yöntemler

İletkenlik ölçümünde kullanılan üç deneysel yöntem bu bölümde açıklanmıştır.

2.3.3.1 İki Nokta Yöntemi

Şekil 2.31' de görüldüğü gibi, bir materyalin öz direnci, direnci ve fiziksel boyutları ölçülerek elde edilir. Çubuğun iki ucuna bakır tel bağlanır. Bu yöntemde iki nokta yöntemi denir. Gerilim kaynağı ile çubuğa, gerilim (V) uygulanır ve akım (I) geçişi sağlanır. Ampermetre ile çubuktan geçen akım miktarı ölçülür. Çubuğun direnci $R=V/I$ olur. Öz direnci ise (2.19) de ki denklem ile ifade edilir.

$$\rho = \frac{Rwh}{l} \quad (2.19)$$

Bu denklemde öz direnç ρ birimi Ωm , diğer yükseklik (h), uzunluk (l) ve genişlik (w) birimi de metre(m) dir.

Pratikte iki nokta ölçüm yöntemi çok güvenilir değildir. Bağlantı noktaları ve materyaller arasında genellikle bir miktar direnç vardır. Bu ek direnç de materyalin direncini gerçekte olduğundan daha fazla ölçmemize sebep olur. İkinci problem, uygulanan akıma bağlı olarak öz direncin değişim göstermesidir. Bu durum yarıiletken metallere için çok olasıdır. Üçüncü olarak da metal elektrot ve yarıiletken örnek arasındaki bağlantılar, gerçek öz direnci yanlış

ölçmeyi sağlayacak farklı elektriksel özelliklere sahip olma eğilimindedir. Bu problemlerin hepsi, dört nokta ölçüm yöntemi ile aşıyor.

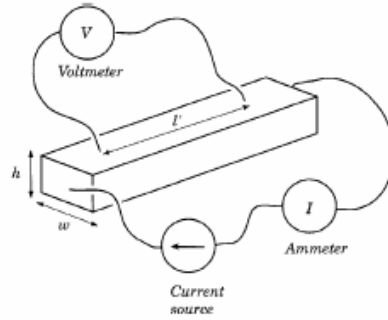
2.3.3.2 Dört Nokta Yöntemi

Dört nokta ölçüm tekniği şekil 2.32' de gösterilmiştir. Dört kablo şekilde görüldüğü gibi çubuğa bağlanır. Çubuğun uçları sabit akım kaynağı ile beslenir. Çubuktan geçen akım ayrı ampermetreler ile ölçülür. Aynı zamanda çubuğun üzerinden gerilim ölçülür. Materyalin dört nokta özdirenci denklem (2.20) de gösterilmiştir.

$$\rho = \frac{Vwh}{I \cdot l'} \quad (2.20)$$

l' : Voltmetre ölçümü için kullanılan kablolar arasındaki mesafe.(m)

Çubuğun uzunluğu l , dört nokta özdirenci hesaplamasın da kullanılmaz. Bunun yerine çubuğun üzerindeki bağlantılar arasındaki mesafe kullanılır.



Şekil 2.32 İletkenlik ölçümü için dört nokta yönteminin deneysel görünümü

2.3.3.3 Van der Pauw Yöntemi

Daha önceki bölümde anlatıldığı gibi dört nokta yönteminde, özdirenci ölçülen materyalin şekli dikdörtgen ince film veya çubuk şeklindedir. Materyalin boyutlarını ölçmeye gerek olmadan daha genel bir dört nokta ölçüm yöntemi vardır. Bu yöntemin ismi Van der Pauw yöntemidir. Yalnız bu tekniğin gerçekleştirilebilmesi için sağlanması gerekli olan dört durum vardır.

- Materyal, düz bir inceliğe sahip olmalıdır.
- Materyalin, herhangi bir ayrı ayrı deliğe sahip olmalıdır.
- Materyal, homojen ve izotropik olmalıdır.

- Dört bağlantının hepsi örneğin köşelerine yerleştirilmelidir.

Bu dört ek duruma ek olarak, herbir bağlantının bağlantı noktası alanı, tüm örneğin alanından küçük olmalıdır. Küçük örnekler için bu durum pratik veya olası değildir. Küçük bağlantılar gerçekleştirilemezler ise, yine de Van der Pauw yöntemi ile öz direnç ölçülebilir. Bu yöntemde bağlantıların boyutlarını düzeltmek için geometrik düzeltme faktörleri kullanılır.

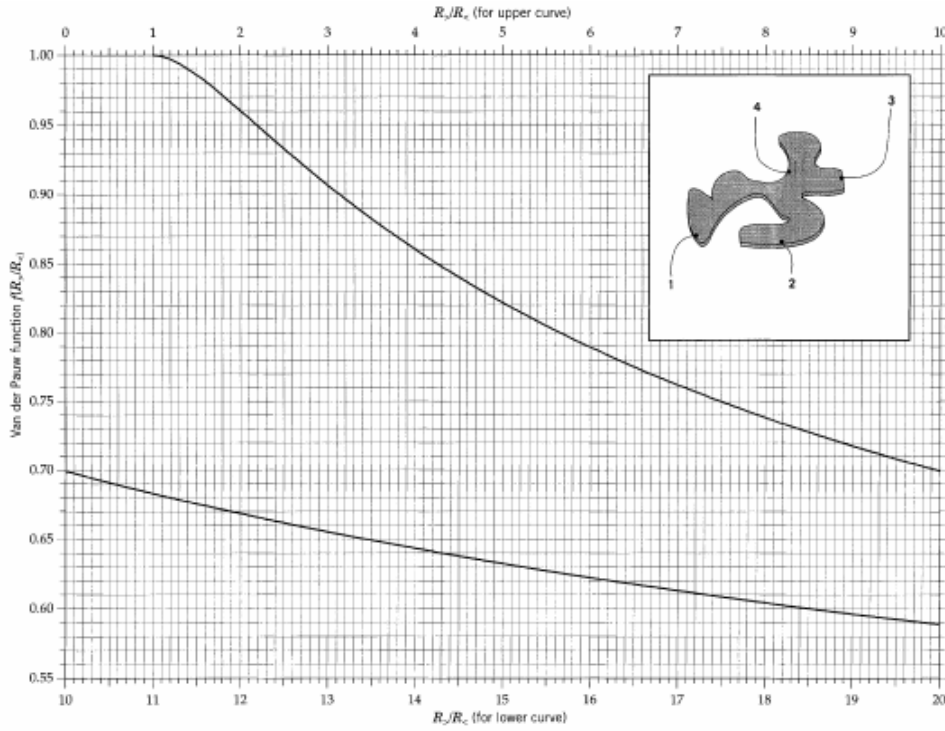
Şekil 2.33 de örnek bir ölçüm geometrisi verilmiştir. Materyallerin dört köşesine dört bağlantı yapmak için uygun bir geometri olacaktır.

Van der Pauw yöntemini gerçekleştirmek için şu prosedürü takip etmek gereklidir.

1. $R_{ij,kl} = V_{kl}/I_{ij}$ ifadesi bulunur. $V_{kl} = V_k - V_l$ olarak bulunur. I_{ij} de i noktasından j noktasına akan akımdır.
2. $R_{21,34}$ ve $R_{32,41}$ direnç değerleri ölçülür. İkisi arasından küçük ve büyük olan belirlenir.
3. $R_>/R_<$ değeri hesaplanır. Şekil 2.33 den $f(R_>/R_<)$ değeri bulunur.
4. Öz direnç ρ_a değeri, denklem (2.21) den bulunur.

$$\rho_a = \frac{\pi d (R_> + R_<) f(R_> / R_<)}{\ln 4} \quad (2.21)$$

d .: ölçülen materyalin kalınlığı (m)



Şekil 2.33 Van der Pauw yöntemi için bir ölçüm geometri şeması

5. $R_{43,12}$ ve $R_{14,23}$ dirençlerini hesaplayabilmek için bağlantılar değiştirilir. 3. ve 4. numaralı adımlar tekrarlanarak ρ_b değeri bulunur. ρ_b ve ρ_a dirençleri kendi için de biri diğerinin %10 kadar değilse, bu bağlantılar kötü kabul edilir ve ölçüm için bu bağlantılar uygun değildir. Yeni bağlantılar seçilir ve aynı işlemler tekrarlanır. %10 luk oran sağlandıysa, materyalin öz direnci ρ denklem (2.22)deki gibi bulunur.

$$\rho = \frac{(\rho_a + \rho_b)}{2} \quad (2.22)$$

2.3.4 Su Sertliği Ölçümü ile İlgili Patentler

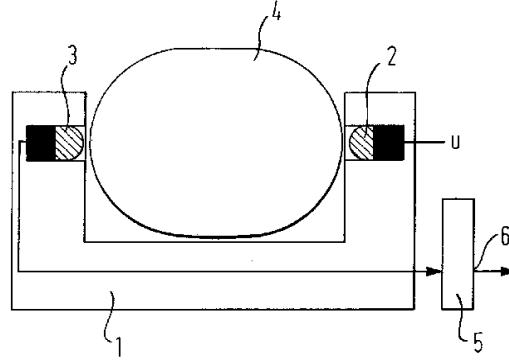
Çamaşır makinelerinde su sertliğinin ölçümü ile ilgili piyasada yapılan çalışmalardan bir kaç örneğe bu bölümde yer verilmiştir.

2.3.4.1 Su İletkenliğinin Belirlenmesi Metodu

Patent No US6035471

Patent Adı Method for detecting impermissibly high scaling in a water-conducting domestic appliance

| | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Yayınlanma Tarihi | 14.03.2000 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Knopp Lothar; Lahrmann Andreas |
| Uygulayıcı(ları) | BSH BOSCH SIEMENS HAUSGERAETE (DE) |



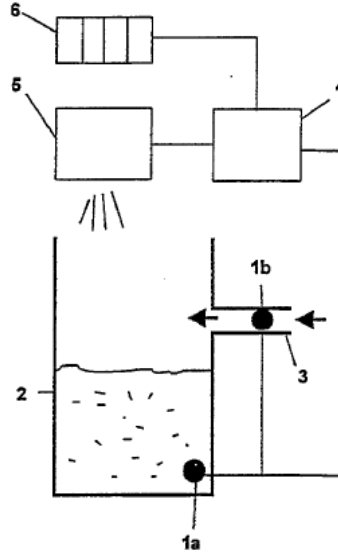
Şekil 2.34 Su sertliğini ölçen optik sensör yapısı.

Bu teknikte sert su ile çalışan ev uygulamalarında yıkama sıvısının kirliliği ortaya çıkarılabilir. Uygulama, kontrol sistemindeki ölçüm sonuçlarını tutmak için bir mikroişlemci ve ölçülen sinyaller için bir değerlendirme devresine sahiptir. Sistem, yüksek hassasiyetteki ölçümleri belirtmek için uygundur. Ölçüm aygıtı, bir ışın vericisi (2), ışın alıcısı (3) ve bunların arasına yerleştirilmiş küresel saydam bir levhadan (4) oluşur. Uygulamanın ilk aşamasında, aygıt ile bir ölçüm değeri alınır ve kaydedilir, bu ilk değer olarak kabul edilir. Daha sonra, yıkama işlemi sırasında her bir döngüde ölçümler alınır ve bunlar önceki değerler ile karşılaştırılarak değerlendirilir. Bu değerler mikroişlemci ile değerlendirilip, yıkama işlemi düzenlenir.

2.3.4.2 Çözücü Olarak Kullanılan Suyun Bulanıklılığını Ölçme

| | |
|-------------------------------|--|
| Patent No | DE19541719 |
| Patent Adı | Determining harness of water used as solvent |
| Yayınlanma Tarihi | 15.05.1997 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Schulze Lothar Dr Ing; Boettger Axel Dr Ing; Krollop Jens Dipl Ing; Muenzner Rainer Dipl Ing |
| Uygulayıcı(ları) | FORON HAUSGERAETE GMBH (DE) |

Bu patent, bir çözücü olarak kullanılan suyun sertlik derecesine karar veren bir proses ile ilgilidir. Bu proses, karakteristik kalibrasyon çizgisindeki sonuçlardan suyun sertliğine, iletkenlik sensörü vasıtası ile suyun iletkenliğinin ölçülmesini içerir. İletkenlik sensörleri (1a, 1b), suyun doldurulduğu temizleme haznesine (2) veya hazneye akan su temizleme kanalına (3) yerleştirilebilir.

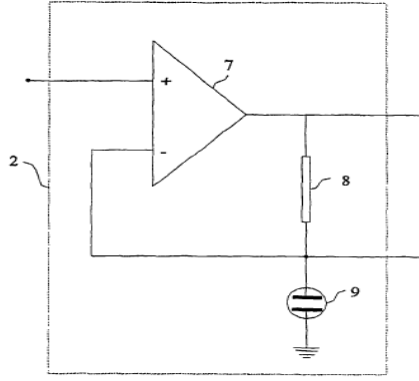


Şekil 2.35 İletkenlik sensörünün yerleşimi.

2.3.4.3 İletkenlik Sensörü

| | |
|-------------------------------|--|
| Patent No | WO02103341 |
| Patent Adı | CONDUCTIVITY SENSOR |
| Yayınlanma Tarihi | 27.12.2002 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | OEZTUERK NAZMI (TR); TANRIVERDI İBRAHİM (TR) |
| Uygulayıcı(ları) | ARCELİK AS (TR) |

Bu patent bir iletkenlik sensörü ile ilgilidir. Bunun için; bir sensör devre, bir yükseltici devre, bir doğrultucu devre, bir tepe değeri algılayıcısı ve bir reset devresi gereklidir. Sensör devresi bir yükselteç, iki elektrot ve bir dirençten oluşur. Bu devre yardımıyla, iki elektrot arasına düşen gerilim değeri yerine, sabit gerilim altında iki elektrot arasından geçen akım ölçülebilir. Fiziksel ve kimyasal dirençler, grafit elektrotlar kullanılarak ölçülebilir.



Şekil 2.36 İletkenlik sensörünün elektronik devresi.

2.4 Bulanıklık Ölçümü ve Bulanıklık Sensörü

Son elli yıldır bulanıklık ölçümü, geniş bir fiziksel ölçüm çeşitliliğine sahiptir. Bunları şöyle özetleyebiliriz. Ortamda parçacıkların yayılımı biliniyorsa, birim hacim başına konsantrasyonu belirlenebilir. Ortamdaki parçacıkların konsantrasyonu biliniyorsa, partiküllerin büyüklüğü belirlenebilir.

Bulanıklık ölçümünü anlamak için gerekli olacak temel bilgiler son derede basittir. Elektriksel olmayan bir hacmin içinden zayıf bir ışık geçirildiğinde, yansımalar kaybolur. İletilen ışığın yoğunluğunun düşmesi için iki belirgin süreç vardır. Bunlar yayılma ve emilimdir. Yayılıma bağlı olarak iletilen ışık yoğunluğunun düşmesi, ortamın bulanıklılığı olarak isimlendirilir. Beer-Lambert veya Lambert kuralları, iletim yoğunluğunun bulanıklık ve soğurma etkilerini açıklar. Bu kural, denklem (2.23) ile ifade edilir.

$$I_T = I_0 \exp-(\alpha - \tau)l \quad (2.23)$$

I_T : Örneğin içinden geçen ışığın yoğunluğu

I_0 : Örnekte var olan ışığın yoğunluğu

α : Birim uzunluk başına soğurma katsayısı

τ : Birim uzunluk başına bulanıklık

l : Örnekteki ışık yolunun uzunluğu

Yukarıdaki denklemde yoğunluklar yerine ışığın kuvvetini kullanmak daha doğru olacaktır. Denklem bu hali denklem (2.24) de verilmiştir.

$$P_T = P_0 \exp-(\alpha - \tau)l \quad (2.24)$$

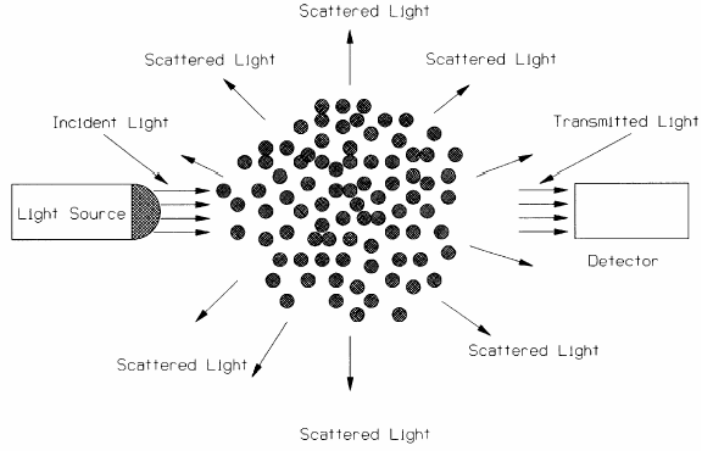
Karşılaşılan en genel durum, içerisinde yayılan ve emilen parçacıkların bir arada olduğu ortamlardır. Burada incelemesi daha kolay olan iki ortak durum üzerinde daha fazla durulacaktır. Bunlar, parçacıkların emilmediği bir ortam ve ortamdaki dalgalanmalarla yayılıma sebep olunan bir ortam olmak üzere iki çeşittir.

Ölçüm araçları genelde ticari ve laboratuvar yapımı olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Ticari olanlarda iki tiptir. Ticari olanlar, spektrofotometre ve beyaz ışık bulanıklık ölçerlere bağlı olarak çalıştırılırlar. Laboratuvar ölçümü için yapılanlar ise özel yapımlardır. Bunlar tek ışınlı(single beam) ve çift ışınlı(dual beam) olma üzere en az iki tiptirler. Tek ışınlı aygıtlar dengeli ışık kaynağı hassasiyetine sahiptir. Buna karşın çift ışınlı aygıtlar ise ışık kaynağındaki sapmaları düzeltir. Referans ışının ve iletilen ışının matematiksel ve elektroniksel oranı alınması ile yansımalar kaybedilir.

Bundan sonraki açıklamalar üçe ayrılmıştır. İlk olarak bulanıklık ölçümünün fiziksel temeli ve ortamdaki yayılmanın konsantrasyonu veya ortamdaki partiküllerin dağılımı ifade etmek için nasıl ölçümler kullanılabileceği açıklanacaktır. İkinci olarak, saf bir akışkanın bulanıklılığı ve ölçümlerden kritik kuvvet katsayılarının nasıl hesaplanabileceği gösterilir. Son olarak da laboratuvar aygıtları ve bunlar arasında seçim yapılması ile ilgili açıklamalar vardır.

2.4.1 Söndürme ve Bulanıklık: Emici Olmayan Bir Ortamdaki Partiküller

Elektromagnetik ışımının, parçacıkların rasgele yerleştiği bir ortama düştüğü ve iletilen ışımının algılandığı farz ediliyor. Bu olay şekil 2.37 de gösterilmiştir. Mevcut durumda algılayıcı ve kaynağın ortamın içinde olduğu düşünülür. Algılayıcılar tarafından alınan ışıma, ortamda parçacıklar (parçacıklar ışımı soğurur) var olduğu için ışımının tamamı değildir. Işımanın sönümü, emilim ve yayılım olmak üzere iki sürece bağlıdır, buna karşın bulanıklık sadece yayılıma bağlıdır. Yayılımda, ışımının toplam enerjisinde bir değişim olmaz, daha ziyade düşen ışımalar düştüğü yönden farklı yönde dağılırlar. Emilimde, düşen ışının enerjisinin bir kısmı, başka bir enerji formuna dönüşür. Işımanın bu şekilde sönümü daha karışık bir durumdur. Bunun sebebi, kimyasal birleşim, parçacıkların büyüklüğü, şekli, sayısı ve dağılımıdır.



Şekil 2.37 Bulanıklılığın fiziksel temelini içeren deneysel gösterim

Yayılmada parçacıkların kesitlerine (C_i) odaklanılır. Kesitler açısından enerji korunması denklem (2.25) deki gibi ifade edilir.

$$C_{ext} = C_{scatt} + C_{abs} \quad (2.25)$$

C_{ext} : Söndürme kesiti

C_{scatt} : Dağılım kesiti

C_{abs} : Emilim kesiti

Bu kesitlerin hepsi alan ölçümüdür. Daha geniş kesitteki alanlar, daha geniş etkilere; daha küçük kesitteki alanlar ise daha küçük etkilere sahip olurlar. Emilimin olmadığı bir ortamda $C_{abs} = 0$ dır.

Ölçülen bulanıklığı nasıl ilişkilendirdiğimize bakalım. Emilimin olmadığı bir ortam, yayılım kesit değerine sahip parçacıklar ve bu parçacıkların birim hacim başına n tane olduğunu düşünelim. Bu değerlere göre iletilen ışığın gücü denklem (2.26) de ifade edilmiştir.

$$P_T = P_0 \exp -(n \cdot C \cdot l) \quad (2.26)$$

P_T = İletilen ışının gücü

P_0 = Düşen ışının gücü

Güç algılanan miktara bağlı olduğu için, yoğunluktan güç ifadesine geçilir. Güç, elektromagnetik ışımanın uzamsal bozulmalarından bağımsızdır. Bu değişim, denklem (2.26) ile karşılaştırıldığında ve $\alpha = 0$ iken, bulanıklılığın tanımı denklem (2.27) deki gibidir.

$$\tau = n \cdot C \quad (2.27)$$

Yukarıdaki ifadeden görüldüğü gibi ölçülen bulanıklık, n değeri biliniyorsa C_{scatt} ile ilişkilidir.

2.4.2 Saf Akışkanlardaki Yoğunluk Dalgalanmasına Bağlı Bulanıklık

Bilindiği gibi çok saf ve filtrelenmiş akışkanlarda bile yayılıma bağlı algılanan güçte bir miktar azalma görülür. Bunu, ortamda her zaman var olan dielektrik sabitindeki dalgalanma ile açıklayabiliriz. Dielektrik sabiti ışığın yayılımı ile ilgili bir katsayıdır. Termodinamik uygulamalar ve istatistiksel mekanik kuralları sayesinde bulanıklılığın tanımı denklem (2.28) daki gibidir.

$$\tau = \frac{8\pi^3}{2\lambda^4} \left[\rho \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial \rho} \right)_T \right]^2 kT\beta_T \quad (2.28)$$

ρ : Yoğunluk

ϵ : Dielektrik sabiti

k : Boltzmann sabiti

T : Mutlak sıcaklık

λ : Düşen ışığın dalga boyu

β_T : İzotermal sıkıştırılabilirlik

İkinci derece faz geçiş sıralarında dalgalanmalar, daha geniş mesafeler ile ilişkili olurlar. Korelasyon uzunluğundaki (ξ) yükselme etkilerini içermesi için bu ifade genelleştirilmelidir. Bu durumda bulanıklık ifadesi şu şekilde olur.

$$\tau = A\pi\beta_T \left[\frac{2\alpha^2 + 2\alpha + 1}{\alpha^3} \ln(1 + 2\alpha) - \frac{2(1 + \alpha)}{\alpha^2} \right] \quad (2.29)$$

$$A = \frac{\pi^2}{\lambda^4} \left[\rho \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial \rho} \right)_T \right]^2 kT \quad (2.30)$$

$$\alpha \equiv 2 \left(\frac{2\pi n}{\lambda} \xi \right)^2 \quad (2.31)$$

Denklemdaki n , akışkanın kırılma indeksidir. İzotermal sıkıştırılabilirlik ve korelasyon uzunluğu yaklaşık olarak güç kural davranışını ifade eder.

$$\beta_T, \xi \approx \left(\frac{|T_c - T|}{T_c} \right)^{-X_i} \quad (2.32)$$

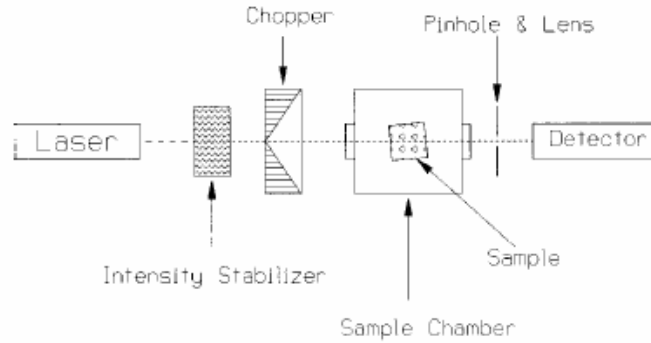
$\tau(T)$ ' nun belirlenmesi, β_T ve ξ gibi katsayıların belirlenmesini sağlar. Bu teknik ile ikili karışımlar, akışkan kristaller ve diğer sistemler için geliştirilmiştir.

2.4.3 Laboratuvar Aygıtlarının Tasarımı

Ticari aygıtlar kullanılarak sağlanan ölçümlerden daha doğruları gerektiğinde, bulanıklık ölçüm aletinin yapısı ortaktır. Temel olarak iki çeşit aygıt vardır (dual beam ve single beam). Her iki ölçümde de AC ve DC ölçüm mümkündür. Genellikle uzun süre kararlı senkron ac ölçüm teknikleri, DC tekniklere göre üstündür. Bu bölümde bu teknikleri anlatacağız.

2.4.3.1 Tek Işınlı Aygıtlar: Optik

Tek ışınlı aygıtların temel optik tasarımı şekil 2.38' de gösterilmiştir. Işık kaynağı düşey olarak helyum-neon ışını ile polarize edilmiş ve düşük güçlüdür. Polarize olan ışını kullanmak önemlidir. Polarize olmamış ışının yönü düzgün değildir. Bu, aygıtta çeşitli yüzeylerden zaman bağımlı yansıma katsayılarını yönlendirir.



Şekil 2.38 Tek ışınlı bulanıklık ölçüm aygıtı için optik blok diyagram

Lazer ışın düzenleyici aygıtın içinden geçer. Bu aygıt lazer gücündeki uzun süreli sapmaları azaltır, böylece tek ışın uygulamalarına izin verir. Emilim durumuna bağlı örneğin herhangi bir şekilde ısınmasına karşın ışın, 50-100 μW seviyesindeki ışınları inceleyecek doğal yoğunluk filtresi içinden geçirilir. Işın hattında bundan sonraki bölüm uygulama tipine bağlıdır. Ac uygulamalar için, ışın hattına bir ışın kesici eklenir ama DC uygulama için herhangi başka bir ek gerekmez. Kesicinin çıkışı senkron algılama için kullanılır. Daha sonra kapalı özel bir odacık gelir. Bu odacık için bir giriş, bir çıkış ve yansıyan ışınlar ile çevredeki herhangi bir ışının karışmasını engelleyen bir tasarıma ihtiyaç duyulur. Diğer tasarım detayları çalışılacak materyaller ve sağlanan dış faktörlere göre belirlenerek kontrol edilir. Işın odacığının içinden

geçirildikten sonra iğne delikli veya mercek-iğne deliği kombinasyonu olan bir yüzeyin içinden geçirilir. Bu, algılayıcı için küçük bir görüş açısı anlamındadır. Bundan sonra optik süreç tamamlanmış olur. Birçok uygulama için pin foto diyot mükemmel ve ucuz bir elemandır. Bununla birlikte birkaç uygulamada da başka algılayıcı tipler uygun olabilir.

2.4.3.2 Tek Işınlı Sistemler: Elektronik

Senkron ve DC algılama için foto diyotun çıkışı, akım gerilim dönüştürücüsü kullanılarak gerilime dönüştürülmüş olmalıdır. Bu fonksiyon için yalnız tek direnç kullanılmamış olması önemlidir. En basit ve pratik akım-gerilim dönüştürücüleri FET opamplarını kullanır. Bu devre, empedans dönüştürücü yükselteç (transimpedance amplifier) olarak da bilinen, standart ve bir çok uygulamada da bulunabilen

DC algılama kullanıldığında, akım-gerilim dönüştürücüsünden elde edilen çıkış gerilimi voltmetre ile ölçülür. Elektronik ve foto diyotu sabit sıcaklıkta tutarak, DC çalışmanın kararlılığı geliştirilebilir. Bunun dışında algılayıcı kaçak ışıklardan korunmalıdır. Bunun anlamı aygıt, karanlık bir oda ya da ışık geçirmez bir odada çalıştırılır. Yalnız bu sistem lazerin ve sistemin aşırı ısınmasına sebep olabilir. Lazer dalga boyunu geçiren “spike” fitresi, bu problemin çözümünde yardımcı olur.

Senkron AC ölçüm kullanılırsa, akım-gerilim dönüştürücüsünün çıkışı, kesiciyi senkronize eden lock-in amplifiyerin (faz hassasiyetli algılayıcı) girişi olur. Bu durumda ticari ürünler uygun ve kullanılabilir. Sistem için bir modülatör/demodülatör, iletilen sinyalin ve referans sinyalinin aynı fazda olmasını sağlayacak bir faz öteleyici ve bir RC filtre kullanılarak yapılandırılır. RC filtresinin gerilim çıkışı DC voltmetre ile ölçülür. Senkron algılama, 1/f kadar daha düşük gürültüye sahip olma özelliğine sahiptir. Ayrıca senkron algılama, referans sinyal ile senkronize edilmemiş sinyalleri ayırt edebilir.

Tek ışın yöntemi, bulanıklılıkta ölçüm değişimleri için çok uygundur. Bunu görmek için akım-gerilim dönüştürücüsünün çıkış gerilimine bakılır. İfade $V_t = AP_T$ şeklinde verilir. A, aygıt sabitidir. Bu değer, akım-gerilim kazancını, foto diyottaki akım dönüşümüne bağlı ışık kuvvet seviyesi, çeşitli ara yüzlerden yansıma kayıpları, düşen ışık gücü gibi faktörleri içerir. Denklem (2.24)de verilen ifadeden dolayı, V_{dc} şu şekilde yazılabilir.

$$V_{dc} = B \exp-(\alpha + \tau) \quad (2.33)$$

Bu denklem de B diğer bir değişkendir Onun ifadesi (2.34) de gösterilmiştir.

$$B = A P_0 \quad (2.34)$$

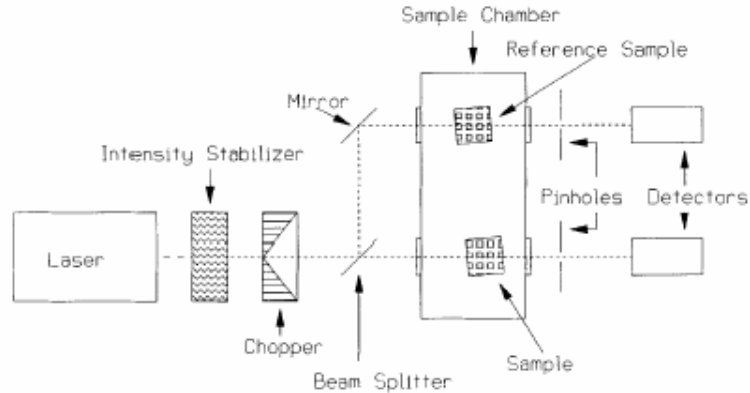
(2.33)deki denklemden de τ çekilirse, denklem aşağıdaki gibi olur.

$$\tau = \frac{1}{l} \ln \left(\frac{V_{dc}}{B} \right) - \alpha \quad (2.35)$$

Çok sayıda farklı örnek karşılaştırılmak isteniyorsa, bu teknik daha sınırlıdır. Verilen örnek için bulanıklıktaki değişim, dışarıdan kontrol edilebilen parametrelerin bir fonksiyonu olarak kolaylıkla ölçülebilir. A aygıtı sabitindeki ufak değişimler, aygıtın rasgele küçük hatalar yaratmasına sebep olur. Bazı durumlarda, iki örnek arasındaki bulanıklık farkı küçük olabilir. Bu durumda çift ışın aygıtları kullanılır.

2.4.3.3 Çift Işınlı Aygıtlar: Optik

Çift ışınlı, iki algılayıcı aygıtın optik tasarımı, şekil 2.39' da gösterilmiştir. Optik tasarımın ilk bölümü tek ışınlı aygıtlarda olduğu gibidir. İki tasarım arasındaki ilk fark, çift ışınlı aygıtların şiddet dengeleyicisine ihtiyaç duymamasıdır. Fakat şiddet dengeleyicisinin sisteme eklenmesi performansı artırır. İkinci fark ise lazer ışınını çiftlemek için bir ışın dallandırıcısının (splitter) kullanılmasıdır. Bu ışınlardan bir tanesi (genellikle yansıyan ışın) referans örnekten geçen referans ışını olur. Diğer ışında, tek ışınlı sistemde olduğu gibi örnek üzerinden geçirilir. Bu iki ışın delikli mercekten geçirilerek, algılayıcıların üzerine düşer.



Şekil 2.39 İki algılayıcı ve çift ışınlı bulanıklık aygıtının optik blok diyagramı

Tek ışınlı sistemlerde yapılan yorumlar burası içinde geçerlidir. Elektronik temeli de aynıdır. Burada da AC ve DC algılama kullanılabilir. Laboratuvar deneyimleri gösteriyor ki; örnek sinyali birleştirilmiş devre bölücü kullanılan referans sinyali ile eş zamanlı bölünmesi ile en iyi sonuç sağlanır. İki ışın ve tek algılayıcı kullanılarak gerçekleştirilen değişiklik şekil 2.39 da

gösterilmiştir. Değiştirilen tasarım, iki farklı algılayıcının mutlak kararlılığı için gerekli olanları eler, fakat daha fazla karışık diyot kullanımı gerekir.

Sistemin devamında analizin şöyle olduğu farz edilir. Ölçülen çıkış gerilimi, örnek sinyal geriliminin referans sinyal gerilimine oranıdır. Algılayıcıların akım-gerilim dönüştürücülerinin gerilim çıkışı, V_{sig} ; referans sinyal algılayıcısının akım-gerilim dönüştürücüsünün gerilim çıkışı ise V_{ref} 'in değerini verir. Bu değerleri şöyle ifade edebiliriz.

$$V_{sig} = AP_T \quad (2.36)$$

$$V_{ref} = CP_R \quad (2.37)$$

A, C : Aygıt sabiti

P_R : Algılayıcıdaki referans ışının kuvveti

A ve C değerlerinin sabit değerler olduğuna dikkat etmek önemlidir fakat bunlar aynı değerler değildir. Çıkış geriliminin oranı V_{out} ' dur. Bu ifade aşağıda gösterilmiştir.

$$V_{out} = \frac{V_{sig}}{V_{ref}} = \frac{AP_T}{CP_R} = D \frac{P_T}{P_R} \quad (2.38)$$

$$D = A / C \quad (2.39)$$

Dikkat edilecek olursa, bu düzenlemede iki gerilim üzerindeki ortak gürültü, silinme eğilimindedir. (2.26) deki ifade de, P_T yerine P_R yerleştirildiğinde, denklem aşağıdaki gibi olur.

$$P_R = f * P_0 \exp-(\alpha_R - \tau_R)l_R \quad (2.40)$$

α_R : Referans ışındaki örneğin emilimi

τ_R : Referans ışındaki örneğin bulanıklılığı

l_R : Referans ışın örneğinin kalınlığı

f : Işın dalgalandırıcısı tarafından belirlenir.

İfadeler l_R yerine l konularak düzenlenirse, aşağıdaki gibi olur.

$$V_{out} = D \frac{P_0 \exp-(\alpha + \tau)l}{f * P_0 \exp-(\alpha_R + \tau_R)l} \quad (2.41)$$

$$\tau = -\frac{1}{l} \ln \left(\frac{V_{out}}{D'} \right) + \tau_R - \alpha + \alpha_R$$

$$D' = D / f \quad (2.42)$$

Referans olarak saf bir akışkan seçildiğinde, ifade basitleşir. $\tau_R 10^{-5}$ mertebesinde, α_R ise ihmal edilebilir düzeydedir.

2.4.3.4 Çift Işınlı Aygıtlar: Elektronik

İki akım-gerilim dönüştürücüsü içeren dc algılama için elektronik yapı her bir iletken için ayrıdır. Bununla birlikte deneyler şunu gösteriyor; daha iyi bir kararlılığın gerçekleştirilebilmesi için, iki sinyal çıkışının ayrılması gereklidir.

AC algılamanın elektroniği ise referans sinyal ve örnek sinyalin ayrılmasından sonra iki senkron algılayıcıdan oluşur.

2.4.4 Sınırlamalar

Çok kuvvetli olmayan ışığı ileten fazlaca bulanıklık örneklerini bir foto diyot kullanarak ölçmek zor olabilir. Böyle durumlarda foto diyotlar, fotomultiplikatör (ışılçoğaltıcı) ile değiştirilebilir. Fotomultiplikatörden gelen karanlık sinyal, bir kesici kullanılarak azaltılır. Sinyalin mevcut olduğu ya da bloke olduğu her iki durumda da, çıkışlar ölçülür, ortalamaları alınır ve farkları hesaplanır. Çok iyi önlemler alınmaz ise hatalı sonuçlar meydana gelebilir. Çünkü iletilen kuvvet, iletilen ışın kuvveti kadar ya da daha büyüktür.

2.4.5 Bulanıklık Sensörü ile İlgili Patentler

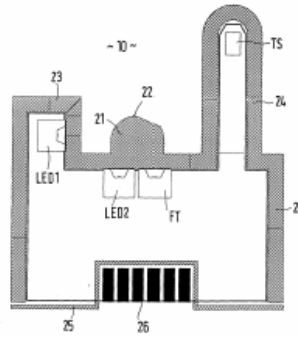
Çamaşır makinesinde kir miktarını ölçmek için kullanılan bulanıklık ölçüm sistemleri adına yapılmış çalışmalardan birkaç örneğe bu bölümde yer verilmiştir.

2.4.5.1 Gaz veya Sıvı Bir Ortamın Niteliklerini Belirlemek için Sensör Tasarımı

| | |
|-------------------------------|--|
| Patent No | EP1245713 |
| Patent Adı | Sensor to measure the properties of a gaseous or liquid medium |
| Yayınlanma Tarihi | 02.10.2002 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Baltes Reinhold; Jung Clemens; Loch Christian (IT) |
| Uygulayıcı(ları) | WHIRLPOOL CO (US) |

Bu patent başvurusu sıvı bir ortamın özelliklerini ölçmek için bulunan bir sensör ile ilgilidir. Özellikle yıkama suyunun kirliliği ve köpük oranını algılamak için kullanılmaktadır. Bunun için bir optik sınır yüzeyi ile bir ışın kaynağı, ışın alıcısı ve saydam sensör gövdesi

gereklidir. Işıma kaynağı bir ışın demeti (light beam) oluşturur. Bu ışın demeti sensör yüzeyine düştüğünde, bir kısmı kritik açının altında bir kısmı üstünde kalır. Ve ışın alıcısı bu değerlere göre su, hava ve köpük için farklı ölçüm sinyalleri gönderir. Bu sinyallere göre de ortamın tipi anlaşılabilir. Ayrıca bu patentte, sıcaklık ölçümü için ayrı bir sıcaklık sensörü kullanmaya gerek yoktur. Çünkü sensör gövdesinde sıcaklık sensörünü (temperature sensor, TS) yerleştirmek için yüzeyden yukarı doğru uzayan ek bir bölüm (24) de oluşturulmuştur. Böylelikle ortam sıcaklığı da ölçülebilir. Sonuç olarak, bu aygıt bize ortamın tek bir özelliğinin ölçmek yerine, birkaç farklı özelliğini tek bir sensör gövdesi içinde ölçmemizi sağlar.

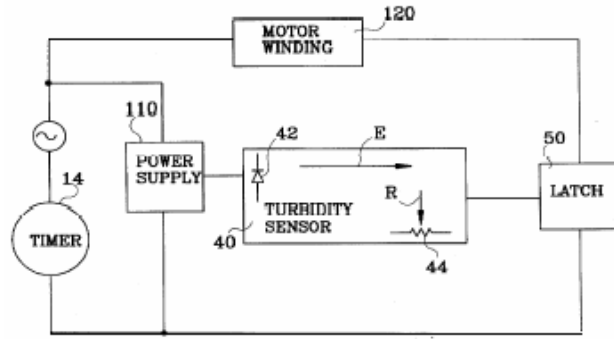


Şekil 2.40 Sıcaklık sensörü bütünleşmiş optik sensör.

2.4.5.2 Elektromekanik Kir Sensörü

| | |
|-------------------------------|--|
| Patent No | US5729025 |
| Patent Adı | Electromechanically actuated turbidity sensor for a machine for machine articles |
| Yayınlanma Tarihi | 17.03.1998 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | Timothy K. Erickson, Lena; Brady J. Hammond; Gary R. O'brien |
| Uygulayıcı(ları) | HONEYWELL INC. (US) |

Bu patent, çamaşır makinelerindeki elektromekanik zamanlayıcı ile etkinleştirilmiş bir kir sensörü ile ilgilidir. Kir sensörü makinenin içindeki suyun kir miktarını belirler ve bir sonraki su alma işlemine izin verip vermeyeceğine karar verir. Eğer suyun kirliliği yeterince az ise, su alma işlemi önlenir ve makinenin içinde varolan suyun kaybedilmesi engellenmiş olur.



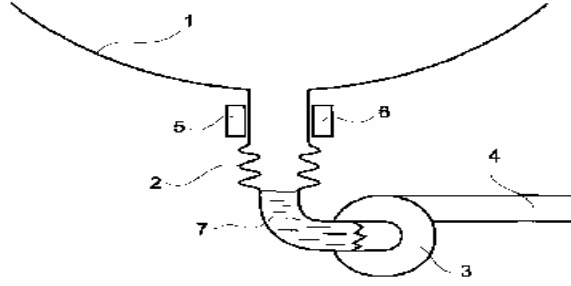
Şekil 2.41 Basitleştirilmiş sistem devre şeması.

Mevcut su yeniden kullanılarak ve enerji korunarak, temiz suyun yeniden kullanılmasına izin verir. Yukarıdaki devre sistemin çalışma mantığına dair temel bir bilgi vermektedir. Timer (14) bir anahtar ile devreye bağlanmıştır. Devreye ait güç kaynağı (110) AC 110 volt ve 60Hz gerilimi, sensör (40) ile kullanabilmek için DC 12 volta çevrilmiştir. Işın yayan diyot (42), E ışın demetini ortama yayar. Yansıyan ışın demeti R, foto direnç (44) ile algılanır. Algılanan değere göre latching ve bekleme devresi (50) aktivasyondan bir motor çevrimi bekleterek bir gecikme sağlar. Motor çevrimi durdurulduğunda, su makinede kalır. Bu da temiz suyun makineden atılmadan tekrar kullanılmasına izin verir.

2.4.5.3 Kir Sensörü ile Çamaşır Makinesi Program Adımlarının Kontrolü

| | |
|-------------------------------|--|
| Patent No | EP0992621 |
| Patent Adı | Method for controlling a liquid carrying domestic apparatus and a domestic apparatus controlled according the method |
| Yayınlanma Tarihi | 12.04.2000 |
| Buluşu Yapan Kişi(ler) | CZYZEWSKİ GUNDULA; ENGEL CHRISTIAN; SCHULZE INGO |
| Uygulayıcı(ları) | BSH BOSCH SIEMENS HAUSGERAETE (DE) |

Bu patent çamaşır makinesindeki program adımlarının (yıkama ve durulama gibi) kir sensörü ile kontrol edilmesine yönelik bir metot ile ilgilidir. Kir sensörünün (5,6) çıkış sinyalinin parçaları, uygulama haznesinin (1) dışına atılan yıkama, durulama veya boşaltma suyunun kontrol edilmesinde kullanılır. Sensör bir ışın emitörü (5), optik ölçüm yolu ve bir ışın alıcıdan oluşur. Sensör makinede sıvı akışının olduğu bir yere yerleştirilebilir.



Şekil 2.42 Kir sensörünün yerleşim şeması.

2.4.5.4 Yıkama Adımları Sırasında Kirliliğin Ölçmek için Aygıt Tasarımı

Patent No DE19858386

Patent Adı

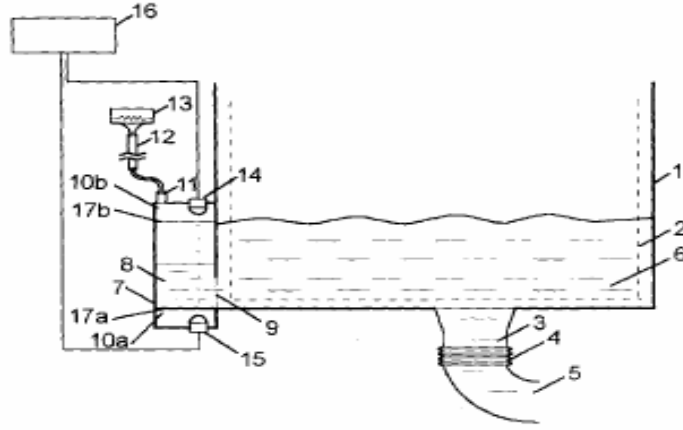
Transmission measuring device for registering turbidity of washing solution has transmitter housing mounted on washing solution container of application

Yayınlanma Tarihi 21.06.2000

Buluşu Yapan Kişi(ler) Czyzewski Gundula; Engel Christian

Uygulayıcı(ları) BSH BOSCH SIEMENS HAUSGERAETE (DE)

Bu patent optik bir kir sensörü ile ilgilidir. Bir yıkama su yolu yardımıyla iletken levha kaba bağlanır. Yıkama su seviyesi artmaya başladığında, su iletken levhaya doğru akar. Bu sensör ünitesi, levhanın üzerine takılmış bir optik verici (14) ve optik alıcıdan (15) meydana gelir. Optik verici, ışık yayan diyot gibi; optik alıcı da, bir foto transistör gibi davranır. Bu alıcı ve verici arasında kalan suyun kirliliğine, ışının alıcıdan vericiye ulaşana kadar yönün değişip değişmediğine bakılarak karar verilir. Ayrıca ölçüm kabında ki su seviyesi belli noktalarda (17a,17b) sınırlandırılmıştır. Ölçümün düzgün bir şekilde yapılabilmesi için, yıkama kabındaki su ne kadar yükselirse yükselsin, ölçme kabında ki su belli bir noktayı aşmaz. Bu fazlalık da ölçme ve yıkama kabının birleştiği noktadaki açıklık (9) ile dengelenir.



Şekil 2.43 Kir sensör ünitesi.

2.4.5.5 Program Kontrollü Çamaşır Makinesi

Patent No DE19908803

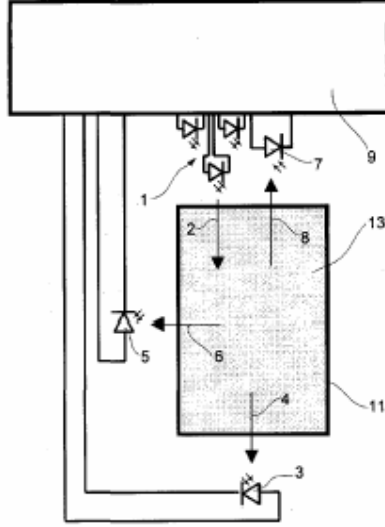
Patent Adı Program-controlled washing machine has program control section for prewash and/or main wash and for rinsing

Yayınlanma Tarihi 07.09.2000

Buluşu Yapan Kişi(ler) Jaehnert Detlef

Uygulayıcı(ları) BSH BOSCH SIEMENS HAUSGERAETE (DE)

Bu patent, kir sensörünün renk algılanmasında kullanılması ile ilgilidir. Optik kir sensörü, yıkama suyunun renginin algılanmasında kullanılabilir. Sensör, deterjanın sebep olduğu kirden rengi ayırır. Bir ışın kaynağı (1) ve kaynağa bağlı, üç farklı renkte ışın yayan diyottan (3,5,7) oluşur. Bunlar kontrol ve değerlendirme ünitesine bağlıdır.



Şekil 2.44 Program kontrollü yıkama makinesinde kullanılan kir sensörü.

2.5 Çamaşır Makinesi Sensör Uygulamaları Literatür Araştırma Sonuçları

Beyaz eşyada en fazla potansiyel sensör uygulaması olan ürün çamaşır makinesidir. 2000-2005 yılları arasında çamaşır makinesi ile ilgili yapılan patent başvuru sayısının hızla arttığı görülmektedir.

Çamaşır makinesinde kullanılan en eski sensör uygulaması NTC sıcaklık sensörüdür, su sıcaklığı algılamakta ve yıkama algoritmalarına uygun sıcaklık kontrolü yapılmaktadır. Bu konu çok eski ve bilinen bir yöntem olduğu için bu konu ile ilgili son zamanlarda yapılmış yeni bir patent başvurusu ile karşılaşılmasıdır.

Çamaşır makinesinde basınç sensörü su seviye algılama, çamaşırın cins ve yükünü algılama ve dengesiz yük algılama uygulamaları ile ilgilidir. Ayrıca basınç sensörü ve motor hareket parametreleri kullanılarak köpük algılamaya yönelik az sayıda patent mevcuttur. Algılanan bu parametrelere bağlı olarak su seviyesi kontrol, çamaşırın cins ve miktarına uygun mekanik hareket kontrolü, deterjan dozajlama, su ve zaman ayarlamasına bağlı yıkama algoritmalarının geliştirilmesinde kullanılmaktadır.

Çamaşır makinesinde kir sensörü olarak, genellikle infrared dalga boyunda çalışan optik sensör kullanılmaktadır. Optik sensörü verici tarafta bir kızılötesi ışık kaynağı ve alıcı tarafta bir ya da birbirine 90°C açı ile yerleştirilmiş iki adet foto dedektörden oluşmaktadır. Optik kir sensörü yıkama suyunun bulanıklığının algılanmasında kullanılmaktadır. Bu yolla çamaşırın

kir miktarı algılanmakta; buna bağı olarak yıkama süresi, deterjan miktarı, mekanik hareket ve durulama adedi gibi yıkama algoritması için belirleyici olan parametrelere karar verilmektedir. Optik kir sensörü ile ilgili patentlerin bir kısmı sensörün ilave bir NTC sıcaklık sensörü ile kullanılması ve sıcaklık kompanzasyonunun yapılması ile ilgilidir. Optik kir sensörü için diğ er bir önemli konu da sensörün kalibrasyonudur. Bunla ilgili patent başvuruları da mevcuttur.

Ayrıca çamaşırın renginin algılanması uygulamalarında da üç renk için seçiciliği olan RGB filtre içeren (red, green, blue) optik sensör kullanılmaktadır. Genelde bu sensörler 3 temel renge duyarlı foto diyot içermektedir. Çamaşırın renginin algılanması, otomatik yıkama algoritmalarının geliştirilmesinde önemlidir. Burada amaç çamaşırın renkli mi, beyaz mı olduğu ayırımına varmaktır.

Çamaşır makinesinde iletkenlik sensörü 2 probdan oluşmaktadır. Probların yüzeyi paslanma ve korozyona karşılık özel bir malzeme ile kaplanmaktadır. Sensör suyun direncini ölçmektedir ve bu yolla su sertliği algılanmaktadır. Su sertliği algılanarak durulama adedi ve durulama süresi kontrolü yapılmaktadır. Patentlerde yer verilen iletkenlik sensörü bu algılama mekanizmasına dayanmaktadır.

Çamaşır makinesinde yük, dengesiz yük ve cins algılama uygulamalarında basınç sensörü kullanılmaktadır. Çamaşır makinesinde yük/dengesiz yükün algılanması; cins algılama ve buna uygun mekanik hareket düzenlenmesi, deterjan dozajlama, su ve enerji optimizasyonu ve çamaşırın cins ve miktarına uygun yıkama algoritması geliştirilmesi için önemlidir. Yük/dengesiz yük algılama ile ilgili patentlerde 2 temel uygulamaya rastlanmıştır. Bunlardan birisi ve en temel bilinen yöntem; çamaşır makinesi kazanı altına deplasman sensörü yerleştirilerek yük/dengesiz yükün algılanmasıdır. Bu konudaki patentler deplasman sensörü üreticilerine ait olduğu gibi (SUSPA, MICROEPSILON, MARQUART), bu sensörlerle uygulama geliştiren beyaz eşya üreticilerine de (BOSCH SIEMENS, MIELE) aittir. Diğ er bir yük/dengesiz yük algılama yöntemi de basınç sensörü ve motor motor hareket parametreleri ölçülerek, dolaylı yoldan yük/ dengesiz yükün algılanmasıdır. Bu konu ile ilgili alınmış çok sayıda patent mevcuttur.

Patentler incelendiğinde tek sensör kullanımı yerine tümleşik sensör kullanıldığı görülmektedir. Sıcaklık-Basınç, Kir-Sıcaklık, Kir-Sıcaklık-İletkenlik gibi tümleşik sensör bilgilerini kullanarak yıkama algoritması geliştirmek daha çok hedefe hizmet etmektedir. Pek çok beyaz eşya üreticisi, sensör üreticileri ile ortak çalışma içerisindedir ve beyaz eşya teknik

isterlerine, uygulama ve hedeflenen çıktılara uygun tümleşik sensör geliştirmektedir.

Bir sonraki çalışmada rakip üreticilere ait çamaşır makinelerinde kullanılan sensör türleri, algılama algoritmaları, özel olarak basınç sensörü türleri ve yeni nesil MEMS basınç sensörlerinin çamaşır makinesinde kullanımıyla ilgili literatür bilgisine yer verilecektir.

3. BULANIK MANTIK İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇM MODELİ

Kontrol teorisi açısından bakıldığında, çamaşır makinesi çalışma çevrimi açık çevrim bir kontrol sistemine (şekil 3.1) sahiptir. Çevrim içinde çoklu girişler ve buna bağlı olarak da çoklu çıkışlar mevcuttur. Çalışma süreci sırasında, farklı değişkenlerin değeri, farklı komponentleri kontrol eder. Bu değişken değerlerde genelde sensör çıkışlarıdır.



Şekil 3.1 Açık Çevrim Kontrol Sistemi

Makine üzerinde daha iyi bir kontrol sağlamak için farklı tipte ve sayıda sensörler kullanılabilir. Çamaşır makinesinde, çalışmaya başlamadan ve çalışma esnasında değerleri okunacak sensörler ile daha verimli bir yıkama sağlanabilir. Verimli yıkamada esas alınan, optimum su kullanımı ile buna bağlı minimum enerji harcamasıdır. Ayrıca kullanıcının program seçiminde etkinliğini kaldırmakta amaçlanan diğer bir hedefdir. Böylelikle yanlış program seçimi sonrası, yanlış enerji tüketimi de engellenmek istenmektedir.

Çizelge 3.1 Yıkama süresince makine içinde kontrol edilebilecek parametreler

| | |
|-------------------------|---|
| Yıkama Öncesi | <p>Çamaşırın Cinsi</p> <p>Çamaşırın Miktarı</p> <p>Çamaşırın Rengi</p> <p>Kir Miktarı</p> <p>Kir Cinsi</p> <p>Su Kalitesi (Su Sertliği, İletkenlik, Bulanıklık)</p> |
| Yıkama Sırasında | <p>Su Seviyesi</p> <p>Sıcaklık</p> <p>Deterjan Miktarı</p> |
| Durulama | <p>Suyun İletkenliği ve ph değeri</p> |
| Sıkma | <p>Çamaşırın emdiği su miktarı</p> <p>Yük & Dengesiz Yük</p> |

Yıkama süreci boyunca ölçülebilecek farklı parametrelerin listelenmiş hali çizelge 3.1 de gösterilmiştir.

Çeşitli parametreleri ölçmek için kullanılan sensörlerin verilerinin değerlendirilmesi için en uygun yöntemlerden biri, bulanık mantık yöntemidir. Bu çalışmada da, farklı sensörlerden ve birbirinden bağımsız verilerin değerlendirilmesi için bulanık mantık yöntemi seçilmiştir.

Çamaşır makinesinde bulanık mantık ve sensörlerin kullanılması, piyasada “smart washing machine” diye adlandırılan akıllı çamaşır makinesi fikrini yaratmıştır. Burada amaç, kullanıcının program seçmesine gerek duymadan çalışabilen bir çamaşır makinesi yaratmaktır.

3.1 Bulanık Mantık ile Tasarlanan Sistemin Tanımı

Bu tasarımda sistem üzerinde yük, sıcaklık, basınç, bulanıklık ve iletkenlik sensörleri olmak üzere beş farklı sensör kullanılmıştır. Bu sensörlerin çıkışından faydalanılarak yıkama esnasında gerekli olan diğer parametrelere ulaşılmıştır. İlk adımda ana yıkama için gerekli olan parametreler bulunmuştur. Daha sonra durulama ve sıkma adımları gelmektedir.

Sisteme giriş olarak; yani ana yıkama için gerekli olacak parametrelerin belirlenmesine, çamaşır yükünün ölçülmesi ile başlanmıştır. Yük miktarına bağlı olarak yıkama için gerekli su miktarı ve çamaşırın cinsine karar verilmiştir. Çamaşırın cinsi temel alınarak motorun yıkama devri ve sıkma için çıkılabileceği maksimum devir sayısına karar verilir. Çamaşırın cinsinin bilinmesi aynı zamanda ana yıkama suyunun çıkarılabileceği maksimum değerin belirlenmesini sağlar. Bu devir sayısı ve sıcaklık değerleri, yıkama sırasında çamaşıra zarar vermemek için önemlidir.

Daha sonrasında sisteme bulanıklık sensörünün değeri de eklenerek, yıkama için gerekli deterjan miktarına karar verilir. Bulanıklık sensörü ile çamaşırın suda bıraktığı kir algılanarak, uygun deterjan miktarı belirlenir.

Durulama adımında iletkenlik sensörü kullanılarak, durulamanın tekrarlanıp tekrarlanmayacağına karar verilir. Burada amaç, ana yıkamada çamaşırın içinde birikmiş olan deterjanın yeterince atılıp atılmadığına karar vermektir. Suyu geçen deterjan miktarı suyun iletkenliğini değiştirir. Durulama adımı bittiğinde iletkenlik değeri ölçülür. Bu, durulama başlamadan önce ölçülen değer ile karşılaştırılır. Arasında belli bir oran olmalıdır. Bu değere göre tekrar durulama ihtiyacı olup olmadığına karar verilir. Ardından sıkma adımına geçilir. Sıkma adımında sistemde kullandığımız tek parametre, sıkma devrinin belirlenmesidir. Bu değere de daha önce belirttiğimiz gibi çamaşırın cinsine göre karar verilir.

Algoritma tasarlanırken ve bulanık mantık blok diyagramları oluşturulurken MATLAB Simulink programı ve buna bağlı MATLAB FIS editörü kullanılmıştır. Kuralların belirlenmesi içinde MATLAB Rule Viewer programı kullanılmıştır.

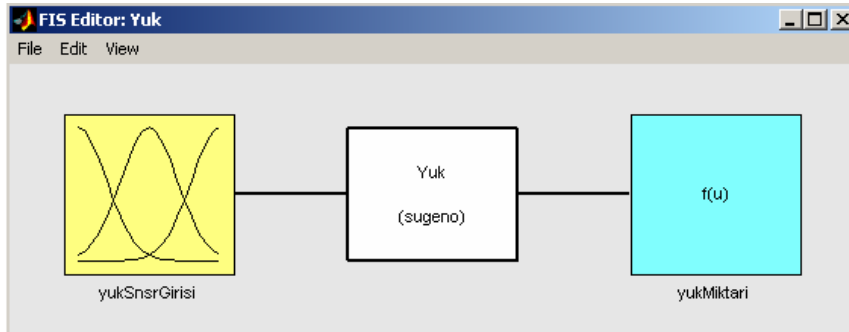
3.2 Algoritma Parametrelerinin Belirlenmesi

Çamaşır makinesi için bulanık mantık algoritması yazılırken sırası ile çeşitli parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bölümde sırasıyla kullanılacak yıkama parametrelerinin nasıl bulunduğu açıklanmıştır.

3.2.1 Yük Miktarının Belirlenmesi

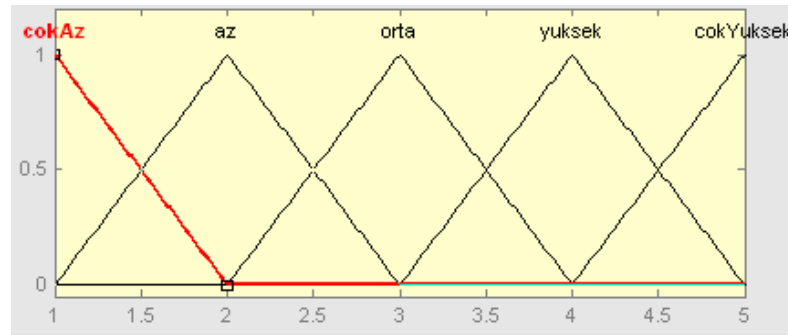
Çamaşır makinesinde başlangıçta ölçülebilecek önemli parametrelerden bir tanesi makine içine yerleştirilen yük miktarıdır. Yük miktarının bilinmesi, yıkama sırasında gerekli olan diğer parametrelerin belirlenmesi için bir başlangıçtır.

Yükün belirlenmesi için kullanılacak sensör yapıları bölüm 2.2 de anlatılmıştır. Yük ölçümü ile ilgili piyasada çok sayıda sensör bulunmaktadır. Çamaşır makinesi için tasarladığımız algorithmada gerilim çıkışlı ve giriş ile çıkışın lineer orantılı olduğu yük sensörleri esas alınmıştır. Bulanık mantık üzerinde belirlenen üyelik fonksiyonları da bu çıkış karakteristiğine göre belirlenmiştir.



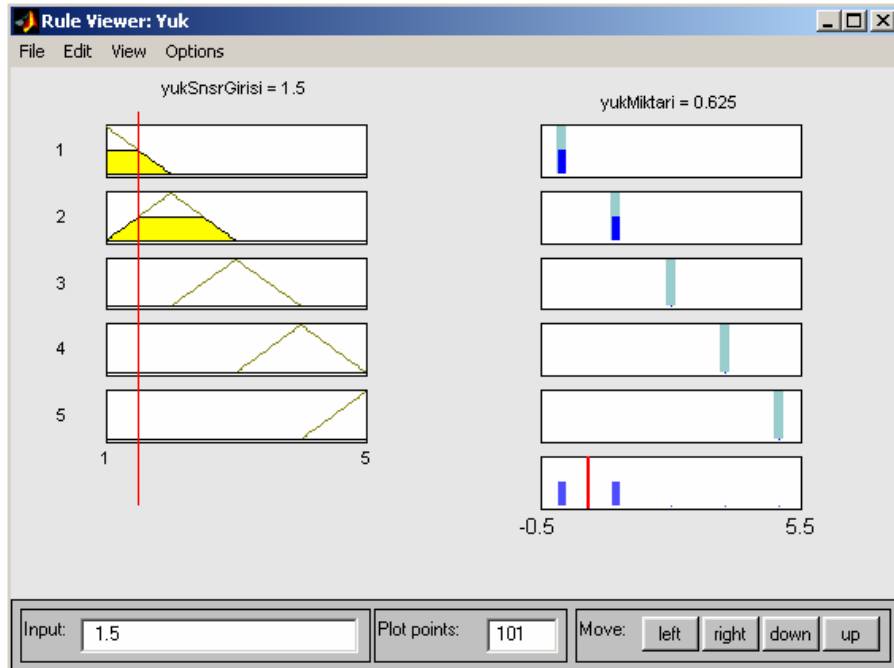
Şekil 3.2 Yük miktarına ait bulanık mantık blok diyagramı

Üyelik fonksiyonları çok az, az, orta, fazla, çok fazla olmak üzere beşe ayrılmıştır. Bunlar sırası ile 1, 2, 3, 4 ve 5 volta denk gelmektedir. Bu gerilim değerleri x eksenini boyunca gösterilmiştir. Sensör 1-5V arasında çıkış veren bir sensör olarak düşünülmüştür. İlgili blok diyagramı şekil 3.2' de gösterilmiştir. Giriş üyelik fonksiyonları da şekil 3.3' de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Yük miktarı blok diyagramına ait üyelik fonksiyonları

Yük Miktarı belirlenirken makinenin 5kg'lık bir makine olduğu göz önüne alınmıştır. Bu sebeple çıkış değeri 0 ile 5 kg arasında değişmektedir. Yük sensör giriş değerlerine karşılık gelen çıkış değerleri de sırası ile *cokHafif*, *hafif*, *orta*, *agir*, *cokAgir* olarak sınıflandırılmıştır. Bulanık mantık blok diyagramına ait kural şeması şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Yük miktarına ait kural şeması

Bunun için MATLAB FIS Editor:Rule Wiever programı kullanılmıştır. Kurallar şu şekildedir.

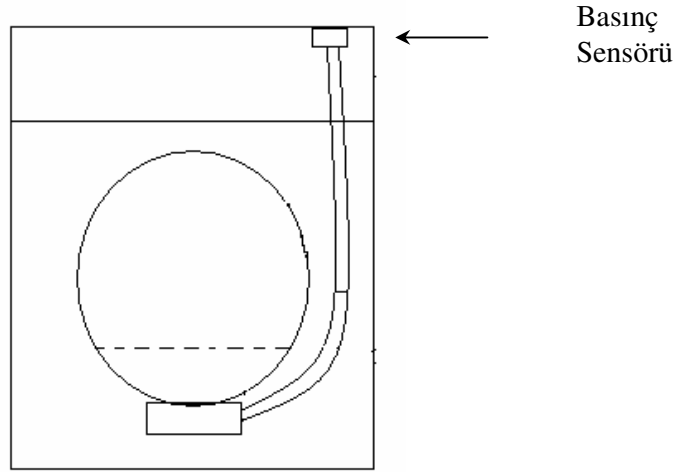
- Eğer yükSnsrGirisi **cokAz** ise, yükMiktari **cokHafiftir**.
- Eğer yükSnsrGirisi **az** ise, yükMiktari **hafiftir**.
- Eğer yükSnsrGirisi **orta** ise, yükMiktari **ortadır**.
- Eğer yükSnsrGirisi **yukse**k ise, yükMiktari **agirdir**.
- Eğer yükSnsrGirisi **cokYukse**k ise, yükMiktari **cokAğirdir**.

Şekil 3.4 de görüldüğü gibi 1,5 volt değerinde bir yük sensörü çıkışına 0,625 kg yük miktarı karşılık gelmektedir. Bir başka örnek de benzer olarak 3 voltluk bir sensör çıkışına karşılık 2,5kg'lık yük miktarı elde edilmektedir.

3.2.2 Ana Yıkama Su Miktarının Belirlenmesi

Çamaşır makinesindeki yükün belirlenmesinden sonra yıkama için bilinmesi gerekli olan diğer parametre, su miktarıdır.

Su miktarının belirlenmesi için basınç sensöründen faydalanılmıştır. Basınç sensörü bir boru ile kazanın alt bölümüne bağlıdır. Ve dış basınç ile hiçbir şekilde bağlantılı değildir. Bu boru içinde belli miktarda hava mevcuttur. Kazanın içine suyun dolması ile bu hava sıkışmaya başlar ve basınç sensörünün içindeki esnek membranı hareket ettirir. Böylece de kazanın içindeki bu su miktarı sensör yardımı ile ölçülebilir.



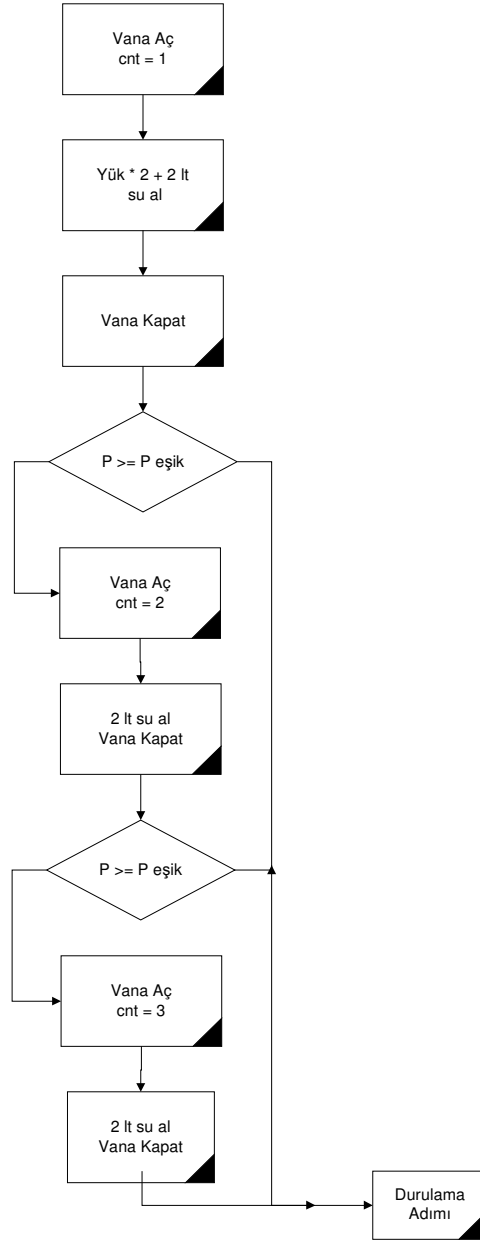
Şekil 3.5 Çamaşır makinesi üzerinde basınç sensörü yerleşimi ve basınç ölçümü

Makineye su alma için şöyle bir yöntem düşünülmüştür. Çamaşırlar cinsine göre farklı miktarda suya ihtiyaç duymaktadırlar. Bu da çamaşır cinsine göre su emme karakteristiğinin farklı olmasından kaynaklanır. Çamaşır cinsini, sentetik, pamuklu ve yünlü olma üzere üçe ayırabiliriz. Bunların içinde en az su emen sentetiktir. Bundan sonra sırası ile pamuklu ve yünlü çamaşırlar gelmektedir. Cins yük miktarına göre yıkama için gerekli olan su miktarları çizelge 3.2 de gösterilmiştir. Yünlülerde 4 ve 5kg için su miktarı belirtilmemiştir. Çünkü bu miktarlarda yünlü çamaşırlar çok fazla su emdiğinden, çamaşır makinesinin mekanik yapısına zarar verebilir. Bu yüzden yünlü çamaşırlar 3kg değerine kadar yıkanır.

Çizelge 3.2 Farklı yük ve cinse bağlı yıkama için su miktarları

| Yük Miktarı(kg) | Sentetik(lt) | Pamuklu(lt) | Yünlü(lt) |
|----------------------------|---------------------|--------------------|------------------|
| 1 | 4 | 6 | 8 |
| 2 | 6 | 8 | 10 |
| 3 | 8 | 10 | 12 |
| 4 | 10 | 12 | |
| 5 | 12 | 14 | |

Çamaşırların emdiği sudan sonra, yıkama için belli bir miktar suya daha ihtiyaç vardır. Bu da kazan içinde belli bir seviyeye denk gelmektedir. Bu seviye eşik basınç seviyesi olarak adlandırılır.



Şekil 3.6 Cinsle bağlı su alma algoritması

Suyu makineye tek bir defa da değil, parça parça olarak bu seviyenin sağlanmasına çalışılmıştır. Bunun için öncelikli olarak makinede en az su emen sentetik çamaşırlar olduğu düşünülür ve buna göre su alınır. Daha sonra suyun, çamaşırlar tarafından emilmesi için bir süre motor hareketi yapılır. Ardından basınç seviyesi eşik basınç seviyesi ile karşılaştırılır. Basınç, eşik seviyesine eşit ya da büyük ise yeterli miktarda su alınmış demektir ve bir sonraki aşamaya geçilir. Eğer bu seviyenin altında kalmış ise çamaşırların daha fazla su emdiği ve bir üst seviye olan pamuklu çamaşırlar için gerekli su miktarının sağlanmasına çalışılır. Bu işlemden sonra hala seviye sağlanamamış ise son olarak yünlü çamaşırlar için belirlenen

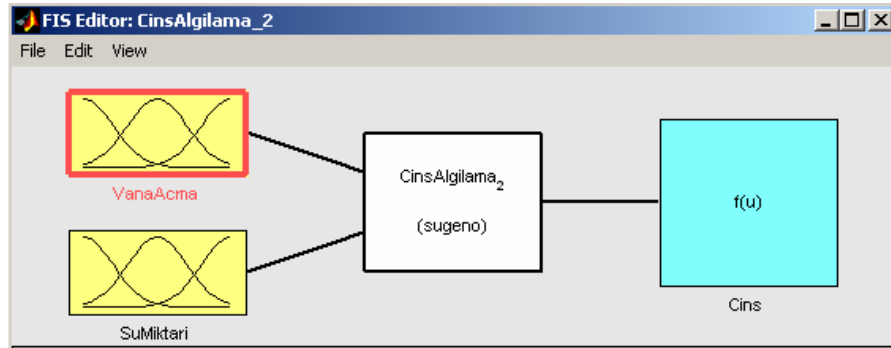
seviyeye ulaşılmaya çalışılır. Bu işlem den sonra daha fazla su alınmaz ve bir sonraki işleme geçilir.

Su alma işlemleri bir vana yardımı ile yapılır. Vananın ana yıkama sırasında ne kadar açıldığı program kontrolünde bir değişken ile tutulur. Bu bilgi daha sonra kullanılabilir.

3.2.3 Çamaşırın Cinsinin Belirlenmesi

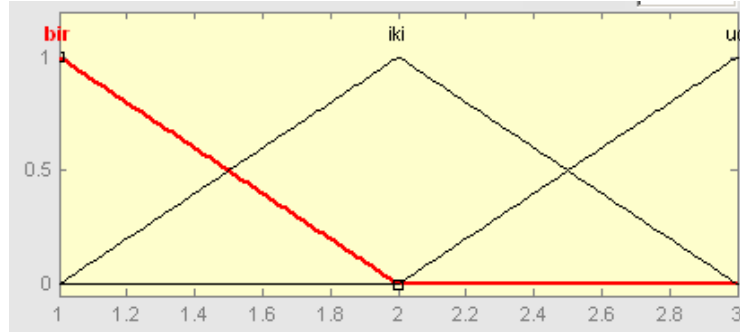
Yıkama sırasında başka birçok parametrenin belirlenmesinde etkili olan bir diğer parametre çamaşırın cinsidir. Günümüzde standart kullanılan çamaşır makinelerinde çamaşır cinsinin, kullanıcı tarafından seçilmesi, programın ilerleyişini belirler. Yıkama süresi, su sıcaklığı, motor devri gibi parametreler hep bu bilgiye göre belirlenir.

Çamaşırın cinsi belirlenirken iki değişkenden faydalanılmıştır. Bunlar su miktarı ve vana açma sayısıdır. Bu iki değer arasındaki bağıntıya göre yükün cinsine karar verilir. İlgili blok diyagramı şekil 3.7 de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Cins algılama için kullanılan bulanık mantık blok diyagramı

Vana açma adedi sistemde en fazla üç olarak sınırlandırılmıştır. Su miktarı çokAz, az, orta, fazla, çokFazla olmak üzere beş üyelik fonksiyonuna ayrılmıştır. Üyelik fonksiyonları şekil 3.7 ve şekil 3.8 de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Vana açma adedine ait bulanık mantık üyelik fonksiyonları



Şekil 3.9 Su miktarına ait bulanık mantık üyelik fonksiyonları

Su miktarı çizelge 3.2 de belirtilen değerler temel alınarak oluşturulmuştur. Çıkış değerleri de sentetik, pamuklu ve yünlü olmak üzere üçe ayrılmıştır. Kurallar için örnek vermek gerekirse;

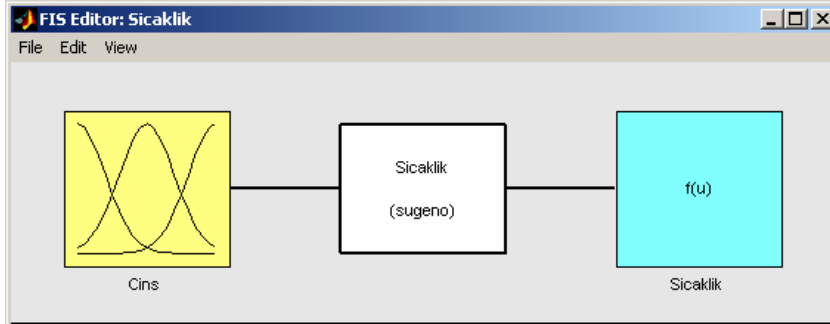
- Eğer VanaAcma **bir** ve SuMiktari **az** ise Cins **sentetik**dir.
- Eğer VanaAcma **iki** ve SuMiktari **fazla** ise Cins **pamukludur**.
- Eğer VanaAcma **uc** ve SuMiktari **orta** ise Cins **yünlüdür**.

3.2.4 Yıkama Suyu Sıcaklığı ve Motor Devrinin Belirlenmesi

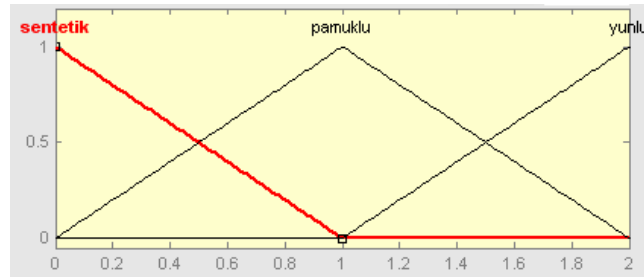
Yıkama suyu sıcaklığı ve motor devri, yıkama esnasında çamaşıra zarar verilmemesi için doğru seçilmesi gereken parametrelerdendir. Aksi halde yıkama sonucu çamaşırlar hasar görebilir. Bu sebepten yıkama su sıcaklığı ve motor devri çamaşırın cinsine göre karar verilmesi gereklidir.

Sıcaklık için tasarlanan blok diyagram şekil 3.10 da gösterilmiştir. Devir için de benzer bir yapı kullanılmıştır. Sıcaklık ve devir cinsine bağlı bulunur. Giriş cins değerleri üçe ayrılmıştır: sentetik, pamuklu ve yünlü. Sıcaklık için kullanılan cins üyelik fonksiyonları şekil 3.10 da

gösterilmiştir. Sıcaklık için, sentetik, pamuklu ve yünlü girişlerine karşılık, çıkış değerleri 40°C, 60°C ve 20°C dır. Devir için ise aynı girişlere karşılık sırası ile 40, 50 ve 30 devir/dk değerleri saptanmıştır. Bu değerler yapılan birçok deney ile uluslararası kabul görmüş değerlerdir.



Şekil 3.10 Sıcaklık için kullanılan bulanık mantık blok diyagramı



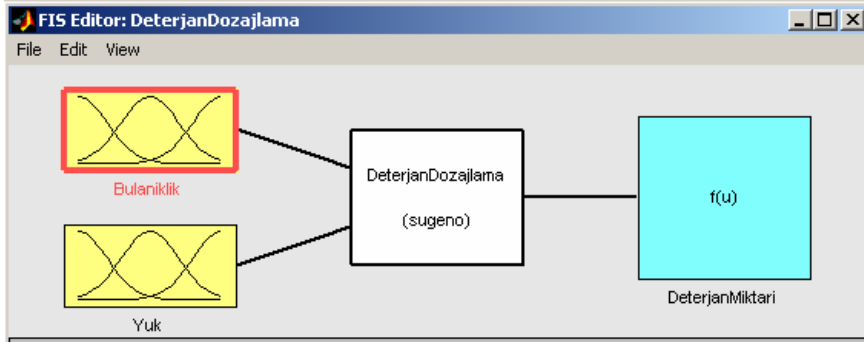
Şekil 3.11 Sıcaklık ve devir için kullanılan giriş üyelik fonksiyonları

3.2.5 Deterjan Miktarının Belirlenmesi (Deterjan Dozajlama)

Yıkama için gerekli deterjan miktarının belirlenmesi, çamaşırın kir miktarı ve yıkama su miktarına bağlıdır. Çamaşır makinesi, deterjan dozajlama için, piyasada kullanılan sıvı deterjan haznesine sahip bir makine olarak düşünülmüştür. Sıvı deterjan haznesinin önemi, ihtiyacı kadar deterjanı akıllı bir algoritma ile belirleyip makinenin içine alabiliyor olmasıdır. Bu da gereksiz yere deterjan tüketiminin önüne geçmek için önemli bir çözümdür. Ayrıca fazla deterjan tüketimi, durulama sırasında fazla deterjanın çamaşırdan atılması için daha fazla su tüketimine sebep olacaktır. Yeterli miktarda deterjan tüketimi ile bunun da önüne geçilmiştir. Geliştirilen bu algoritma ile su tüketiminin en uygun hale getirilmesi sağlanmış olur.

Deterjan miktarının belirlenmesi için su miktarı ve sisteme bağlı bir bulanıklık sensörü

kullanılır. Sensör optik bir yapıya sahiptir. Bulanıklık sensörü ile çamaşırın kirlilik derecesi belirlenir. Çamaşır, su ile temas ettiğinde kirler suda çözülmeye başlar. Elbette farklı tipteki yükler farklı sürelerde çözülmeye başlar. Çamaşır renkli ise, önce çamaşır suya renk verir ve çamaşırın rengi algılanır. Fakat bir süre sonra çamaşırın renk vermesi sona erer ve kirler çözülmeye başlar.



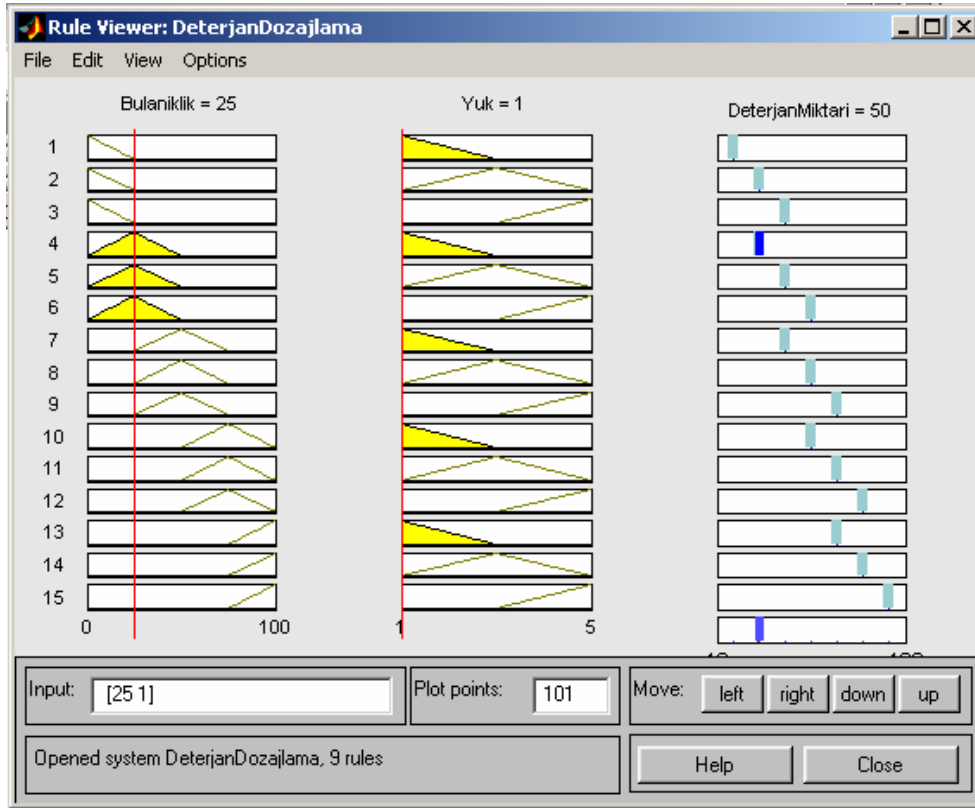
Şekil 3.12 Deterjan Miktarının belirlenmesine ilişkin

Bulanıklık sensörünün digital değişiminin 1 ile 100ADC arasında olduğu düşünülmüştür. (Bölüm 2.4 de anlatıldığı gibi.) Bu değer *cokAz*, *az*, *orta*, *fazla*, *cokFazla* olmak üzere beşe ayrılmıştır. Yük miktarı hafif, orta ve ağır olmak üzere üçe ayrılmıştır. Deterjan dozajlamaya ait blok şeması şekil 3.12 deki gibidir.



Şekil 3.13 Deterjan miktarını belirlemek için kullanılan bulanık sensör çıkışına ait üyelik fonksiyonları

Bulanıklık sensörüne ait üyelik fonksiyonları şekil 3.13 de gösterilmiştir. Deterjan miktarı olarak çıkış değeri 25 ile 175gr aralığında 7 ye ayrılmıştır. Bulanıklık sensör çıkışı ve yük miktarı girişleri ile belirlenen deterjan miktarına ilişkin kuralların görsel şeması şekil 3.14 de gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Deterjan Dozajlamaya ait kural şeması

Sonuç değerlere ilişkin kurallara ait söyle birkaç örnek verebiliriz.

- Eğer Bulanıklık **orta** ve Yuk de **orta** ise DeterjanMiktari **ortadır**.
- Eğer Bulanıklık **fazla** ve Yuk **hafif** ise DeterjanMiktari **ortadır**.
- Eğer Bulanıklık **az** ve Yuk **hafif** ise DeterjanMiktari **azdır**.

Sayısal olarak da şekil 3.14 de görüldüğü gibi, 1 kg lık yüke karşılık 25 ADC değerindeki bulanıklık değeri için 50 gr deterjana ihtiyaç duyulmaktadır. Benzer şekilde 4 kg lık yük ve 40 ADC lik bulanıklık değerine karşılık deterjan miktarı 103 gr olarak bulunmaktadır.

IEC standartlarına göre yıkama testleri yapılırken, yani makinenin performans testleri yapılırken belirlenmiş bir deterjan kullanımı hesabı mevcuttur. Bu değer tüm çamaşır cinsi için ortak olarak belirlenmiştir. Standartlarda belirlenen değer çamaşır miktarına bağlı bir ifade olarak belirlenmiştir. Bu ifade;

$$\text{Deterjan miktarı} = \text{Yük Miktarı} * 16 + 54 \quad (3.1)$$

Çizelge 3.3 IEC Standartlarına göre yük miktarına bağlı çamaşır makinesinde kullanılan deterjan miktarı.

| Yük miktarı (kg) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|----|----|-----|-----|-----|
| Deterjan miktarı(gr) | 70 | 86 | 102 | 118 | 134 |

Burada, bulanık mantık kullanılarak deterjan miktarı belirlenmesinde ise yükün yanında bulanıklık değeri de dikkate alınmıştır. Böylelikle çamaşırın kirlilik bilgisi de göz önüne alınarak daha sağlıklı deterjan miktarı belirlenmesi yapılabilmektedir.

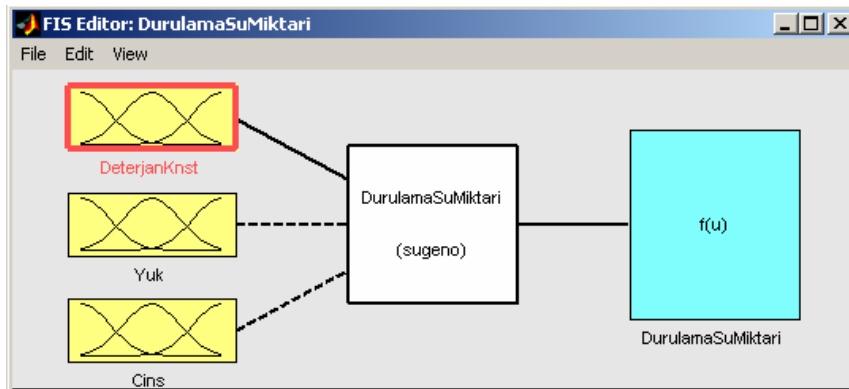
3.3 Durulama Parametrelerinin Belirlenmesi

Çamaşır makinesi için tasarladığımız algoritmada, durulama adımı içinde bilmek istediğimiz iki parametre vardır. Bunlar durulama su miktarı ve durulama tekrarıdır. Bunlar durulamanın etkin biçimde gerçekleştirilebilmesi için gereklidir. Bunlardan ilk olarak durulama için gerekli olan su miktarının belirlenmesi açıklanacaktır.

3.3.1 Durulama Su Miktarının Belirlenmesi

Durulama su miktarının belirlenmesi, makinenin toplam su tüketimi açısından önemlidir. Bunun için daha önceden elde edilen yük, cins ve deterjan konsantrasyonu verileri kullanılır. Bu değerlerin bir arada değerlendirilmesi ile durulama su miktarı bulunur.

Durulama su miktarını bulmak için geliştirilen algoritmanın giriş çıkışlarının gösterildiği blok diyagram şekil 3.15 de gösterilmiştir.

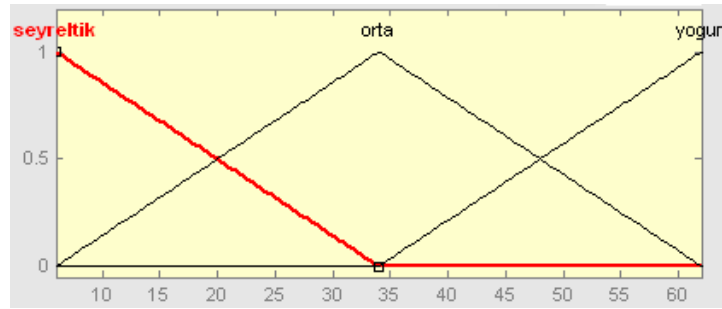


Şekil 3.15 Durulama su miktarını bulmak için kullanılan blok diyagram

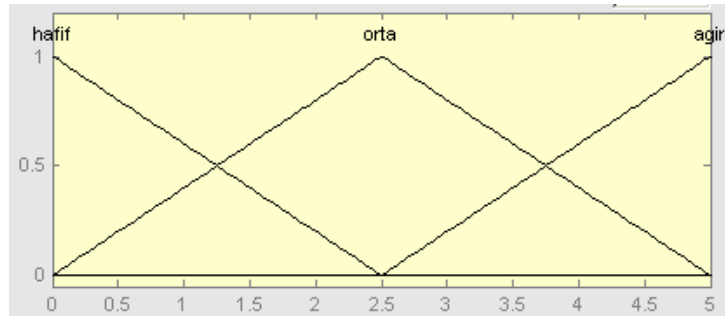
Deterjan konsantrasyonu, ana yıkama su miktarı ve deterjan miktarı arasındaki orandan elde edilir. (3.1) de deterjan miktarının elde edildiği denklem ifadesi görülmektedir.

$$DeterjanKonsantrasyonu = \frac{DeterjanMiktarı}{AnaYıkamaSuMiktarı} \quad (3.1)$$

Deterjan konsantrasyonu aralığı belirlenirken sistemde oluşabilecek en yüksek ve en az konsantrasyon değeri hesap edilmiştir ve buna göre aralık değerleri oluşturulmuştur. İlgili bulanık mantık üyelik fonksiyonları şekil 3.16 da gösterilmiştir. Deterjan konsantrasyonu aralığı, seyreltik, orta ve yoğun olmak üzere üç ayrı üyelik fonksiyonuna ayrılmıştır. Yük miktarı da aynı şekilde hafif, orta ve yoğun olmak üzere üçe ayrılmıştır. Üyelik fonksiyonlarının gösterimi şekil 3.16 ve şekil 3.17 de gösterilmiştir. Durulama su miktarının belirlenmesinde son olarak bir de cins parametresi kullanılmıştır. Bu değerlerin eklenmesinin sebebi köpürme işleminin cinsle bağlı olarak değişim göstermesidir. Bir de ayrıca ana yıkama su miktarının belirlenmesinde de anlatıldığı gibi farklı cinslerin farklı miktarlarda su emme karakteristiğinden dolayı, bu kontrolde cins parametresi kullanılmıştır. Bu parametreye ait üyelik fonksiyonları da yukarıda şekil 3.11 de gösterilmiştir.



Şekil 3.16 Deterjan konsantrasyonuna ait üyelik fonksiyonları

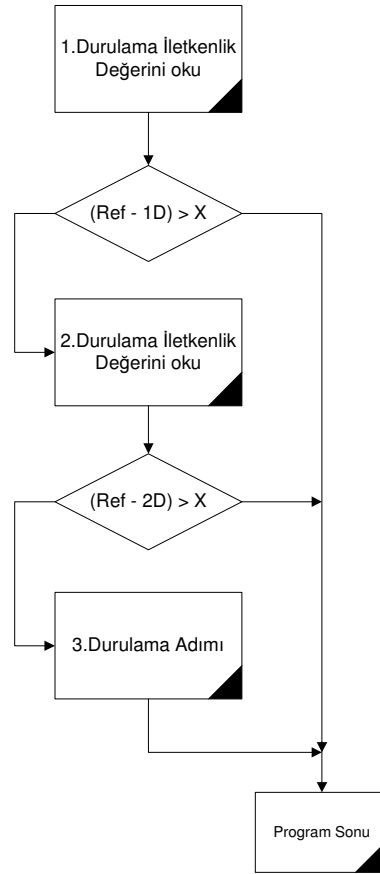


Şekil 3.17 Yük miktarına ait üyelik fonksiyonları

Giriş değerlerini üçe ayırmak sonuca ulaşmak için yeterli olmuştur. Girişleri daha fazla üyelik fonksiyonu ile tanımlamak gereksiz karmaşıya yol açmaktadır ve sonuç üzerinde herhangi bir etkisi görülmemektedir.

3.3.2 Durulama Tekrarına Karar Verilmesi

Durulama tekrarına karar verilmesi için sistemde iletkenlik sensöründen faydalanılır. Sudaki deterjan miktarı suyun iletkenliğini değiştirir. Bu sebeple durulama suyunun iletkenlik değerinin ölçümü ile durulama tekrarı yapılıp yapılamayacağına karar verilir. Önceden belirlenen bir referans değer oluşturulur. Durulama sonunda iletkenlik değeri ölçülüp, bu değer ile karşılaştırılır. İlgili blok diyagram aşağıda gösterilmiştir. Ölçülen değer referans değer ile farkı, belirli bir X değerini geçtiğinde durulama sonlandırılır.



Şekil 3.18 İletkenlik ölçümüne bağlı durulama tekrarı belirleme algoritmasının blok diyagramı.

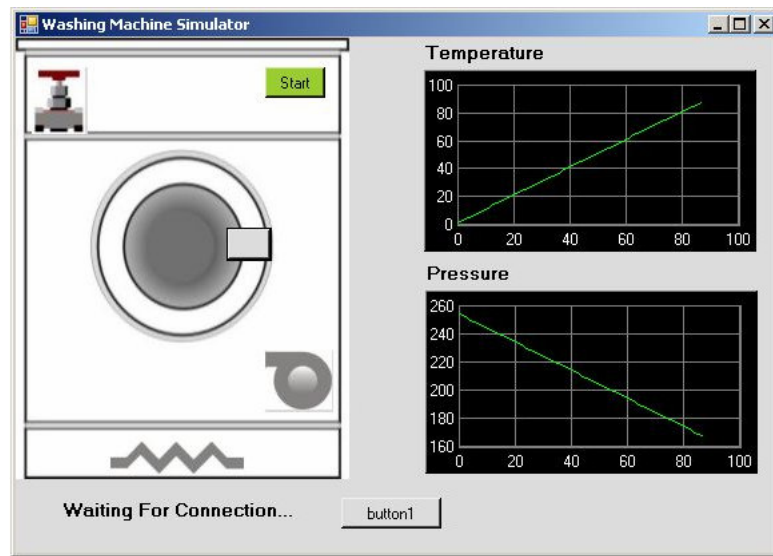
4. MODELİN BİLGİSAYAR ORTAMINDA BENZETİMİ

Bulanık mantık kontrolü kullanılarak geliştirilen bu algoritma için bilgisayar ortamında bir benzetim programı hazırlanmıştır. Bunun için nesne yönelimli bir programlama dili olan C# dili kullanılmıştır. Benzetim programı iki ana bölüme ayrılır. Birincisi, gündelik yaşamda kullanıcının çamaşır makinesi çalışırken gördüğü parametre değişimlerinin gösterildiği ara yüz programıdır. Bu bölümde çamaşırın miktarı, cinsi ve kirlilik derecesi gibi sistem giriş değerleri seçilir. Aynı zamanda çalışma esnasında makinede hangi komponentlerin çalıştığı ve sisteme ait parametrelerin değişimlerinin izlendiği bir grafik ekran bulunur.

İkinci bölümde ise geliştirilen bulanık mantık algoritmasının çalıştığı ve kullanıcıya program değişimleri; örneğin program süresinin uzaması gibi; süreç ile ilgili bilgilerin verildiği programdır. Örneğin ilerleyen süreçte yıkama için gerekli olacak ve algoritma tarafından belirlenmiş parametre değerleri bu bölümde gösterilir. Programda sensör verileri gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırılarak belirlenmiştir. Dolayısı ile benzetim programı gerçek zamanlı çalışmaya oldukça benzemesi sağlanmıştır.

Aynı zamanda ikinci bölümde daha sonrasında sisteme eklenebilecek sensörler olduğu düşünülerek esnek bir yapı sağlanmıştır. Yeni tip bir sensörün sisteme eklenmesi hiç de zor olmayacaktır.

Sonuç olarak, bu program ile farklı yük, cins, miktar ve kirlilik derecelerine bağlı olarak, bir çamaşır makinesinin çalışmasının nasıl gerçekleşeceğinin gösterilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 4.1 Bilgisayar ortamında benzetim programının önyüz görünümü

5. SONUÇLAR

İlerleyen teknoloji ve her geçen gün elektronikleşen bir sanayi içinde, beyaz eşyadaki sensör ve kontrol uygulamaları önemli yere sahiptir. Azalan doğal kaynaklar sebebi ile dünyada milyonlarca kullanıcısı bulunan çamaşır makinelerinin verimli kullanımının, her geçen gün önemi artmaktadır.

Bundan dolayı bu çalışmadaki amaçlardan bir tanesi, çamaşır makinesinin etkin ve verimli bir biçimde kullanılabilmesi için bir algoritma geliştirmektir. Bunun içinde öncelikli olarak ölçülmesi gereken parametreler saptanıp, bunları algılayacak yöntemler ve sensör mekanizmaları araştırılmıştır. Bunun ardından da bulanık mantık kontrol yöntemi kullanılarak etkin bir algoritma tasarlanmıştır. Bunun sonucunda tasarlanan algoritma ile çamaşır makinesinin etkin ve verimli bir biçimde çalışması sağlanmıştır. Algoritmada sensör verileri değerlendirilerek çamaşır cinsi, miktarı, yıkama su miktarı ve sıcaklığı, deterjan miktarı, tambur dönüş hızı ve durulama tekrarı gibi parametreler belirlenmiştir.

Yıkamanın başlangıcında öncelikle ana yıkama için gerekli olan parametreler bulunmuştur. Bunun için ilk olarak yük sensörü verisinden makinedeki çamaşır miktarı belirlenmiştir. Daha sonra bu yük miktarı değerine bağlı olarak yıkama için ne kadar su ihtiyacının olduğu hesaplanmıştır. Makine içine su alımı tek seferde değil parça parça gerçekleştirilmektedir. Aralıklı su alımlarından da vana açma adetleri elde edilmiştir. Su miktarı ve vana açma sayısı değerlerinden çamaşırın cinsinin ne olduğuna karar verilmiştir. Çamaşırın cinsinin belirlenmesinden sonrada, cinse bağlı yıkama suyu sıcaklığı ve makine tamburun dönüş hızı belirlenmiştir. Ana yıkama için son olarak deterjan miktarı hesaplaması yapılmıştır.

Deterjan miktarı hesaplanırken bulanıklık sensörü değeri ve ana yıkama su miktarı değeri kullanılmıştır. Bu değerler kullanılarak yıkama için gerekli en uygun deterjan miktarı bulunur. Günümüzde kullanılan yıkamalarda deterjan miktarı kullanıcıya bırakılmıştır. Bu da deterjan kullanımının etkinliğini azaltmaktadır. Standartlarda ise deterjan miktarı belirlenirken sadece yük miktarı göz önüne alınmıştır. Çamaşırın kirlilik derecesi dikkate alınmamıştır. Çizelge 5.1 ve çizelge 5.2 de bulanık mantık algoritması ile bulunan deterjan miktarı ve yıkama testlerinde kullanılan yüke bağlı deterjan miktarları arasındaki karşılaştırma gösterilmiştir. Bulanık mantıkta hesaplanan deterjan miktarları sırası ile %30 ve %50 bulanıklık değerleri(çamaşırın kirlilik değeri) varsayılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.1. %30 bulanıklık değerine bağlı olarak deterjan miktarı karşılaştırması

| Çamaşır miktarı (kg) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------|----|----|-----|-----|-----|
| Klasik Alg. Det.Mik (gr) | 70 | 86 | 102 | 118 | 134 |
| Bulanık Mantık Alg. Det.Mik(gr) | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 |

Çizelge 5.2. %50 bulanıklık değerine bağlı olarak deterjan miktarı karşılaştırması

| Çamaşır miktarı (kg) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------|----|----|-----|-----|-----|
| Klasik Alg. Det.Mik (gr) | 70 | 86 | 102 | 118 | 134 |
| Bulanık Mantık Alg. Det.Mik(gr) | 85 | 95 | 105 | 115 | 125 |

Çizelge 5.1 ve çizelge 5.2 de görüldüğü gibi, klasik algoritmalarda bulanıklık değeri dikkate alınmadığından düşük kir seviyesine sahip çamaşırların yıkanmasında fazla deterjan tüketimi söz konusudur. Kir seviyesi arttıkça deterjan miktarının da artması gerekmektedir. Fakat klasik kullanımda bu değer sabit kaldığından çamaşırların verimli bir şekilde yıkanması sağlanamayacaktır. Bu da çamaşırların tekrar yıkanmasını gerektirir. Böylece de fazla enerji tüketimi söz konusu olur. Bu da hiç istenmeyen bir durumdur.

Çizelge 5.3 Farklı bulanıklık değerleri için deterjan miktarı oranları.

| Çamaşır miktarı (kg) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|------|-----|-----|-----|-----|
| %30 Bulanıklık | %8 | %15 | %20 | %24 | %28 |
| %50 Bulanıklık | -%18 | -%9 | -%3 | %3 | %7 |

Çizelge 5.3 farklı bulanıklık değerleri(çamaşırın kirlilik değeri) içinde klasik algoritmalarda

kullanılan deterjan miktarlarının bulanık mantık algoritmasında kullanılan değerler ile oranı verilmiştir. 3 kg çamaşır için %30 bulanıklık değerinde klasik kullanımda bulanık mantık algoritmasında bulunan değere oranla %20 fazla deterjan kullanımı olduğu görülüyor. Aynı şekilde 5 kg çamaşır ve % 50 bulanıklık değeri için de klasik kullanımda, bulanık mantık algoritmasına göre %7 oranında fazla deterjan kullanıldığı görülüyor.

Ana yıkama için gerekli olan parametrelerin hesabından sonra durulama adımına geçilir. Durulama adımı için gerekli olan parametreler, durulama su miktarı ve durulama tekrarı değerleridir. Durulama su miktarı hesaplanırken üç parametre dikkate alınmıştır. Bunlar çamaşırın yük miktarı, çamaşırın cinsi ve deterjan konsantrasyonu, parametreleridir. Deterjan konsantrasyonu deterjan miktarının ana yıkama su miktarına bölünmesi ile hesaplanır. Durulama için ikinci olarak durulama tekrarı hesaplanmıştır. Bunun için iletkenlik sensörü kullanılmıştır. Durulama suyundaki deterjanın yeteri kadar atılıp atılmadığına bakılır. Bu şekilde durulamanın devam edip etmeyeceğine karar verilir.

Çalışmanın diğer bir amacı da tasarlanan bu algoritmanın görsel hale getirilmesidir. Burada da çamaşır makinesinin bilgisayar ortamında benzetimi sağlanmıştır. Bu şekilde sisteme çamaşır giriş değerleri girerek gerçek zamanda nasıl çalıştığı öngörülmüştür.

Bundan sonra bu çalışmanın devamında yapılabilecekler şu şekilde özetlenebilir:

- Yıkama parametreleri için ek olarak çamaşırın rengi belirlenebilir. Çünkü bu değerde yıkama suyu sıcaklığını etkileyen bir değişkendir.
- Çalışma sonucu elde edilen bulanık mantık algoritmasının gerçek zamanlı bir sistem üzerinde çalıştırılması sağlanabilir. Böylece farklı birçok parametrenin de gerçek zamanda karşılaştırması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Beeby, S., Ensel, G., Kraft, M. ve White, N.,(2004), MEMS Mechanical Sensors, Artec House

Bicking, R.E.,(1998) fundamentals of Pressure Sensor Technology, Sensör Magazine Online

Dinçmen, E.,(2003), Çamaşır Makinelerinin Akıllı Kontrolü İçin Gerekli değişkenlerin İncelenmesi, İTÜ FenBilimleri Enstitüsü.

Elbestavi, M. A.,(1999), “Force Measurement”, 590-605, Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook, J. G. Webster (Derl), CRC Press LLC.

Ekiz, P.(2006), Arçelik araştırma notu ANN-730 Çamaşır Makinesinde Sensör Uygulamaları Patent Araştırması.

Gürses, A.,(2006), Çamaşır Makinesinin Akıllı Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Harrison, D. ve Fisch M. (1999), “Turbidity Measurement”, 1689-1696, Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook, J. G. Webster (Derl), CRC Press LLC.

Heany, M. B.(1999), “Electrical Conductivity and Resistivity”, 1330-1342, Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook, J. G. Webster (Derl), CRC Press LLC.

Jang, S. R.(1997) MATLAB FuzzLogic Toolbox User’s Guide, Matchworks.

Konrad, B. ve Ashauer, M.,(1999) Demystifying Piezoresistive Pressure Sensor , Sensor Magazine Online

Tschulena, G. ve Lahremann, A. (), Sensors in Household Appliances - Sensor Application - Volume 5, Wiley-VCH

Yoğun, H. U. ve Ekiz, P. (2007) Arçelik araştırma notu ANN-766, Basınç Sensörleri Ve Su Seviye Algılama

Wilson, J.,(2002), Fundamentals of Pressure Sensing, Sensor Magazine Online

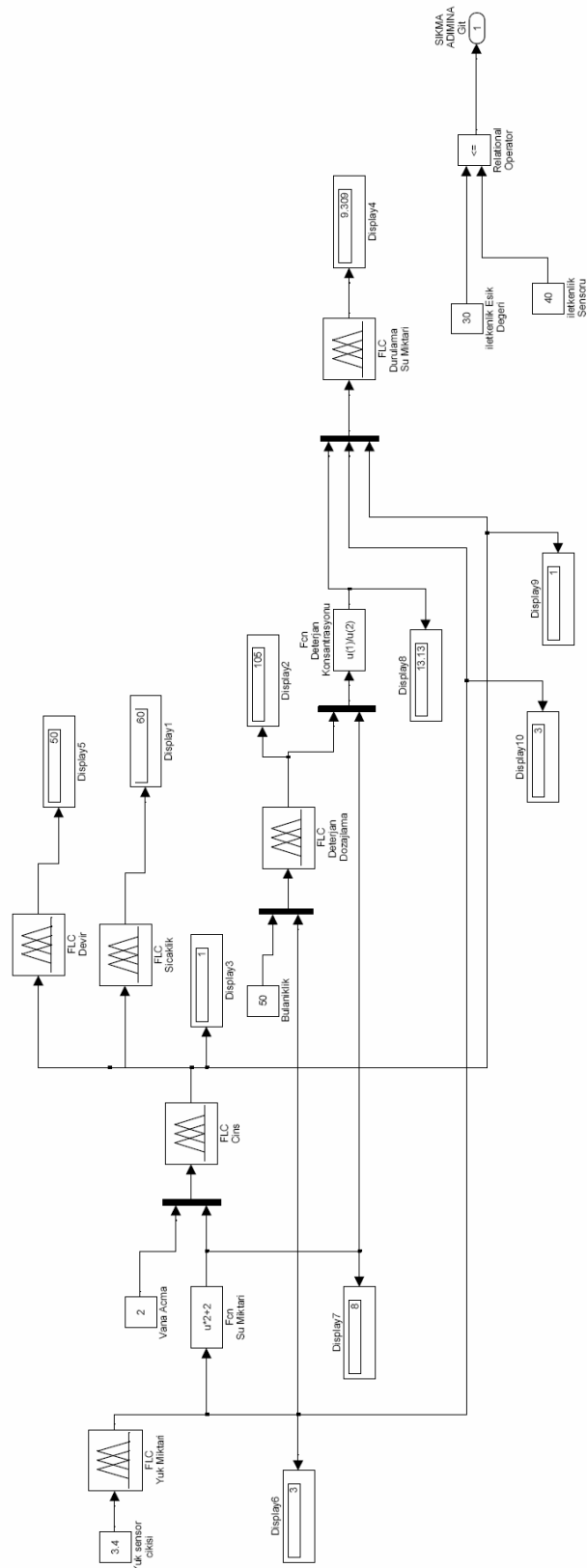
Wilson, J.,(2003), Pressure Measurement: Principles and Practice, Sensor Magazine Online

Wilson, J.(2005), Sensor Technology Handbook, Elseiver, United State of America

EKLER

Ek 1 Sistem in MATLAB Simulink Modeli

Ek-1 Sistemin Matlab Simulink Modeli



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 03.04.1981

Doğum yeri İstanbul

Lise 1995-1998 Fatih Şehremini Lisesi

Lisans 1998-2003 Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fak.
Elektrik Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2004-2007 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Müh. Anabilim Dalı, Kontrol-Otomasyon Programı

Çalıştığı kurumlar

2005-Devam Ediyor Arçelik A.Ş , AR-GE