

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇAMAŞIR MAKİNELERİNİN AKILLI KONTROLU İÇİN GEREKLİ
PARAMETRE VE DEĞİŞKENLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makina Müh. Erkin DİNÇMEN
503001407

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 5 Mayıs 2003
Tezin Savunulduğu Tarih: 30 Mayıs 2003

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet KUZUCU
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Can ÖZSOY (İ. T. Ü)
Prof. Dr. Osman TÜRKAY (Y. Ü)

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

Arçelik A.Ş. Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Merkezi'nde gerçekleştirmiş olduğum bu çalışmamın yapılmasında beni destekleyen ve çalışmalarımı süresince bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Kuzucu'ya, Arçelik ATGM laboratuvarlarında deneysel çalışmamı imkanı sağlayan ATGM Mekanik Teknolojiler Yöneticisi Sayın Doç. Dr. M. Yalçın Tanes'e, çalışmalarım boyunca devamlı destek aldığı ve yardımlarını hiç esirgemeyen Sayın Dr. Aylin Akova'ya, Sayın Yük. Müh. Zehra Üger'e, deneyler süresince yardımları ile bana büyük destekte bulunan Sayın Emine Başkurt Birci'ye, Sayın Nevin Ayata'ya ve herşeyden önce beni yetiştiren aileme çok teşekkür ederim.

Mayıs 2003

Erkin Dönçmen

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
3. PARAMETRE VE DEĞİŞKEN ALGILAMA YÖNTEMLERİ	12
3.1 Yük Miktarı Algılama Yöntemleri	12
3.1.1 Aalet Ölçümü ile Yük Miktarı Algılama	12
3.1.2 Ağırlık Sensörü ile Yük Miktarı Algılama	14
3.1.3 Çamaşırpların Su Emme Miktarı Ölçümü ile Yük Miktarı Algılama	15
3.2 Yük Gnsi Algılama Yöntemleri	16
3.3 Kır Algılama Yöntemleri	17
3.3.1 Optik Bulanıklık Ölçümü ile Kır Algılama	17
3.3.2 Yoğunluk Ölçümü ile Kır Algılama	23
3.4 Deterjan Miktarı Algılama Yöntemleri	24
3.4.1 İletkenlik Ölçümü ile Deterjan Algılama	24
3.4.2 Yoğunluk Ölçümü ile Deterjan Algılama	25
3.4.3 Yüzey Gerilimi Ölçümü ile Deterjan Algılama	26
3.4.4 pH Ölçümü ile Deterjan Algılama	29
KAYNAKLAR	31
ÖZGEÇMİŞ	33

KISALTMALAR

APHA	: The American Public Health Association
JTU	: Jackson Turbidity Unit
LED	: Light Emitting Diode
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit
FNU	: Formazin Nephelometric Unit
FAU	: Formazin Attenuation Unit
ATGM	: Araştırma Teknoloji Geliştirme Merkezi
USEPA	: United States Environmental Protection Agency

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1	: Tamburlu tip çamaşır makinesi [2].....	1
Şekil 3.1	: Çamaşır makinesine konan çamaşırın ağırlıklarını tespit etmek üzere kullanılan bir ağırlık sensörü yapısı [7].....	14
Şekil 3.2	: Ağırlık sensörünün çamaşır makinesindeki yeri [7].....	15
Şekil 3.3	: [8] numaralı referansta anlatılan yöntem göre çamaşır makinesi içindeki su seviyesinin değişimi.....	16
Şekil 3.4	: Partikül büyüklüğü ve ışık dalga boyuna göre partikül den saçılan ışığın yayılması [18].....	18
Şekil 3.5	: Jackson Mümm Bulanıklıkölçeri [18].....	19
Şekil 3.6	: İletilen ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü [19].....	20
Şekil 3.7	: Saçılan ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü [19].....	20
Şekil 3.8	: Hemitilen hemsaçılan ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü [19].....	21
Şekil 3.9	: Yıkama boyunca kir tipine göre şeffaflığın değişimi.....	23
Şekil 3.10	: [13] numaralı referansta bahsedilen sensörün önden ve üstten görünüşü.....	23
Şekil 3.11	: [13] numaralı referansta bahsedilen sensörün çamaşır makinesindeki konumu.....	24
Şekil 3.12	: İletkenlik ölçümünün şematik gösterilişi [21].....	25
Şekil 3.13	: Deterjan konsantrasyonu ile yüzey gerilimi arasındaki ilişki [22]	26
Şekil 3.14	: Bir sıvıdaki moleküllere uygulanan kuvvetler.....	27
Şekil 3.15	: Kabarcık basıncı yöntemiyle yüzey gerilimi ölçümü.....	27
Şekil 3.16	: Çamaşır makinesinde yüzey gerilimi ölçüm yöntemi [15].....	29
Şekil 3.17	: Deterjan konsantrasyonu ile pH değeri arasındaki ilişki [22].....	29
Şekil 3.18	: Elektrokimyasal pH ölçüm yöntemi.....	30

SEMBOL LİSTESİ

A_1, A_2	: Dolu tambur ivmeleri
A_{01}, A_{02}	: Boş tambur ivmeleri
D	: Elektrod ar arasındaki mesafe
G	: Kondüktans
I	: Akım
J	: Dolu tambur atalet momenti
J_n	: Normalleştirilmiş atalet momenti
J_0	: Boş tambur atalet momenti
K	: İletkenlik
P_1	: Kabarcık içindeki basınç
P_2	: Kabarcık dışındaki basınç
R	: Direnç
r	: Boru çapı
S_e	: Elektrod alanı
T_1, T_2	: Motor tarafından tambura uygulanan torklar
T_s	: Dolu tambur sürtünme momenti
T_{0s}	: Boş tambur sürtünme momenti
V	: Voltaj
γ	: Yüzey gerilimi

ÇAMAŞIR MAKİNELERİNİN AKILLI KONTROLU İÇİN GEREKLİ PARAMETRE VE DEĞİŞKENLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Geleneksel bir çamaşır makinesinde kullanıcı, çamaşırların rengine, miktarına, cinsine, kirlilik derecesine göre belli bir yıkama programı seçer. Seçilen bu programda yıkama ve durulama süreleri, su sıcaklığı, alınacak su miktarları, tambur hareketleri önceden tasarım mühendisi tarafından tanımlanmıştır ve çamaşır makinesi bu tanımlara göre yıkama işlemini gerçekleştirir. Bu yapıda hem kullanıcının verebileceği hatalı kararlar hem de yıkamanın nasıl yapılacağıının en başta belirlenmesi ve yıkama prosesine müdahale edilmesi sonucu gereksiz enerji tüketimi, çevre açısından olumsuz bir faktör olarak fazla su ve deterjan tüketimi, çamaşırların fazla yıpranması veya yetersiz yıkama ve durulama gerçekleşebilir. Bir akıllı kontrol çamaşır makinesi ile ise amaçlanan, makinenin yıkama prosesi için gerekli bilgileri kendi tespit etmesi ve bunlara göre en uygun yıkamayı gerçekleştirir. Ayrıca makine yıkama boyunca çeşitli ölçümler yaparak gerekli müdahaleler de yapabilecektir. Örneğin suyun bulanıklığının izlenmesi sonucu kirlilik hızının yavaş olduğu görülürse tambur tahrik kuvveti, su sıcaklığı artırılabilir veya biraz daha deterjan ilave edilebilir. Durulama esnasında ise suyun bulanıklığı ve elektrik iletkenliği izlenerek uygun zamanda durulama sonlandırılabilir.

Bu çalışmada, çamaşır makinesi için bir akıllı kontrol uygulamasında giriş olarak kullanılacak parametrelerden su sertliğinin, çamaşır miktarının, çamaşır cinsinin, kir ve deterjan miktarının algılanması üzerinde durulmuştur. Bu amaçla önce teorik bir çalışma yapılarak çeşitli ölçme yöntemleri araştırılmış, daha sonra parametrelerin ölçülebilirliğini incelemesi amacıyla deneysel çalışmalar yapılmıştır. Yük miktarı algılama deneyleri çamaşırların su emme miktarlarının gözlemlenmesi, yük cinsi algılama deneyleri ise çamaşırların su emme, su salma kabiliyetlerinin gözlemlenmesine dayanarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kir ve deterjan algılama deneylerine geçilmiştir. Bu çalışmalar iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada çamaşır makinesinden bağımsız olarak beherlerde hazırlanan çeşitli çözeltiler ile çalışılmış ve bir bulanıklık-iletkenlik sensörüyle kir ve deterjan algılamanın gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceği ne bakılmıştır. İkinci aşamada ise çamaşır makinesinde deneyler yapılmış, kir algılama daha ileri bir çalışma konusu olarak düşünülmüş deterjan algılama üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışmanın sonunda ise teorik ve deneysel çalışmalardan elde edilen bilgi biriki mi kullanılarak çamaşır makinesi için bir akıllı kontrol yapısı önerilmiştir.

AN INVESTIGATION ON THE NECESSARY PARAMETERS AND VARIABLES FOR INTELLIGENT CONTROL OF WASHING MACHINES

SUMMARY

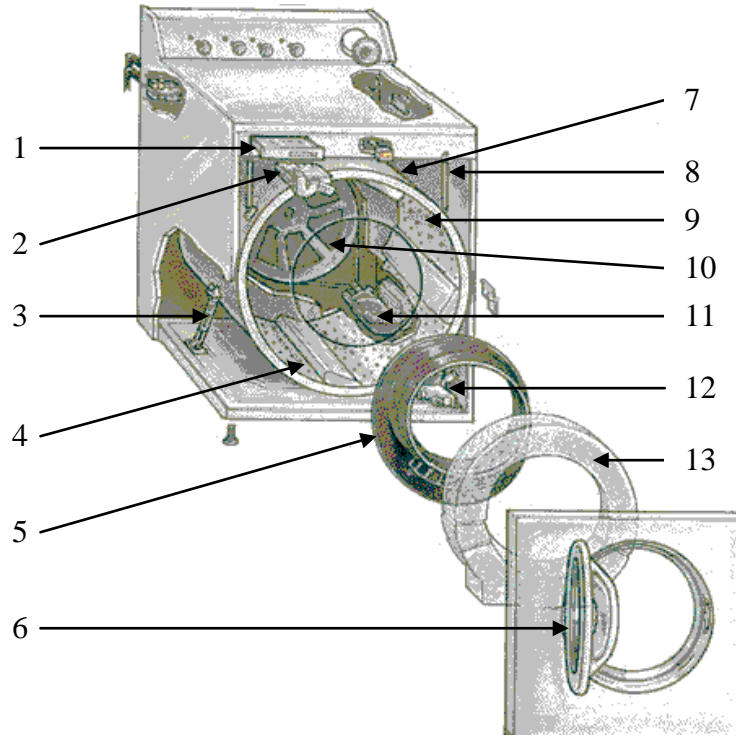
The user of a conventional washing machine selects a washing programme according to the color, type, amount and degree of dirtiness of the clothes. The washing machine operates according to the respective quantities of washing and rinsing periods, water temperature, water amount and drum activity, which are previously defined by the design engineer in this washing programme. However, incorrect programme decision and impossibility of the machine interference to the washing programme during the washing process may cause negative results for the environment such as excess energy, water and detergent consumption, furthermore, inadequate washing and rinsing and also wear of the clothes are possible. The aim of utilizing intelligent control on a washing machine is, providing the most appropriate washing by making the machine determine the parameters for the washing process itself. The machine is also made capable of taking various measurements during operation and hence, interfering the process itself if necessary. For example, if the dirt dissolution rate is observed to be low according to the measurement of the turbidity of washing water, either the rotational force applied on the drum or the water temperature may be increased or else, more detergent may be added. Moreover, rinsing can be completed at the exact time by observing the turbidity and electrical conductivity of the water during the rinsing phase.

In this study, research has been done for detecting various parameters such as water hardness, amount of clothes, type of clothes, degree of dirtiness of clothes and amount of detergent, which can respectively be used as input parameters of an intelligent control of a washing machine. During research, a theoretical study and investigation has been held on different measurement techniques, culminating the experimental procedure that has been performed in order to identify the measurability of the said parameters. The experimental studies for detecting the cloth amount were based on examining the amount of water absorbed by the clothes while the studies for detecting the cloth types were based on the water absorption and desorption capabilities of the clothes. Research for detecting the dirt and detergent has been done in two steps. The first step comprises experiments which have been performed on various chemical solutions prepared in laboratory flasks apart from the washing machine in order to observe whether it is possible to detect the dirt and detergent with a turbidity-conductivity sensor or not. In the second step, the experiments have been performed in the washing machines, focusing on detecting the amount of detergent, as dirt detection was considered to be the subject of a future research. And finally, culminating the experimental and theoretical study an intelligent control structure for a washing machine has been designed and proposed.

1. GİRİŞ

Günümüzde evlerde kullanılan çamaşır makineleri tamburlu ve pervaneli olmak üzere temelde iki tipe ayrılmaktadır. Tamburlu çamaşır makineleri daha çok Avrupa'da tercih edilirken pervaneli çamaşır makineleri Amerika Birleşik Devletleri, Güney Amerika ve Asya'da tercih edilmektedir.

Şekil 1.1'de General Electric firmasına ait bir tamburlu çamaşır makinesi yapısı görülmektedir. Bunlarda çamaşır yatay, delikli bir tamburun içine yerleştirilir. Tambur, kendi ekseninde saat yönünde ve aksi doğrultuda hareket eder. Normal bir pamlu yıka mada tamburun yaklaşık üçte biri su ile dolar. Bu şekilde, üstten doldurmalı pervaneli makinelerin aksine çamaşırın hepsi suya dalmazlar. Tambur dönerken çamaşır lar tamburun içindeki kanatlar vasıtasıyla yukarı taşınırlar, ardından tekrar suyun içine düşerler. Bu şekilde çitileme etkisi yaratılır [1].



Şekil 1.1 Tamburlu tip çamaşır makinesi [2].

Şekil 1.1’de görülen çamaşır makinasının temel bileşenleri şunlardır:

- 1- Deterjan Çekmecesi: İçine deterjan, beyazlatıcı, yumuşatıcı konulur.
- 2- Deterjan Dağıtım Aparatı: Deterjan çekmecesiye konulan deterjanın beyazlatıcının yumuşatıcının tambur içine dağıtılmasını sağlar.
- 3- Titreşim Sönümleri: Kazana destek olur ve tambur hareketi nedeniyle oluşan titreşimleri sönümler.
- 4- Tambur Kanadı: Çamaşırların tambur içinde yükselmesini sağlar.
- 5- Körük: Kazanla ön kapak arasında su izolasyonunu sağlar
- 6- Ön Kapak: Çamaşırlar buradan yüklenir.
- 7- Kazan: İçinde tamburun döndüğü, suyun tutulduğu sili ndirik haznedir.
- 8- Yay: Kazanı taşır
- 9- Tambur: İçine çamaşırların konulduğu ve sağa-sola dönerek çamaşırları hareket ettiren elemandır.
- 10- Tahrik Kasnağı: Kayış, tahrik kasnağına sarılır böylelikle motor hareketi tambura iletilir.
- 11- Motor: Tambur hareketini sağlar.
- 12- Pompa: Yıkama ve durulama sonrası suyun tahliye edilmesini sağlar
- 13- Denge Ağırlığı: Kazana bağlıdır ve sıkma sırasında kazanın dengede kalmasını sağlar.

Şekil 1.1’de görülen çamaşır makinası yapısında ısıtıcı gözükmemektedir. Amerika’da sıcak suyun doğrudan bina şebekesinden sağlandığı durumlarda ısıtıcısız çamaşır makineleri de kullanılmaktadır. Bunun yanında Avrupa ve Türkiye’de satılan çamaşır makinelerinde yıkama suyunu ısıtmak üzere tamburla kazan arasındaki bölgede bir rezistans bulunmaktadır.

Geleneksel bir çamaşır makinasında kullanıcı çamaşırların rengine, miktarına, cinsine, kirlilik derecesine göre belli bir yıkama programı seçer. Çamaşır makinası da seçilen programda belirlendiği şekilde yıkama işlemini gerçekleştirir. Burada esas belirleyici kullanıcı olduğu için kullanıcıdan kaynaklanacak hatalar yıkama sürecine yansımaya sebep olacaktır. Bu da gereksiz enerji tüketimine sebep olacağı gibi çevre açısından olumsuz bir faktör olarak fazla su ve deterjan tüketimine, çamaşırların yıpranmasına veya yetersiz yıkama ve durulamaya yol açabilecektir. Bugün çamaşır makinası ile ilgili araştırma ve teknoloji geliştirme faaliyetlerinde amaçlardan biri gittikçe

kullanıcıdan bağımsız kendi kararlarını kendi verebilen makinelerdir. Örneğin makine, içine konan çamaşırların cinsini, miktarını, kirliliğini tespit edecek, bunlara göre uygun yıkama sürelerini, kullanılacak su, deterjan miktarlarını, su sıcaklığını, motor tahrik kuvvetini kendisi belirleyebilecektir. Bu amaçla ölçülebilecek parametreler ve bunların yıkama işlemine etkisi maddeler halinde aşağıda verilmiştir:

- Makineye dolan temiz suyun sertliği ölçülebilir. Su sertliği suyun içinde çözülmüş minerallerin miktarıyla orantılıdır. Doğada su, kayaların taşlarının kumunun üzerinden akarken çeşitli mineralleri de bünyesine alarak beraberinde taşır. Su sertliğini sağlayan en önemli iki mineral kalsiyum ve magnezyumdur. Bunların yanında az miktarda demir, bakır, manganyonları da su sertliğine katkıda bulunurlar. Su sert olduğunda daha fazla deterjan gerektirir çünkü sudaki sertliğe sebep olan iyonlar deterjanın etkinliğini azaltırlar. Sert su ile yıkamada sabun ile sertlik mineralleri birleşerek sabun kiri oluştururlar ve bunlar kumaşa yerleşerek çamaşırların sert olmasına sebep olurlar. Bu durumda daha fazla durulamaya ihtiyaç vardır. Su sertliğini yaratan en önemli minerallerden kalsiyum pigment kirliliğini uzaklaştırmalarını önler. Bunun için de daha uzun yıkama, daha sıcak su gerekir.
- Makineye konan çamaşırların cinsi belirlenebilir. Pamuklu çamaşırlar sentetik çamaşırlara göre aynı kirlilik derecesi ve yıkama kalitesi için daha sıcak su, daha uzun yıkama zamanı, daha fazla mekanik hareket ve daha fazla deterjana ihtiyaç duyarlar.
- Çamaşır miktarı belirlenebilir. Bu, alınacak suyun, deterjanın miktarını, tahrik gücünü, durulamada kullanılacak su miktarı ve durulama sayısını etkiler [3, 4].
- Kir tipi belirlenebilir. Patent araştırmalarında görülmüştür ki yapılan çalışmalarda kir tipi olarak sadece yağlı veya çamurlu şeklinde bir ayırım üzerinde durulmaktadır. Yağlı kirlilik durumunda çamurlu kirliliğe göre daha sıcak su daha fazla deterjan daha kuvvetli motor hareketine ihtiyaç vardır [5].
- Kir miktarı belirlenebilir. Çamaşırların kirliliğine göre kullanılacak deterjan miktarı, yıkama süresi, tahrik kuvveti, su sıcaklığı gibi parametreler değişecektir.

- Ana yıka ma deterjan konsantrasyonu belirlenebilir. Bu durula ma için alınacak su miktarına, durula ma süresi ve sayısına etkiyecektir.

Bir akıllı makine, ölçülen parametrelere göre uygun kararlar aldıktan sonra yıka ma boyunca çeşitli ölçümler alarak gerekli müdahaleler de yapabilir. Örneğin etkililiği çok düşük bir deterjan kullanı ma sonucu kirin çok yavaş sökül düğü tespit edilirse kirin sökül mesi ni hızlandır mak için t a mburu daha kuvvetli döndür me veya sıcaklığı arttır ma veya ilave deterjan eklem e gibi kararlar verilebilir. Veya tam tersi bir şekilde çok etkili bir deterjan kullanılı yorsa ve dolayısıyla kir sökül me hızı fazla ise t a mbur yavaşlatılarak çamaşır ların gereksiz yıpranması engellenebilir. Durula ma sırasında ise bulanıklık ve iletkenlik değ işi mleri takip edilerek bu değerler belli bir değerden küçük oluncaya kadar durula ma devam ettirilebilir.

Burada yapılan çalış mada çamaşır makinası için bir akıllı kontrol uygulamasında hangi parametre ve değişkenlerin kullanılabilceği ve bunların hangi yöntemlerle ölçülebileceği araştırılmış, seçilen parametrelerin ölçülebilirliğini saptanması amacıyla deneyler yapılmıştır. Deneyler sonunda da elde edilen bilgi birikimi kullanılarak bir akıllı kontrol yapısı önerilmiştir. Tezin bölümleri şu şekilde özetlenebilir: Önce literatürdeki yük miktarı, yük cinsi, kir, deterjan algılama çalışmaları ve akıllı kontrol uygulamalarına yer verilmiş, yapılan patent araştırması sonucu en önemli görülen patentler kısaca burada özetlenmiştir. Bu tezin ikinci bölümünü oluşturmaktadır. Tezin üçüncü bölümünde ise parametrelerle ilgili çeşitli ölçme yöntemleri kısaca tanımlanmıştır. Dördüncü bölümde tez kapsamında yapılan deneyler ve deney analizleri yer almaktadır. Burada sırasıyla yük miktarı algılama, yük cinsi algılama, kir ve deterjan algılama çalışmaları na yer verilmiştir. Kir ve deterjan algılama çalışmaları da kendi içinde iki kısma ayrılmaktadır. Birinci kısımda çamaşır makinasından bağımsız olarak beherlerde hazırlanan çeşitli çözeltiler ile yapılan deneyler anlatılmış, ikinci kısımda ise çamaşır makinasında yapılan deneyler aktarılmıştır. Beşinci bölümde bir akıllı çamaşır makinası önerilmiştir. Bu yapıda makine çeşitli ölçümlere dayanarak en uygun yıkama yı seçecek ayrıca yıkama boyunca alacağı ölçümlerle yıkama performansını arttırmak için gerekli müdahaleler de yapacaktır. Altıncı ve son bölümde ise sonuçlar tartışılmış, çalışmaların bundan sonra nasıl yönlendirileceği ile ilgili öneriler sunulmuştur.

2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, çamaşır makinasında yük miktarı, yük cinsi, kir, deterjan algılama ve çamaşır makinasında akıllı kontrol uygulamaları ile ilgili literatürden bazı örnekler kısaca özetlenmiştir. Araştırılan bu konular endüstride yoğun ve acımasız rekabetin yaşandığı bir alanda yer aldığı için çalışmalar makaleden çok patent olarak sunulmaktadır. Bu nedenle burada, yapılan patent araştırması sonucunda önemli görülen patentlere yer verilmiştir.

Çamaşır makinasında yük miktarı algılamaya yönelik çalışmalardan biri Bada mi ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Geliştirdikleri yöntemde içinde çamaşır olan tamburun ivmelenmesi ölçülürken, buradan hesaplanan tambur ataleti ile çamaşır ağırlığı kestirilmektedir. İçinde çamaşır olan tamburun atalet momenti motor tarafından uygulanan torka, ivmeye ve sürtünmeden kaynaklanan atalet momentine bağlıdır. Öne sürülen yöntemde motor tarafından tambura iki farklı tork uygulanmaktadır. Her bir tork için yazılan denklem birbirinden çıkarıldığında sürtünme momentleri her iki tork durumunda da eşit kabul edilirse birbirlerini götürürler. Böylece tamburun atalet momenti uygulanan torkların ve bunların sonucunda oluşan ivmelerin farkına bağlı olmaktadır. Tork ölçümü pahalı ve karmaşık elemanlar gerektirmektedir. Öne sürülen yöntemde yukarıda anlatıldığı şekilde aynı torklarla daha önce içi boş tambur döndürülerek boş tamburun atalet momenti bulunmuştur. Boş tamburun atalet momenti de uygulanan torkların ve oluşan ivmelerin farkına bağlı olacaktır. Tambur dolu iken de, boş iken de motor tarafından aynı torklar uygulanırsa her iki durumdaki tambur atalet momentleri birbirine oranlandığında normalize edilmiş atalet momenti ifadesine ulaşılır ve bu da sadece oluşan ivmelere bağlı olacaktır. Böylece belli aralıktaki hız ölçümleri alınarak ivme ve normalize edilmiş atalet momenti tespit edilir, buradan daha önce hangi yüke ne kadar atalet momentinin karşılık geldiği bilgisiyle makina içindeki yük miktarı kestirilir[6].

Yük miktarı algılamaya yönelik bir başka çalışmada Yoshida ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Burada çamaşır ağırlığının tespiti için bir ağırlık sensörü yapısı geliştirilmiştir. Yapıda ferromanyetik bir gövde ve bunun etrafına sarılı bobin yer almaktadır. Ferromanyetik elemanın sıkışıp genişlemesi veya bükülmesi ile manyetik karakteristiği değişir. Bu da üzerine sarılı bobinin indüktansının değişmesine sebep olur. LC osilatör devresi kurularak indüktanstaki değişim devrenin osilasyon siyal frekansındaki değişim olarak görülür. Frekanstaki bu değişim bakılarak da yük miktarı kestirilebilir. Sensörün kullanılacağı yerler olarak kazanı taşıyan çubuklar veya çamaşır makinasının altında bulunan ayaklar önerilmektedir. Böylece tambur içine çamaşır konuldukça ferromanyetik eleman sıkışmaya başlar ve yukarıda anlatılan yöntemle çamaşır ağırlığı kestirilebilir [7].

Ishibashi ve Hasegawa'nın çamaşır makinası için bir kontrol yapısı önerdikleri çalışmada çeşitli parametrelerin ölçümünü yanında çamaşır miktarının ölçümünü için bir kapasitif sensör yapısı sunulmaktadır. Motor gücü çamaşır hacmiyle doğru orantılıdır. Motor gücü arttıkça motora giden akımın faz farkı azalır. Böylece faz farkı kapasitif sensör vasıtasıyla ölçülerek çamaşır hacmi kestirilebilmektedir. Bu çalışmada ayrıca çamaşır türünün yani yumuşak mı, normal mi, yoksa sert özellikte mi olduklarına dair bir kestirimde yapılmaktadır. Araştırmacıların çalışmaları üstten doldurulmalı pervaneli tip çamaşır makinası üzerindedir. Burada pervane sağa sola hareket ederken motor devir sayısı çamaşır türüne göre değişmektedir. Bir mikrobilgisayar vasıtasıyla motor devriindeki değişimler algılanarak çamaşır türünün kestirilebileceği ileri sürülmektedir [5].

Ai sa tarafından yapılan çalışmada ise çamaşır türünün su emme hızlarına bakarak hem yük miktarının hem de su miktarının kestirilebileceği belirtilmektedir. Buradaki yöntemle göre çamaşır makinasına önce belli bir süre boyunca su doldurulur. Daha sonra tambur hareketi yaptırılarak çamaşır türünün su emmesi sağlanır. Böylece tambur içindeki su seviyesi düşer. Ardından belli bir seviyeye kadar su alınır ve tambur içindeki su seviyesi bu belli seviyeye ulaşana kadar geçen süre kaydedilir. Patentte, bu süre ile makineye ilk su alma süresinin oranının çamaşır türünün su emme hızları ile orantılı olduğu ve buradan çamaşır miktarının kestirilebileceği ileri sürülmektedir. Daha sonra tekrar tambur hareketi yaptırılır ve tambur içindeki su seviyesinin düşmesi sağlanır. Ardından makineye tekrar aynı seviyeye kadar su doldurulur ve bunun için geçen süre

kaydedilir. Daha önce yük cinsi tespit edildiği için son su alma için geçen süreden de çamaşır miktarının kestirilebileceği iddia edilmiştir [8].

Yük cinsi algılamaya yönelik bir başka çalışmada Giovanelli tarafından yapılmıştır. Burada çamaşırların emdikleri su miktarına bakarak yük cinsi kestirimi üzerinde durulmuştur. Yönteme göre önce çamaşırların ağırlığı herhangi bir yöntemle tespit edilir. Daha sonra çamaşır makinasına belli bir miktar su aldırılır, tambur hareketi sağlanarak çamaşırların suyu emmesi sağlanır. Daha sonra tambur sıkılaşmaya yakın bir hızla döndürülürken tahliye edilir. Tahliye edilen su miktarı ölçülerek çamaşırların üzerinde kalan su miktarı tespit edilir. Çamaşırların emdiği su miktarından da çamaşır tipi kestirilir. Patentte, tahliye edilen su miktarının tahliye hattına bir sayaç takılarak veya suyun tahliye edilmesi için geçen süre ölçülerek belirlenebileceği belirtilmiştir [9].

Çamaşır makinasında kir algılamaya çalışmaları en çok yıkama suyunun bulanıklığının optik bir yöntemle ölçülmesine dayanmaktadır. Böylece suyun bulanıklığından çamaşırların kirliliğine dair bir kestirimde bulunulur. Erickson ve arkadaşları bu amaçla bir sensör platformu geliştirmişlerdir. Bu platformun üzerinde bir ışık kaynağı ve iki tane algılayıcı yerleştirilmiştir. Algılayıcılardan biri tam ışık kaynağının karşısına diğer ise ışık kaynağı ile 90° lik açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu şekilde ilk algılayıcı iletilen ışık yoğunluğunu algılamak için diğer algılayıcı ise ortadaki partiküllere çarpıp saçılan ışık yoğunluğunu algılamaktadır. Bu tür bir platform hem çamaşır makinelerinde hem de buluşmak makinelerinde kullanılabilir. Platformun üzerinde optik bulanıklık ölçümlerinin yanı sıra suyun elektrik iletkenliği ölçümü için elektrodlar ve sıcaklık ölçümü için bir termistör de bulunmaktadır [10].

Leipertz ve Will tarafından yapılan çalışmada bir optik bulanıklık sensörü tanımlanmıştır. Bu yapıda ışık gönderici ve ışık alıcı cihazlar yıkama ortamından uzaktaki çamaşır makinası kazanının dışında bulunmaktadır. Böylece elektronik elemanlar sıcaklık, kimyasal etki gibi zararlı koşullardan uzaklaşmış olurlar. Işık gönderici eleman tarafından üretilen ışık bir borunun içine yerleştirilmiş fiber optik kablo vasıtasıyla çamaşır makinası kazanının içine gönderilir. Yıkama ortamından geçen ışık yine bir boru içindeki fiber optik kablo vasıtasıyla algılayıcı elemana gönderilerek yıkama ortamının kirliliği tespit edilir [11].

Ono tarafından yapılan çalışmada, bulaşık makinası için bir sensör uygulaması olmasına rağmen önemli ve çamaşır makinasına uygulanabilirliği nedeniyle burada yer verilmiştir. Geliştirilen sensör ortadaki kir partiküllerinin boyutunu tespit ederek kirlilik tipini kestirmekte, buna göre uygun yıkama parametrelerini belirlemektedir. Yapıda iki tane ışık kaynağı ve bir tane algılayıcı bulunmaktadır. Işıklardan biri uzun dalgaboylu (örneğin kırmızı) diğeri de kısa dalgaboylu (örneğin yeşil) ışık göndermektedir. Kir parçalarının boyları büyük ise kırmızı ışığın algılanma miktarı küçüktür. Eğer kir parçalarının boyları küçük ise kırmızı ışığın algılanma miktarı büyüktür. Kısa dalgaboylu ışık durumunda ise tam tersi söz konusudur. Böylece iki farklı dalgaboylu ışığın algılanma miktarları karşılaştırılarak ortamda ne kadar artıklardan oluşan büyük partiküller mi yoksa küçük yağ partikülleri mi olduğu tespit edilir [12].

Stephens ve Watt ise çamaşır makinasında kir algılama için suyun yoğunluk ve/veya viskozitesini ölçen bir sensör yapısı geliştirmişlerdir. Geliştirilen sensör yapısında birbirinden diyaframa ayrılmış iki bölme bulunmaktadır. Diyaframın üzerinde piezoelektrik transducerlar bulunmaktadır. Transducerlardan bir tanesine alternatif gerili uygulanır, bunun sonucu diyaframbükülür ve bu diyaframa bağlı iki çubuk birbirlerine yaklaşır ve uzaklaşır. Bu şekilde bir titreşim gerçekleşir. Diğer transducer da titreşimi algılar. Çubuklar incelenmek istenen sıvının içindedirler. Sıvının viskozitesindeki ve/veya yoğunluğundaki değişime bağlı olarak yapının rezonans frekansı ve rezonans bant genişliği değişir. Su kirlendikçe yoğunluğu ve viskozitesi de değişebileceğinden geliştirilen sensör yapısı ile kirliliğe dair bir kestirimde bulunulabilir [13].

Klein'in yaptığı çalışmada ise kirlilik algılaması bir kondansatör devresi kurularak sağlanmaktadır. Bu yapıda, incelenmek istenen sıvı bir borunun içinden geçirilir. Borunun içine karşı karşıya iki elektrod yerleştirilmiştir. Elektrodlar ve bunların arasından geçen sıvı, bir kondansatör oluşturur. Alternatif gerilim uygulanarak empedans ölçülür. Patente göre, empedansın gerçel ve sanal kısımlarına bakarak kirlilik derecesi hatta kir tipi algılanabilmektedir. Farklı frekanslarda çalışarak bir çok ölçümü çifti elde edilir [14].

Detarjan algılama ile ilgili yapılan çalışmalarda en çok kullanılan yöntemin suyun elektrik iletkenliğinin ölçümü olduğu görülmüştür. Bununla ilgili bir çalışma daha

önce de bahsedildiği gibi Erickson ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunlar, geliştirdikleri sensör platformuna kir algılamak için kullanılacak optik elemanlar yanında suyun elektrik iletkenliğini algılamak üzere iki tane yan yana duran elektrod yerleştirmişlerdir. Bu elektrodlara gerili uygulananak akı ölçülür ve buradan suyun elektrik iletkenliği tespit edilir. Sudaki deterjan konsantrasyonuna bağlı olarak iletkenlik de değiştiğinden iletkenlik ölçümü ile ortadaki deterjan miktarı kestirilebilir [10].

Bicker ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise deterjan algılamak suyun yüzey geriliminin ölçümü ile gerçekleştirilmiştir. Suya deterjan eklendikçe suyun yüzey gerilimi düşmekte böylece su çamaşırları daha kolay ıslatabilir. Burada anlatılan çalışmada tambur ile kazan arasındaki bölgeye bir pompa vasıtasıyla bir boru içinden hava akışı gerçekleştirilir. Böylece boru ucunda bir kabarcık oluşmaya başlar. Kabarcık içindeki basınç suyun yüzey gerilimine bağlıdır. Bir basınç sensörü vasıtasıyla kabarcık basıncı belirlenir ve buradan deterjan konsantrasyonu kestirilebilir [15].

Ishibashi ve Hasegawa ise yaptıkları çalışmada deterjan miktarının optik ölçümle tespit edilebileceğini belirtmektedirler. Bu yöntemde deterjan ve su tambura alındıktan sonra tambur hareketi yaptırılarak deterjanın suda çözünmesi sağlanır. Deterjan suyu bulandıracak için bir ışık kaynağı ve tam karşısında yer alan bir algılayıcı ile suyun bulanıklığındaki değişim algılanarak ortadaki deterjan miktarının tespit edileceği ileri sürülür [5].

Çamaşır makinasında yük miktarı, yük cinsi, kir ve deterjan algılamak çalışmaları ile ilgili uygulamadaki bazı örnekler bu şekilde verildikten sonra yine çamaşır makinasında akıllı kontrol uygulamalarından bazı örnekler de bu bölümde verilmiştir.

Çamaşır makinasında akıllı kontrol yöntemlerinden biri Ishibashi ve Hasegawa tarafından önerilmiştir. Burada bir termistör ile çamaşır makinasına dolan sıcak suyun sıcaklığı, bir kapasitif sensör ile çamaşır hacmi, bir devir sensörü ile çamaşır tipi, bir optik sensör ile belli bir yıkama süresince toplanan verilere göre kir derecesi, kir tipi, deterjan hacmi ve deterjan tipi ölçülmekte ve bu ölçümler bir yapay sinir ağına giriş olarak kullanılmaktadır. Önerilen yapay sinir ağı 7 girişli, üç katmanlı ve

toplam 14 nörondan oluşmaktadır. Kontrol yapısının önerildiği çamaşır makinesi üstten doldurulmalı pervaneli tiptir. Yapay sınırların çıkışı ise geri kalan yıkama süresi ve pervane ile suyu çal kalana şiddetidir. Ağa giriş değişkenlerinin ölçülmesi süre boyunca suyun şeffaflığındaki değişimbelli aralıklarla ölçülür ve bu değerlerle bir ikinci yapay sınırlar kullanılarak yıkamanın en sonunda olması beklenen suyun şeffaflık değeri kestirilir. Birinci yapay sınırların verdiği yıkama süresi ve suyu çal kalana şiddeti değerleri ile yıkama tamamlandıktan sonra optik sensörle suyun şeffaflığı ölçülür. Ölçülen bu şeffaflık, ikinci yapay sınırlar tarafından hesaplanan olması gereken şeffaflık değerinden daha yüksekse yıkamanın yetersiz olduğu anlaşılır. Eğer ölçülen şeffaflık değeri hesaplanan şeffaflık değerinden daha düşükse bu aşırı yıkama olduğunu göstermektedir ki bu da çamaşırın zarar görmesine sebep olabilecektir. Bu iki durumun gerçekleşmesi birinci ağı hesapladığı yıkama parametreleri değerlerinin yeteri kadar doğru olmadığını göstermektedir. Bunun üzerine birinci ağı daha doğru değerler vermesi için ikinci ağı verdiği olması gereken şeffaflık değeri ile ölçülen gerçek şeffaflık değeri arasındaki fark minimum olacak şekilde birinci ağı ağırlıkları değiştirilir. Böylece sonraki yıkamalarda daha iyi performans elde edilebilecektir. Bu şekilde kendi kendini yenileyebilen bir çamaşır makinesi elde edilmiş olur. Çamaşır makinesi ayrıca birinci durulama sonunda suyun şeffaflık değerine bakmakta, bu değerlerin bir referans şeffaflık değerinden az veya çok olmasına göre bir sonraki durulama adının süresini ayarlamaktadır [5].

Kiuchi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise çamaşır makinesi için bir bulanık mantık kontrol yapısı önerilmiştir. Bu yapıda önce, suyun şeffaflığındaki değişimin doymaya ulaşması için geçen süre ile bu andaki şeffaflık değeri ölçülür ve bu ölçümler bir bulanık mantık uygulamasında kullanılarak yıkama süresi tespit edilir. Daha sonra ölçülen bu şeffaflık değeri ve ölçülen çamaşır miktarına göre durulama şiddeti belirlenmektedir. Önerilen yapıda bulanık mantık ile kararlar verilirken kullanıcının kararları da dikkate alınmaktadır. Kullanıcı, makine üzerindeki bir menü vasıtasıyla yıkama uzunluğunu ve durulama şiddetini girer. Bu girişlere göre bulanık mantık kontrolörde kullanılacak kural tabloları değişmektedir. Örneğin kullanıcı “standart” yıkama programını seçmiş olsun. Buna göre bulanık mantık kural tablosundan bir kural şu şekildedir: “Eğer doymaya ulaşma süresi kısaysa ve doyma andaki şeffaflık derecesi yüksekise o zaman yıkama süresini 3 dakika yap”.

Fakat eğer kullanıcı “uzun” yıkama programını seçerse o zaman kural şu şekilde olacaktır: “Eğer doymaya ulaşma süresi kısa ve doyma anındaki şeffaflık derecesi yüksek ise o zaman yıkama süresini 7 dakika yap”. Durulama şiddetinin hesaplanması için önerilen kural tablosundan bir örnek ise şu şekildedir: “Eğer çamaşır miktarı az ise ve şeffaflık derecesi yüksek ise o zaman iki kere 1 dakikalık durulama yap”. Veya bir başka kural şu şekildedir: “Eğer çamaşır miktarı az ise ve şeffaflık değeri düşük ise o zaman önce 1.5 dakikalık bir durulama yap ardından 2 dakikalık bir durulama yap”. Burada da kullanıcının daha önce seçtiği “az”, “standart”, “fazla” gibi durulama şiddeti seçeneklerine göre kullanılacak kural tablosu da değişecektir [16].

3. PARAMETRE VE DEĞİŞKEN ALGILAMA YÖNTEMLERİ

3.1 Yük Miktarı Algılama Yöntemleri

Literatürde çamaşır ağırlığının tespiti için kullanılan yöntemler arasında çamaşırların ataletinin ölçümü, çamaşırın su emme miktarlarının ölçümü, yük sensörü kullanımı gelmektedir.

3.1.1 Atalet Ölçümü ile Yük Miktarı Algılama

Bu yöntemde tamburun ivmelenmesi ölçülerek, atalet belirlenir, buradan tambur içindeki çamaşır ağırlığı tespit edilir. [6] numaralı referansta anlatılan yöntemde normalleştirilmiş atalet ölçülürken, buradan çamaşır ağırlığı tespit edilmiştir ve çamaşır ağırlığına uygun olarak çamaşır makinasına su alınmaktadır.

Patente anlatılan yapıda çamaşır makinası motoru T_1 ve T_2 gibi iki farklı tork üretmektedir. İçinde çamaşır olan tambura motor tarafından önce T_1 torku uygulanarak tamburun ivmelenmesi sağlanır. Belli bir zaman aralığında hız sensörü ile hız ölçümleri alınarak ivme tespit edilir. Daha sonra tambur T_2 torkuyla döndürülür ve tekrar ivme ölçülür. Aşağıda, uygulanan tork ve ivmeler arasındaki ilişkiler görülmektedir.

$$T_1 = J \cdot A_1 + T_s \quad (3.1)$$

$$T_2 = J \cdot A_2 + T_s \quad (3.2)$$

Burada T_1 (Nm) ve T_2 (Nm) motor tarafından tambura uygulanan torklar, J (kg m²) içinde çamaşır olan tamburun ataleti, A_1 (rad/s²) ve A_2 (rad/s²) uygulanan torklar sonucu oluşan ivmeler, T_s (Nm) ise sürtünme momentidir. Burada her iki durumda da sürtünmeden dolayı oluşan moment eşit kabul edilmiştir. Denklem(3.1) ile (3.2)

birbirinden çıkarılırsa sürtünmeden kaynaklanan terim birbiri götürür ve denklem (3.3) elde edilir.

$$T_1 - T_2 = J \cdot (A_1 - A_2) \quad (3.3)$$

Bu ifade aynı zamanda şu şekilde de yazılabilir:

$$J = \frac{\Delta T}{\Delta A} \quad (3.4)$$

Nor malleştirilmiş ataleti tespit etmek için taburun boş olduğu durumdaki ataletini bilmesi gerekmektedir. Bu değer makina üretildikten sonra bir kere belirlenir ve makinanın kontrolörüne yüklenir. Boş haldeki ataleti tespit etmek için yukarıdaki ne benzer şekilde önce tabur T_1 torkuyla döndürülerek ivme ölçülür. Daha sonra T_2 torku uygulanarak ikinci ivme de ölçülür. Denklemler şu şekildedir:

$$T_1 = J_0 \cdot A_{01} + T_{0s} \quad (3.5)$$

$$T_2 = J_0 \cdot A_{02} + T_{0s} \quad (3.6)$$

Burada T_1 (Nm) ve T_2 (Nm) motor tarafından tabura uygulanan torklar, J_0 (kgm²) içi boş taburun ataleti, A_{01} (rad/s²) ve A_{02} (rad/s²) uygulanan torklar sonucu oluşan ivmeler, T_{0s} (Nm) ise içi boş taburda sürtünmeden dolayı oluşan torktur. Denklem (3.5) ile (3.6) birbirinden çıkarılırsa sürtünmeden kaynaklanan terim birbiri götürür ve denklem(3.7) elde edilir.

$$T_1 - T_2 = J_0 \cdot (A_{01} - A_{02}) \quad (3.7)$$

Bu ifade düzenlenirse

$$J_0 = \frac{\Delta T}{\Delta A_0} \quad (3.8)$$

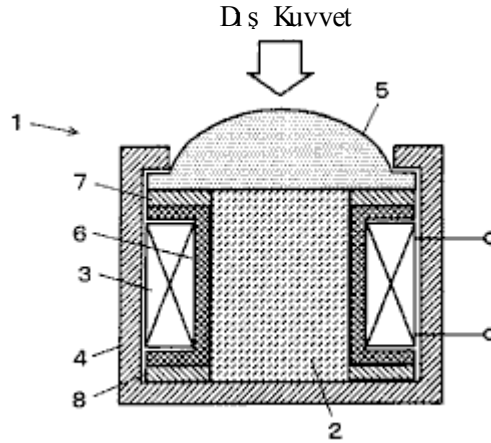
elde edilir. Denklem (3.4) ile (3.8) birbiri ne bölünürse nor malleştirilmiş atalet ifadesine ulaşılır:

$$J_n = \frac{J}{J_0} = \frac{\Delta A_0}{\Delta A} \quad (3.9)$$

Denkle m (3.9)'da görüldüğü gibi nor malleştirilmiş atalet momentini bulmak için torkların bilinmesine gerek yoktur. Böylece tork ölçümü veya tork kontrolü için gereken karmaşık ve pahalı ekipmanlara gerek kalmaz. Daha önce, çeşitli ağırlıktaki çamaşır ağırlıklarına karşılık gelen nor malleştirilmiş ataletler tespit edilir, yıkanma esnasında bu bilgi kullanılarak çamaşır ağırlığı tespit edilir [6].

3.1.2 Ağırlık Sensörü ile Yük Miktarı Ölçme

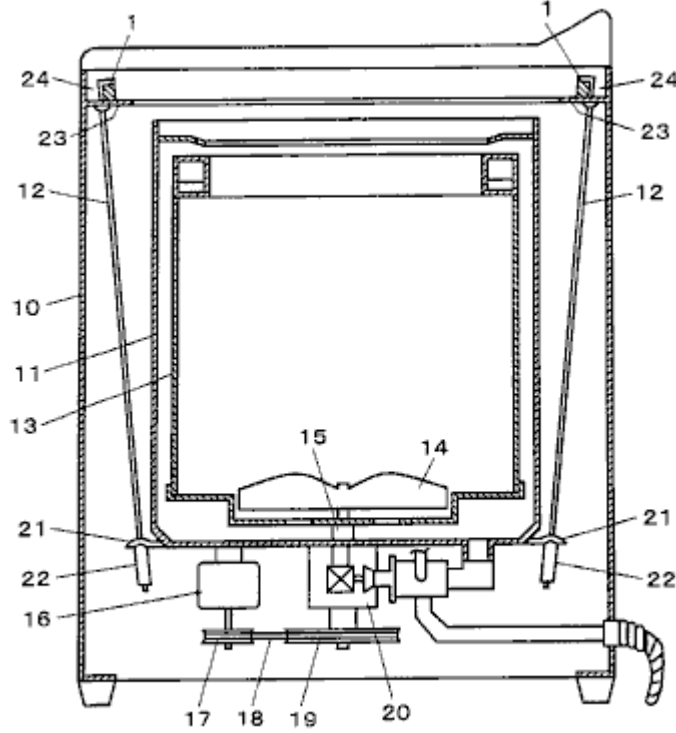
Çamaşır ağırlığının tespitinde bir başka kullanılan yöntemde çamaşır makinesinin çeşitli yerlerine yerleştirilebilen ağırlık sensörleri kullanılmaktadır. Bunlar örneğin kazandaki titreşimleri sönmeyen süspansiyon çubuklarına yerleştirilebildikleri gibi çamaşır makinesi ayaklarına da yerleştirilebilmektedirler. Şekil 3.1'de bir ağırlık sensörü yapısı görülmektedir. Sensör ferromanyetik bir gövde ve bu gövde etrafında sarılmış bobinden oluşur.



Şekil 3.1 Çamaşır makinesine konan çamaşır ağırlıklarının ağırlıklarının tespit etmek üzere kullanılan bir ağırlık sensörü yapısı [7].

Şekil 3.1'de 2 numara ile gösterilen ferromanyetik elemandır. Buna 6 numara ile gösterilen bir makaraya takılmış buna da 3 numara ile gösterilen bobin sarılmıştır. 7 ve 8 numaralar elastik kauçuk halkelardır. 2 numaralı elemanın genişliği, sıkışması, bükülmesi ile manyetik karakteristiği değişir. Bu da üzerine sarılmış bobinin indüktansının değişmesine sebep olur. Bir LC osilatör devresi kurulursa

indüktanstaki değişim devrenin osilasyon sinyali frekansının değişimine sebep olur. Frekansdaki bu değişime bakılarak yük miktarı kestirilebilir. Şekil 3.2’de ağrlık sensörünün çamaşır makinasında yerleştirdiği yer görülmektedir.



Şekil 3.2 Ağrlık sensörünün çamaşır makinasındaki yeri [7].

Yukarıdaki şekilde 12 ile gösterilen eleman süspansiyon çubuğudur. Çubuk 22 numara ile gösterilen süspansiyon yayına bağlanmıştır. Süspansiyon yayı da 21 numaralı çıkıntı ile kazana bağlıdır. Kazan ve tahrik elemanları 4 tane süspansiyon çubuğu vasıtasıyla asılı durumdadır. Kazandaki titreşimler yaylar vasıtasıyla sönümlenir. Ağrlık sensörleri ise süspansiyon çubuklarının üst ucunda 1 numara ile gösterilen yerdedirler. Kazana çamaşır konması ile ağrlık sensörlerine kuvvet uygulanmaya başlar. Bir başka düzenlemede ise ağrlık sensörleri çamaşır makinasının ayaklarına yerleştirilebilir [7].

3.1.3 Çamaşırların Su Emme Miktarı Öçümü ile Yük Miktarı Ağlama

Tambura konan çamaşırın ağrlığının tespitiinde en çok karşılaşılan yöntemlerden biri de çamaşırın emdiği su miktarlarına bakmaktır. Az çamaşır az su, çok çamaşır ise çok su emeceği için emilen su miktarlarından çamaşır ağrlığına dair bir bilgi elde edilebilir. Bunun için tambura belli bir miktar su alınır, motor hareketiyle tambur

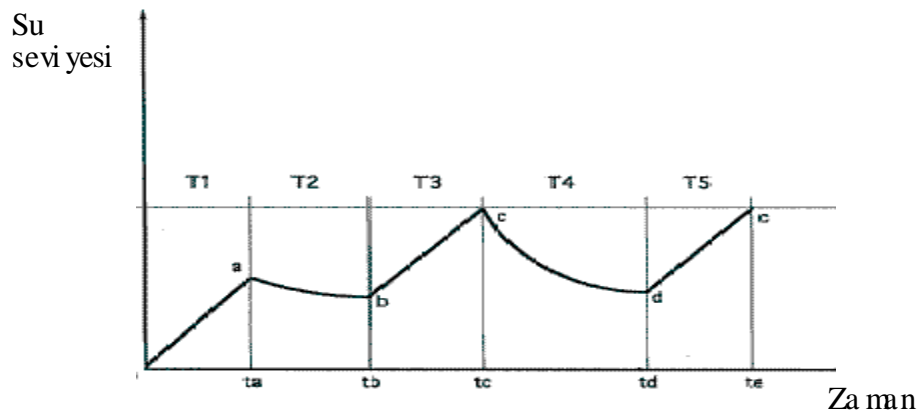
döndürülür ve çamaşırların suyu emmesi sağlanır. Yüksek lisans tezi kapsamında bu yöntemle yük miktarı algılama çalışması yapılmıştır. Bu çalışmanın ayrıntıları Bölüm 4.1’de görülebilir.

3.2 Yük Cinsi Algılama Yöntemleri

Uygulamada yük cinsi algılama en çok kumaşların farklı su emme kabiliyetleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Literatürde pamuklu kumaşların sentetik kumaşlara nazaran daha hızlı ve daha fazla su emdikleri, ayrıca sentetik kumaşların suyu zor tuttukları, tuttukları suyu ise zor bıraktıkları belirtilmektedir [17].

[9] numaralı referansta, çamaşırların emdikleri su miktarına bakarak yük cinsi kestirimi üzerinde durulmuştur. Bu yöntemde önce çamaşırların ağırlığı herhangi bir yöntemle tespit edilir. Daha sonra çamaşır makinasına belli bir miktar su aldırılır, tambur hareketi sağlanarak çamaşırların suyu emmesi sağlanır. Daha sonra tambur sıkıya yakın bir hızla döndürülürken su tahliye edilir. Tahliye edilen su miktarı ölçülerek çamaşırların üzerinde kalan su miktarı tespit edilir. Çamaşırların emdiği su miktarından da çamaşır tipi kestirilir. Patentte tahliye edilen su miktarının, tahliye hattına bir sayaç takılarak veya suyun tahliye edilmesi için geçen süre ölçülerek belirlenebileceği belirtilmiştir.

[8] numaralı referansta ise çamaşırların su emme hızlarına göre cins tespiti yapılabilirdiği ileri sürülmüştür. Burada anlatılan yöntem Şekil 3.3’ün yardım ile daha iyi anlaşılacaktır.



Şekil 3.3 [8] numaralı referansta anlatılan yöntemle göre çamaşır makinası içindeki su seviyesinin değişimi.

Ça maşır maki nasına önce belli bir T1 süresi boyunca su al dırılır. Bu sırada tambur hareketsizdir. Daha sonra bir T2 süresi boyunca tambur hareketi yaptırılarak ça maşır ların suyu emmesi sağlanır. Böylece tambur içindeki su seviyesi düşer. Bundan sonra maki naya “c” ile gösterilen sevi yeye kadar su al ınır. Bu sırada tambur hareketsizdir. Su al ım için geçen T3 süresi kaydedilir. Patentte T3/ T1 oranının, ça maşır ların su emme hızı ile orantılı olduğu, bu değerden ça maşır cinsinin tespit edilebileceği iddia edilmektedir. Sonra tekrar T4 süresi boyunca tambur hareketi sağlanarak ça maşır lara su emdirilir. T4 süresi o şekilde seçilir ki emilen su miktarı hem ça maşır cinsinin hem de ça maşır miktarının bir oranı olsun. Ardından “c” seviyesi ne kadar su al dırılır ve bunun için geçen süre T5 kaydedilir. Patentte, ça maşır cinsi önceden tespit edildiği için T5 ve T3/ T1 değerlerinden ça maşır miktarının da tespit edilebileceği iddia edilmiştir.

3.3 Kır A glama Yöntemleri

Ça maşır maki nasına konulan ça maşır ların kirliliğinin algılanmasında en çok kullanılan yöntem optik al glama prensibi ne dayanan al glayıcılarla yıka ma suyunun bulanıklığının kirliliğinin ölçülmesidir. Bunların yanında sıvının viskozitesini ve/veya yoğunluğunu ölçerek kirlilik bilgisinin sağlanabileceğini öne süren bir patentle de karşılaşıl mıştır.

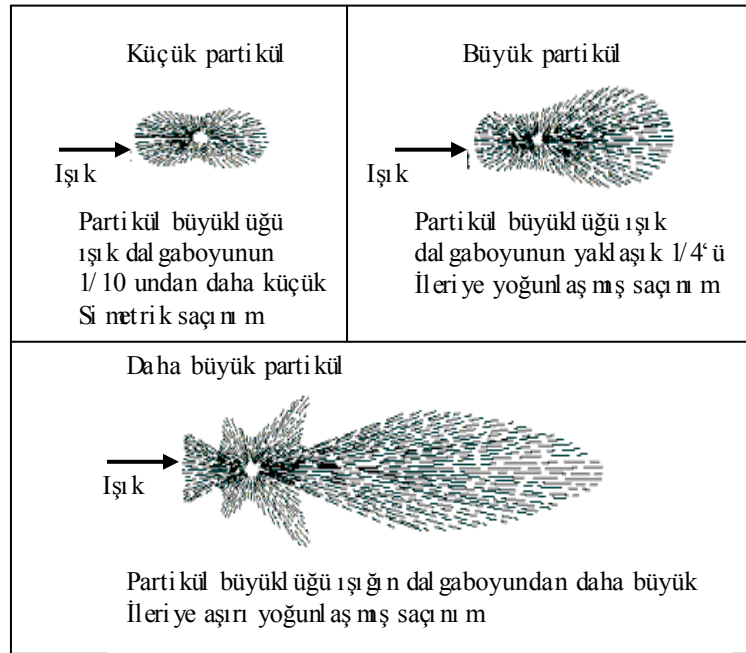
3.3.1 Optik Bulanıklık Ölçümü ile Kır A glama

Bulanıklık APHA tarafından, ışığın bir doğru boyunca iletil mesi nden çok saçılması ve sö nüm lenmesi ne sebep olan optik özelliğ ini fadesi olarak tanı mlamır. Buna sebep olan suda asılı kalan partiküllerdir. Bulanıklık sudaki partiküllerin doğrudan bir ölçümü değil, bu partiküllerin ışığı dağıtma etkisinin bir ölçümüdür.

Mutlak saf suya gönderilen doğrusal bir ışık bozul m adan bir doğru boyunca yoluna devam eder. Fakat burada bile saf sudaki moleküller belli bir derecede ışığı dağıtırlar. Bu nedenle hiçbir sıvı sıfır bulanıklık derecesine sahip değildir. Asılı partiküller içeren bir sıvıda ışık iletkenliğindeki bozulma partiküllerin boyuna, biçimine, yoğunluğuna ve ışığın dalgaboyuna (rengine) bağlıdır.

Bir partikülün üzerine ışık düşmesi halinde partikül ışık enerjisi depolar ve kendisi bir ışık kaynağı gibi her yöne ışık enerjisi yayar. Bu, partikülün, üzerine düşen ışığı

saçmasıdır. Partikül den saçılan ışığın dağılımı, partikül büyüklüğünün partikül üzerine düşen ışığın dalgaboyuna oranına bağlıdır. Üzerine düşen ışığın dalgaboyundan çok daha küçük boyutlu parçalar Şekil 3.4'te görüldüğü gibi ışık neredeyse si metrik olarak yayarlar. Işğın dalgaboyuna göre partikül boyu arttıkça ışğın saçılımı öne doğru daha kuvvetli olmaya başlar. Bunlara ek olarak küçük partiküller mavi gibi kısa dalgaboylu ışıkları daha yoğun olarak saçarken kırmızı gibi uzun dalgaboylu ışıklar üzerinde daha az etkili olurlar. Aynı şekilde büyük partiküller uzun dalgaboylu ışıkları kısa dalgaboylu ışıklara göre daha kuvvetli saçarlar.

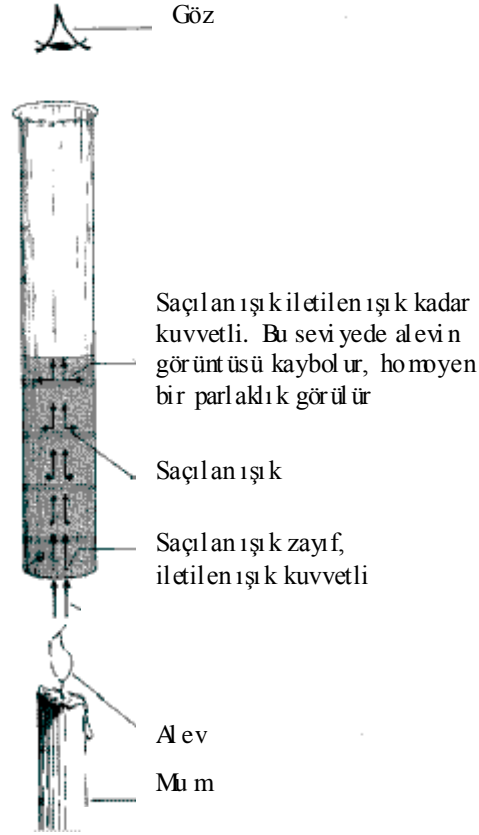


Şekil 3.4 Partikül büyüklüğü ve ışık dalgaboyuna göre partikül den saçılan ışğın yayılması [18].

Partikülün ve sıvının rengi de saçılan ışğın algılanmasında önemlidir. Renkli bir madde ışık enerjisini görür spektrumun belli aralıklarında absorbe eder, hem iletilen ışğın hem saçılan ışğın karakterini değiştirir ve saçılan ışğın belli bir bölümünün algılamasına ulaşmasını engeller.

Işğın saçılımı partikül konsantrasyonu arttıkça kuvvetlenir. Fakat partikül konsantrasyonu çok olursa saçılan ışık gittikçe başka partiküllere çarpmaya başlar ve ışğın sönmelenmesi gerçekleşir. Partikül konsantrasyonu belli bir değeri aşarsa yansıyan ve iletilen ışğın algılanabilirliği birden azalır. Bu ölçülebilecek en büyük bulanıklık değeri dir.

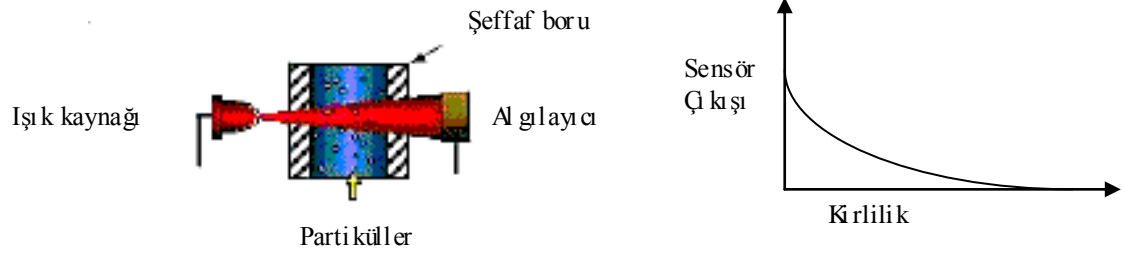
Geliştirilen ilk standart bulanıklık birimi JTU dur. 1 JTU 1 litre saf suda 1 miligram diatomit'in asılı kaldığı durumdaki bulanıklık değeri dir. Bulanıklık ölçmeye yönelik geliştirilen düzeneklerden ilki Jackson Mümm Bulanıklıkölçeridir (Jackson Candle Turbidimetre). Farklı JTU değerlerinde numuneler hazırlanarak bunlarla Jackson Mümm Bulanıklıkölçeri'nin kalibrasyonu gerçekleştirilir. Jackson Mümm Bulanıklıkölçeri'nin yapısı Şekil 3.5'te görülmektedir. Kalibrasyon şu şekilde gerçekleştirilir: Belli bir bulanıklıktaki numune şişeye yavaş yavaş dökülmeye başlanır. Sıvı belli bir yüksekliğe gelince şişenin üstünden bakıldığında mumalevi artık görünmez, yüzeyde homojen dağılmış bir parlaklık görülür. Bu andaki seviye değeri kaydedilir. Daha sonra farklı bulanıklıktaki numunelerle aynı işlem tekrarlanır. Böylece her bir bulanıklık için karşılık gelen seviyeler kaydedilir ve bir tablo yapılır. Bulanıklık bilinmek istenen sıvı şişeye dökülür. Yüzeyde homojen bir parlaklık olduğu andaki seviye kaydedilir. Daha önce yapılan tabloya bakılarak bu seviyenin karşılık geldiği bulanıklık değeri tespit edilir. Bu şekilde sıvının bulanıklığı JTU cinsinden tespit edilmiş olur.



Şekil 3.5 Jackson Mümm Bulanıklıkölçeri [18].

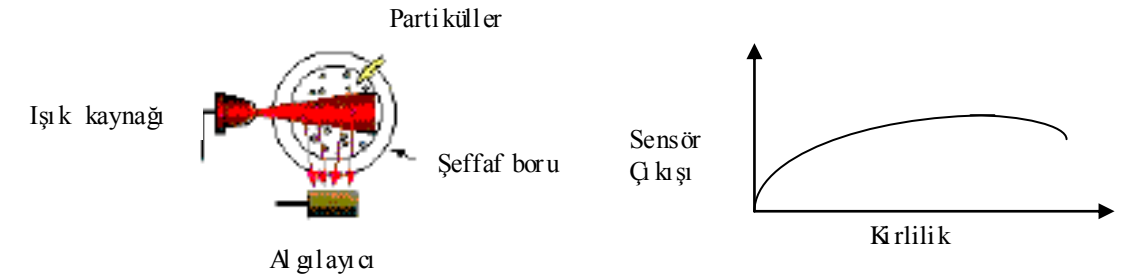
Jackson Mümm Bulanıklıkölçeri'nin bazı ciddi sınırlamaları vardır. Örneğin 25 JTU dan daha az bulanıklıktaki sıvıları ölçememektedir ve seviyeni tespitinde insan yarğısına bağıdır. Ayrıca bu yöntemde kullanılan ışık uzun dalgaboylu mümmışıdır (sarı-kırmızı). Bu durumda küçük partiküller ışığı etkin olarak saçmazlar. Çok ince partiküllü süspansiyonlara karşı ci haz hassas değildir [18].

Bunun üzerine, daha hassas ölçümler için yöntemde geliştirmeler yapılmıştır. Mümm ışığı yerine LED gibi ışık kaynakları kullanılmaya başlanmıştır, insan gözlemci yerine fotoelektrikal algılayıcılar yerleştirilerek bulanıklık ölçümleri yapılmaya başlanmıştır. Şekil 3.6'da bu tip optik bulanıklık ölçüm yapısı ve kirliliğe bağı olarak sensör çıkışının değişimi görülmektedir.



Şekil 3.6 İletilen ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü [19].

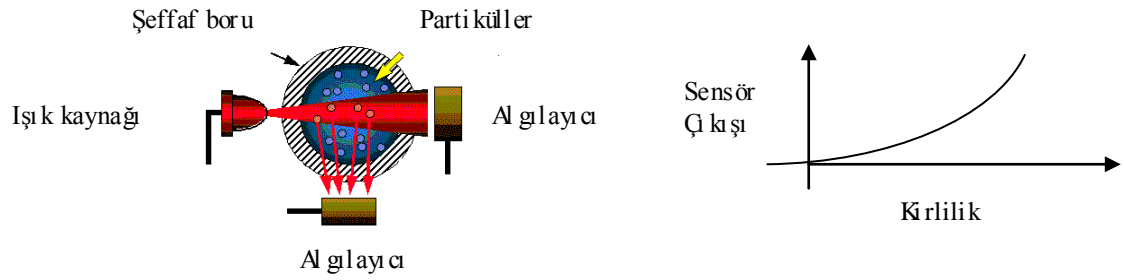
Bir başka yöntemde de algılayıcı ışık kaynağına belli bir açı ile yerleştirilerek saçılan ışığın algılanması amaçlanmıştır. Birçok modern enstrümanda algılayıcı 90° ye yerleştirilmiştir. Bu şekilde saçılan ışık hassas olarak algılanabilmektedir. Saçılan ışığı algılayan bu cihazlar nephelometre veya nephelometrik bulanıklıkölçer olarak adlandırılırlar. Şekil 3.7'de ölçüm yapısı ve kirlilikle sensör çıkışının değişimi görülmektedir.



Şekil 3.7 Saçılan ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü [19].

Bunlar düşük bulanıklık değerlerinde yüksek hassasiyete sahiptir. Çok yüksek bulanıklık değerlerinde ise ışığın birçok partiküle çarpması sonucu sönümlenmesi gerçekleşir ve sensör çıkışı düşmeye başlar.

Bir başka düzenlemede de iki tane alglayıcı kullanılmıştır. Bunlardan biri iletilen ışığı algılayan diğeri de saçılan ışığı algılar. Sensör çıkışı alglayıcının çıkışlarının birbirine oranlanması ile elde edilir. Yapının şekli ve çıkışın karakteristiği Şekil 3.8'de görülmektedir.



Şekil 3.8 Hem iletilen hem saçılan ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü [19].

Bu tip bir düzenleme, daha fazla elemana sahip olduğundan diğer iki yapıdan daha pahalıdır ancak en iyi performansa sahiptir. Hem ileten sensörün yüksek bulanıklık değerleri algılama özelliğine hem de yansıtan sensörün düşük bulanıklık değerlerindeki yüksek hassasiyet özelliklerine sahiptir. Sensör çıkışı iki alglayıcının çıkışlarının oranlanması ile bulunduğu için sıcaklıkta, kaynak yoğunluğundaki değişimlerden veya optik elemanlar üzerinde oluşabilecek kirlilikten kaynaklanan hatalı okumalar giderilmiş olur çünkü her iki alglayıcıdan okunan değerler bu etkilerden benzer şekilde etkilenirler [20].

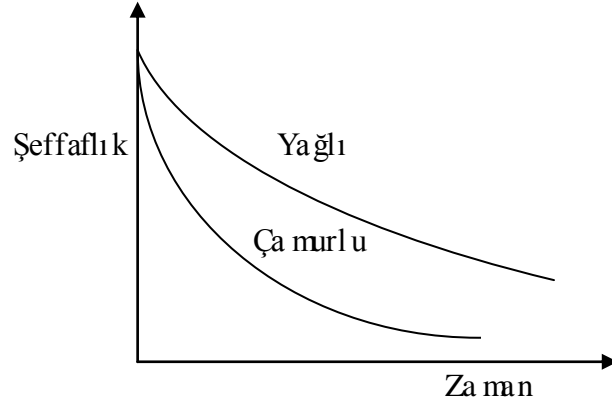
Optik ölçü yapılarındaki bu gelişmeler yanında yeni standart bulanıklık sıvıları da geliştirilmiştir. Jackson Mümm Bulanıklıkölçeri'nin kalibrasyonu için hazırlanan çözeltide sabun kili, porselenlik kil gibi doğada bulunan malzemeler kullanılmaktaydı. Bu da formülasyonda tutarlılığı güçleştirmekteydi. Bunun üzerine 1926 yılında formazinin adı verilen yeni bir bulanıklık standardı geliştirilmiştir. Bu belli oranlarda hidrazin sulfat ($N_2H_6SO_4$) ve hexamethylenetetramine ($C_6H_{12}N_4$) adlı iki kimyasalın karıştırılması ile oluşturulmaktadır. Formazinin bulanıklık standardı olarak çeşitli avantajları vardır. Analiz edilmiş ham maddelerden tekrar tekrar hazırlanabilir, fiziksel karakteristikleri saçılan ışığın ölçülmesine dayanan

ci hazların kalibrasyonuna uygundur. Çok farklı biçim ve büyüklükte partiküller içerir. 0.1 mikrondan daha küçük partiküller olduğu gibi 10 mikrondan daha büyük partiküller de içerir. Bu geniş aralıktaki partikül boyu ve biçimleri ile çeşitli bulanıklıktaki sıvıları başarılı bir şekilde temsil eder. Formanın saçılan ışığın algılanmasına dayanan yöntemlerde kullanılanı durumunda NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ya da FNU (Formazin Nephelometric Unit) birimleri kullanılmaktadır. FAU (Formazin Attenuation Unit) ise iletilen ışığın ölçülmesi ile bulanıklık tespiti yöntemlerinde kullanılan biridir.

Optik bulanıklık sensörlerinde çok çeşitli ışık kaynakları kullanılabilir. Bunlardan biri tungsten filament lambadır. Bunlar geniş spektral çıkışa sahiptir, sağlam ucuz ve güvenilirdir. Lamba çıkışları 1600 K, 2000 K, 2400 K gibi lambanın renk sıcaklığı ile belirtilir. Bir akkor lambanın renk sıcaklığı dolayısıyla spektral çıkışı lambanın çalışma voltajının bir fonksiyonudur. Kararlı bir akkor lamba çıkışı için çok iyi ayarlı güç ünitesi ne ihtiyaç vardır. Bir başka kullanılan ışık kaynağı da LED'dir. Bunlar tek renkli ya da dar bant aralığında çalışan kaynaklardır. Akkor lambalara göre daha verimli ve güç ihtiyaçları da daha azdır. En çok kullanılan bu iki tip ışık kaynağının yanında daha ender olarak laserler, cıvalı lambalar ve çeşitli lamba/filtre kombinasyonları da kullanılmaktadır.

Algılayıcı olarak en çok fotoçoğullayıcı tüp (photomultiplier tube), vakum fotodiyot, silikon fotodiyot, kadmiyumsülfid fotodiyot kullanılır. Fotoçoğullayıcılar için iyi bir kararlılık isteniyorsa iyi ayarlanmış yüksek voltaj güç ünitesi ne ihtiyaç vardır. Vakum fotodiyotların spektral cevapları genellikle fotoçoğullayıcılara yakındır ve onlardan biraz daha karardır. Fakat bunların karakteristikleri çevre koşullarından özellikle nemden etkilenmektedir [18].

Optik bulanıklık sensörleriyle ortadaki kirlilik derecesinin algılanması yanında kirliliğin belirlendiği çalışmalarla da karşılaşmıştır. [5] numaralı referansta yapılan ayrımlı kirliliğin yağlı mı çamurlu mu olduğu şeklindedir. Patente göre, yağlı ve çamurlu kirlilik durumlarında yakama boyunca suyun şeffaflığının değişimi Şekil 3.9'da görüldüğü gibidir.

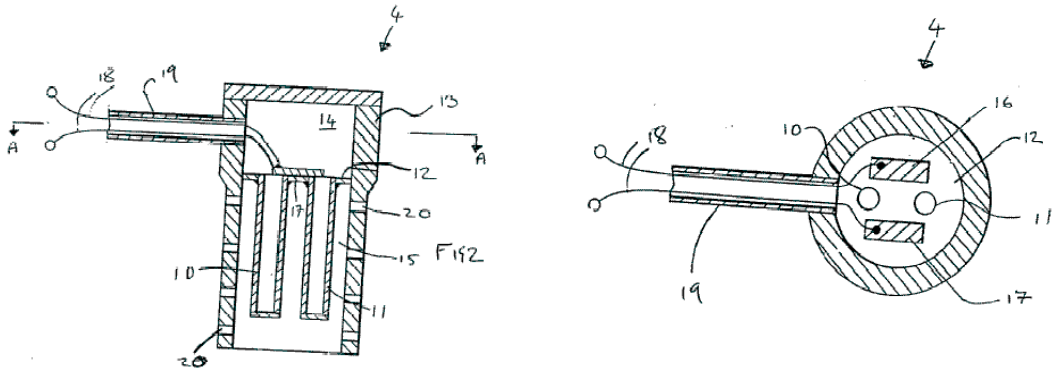


Şekil 3.9 Yıkama boyunca kir tipine göre şeffaflığın değişimi.

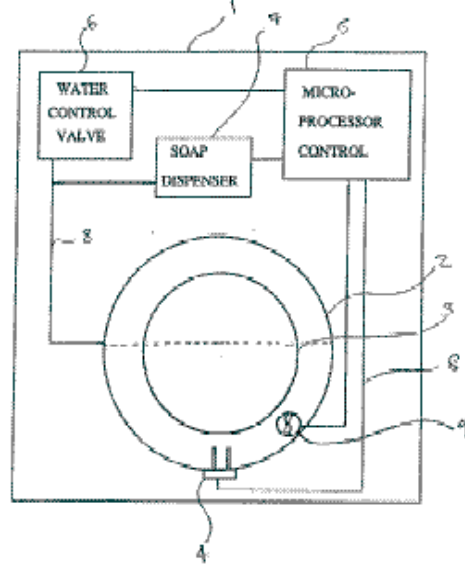
Şekil 3.9'da görüldüğü gibi çamurlu kirliliğin sökülmesi daha hızlı olacağı için şeffaflık daha hızlı değişirken yağlı kirlilik durumunda daha kademesi kir sökülmesi gerçekleşir. Bu şekilde belli bir zaman aralığında şeffaflık sinyalinin değişiminden kir tipinin kestirilebileceği belirtilmektedir [5].

3.3.2 Yoğunluk Ölçümü ile Kir Aglama

Yıkama suyunun kirlenmesi sonucu yoğunluğu da değişir. Yoğunlukta bu değişim bir yoğunluk sensörü ile ölçülerek kirlilik miktarı tespit edilebilir. [13] numaralı referansta bu amaç için dizayn edilmiş bir viskozite/yoğunluk sensöründen bahsedilmektedir. Sensörün yapısı Şekil 3.10'da, çamaşır makinasına yerleştirildiği yer ise Şekil 3.11'de görülmektedir.



Şekil 3.10 [13] numaralı referansta bahsedilen sensörün önden ve üstten görünüşü.



Şekil 3.11 [13] numaralı referansta bahsedilen sensörün çamaşır makinasındaki konumu.

Şekil 3.10'da görülen sensör yapısında birbirinden diyaframa (12) ayrılmış iki bölme bulunmaktadır. Diyaframın üzerinde 16 ve 17 ile gösterilmiş piezoelektrik transducerlar bulunmaktadır. Transducerlardan bir tanesine alternatif gerilim uygulanır, bunun sonucu diyaframbükülür, 10 ve 11 numara ile gösterilen çubuklar birbirlerine yaklaşır ve uzaklaşır. Bu şekilde bir titreşim gerçekleşir. Diğer transducer da titreşimi algılar. Çubukların bulunduğu bölmeye 20 numara ile gösterilen deliklerden sıvı giriş ve çıkışı gerçekleşir. Sıvının viskozitesindeki ve/veya yoğunluğundaki değişime bağlı olarak yapının rezonans frekansı ve rezonans bant genişliği değişir [13].

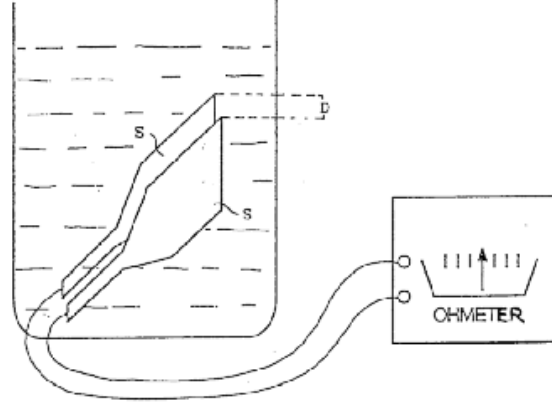
3.4 Deterjan Miktarı Algılama Yöntemleri

Literatürde deterjan algılama en çok suyun elektrik iletkenliğinin ölçümü ile gerçekleştirilmektedir. Bunun yanında optik ölçüm, yüzey gerilimi, viskozite/yoğunluk, pH bulanıklık ölçümü gibi yöntemlerin de deterjan algılamada kullanıldığı görülmüştür.

3.4.1 İletkenlik Ölçümü ile Deterjan Algılama

Ortadaki deterjan konsantrasyonunun suyun elektrik iletkenliğinden tespiti en çok karşılaşılan yöntemdir. Bir sıvının elektrik iletkenliği o sıvının elektrik akımını

iletme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Sıvılarda elektrik akımı ortamdaki iyonlar tarafından taşınırlar. Suyu deterjan eklendiğinde artan iyon sayısı nedeniyle iletkenlik önemli ölçüde artar. İletkenliğin tespiti için sıvıya iki elektrod daldırılır, bu elektrodlara gerilim uygulanarak direnç ölçülür. Şekil 3.12’de şematik olarak iletkenlik ölçümü görülmektedir.



Şekil 3.12 İletkenlik ölçümünün şematik gösterilişi [21].

Sıvının elektrik iletkenliği yeteneğinin bir ölçüsü olarak kondüktans tanımlanır. Birimi siemens dir. İfadesi şu şekildedir:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V} \quad (3.10)$$

Burada G kondüktans (S-siemens), R direnç (Ohm), V uygulanan voltaj (Volt), I oluşan akımdır (Amper). Buradan,

$$K = G \cdot \frac{D}{S_e} \quad (3.11)$$

ifadesine geçilir. Burada, K iletkenlik (S/cm), Şekil 3.12’de görüldüğü gibi D elektrodlar arasındaki mesafe (cm), S_e elektrodlarının alanıdır (cm²).

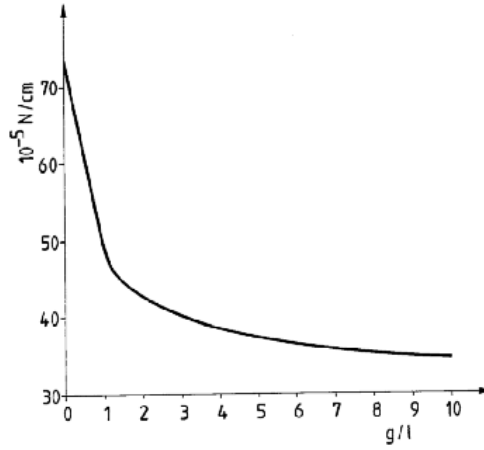
3.4.2 Yoğunluk Ölçümü ile Deterjan Algılama

Daha önce kir algılama bölümünde bahsedilen ve Şekil 3.10 ile Şekil 3.11’de sensör yapısı ve sensörün makinedeki yeri görülen yoğunluk sensörünün deterjan algılamada da kullanılabileceği belirtilmiştir. Buna göre deterjan dozajlanması

sırasında sensör çıkışına bakılır. Deterjana bağlı olarak suyun yoğunluğu değişir ve istenilen bir yoğunluk değeri ne ulaşıldığında dozajlama durdurulur. Ayrıca durulama suyundaki deterjan miktarının tespiti için de sensörün kullanılabileceği belirtilmiştir [13].

3.4.3 Yüzey Gerilimi Ölçümü ile Deterjan Algılama

Deterjan algılamada karşılaşılan yöntemlerden biri de sıvının yüzey geriliminin ölçülmesidir. Deterjanın görevlerinden biri suyun yüzey gerilimini düşürmek böylece suyun çamaşırları ıslatmasını yani çamaşırlara nüfuz etmesini sağlamaktır. Deterjan konsantrasyonu ile yüzey gerilimi arasında Şekil 3.13'te olduğu gibi bir ilişki vardır.

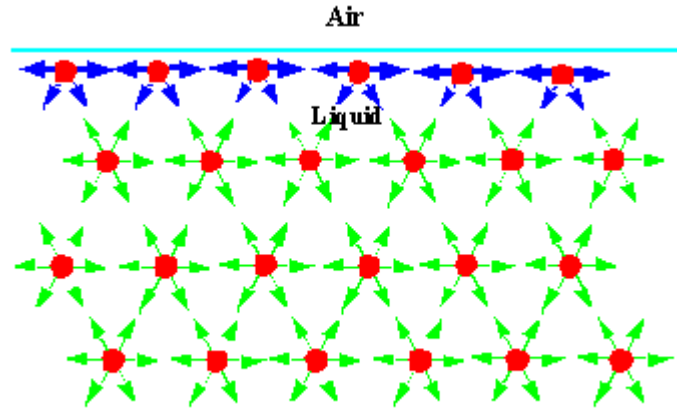


Şekil 3.13 Deterjan konsantrasyonu ile yüzey gerilimi arasındaki ilişki [22].

Şekil 3.13'te yatay eksen deterjan konsantrasyonu dikey eksen ise yüzey gerilimidir. Yüzey gerilimi, yüzey alanında bir birim değişim için gereken enerji olarak tanımlanır. Boyutu,

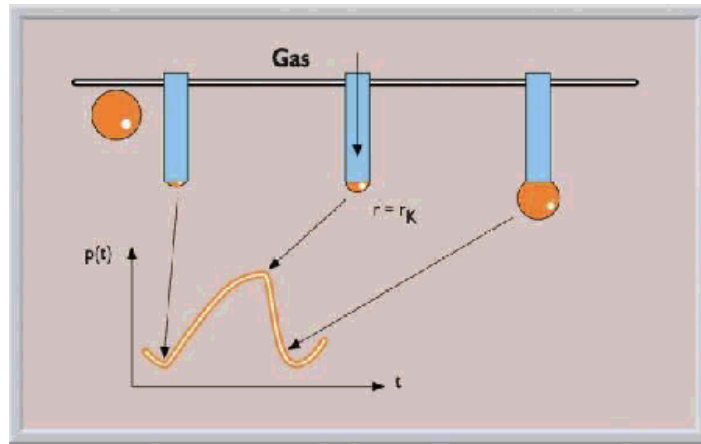
$$\frac{N \cdot m}{m^2} = \frac{N}{m} \text{ dir.}$$

Bir sıvının içindeki moleküller birbirlerine eşit kuvvetler uygularlar ve dengededirler. Sıvının yüzeyindeki moleküllere ise Şekil 3.14'te görüldüğü gibi aşağıya doğru bir kuvvet uygulanır. Bu, sıvının yüzey gerilimini oluşturur. Yüzey gerilimi yüzey alanını minimize yapmaya çalışır. Bu nedenle örneğin yağmur damlaları yuvarlaktır veya masaya dökülen su tamamen yayılmaz, toplu halde durur.



Şekil 3.14 Bir sıvıdaki moleküllere uygulanan kuvvetler

Labaratuvar koşullarında bir sıvının yüzey geriliminin ölçülmesi için çok çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte, burada, çamaşır makinasında karşılaşılan yöntem olan kabarcık basıncı metodu üzerinde durulacaktır. Kabarcık basıncı metodunda Şekil 3.15'te görüldüğü gibi sıvıya kılcal bir boru içinden gaz akışı olur.

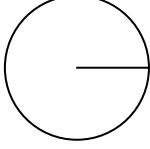


Şekil 3.15 Kabarcık basıncı yöntemiyle yüzey gerilimi ölçümü

Borunun ucunda oluşan hava kabarcığı yarımküre olduğunda kabarcık içindeki basınç maksimumdur. Bu anda ölçülen basınç değerinden sıvının yüzey gerilimine aşağıdaki formülle geçilir.

$$P_1 = P_2 + \frac{2\gamma}{r} \quad (3.12)$$

Burada P_1 kabarcık içindeki basınç (Pa), P_2 kabarcık dışındaki su basıncı (Pa), γ yüzey gerilimi (N/m), r boru çapı (m) dir. Formülün çıkarımı şu şekildedir:



Yarıçapı r olan bir kabarcıkta iç basınç ile dış basınç arasındaki fark kabarcığı büyütmeyle çalışırken yüzey gerilimi de büyütmeyle karşıt bir güç oluşturur. Buna göre:

Yüzey geriliminin yaptığı iş = Basıncının yaptığı iş

$$\gamma \cdot \delta A = (P_1 - P_2) \cdot A \cdot \delta r \quad (3.13)$$

$$A = 4\pi r^2 \quad (3.14)$$

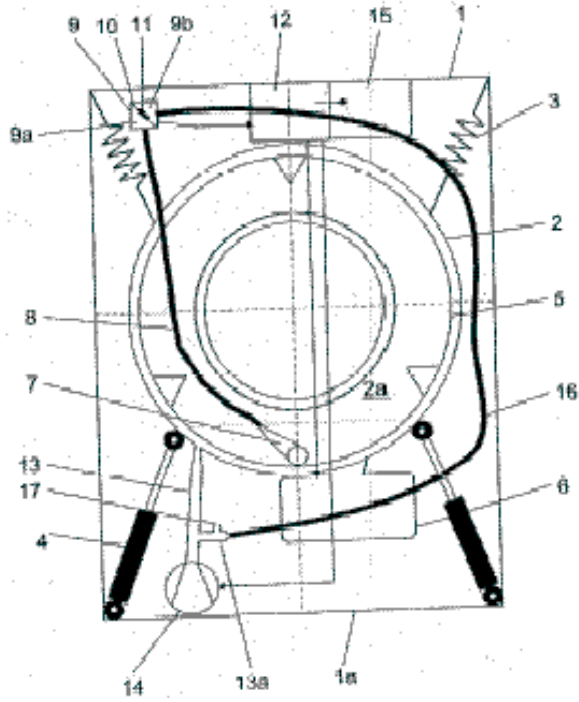
$$\gamma \cdot 8\pi \cdot r \cdot \delta r = (P_1 - P_2) \cdot 4\pi r^2 \cdot \delta r \quad (3.15)$$

Buradan

$$\frac{2\gamma}{r} = P_1 - P_2 \quad (3.16)$$

bulunur.

[15] numaralı referansta çamaşır makinasında yüzey gerilimi ölçümü ile ilgili çalışılmıştır. Şekil 3.16'da görüldüğü gibi tambur ile kazan arasındaki bölgeye 14 numaralı ile gösterilen bir pompa vasıtasıyla 13 numaralı boru içinden hava akışı olmaktadır. Kabarcık içindeki basınç, 16 numaralı ile gösterilen lastik borunun ucunda bulunan 9 numaralı basınç sensörü vasıtasıyla belirlenmektedir.

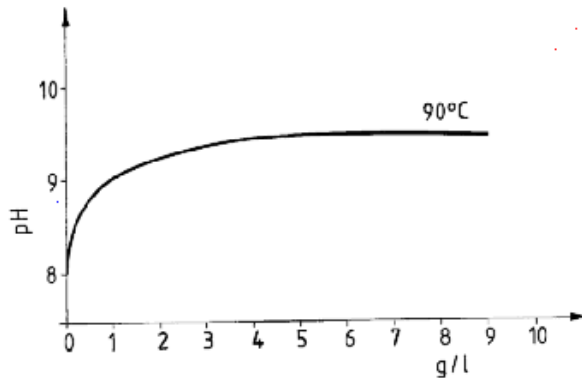


Şekil 3.16 Çamaşır makinasında yüzey gerilimi ölçüm yöntemi [15].

3.4.4 pH Ölçümü ile Deterjan Ağlama

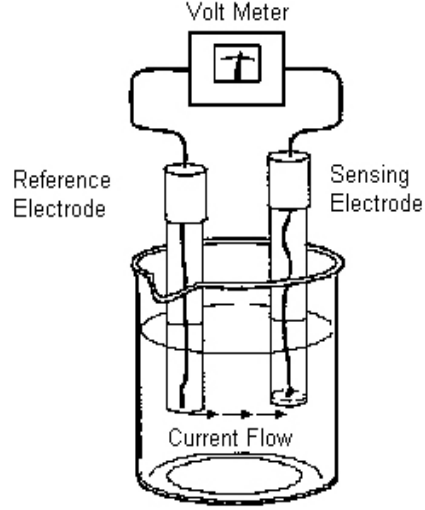
pH asiditenin ya da alkalitenin bir ölçüsüdür. Sıvıdaki hidrojen iyonu (H^+) sayısı arttıkça sıvının asitliği de artar. Bir sıvının pH'ı 0 ile 14 arasındaki rakamlarla ifade edilir. 0 çok asidik bir sıvıyı, 14 de çok bazik bir sıvıyı temsil eder. pH'ı 7 olan bir sıvı nötrdür.

Suya deterjan eklenmesiyle suyun pH değeri artar. Şekil 3.17'de deterjan konsantrasyonu ile pH değerinin $90^\circ C$ sıcaklıktaki değişimi görülmektedir.



Şekil 3.17 Deterjan konsantrasyonu ile pH değeri arasındaki ilişki [22].

Şekil 3.18’de bir elektroki myasal ölçüm yöntemi nin temel yapısı gözük mektedir. Elektrod ar arası ndan akım geçer ve sı vı nın H drojen iyonu konsantrasyonuna ba ğlı olarak ölçülen Voltaj değeri değ işir.



Şekil 3.18 Elektroki myasal pH ölçüm yöntemi

Bu yöntemler yanında optik ölçüm yöntemiyle suyun bulanıklığının ölçülmesi ne dayanan deterjan algılama çalışmalarıyla da karşılaşıl mıştır. Nteki msuda deterjan çözündükçe suyun bulanıklığı da buna ba ğlı olarak art maktadır. [5] numaralı referansta bu yöntemle deterjan algılama üzeri ne bir çalış ma yer al maktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Jakobi, G and Löhr, A**, 1987. Detergents and Textile Washing VCH Press, Weinheim
- [2] **Repair Clinic**, Washing Machine Front Load GE Style, Detailed Appliance Illustration, http://www.repairclinic.com/0100_25.asp
- [3] **Badami, V. V. and Chbat, N. W.**, 1998. Home appliances get smart, IEEE Spectrum August, 36-43.
- [4] **Langerreis, G. R.**, 1999. An integrated sensor system for monitoring washing process, PhD Thesis, University of Twente, Enschede.
- [5] **Ishibashi, O and Hasegawa, H.**, 1993. Neurocontrol for washing machines, United States Patent, No: 5241845 dated 7.9.1993.
- [6] **Badami, V. V., Dausch, M. E., Whipple, W., Hornung, R. E. and Dickerson, D. R. Jr.**, 1996. Energy efficient washer with inertia based method for determining load, United States Patent, No: 5577283 dated 26.11.1996.
- [7] **Yoshida, S., Yoshizaki, K., Kuraseko, T., Yoshida, Y., Kakutani, K., Kishimoto, K., Aoki, H. and Hyamizu, K.**, 2002. Washing machine or an apparatus having a rotatable container, United States Patent, No: 6460381 dated 8.10.2002.
- [8] **Aisa, V.**, 1997. Method for determining quantity and/or type of fabric introduced in a laundry washing machine, European Patent, No: 0787848 dated 6.8.1997.
- [9] **Gvanelli, C. and Pagani, R.**, 1993. Device for determining the type of constituent fabric of a load or clothes to be washed in a washing machine or the like, United States Patent, No: 5259217 dated 9.11.1993.
- [10] **Erickson, T. K., O'Brien, G. R. and Reeve, I. E.**, 1997. Apparatus for monitoring and controlling the operation of a machine for washing articles, United States Patent, No: 5603233 dated 18.2.1997.
- [11] **Leipertz, A. and Will, S.**, 1998. Optischer Sensor, Europäische Patent, No: 0823628 datiert 11.2.1998.
- [12] **Ono, S.**, 1992. Automatic washing apparatus, United States Patent, No: 5172572 dated 22.12.1992.

- [13] **Stephens, P. E and Watts, P. M**, 1994. Cleaning process controlled in accordance with the density and/or viscosity of the cleaning fluid, United Kingdom Patent, No: 2272454 dated 18.5.1994.
- [14] **Kein, J.**, 1994. Verfahren zur Messung der Schmutzbefrachtung einer Waschlöte, Deutsches Patent, No: 4311064 datiert 6.10.1994.
- [15] **Böcker, R, Herden, R und Dietz, W**, 2000. System zur Bestimmung der Oberflächenspannung in einer Waschmaschine, Deutsches Patent, No: 10025430 datiert 28.12.2000.
- [16] **Kuchi, M, Nakamura, T, Tamae, S and Sakita, Y**, 1993. Control device for washing machine, United States Patent, No: 5235827 dated 17.8.1993.
- [17] **Nalçacı, B**, 2001. Orbital çamaşır makinası yıkama profillerinin belirlenmesi, ATGM Araştırma Raporu, Açelik A.Ş., Türkiye
- [18] **Hach**, Turbidity Science, Technical Information Series-Booklet No: 11, <http://ecommerce.hach.com/stores/hach/pdfs/literature/L7061.pdf>
- [19] **Honeywell**, Turbidity Sensing as a Building Block for Smart Appliances, Presentation, <http://content.honeywell.com/sensing/prodinfo/turbidity/turbidity.stm>
- [20] **Erickson, T**, 1997. Turbidity Sensing as a Building Block for Smart Appliances, IEEE Industry Applications Magazine, May/June, 31-36.
- [21] **Lattanzi, G, Mariotti, C, Aisa, V and Bongini, D**, 1994. Device for measuring the water resistivity in a washing machine, European Patent, No: 0582329 dated 9.2.1994.
- [22] **Büttner, U, Jostan, J, Knoll, A and Marten, A**, 1981. Method of controlling the operation of an automatic washing machine, United Kingdom Patent, No: 2052251 dated 28.1.1981.
- [23] **Honeywell**, APMS-10G Series Wash Process Sensor, Catalog Information, <http://content.honeywell.com/sensing/prodinfo/turbidity/catalog/c20027.pdf>
- [24] **Güler, E Ç, Usta, H, Öztürk, E ve Öztürk, N**, 1999. Proje No: 99037, Teknik Bilgiler, Açelik A.Ş., Türkiye.
- [25] **Üger, Z**, 2002. Bulaşık Makinası Yıkama Ortamının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Trabzon'da doğdu. Lise eğitimi Kartal Anadolu Lisesi'nde tamamlandı. 1996 yılında girdiği İ.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümünden 2000 yılında mezun oldu ve aynı yıl İ.T.Ü. Makina Mühendisliği Makina Teorisi ve Kontrol programında yüksek lisans eğitimine başladı. Halen eğitimini sürdürmektedir.