



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULTRASONİK SENSÖRLE YAKIT
TÜRLERİNİN BELİRLENMESİ

Mevlüt PATLAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

TEMMUZ-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mevlüt Patlak tarafından hazırlanan “Ultrasonik Sensörle Yakıt Türlerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması 26/07/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ

.....

Danışman

Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DOĞAN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ömer Faruk YÜKSEL
Selçuk Üniversitesi FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Mevlüt PATLAK

26/07/2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ULTRASONİK SENSÖRLE YAKIT TÜRLERİNİN BELİRLENMESİ

Mevlüt PATLAK

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

2023, 50 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ

Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DOĞAN

Bu çalışmada, yakıt ikmali sırasında benzin ve motorini ayırarak yanlış türde yakıtın yanlış depoya aktarılmasını engellemeye yönelik bir çözüm sunulmaktadır. Bu amaçla bir deney düzeneği geliştirilmiştir. Günlük hayatımızın vazgeçilmez enerji kaynaklarından olan dizel ve benzin ile bitki kökenli bir yakıt olan etanol ve doğada bulunan su arasında ultrasonik ve dielektrik ölçümler yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Ultrasonik sensör kullanılarak benzin, motorin, etanol ve su sıvılarının türleri belirlenmiş ve farklı sıcaklıklarda uçuş süresi (TOF) değerleri ölçülmüştür. Ayrıca bu sıvıların dielektrik katsayıları bir dielektrik sensör kullanılarak ölçülmüş ve sıvıların türleri belirlenmiştir. Ultrasonik yöntem ile dielektrik yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları tartışılmıştır. Önerilen sistem yakıt ikmali sırasında benzin ve motorini ayırarak yanlış türde yakıtın yanlış depoya aktarılmasını engellemektedir. Deneysel sonuçlar, ultrasonik sensörlerin yakıt tipini doğru bir şekilde belirlemede önemli ve etkili rolünü ortaya koymuştur. Böylece, daha verimli ve güvenli yakıt depolama ve nakliye sağlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ultrasonik Sensör, Dielektrik Sensör, Benzin, Dizel, Uçuş Süresi, Hatalı Dolum

ABSTRACT

MS THESIS

DETECTION OF FUEL TYPES WITH ULTRASONIC SENSOR

Mevlüt PATLAK

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY**

**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN MECHATRONIC
ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

2023, 50 Pages

Jury

Prof. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ

Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

Assist. Prof. Dr. Hüseyin DOĞAN

In this study, a solution is proposed to prevent the transfer of the wrong type of fuel into a tank during refueling. For this purpose, an experimental setup is developed, in which ultrasonic and dielectric measurements are conducted and compared for diesel and gasoline, which are indispensable energy sources in our daily lives, as well as ethanol, a plant-based fuel, and water found in nature. By using an ultrasonic sensor, the types of gasoline, diesel, ethanol, and water liquids were determined, and time-of-flight (TOF) values were measured at different temperatures. Additionally, the dielectric coefficients of these liquids were measured using a dielectric sensor to determine the types of liquids. The results obtained from the ultrasonic and dielectric methods were compared, and the advantages and disadvantages of each method were discussed. The proposed system prevents the transfer of the wrong type of fuel to the incorrect tank during refueling. The findings of the study highlight the significant and effective role of ultrasonic sensors in accurately determining the type of fuel, ensuring more efficient and secure fuel storage and transportation.

Keywords: Ultrasonic Sensor, Dielectric Sensor, Gasoline, Diesel, Time-Of-Flight, Faulty Filling

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen ve yönlendiren, kıymetli Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ hocama, gerekli malzemelerin teminini sağlayan işyerim Mepsan Petrol Cihazları Anonim Şirketine, iş yeri müdürlerime, deneylerde bana yardımcı olan mesai arkadaşım Yunus Emre ALTINIŞIK'a ve en büyük destekçim sevgili eşim Yıldız PATLAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Mevlüt PATLAK
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Ultrasonik Yöntemlerle Yapılan Çalışmalar.....	3
2.2. Dielektrik Sabiti Kullanılarak Yapılan Çalışmalar	8
3. ULTRASONİK YÖNTEMLER	10
3.1. TOF Nedir?	10
3.2. TDC1000-C2000EVM Board.....	10
3.3. Ultrasonik Sensör.....	13
3.3.1. Ultrasonik sensör çalışma prensibi	14
3.3.2. Ultrasonik sensör çeşitleri.....	15
3.3.3. Ultrasonik sensörde TOF tekniği.....	16
4. ELEKTRİK ALAN TABANLI SENSÖRLER VE DİELEKTRİK KATSAYI..	18
4.1. Dielektrik Sabiti ve Sensör Yapısı.....	18
4.1.1. Elektriksel geçirgenlik ve dielektrik sabiti	19
4.1.2. Kutuplaşma (Polarizasyon).....	20
4.1.3. Sürekli dipol moment.....	21
4.1.4. Kapasitif sensörler	23
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	24
5.1 Deney Düzenegi.....	24
5.1.1. Tasarlanan kart ve özellikleri.....	24
5.1.2. Tasarlanan sensör yuvası	28
5.2. Ultrasonik sensör Kullanarak Yapılan Ölçümler.....	29
5.2.1 Deneysel Sonuçlar	32
5.3. Dielektrik Sabitiyle Yakıt Türlerinin Tespiti.....	38
5.3.1 Dielektrik sensör kullanılarak yapılan ölçümler	39
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43
5. KAYNAKLAR	45
6. EKLER	49

7. ÖZGEÇMİŞ	50
--------------------------	-----------

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde işareti
°C	: Santigrat derece
μ	: Molekülün sürekli dipol momenti
C	: Karbon
c	: Ses hızı
d	: Kabın genişliği
H	: Hidrojen
K	: Boltzman sabiti
N _A	: Avagadro sayısı
RTD1	: Direnç sıcaklık kanalı
RX1	: Alıcı kanalı
RX2	: Alıcı kanalı
T	: Mutlak sıcaklık
TX1	: Gönderici kanal
TX2	: Gönderici kanal
B	: Hacim modülü
ρ	: Ortam yoğunluğu

Kısaltmalar

ARM	: Açısal Yansıma Yöntemi (Angular Reflection Methods)
AVDD	: Sistem Analog Güç Pini (Analog Drain Voltage)
CGS	: Santimetre gram saniye
dBm	: Desibel miliwatt
FPGA	: Alan Programlanabilir Kapı Dizisi
G	: Gram
Hz	: Hertz
KHz	: Kiloherertz
LCD	: Sıvı Kristal Ekran
MCU	: Mikro Denetleyici Birimi
MHz	: Megahertz
MRM	: Çoklu Yansıma Yöntemi
ms	: Milisaniye
Ns	: Nanosaniye
PRO	: Saf Kolza Yağı
PZT	: Kurşun Zirkonat Titanat
RF	: Radyo Frekans
RME	: Kolza Metilester
RRM	: Referans Yansıtma Yöntemi
SPL	: Ses Basınç Seviyesi
TOF	: Sesin Uçma Süresi (Time Of Flight)
TRM	: İletim Yansıtma Yöntemi
V	: Volt
SPI	: Seri Çevre Arayüzü

1. GİRİŞ

Petrol, enerji piyasasının en değerli yapı taşlarından birisidir ve canlı organizmaların ayrışmasından elde edilen, uçucu özelliğe sahip bir sıvıdır. Günlük yaşamda kullanılan taşıtların birçoğu petrolden sağlanan yan ürünlerle çalışmaktadır. Bu sağlanan yan ürünlerden en fazla kullanılan ikisi dizel ve benzin yakıtlarıdır. Benzin, cinsine ve özelliklerine göre farklı miktarda hidrojen(H) ve karbon(C) bulundurur, yaygın olarak içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılır ve petrolden elde edilir. Petrolden elde edilen zehirli, yüksek derecede yanıcı bir sıvıdır. Benzin ve dizel petrolün farklı derecelerde ısıtılma işlem görmesi sonucunda açığa çıkar. Her iki yakıtın da taşıtlarda kullanım oranları yüksektir. Bu nedenle, akaryakıtın uygun bir şekilde depolanması ve taşınması, araçların düzenli olarak çalışmasını sağlamak için oldukça önemlidir.

Benzin ve dizel ürünleri rafineriden akaryakıt taşıyıcı tankların depolarına alınır ve sonrasında akaryakıt istasyonlarına taşınıp kullanıcıya sunulur. Bu ürünlerin satıldığı akaryakıt istasyonlarda sürekli bir devridaim mevcuttur. Akaryakıt istasyonlarından taşıtlara verilen yakıt, istasyonun kendi bünyesinde bulunan yer altı tanklarından sağlanır. Bu tanklarda bulunan akaryakıt seviyesi azaldıkça akaryakıt taşıyan tankerler ile rafineriden alınan yakıt, akaryakıt istasyonundaki benzin ve dizel yeraltı tanklarına ayrı ayrı boşaltılır. Buradaki boşaltma işlemleri personeller tarafından yapılmaktadır. Sürekli çalışma halinde olan insanların dikkatsizlik, uykusuzluk ve yorgunluk gibi sebeplerle hata yapma ihtimalleri yüksektir. Hatalı bir tanker dolumu sonucunda ise tank içerisinde bulunan dizel ve benzin yakıtları birbirine karışmakta, kullanılabilirliğini yitirmektedir. Mevcut yakıtların zayi olmasının yanında, tankerin temizliği, bakımı maddi hasarlar oluştururken kimi zaman çevre kirliliğine de yol açma durumuyla karşılaşılabilir.

Bu çalışmada, yakıtların taşınması ve depolanması sırasında ortaya çıkabilecek olası komplikasyonları önlemek için bir sistem geliştirilmiştir. Bu amaçla bir deney düzeneği gerçekleştirilmiştir. Dizel, benzin, etanol ve suyun ultrasonik ve dielektrik ölçümleri yapılarak karşılaştırılmıştır. Öncelikle benzin, motorin, etanol ve su sıvılarının türlerini belirlemek için ultrasonik sensör kullanılmıştır. Bu sıvıların uçuş süresi (TOF) değerleri farklı sıcaklıklarda ölçülmüştür. TOF tekniğinde ultrasonik dalganın başlangıcından tekrar yansiyıp gelene kadar olan süre ölçülür. Bu sürenin

sıvılarda farklılık göstermesinden yararlanılarak sıvının türünün ne olduğunun tespiti yapılabilir. Daha sonra bu sıvıların dielektrik katsayıları bir dielektrik sensör kullanılarak karşılaştırılmıştır ve sıvıların türleri belirlenmiştir. Dielektrik sensör sıvının dielektrik katsayısını ölçerek birbirinden farklı dielektrik katsayılarına sahip sıvıların tespitini yapabilmektedir. Veriler elde edildikten sonra ultrasonik yöntem ile dielektrik yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları tartışılmıştır. Çalışma bulguları, ultrasonik sensörlerin yakıt tipini doğru bir şekilde belirlemede oldukça etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu bağlamda önerilen sistem, yakıt ikmali sırasında benzin ve motorini ayırarak yanlış türde yakıtın yanlış depoya aktarılmasını engellemeye yönelik bir çözüm sunmaktadır. Bu, daha verimli ve güvenli yakıt depolama ve nakliye sağlar.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Ultrasonik Yöntemlerle Yapılan Çalışmalar

Çoğu mühendislik uygulamalarında kullanılan ses dalgaları boylamsal ses dalgalarıdır. Bu dalgalar katı, sıvı ve gaz ortamlarda yayılabilir. Dalgalar bir kaynaktan çıkar ve dalgaının yayıldığı yönde bir engel gelene kadar devam eder. Ultrasonik ses aralığı 20.000 Hz'in üzerindeki frekanslarda olduğu kabul edilir. Buna karşılık, 20 ila 20.000 Hz. aralığında frekansa sahip ses dalgaları duyulabilir aralıktadır. 20 Hz'in altında frekansa sahip ses dalgaları infrasonik aralıktadır (Rao ve ark., 2014). Ultrasonik dalgaların kullanımı öncelikle iki dalga özelliğine odaklanmıştır: ses hızı ve zayıflama. Ek olarak, Doppler frekans kayması etkisi, sıvı hareketini içeren sistemlerde bilgi sağlar. Ses hızı, sulu çözeltilerin yoğunluğunu, bileşimini ve sıcaklığını belirlemek için doğru bir indeks olarak kabul edilmiştir (Contreras ve ark., 1992).

Ultrasonik dalgaların kullanımı sıvı test ve analizleri ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır. İlgili çalışmada ultrasonik sensör kullanılmış ve geleneksel kalibrasyon yöntemleri yerine bulanık mantık denetleyicisi yardımıyla akıllı bir ölçüm tekniği tasarlanmıştır. Bu denetleyici sıvıların akış miktarını ölçerken boru çapı, sıvı yoğunluğu, sıvı sıcaklığı gibi çeşitli giriş ve çıkış parametreleri arasında doğrusal bir ilişki kurar. Çalışmasında bu giriş çıkış değerleri için test edilir ve eğitilir, parametrede değişiklik olması halinde denetleyici sayesinde pratik olarak kalibre olmuş ve sonuçları elde edilmiştir (Dutta ve Kumar, 2017).

Ultrasonik teknik kullanılan bir diğer çalışmada ise yaygın olarak kullanılan bazı yenilebilir yağları nicelik olarak karakterize edilmiştir. Ses hızı ve zayıflama katsayısı, ses dalgalarının yayıldığı ortamın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile yakından ilişkilidir, bu nedenle bu özellikler hakkında bilgi sağlamak için bu yöntemin kullanılabileceğini göstermiştir. 1, 2, 3 ve 5 MHz frekansında çeşitli yemeklik yağların ultrasonik hız değerlerini incelemiş ve frekansa bağlı olarak elde ettiği sonuçlarda farklılıklar olduğunu görmüştür. Bu farklılıklardan birisi de akustik empedanstır, inceleme yaptığı sıvılardaki akustik empedans farklı olduğunu tespit etmiştir, bunun sebebinin sıvıların farklı yoğunluklara sahip olmasından kaynaklandığına varmıştır. Elde ettiği bu akustik

empedans katsayıları sayesinde yağların içindeki karışım oranını tespit etmiştir (Ali ve Ali, 2014).

Dyakowski ve ark. (2005) ultrasonik sensör kullanarak heterojen karışımlarda, bitkisel yağlarda ve saf sudaki sesin hızıyla ilgili çalışmalar yapmışlardır. Saf bir numunede belirli bir sıcaklıkta ses hızı sabittir, bu nedenle hacim oranı ile karışık hallerde ultrasonik hızın tersi arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Saf suda ve diğer numunelerde sesin farklı sıcaklıktaki hızını incelemişlerdir. Tuzlu suda ses hızının sıcaklık artışıyla arttığını, bitkisel yağda hızın sıcaklık artışıyla azaldığını göstermişlerdir. Deneysel sonuçların teorik modelle karşılaştırılması için 25 °C sıcaklıktaki sonuçları değerlendirmişlerdir. 25 °C'de ses hızının bitkisel yağda 1446,8 ms(milisaneye) ve tuzlu suda 1700,6 ms olduğu sonucuna varmışlardır.

Ultrasonik yöntem sayesinde yapılan kirlenme monitörü büyük bir plastik üreticisinin üretim tesisinde de başarıyla test edilmiştir. Yapılan bu testte polimerizasyon reaksiyonundan sonra üretilen polimerde kalan artık monomer miktarını doğru bir şekilde ölçmek için kullanıldı (Cobb, 1997). Prototip monitör kullanılmadan önce, polimer örnekleri alınıp her 2 saatte bir laboratuvarında analiz ediliyordu. Numune analizindeki uzun gecikmeler ve numune okumalarına olan güven eksikliği, reaksiyon sürecinin kontrolünde zayıflıklara neden olmuştur. Gerçek zamanlı Ultrasonik monitör ile, operatörler her 20 saniyede bir yeni bir okuma alır ve anlık olarak reaktör ısıtma ayarlarını yapabilirler. Üretilen polimerin kalite kontrolü, monitör tarafından sağlanan zamanında bilgi sayesinde önemli ölçüde artmıştır. Monitör okumalarının doğruluğu, laboratuvar analizinden daha iyi ve daha doğru olarak belirlenmiştir ayrıca sonuçları işlemlerden dolayı uzun sürmesi yerine anında öğrenmelerini sağlamıştır (Cobb, 1995). Ultrasonik teknik, büyük kapasiteli polimer üretiminde polimerizasyon hızı kontrolü için bilinen ilk, dışardan müdahale edilebilen tekniktir.

Sağlık alanında da çeşitli kullanım yerleri olmuştur. Fizik tedavide, ultrasonik dalganın mikro masaj ve ısıtıcı etkisinden yararlanılmaktadır. Ayrıntılı etki mekanizmaları bilinmemekle birlikte ultrasonik dalganın otonom sinir sistemine etkili olduğu, analjezik etki yaptığı, difüzyonu ve 20 metabolizmayı hızlandığı ileri sürülmektedir. Ultrasonik dalgaların ısı etkisinden cerrahide, odaklanmış ultrasonik dalga kullanılarak, kesme yerel lezyon oluşturma amaçları ile yararlanılmaktadır (Pehlivan, 1997).

Bir diğer çalışma ise hasta hareketlerini tedavi anında algılayan ve olumsuz bir durumda tedaviyi durduran ultrasonik tabanlı otomatik hasta hareket izleme cihazıdır. Sistem, tedavi masasının iki yanına yerleştirilmiş devre kartı, manyetik bağlantı aparatı, LED göstergesi, hoparlör ve ultrasonik verici ve alıcıdan oluşmaktadır. Ultrasonik yayıcı, ultrason dalgalarını üretir ve alıcı, hastadan gelen sinyali kabul eder. Hasta hareket ettiğinde, alıcı devreyi etkinleştirir, tedavi konsolu odasında teknisyeni tedaviyi durdurması için uyaran sesli bir uyarı sesi çıkar. Cihaz ve alarm sistemi hasta hareketlerini yaklaşık 1 mm hassasiyetle algılayabilmektedir. Bu çalışmayla, cihazın hastanın normal dokularının gereksiz radyasyona maruz kalmasını engellemeyi ve ayrıca radyasyonun doğru tümör konumuna iletilmesine yardımcı olduğundan bahsetmişlerdir (Senthilkumar ve Vinothraj, 2012).

Çevre duyarlılığı açısından yapılan çalışmalar mevcuttur. Havzalardaki hidrokarbonların varlığını tespit edebilen bir kirletici sensör geliştirilmiştir. Kirli sıvı ortamda uçuş süresini ölçerek akustik dalgaların yayılmasına dayanan bir çözüm düşünülmüştür. Bu çözümün en belirgin 3 avantajı vardır, bunlar düşük maliyetli üretim sağlaması, sağlamlık ve sistem entegrasyonudur. Transdüserler tamamen laboratuvarda yapılır. Bu dönüştürücüler için kullanılan malzeme Kurşun Zirkonat Titanat (PZT) dir. Çeşitli sıvılarda ses dalgalarının yankıları ölçülmüştür ve bu dalgaların uçuş süresi sıvı içerisindeki kirleticileri tespit etme olanağı sağlamıştır (Rostad, 2020).

Bir diğer çalışmada ise yine Ultrasonik uçuş süresi tekniği yağlar üzerinde kullanılmıştır. Araştırma, ultrasonik tekniğin, farklı türdeki yenilebilir yağların bileşimini izlemiş ve gerçek zamanlı süreç için faydasını göstermişlerdir. Uçuş zamanı ile ses hızı arasındaki ilişki bu çalışmada mısır yağı, zeytinyağı, ayçiçek yağı, Hindistan cevizi yağı ve hardal yağı ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Çalışmada, ses hızının artmasıyla birlikte uçuş süresi değerlerinin katlanarak azaldığı bulunmuştur. Bu ilişkinin farklı türdeki yemeklik yağdaki karışım miktarının araştırılması için faydalı olacağı belirtilmiştir. Bu yöntem, yağın kritik değerlerini gerçekten elde etmek için uçuş süresini ve ses hızını ortaya çıkarmak için uygulanan bir yöntemdir, böylece sistem yağ türünü ve birbirine karıştırılmış birkaç yağ kombinasyonunun içinde ne olduğunu gösterebilir (Azman ve Hamid, 2017).

Etanol ve su karışımını ultrasonik teknikler kullanarak incelendiği diğer bir çalışmada, sıvı karışımdaki etanol miktarı, Mikrodenetleyici tabanlı bir sistem kullanılarak ultrasonik yöntemle belirlenmiştir. Geliştirilen sistemin etanol için geniş ve

doğrusal bir belirleme aralığına sahip olduğu gösterilmiştir. Etanol ve su, karışımdaki etanol miktarının ve sıcaklığın artışına bağlı olarak dalganın havada uçuş süresinin değiştiği açıkça görülmektedir, bu durum analiz edildiğinde, karışımdaki etanol miktarı değişmezken ve sıcaklık artarken, ses hızındaki değişiklik nedeniyle dalganın havada uçuş süresinde bir azalma olduğunu tespit edilmiştir. Karışımda bulunan etanol miktarını farklı sıcaklık değerlerinde yüksek doğrulukla bulmak için bilinear enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Yani verilen bir aralıktaki bilinen değerlerden faydalanılarak, bu aralık içinde bilinmeyen değerleri hesaplanmıştır. Sistemin hassasiyeti, 0.552 g/L'den başlayan etanol için geniş ve doğrusal bir belirleme aralığına sahip olduğu ve sistemin tespit edilebilirliğinin istatistiksel olarak $p < 0.05$ güven aralığı içinde olduğu gösterilmiştir. Ölçümlerin standart sapması 0.21'dir. Bu nedenle, ekstra ekipman ve matematiksel hesaplamalar gerektirmeyen avantajlara sahip bir sistem olup, numunedeki bileşenlerin çok düşük konsantrasyonlarını bile yüksek doğrulukla bulmasını sağlamıştır (Aydın ve ark., 2020).

Daingade ve ark. (2018) yakıt kalitesini değerlendirmeye ve yoğunluk bilgisine dayalı katkı maddelerinin oranını belirlemeye çalıştılar. Bunu, bir ultrasonik sensör ve bir yük hücresi kullanarak yakıt yoğunluğunu ve miktarını ölçerek başardılar. Çalışmaya göre 26 °C de saf benzinin yoğunluğu 719 kg/m³ gaz yağının yoğunluğu ise 795 kg/m³ olarak ölçülmüştür. Benzine yüzde 10 oranında gaz yağı karıştırılmış ve bu karışım yüzde 100'e kadar devam ederek tüm oranlarda gaz yağı ve benzin karışımlarının ağırlıkları ölçülmüştür. Hacmi bilinen kapta yapılan testlerde sıvıların yoğunlukları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre benzin içerisindeki gazyağı oranı arttıkça karışımın yoğunluğunun arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmalarında arduino, LCD (Liquid Crystal Display) ekran ve ultrasonik sensör kullanmışlardır. 003-3 metre mesafeyi etkili bir şekilde ölçebilir ve verileri farklı genişlikte impulslara dönüştürebilen Ultrasonik sensör tercih etmişlerdir. Sensör kullanımdaki asıl amaç depoya aktarılan yakıtın doğru miktarda olup olmadığını yakıt seviyesinden belirlemek olmuştur.

Mukherjee ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada amonyum nitratın yoğunluğunu ultrasonik yöntemlerle incelemişlerdir. Gerçek zamanlı tahminler için amonyum nitrat konsantrasyonunu ölçmek amacıyla bir ultrason algılama sistemi tasarlamış ve kullanmışlardır. Ayrıca sıcaklığın ses hızı üzerindeki etkisini detaylı bir şekilde araştırmışlardır. Yapılan analizler sonucunda, amonyum nitrat sistemi için ölçülen ses

hızının konsantrasyon ve sıcaklık etkilerinin birbirinden bağımsız olduğu ortaya çıkmıştır. Hem konsantrasyonun hem de sıcaklığın artmasıyla sesin çözelti içindeki hızının arttığı gözlenmiştir. Çalışmalar sırasında sensör ve elektronik bileşenlerin çalışması için 5 MHz daldırma sensörü tasarlanmıştır. Sensör, üretilen darbenin sıvı içinden geçerek bir reflektör plakasına çarpması ve sensöre geri dönmesi şeklinde bir darbe yankısı modunda kullanılmıştır.

Nikolić ve ark. (2012). Motor yakıtlarından olan dizelin ve bazı bitkisel yağların üzerindeki basıncın ses hızına etkisini araştırmıştır. Bitkisel yağ olarak saf kolza yağı (pure rapeseed oil -PRO), kolza metilester (rapeseed methylester -RME) ve geleneksel dizel yakıt üzerinde çalışmışlardır. Kolza Metil Ester Sırbistan'da kullanılan tipik biyodizeldir. Petrolden elde edilen yakıtların yerine kullanım için alternatif sıvı yakıttır. Testler sabit 293 K (Kelvin) sıcaklıkta ve 0-160 MPa (Megapascal) basınçta gerçekleştirmiştir. Basınç her üç sıvı içinde 0'dan başlayıp 160 MPa'ya kadar çıkarılmış ve ölçümler kaydedilmiştir. Bu sonuçlara göre Dizel yakıt için ses hızının değeri (atmosfer basıncında ve 293 K) 1356,82 m/sn, RME için 1403,57 m/sn ve PRO için 1454,70 m/sn olarak ölçülmüştür. Ses hızı değerleri basınç artışı ile artarken, test edilen yakıtlar arasındaki ses hızı farklılıkları işletme basıncı arttıkça azaldığı görülmüştür. Ölçme sırasında direkt darbe-yankı yöntemini kullanmış ve 2,5 MHz'lik tek verici-alıcı transdüser ile ölçümlerini yapmıştır.

Chandran ve ark. (2017) alışılmışın dışında bir uygulama yaparak ses hızı ile rüzgâr yönünün ve hızının ölçümü için bir uygulama yapmışlardır. Üç boyutlu rüzgârı ölçen mikroişlemci tabanlı bir sistem uygulamışlardır. Sistem 6 kol üzerine yerleştirilmiş 6 adet ultrasonik alıcı-vericiden oluşmakta. Her kol, tek bir alıcı-vericiye yöneliktir. Kullanılan ultrasonik alıcı vericinin merkez frekansı 40 KHz'dir. Ortamın yoğunluğu sesin hızını etkileyen önemli bir faktördür. Ultrasonik ses ve rüzgâr aynı yönü takip ederse, ses hızı daha az ve rüzgâr hızı daha yüksek olacaktır. Ultrasonik ses ve rüzgâr ters yöndeysse, ses hızı küçük olacak ve rüzgâr hızı daha az olacaktır. Yapılan uygulama rüzgâr hızı detektörleri, rüzgâr enerjisi üretimi, havalimanları, havalandırmalar, ortam algılama vb. alanlarda da kullanılabilir. Havalimanlarında, her türlü hava koşulunda, doğru bir rüzgâr verisine sahip olmak oldukça önemlidir. Mevcut ultrasonik anemetreler çok pahalıdır bu nedenle onları çok sayıda kullanmak zordur. Geliştirdikleri sistemde, maliyet %75 oranında azaltılmış ve dijital dönüştürücüler ile FPGA kullanımı sayesinde daha yüksek doğruluk elde edilmiştir.

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda ultrasonik dalgaların genellikle tıp, gıda ve çevre sağlığı gibi alanlarda uygulandığı görülmüştür. Ultrasonik dalga'nın kullanım alanları değişmesi kullanım yöntemini çok etkilememiştir ve birçok çalışmada dalga'nın havada uçuşma süresi baz alınmıştır. Bildiğimiz kadarıyla petrol ve ürünlerinde henüz kullanıma rastlanmamıştır. Yapılan bu çalışmada petrol ürünlerinin transferi sırasında oluşabilecek hatalarda ultrasonik sensör kullanılarak yakıt türünü belirleyen bir sistem geliştirilmiştir.

2.2. Dielektrik Sabiti Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Dielektrik sensörler, elektriksel özellik değişikliklerini ölçerek çevresel değişiklikleri algılar. Endüstriyel Otomasyon, Tıp ve Biyomedikal, Yiyecek ve İçecek Endüstrisi, Çevresel İzleme, Elektronik ve Telekomünikasyon gibi birçok uygulama alanlarında kullanılmaktadır.

Kuru bakla ve toz deterjanı gibi maddelerin nem oranının belirlenmesinde, saf alkolde metanol miktarının belirlenmesinde, epilepsi hastalarının kriz sırasındaki gerçek zamanlı gözlemlenmesinde polarlığın değiştiği birçok uygulamada dielektrik sensör yöntemin kullanılması da mümkündür.

Karaca (2000), petrol ürünleri ile ilgili saflık derecesini belirlemede ve kalite kontrolünü ölçmek için elektriksel geçirgenliği kullanarak bir yöntem geliştirmeye çalışmıştır. İstasyonlarda yapılan uygunsuz katkı maddelerinin tespitini kolaylaştırmak için yaptığı bu çalışmada ölçüm sonuçları tekrarlanabilirliği (%) değerleri 0,04-0,06 arasındadır. Tasarlamış olduğu ölçüm kabı ve küvetin portatif hale getirilmesi ile istasyonlardaki akaryakıtın kontrolünü sağlamayı hedeflemiştir.

Karaduman (2006) geliştirdiği Lock-in amplifier'li faz duyar kapasitansmetre ile aldığı ölçümler ile insan vücudundaki toplam su miktarını geçirgenliğe bağlı olarak belirleyecek durumda olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada kullanılan düzeneğin diğer çalışmalarda portatif hale getirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için PLL (LM566, Phase Locked-Loop) faz kilitli halka kullanılması hedeflenmektedir.

Bir başka kullanılan alan ise dielektrik ısıtma uygulamaları için yüksek frekanslı veya mikrodalga elektrik alanlarına maruz kaldığında malzemelerin davranışını tanımlamak ve bunların nem içeriğini hızlı bir şekilde belirlemek için kullanılmasıdır. Dielektrik özelliklerin, yüksek frekanslarda veya mikrodalga frekanslarında, radyo

frekansı dielektrik ısıtma yoluyla enerjinin emilmesiyle malzemelerin ısıtılması üzerindeki etkisi uzun zamandır iyi bilinmektedir ve birçok potansiyel uygulama araştırılmıştır (Brown ve ark., 1947; Thuery, 1992; Roussy ve Pearce, 1995; Metaxas ve Meredith, 1983).

Doğru dielektrik özelliklerin veya geçirgenlik ölçümlerinin yapılmasındaki zorluk, bu ölçümler için malzeme numune tutucusunun tasarlanması ve elektriksel ölçümlerden geçirgenliğin güvenilir bir şekilde hesaplanması için devrenin yeterince modellenmesidir. Düşük frekanslı orta frekans ve yüksek frekans aralıklarındaki geçirgenlik veya dielektrik özellikler, ölçümler için teknikler, çeşitli köprülerin ve rezonans devrelerinin kullanımı da dahil olmak üzere Field (1954) tarafından gözden geçirilmiştir.

Çok düşük frekanslarda, ölçüm verilerini geçersiz kılacak elektrot polarizasyon fenomenlerine de dikkat edilmelidir ve bunun ölçümleri etkilediği frekans, ölçülen malzemelerin doğasına ve iletkenliğine bağlıdır (Foster ve Schwan, 1989; Kuang ve Nelson, 1998).

Geniş frekans aralığı dielektrik özellikler verilerinin kullanılması, dielektrik spektroskopi tekniklerinin değerlendirme için gerekli araçları sağlayacağı tamamen yeni uygulamalar için umut vaat etmesi beklenmektedir. Modern ölçüm tekniklerinin ve istatistiksel ve hesaplama prosedürlerinin, dielektrik özellik ölçümünün sağlam ilkeleri ile uygulanması, uygulanabilecek başarılı yeni uygulamalar sağlayabilir (Nelson, 1977).

Dielektrik yöntem gıda endüstrisinde, gıdaları kızartmak için kullanılan soya fasulyesi yağının kalitesini basit, hızlı bir şekilde analiz etmek için yeterli olduğu görülmüştür. Stevan ve ark. (2015) yaptığı çalışmada dielektrik sabitiyle bu analizleri ilişkilendirmek için, ardışık ısıtma döngüsünde toplanan her numune için asitlik, kırılma, viskozite ve iyot seviyelerinin analizini gerçekleştirmişlerdir. Bu süreçte parametrelerinin davranışında Pearson Korelasyon Katsayısı arasında güçlü bir korelasyon rapor etmişlerdir. Yaptığı çalışmada analiz edilen yağ için bulunan dielektrik sabitinin değeri ne kadar yüksekse, yağ numunesinin bozulmasının da o kadar yüksek olduğu sonucuna. Ayrıca, dielektrik sabiti değerlerinin yükseltilmesi nedeniyle, yüksek sıcaklıklarda bu bozulmayı ölçmenin daha kolay olduğu sonucunu çıkarmışlardır.

3. ULTRASONİK YÖNTEMLER

Teknolojinin gelişmesiyle yıllar içinde farklı ölçüm yöntem ve metotları geliştirilmiştir. Ultrasonik ölçüm yöntemi de bu yöntemlerden bir tanesidir. Bu ölçümü kullanırken temelde bir adet transdüser ve bunu tetikleyecek olan entegre devreye ihtiyaç vardır. Bu çalışmada her iki özelliği de barındıran TDC1000-C2000EVM geliştirme kartı referans alınarak ölçümler yapılmıştır. Bu kartın ölçüm prensibi TOF süresini hesaplamak ve sonuçlandırmaktır.

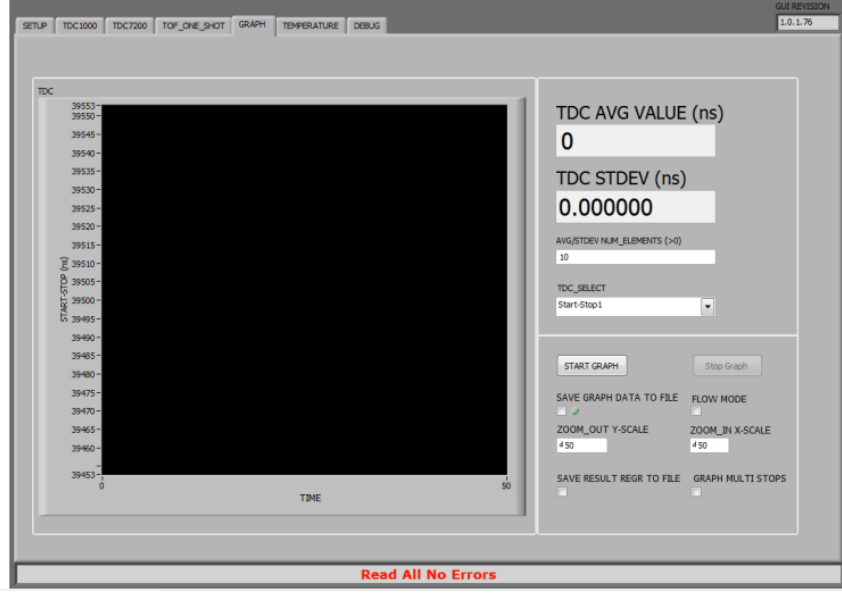
3.1. TOF Nedir?

Time Of Flight olarak adlandırılır ve sesin bulunduğu ortamdaki uçuş süresi hakkında bilgi verir. TDC1000 entegresi bu sinyalin süresini ölçmek için kullanılan analog bir entegredir. Entegreye bağlı olan bir alıcı-verici bulunmaktadır. Entegre TRIGG (tetikleme sinyali) pininden bir sinyal üretir. TRIGGER sinyali üretildiğinde alıcı-verici ultrasonik sesi iletmeye başlar. TDC1000 bu tetik darbesini alır almaz, START pininden kısa bir darbe üretir. Bu darbeden sonra sayaç çalışmaya başlar. Üretilen sinyal geri yansıdığı veya alıcı transdüser tarafından algılandığında ikinci darbe olan STOP darbesi üretilir. Bu STOP sinyali ile daha önce başlamış olan sayaç durdurulur. Böylece START ve STOP sinyalleri arasındaki çalıştırılan sayaç bize sesin uçuş süresinin ne olduğunu cevabını verir.

3.2. TDC1000-C2000EVM Board

Texas Instruments tarafından üretilen bu kart, TOF (Time Of Flight) uygulamaları için geliştirilmiş bir geliştirme kartıdır. Bu kart, ultrasonik dalgalar üretebilir ve bu dalgaları geri alarak aralarında geçen süreyi saniye cinsinden bulabilir. Ultrasonik frekanslarda çalışabilen bu kart, 4 MHz'e kadar frekansları destekler. Karta bağlanan ultrasonik sensöre 3,5V genlikte sinyaller gönderir, böylece başlatma dalgaları üretilmiş olur. Kart, başlatma ve durdurma darbelerini oluşturarak başlangıçtan durdurma darbesine kadar olan mesafeyi uçuş süresi olarak belirler.

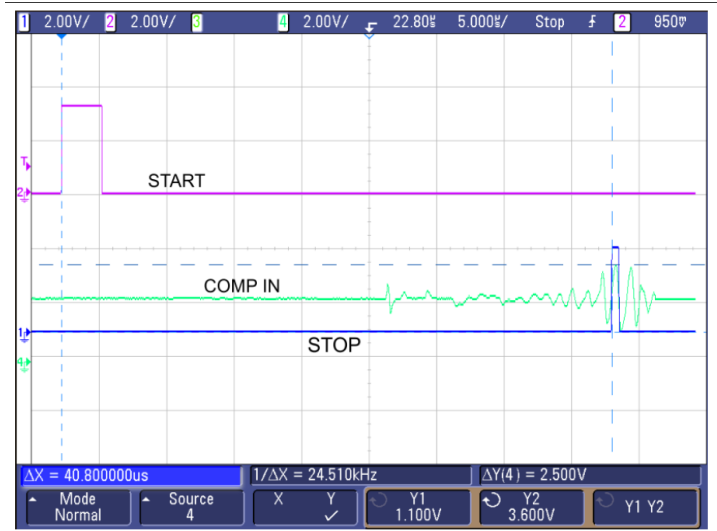
Kart üzerinde bulunan MCU, TDC1000 ile SPI aracılığı ile iletişim sağlar. Ölçüm sırasında MCU, TDC1000'i SPI aracılığı ile başlatacaktır. Uçuş süresinin ölçümü MCU müdahalesi olmadan TDC1000 de yapılır. Daha sonra MCU verileri hesaplaması için bilgisayara gönderir. Bilgisayar üzerinde bulunan arayüz programı ile sonuçlar değerlendirilir.



Şekil 3.1. TDC1000-C2000'nin ara yüzü

TDC1000-C2000EVM modülüne ait pin çıkışı şu şekildedir; TX1, RX1 ve TX2, RX2, sırasıyla bir ve iki kanallı verici ve alıcı dönüştürücüleridir. AVDD Sistem güç pini ve son olarak RTD1, RTD2 sıcaklık sensörü pinleridir. Sıcaklık sensörü için PT1000 veya PT100 kullanılabilir, ilgili ayar modülün ara yüzünden yapılmaktadır. Şekil 3.1. TDC1000-C2000'nin arayüzünü göstermektedir.

Şekil 3.2'de gösterildiği gibi ultrasonik dalga tetiklenir ve dalganın yansıması belli bir seviyeye ulaşınca durdurma sinyali üretilir, böylece başlatma ve durdurma sinyali arasındaki süre ses dalgasının süresi uçuş süresi olup ölçüm tamamlanır. Uçuş süresi, ultrasonun ortam içinde dolaşması ve alıcıya geri dönmesi için geçen süredir. Sistem hem iletimde hem de yansımada çalışabilir. Sıcaklık artışına bağlı olarak iletimde bulunduğu ortamdaki moleküler bağın gevşemesi nedeniyle, sıcaklıklarla orantılı olarak değişen ses değerlerinin hızındaki farklılıklar meydana gelmektedir. Sıcaklık arttıkça dalganın uçuş süresinin değeri de artmaktadır. Sıcaklığın ölçümlere olan etki miktarını hesaba katmak için elektronik modüle sıcaklık sensörü bağlanmalıdır.



Şekil 3.2. Ultrasonik ölçüme ait START-STOP sinyalleri (TDC1000)

Modül, çeşitli parametre ayarları yapmak ve aynı zamanda ölçüm verilerini toplamak için bir arayüze sahiptir. Bu modül, 3 farklı özellikte çalışacak şekilde ayarlanabilir. Seviye ve sıvı tanımlama için ultrasonik sensör kullanan "mod bir" olarak adlandırılan bir mod bulunmaktadır. Tek taraflı dalga uçuş süresini hesaplamak için "mod iki" kullanılır ve sıvı akışı ölçümü için de yine "mod iki" tercih edilir. Aynı modül üzerinden iki farklı özellikte ölçüm yapmak mümkündür. Modül, 2 adet ölçüm kanalına sahiptir ve her bir kanal, dalgaların uçuş sürelerini ölçmek veya iki farklı ultrasonik sensör kullanmak için yapılandırılabilir. Sistemin diğer çalışmalardan farklı bir avantajı ise tüm ölçümlerin sinyal üretici ve osiloskop olmadan gerçekleştirilebilmesi ve analiz edilebilmesidir. Modüle ait olan arayüz, tüm değerlere ve sonuçlara erişim sağlamak ve çeşitli ayarların yapılmasına imkân tanımaktadır.

TDC1000, ultrasonik dalgaları kullanarak sıvıların tanımlanması ve ölçülmesi konusunda yüksek performans sağlayan bir entegre devredir. Hem endüstriyel ölçüm sistemlerinde hem de tıp ve otomotiv alanlarında kullanılabilir. Ultrasonik dalgalar, sıvı yüzeyine gönderilir ve yansyarak geri döner. Bu yansımalar, sıvının yoğunluğu ve derinliği hakkında bilgi sağlar. Entegre devre, bu yansımaların süresini ölçerek sıvının seviyesini veya yoğunluğunu doğru bir şekilde belirler.

3.3. Ultrasonik Sensör

Ultrason teknolojileri, farklı alanlarda giderek daha yaygın hale gelmektedir. Bu teknolojilerden biri, sıvı karışımlarının içeriğini analiz etmek için ultrasonik hız ölçümlerinin kullanılmasıdır (Chen ve ark., 2015). Ultrasonik dalgaların kullanımı, boru veya kabın dışından sıvı karışımlarının bileşimini izleme imkânı sağlamaktadır. Bu sayede, ürün kalitesini garanti altına almak ve süreci iyileştirmek için sıvı bileşimi hakkında anlık bilgi elde edilebilmektedir. Bu teknik, fiziksel özelliklerle ilgili ölçümler sağlayabilir, ancak karışımdaki kimyasal türlerin tanımlamasını yapamaz. Karışımlardaki ses hızı ve yoğunluğun ölçülmesi, moleküler etkileşimlerin anlaşılmasında da önemli bir role sahiptir (Rowlinson ve ark., 2013).

Ultrasonik ölçüm, malzemelerin veya sıvıların frekansa bağlı olarak nasıl yayıldığını ve zayıfladığını ölçebilen düşük enerjili ultrasonik dalgaların karakterizasyonudur. Bu yöntem müdahaleci olmayan özellikleri sayesinde mevcut sisteme zarar vermeden önemli bir katkı sağlamaktadır (Nurrulhidayah ve ark., 2014). Ultrasonik TOF tekniği, saha petrol ve kimya sanayisi içinde çeşitli uygulamalar için test edilmiştir (Cobb, 1999).

Ultrason hızını izlemek için gerçek zamanlı yoğunluğun belirlenmesi teknikler ayrıca Çoklu Yansıtma Yöntemi (MRM), Referans Yansıtma Yöntemi (RRM), İletim Yansıtma Yöntemi (TRM) ve Açısal Yansıtma Yöntemi (ARM) olarak sınıflandırılır. ARM ve RRM'nin yüksek ses emici sıvılar için uygun olduğu kanıtlanmıştır, ancak kalibrasyon ölçümleri gerektirir (Hoche ve ark., 2013). Ses emilimi, enerjiyi yansıtmanın aksine, ses dalgaları ile karşılaşıldığında bir malzeme, yapı veya nesnenin ses enerjisini aldığı süreci ifade eder (Zagzebski, 1996). Akustik empedans için gösterilen sonuç ultrason frekansına bağlıdır (Ali ve Ali, 2014).

Bu çalışmada sensör olarak Audiowell markasına ait T/R975-US0014L353-01 model numaralı ultrasonik sensör kullanılmıştır. 1 Mhz çalışma frekansına sahip çelik kasalı ultrasonik bir sensördür. Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Sensöre ait değerler ise Çizelge 3.1 de verilmiştir.



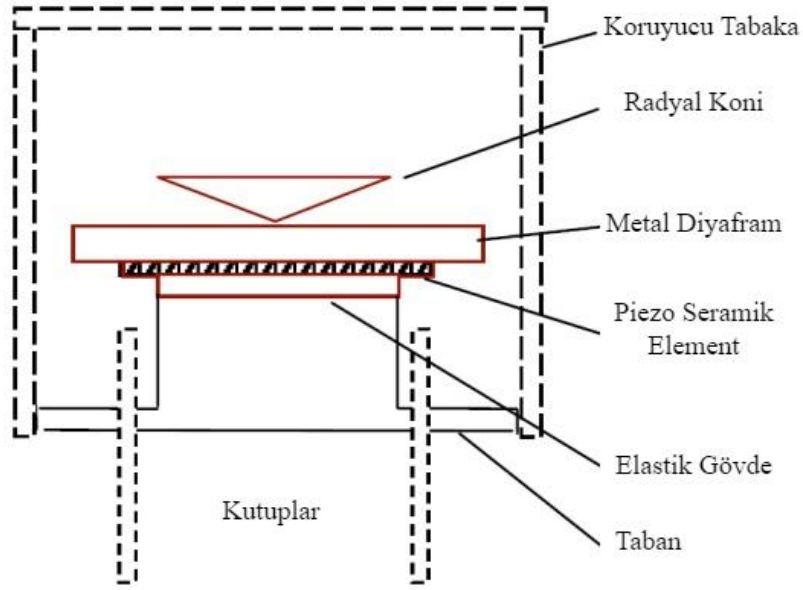
Şekil 3.3. Ultrasonik Sensör, Transdüser

Çizelge 3.1. Ultrasonik Sensörün Özellikleri

Özellikleri	Birim	Standart	Test Koşulları T=25 °C
Rezonans Frekansı	Khz	975±30	Agilent4294A
Rezonans Empedansı	Ω	≤ 110	Agilent4294A
Statik Kapasitans	Pf	1150±20%	Digital Bridge
Saklama Sıcaklığı	°C	-25 +55	
Çalışma Sıcaklığı	°C	+4 +90	

3.3.1. Ultrasonik sensör çalışma prensibi

Ultrasonik sensörler mesafe ölçebilir ve fiziksel bir temas kurmadan nesnenin varlığını algılayabilir. Bunu ultrasonik bir yankı üreterek ve bu yankıyı izleyerek yapar. Sensöre ve nesnelere bağlı olarak etkili olduğu menzil birkaç santimetre ile birkaç metre arasında değişmektedir. Ultrasonik sensör, ultrasonik darbeler üretir ve bu darbeler sensörün görüş alanı içindeki bir nesne tarafından geri yansıtılır. Ultrasonik sensör, bir elektrik sinyalini mekanik titreşimlere ve mekanik titreşimleri bir elektrik sinyaline dönüştürebilen bir piezoelektrik dönüştürücüdür. Şekil 3.4'te Transdüserin iç yapısı görülmektedir.



Şekil 3.4 Transdüserin iç yapısı (Enflo ve Hedberg,2006).

Sensör, yayılan ve alınan yankı arasındaki zaman farkını yakalayabilir. Sesin hızı bilinen bir değişken olduğundan, yakalanan gidiş-dönüş süresi sensör ile nesne arasındaki mesafeyi hesaplamak için kullanılabilir. Ultrasonik sensörler, şekilden, şeffaflıktan veya renkten bağımsız olarak çeşitli malzemeleri tespit edebilir. Ultrasonik algılamanın tek gerekliliği, hedef malzemenin katı veya sıvı olmasıdır. Örneğin yüzeyi eğimli olan nesneler yankıyı sensörden uzaklaştırabilir bu ölçümlerden sonuç alınmasını zorlaştırır. Sünger, köpük ve yumuşak kumaş gibi hedefler seçilirse gönderilen ses dalgası enerjiyi absorbe edebilir, bu da ölçümlerden sonuç almayı zorlaştıran etmenlerdendir.

3.3.2. Ultrasonik sensör çeşitleri

İki tip ultrasonik sensör, transdüser vardır, açık tip (Şekil 3.5) transdüser ve kapalı tip (Şekil 3.6) transdüser. Açık transdüserler daha düşük maliyetlidir ve maksimum ses basıncı seviyesine (Sound Pressure Level - SPL) ulaşmak için daha küçük bir sürüş voltajı gerektirir fakat zorlu koşullarda güvenilmezdirler. Yağmur, toz gibi etmenler sensöre zarar verir.



Şekil 3.5 Açık tip transdüser



Şekil 3.6 Kapalı tip transdüser

3.3.3. Ultrasonik sensörde TOF tekniği

Ses mekanik bir dalgadır. Bu nedenle ses dalgasını yaymak için bir ortam gereklidir. Ses dalgası yayılma ortamındaki değişikliklerden etkilendiğinden, dalganın havadaki uçuş süresindeki değişiklikler değerlendirilir ve sıcaklık, yoğunluk ve basınç gibi ortamın özelliklerini analiz etmek için kullanılır. Sıvılarda dâhil olmak üzere sıkıştırılabilir sıvılarda ses hızı için kullanılan formül;

$$c = \frac{1}{\sqrt{\rho\beta}} \quad (3.1)$$

c (ms^{-1}) ses hızıdır, β ($\text{cm g}^{-1}\text{s}^2$) hacim modülüdür, yani sıkıştırılabilirliğe eşittir ve ρ (gm^{-3}) ortamın yoğunluğudur. Formülden görüldüğü gibi, yoğunluktaki bir değişiklik ses hızında bir değişikliğe neden olur (Smith ve Webb, 2010).

Uygulamalarda ultrasonik dalgaların uçuş süresi TOF ölçülür, hız ölçümü yapılmaz. Hızdaki değişime bağlı olarak, ölçülen TOF da değişecektir. Verici piezo diski tarafından ses dalgasının üretilmesi ile alıcı piezo diski tarafından algılanması arasında geçen süreye uçuş süresi denir (Cobb, 1997).

Bu çalışmada, ses dalgasının hem üretimi hem de tespiti için tek bir piezoelektrik seramik disk dönüştürücü kullanılmaktadır. Bu prensibe pulseecho prensibi denir. Piezoseramik tarafından üretilen ultrasonik dalganın belirli bir yüzeyden geri yansıtılması ve aynı piezoelektrik dönüştürücünün bu yansıyan ses dalgasını algılaması olayıdır. Bu prensibe göre, TOF değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$TOF = \frac{2d}{c} \quad (3.2)$$

Burada d (m) kabın genişliğini, c (m/s) ortamdaki ses dalgasının yayılma hızını ve TOF (s) uçuş süresini temsil eder. Ses dalgasının hem oluşturulması hem de algılanması için tek piezo kullanıldığından, toplam mesafe $2d$ olacaktır. TOF'u ölçerken, önce ultrasonik dalgayı oluşturmak için bir başlangıç dalgası oluşturulur ve daha sonra belirli bir eşik seviyesinin üzerindeki yankı tespit edildiğinde bir durdurma dalgası oluşturulur. Başlangıç dalgası ve durdurma dalgası arasındaki süre TOF'u verir. Sistem sayesinde yapılan ölçümler nanosaniye (ns) seviyesinde hassas ölçümler olabilir.

TOF ölçüm tekniği sayesinde proses sıvı bileşene müdahale edilmeden, herhangi bir temasta bulunmadan sürekli ölçüm yapılabilir. Ultrasonik sensörler boru ya da hattın değişimine sebep olmadan dışardan değiştirip takılabilmektedirler. Ölçüm sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta sıvıda bulunabilecek gaz kabarcıklarının boyutu büyük olursa ultrasonik dalgada zayıflamalar meydana gelmektedir (Cobb, 1997). Sıvı karışımların bileşen oranı sıvı bileşenlerin ses özelliklerinden belirlenir, bu oran yoğunluk ve sıkıştırılabilirlik farklılıklarına bağlı olarak değişir (Cobb, 1997). İki bileşen aynı yoğunlukta olsa bile sıkıştırılabilirlik farklılıkları nedeniyle oran ölçülebilir.

4. ELEKTRİK ALAN TABANLI SENSÖRLER VE DİELEKTRİK KATSAYI

Dielektrik maddeler, katı, sıvı ve gaz şeklinde bulunan atomik yapıya sahip maddelerdir. Bu maddeler, atomlarında serbest şekilde hareket eden yük taşıyan parçacıklar barındırmazlar. Öte yandan, iletken maddelerde serbest hareket eden yükler bulunabilir. Dielektrikler ise nötr bir yapıya sahiptir ve yükleri belirli moleküller veya atomlara bağlıdır. Bu bağlı yükler, molekül içinde sınırlı hareket ederler. Dielektrik malzemelerin önemli bir özelliği, sınırlı hareketler sonucunda meydana gelen küçük yer değişiklikleridir. Bu yer değişiklikleri, dielektrik malzemenin karakteristik özelliklerini belirler. Dielektrik malzemeler elektriksel iletkenlik özelliği göstermediği için, dış bir elektrik alanına maruz kaldıklarında yüklü parçacıkların yer değiştirmesi gerçekleşir ve elektrik yük merkezi yer değiştirir. Buna kutuplaşma denir. Dielektrik sabiti ise boşlukta iki farklı elektriksel yükün arasında oluşan elektrostatik kuvvetin yine aynı yüklere maddesel ortamdayken kendi aralarında oluşan elektrostatik kuvvetin oranına verilen isimdir (Çavuş, 2010).

4.1. Dielektrik Sabiti ve Sensör Yapısı

Elektrik alana maruz kaldığında enerjiyi saklayabiliyorsa bu tür maddeler dielektrik olarak tanımlanır. Dielektrik sabiti, bir elektrik alanda bulunan ve bu alanın etkisiyle mevcut maddeden yitirilen enerjiyi ve dış elektrik alanında kalan enerji durumunu gösterir. Dielektrik özellikte olan maddeler elektriği iletmez fakat bu maddelere elektrik alan uygulanırsa bundan etkilenirler. Elektriksel alan uygulanan maddelerde bu etkiyle atomlar ve elektronlar yer değiştirir, bu değişim sonucunda maddeye ait olan elektriksel yük değişiklik gösterir ve yük merkezi kayar ve kutuplaşma meydana gelir. Dielektrik sabiti meydana gelen bu kutuplaşmanın ölçüsünü ifade eder (Coşkun ve ark., 2019). Elektrik alan tabanlı sensörler, malzemenin dielektrik katsayısındaki değişiklikleri algılayarak çevresel değişkenleri ölçer. Sensörlerin çalışma prensibi, çoğunlukla bir kapasitörün veya rezonans devresinin dielektrik malzeme tarafından etkilenmesiyle temellendirilir.

4.1.1. Elektriksel geçirgenlik ve dielektrik sabiti

Birbirlerine olan mesafe r olan Q_1 ve Q_2 yükleri arasındaki kuvvet CGS (centimeter, gram, second) sisteminde

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon r^2} \quad (4.1)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Eğer yükler boşlukta bulunuyorsa $\epsilon=1$, boşlukta değilse $\epsilon>1$ dir. Böylece ϵ niceliğine yüklerin bulunduğu ortamın dielektrik sabiti denir. Coulomb kuvveti SI birim sistemindeki formülü;

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (4.2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada ortamın elektrik geçirgenliği olan ϵ , boşluk için;

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{C}^2 \text{J}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \text{ dir} \quad (4.3)$$

Eğer boşluğun ϵ_0 geçirgenliği, ortamın ϵ geçirgenliğinden küçükse ortamın boşluk olmadığını söyleyebiliriz. Boşluk olmayan ortamda ϵ_r olarak ifade edilen bağıl geçirgenliğe ortamın dielektrik sabiti adı verilmektedir ve;

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (4.4)$$

bu formülle tanımlanır.

Bazı sıvıların 25 °C'deki dielektrik sabitleri Çizelge 4.1' de verilmiştir (Sarıkaya, 1997).

Hekzan, karbontetraklorür ve benzen gibi maddelerin kalıcı kutuplanması yoktur. Bu maddelerin dielektrik sabitleri düşük olmasına rağmen etanol, aseton, su ve nitrobenzen gibi kalıcı kutuplanması olan moleküllerin dielektrik sabitleri oldukça yüksektir. Bu durum dielektrik sabiti ile dipol momentin birbiriyle olan ilişkisini göstermektedir. Dipol momentin artması, dielektrik sabitini de artırmaktadır.

Dipolar bileşik, zıt işaretli iki kutuptan oluşur, polar kovalent yapıya sahiptir. Dipol moment bu kutuplanmanın büyüklüğüne denir. Bu da simetrik molekül yapısına sahip olup olmaması ile ilişkilendirilir.

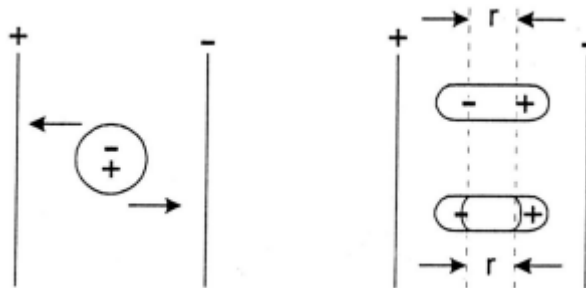
Çizelge 4.1 Dielektrik sabitleri

Madde	ϵ_r
Hekzan	1,90
Kloroform	4,80
Sikloheksan	2,03
Aseton	21,2
Karbontetraklorür	2,24
Etanol	24,3
Benzen	2,28
Nitrobenzen	34,8
Su	78,5
Dietileter	4,30

4.1.2. Kutuplaşma (Polarizasyon)

Birbirine paralel iki levhaya belirli bir potansiyel fark uygulanması ile bir elektrik alan oluşturulur. Bu alanın içine bir molekül yerleştirilirse, molekülde bulunan pozitif ve negatif yüklü kısımlar elektrik alanın etkisinde kalacaktır. Bu etki ile negatif yüklü tarafta bulunan elektronlar levhalardan pozitif olana doğru, pozitif yükü fazla olan atomlar negatif levhaya doğru çekilir. Böylece moleküldeki kutuplaşma görülmüş olur. Elektrik alanın molekülü polarize ettiği anlaşılır. Bu olaya polarizasyon denir.

Elektrik alan kaldırılması durumunda kutuplaşma bozulur. Bu kutuplaşma elektrik alan ile gerçekleştiği için indüklenmiş polarizasyon ya da indüklenmiş kutuplaşma denir. Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Bir molekülün elektriksel alanda kutuplaşması

Molekölün ilk halinin ve kutuplaşmış hali şekilde gösterilmiştir. Elektrik dipol polarizasyon sonucunda meydana gelir. Dipolün iki ucundaki yükler birbirine zıt yüklüdür fakat yükler birbirine eşittir. Yükler q , aradaki mesafe r ise dipolün elektrik momentini;

$$\mu_i = q \cdot r \quad (4.5)$$

olur. μ_i indüklenmiş dipol momentine eşittir. Elektrik alan şiddeti ise E ile gösterilirse

$$\mu_i = \alpha \cdot E \quad (4.6)$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu ifadede α , kutuplaşabilmedir. Dielektrik sabiti ile kutuplaşabilme arasında Clausius-Mosotti tarafından şu bağlantı bulunmuştur.

$$P_i = \left(\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \right) \frac{M}{d} = \frac{4}{3} \pi N_A \alpha \quad (4.7)$$

Bu ifadede P_i indüklenmiş molar polarizasyon; M , molekül ağırlığı ; ϵ , ortama ait dielektrik sabiti; d , yoğunluk; N_A ve α ise sıcaklığa bağlı olmayan sabit değerlerdir ve sadece molekülün cinsine bağlıdır (Şenvar ve Alpaut, 1980).

4.1.3. Sürekli dipol moment

Bazı moleküller polar yapıya sahiptir, herhangi bir elektrik alan etkisinde olmaksızın polarize halde bulunabilirler. Bu tür moleküller sürekli dipol momente sahiptir. Sürekli dipol momentli moleküller kondansatörde bulunan elektrik alana konursa iki farklı etki gösterir (Karaca, 2000). Bunlardan birisi yönlendirme polarizasyonudur, dipol momentler elektrik alan tarafından döndürülür ve dipolleri sürekli elektrik alanı yönünde tutmaya çalışır. Bir diğer etki ise moleküller elektrik alan tarafından kutuplaşmaya zorlanacaktır, böylece indüklenmiş olacaklardır.

Moleküller hareketsiz olsaydı elektrik alanı nedeniyle yönlenirler ve alanın levhalarına dik bir yön alırlar. Sıvı halde moleküller sürekli hareket halindedirler bunun için sıcaklığın belirli düzeyde olması gerekmektedir ve bu hareketli yapı termal etkiden

dolayı oluşmaktadır, elektrik alan bu molekülleri tam olarak kendi alanına çeviremez ve dipol moleküller levhalara dik şekilde ya da paralel şekilde olmazlar, ikisinin ortasında yönelirler (Karaduman, 2006).

Molar polarizasyon, yönelme molar polarizasyon (P_y) ile indüklenmiş molar polarizasyonun (P_i) toplamıdır.

$$P_T = P_i + P_y \quad (4.8)$$

Apolar yapılu moleküller kendiliğinden dipol momente sahiptir, eğer moleküller sürekli dipol değilse, indüklenmiş molar polarizasyon ile toplam molar polarizasyon birbirine eşittir. Yönelme molar polarizasyon ile indüklenmiş molar polarizasyonun birbirine eşit olması için ise moleküllerin sürekli dipol halde olması gerekmektedir. (Karaca, 2000).

$$P_T = \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \right) \frac{M}{d} = P_i + P_y \quad (4.9)$$

P_i 'nin değeri yerine yazılırsa;

$$P_T = \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \right) \frac{M}{d} = \frac{4}{3} \pi N_A \alpha + P_y \quad (4.10)$$

Eşitliği bulunur. P_y için Debye tarafından bulunan bağıntı;

$$P_y = \frac{4}{3} \pi N_A \alpha \left(\frac{\mu^2}{3kT} \right) \quad (4.11)$$

şeklini alır. Burada T, mutlak sıcaklık; k, Boltzman sabiti; μ , molekülün sürekli dipol moment; N_A ise avagadro sayısıdır. Bu ifade de yerine yazılırsa toplam molar polarizasyon,

$$P_T = \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \right) \frac{M}{d} = \frac{4}{3} \pi N_A \left(\alpha + \frac{\mu^2}{3kT} \right) \quad (4.12)$$

şeklini alır. Burada P_T 'nin T ile ters orantılı olduğu görülür (Karaca, 2000).

Dielektrik sabitinin dış ya da iç bir elektrik alanının altındaki moleküllerinin davranış şekilleri, polarizasyon ya da kutuplaşabilme ve dipol momentleri ile ilgili faydalı bilgiler verir. Çözeltilerde dipol moment değerleri dielektrik sabiti değerlerinden hesaplanabilir (Çetin, 2004). Yoğunluktan giderek de Halverstadt ve Kumler metodu ile de belirlenebilir (Halverstadt ve Kumler, 1942).

4.1.4. Kapasitif sensörler

Bir sensörün kapasitans değişimini başka bir elektrik sinyaline dönüştürmek için farklı yöntemler vardır, bu yöntemler kapasitans değerinin izlenmesini ve kaydedilmesini kolaylaştırır. En sık kullanılan yöntemler şunlardır;

$$\frac{1}{2\pi fC} \quad (4.13)$$

Kapasitif empedansın ölçülmesi yukardaki formül ile sağlanır. Kapasitöre bağlanan seri bir direnç ve AC güç kaynağı ile gerilim ölçümü yapılarak bulunur. Kapasitans arttığında kapasitörün empedansında azalma direncin üzerine düşen gerilimde bir artış olur. Artış kapasitans ile doğrusal değildir, sadece düşük omik direnç değerleri için yaklaşık olarak doğrusal olabilir (Wintle, 1990).

Bir diğer yöntem ise alternatif bir AC kaynak tarafından beslenen kapasitif bir köprü üzerinden yapılan ölçümdür. Bu yöntemin avantajı frekans değişikliklerinden kaynaklanan çıkış sinyalinde herhangi bir değişiklik olmamasıdır. Bir operasyonel amplifikatör eklerken, çıkış sinyalini kapasitansa orantılı olarak arttırmak mümkündür (Tereshchenko ve ark, 2011).

Diğer sık kullanılan yöntem ise sensörün kapasitansının orantılı frekanslı bir kare dalga sinyaline dönüştürülmesidir. Normal olarak, bir elektronik osilatör devresi düzgün bir konfigürasyonda kullanılabilir. Çıkış frekansı sensörün kapasitansına bağlıdır (Chung ve ark, 2009).

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Öncelikle benzin, motorin, etanol ve su sıvılarının türlerini belirlemek için bir deney düzeneği oluşturulmuştur. Daha sonra bu sıvıların dielektrik katsayılarını dikkate alan dielektrik sensör kullanan bir düzenek düzeneği kurulmuştur. Her iki düzende de aynı cins numuneler test edilmiştir. İstenilen sıcaklıklarda numunelerin test edilebilmesi için $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında sıcaklığı ayarlanabilen özel test odasında ölçümler yapılmıştır.

5.1 Deney Düzeneği

Bu çalışmada sıvıların türünün belirlenmesinde Texas Instrument'e ait olan TDC1000-C2000EVM geliştirme kartı referans alınarak yeni bir kart tasarlanmıştır. Bu kart bağlanan piezo sensör sayesinde ultrasonik dalgalar oluşturabilmektedir ve bu oluşturulan dalgaların geri yansımaları fark edebilmektedir. Seçilen sensör 1 Mhz çalışma frekansına sahip, kapalı tip ultrasonik sensördür. Ayrıca benzin ve dizel yakıtlarının tankerden yeraltı tankına aktarımında doğru yakıt olduğunu anlamak içinde tasarlanacak sistemin elektronik kartı olarak kullanılacaktır.

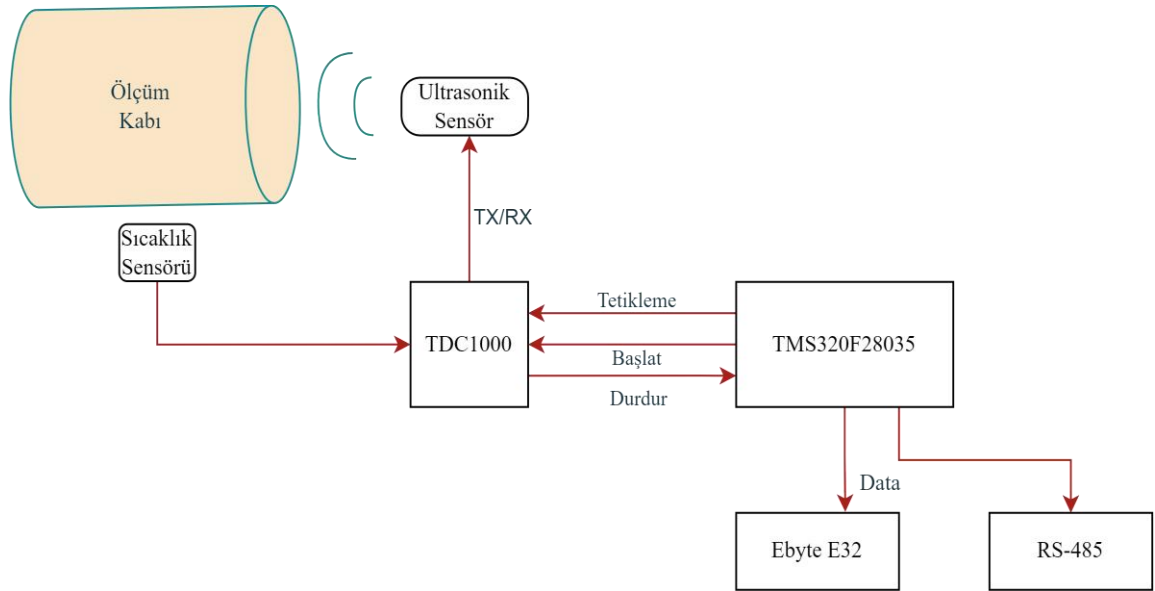
Sensör ve kart tarafından yakıt türü belirlendikten sonra tank ve tanker arasında bu aktarıma onay verecek veya durduracak bir mekanik sistem tasarlanarak olası hatalı dolumların önüne geçmesi planlanmıştır.

5.1.1. Tasarlanan kart ve özellikleri

Tasarlanan sensör kartı, TDC1000-TDC7200EVM geliştirme kartından farklı olarak RS-485 haberleşme ve RF (Radyo Frekans) kablosuz haberleşme özelliğine sahiptir. Bu sayede endüstride yaygın olarak RS-485 protokolünün sensör ile kullanımı sağlanmış ve endüstriyel alanda uygulaması oldukça kolay hale gelmiştir. Sensörün uzaktan da veri gönderebilmesi sonuçları radyo frekans kullanarak yayın yapabilmesi için E-Byte firmasına ait E32-868T30S RF modülü kullanılmıştır.

Kart üzerinde MCU olarak TMS320F28035 kullanılmıştır, bu MCU geliştirme kartında kullanılan MCU ile aynıdır. Ultrasonik sensör ve sıcaklık sensörü ile iletişimi

sağlayıp ölçüm yapan entegre TDC1000 entegresidir. MCU ile SPI üzerinden haberleşip gerekli ölçüm sonuçları alınmaktadır. Sistemin çalışma prensibini izah eden diyagram Şekil 5.1’de verilmiştir. Alınan sonuçlar RS485 haberleşme protokolü üzerinden veya kablosuz olarak radyo frekans kullanılarak iletilebilmektedir.



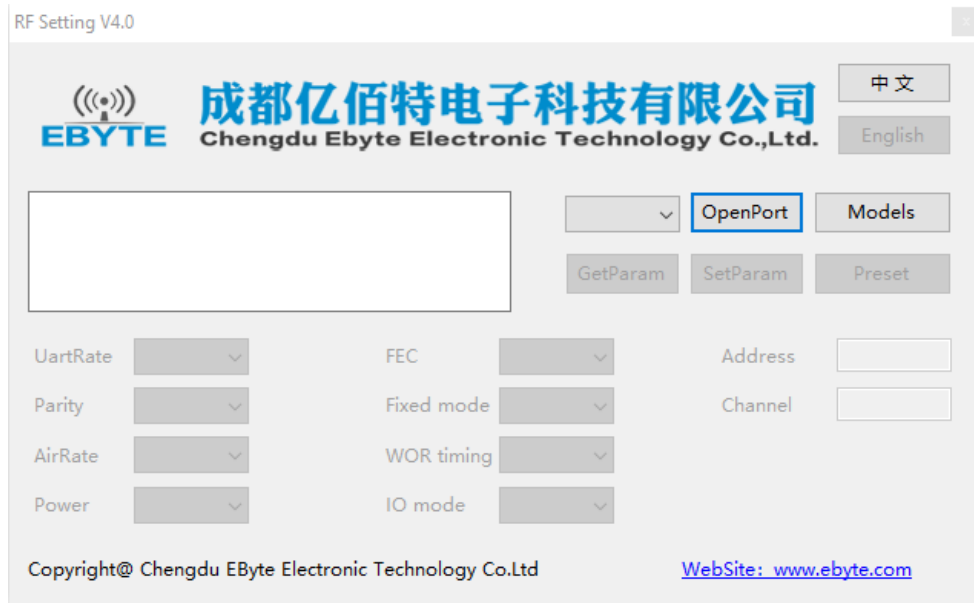
Şekil 5.1 Sistemin yapısı

Şekil 5.2’de görülen E32-868T30S Modülü SEMTECH firmasına ait SX1276 RF çipinin kullanıldığı kablosuz seri port modülüdür. 3.3V~5.5V gerilim aralığında çalışabilmektedir, 862MHz~893MHz frekans aralığında mesaj gönderip, mesaj alabilmektedir. Modül üzerinde adres, kanal, baud rate, parity, dBm gibi haberleşme ayarları yapılmaktadır. Bu ayarların yapılması için öncelikle M0 ve M1 pinin mantıksal olarak 1 olması gerekmektedir. Bu sayede modül uyku moduna geçer ve artık konfigürasyon alabilir hale gelmektedir. Gerekli ayarları Şekil 5.3’te gösterilen program arayüzü ile yaptıktan sonra, M0 ve M1 pinleri tekrar mantıksal olarak 0’a getirilir. Modül artık uyku modundan çıkmıştır ve artık kullanıma hazır hale gelmiştir.



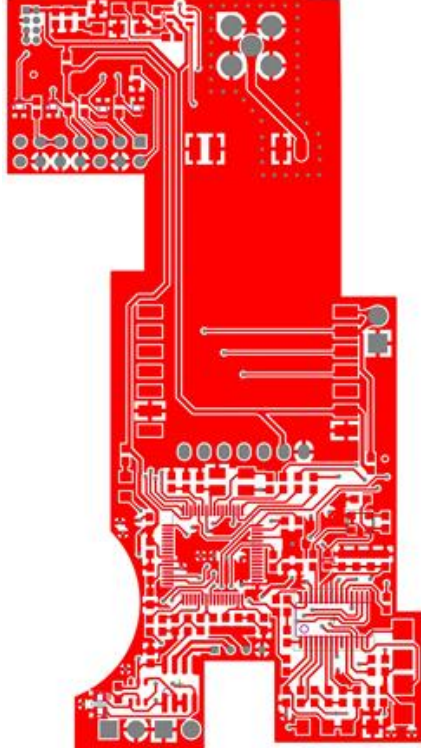
Şekil 5.2 E32-868T30S RF Modülü

EBYTE modülünün RF Setting V4.0 programı üzerinden yapılandırma ayarları yapılmaktadır (Şekil 5.3). Program üzerinden modüle ait adres ve kanal bilgisi özelleştirilebilir olduğundan aynı ortamda bulunan farklı modüllerle herhangi bir haberleşme sorunu yaşanmamaktadır. Bu sayede mesajlarda karışıklık olmamakta ve istenilen mesaj istenilen adrese, cihaza gönderilebilmektedir. Yine aynı arayüz üzerinden cihazın gücü, hangi dBm de çalışacağı, haberleşme hızı vb. ayarlar yapılabilmektedir.

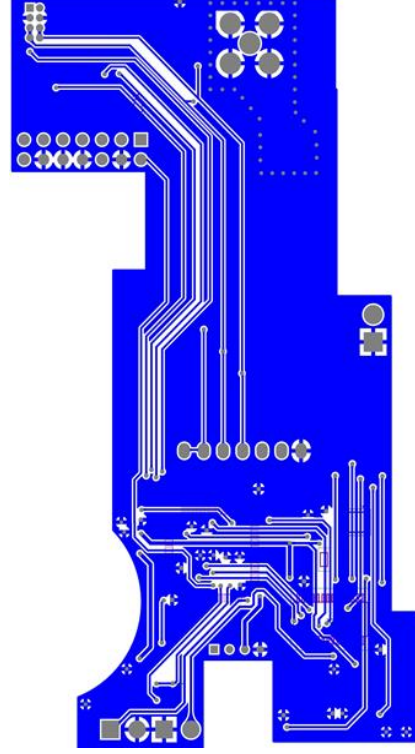


Şekil 5.3 E-BYTE modülü yapılandırma arayüzü

Tasarlanan kart, uygulama yapılacak olan mekanik sisteme uygun ölçülerde çizilmiştir. Kart çizimi 2 katlıdır, ön katman ve arka katman Şekil 5.4'a ve b'de görülmektedir. Kart üretiminde FR-4 bakır malzemesi kullanılmıştır. FR-4 cam elyaf takviyeli epoksiden oluşan baskı devre kartlarının üretiminde kullanılan bakır plakettir. Tasarım sırasında RF anten için en uygun yer belirlenmiştir bu sayede ölçümler sırasında haberleşme ile ilgili sorun yaşanmamıştır.

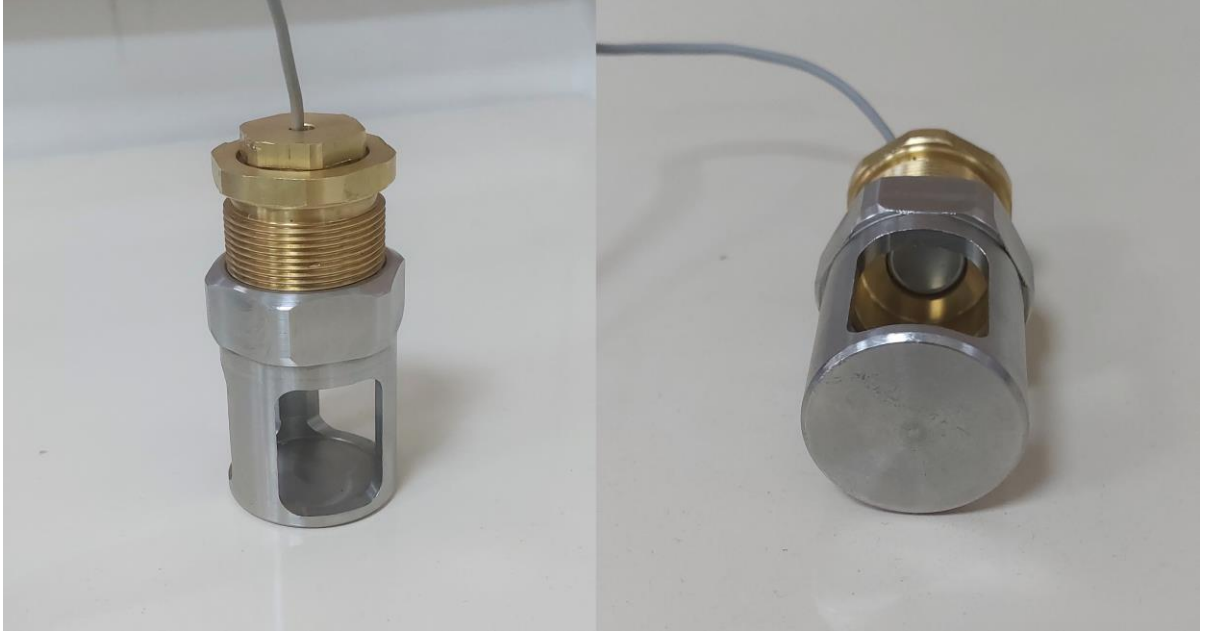


Şekil 5.4a Tasarlanan kartın ön yüzü



Şekil 5.4b Tasarlanan kartın arka yüzü

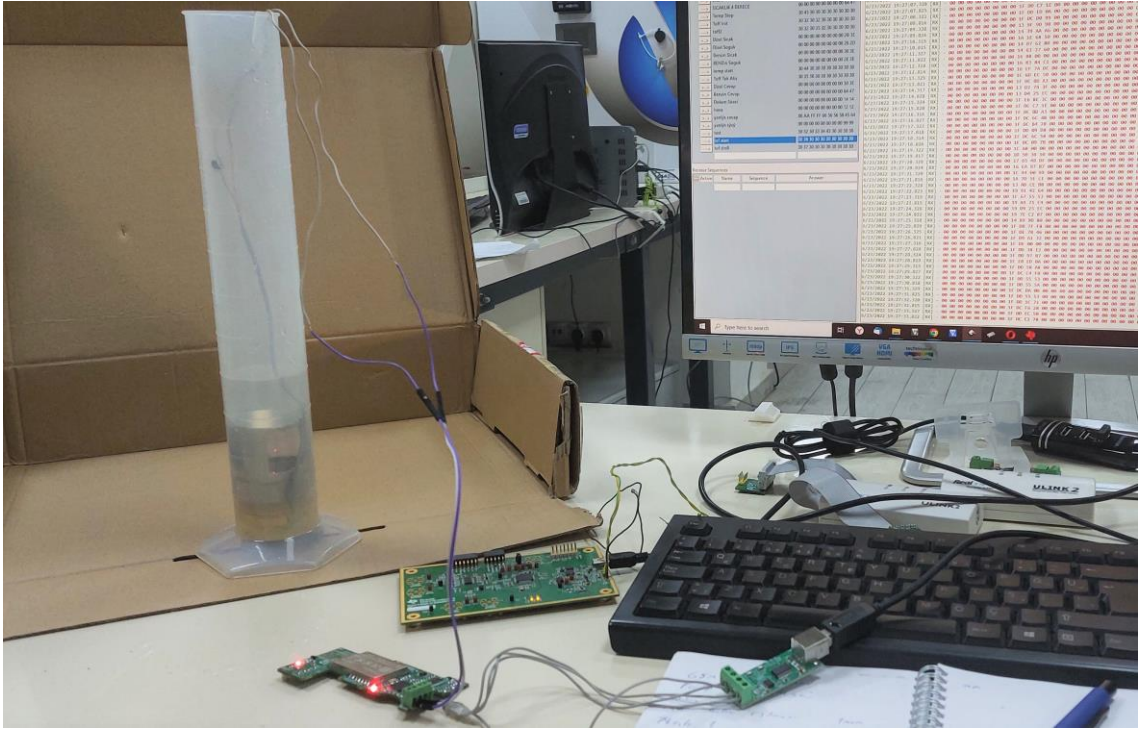
Kart tasarımı tamamlandıktan sonra üretim için sipariş verilmiştir. Dirençler, kapasitörler ve entegreler gibi gerekli bileşenler dikkatlice kart üzerine monte edilmiştir. Kartta bulunan ikili yeşil sokete PTC1000 sıcaklık sensörü takılmıştır. Ayrıca, kart üzerinde TMS320F28035 olarak bilinen MCU'nun programlanabilmesi için gereken soket de bulunmaktadır. RS485 haberleşme özelliği, Texas Instruments'a ait SN75176 entegresi ile sağlanmıştır. Bu entegre, çift yönlü seri haberleşmeyi desteklemektedir. Kartın eleman yerleşimi ve ön yüzü Şekil 5.5a ve b'de görülebilir.



Şekil 5.6. Ultrasonik sensör yuvası önden ve yandan görüntüsü

5.2. Ultrasonik sensör Kullanarak Yapılan Ölçümler

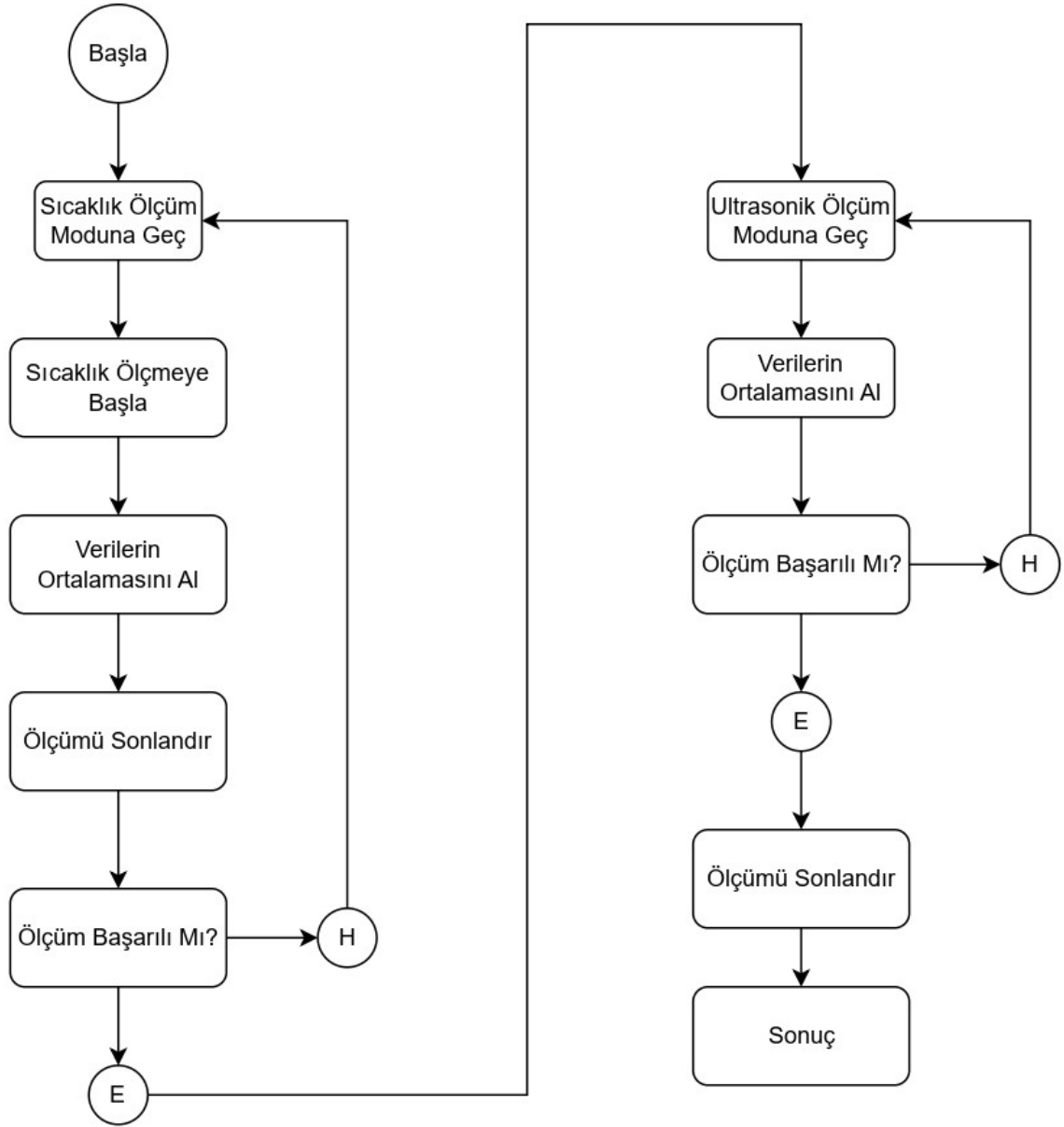
Ultrasonik sensörle TOF tekniği kullanarak farklı sıvılar içindeki ultrasonik dalga uçuş süresini hesaplamak için, tasarlanan sensör yuvasının içine ultrasonik sensör yerleştirilir ve sensör kartına bağlantısı yapılır. Ardından, ölçüm kabına sırasıyla tüm sıvılar konulur ve gerekli ölçümler alınır. Bu çalışmada numune olarak benzin, dizel, etanol ve su kullanılmıştır. Şekil 5.7 sıvıların türünü belirlemek için oluşturulan ölçüm düzeneğini göstermektedir.



Şekil 5.7 Yakıt türünü belirlemek için ölçüm düzeneği

Sensörle haberleşmek için belirli bir mesaj akış diyagramını takip etmek ve sensör protokolüne göre mesajları göndermek gerekmektedir. TDC1000 entegresinin haberleşme protokolü Ek-1 de verilmiştir. Ultrasonik sensör belirlenen kabına yerleştirildikten sonra mesajlar sırayla akış diyagramına göre gönderilir. Bu ölçümlerde modül sıcaklık sensörüne bağlanır ve ilk olarak sıcaklık ölçülür. Sıcaklık verisi alındıktan sonra alınan verilerin yazılımsal olarak ortalaması hesaplanır, daha sonra ultrasonik sensörden veri almaya başlanır. Ultrasonik veriler anlık olarak alınır ve belirli bir süre geçtikten sonra bu verilerin ortalaması alınır ve numuneye ait olan sıcaklık ve zaman bilgileri elde edilmiş olur. Akış diyagramı üzerinde sistemin nasıl çalıştığı ve hangi sırayı takip etmesi gerektiği gösterilmiştir. Ultrasonik ölçüm akış şeması Şekil 5.8'de verilmiştir.

Ultrasonik sensörden verileri almadan önce, ölçüm yapılacak ortamın sıcaklığı PT1000 sensörü ile ölçülür. PT1000 0 °C'de 1000 Ohm direnç gösterir. Yüksek hassasiyetle çalışma yeteneği vardır. Çalışma aralığı -200 °C ile +600 °C arasındadır. Şekil 5.8'de gösterildiği gibi, sıvının önce sıcaklık değeri okunur ve daha sonra ultrasonik ölçüm aşamasına geçerek sesin yansıma süreleri ile ilgili veriler alınır. Tüm veriler alındıktan sonra değerlendirme aşamasına geçilir.



Şekil 5.8 Ultrasonik ölçüm için akış diyagramı

Ölçümler için kullanılan numunelerin tamamı, Şekil 5.9'da gösterilen 500 ml'lik ölçüm kabında test edildi. İlk olarak, ölçümler oda sıcaklığında yapıldı ve daha sonra farklı sıcaklıklarda ölçüm yapabilmek için deney düzeneği sıcaklığı değiştirilebilen özel bir odaya yerleştirildi. Bu özel oda, benzin, dizel, etanol ve su numunelerinin $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında ultrasonik TOF ölçümlerinin yapılabilmesini sağladı. Her numune yalnızca bir kez kullanılabilir. Aynı numune tekrar kullanıldığında, yüksek veya düşük sıcaklıkta kimyasal bozulmalara yol açabileceğinden, ikinci kez ölçüm alındığında farklı sonuçlar elde edilebiliyordu. Bu nedenle, her bir numune ile sadece bir ölçüm yapılarak testler tamamlandı.



Şekil 5.9. Ultrasonik sensörün test kabına montajı ve veri ölçümü

5.2.1 Deneysel Sonuçlar

Tasarlanan özel metal yuvaya, piezoelektronik sensör bağlandı ve metal yuva tekrar sıkıştırılarak sensör montajı yuva içinde yapıldı. Daha sonra test kabına numune sıvılar koyularak sırayla yapılan ölçümlerin sonuçları ve bunlara ait grafikleri elde edildi. Şekil 5.7’deki deney düzeneği kullanılmıştır.

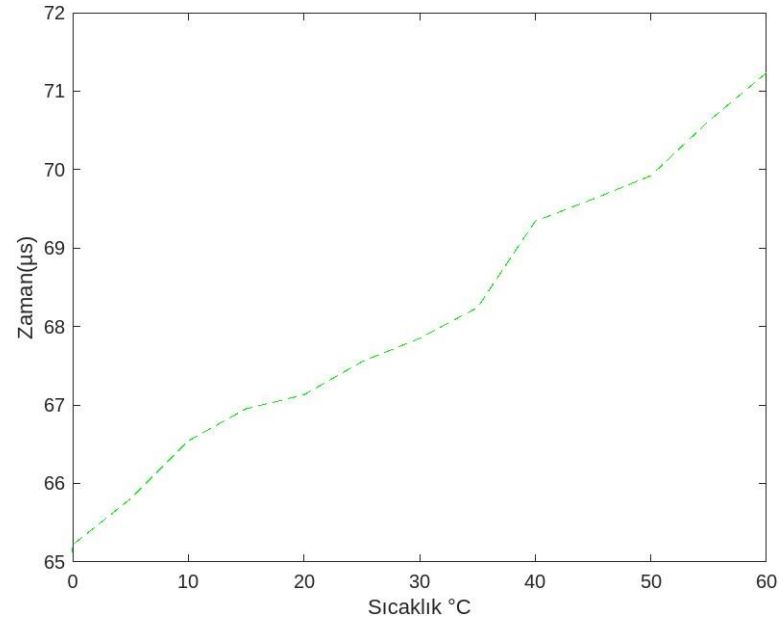
Deney düzeneğinde benzin, dizel, etanol ve su gibi sıvılar kullanılarak ölçümler gerçekleştirildi. Bu testlerde, ultrasonik dalganın yansıma süresi ölçüldü. Sistemin temel prensibi, transdüserden yayılan ultrasonik dalga yankısının numunede yayılması ve aynı transdüser tarafından alınmasıdır. Ultrasonik sinyalin yayıldığı kabın mesafesi sabit olduğundan, içerisindeki sıvı değişse bile ultrason dalgasının uçuş süresinden TOF değeri hesaplanabilir. Benzin, dizel, etanol ve su ile yapılan çalışmalarda, farklı ultrasonik uçuş süreleri elde edildi. Ardından, tüm sıvıların farklı sıcaklıklarda ölçümleri tek tek alındı. Sıvılar önce soğuk ortamda bekletildi ve daha sonra belirli bir süre sıcak ortamda bekletildikten sonra ölçümler yapıldı.

Ölçümlerden elde edilen TOF değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. Tablodaki TOF değerleri mikro saniye cinsinden ölçülmüştür.

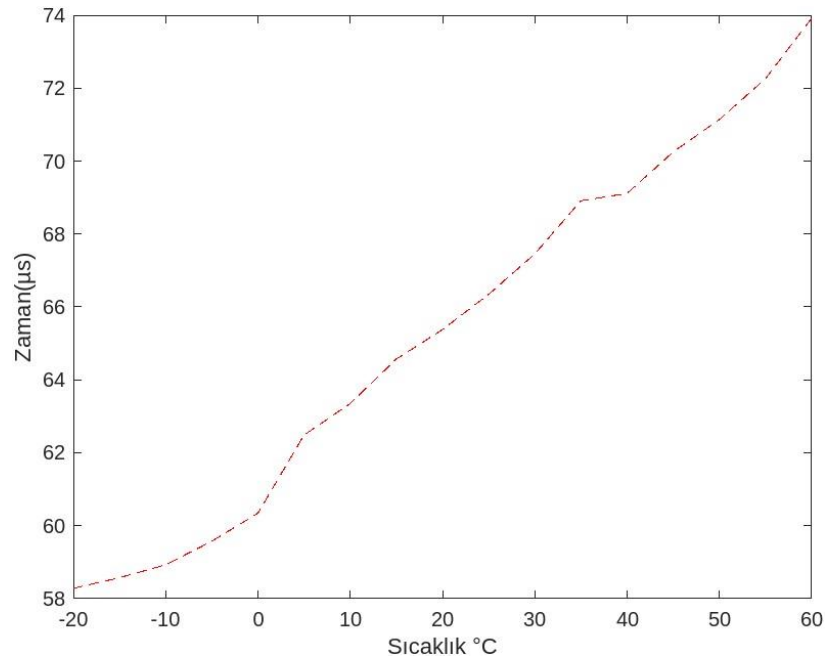
Çizelge 5.1. Numunelere ait TOF ölçüm değerleri

Sıcaklık °C	Benzin(μs)	Dizel(μs)	Etanol(μs)	Su(μs)
60	92,2178	73,9234	96,1321	71,2349
55	90,5235	72,2634	94,5121	70,6201
50	87,8349	71,1421	93,1623	69,9231
45	84,2487	70,2521	91,6245	69,6253
40	82,5283	69,1151	90,8345	69,3433
35	80,6212	68,9121	89,9283	68,2415
30	78,9121	67,4556	89,0234	67,8503
25	77,3434	66,3471	88,1252	67,5521
20	76,2623	65,3783	87,0239	67,1297
15	74,2524	64,5714	85,9487	66,9523
10	72,6342	63,3508	84,8483	66,5438
5	71,5235	62,4858	83,2157	65,8051
0	69,9242	60,3429	81,9831	65,2158
-5	69,1463	59,5728	81,2157	
-10	68,7111	58,9272	80,8234	
-15	68,1239	58,5713	80,1358	
-20	67,9124	58,2815	79,8275	

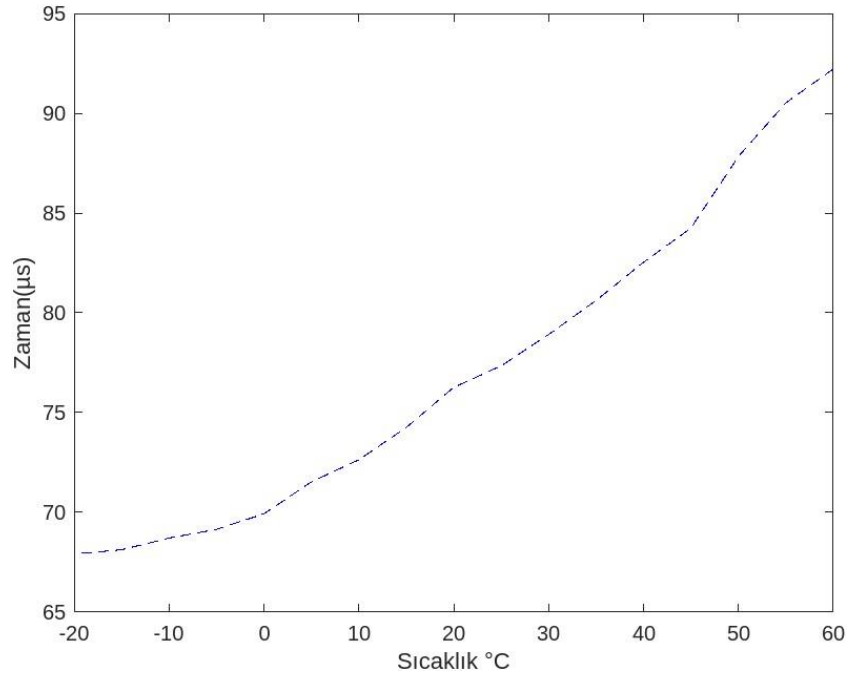
Su, Dizel, Benzin ve Etanol numunelerine ait sıcaklık-zaman grafikleri Şekil 5.10, 5.11, 5.12 ve 5.13 de verilmiştir.



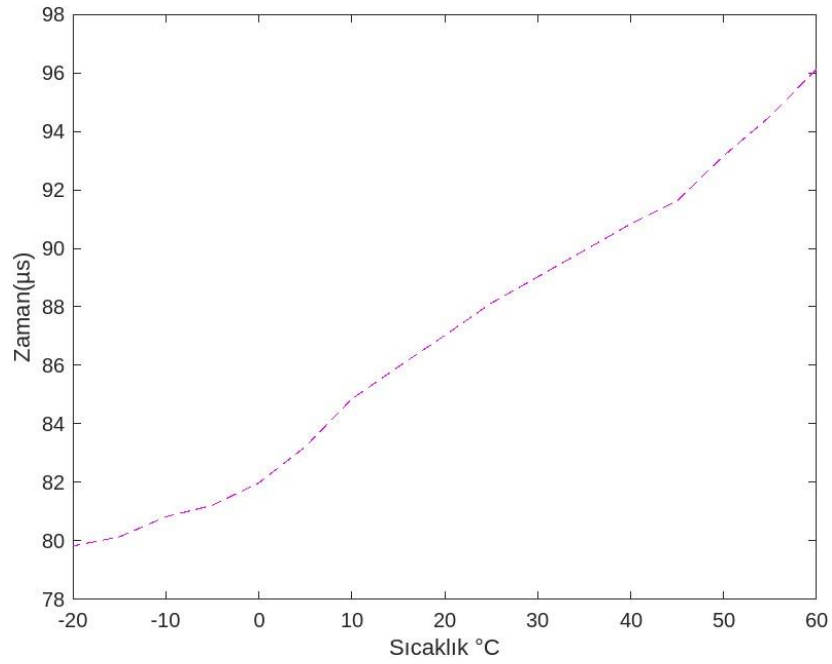
Şekil 5.10. Su numunesine ait ölçüm sonucu



Şekil 5.11. Dizel numunesine ait ölçüm sonucu



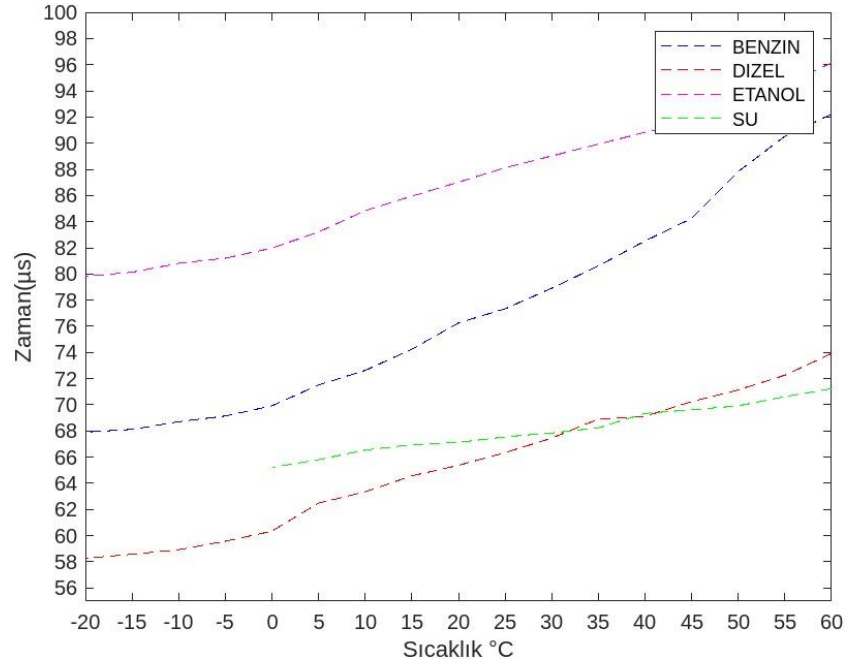
Şekil 5.12. Benzin numunesine ait ölçüm sonucu



Şekil 5.13. Etanol numunesine ait ölçüm sonucu

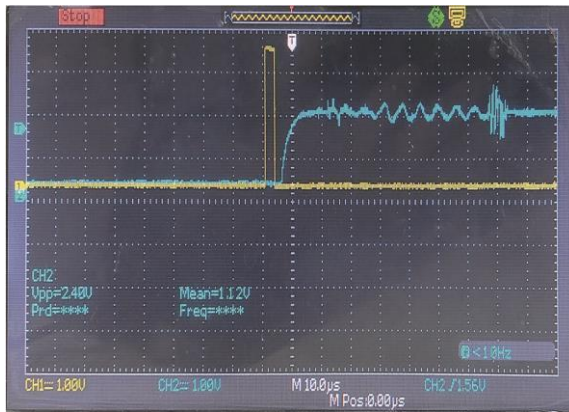
Test edilen numunelere ait sıcaklık zaman değişimi, Şekil 5.14'te toplu olarak görülebilir. Laboratuvarında yapılan çalışmalarda, sıvılar önce oda sıcaklığından -20 °C'ye kadar soğutulmuştur. Bu süre zarfında, TOF miktarındaki değişim gözlemlenmiştir. Daha sonra aynı ortamda sıvılar +60 °C'ye kadar ısıtılmış ve bu sıcaklıkta TOF miktarı gözlemlenmiştir. Şekil 5.14'te de görüldüğü gibi, sıcaklık arttıkça moleküller birbirinden uzaklaşmış ve TOF miktarında artış meydana gelmiştir.

Sıcaklık azaldıkça ise tam tersi şekilde TOF miktarında azalma gözlemlenmiştir. Suyun TOF miktarı daha yavaş artarken, benzinin TOF miktarı daha hızlı artmıştır. Ayrıca benzinin TOF miktarının, dizele göre daha fazla arttığı gözlemlenmiştir.

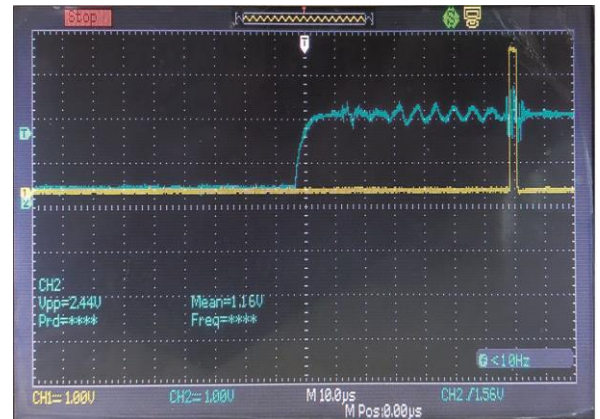


Şekil 5.14. Tüm numunelere ait TOF ölçüm sonucu

Yüksek ve düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilen ölçümlerin ardından, numuneler oda sıcaklığında kullanılarak osiloskop ile TOF sinyali üzerinde Start ve Stop sinyalleri izlenmiştir. Benzin numunesinin oda sıcaklığında yapılan ölçümlerinde, başlatma ve durdurma tetikleme sinyalleri Şekil 5.15'teki gibi osiloskop üzerinde gözlemlenmiştir. Osiloskop ile ölçülen değere göre TOF süresi 75-80 mikrosaniye arasındadır.



a) Başlatma



b) Durdurma

Şekil 5.15. Benzin için tetikleme sinyalleri

Dizel numunesinin oda sıcaklığında yapılan ölçümlerinde, başlatma ve durdurma tetikleme sinyalleri Şekil 5.16'teki gibi osiloskop üzerinde gözlemlenmiştir. Osiloskop ile ölçülen değere göre TOF süresi 65-70 mikrosaniye arasındadır.



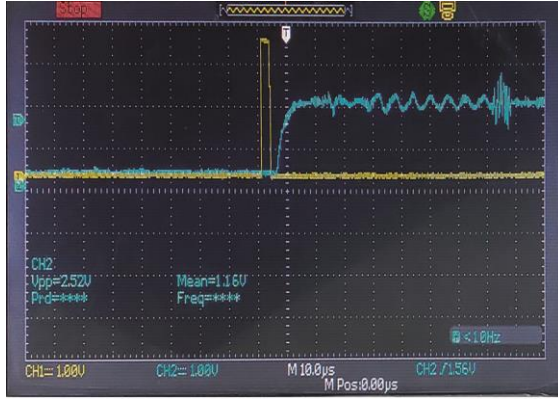
a) Başlatma



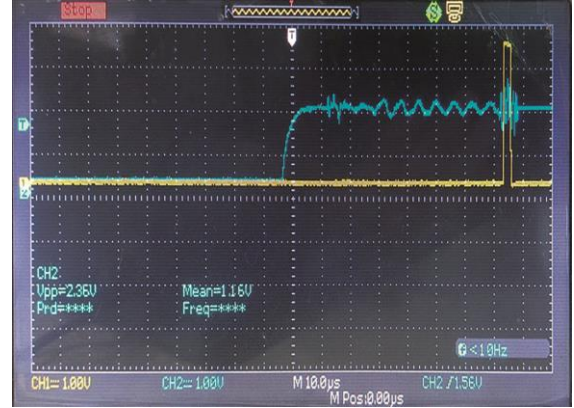
b) Durdurma

Şekil 5.16. Dizel için tetikleme sinyalleri

Etanol numunesinin oda sıcaklığında yapılan ölçümlerinde, başlatma ve durdurma tetikleme sinyalleri Şekil 5.17'teki gibi osiloskop üzerinde gözlemlenmiştir. Osiloskop ile ölçülen değere göre TOF süresi 80-85 mikrosaniye arasındadır.



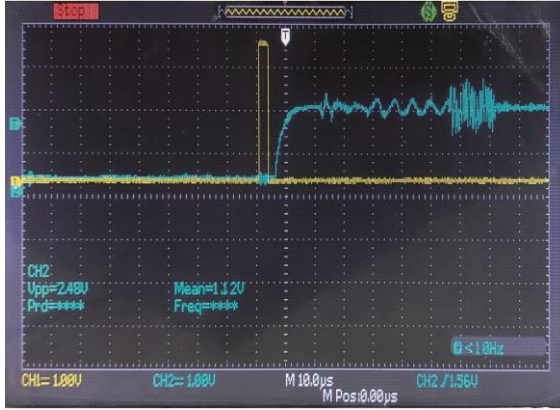
a) Başlatma



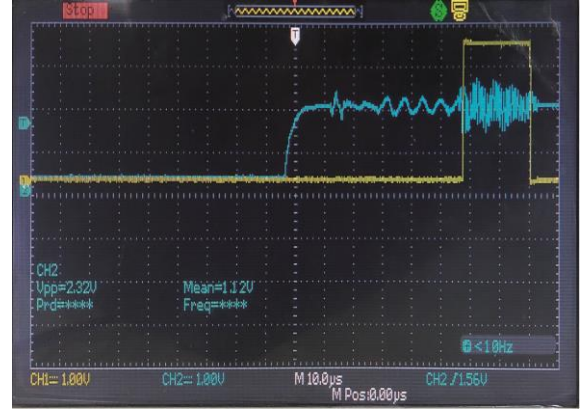
b) Durdurma

Şekil 5.17. Etanol için tetikleme sinyalleri

Su numunesinin oda sıcaklığında yapılan ölçümlerinde, başlatma ve durdurma tetikleme sinyalleri Şekil 5.18'teki gibi osiloskop üzerinde gözlemlenmiştir. Osiloskop ile ölçülen değere göre TOF süresi 65-70 mikrosaniye arasındadır.



a) Başlatma



b) Durdurma

Şekil 5.18 Su için tetikleme sinyalleri

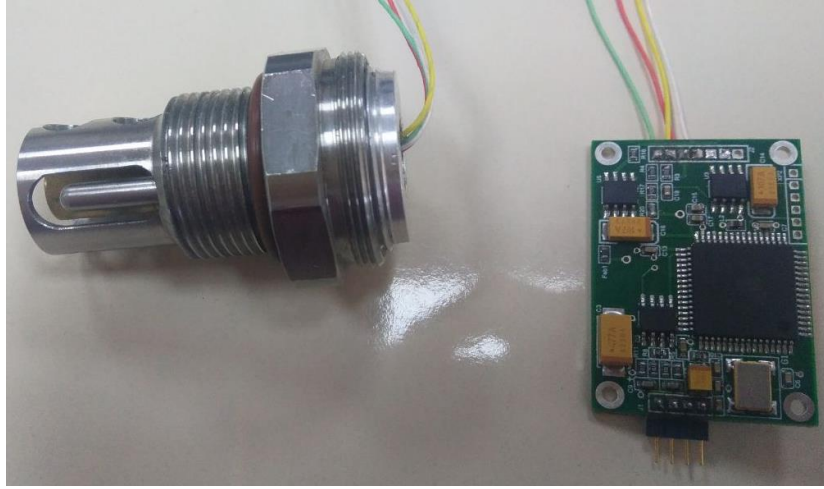
Yapılan deneylerde, yüksek ve düşük sıcaklıklarda numunelerin testleri tamamlanmıştır. Tüm numunelerin sonuçları incelendiğinde belirgin bir fark tespit edilmiştir. Oda sıcaklığında gerçekleştirilen ölçümler sayesinde numunelerin başlatma ve durdurma tetikleme sinyalleri osiloskop üzerinden izlenmiştir. Böylece, osiloskop ile elde edilen sonuçlar ile sistemimizin sonuçlarını karşılaştırma imkânına sahip olunmuştur. Karşılaştırma sonucunda, değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmektedir.

5.3. Dielektrik Sabitiyle Yakıt Türlerinin Tespiti

Dielektrik malzemeler elektriksel olarak yalıtkan ve metal olmayan malzemelerdir şeklinde de tanımlanabilir (Rethwisch ve Callister, 2013). Doğadaki tüm malzemelerin bir dielektrik sabiti ϵ ve manyetik geçirgenlik μ değerleri vardır. Bu değerler elektromanyetik dalganın yayılmasını etkileyen temel değerlerdir (Çıngı, 2018). Bu çalışmada dielektrik sabitinden yararlanılarak dizel, benzin, etanol ve suyu ayırt etmek için çeşitli çalışmalar ve testler yapılmıştır.

5.3.1 Dielektrik sensör kullanılarak yapılan ölçümler

Yapılan ölçümlerde dielektrik sensör ve sensöre ait kart kullanılmıştır. Bu sensör, RS485 protokolü ile iletişim kurar ve 9600 baud hızında çalışarak çeşitli komutlara cevap verir. Sensörde bulunan PT100 sıcaklık sensörü, sıcaklık bilgisini sağlar ve kanallardaki maddenin dielektrik katsayısı bilgisini özel yapısıyla verir. Dielektrik sensörü JCWV110 modeline ait olup SENSORJC firmasına aittir. Ölçümlerde kullanılan yakıt türleri benzin, dizel, etanol ve su numuneleridir. Ultrasonik ölçümlerle karşılaştırılabilmesi için aynı türden numunelerle ölçümler yapılmıştır. Yüksek ve düşük sıcaklıkta tüm ölçümler ve sonuçları elde edilmiştir. Şekil 5.19'da dielektrik sensörü ve kontrol kartı görülebilir.



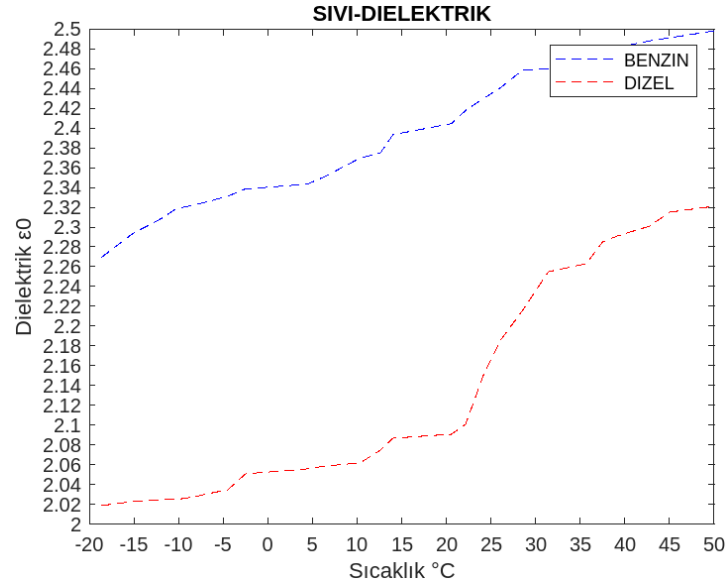
Şekil 5.19 Dielektrik sensör ve kontrol kartı

Kullanılan dielektrik sensör, numunelerin ölçüleceği sistem kabına yerleştirildi ve ardından benzin, dizel, etanol ve su gibi numune sıvılarının dielektrik katsayıları sırasıyla ölçüldü. Ölçümler oda sıcaklığında gerçekleştirildi ve ayrıca ortam sıcaklığı -20 °C ile +55 °C arasında değiştirilerek ölçümler yapıldı. Soğuk oda testinde, bir süre bekletilen dizel yakıtında sıvı halinde bozulmalar gözlemlendi. Dizel ve benzin aynı odada soğutulduğunda, dizelde hal değişimi gözlenirken benzinin hala sıvı olduğu görüldü. Şekil 20'de, soğuk oda testlerinde hal değişimi gösteren dizel yakıtı göstermektedir.



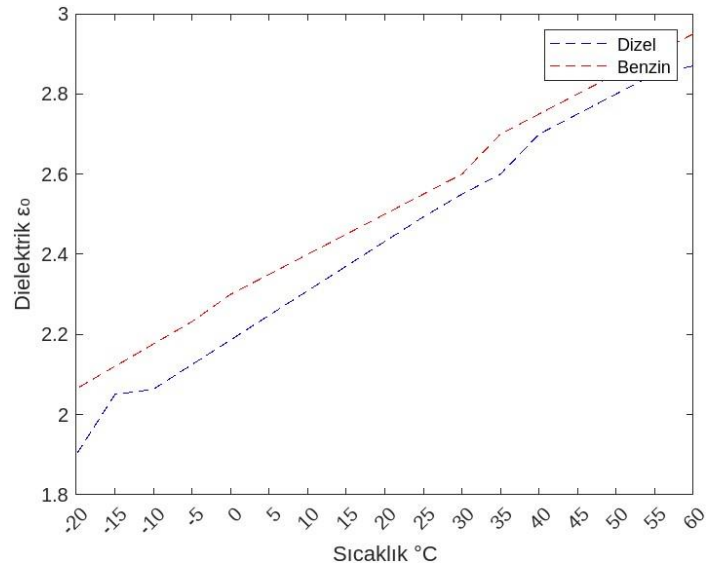
Şekil 5.20 Soğuk oda testlerinde hal değişimi görülen dizel yakıt

Yapılan testler sonucunda, dizel ve benzin yakıtlarının sıcaklığa bağlı olarak dielektrik katsayılarında meydana gelen değişim, Şekil 5.21'de gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi, her iki yakıt türünde de sıcaklık düştükçe dielektrik katsayıları azalmaktadır. Bu test, belirli bir katkı maddesi eklenmiş akaryakıt ile gerçekleştirilmiştir. Bu katkı maddesi, etanol gibi maddelerdir ve yakıt verimini artırmaya yönelik etkilere sahiptir.



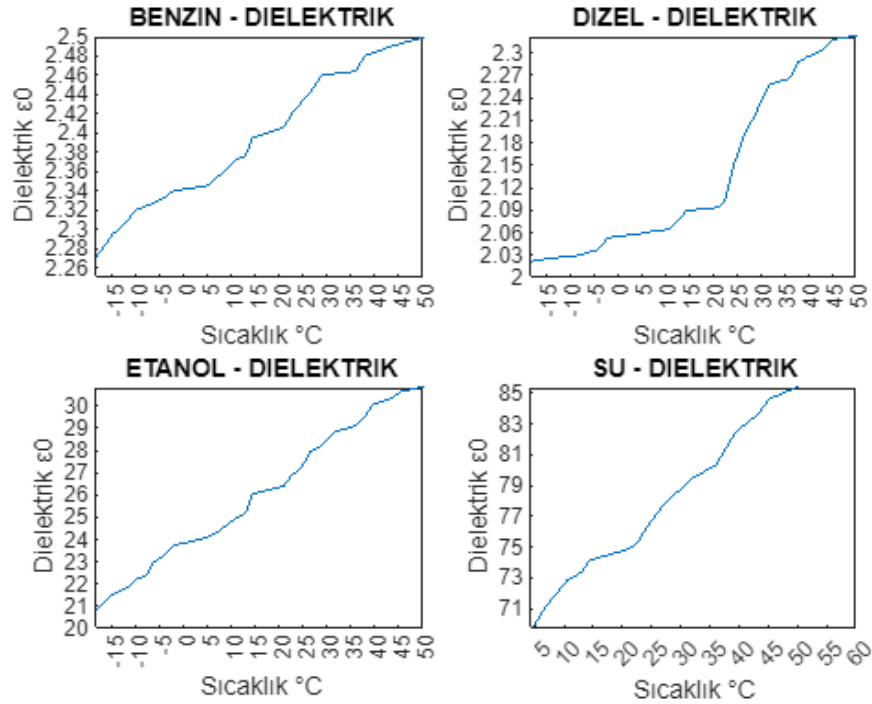
Şekil 5.21 Çok katkılı benzin ve dizel numunelerinin sıcaklıkla dielektrik değişimi

Diğer test ise katkı maddesi daha az olan yakıtlar ile yapılmıştır. Yine aynı şekilde -20 °C ile +55 °C arasında ortam sıcaklığı değişimiyle ölçümler alınmıştır fakat dielektrik katsayıları arasında çok fazla bir fark elde edilememiştir. Bu da benzin ve dizeli birbirinden ayırt etmek için yeterli gelmemektedir. Daha az katkı ile yapılan dizel ve benzin yakıtlarının sıcaklığa bağlı olarak dielektrik katsayılarında meydana gelen değişim, Şekil 5.22'de gösterilmiştir.



Şekil 5.22 Az katkılı benzin ve dizel numunelerinin sıcaklık dielektrik değişimi

Yüksek sıcaklık ve düşük sıcaklık testlerinin yapıldığı numunelere ait sonuçlar Şekil 5.23 de gösterilmiştir. Numune olarak benzin, dizel, etanol ve su kullanılmıştır ve değişken sıcaklıktaki dielektrik katsayıları ölçülmüştür. Grafiklere göre tüm numunelerde sıcaklık arttıkça dielektrik katsayısının arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.23 Numunelerin dielektrik sıcaklık değişimleri

Tüm yapılan ölçümlere göre, katkı maddeleri olarak etanol gibi maddelerin yakıtı eklenmesinin, yakıtın dielektrik katsayısını değiştirdiği gözlenmiştir. Dielektrik katsayısı değişen yakıtların, sensörler aracılığıyla farklı iki yakıt olarak kolaylıkla ayırt edilebildiği görülmüştür. Ancak, katkı maddesi içermeyen yakıtlarda sensörler tarafından belirgin bir şekilde fark edilemediği tespit edilmiştir. Benzin ve dizel gibi birbirine yakın dielektrik katsayılarına sahip olan yakıtlarda bu durum geçerli olsa da etanol ve su numunelerindeki büyük dielektrik katsayısı farkı sayesinde sıvı türü tespit edilebilmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Akaryakıt sektöründe, tanker ve tank arasında gerçekleştirilen dolum işleminin doğruluğunu sağlamak, benzin ve dizel arasındaki ayrımı yapmak son derece önemlidir. Bu çalışmada, günlük hayatta sıkça kullanılan benzin ve dizel yakıtlarının yanı sıra etanol ve su örnekleri de incelenerek yakıt türleri belirlenmeye çalışılmıştır. Tüm numuneler, ultrasonik yöntem ve dielektrik sabiti kullanılarak analiz edilmiştir. Etanol, ülkemizde fazla kullanılmamasına rağmen Brezilya ve bazı diğer ülkelerde yaygın bir şekilde yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle etanol, genellikle katkı maddesi olarak kullanıldığı için incelenmiştir. Benzin, dizel, etanol ve suyun farklı akustik empedanslara sahip olduğu bilinmektedir. Çalışmada, sıvılardaki ses yansıma hızlarının farklı olduğu tespit edilirken ultrasonik dalgaların avantajlarından yararlanılmıştır. Ayrıca, farklı maddelerde değişik değerler alan ve dielektrik sabiti olarak adlandırılan maddelerin özelliklerinden faydalanılmıştır.

Ultrasonik sensör ve TOF tekniği kullanılarak gerçekleştirilen ilk ölçümlerde, benzin, dizel, su ve etanol örnekleri başarılı bir şekilde birbirinden ayırt edilebilmiştir. Bu çalışmalar sırasında sıcaklığın dalga uçuş süresini etkilediği gözlemlenmiş ve tüm sıvı örnekleri için sıcaklık arttıkça uçuş süresinin de arttığı, sıcaklık azaldıkça ise uçuş süresinin azaldığı tespit edilmiştir. Sıcaklık, ölçümlerin gerçekleştirildiği örneklerde aynı etkiyi göstererek dalga uçuş süresini etkilemiştir. Yapılan ölçümlerde tüm örneklerde farklı uçuş süreleri elde edilmiştir. Ancak dikkat edilmesi gereken nokta, sıcaklık değerinin mutlaka bilinmesi gerektiğidir. Aksi takdirde, -10 °C ve +50 °C sıcaklıkta benzin ve dizel örneklerinin dalga uçuş süreleri birbirine eşit olduğu gözlenmiştir. Bu yöntemle, dalganın uçuş süresi kullanılarak sıvıların birbirinden ayırt edilmesiyle ilgili doğru veriler elde edilmiş ve yöntem sayesinde sıvıların farklı olduğu anlaşılabilmektedir.

Dielektrik sensör ile yapılan ölçümlerde, yakıt içerisinde bulunan katkı maddesinin ölçüm sonuçlarını etkilediği gözlemlenmiştir. Dağıtım firmaları, yakıt performansını artırmak için akaryakıt içerisine farklı kimyasal maddeler karıştırmaktadır. Bu kimyasalların oranları yakıtın dielektrik katsayısını değiştirmektedir. Benzin ve dizel sıvıları birbirinden ayırt etmek mümkün olsa da her iki sıvının dielektrik katsayılarının birbirinden farklı olması gerekmektedir. Eğer katkı

maddelerinden sonra birbirine yakın değerde dielektrik katsayılarına sahipse, bu iki yakıtın bu yöntemle ayırt edilmesi zorlaşır. Ancak katkı maddesi eklendikten sonra sıvıların dielektrik katsayıları birbirinden uzaklaşırsa, bu yöntemle ayırt edilmesi kolay hale gelmektedir. Çalışmada hem katkı maddeli hem de katkı maddesi daha az olan akaryakıtlarla ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda, katkı maddesi olan yakıtların dielektrik katsayılarında farklılık oranının arttığı görülmüştür. Ancak katkı maddesi az olan akaryakıtlarda ise numunelerin dielektrik katsayılarının birbirine yakın olduğu ölçülmüştür. Bu yöntemle göre dielektrik sabitinin ölçümü yapılarak yakıt cinsinin belirlenmesi yönteminin her zaman doğru sonuç veremeyeceği kanaatine varılmıştır.

Sonuç olarak, ultrasonik sensör ve TOF tekniği kullanılarak yapılan ölçümlerde sıcaklık etkisi gözlemlenmiş ve sıvılar doğru bir şekilde birbirinden ayırt edilmiştir. Dielektrik sensörle yapılan ölçümlerde ise katkı maddelerinin etkisi gözlemlenmiş ve yöntemin her zaman doğru sonuç veremeyeceği tespit edilmiştir. Ultrasonik yöntem, dielektrik yöntemle kıyasla daha başarılı sonuçlar üretmiştir. Tanklarla tankerler arasındaki yakıt dolumlarında olası bir akaryakıt karışıklığının önlenmesi açısından ultrasonik yöntemin kullanılmasının avantajı görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında, sonuçlar 1 MHz transdüser ile elde edilmiştir. Aynı testler farklı frekanslarda kullanılan transdüserlerle de yapılabilir. Böylece, farklı hassasiyet ve maliyete sahip sensör sistemleri oluşturulabilir ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

5. KAYNAKLAR

- Ali, S. M., and Ali, B., 2014, Acoustics Impedance Studies in Some Commonly Used Edible Oils, *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, India.
- Aydın, A., Keskinoglu, C., Kökbaş, U., & Tuli, A., 2020, Noninvasive Determination of the Amount of Ethanol in Liquid Mixtures by Ultrasound Using Bilinear Interpolation Method, *Journal of the Mexican Chemical Society*, 64(1), 41-52.
- Azman, N. A. and Abd Hamid, S. B., 2017, Determining the Time of Flight and Speed of Sound on Different types of Edible Oil, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 260 012034.
- Brown, G. H., Hoyler, C. N., and Bierwirth, R. A., 1947, *Theory and Application of Radio-Frequency Heating*, New York, N.Y.: D. Van Nostrand Co., Inc.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G., 2013, *Materialwissenschaften und Werkstofftechnik: Eine Einführung*, John Wiley & Sons.
- Chandran, P., Chalil, A., & Pradeepkumar, P., 2017, FPGA based ToF measurement system for ultrasonic anemometer, In *2017 2nd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)* (pp. 30-34). IEEE.
- Chen, F., Yang, Z., Chen, Z., Hu, J., Chen, C., & Cai, J., 2015, Density, viscosity, speed of sound, excess property and bulk modulus of binary mixtures of γ -butyrolactone with acetonitrile, dimethyl carbonate, and tetrahydrofuran at temperatures (293.15 to 333.15) K, *Journal of Molecular Liquids*, 209, 683-692.
- Chung, Y. C., Amarnath, N. N., & Furse, C. M., 2009, Capacitance and inductance sensor circuits for detecting the lengths of open-and short-circuited wires, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 58(8), 2495-2502.
- Cobb, W. N., 1995, Acoustic Contamination Monitor for Process Liquid Streams, *Final report to the US Department of Energy, Grant# DE-FG51-94R02020439*.
- Cobb, W. N., 1997, Acoustic measurement of mixture concentration and stability, *American Laboratory*, 29(18), 32-35.
- Cobb, W. N., 1999, Non-Intrusive, Ultrasonic Measurement of Fluid Composition. In *Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation* (pp. 2177-2183), Springer, Boston, MA.
- Contreras, N. I., Fairley, P., McClements, D. J., Povey, M. J., 1992, Analysis of the sugar content of fruit juice and drinks using ultrasonic velocity measurements, *Int J Food Sci Technol* 27: 515–529.

- Coşkun, M. F., Baydemir, T., & Coşkun, D., 2019, ATRP Metodu ile Fosfazen İçeren Polimer Sentezi ve Dielektrik Özelliklerinin İncelenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2), 307-316.
- Çavuş, M. S., 2010, Dielektrik Durulmanın Kusur-Destekli Kesirli Stokastik ISING Modeli”, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi FBE*, Adana.
- Çetin, T., 2004, Analitik Kimyada Dielektrik Geçirgenlik Metodu ile Yeni Bir Yaklaşım ve Endüstriyel Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi*, Kayseri.
- Çıngı, A., 2018, Metamalzeme Tabanlı Mermer Sensör Tasarımı, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 223-230.
- Daingade, P. S. et al., 2018, The Quality and Quantity Testing of Gasoline Fuel Using Sensing Method, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 05(03), pp. 2948-2958.
- Dutta, P., & Kumar, A., 2017, Intelligent calibration technique using optimized fuzzy logic controller for ultrasonic flow sensor, *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 4(2), 91-94.
- Dyakowski, T., Hale, J. M., Jaworski, A., White, N. M., Nowakowski, A., Meng, G., & Rwifa, S., 2005, Dual-modality probe for characterization of heterogeneous mixtures, *IEEE Sensors Journal*, 5(2), 134-138.
- Enflo, B. O., & Hedberg, C. M., 2006, *Theory of nonlinear acoustics in fluids* (Vol. 67), Springer Science & Business Media.
- Field, R. F., 1954, Sec. 1, Lumped circuits, A: Permittivity, Ch. II., Dielectric measuring techniques, *Dielectric Materials and Applications*.
- Foster, K. R., and Schwan, H. P., 1989, Dielectric properties of tissues and biological materials: A critical review, In *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, ed. J. R. Bourne 17(1): 25- 104. Boca Raton, Fla.: CRC Press, Inc.
- Halverstadt, I. F., Kumler, W. D., 1942, Solvent Polarization Error and Its Elimination In Calculating Dipole Moments, *J. American Chem. Soc.*, 64, 2988-992.
- Hoche, S., Hussein, M. A., and Becker, T., 2013, Ultrasound-based density determination via buffer rod technique: a review, *Journal of Sensors and Sensor System*, Pages 103-125.
- Karaca, H., 2000, Bazı Petrol Türevleri ile Organik Bileşiklerde Dipol Moment Ölçümüne Dayalı Yöntem Geliştirme”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi*, Kayseri.
- Karaduman, A., 2006, Analitik Kimyada Toplam Vücut Suyunun Dielektrik Geçirgenlik Metodu ile İzlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı*, Kayseri.

- Kuang, W., and Nelson, S. O., 1997, Dielectric relaxation characteristics of fresh fruits and vegetables from 3 to 20 GHz. *J. Microwave Power Electromagn. Energy* 32(2): 114-122.
- Metaxas, A. C., and Meredith, R. J., 1983, *Industrial Microwave Heating*, London, England: Peter Peregrinus Ltd.
- Mukherjee, D., Sen, N., Singh, K. K., Saha, S., Shenoy, K. T., & Marathe, P. P., 2021, Real time concentration estimation of ammonium nitrate in thermal denitration process: An ultrasonic approach, *Sensors and Actuators A: Physical*, 331, 112927.
- Nelson, S. O., 1977, Use of electrical properties for grain-moisture measurement. *J. Microwave Power* 12(1): 67-72.
- Nikolić, B. D., Kegl, B., Marković, S. D., & Mitrović, M. S., 2012, Determining the speed of sound, density and bulk modulus of rapeseed oil, biodiesel and diesel fuel, *Thermal science*, 16(suppl. 2), 505-514.
- Nurrulhidayah, A. F., Arieff, S. R. Rohman, A., Amin, I., Shuhaimi, M., & Khatib, A., 2014, Detection of butter adulteration with lard using differential scanning calorimetry, *International Islamic University Malaysia, Malaysi*.
- Pehlivan, F., 1997, Biyofizik, Hacettepe –Taş, Ankara, 361-362, 383.
- Rao, M. A., Rizvi, S. S., Datta, A. K., & Ahmed, J., 2014, *Engineering properties of foods*, CRC press.
- Rostad, E., 2020, Constructing a SVP for direct Sound velocity measurements”, Master's thesis, *University of Oslo, Oslo*.
- Roussy, G., and Pearce, J. A., 1995, *Foundations and Industrial Applications of Microwaves and Radio Frequency Fields*, West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd.
- Rowlinson, J. S., and Swinton, F., 2013, *Liquids and liquid mixtures: Butterworths monographs in chemistry*, *Butterworth-Heinemann*.
- Sarıkaya, Y., 1997, Fizikokimya, 186, *Gazi Büro Kitabevi, Ankara*.
- Senthilkumar, S., and Vinothraj, R., 2012, Design and study of ultrasound-based automatic patient movement monitoring device for quantifying the intrafraction motion during teletherapy treatment, *Journal of Applied Clinical Medical Physics* 13.6: 82-90.
- Smith, N. B., Webb, A., 2010, *Introduction to medical imaging: physics, engineering and clinical application*, *Cambridge university press*.
- Stevan, S. L., Paiter, L., Galvão, J. R., Roque, D. V., & Chaves, E. S., 2015, Sensor and methodology for dielectric analysis of vegetal oils submitted to thermal stress, *Sensors*, 15(10), 26457-26477.

- Şenvar, C., Alpaut, O., 1980, Maddenin Üç Hali, *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, 204.
- Tereshchenko, O. V., Buesink, F. J. K., Leferink, F. B. J., 2011, An overview of the techniques for measuring the dielectric properties of materials, In *Proceedings of the General Assembly and Scientific Symposium*, Istanbul, Turquia, 13–20 August pp. 1–4.
- Thuery, J., 1992, *Microwaves: Industrial, Scientific and Medical Applications*, Norwood, Mass.: Artech House.
- Wintle, H. J., 1990, Capacitance corrections for the guard, edge and corner situations, In *Proceedings of the Conference Record of the 1990 IEEE International Symposium on Electrical Insulation*, Toronto, ON, Canada, 3–6, pp. 435–438.
- Zagzebski, J. A., 1996, *Essential of Ultrasound Physics*, Mosby Inc.

6. EKLER

EK-1 TDC1000 Haberleşme Protokolü.

CMD	HEX	Command Name	ASCII COMMAND PACKET
0	00	Command LoopPacket	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
1	01	Command Relnit	30 31 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
2	02	Command_SPI_Byte_Write	30 32 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
3	03	Command SPI_Byte_Read	30 33 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
4	04	Command_Start_Continuous_Trigger	30 34 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
5	05	Command Start TOF One Shot	30 35 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
6	06	Command Start_TOF_Graph	30 36 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
7	07	Command End TOF_Graph	30 37 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
8	08	Command_Stop_Continuous_Trigger	30 38 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
9	09	Command Firmware Version_Read	30 39 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
10	0A	Command LED Toggle	30 3A 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
11	0B	Command C2000SPI_Config_Read	30 3B 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
12	0C	Command_C2000SPI_Config_Write	30 3C 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
13	0D	Command_Start_Temp_Measure_Graph	30 3D 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
14	0E	Command_End_Temp_Measure_Graph	30 3E 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
16	10	Command_Set_Relay_Control	31 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
17	11	Command Generate_Software_Reset	31 31 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
18	12	Command_Clear_Relay_Control	31 32 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
19	13	Command Enable HV DRIVER EN1	31 33 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
20	14	Command Enable HV DRIVER EN2	31 34 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
21	15	Command_Disable_HV_DRIVER_EN1	31 35 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
22	16	Command Disable HV DRIVER EN2	31 36 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
23	18	Command_Set_Timer_Trigger_Freq	31 38 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
27	1B	Command_Read Timer_Trigger_Freq	31 3B 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
31	1F	Command_Reset_TDC1000	31 3F 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30

7. ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mevlüt PATLAK
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Mahmut Esat Anadolu Lisesi, Seydişehir, Konya	2011
Üniversite	: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya	2016

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015-2017	Elimkon Elektronik	Arge Mühendisi
2018-Halen	Mepsan Petrol Cihazları	Arge Mühendisi

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Patlak, M. ve Çunkaş, M., 2023, Real-Time Detection Of Fuel Type With Ultrasonic Sensor, *8th International Asian Congress On Contemporary Sciences*, 191-196.