

**T.C.  
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
2017-DP-002**

**SU TANKLARINDA SIVI SEVİYE KONTROL  
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**Rufet ŞAHBAZLI**

**Danışmanı:  
Yrd. Doç. Dr. Mustafa ASKER**

**AYDIN**



**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi tarafından hazırlanan “F<sub>3,6</sub> Generasyonunda Pamuk(*Gossypium Hirsutum* L.) Döl Sıralarının Tam ve Kısıtlı Sulama Koşullarında Verim, Verim Bileşenleri ve Lif Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı tez, / /2017 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan : .....	.....	.....
Üye : .....	.....	.....
Üye : .....	.....	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu yüksek lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun ..... Sayılı kararıyla.....tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY

Enstitü Müdürü



**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

.../.../2017

Rufet SAHBAZLI



# ÖZET

## SU TANKLARINDA SIVI SEVİYE KONTROL SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Rufet SAHBAZLI

Bitirme Projesi, Makine Mühendisliği tezsiz  
Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mustafa ASKER

2017, 41 sayfa

Seviye ölçümü, bir depoda bulunan sıvı veya katı ürün yüksekliğinin (derinliğinin), hacimsel miktarının veya kütsel miktarının belirlenmesi amacıyla kullanılır.

Proje endüstride ve sanayide çeşitli amaçlar için kullanılmak amacıyla tasarlandı. Sıvı seviye kontrolüne yeni bir bakış açısı kazandırmak amacıyla sistemde ultrasonik sensör kullanıldı. Bu şekilde sıvıyla direkt temas halinde bulunamadan sadece sıvı yüzeyine ses dalgası gönderip seviye kontrolü sağlanacaktır. Projenin en büyük özelliği temassız seviye kontrolünün sağlanmasıdır.

Projede ultrasonik sensör, Arduino uno ,selenoid valve, buzzer ve DC su motoru kullanıldı. Sistemin maliyeti diğer seviye kontrol cihazlarına göre oldukça düşüktür. Ayrıca bu sistem diğer seviye kontrol sistemlerine göre daha güvenilir ve daha teknolojik bir şekilde kontrol sağlamaktadır.

Sistem sensörün mesafe ölçümü ile çalışmaya başlar. Bu ölçüme bilgisayar ekranında gözlemlenir. Ultrasonik sensör sıvı tankerine tepeden bakmaktadır ve tanker ile sensör arası mesafe sabit tutulur. Ölçülen mesafeye göre valveler ile DC su motoru faaliyet gösterir. Önceden sistem için belirlenen referans mesafesine göre su motoru tankeri doldurmaya başladığında her an için bilgisayardan sıvı seviyesini takip etmek mümkündür. Gerekli referans mesafesine ulaşıncaya su motoru duracaktır. Sistem bu şekilde tasarlandı.

Sistem günlük hayatta yakıt tankerlerindeki yakıt seviye kontrolü, uçak depolarındaki yakıt kontrolü gibi birçok önemli alanda kullanım kolaylığı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Seviye, algılama, algılayıcı, ölçme, ultrasonik algılayıcı





## **ABSTRACT**

### **DEVELOPING SYSTEM OF CONTROLLING THE LEVEL ON WATER TANKS**

Rufet Sahbazlı

Finishing Thesis; Machine Engineering without thesis

The measure levels, use to determine the solid or liquid product's height, volumetric quantity or mass quantity in a store.

2017, 41 pages

The project has been designed for wing in industry on different wings. Ultrasonic sensor has been used for putting on a new view to the liquid level control. By this way level control is going to be provided without direct contact to the liquid, only with sending sound waves to the liquid surface. The biggest specialty of the project is providing non-contact liquid control.

Ultrasonic sensor, Arduino uno, solenoid valve, buzzer and DC water engine used in this project. Cost of the system is quite less than the other level control devices. Besides this system gets control in more reliable and more technologic way than other level control systems.

System starts with distance measurement of the sensor. This measurement observed from computer monitor. Ultrasonic sensor looks from top of liquid tank and distance between tank and sensor keeping constant. According to measured distance, valves start activity with DC water engine.

For the reference measure that determine to the system before, when the water engine starts to fill the tank, it's possible to follow the liquid level everytime. When reached the required reference distance, water engine stops. System designed this way.

This system provides ease of use in so many fields like daily life fuel level control in fuel tanks, fuel control in airplane tanks.

**Key Words:** Level, Sensor, Ultrasonic Sensor, Measuring, Sensation



## ÖNSÖZ

Bu proje uygulama alanı bakımından sıkça karşımıza çıkan genel kapsamlı bir sistemin temele indirgenerek gerçekleştirilmiş halidir. Projenin günümüz teknolojisinde karşımıza sıklıkla çıkan materyallerle gerçekleştirilmiş olması ise günümüz teknolojisine uygunlunu göstermekte ve gelişen teknolojiye adaptesi açısından temel teşkil etmektedir.

Projenin gerçekleştirilmesi esnasında çağımız teknolojinde kullanımı yaygın materyallerden meydana gelmesi, akademik eğitim esnasında teorik olarak işleyişlerinin öğrenildiği bu materyallerin pratikte uygulamalarının sindirilerek realize edilmeleri açısından oldukça yararlıdır.

Projenin uygulanış alanlarının sıklıkla karşılaşılabılır olması ise projeyi teknolojiye ve teknolojik alanlara entegre edilebileceğini göstermektedir.

Yardımlarından dolayı proje danışmanımız Yrd. Doç .Dr Mustafa ASKER'e, RF haberleşme tekniği hakkındaki öneri ve katkılarından, projenin uygulama kısmında ve PİD konusunda yardımlarından dolayı sayın Araş.Gör. Fatih Akkoyun'a, ve destekleri ile her daim yanımızda olan ailelerimize çok teşekkür ederiz.

Rufet SAHBAZLI



## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI .....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI .....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	ix
ÖNSÖZ .....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ .....	xi
1. Giriş.....	1
1.1. Seviye Değerini Belirtme Yöntemleri.....	2
1.2. Seviye Ölçümü Uygulama Alanları .....	2
1.3. Çalışmanın Amacı.....	3
2. LİTERATÖR ÇALIŞMASI.....	4
2.1. Mekanik Esaslı Seviye Ölçüm Yöntemleri .....	4
2.1.1. Şamandıra Esaslı Seviye Ölçümü .....	4
2.1.2. Basınç Esaslı Seviye Ölçümü.....	6
2.1.3. Kabarcık Esaslı Seviye Ölçümü .....	7
2.1.4. Birleşik Kap Esaslı Seviye Ölçümü .....	8
2.1.5. Manyetik Esaslı Seviye Ölçümü .....	8
2.2. Elektrik Esaslı Seviye Ölçüm Yöntemleri .....	9
2.2.1. Elektrot Esaslı Seviye Ölçümü.....	9
2.2.2. Ultrasonik Esaslı Seviye Ölçümü.....	10
2.2.3. Radar Esaslı Seviye Ölçümü .....	11
2.2.4. Lazer Esaslı Seviye Ölçümü .....	12
2.2.5. Kapasitans Esaslı Seviye Ölçümü .....	12

2.2.6. Manyetik Alan Esaslı Seviye Ölçümü.....	13
2.2.7 Yük Hücresi Esaslı Seviye Ölçümü.....	14
2.2.8. Nükleer Esaslı Seviye Ölçümü.....	15
3. OTOMATİK KONTROL TÜRLERİ.....	16
3.1. İki Konumlu Kontrol (On-Off Kontrol).....	16
3.2. PID Kontrol.....	17
3.2.1. Oransal Kontrol - P (Proportional).....	17
3.2.2. Oransal + İntegral Kontrol- PI (Proportional + İntegral).....	18
3.2.3. Oransal+ Türevsel Kontrol- PD (Proportional + Derivative).....	20
3.2.4. Oransal + İntegral + Türevsel Kontrol- PID.....	20
4. MATERYAL VE METOD.....	22
4.1. Materyal.....	22
4.1.1. Hc-Sr04 Sensörü.....	22
4.1.1.1. Sensörün Temel Çalışma İlkesi.....	225
4.1.1.2. Ultrasonik Sensörün Kullanım Avantajları.....	26
4.1.1.3. Ultrasonik Sensörün Güncel Uygulamaları.....	26
4.2. Deneysel Çalışma.....	26
4.2.1. Arduino Yazılım.....	29
5. BULGULAR.....	31
6. SONUÇ.....	33
KAYNAKLAR.....	35
EKLER.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	41

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Şamandıra esaslı mekanik seviye ölçümü (MEB, 2008) .....	5
Şekil 2.2. Şamandıra kaldırma kuvveti esaslı seviye ölçümü (MEB, 2009) .....	5
Şekil 2.3. Şamandıra esaslı elektro-mekanik seviye ölçümü (MEB, 2008) .....	6
Şekil 2.4. Basınç esaslı seviye ölçümü (MEB, 2008) .....	7
Şekil 2.5. Kabarcık esaslı (bubbler-type) seviye ölçümü (MEB, 2008).....	7
Şekil 2.6. Birleşik kap esaslı seviye ölçümü (ISA, 2007) .....	8
Şekil 2.7. Manyetik esaslı seviye ölçümü (Hambrice ve Hopper, 2004) .....	9
Şekil 2.8. Elektrot esaslı 8 seviyeli seviye ölçümü (Katırcıoğlu ve Sefer, 2005) ....	9
Şekil 2.9. Ultrasonik esaslı seviye ölçümü (Hambrice ve Hopper, 2004).....	10
Şekil 2.10. Radar esaslı seviye ölçümü (Hambrice ve Hopper, 2004) .....	11
Şekil 2.11. Lazer esaslı seviye ölçümü (Hambrice ve Hopper, 2004) .....	12
Şekil 2.12. Kapasitans esaslı seviye ölçümü (daireysel) (Neha, 2011) .....	13
Şekil 2.13. Kapasitans esaslı seviye ölçümü (paralel plaka) (Gabay, 2011).....	13
Şekil 2.14. Manyetik alan esaslı seviye ölçümü (Infineon, 2009) .....	14
Şekil 2.15. Yük hücresi esaslı seviye ölçümü (HBM, 2013) .....	15
Şekil 2.16. Nükleer esaslı seviye ölçümü (Rosemount, 2013).....	15
Şekil 3.1. Açık-kapalı kontrol değişken-zaman eğrisi ( Z.Girgin 2008).....	16
Şekil 3.2. Oransal kontrol karakteristik eğrisi (Z. Girgin 2008) .....	17
Şekil 3.3. Oransal Kontrol (P) Değişken-zaman eğrisi ( Z.Girgin 2008).....	18
Şekil 3.4. Oransal Kontrol (PI) değişken-zaman eğrisi ( Z.Girgin 2008) .....	19
Şekil 4.1. Arduino Uno R3 veri alma (DAQ) ve kontrol kartı.....	24
Şekil 4.2. HC-SR04 Ultrasonik algılayıcı .....	25
Şekil 4.3. Deney düzeneğin şematik göstergesi .....	27
Şekil 4.4. Selenoid valve bağlanma şekli .....	27
Şekil 4.5. Mini su pompasının bağlanma şekli.....	28

Şekil 4.6. Buzzerin bağlanma şekli .....	28
Şekil 4.7. Ultrasonic sensörün bağlanma şekli .....	29
Şekil 4.8. Tankın boşalma ve dolması .....	30



## **TABLolar DİZİNİ**

Tablo 2.1. Seviye ölçüm yöntemleri .....	4
Tablo 4.1. Projede kullandığımız malzemeler .....	22
Tablo 4.2. Arduino Uno R3 kartın bazı teknik özellikleri (Arduino, 2016).....	24
Tablo 4.3. HC-SR04 sensörünün özellikleri .....	25
Tablo 5.1. Algılayıcı ile belirlenen ve cetvelle ölçülen su seviyesi .....	31
Tablo 5.2. Ultrasonik sensörün algıladığı mesafe ile tanktaki sıvı seviyesinin değerleri .....	32



## 1. GİRİŞ

Günlük hayatımızın birçok alanında çeşitli sıvıları depolamak için depo, ya da diğer adıyla tanklar kullanırız. Burada bahsettiğimiz “sıvı”, içmek yada kullanmak amacıyla depolamak istediğimiz su olabileceği gibi, kalorifer kazanı için fuel-oil, mazot yada köylerden toplanarak depolanmış süt olabilir. Bu sıvı ayrıca bir yağ fabrikasındaki yağ dolu kazanlar veya bir imalathanede asit dolu bir depo olabilir. Bu liste dahada uzatılabilir (S. Mitra, K.P. Sinhamahapatra.)

Bu proje ultrasonik sensörlerin algılama özelliğinden yararlanılarak sıvı seviye kontrolü yapmaktır. Değişik yöntemlerle seviye kontrolü yapılabilir. Ultrasonik sensör ile bu kontrolün yapılmasının sebebi maliyetinin düşük, kullanışlı ve suya temas etmeden ölçüm yapabilmektir. Bu ölçümde mikrodenetleyici, ses dalgası göndermek için ultrasonik sensör, mesafeyi gözlemleyebilmek için dizüstü bilgisayar ve su kontrolünü sağlayabilmek için su motoru ve valve kullanılacaktır.

Özden ve Dursun 2010 yaptıkları bir çalışmada, radyo frekansı ile su seviyesinin uzaktan kontrolünü gerçekleştirmişler.

Akı ve Ucar tarafından titreşimli ortamda sıvı seviyesinin ölçülmesini gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada sıvıların seviye ölçümünde dalgalanmalardan kaynaklı meydana gelen ölçme gürültüsünün kalman filtresi ile öngörülebilir dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Böylece , çalkantılı ortamdan alınan gürültülü seviye verilerinin kalman filtresi yardımıyla kullanılabilir ve stabilizasyon yüksek değerlere dönüştürmesi üzerine bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Seviye ölçümü (Level measurement), bir depoda bulunan sıvı veya katı ürünün yüksekliğinin (derinliğinin), hacimsel miktarının veya kütleli miktarının belirlenmesi amacıyla kullanılır.

Seviye genellikle depo içinde bulunan ürünün derinliği (h) şeklinde belirlenmekte, gerekli görüldüğünde bu derinlik değerinden deponun kesit alanı ve derinlik değeri çarpılarak ürün hacmi ( $V=A.h$ ) hesaplanabilmektedir. Ayrıca ürünün özgül kütlesi dikkate alındığında ürün hacminden ürün kütlesi ( $M=V.d$ ) de bulunabilmektedir.

## 1.1. Seviye Değerini Belirtme Yöntemleri

Ölçülen seviye değeri genellikle iki şekilde belirtilir (Kadlec, 2008):

- a) Sürekli seviye (Continuous level) ölçümü: Boş ve dolu arasındaki seviye değerinin rakamsal olarak belirtilmesi (kg, L, %) şeklindedir.
- b) Kesikli seviye (Discrete level) ölçümü: Seviye durumunun daha önceden belirlenen seviyelere göre (örneğin boş, yarım, dolu) genellikle ışıklı belirteçler ile gösterilmesi şeklindedir.

## 1.2. Seviye Ölçümü Uygulama Alanları

Seviye ölçümü günlük hayatta sıklıkla karşılaşılan bir ölçüm uygulamasıdır. Genel anlamda aşağıdaki uygulamalar örnek olarak verilebilir:

- Taşıt depolarındaki yakıt miktarı
- Akaryakıt istasyonlarında depolardaki yakıt miktarı
- Katı ve sıvı ürünlerin muhafaza edildiği depolarda ürün seviyesi
- Barajlardaki su doluluk seviyesi

Günlük hayattan bu projenin nerelerde kullanılacağına örnek vermek istersek benzin tankerlerini gösterebiliriz. Bilindięi gibi bu araçlar taşıdıkları yakıtlardan dolayı son derece tehlikeli olabilirler. Yüklü miktarda yakıtla yaklaşmak son derece tehlikeli olabilir. Ultrasonik sensör ile seviye kontrolü sayesinde bu tehlike ortadan kaldırılabilir. Tankerin içine yerleştirilecek olan sensör sayesinde tanker içerisindeki benzin seviyesi ölçülebilir ve gerekli miktarda tankere benzin ilavesi yapılabilir. Bu yöntem sağlık açısından da oldukça kullanışlı ve güvenlidir.

Bir başka örnek vermek gerekirse evlerde kullanılan su depolarını gösterebiliriz. Evde musluk açıldığında depodaki su miktarı azalmaya başlayacaktır. Azalan bu su miktarını yeniden eski haline getirebilmek için ana depodan su akışı başlayacaktır. Evin su deposunun içine yerleştirilecek olan seviye kontrol sistemi ile ana depodan su pompası vasıtası ile gerekli miktarda su seviye kontrolü ile evin deposuna taşınabilir. Bu sistem endüstride, fabrikalarda ve daha birçok alanda kullanılabilir. Kısaca örneklere devam edersek boya fabrikalarında orantılı boya

karışımlarında, petrol rafinerilerinde varillere ham petrol doldurmada, uçakların depolarının kontrolünde ve daha birçok alanda günlük hayatı kolaylaştıracak şekilde uygulamaya geçirilebilir.

### **1.3. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışma iki amaçla yapılmıştır:

- a) Çalışmanın birinci amacı; seviye ölçümünde kullanılan yöntemler konusunda literatür taraması yaparak her bir yöntem hakkında bilgi derlemektir.
- b) Çalışmanın ikinci amacı ise; seviye ölçümünde kullanılan yöntemlerden biri olan ultrasonik ölçüm yönteminin pratik bir ultrasonik algılayıcı ve bir veri alma kartı ile bilgisayara bağlanarak ve uygun bir yazılım oluşturularak denenmesidir.

## 2. LİTERATÖR ÇALIŞMASI

Bu çalışmada literatür taraması sonucunda bulunan seviye ölçümünde kullanılan farklı yöntemler tablo 2.1’de sınıflandırılmıştır.

Tablo 2.1. Seviye ölçüm yöntemleri

1) Mekanik esaslı yöntemler	2) Elektrik esaslı yöntemler
1) Şamandıra	1) Elektrot esaslı
2) Birleşik kap	2) Ultrasonik esaslı
3) Kabarcık yöntemi	3) Radar esaslı
4) Basınç esaslı	4) Lazer esaslı
5) Manyetik yöntem	5) Kapasitans esaslı
	6) Manyetik alan esaslı
	7) Yük hücresi esaslı
	8) Nükleer yöntem

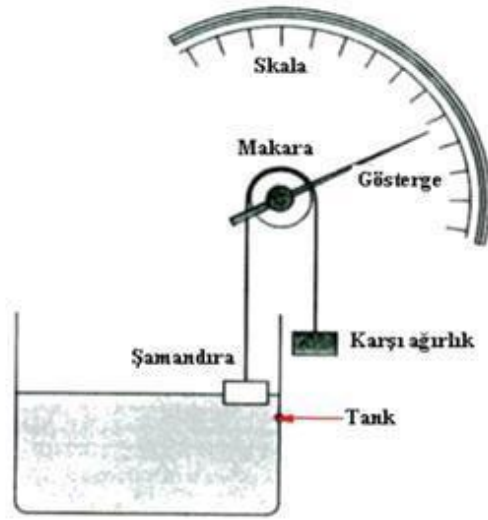
Tablo 2.1’de de listelendiği gibi, seviye ölçüm yöntemleri iki grupta incelenebilir.

Birinci yöntem mekanik esaslı yöntem olup genellikle sıvı veya katı ürün miktarına bağlı olarak mekanik bir sistemin (örneğin şamandıra) veya ürünün kendisinin hareketine (yer değişimine) bağlı olarak seviye ölçümü yapılır. Elektrik esaslı yöntemde ise, seviye, elektrik enerjisi esaslı ile çalışan bir algılayıcı (sensor) ile algılanarak elde edilen sinyal (elektriksel gerilim, elektriksel akım, frekans, darbe, vb) bir kalibrasyon eşitliği ile seviye değerine dönüştürülür.

### 2.1. Mekanik Esaslı Seviye Ölçüm Yöntemleri

#### 2.1.1. Şamandıra Esaslı Seviye Ölçümü

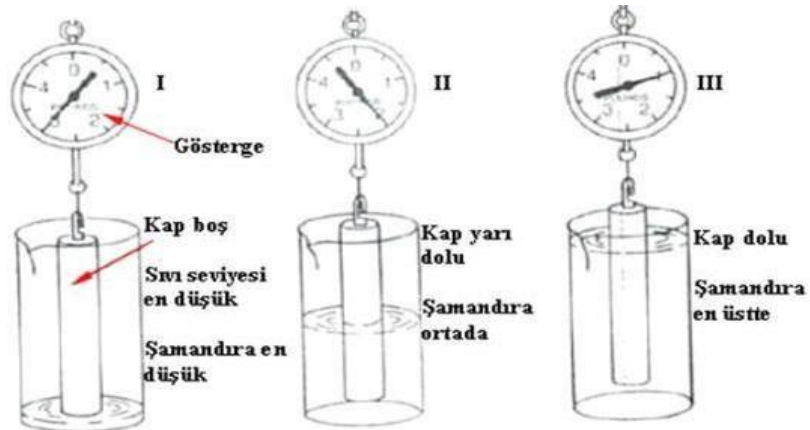
Şamandıra, sıvı ürün depolarında kullanılan, sıvıya göre yoğunluğu daha az olan genellikle içi boş küre veya prizma şeklinde olan, yüzme ilkesi ile sıvı yüzeyinde yüzen bir parçadır (Şekil 2.1). Sıvı seviyesinin belirlenmesi (gösterge) amacıyla kullanılabilir. Seviyenin göstergede belirtilmesi amacıyla eski sistemlerde kablo, makara ve dişli, yeni sistemlerde ise daha çok manyetik yöntem (mıknatıs) kullanılmaktadır (Hambrice ve Hopper, 2004). Örnek olarak Şekil 2.1’de verilen göstergenin ibresi mekanik esasla şamandıraya bağlı makaranın dönmesi sayesinde çalışmaktadır (MEB, 2008).



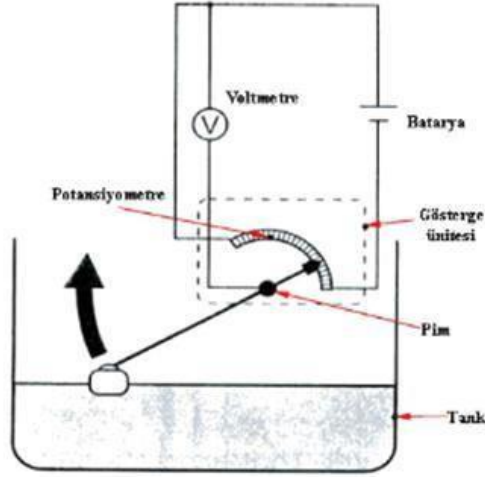
Şekil 2.1. Şamandıra esaslı mekanik seviye ölçümü (MEB, 2008)

Şekil 2.2'de Arşimed ilkesine göre sıvı tarafından şamandıraya uygulanan kaldırma kuvvetinin seviye değerine dönüştürülmesi şeklinde de seviye algılanabilmektedir (Hambrice ve Hopper, 2004; MEB, 2008).

Şekil 2.3'de ise; şamandıranın hareketi bir değişken dirençle (potansiyometre) elektriksel olarak algılanmakta ve seviye değeri elektriksel gerilim değerinden hesaplanarak belirlenmektedir (MEB, 2008).



Şekil 2.2. Şamandıra kaldırma kuvveti esaslı seviye ölçümü (MEB, 2009)



Şekil 2.3. Şamandıra esaslı elektro-mekanik seviye ölçümü (MEB, 2008)

### 2.1.2. Basınç Esaslı Seviye Ölçümü

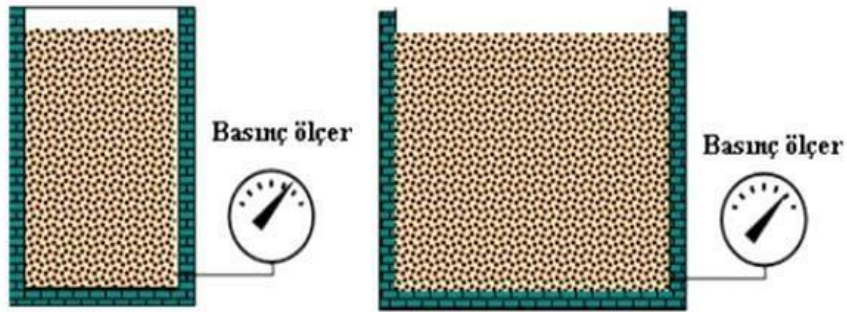
Bir kap içinde bulunan sıvının hidrostatik basıncı; incelenen nokta üzerindeki sıvı sütunu yüksekliğine ( $h$ ) ve sıvının özgül ağırlığına ( $\gamma$ ) bağlıdır. Yani, kabın tabanındaki basınç değeri ( $P$ ), sıvı seviyesi ( $h$ ) ile doğru orantılıdır. Buna göre; kabın tabanındaki hidrostatik basınç değerinden kap içindeki sıvı seviyesi belirlenebilir ( $h=P/\gamma$ ). Bu durumda kabın tabanına bir basınç göstergesi yerleştirildiğinde, göstergedeki okunan basınç değerinden seviye hesaplanabilir (Şekil 2.4). Kapalı ve basınç altında bulunan kaplarda ise basınç farkı ölçülerek seviye belirlenmektedir (Hambrice ve Hopper, 2004). Sıcaklık sıvının hacmini ve sıvı üzerindeki buhar basıncını etkilediğinden, bu yöntemin doğruluğu (accuracy) sıcaklık değişiminden etkilenir (Hambrice ve Hopper, 2004). Bu yöntemde aşağıdaki eşitlik kullanılır:

$$P = h \cdot \gamma \rightarrow h = P / \gamma \quad (1)$$

Burada

$$P = \text{Sıvı relatif basıncı (Pa = N/m}^2) \quad h = \text{Sıvı derinliği (m)} \quad \gamma = \text{Sıvı özgül ağırlığı (N/m}^3)$$

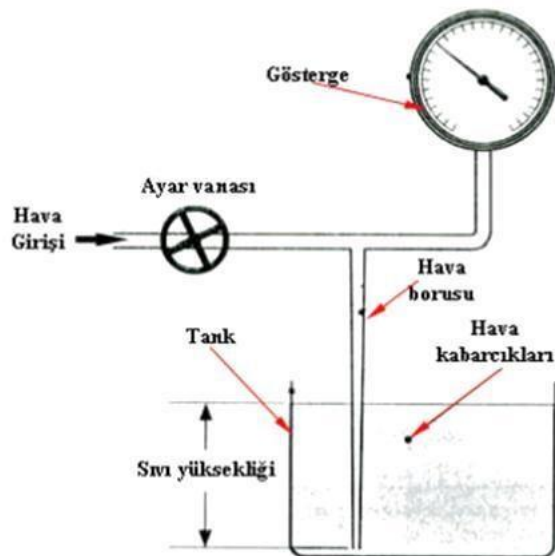




Şekil 2.4. Basınç esaslı seviye ölçümü (MEB, 2008)

### 2.1.3. Kabarcık Esaslı Seviye Ölçümü

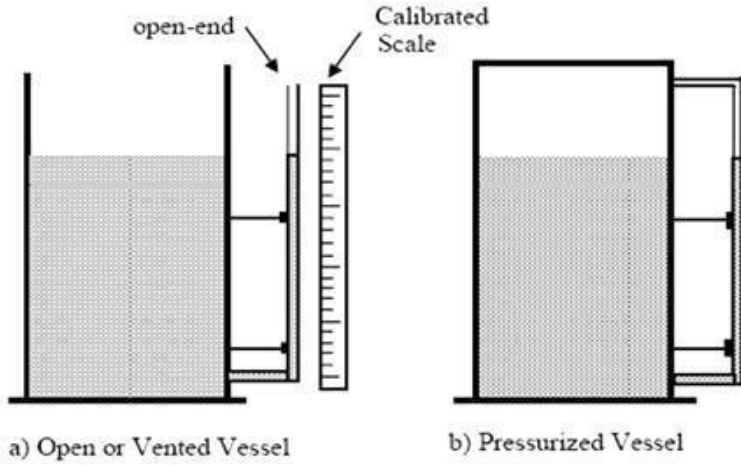
Basınç esaslı seviye ölçümünde, basınç ölçerin kap içindeki sıvı ile temas etmesinin istenmediği durumlarda, atmosfere açık olan kabın tabanına ince bir boru ile iletilen ve kabarcık oluşturan havanın (veya başka uygun bir gaz) basıncı kap tabanındaki basınca eşit olduğundan, bu basınç değerinden sıvı seviyesi hesaplanmaktadır (Hambrice ve Hopper, 2004) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Kabarcık esaslı (bubbler-type) seviye ölçümü (MEB, 2008)

### 2.1.4. Birleşik Kap Esaslı Seviye Ölçümü

Birleşik kaplar ilkesine göre, depo altına açılan deliğe dikey olarak bağlanan cam veya plastikten yapılan şeffaf bir tüp (birleşik kap) içindeki sıvı seviyesi depodaki sıvı seviyesi ile aynıdır (Şekil 2.6). Bu ilke esas alınarak sıvılar için depo yan tarafına şeffaf bir boru ve ölçüm cetveli eklenerek seviye belirlenmektedir. En basit ve en eski seviye belirleme yöntemi olup, gösterge içinde tortu birikimi, sızma, yanma ve patlama gibi olumsuz yanları vardır (Hambrice and Hopper, 2004).

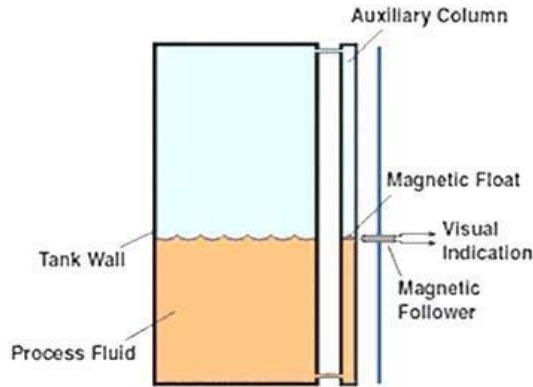


Şekil 2.6. Birleşik kap esaslı seviye ölçümü (ISA, 2007)

### 2.1.3. Manyetik Esaslı Seviye Ölçümü

Sıvı yüzeyinde bulunan bir mıknatısın depo dışında bulunan seviye gösterge çubuğunda bulunan diğer bir mıknatısı hareket ettirmesi yoluyla seviye manyetik yöntemle belirlenir (Şekil 2.7) (Hambrice ve Hopper, 2004). Bu yöntem birleşik kap ilkesi ile çalışan şeffaf borulu seviye göstergelerine alternatif olarak geliştirilmiş olup, seviye borusu, plastik veya özel alaşım metal gibi manyetik olmayan malzemelerden yapılır (Hambrice ve Hopper, 2004). Daha çok yüksek basınç, korosif ve asidik ortamlara uygundur, bu nedenle depo herhangi bir sızmaya karşı korunmak amacıyla tamamen kapalı yapılır ve şamandıra ile

gösterge bölümü birbirinden tamamen yalıtılır (Hambrice ve Hopper, 2004; MEB 2008).

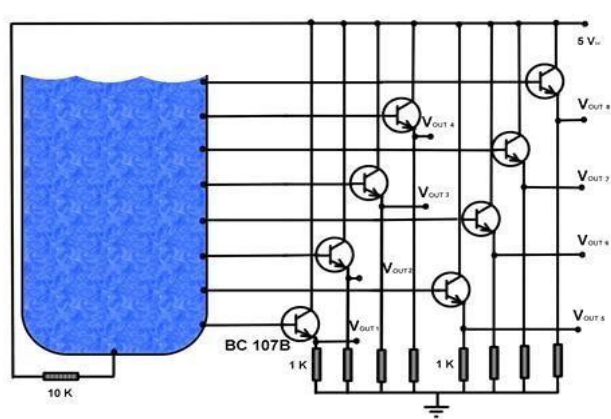


Şekil 2.7. Manyetik esaslı seviye ölçümü (Hambrice ve Hopper, 2004)

## 2.2. Elektrik Esaslı Seviye Ölçüm Yöntemleri

### 2.2.1. Elektrot Esaslı Seviye Ölçümü

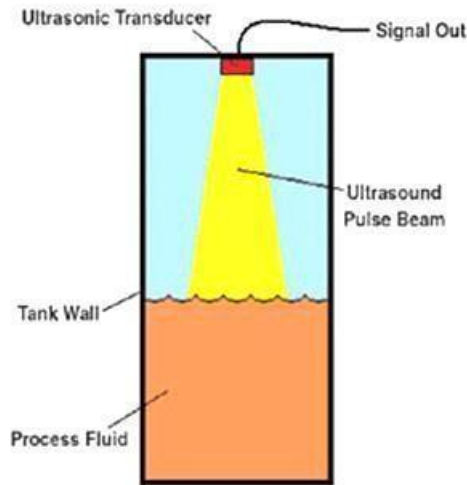
Elektrot esaslı yöntemde, sıvıların iletkenliğinden (conductivity) faydalanılır. Depoda bulunan iletken sıvının (su, boya, vb.) seviyesi yükseldikçe deponun dibindeki direnç ile iletken sıvı üzerinden devreyi tamamlayan elektrotlardan akım geçer. Elektrotların bazına bağlı olduğu transistörler iletme geçer ve kolektörde bulunan LED lamba yanar (Katırcıoğlu ve Sefer, 2005). Seviye göstergesi genellikle LED ışıklı gösterge şeklindedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Elektrot esaslı 8 seviyeli seviye ölçümü (Katırcıoğlu ve Sefer, 2005)

### 2.2.2. Ultrasonik Esaslı Seviye Ölçümü

İnsan kulağı 20 - 20000 Hz arası frekansa sahip ses (sonik) dalgalarını duyabilir. Ultrasonik dalgalar 20 kHz'den yüksek frekansa sahip olduğundan insan kulağı duyamaz. 20-45 kHz frekansın kullanıldığı (Omega, 2001) Ultrasonik yöntem; mesafe ölçümü ilkesine dayanır. Ultrasonik dalganın hızı ürün yüzeyi ve algılayıcı arasında bulunan havanın veya gazın karışımına ve sıcaklığına bağlı olmakla birlikte hava içinde 15°C sıcaklıkta 340 m/s olup iletim değeri yaklaşık 6 ms/m'dir (Hambrice ve Hopper, 2004). Deponun tavanına yerleştirilen ultrasonik verici, aşağı doğru ultrasonik dalga gönderir, dalga ürün yüzeyine çarpar ve yansır (Şekil 2.9). Sinyali gönderme ile yansıyan sinyali algılama arasındaki zaman farkından (sinyal uçuş süresi, time of flight), verici ile seviye arasındaki mesafe belirlenir. Bu değer, tank yüksekliğinden çıkarılarak ürün seviyesi hesaplanır. Bu yöntem tozlu ve değişken nemli ortamdan etkilenebilir.



Şekil 2.9. Ultrasonik esaslı seviye ölçümü (Hambrice ve Hopper, 2004)

Ultrasonik esaslı yöntemde aşağıdaki eşitlikler geçerlidir:

$$\text{Ultrasonik dalganın aldığı yol: } S = V \cdot t \quad (2)$$

$$\text{Depo tavanı ile madde yüzeyi arası mesafe: } S/2$$

$$\text{Depodaki ürün seviyesi: } h = D - (S/2) \quad (3)$$

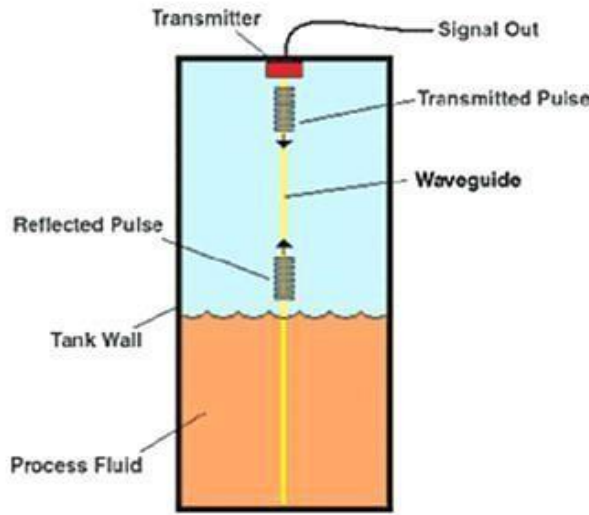
Bu eşitliklerde;

$S$  = Sinyalin aldığı yol (m)

$V$  = Ultrasonik dalga hızı (340 m/s)     $t$  = Sinyalin ürün yüzeyine çarpıp yansıyor algılanması için geçen süre (s)  $D$  = Depo yüksekliği (m).

### 2.2.3. Radar Esaslı Seviye Ölçümü

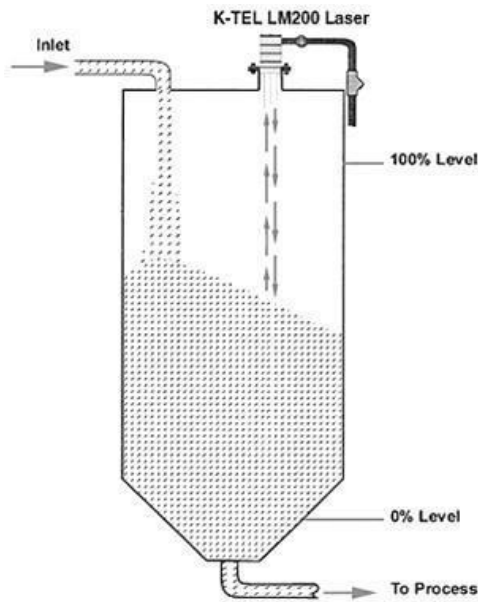
Radar esaslı yöntem; Ultrasonik sistemin benzeri olup, ses ötesi dalga yerine GHz düzeyinde yüksek frekanslı elektromanyetik (EM) dalga yani mikrodalga (microwave) kullanılır (Hambrice ve Hopper, 2004; MEB, 2009). Sinyalin ürün yüzeyine çarpıp geri gelmesi (yansıması) (Şekil 2.10) için geçen süreden (sinyal uçuş süresi, time of flight) mesafe hesaplanır ( $S=V.t$ ). Mikrodalga ışınımının, ışık hızında hareket ettiği kabul edilir (300 000 000 m/s). Mikrodalga enerjisi açık olarak yüzeye gönderilebilir (through-air radar) veya bir boru içinde yüzeye gönderilir (guided-wave radar) ki bu durumda yapılan ölçümün doğruluğu artar (Lewis, 2004; Hambrice ve Hopper, 2004).



Şekil 2.10. Radar esaslı seviye ölçümü (Hambrice ve Hopper, 2004)

### 2.2.4. Lazer Esaslı Seviye Ölçümü

Elektro-optik bir yöntem olan Lazer esaslı yöntem; Ultrasonik ve radar esaslı yöntemin benzeri olup, Ultrasonik sistemdeki ses ötesi dalga veya radar yöntemindeki mikrodalga yerine bu yöntemde ışık kullanılır. Katı ürün, süt gibi ışığı geçirmeyen ve yansıtan ürünler için uygun olup, 450 m mesafeye kadar ölçümler için kullanılabilir (Hambrice ve Hopper, 2004). Sistem bir ışık verici ve bir ışık algılayıcıdan oluşur (Omega, 2001). Işığın ürün yüzeyine çarpıp geri gelmesi (Şekil 2.11) için geçen süreden (sinyal uçuş süresi, time of flight) mesafe hesaplanır ( $S=V.t$ ) (Işık hızı: 300 000 000 m/s).

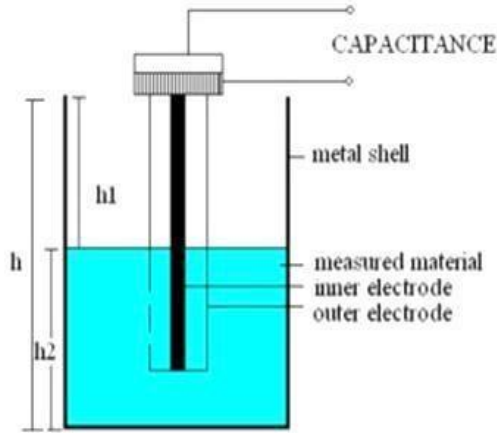


Şekil 2.11. Lazer esaslı seviye ölçümü (Hambrice ve Hopper, 2004)

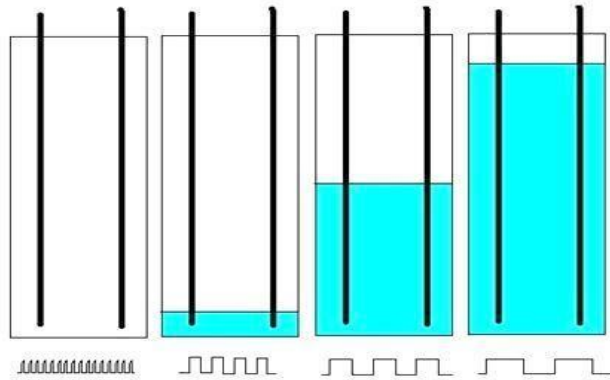
### 2.2.5. Kapasitans Esaslı Seviye Ölçümü

Kapasitans, kondansatörlerin elektriksel yük (enerji) depolama özelliğini belirten bir terimdir. C ile gösterilir ve birimi Farad (F)'dır. Kondansatör, iki iletken (metal) plaka arasında bulunan yalıtkan malzemedir (hava, vb) oluşur. Kondansatör plakaları paralel veya silindirik şekilde olabilir. Şekil 2.12'de iç içe geçirilmiş iki boru şeklinde iç ve dış elektrottan oluşan (Neha, 2011), Şekil 2.13'de ise iki paralel plakalı elektrottan oluşan kondansatör ile seviye ölçümü görülmektedir (Gabay, 2011). İki plaka arasındaki ürün seviyesine göre,

kondansatöre uygulanan AC sinyalin frekansı değişir (düşük seviye: yüksek frekans) (Gabay, 2011). Çok yüksek depolarda (silo) (20...50 m) ürün ağırlığı sebebi ile plakaların esnemesi ölçümde hata meydana getirebilir



Şekil 2.12. Kapasitans esaslı seviye ölçümü (daireSEL) (Neha, 2011)

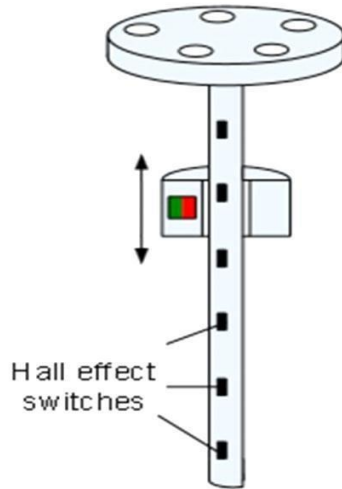


Şekil 2.13. Kapasitans esaslı seviye ölçümü (paralel plaka) (Gabay, 2011)

### 2.2.6. Manyetik Alan Esaslı Seviye Ölçümü

Manyetik alan esaslı yöntem; bir manyetik alanda hareket eden bobinde (Hall effect sensor) elektrik akımı üretimi (elektromanyetik indüksiyon) ilkesi ile çalışır (Şekil 2.14) (Infineon, 2009). Hall effect sensörü (bobin) manyetik alanı algılayan bir algılayıcıdır (manyetik alanı elektrik enerjisine dönüştürür).

Bu yöntem ile elde edilen seviye değeri genellikle kesikli seviye (örneğin boş, yarım, dolu) şeklindedir.



Şekil 2.14. Manyetik alan esaslı seviye ölçümü (Infineon, 2009)

### 2.2.7. Yük Hücresi Esaslı Seviye Ölçümü

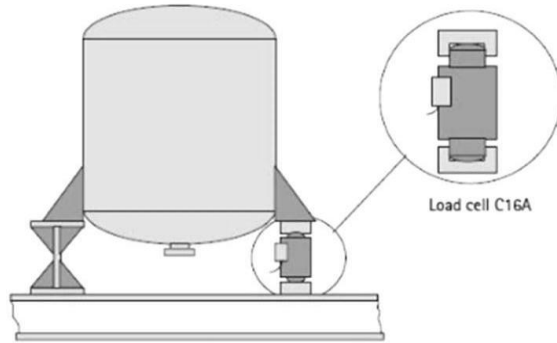
Yük hücresi (Load cell); içerisinde bulunan uzama teli (strain gage) sayesinde, üzerine bir kuvvet uygulandığında malzemede meydana gelen gerilme ve gerilime bağlı olarak uzama telinin direncinin değişmesi ve buna bağlı olarak da uygulanan elektriksel gerilim karşısında çıkış gerilimindeki değişim ilkesi ile kuvvet ve ağırlık algılamada kullanılan bir elektromekanik algılayıcıdır. Deponun ağırlığını ve ağırlık değerinden depo içindeki ürün miktarını (hacim veya kütle) ve seviyesini ölçmede kullanılır. Genellikle depo altına veya depoyu destekleyen bir kol üzerine yerleştirilir (Şekil 2.15) (HBM, 2013). Algılayıcı üzerine gelen yük (kuvvet) malzemede esneme (Şekil değişimi) meydana getirir, bu esneme yük hücresi tarafından elektriksel gerilime dönüştürülür. Ürün hacmi (V); kesit alanı (A) ile yüksekliğin (seviye) (h) çarpımına eşittir:

$$V = A \cdot h \quad (4)$$

Ürün özgül kütlesi veya yoğunluğu ( $d=m/V$ ) bilindiğinde, ürün hacmi (V) ile kütlesi

(m) arasında dönüşüm yapılabilir.



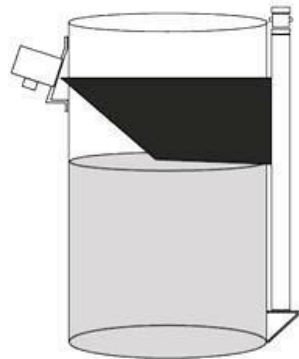


Şekil 2.15. Yük hücresi esaslı seviye ölçümü (HBM, 2013)

Yük hücresi ürüne temas etmeden (temassız) çalışır. Ancak deponun başta bu yöntemeye uygun biçimde tasarımılanması gerekir. Ayrıca, depo sıcaklığı ve rüzgar gibi depo malzemesinde yük oluşturan faktörler ölçüm doğruluğunu olumsuz etkileyebilir (Hambrice ve Hopper, 2004; HBM, 2013).

### 2.2.8. Nükleer Esaslı Seviye Ölçümü

Nükleer esaslı seviye ölçümünde, depo dışına yerleştirilen radyoaktif verici tarafından gönderilen gama ışınları, deponun karşı tarafında bulunan algılayıcı tarafından algılanır. Depo seviyesi ile algılanan ışın miktarı arasında ters ilişki vardır (Şekil 2.16). Bu sistem temassız çalışır, yüksek sıcaklık, yüksek basınç ve korosif sıvı koşullarına uygundur. Ancak, maliyeti yüksek olup, radyoaktivite sebebiyle güvenlik sertifikası ve rutin kontrol gerektirir (Rosemount, 2013).



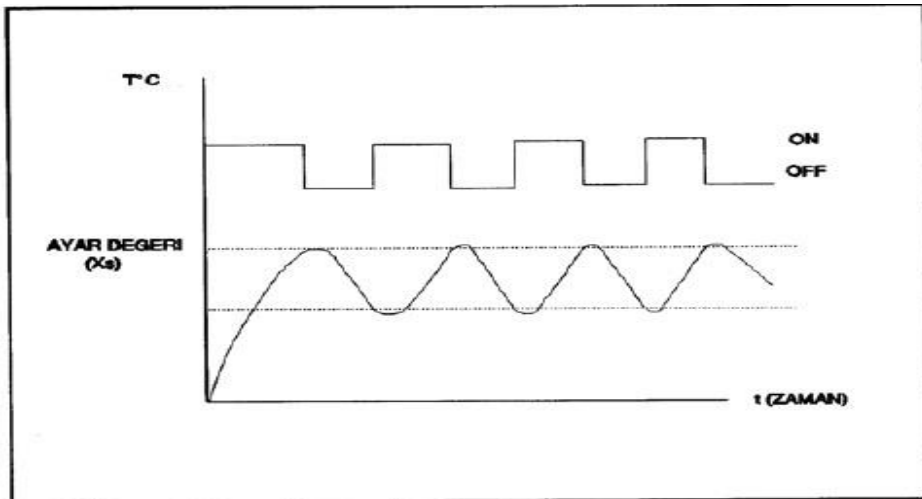
Şekil 2.16. Nükleer esaslı seviye ölçümü (Rosemount, 2013)

### 3. OTOMATİK KONTROL TÜRLERİ

Otomatik kontrol döngüsünde kontrol edici blok (karşılaştırma ve kontrol elemanı) yerine yerleştirilecek herhangi bir kontrol cihazı, kontrol noktası (ayar değeri) etrafında çalışması Gereken hassasiyette sistemi kontrol etmelidir Prosesin gerektirdiği hassasiyette çalışacak, hatayı gereken oranda minimuma indirecek çeşitli kontrol türleri mevcuttur

#### 3.1. İki Konumlu Kontrol (Açık-Kapalı Kontrol)

İki konumlu kontrol türünde; son kontrol elemanı bir konumdan değerine geçiş anı dışında ya tam açık veya tam kapalı konumdadır. Kontrol edilen değişken, kontrol noktasına geldiğinde son kontrol elemanı belirlenmiş bir konuma (tam açık veya tam kapalı) gelir ve kontrol edilen değişken değişmediği sürece bu konumda kalır . Kontrol edilen değişken, kontrol noktasından belirli bir düzeyde uzaklaşınca son kontrol elemanı ikinci konumunu alır. Son kontrol elemanının hareketsiz kaldığı bu iki nokta arasındaki değere fark aralığı denir. Kontrol edilen değişken, fark aralığının iki sınır değerinden birine erişmediği sürece son kontrol elemanı hareket ettirilmez. İki konumlu kontrol cihazı ile kontrol edilen bir sistemin kontrol edilen değişken zaman eğrisi aşağıda verilmiştir. ( Z.Girgin 2008)

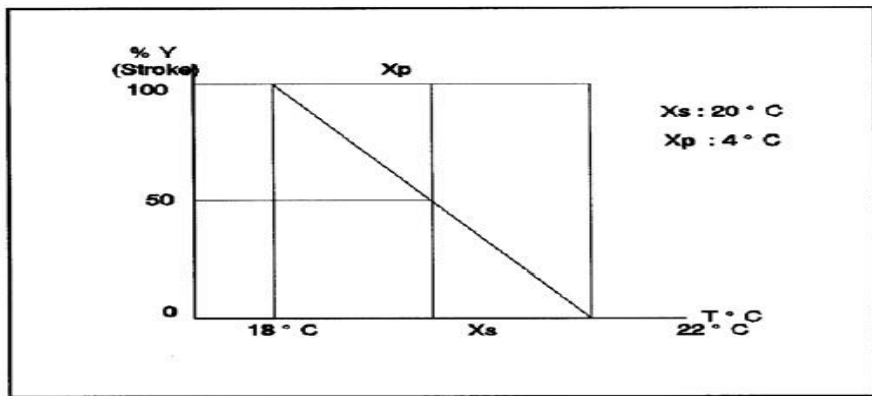


Şekil 3.1. Açık-kapalı kontrol değişken-zaman eğrisi ( Z.Girgin 2008)

## 3.2. PİD kontrol

### 3.2.1. Oransal kontrol - P (Proportional)

Oransal kontrolde; nihai kontrol elemanı, kontrol edilen değişkenin değişim miktarına bağlı olarak konumlanır. Kontrol elemanının oransal bandı ( $X_p$ ) içinde Kontrol edilen değişkenin her değerine karşılık nihai kontrol elemanının bir tek konumu vardır. Başka bir deyişle kontrol edilen değişken ile nihai kontrol elemanı arasında doğrusal bir bağlantı kurularak gereksinim duyulan enerji ile sunulan enerji arasında bir denge oluşturulur.



Şekil 3.2. Oransal kontrol karakteristik eğrisi (Z. Girgin 2008)

Nihai kontrol elemanının hareket boyunu (stroke) değiştirerek kullanılan enerjinin %0'dan %100'e kadar ayarlanabilmesi için gerekli kontrol edilen değişkendeki (sıcaklık, basınç vb.) sapma miktarı Oransal band olarak tanımlanır. Genel olarak oransal band kontrol cihazının kontrol skalası (span) değerinin bir yüzdesi olarak tanımlanır ve set değeri ( $X_s$ ) etrafında eşit olarak yayılır.

Bir oransal kontrol cihazının fonksiyonunu;

$$V_p = K_p \cdot e + V_o \quad (5)$$

$V_p$  = Kontrol cihazı çıkışı

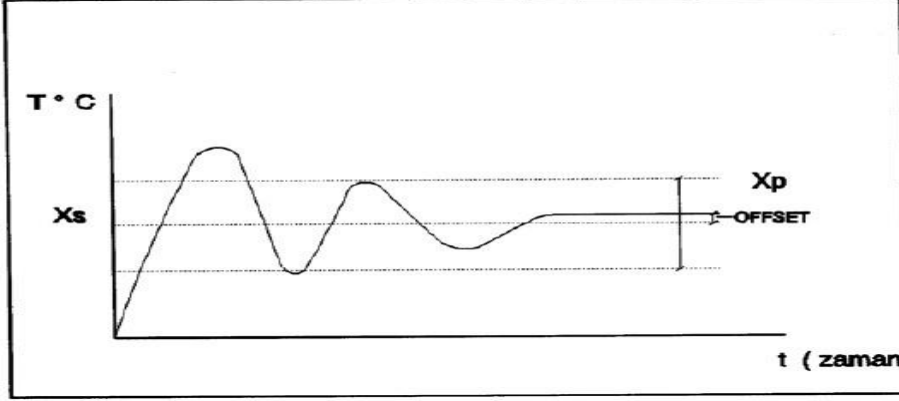
$K_p$  = Oransal kazanç

$e$  = Hata sinyali veya offset

$V_o$ = Offset düzeltme parametresi formülüyle de ifade edilebilir.

Set değeri ile sistemin oturduğu ve sabit kaldığı değer arasındaki farka sapma

(off-set) denir. Sapmayı azaltmak için oransal band küçültülebilir. Ancak oransal band küçüldükçe, iki konumlu (açık-kapalı) kontrole yaklaştığı için set değeri etrafında salınımlar artabilir ve sistem dengeye oturamaz.



Şekil 3.3. Oransal Kontrol (P) Değişken-zaman eğrisi ( Z.Girgin 2008)

Geniş oransal bant seçeneğinde ise sapmanın daha büyük olacağı düşünülürse; oransal bant seçiminin kullanıldığı prosesin şartlarına uygun olarak seçilmesi gerekmektedir. Oransal bant bir çok proste tam skala değerinin bir yüzdesi olarak tanımlanıp yaygın olarak kullanılıyorsa da yine bazı proseslerde kazanç tanımı kullanılmaktadır.

Oransal bant ve kazanç arasındaki bağlantı;

$$\text{Kazanç} = \%100 / \% \text{ oransal bant}$$

Olarak ifade edebiliriz. Yukarıdaki formülden görüldüğü gibi oransal bant daraldıkça kazanç artmaktadır. ( Z.Girgin 2008)

### 3.2.2. Oransal + İntegral kontrol- PI (Proportional + İntegral)

Oransal kontrolde oluşan sapmayı azaltmak veya ortadan kaldırmak için kontrol cihazı integratör (integral alıcı devre ) kullanır. Ölçülen değer ile set edilen değer arasındaki fark sinyalinin zamana göre integrali alınır. Bu integral değeri, fark

değeri ile toplanır ve oransal bant kaydırılmış olur. Matematiksel olarak formülize edersek;

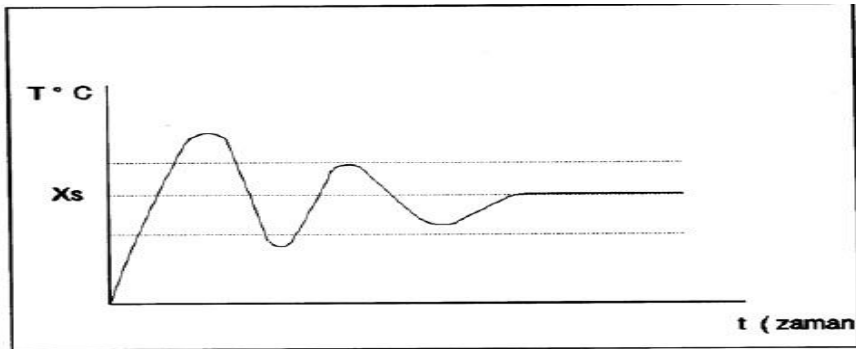
$$V_p = K_p \cdot e + K_i \cdot \int e \cdot t + V_o \quad (6)$$

$V_p$  = Kontrol cihazı çıkışı

$K_i$  = İntegral kazanç

$t$  = Zaman

Bu şekilde sisteme verilen enerji otomatik olarak artırılır veya azaltılır ve proses değişkeni set değerine oturtulur. İntegratör devresi, gerekli enerji değişikliğine set değeri ile ölçülen değer arasındaki fark kalmayınca kadar devam eder. Fark sinyali sıfır olduğu anda artık integratör devresinin integralini alacağı bir sinyal söz konusu değildir. Bu durumda kontrol modülü çıkışı sabit kalacaktır. Böylece prosesin ihtiyacı olan düzeltmeyi yapacak kadar enerji kullanacaktır. Herhangi bir şekilde sistem dengesi bozulup, proses değişkeni değeri set değerinden uzaklaşacak olursa tekrar fark sinyali oluşur ve integratör devresi düzeltici etkisini gösterir .



Şekil 3.4. Oransal Kontrol (PI) değişken-zaman eğrisi ( Z.Girgin 2008)

Yukarıdaki şemada, sapsması kalkmış bir oransal + integral kontrol reaksiyon eğrisinden de görüleceği gibi; Oransal + İntegral kontrolün en belirgin özelliği sistemin başlangıcında proses değişkeni değeri, set değerini önemli bir miktarda aşarak ilk yükselme noktasını oluşturur. Üst tepe değeri (overshoot) olarak tanımlanır. Üst tepe değerini alt tepe değeri izler (undershoot). Set değeri etrafında sistem yük değerine bağlı olarak birkaç kere salınım yaptıktan sonra, set değerine

oturur. Sistem reaksiyon eğrisinde başlangıçtan itibaren olmak üzere eğrinin set değeri etrafındaki tolerans bandına (bir daha çıkmamak üzere) giriş yaptığı noktaya kadar geçen zaman, sistemin kararlı (dengeye oturmuş) rejim süresidir. Başlangıçtan itibaren bu noktaya kadar geçen zaman aralığında sistem set değeri etrafında salınım yapar ve kararsız bir davranış sergiler (kararsız rejim). ( Z.Girgin 2008)

### 3.2.3. Oransal+ Türevsel kontrol- PD (Proportional + Derivative)

Oransal kontrolde oluşan offset, oransal + türevsel kontrol ile de azaltılabilir. Oransal + Türevsel kontrolde set değeri ile ölçülen değer arasındaki fark sinyalinin türevi alınır. Türevi alınan fark sinyali, tekrar fark sinyali ile toplanır ve oransal devreden geçer. Bu şekilde düzeltme yapılmış olur. Ancak türevsel etkinin asıl fonksiyonu overshoot-undershoot'ları azaltmak içindir. Set değeri ile ölçülen değer arasındaki farkın türevinin alınması işlemi, prosesin reaksiyon hızının saptanarak prosesin cevabına göre çıkış sinyali ayarlanacaktır. Böylece proseste meydana gelen aşırı üst ve alt noktaların oluşması önlenecektir. Türev fonksiyonunun en büyük özelliği, dinamik cevabın çok iyi olmasıdır. Türevsel etki düzeltici etkisini çok hızlı bir şekilde gösterecektir. Bütün bu özelliklerine rağmen türev Üst tepe ve Alt tepe noktaları azaltırken çok aktif olsa bile hatanın çok ufak olması durumlarında çok da etkili değildir. Bu özelliğinden dolayı bir miktar sapma kalabilir.

Türevsel etki, düzeltici etkisini hızlı bir şekilde gösterdiği için hızlı değişimlerin olduğu kısa süreli proseslerde kullanılması uygundur. Sürekli tip uzun süreli proseslerde ve sapma istenmeyen durumlarda PI veya PID tip seçilebilir ( Z.Girgin 2008)

### 3.2.4. Oransal + İntegral + Türevsel Kontrol- PID

(Proportional + Integral +Derivative)

Kontrolü güç, diğer kontrol türlerinin yeterli olmadığı proseslerde tercih edilen bu kontrol türünde; oransal kontrolde oluşan sapma, integral fonksiyonu ile giderilir . Meydana gelen üst tepe noktaları (overshoot) ve alt tepe noktaları (undershoot) bu kontrole türevsel etkininde eklenmesi ile minimum seviyeye indirilir veya tamamen ortadan kaldırılır. PID kontrolü matematiksel olarak formüle edersek;

$$V_p = K_p \cdot e + K_i \cdot \int e \cdot dt + K_d \cdot \frac{e}{dt} + V_o \quad (7)$$

Kd: Türevsel Kazanç

e/t: Hatanın Türevi

Esas amacı ayar değeri ile ölçüm değeri arasındaki hatayı sifıra indirmek ve

bu sayede istenilen değere ulaşmak olan tüm kontrol türlerinde; Oransal (P), integral (I), Türev (D) parametrelerinin uygun bir şekilde ayarlanmaları sayesinde kontrol edilen değişkenin ayar değerine;

- Minimum zamanda

- Minimum üst ve alt tepe (overshoot ve undershoot) değerlerinden geçerek ulaşmasını sağlarlar.

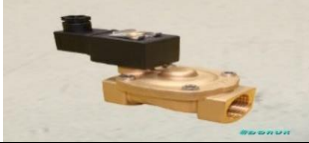



İntegral ve türevsel parametrelerin söz konusu olmadığı ve sadece P tip kontrol cihazları ile kurulan sistemlerde de dengeye ulaşmak mümkündür . Ancak sadece P'nin aktif olduğu bu tür kontrol sistemlerinde az da olsa set değeri ile kontrol edilen değer arasında sıfırdan farklı + veya - değerde ve de sifıra indirilmeyen bir sapma mevcuttur. Sadece P ile kontrol edilen böyle bir sisteme I'nın ilavesi sapmayı ortadan kaldırmaya yöneliktir. Diğer bir deyişle P+I türündeki bir kontrol cihazı ile denetlenen bir proseste normal şartlar altında sistem dengeye oturduktan sonra sapma oluşması söz konusu değildir. İntegral etki sapmayı sifıra indirirken sisteme faz gecikmesi katarak sistemin kararlılığını azaltır. Bununla beraber integral zamanın çok kısa olması prosesin osilasyona girmesine neden olabilir. P+I denetim mekanizmasına D ilavesi ise set değerine ulaşmak için geçen zamanı kısaltmaya yaramaktadır. Diferansiyel etki sisteme faz avansı getirir ve sistemin kararlı hale gelmesinde yardımcı olur. Böylece büyük orantı kazançları elde edilebilir. Fakat büyük nakil gecikmeleri olan sistemlerde diferansiyel etkinin önemi çok azalır. ( Z.Girgin)

## 4. MATERYAL VE METOD

### 4.1. Materyal







Tankda sıvı seviyesini ölçmek için çalışmada ilk olarak tankta iki adet normalde kapalı olan selenoid valve kullanıldı. Tankta sıvının dolmasını hızlandırmak için mini su pompası kullanıldı. Tankta sıvının fazla dolması ve ya boşalması durumunda haber etsin diye 1 adet buzzer kullanıldı. Tankta sıvı seviyesini belirlemek için ultrasonic sensor (hc-sr04) kullanıldı. Valve,buzzer, pompa ve sensörü kontrol etmek için bir adet arduino uno kullanıldı. Bütün parçaları arduinoya birleştirmek için erkek dişi jumper cablolar direnc ve transistor kullanıldı. Sonda güç kaynağı olarak iki adet 6 v 4AH lik batarya kullanıldı.

Tablo 4.1. Projede kullandığımız malzemeler

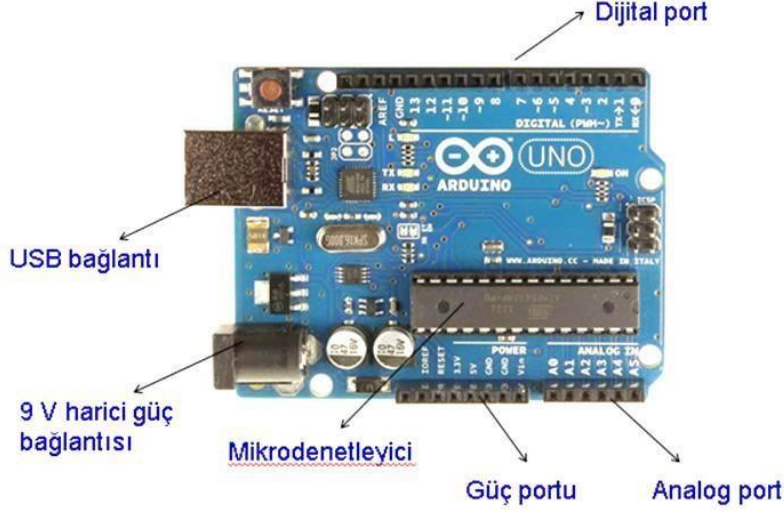
İsim	Sayı	Şekil	Özellik
Selenoid valve	2		Normalde kapalı 12 v
Mini su pompası	1		Dc motor 12 v
Arduino uno	1		7 - 12 V
İrf 3205 transistor	3		Npn



Tablo 4.1. Projede kullandığımız malzemeler (devamı)

Direnc	3		100 ohm
Jumper kablolar	27		
Breadbord	1		
Akü	2		6v 4 a
Hc sr04 ultrasonic sensör	2		5v
Buzzer	1		5-12 v

Çalışmada HC-SR04 Ultrasonik algılayıcı (4.2) ile Arduino Uno R3 veri alma (DAQ) ve kontrol kartı (Şekil 4.1) kullanılmıştır. Arduino Uno R3 kartın bazı teknik özellikleri tablo 4.2 verilmiştir.



Şekil 4.1. Arduino Uno R3 veri alma (DAQ) ve kontrol kartı

Tablo 4.2. Arduino Uno R3 kartın bazı teknik özellikleri (Arduino, 2016)

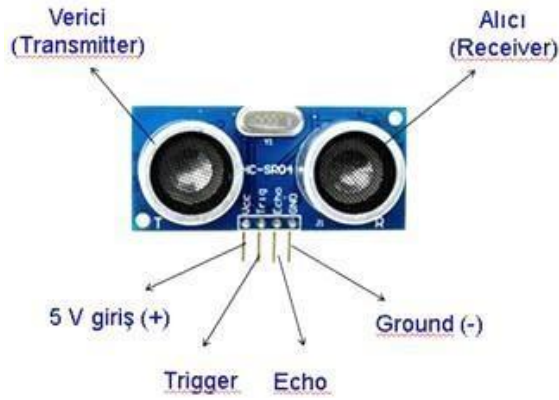
Özellik	Değer
Mikrodenetleyici tipi	ATmega328P
Çalışma gerilimi	5V USB
Çalışma gerilimi (harici)	7-12V
Dijital giriş/çıkış kanalı	14 adet
Analog giriş	6 adet
Bellek	32 kB
Bağlantı şekli	USB
Çalışma frekansı	16 MHz

### 3.2.5. HC-SR04 sensörü

Mesafe ölçümü için ve robot projelerinde kullanılabilir. 2 cm ile 400 cm arasında mesafe ölçümü yapabilir. Ölçüm hassasiyeti 3 mm dir. HC-SR04 sensörünün özellikleri tablo 4.3 de verilmiştir.

Tablo 4.3. HC-SR04 sensörünün özellikleri

Çalışma voltajı	5 V DC
Çalışma frekansı	40 Hz
Çektiği akım	15 mA
Boyutları	45 mm x 20 mm x 15 mm
Görme açısı	15 derece
Tetik bacağı giriş sinyali	10 us TTL Darbesi
Echo çıkış sinyali	Giriş TTL sinyali ve Mesafe Oranı



Şekil 4.2. HC-SR04 Ultrasonik algılayıcı

### 3.2.5.1. Sensörün Temel Çalışma İlkesi

Sensörü çalıştırmak için TRIG pinine yaklaşık olarak 10us 'lık TTL bir darbe gönderilir. TRIG pininden gönderilen bu darbe ile sensör aktif hale geçip çalışma frekansı olan 40KHz 'lik 8 adet cycle üretir ve bu darbeler verici transdüserden gönderilir. Gönderilen bu ultrasonik ses dalgası 150C 'lik ortamda ve deniz seviyesinde 340m/s hızla ilerler. İlerleyen bu ses dalgaları doğru açı ile bir engelle çarpıp geri yansır (Sıvılarda da %98 -99 oranında geri yansıma vardır). [ hc-sr 04 data sheet," Shen Zhen Dypsensor Co.Ltd, Shenzhen, China.]

### 3.2.5.2. Ultrasonik Sensörün Kullanım Avantajları

- 1) Tüm malzemelerden yapılmış hareketli cisimleri algılayabilme
- 2) Nesnelerin sayılmasında kullanılabilme
- 3) Nesneye temas etmeden aradaki mesafeyi ölçebilme
- 4) Nesne büyüklüğünü ve küçüklüğünü algılayabilme
- 5) Nesnenin renginden, şeklinden etkilenmeme
- 6) Hacimsel olarak küçük alan kaplama
- 7) Ortamdaki ışık miktarından etkilenmez

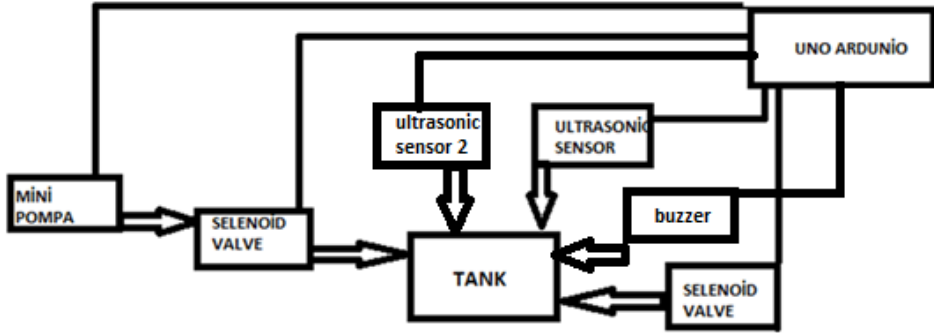
### 3.2.5.3. Ultrasonik Sensörün Güncel Uygulamaları

- 1) Otomobillerde park sensörü olarak sıkça kullanılır. Otomobilin bir cisme yaklaşması ile tehlike mesafesine girilince alarm ile kullanıcı uyarılır.
- 2) Otomobillerde otomatik fren sistemi olarak kullanılır. Trafikte seyir halinde iken kullanıcının fren yapması gerektiği bir zamanda fren yapamaması durumunda fren sistemini aktif hale geçirir.
- 3) Tankerlerde sıvı seviyesinin ölçümünde oldukça pratik bir şekilde kolay ve zahmetsiz ölçüm yapma olanağı sağlar.
- 4) Otomatik kapı sistemlerinde oldukça sık kullanılmaktadır. Kapıya yönelen bir kişi algılanınca kapı otomatik olarak açılır.
- 5) Araç alarm sistemleri, ev güvenlik sistemleri, park aydınlatma sistemleri gibi endüstriyelde birçok alanda oldukça kullanışlıdır.

## 3.3. Deneysel Çalışma

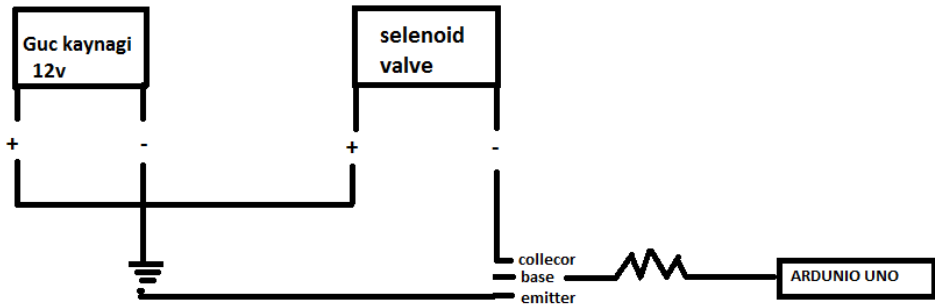
Bu çalışmada ilk olarak, tankın alt ve üst kısımlarına selenoid valve bağlanmıştır. Kullanılan tankta sıvının hızlı dolması için valve mini su pompası bağlanmıştır. Tanktaki sıvı seviyesini ölçmek için ultrasonic sensor bağlanmıştır. Bütün sistem

uno arduino birleştirilmiştir. Deney düzeneğinin şematik göstergesi Şekil 4.3'te gösterilmiştir



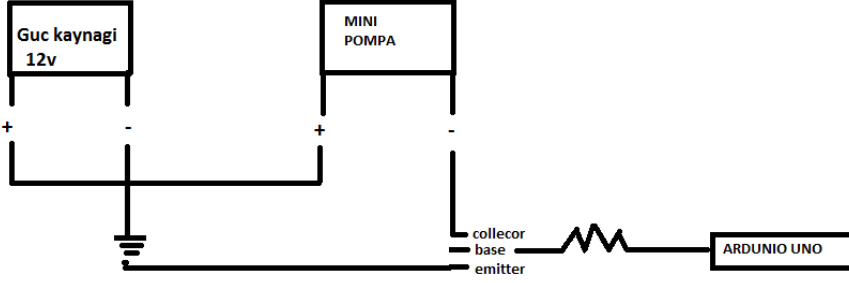
Şekil 4.3. Deney düzeneğinin şematik göstergesi

Valve artısını güç kaynağının artısına eksisini ise transistorun collector bacağına bağlanmıştır. Transistorun emitter bacağı ise güç kaynağının eksisi ile birleştirilmiştir. Transistorun base bacağı ise 100 ohm-luk direnc ile birleştirilmiş ve arduunionun sırasıyla 13 ve 12. bacağına bağlanmıştır.



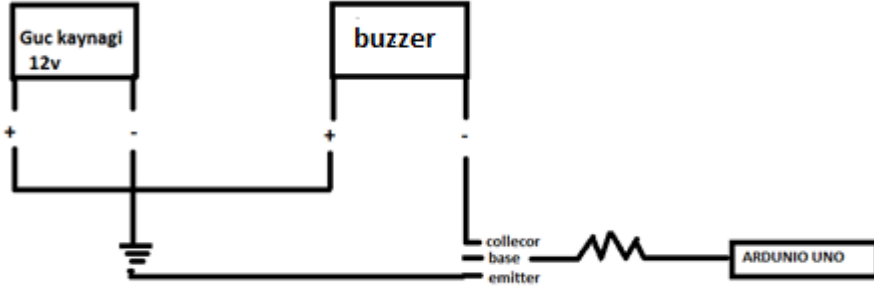
Şekil 4.4. Selenoid valve bağlanma şekli

Aynı Şekilde pompa da birleştirilmiştir. Transistorun base bacağı arduunionun 11. bacağına bağlanmıştır.



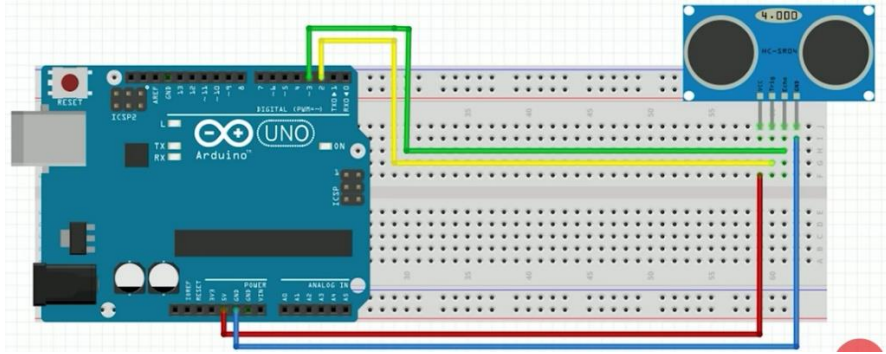
Şekil 4.5. Mini su pompasının bağlanma şekli

Buzzer mini su pompası ve valve bağladığımız şekilde bağlanmıştır. Buzzerin bağlantısındaki transistorun base bacağı arduino unonun 10. bacağına bağlanmıştır.



Şekil 4.6. Buzzerin bağlanma şekli

Sensörün 4 bacağı ( vcc,trig,echo,gnd) olduğundan sensörün bağlanma şekli valve dan farklıdır. Burda vcc bacağı ardunioda 5 v (power), gnd bacağı ise ardunioda gnd (power) ile birleştirilmiştir. Trig ve echo bacaklarını ise sırasıyla ardunioda 4 ve 3 ile (digital pwm) birleştirilmiştir. İkinci sensörün trig ve echo bacakları ise sırasıyla arduionunun 6 ve 5 bacaklarına bağlanılmıştır



Şekil 4.7. Ultrasonic sensörün bağlanma şekli

### 3.3.1. Arduinio yazılımı

Bağlantıların hepsini kontrol ettikten sonra arduionun yazılım kısmı yapılmıştır. Bağlantıların hepsinin çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için ayrılıkda denedikden sonra birleştirilmiştir.

Arduniomuzaya yazmış olduğumuz yazılım ile biz sensörümüz 5cm küçük ise pompa ve birinci valve kapanıyor ve ikinci valve açılıyor ve bununlada tankın su ile dolub taşmasının karşısı alınmıştır. Sensorumuz 25 cm büyük ise ikinci valve kapanıyor ve aynı zamanda pompa ile birinci valve çalışır duruma geliyor. Sensör 3cm küçükse ve ya sensör 30 cm büyükse bilgilendirsin diye buzzer sinyal veriyor. Arduinio yazılım kodu Ekler kısmındadır.



a



b

Şekil 4.8. Tankın boşalma ve dolması



#### 4. BULGULAR

Ultrasonik sensör tarafından belirlenen su seviyesi ile cetvelle ölçülen su seviyesi değerleri tablo 5.1’de verilmiştir. Sensör tarafından belirlenen su seviyesi ile cetvelle ölçülen su seviyesi değerleri arasında yüksek korelasyon belirlenmiştir. RMSE(Root Mean Square) kare ortalamasının karekökü hesabı istatistik ve bilgisayar hesaplamalarında kullanılan bir formüldür. Kısacası RMSE değeri tahmin gibi işlemlerde verinin hareketini anlamak ve yorumlamak için önemliyken sınıflandırma gibi işlemlerde (nominal değer döndüren işlemler) genelde anlamlı değildir.

Tablo 5.1. Algılayıcı ile belirlenen ve cetvelle ölçülen su seviyesi

Cetvelle Ölçülen Seviye (cm)	Sensörle Algılanan Seviye(cm)	RMSE
0,1	0	0.183973
2	2,3	
3,9	4	
5,5	5,7	
7,6	7,6	
9,5	9,4	
11,2	11,1	
12,9	13	
14,5	14,7	
16,3	16,4	
17,8	17,4	
19,2	19,4	
20,5	20,6	

Çalışmada kullandığımız ultrasonic sensör mesafe sensörü olduğu için tankda seviye  $h=D-(S/2)$  denklemi kullanılarak bulunmuştur. Ultrasonic sensörünün belirlediği mesafe ile tankdaki sıvı seviyesinin değerleri tablo 5.2 de verilmiştir..

Tablo 5.2. Ultrasonik sensörün algıladığı mesafe ile tanktaki sıvı seviyesinin değerleri

Ultrasonic Sensörün Algıladığı Mesafe (cm)	Tankdaki sıvı seviyesi (cm)
5	25
10	20
15	15
20	10
25	5
30	0

## 5. SONUÇ

Seviye ölçümü günlük hayatta sıklıkla karşılaşılan bir ölçüm uygulamasıdır. Mühendislik alanında da sıklıkla karşılaşılan bir ölçüm uygulamasıdır.

Çalışmada yapılan literatür taraması sonucunda tespit edilen seviye ölçüm yöntemleri mekanik esaslı ve elektrik esaslı olarak iki başlıkta sınıflandırılmış ve her bir yöntem hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

Seviye ölçümünde kullanılan yöntemlerden biri olan ultrasonik ölçüm yönteminin; pratik bir ultrasonik algılayıcı ve bir veri alma kartı ile bilgisayara bağlanarak denenmesi sonucunda algılayıcının küçük bir depodaki su seviyesini 0-30 cm seviye aralığında başarı ile belirleyebildiği sonucuna varılmıştır. Bu projede tankda esas olarak sıvı seviyesini ölçmek için ultrasonic sensor ve arduino yazılımı kullanılmıştır. Sensorun <5cm ise tankimizi dolduran valve ve mini su pompası kapandığını , boşaltıcı selenoid valve çalışır duruma geldiğini ve sensörün 5 cm beraber olana kadar suyu boşalttığını gördük. Sensör >25 ise dolduran selenoid valve ve mini su pompasının çalıştığını ve tankimizi doldurduğunu gördük. Çalışmamızın avantajlarından biride 2 sensör kullanmamız olduki buda sensörlerden biri çalışmasa bile ikinci sensör çalışır durumda olacak ve yapmış olduğumuz yazılımı hatasız yerine yetirecektir. Selenoid valvelarin çalışmazsa durumunda ise haber etsin diye sistemimize bir buzzer yerlesdirdik. Bütün bunlar yapmış olduğumuz projenin maliyetini artırsada projenin daha saglam olmasını sağlar.

### Ultrasonik Sensör İle Seviye Sıvı Kontrolünün Avantajları

- Diğer sistemlere göre bu yöntem daha güvenilir ölçüm yapmaktadır
- Kullanımı daha kolaydır
- Teknolojiye ayak uyduran bir sistemdir
- Maliyeti düşüktür
- Kullanılacak eleman temini kolaydır
- Sıvı ile temas etmeden ölçüm yapılır

## **Ölçümde Hata Sebepleri**

Ölçüm yaparken birçok etkenden dolayı hatalı ölçüm yapılabilir. Bunlar:

- Sıcaklık
- Havadaki nem
- Frekans kararlılığının sağlanamaması
- Sıvının dolma aşamasında yüzeysel hareketli dalgalar oluşturması
- Girişim (interference)
- Ölçüm yapılacak cismin yapısından kaynaklanan doğal parazitlik

## KAYNAKLAR

Arduino, 2016. Arduino UNO & Genuino UNO. Son Erişim Tarihi: 17.06.2016.

blthalil.wordpress.com

Edwards J. 2016. Arduino Tutorial #6 - HC-SR04 Ultrasonic sensor.  
<https://www.youtube.com/watch?v=PG2VhpkPqoA>. Son Erişim Tarihi:  
 17.06.2016.

Erhan UYTUN, Ders Notları, Ankara, 2000-2007.

Gabay J. 2011. Liquid Level Sensing is Key Technology for Today's Systems –  
 Part 1. [www.digikey.com](http://www.digikey.com).

Hambrice K, H Hopper. 2004. A Dozen Ways to Measure Fluid Level and How  
 They Work. Sensor Magazine.

HBM, 2013. Structural Design of Tank Weighing Systems. 14 sayfa.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Level\\_sensor#Capacitance](http://en.wikipedia.org/wiki/Level_sensor#Capacitance)

<http://www.elektrikport.com>

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>.

Infineon, 2009. Liquid Level Sensing: Measuring Liquid Levels Using Hall Effect  
 Sensors. Application Note. Infineon Technologies AG, Munich, Germany.  
 13 sayfa.

ISA, 2007. Level Measurement and Control (Chapter 6). Measurement and  
 Control Basics. Fourth Edition. Instrument Society of America (ISA).

Kadlec K. 2008. Level Measurement Systems. Measurement and Control. 8 sayfa.

Katicioğlu İ. C Sefer. 2005. Sıvı Tanklarda Seviye Kontrol Sistemi. İstanbul  
 Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği  
 Bölümü.

Lewis JD. 2004. Technology Review: Level Measurement of Bulk Solids in Bins,  
 Silos and Hoppers. 26 sayfa.

*M. Ozan AKI ve Yrd. Doç. Dr. Erdem UÇAR* “ basitleştirilmiş Kalman Filtresi ile  
 Titreşimli Ortamda Sıvı seviyesinin Ölçülmesi “ Management and  
 Education VOL. IV (I) 2008

- MEB, 2008. Seviye Kontrolü. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP) Yayınları. 46 sayfa.
- MEB, 2009. Seviye Ölçümü. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP) Yayınları. 33 sayfa.
- Neha G. 2011. Capacitive Level Sensor Design. Application: Measurement of Level in a Liquid Filled Tank. <https://nehagirme.wordpress.com/2011/10/22/design-of-capacitive-levelsensor/> Son Erişim Tarihi: 15.06.2016.
- Omega, 2001. Flow and Level Measurement. Transactions in Measurement and Control. Volume 4. 113 sayfa. [www.omega.com](http://www.omega.com).
- Parr E. A. Endüstriyel Kontrol El Kitabı, Transdüserler, MEB Yayınları, 1997
- Rosemount, 2013. The Engineer's Guide to Level Measurement. 2013 Edition. 318 sayfa.
- S. Mitra, K.P. Sinhamahapatra. Slosh Dynamics of Liquid Filled Containers with Submerged Components using pressure-based finite element method. Department of Aerospace Engineering , IIT Kharagpur, West Bengal. W. Rumold. Modelling and Simulation of Vehicles Carrying Liquid Cargo. Institute B of Mechanics, University of Stuttgart, Germany 2000lar
- Semih Özden ve Mahir Dursun "Radyo Frekansı ile Düşük Maliyetli Sıvı seviyesinin Ölçülmesi" Politiktik Dergisi Cilt:13 Sayı: 4 s. 313-317, 2010
- Wikipedia, 2016. Level Sensor. Son Erişim Tarihi: 15.06.2016.

**EKLER**

```
int trigPin =4;

int echoPin =3;

int trigPin =6;

int trigPin =5;

int olcum;

int cm;void setup()

pinMode(trigPin, OUTPUT);

pinMode(echoPin,INPUT);

pinMode(13,OUTPUT);

pinMode(12,OUTPUT);

pinMode(11,OUTPUT);

pinMode (10,OUTPUT)

Serial.begin(9600);

void loop()

digitalWrite(trigPin,LOW);

delayMicroseconds(10);

digitalWrite(trigPin,HIGH)

delayMicroseconds(10);

digitalWrite(trigPin,LOW);

ölcüm = pulseIn(echoPin, HIGH);
```

38

```
cm = olcum / 50;
```

```
if (cm < 5)
```

```
    digitalWrite(13, HIGH);
```

```
    digitalWrite(12, LOW);
```

```
    digitalWrite(11, LOW);
```

```
    digitalWrite(10, LOW);
```

```
else
```

```
    digitalWrite(13, LOW);
```

```
    digitalWrite(12, LOW);
```

```
    digitalWrite(11, LOW);
```

```
    digitalWrite(10, LOW);
```

```
if (cm < 3)
```

```
    digitalWrite(13, HIGH);
```

```
    digitalWrite(12, LOW);
```

```
    digitalWrite(11, LOW);
```

```
    digitalWrite(10, HIGH);
```

```
if (cm > 25)
```

```
    digitalWrite(13, LOW);
```

```
    digitalWrite(12, HIGH);
```

```
    digitalWrite(11, HIGH);
```

```
    digitalWrite(10, LOW);
```



```
if (cm>30)
digitalWrite(13, LOW);
digitalWrite(12,HIGH);
digitalWrite(11;HIGH);
digitalWrite(10,HIGH);
Serial.print("cm");
Serial.println(cm);
delay(500);
```



## ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı : Rufet ŞAHBAZLI

2. Doğum Tarihi : 01.05.1993

3. Unvanı : Öğrenci

4. Öğrenim Durumu : Lisans

Derece	Unvan	Üniversite	Yıl
Lisans	Üretim Süreçleri Otomasyonu Müh.	Azerbaycan Petrol Akademisi	2010-2014
Yüksek Lisans	Makine Müh.	Adnan Menderes Üniversitesi	2015-