

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MEKANİK SEVİYE ÖLÇÜM CİHAZI TASARIMI

Makine Müh. İhsan CEYLAN

FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Makine Teorisi ve Kontrol Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Y.Doç.Dr. Muharrem Erdem BOĞOÇLU

Prof. Dr. İSMAİL YÜKSEK

Prof. Dr. Ahmet D. Alkan

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
• SİMGE LİSTESİ.....	v
• KISALTMA LİSTESİ.....	vii
• ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
• ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
• ÖNSÖZ.....	xi
• ÖZET.....	xii
• ABSTRACT.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 SEVİYE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....	2
1.1.1 Görüntülü Seviye Ölçüm Yöntemleri.....	3
1.1.1.1 Cam Tüp.....	3
1.1.1.2 Refleks Camlı Seviye Göstergesi.....	3
1.1.1.3 Transparent tip seviye göstergeleri.....	4
1.1.1.4 Manyetik Seviye Göstergeleri.....	5
1.1.2 Kuvvetle Seviye Ölçüm Yöntemleri.....	6
1.1.2.1 Diyaframlı Seviye Ölçümü.....	6
1.1.2.2 Kablolü Seviye Şalteri.....	6
1.1.2.3 Şamandıralı Seviye Ölçümü.....	7
1.1.2.4 Manyetostriktif Seviye Ölçümü:.....	10
1.1.3 Basınç Yöntemiyle Seviye Ölçümü.....	11
1.1.3.1 Hidrostatik Basınç Yöntemi.....	11
1.1.3.2 Hava kabarcık yöntemi ile seviye ölçümü (Bubbler yöntemi).....	14
1.1.3.3 Fark Basınç İle Seviye Ölçümü.....	15
1.1.4 Elektriksel Yöntemlerle Seviye Ölçümü.....	17
1.1.4.1 Isıl Kütle İle Seviye Ölçümü.....	17
1.1.4.2 Kapasitif Yöntem İle Seviye Ölçümü.....	17
1.1.4.3 İletkenlik Tip Seviye Ölçümü.....	24
1.1.5 Elektromekanik Yöntemlerle Seviye Ölçümü.....	26
1.1.5.1 Elektromekanik Seviye Ölçüm Cihazı.....	26
1.1.5.2 Pedallı Seviye Şalteri (Mekanik Rotor).....	27
1.1.5.3 Titreşim Çubuğuyla Seviye Ölçümü.....	28
1.1.6 Optik Yöntemle Seviye Ölçümü.....	28
1.1.7 Temassız Seviye Ölçüm Yöntemleri.....	29
1.1.7.1 Ultrasonik Seviye Ölçümü.....	29
1.1.7.2 Radar İle seviye Ölçümü.....	32
1.1.7.3 Radyasyon (Nükleer) Seviye Ölçüm Yöntemi.....	35
1.1.8 Seviye Ölçüm Yöntemleri Karşılaştırma Tabloları.....	36

2.	BENZER SİSTEMLERİN İRDELENMESİ.....	38
2.1	Elektromekanik Seviye Ölçüm Cihazları.....	38
2.1.1	Elektromekanik Cihazların Teknik Özellikleri Ve Çalışma Prensibi.....	38
2.2	Halatlı Derinlik Ölçerler	41
3.	MEKANİK SEVİYE ÖLÇÜM CİHAZI TASARIMI.....	43
3.1	Sistemin Gerekliliği Ve Üstünlüğü.....	43
3.2	Sistemin Genel Tanıtımı	45
3.3	Sistemin Çalışma Prensibi	46
3.4	Sistemin Teknik Özellikleri	47
3.5	Tasarlanan Seviye Ölçüm Cihazında Kullanılan Ekipmanlar.....	47
3.5.1	Asılı Olan Ağırlık	47
3.5.1.1	Arşimed Prensibi	47
3.5.1.2	Ağırlığın Seçimi	49
3.5.1.3	Paslanmaz Çelik Ağırlık	49
3.5.1.4	Teflon Kaplı Ağırlık	51
3.5.2	Çelik Halat	54
3.5.3	Gerginlikölçer.....	56
3.5.3.1	Yük Hücreleri.....	58
3.5.3.2	Gerginlikölçer seçimi ve teknik özellikleri.....	61
3.5.4	Tambur.....	62
3.5.4.1	Tambur Malzemesinin Seçimi ve Ağırlık Hesabı	62
3.5.4.2	Tamburun Boyutlandırılması	63
3.5.5	Çevirici.....	67
3.5.6	Servo Sürücü	69
3.5.6.1	Sevo sürücüler	69
3.5.6.2	Tasarlanan Cihazda Kullanılan Servo Sürücü.....	71
3.5.6.3	Servo Sürücünün İşlevi	73
3.5.6.4	SigmaWin Yazılımı İle Seviyenin Osiloskopta İzlenmesi.....	76
3.5.6.5	Sıcaklık sensörü.....	76
3.5.7	Servo Motor.....	77
3.5.7.1	Servo motor seçimi	77
3.5.7.2	Enkoder	79
3.5.8	Muhafaza ve Karşı Flanşı	80
3.6	Hassasiyet Hesabı	81
3.7	Sistemin Dinamik Analizi	82
3.7.1	Sistemin diferansiyel denklemlerinin çıkarılması	83
3.7.2	Sistemin Matlab de Analizi	84
3.7.2.1	M-file dosyasında Parametlerin Girilmesi	84
3.7.2.2	Simulinkde Modelleme.....	85
4.	Sonuçlar	92
	• KAYNAKLAR.....	93
	• EKLER.....	95
	Ek 1 Tasarlanan seviye ölçüm cihazının teknik resmi.....	96
	Ek 2 Standart kalite çeliklerin kullanım özellikleri	97
	Ek 4 6 x 19 çelik özlü halatların TS 1918/10 standardına göre genel teknik özellikleri ..	103

Ek 5	SigmaWin yazılımının teknik özellikleri, www.omron.com	105
Ek 6	Servo Motorun teknik özellikleri.....	105
Ek 7	DIN 2575 standart flanş boyutları	106
•	ÖZGEÇMİŞ	107

SİMGE LİSTESİ

A	Tankın dip alanı
A_k	Kapasitör kesit alanı
b	Sönüm katsayısı
C	Dinamik yük
C_0	Statik yük
d_h	Güvenli halat çapı
dp	Plakalar arası mesafe
ds	Silindir iç çapı
D_s	Dış silindir çapı
D_{sT}	Tamburun bir tam dönmesiyle değişen seviye değeri
d_t	Tambur çapı
D_t	Tamburun, seviyenin 1 mm değişimiyle değişen açığı değeri
E_p	Toplam potansiyonel enerji
E_k	Toplam kinetik enerji
E	Elastiklik modülü
F	Sıvının kütesinin tabana uyguladığı kuvvet
$F_{eş}$	Gerçekte var olmayan rulman yükü
F_A	Asılı olan cismin ağırlığı
F_K	Kaldırma kuvveti
F_{max}	Halatın taşıyacağı maksimum ağırlık
F_r	Rulmana gelen gerçek radyal yük.
F_a	Rulmana gelen eksenel yük.
F_{K2}	Ağırlığın tamamının batması durumundaki kaldırma kuvveti
F_1	Ağırlığın sıvı yüzeyiyle karşılaştığı andaki gerilim değeri
F_2	Ağırlığın sıvı yüzeyiyle karşılaşmadan önceki gerilim değeri
g	Yerçekim ivmesi
h	Sıvının tank içindeki yüksekliği
h_h	Halat hatvesi
h_1	Paslanmaz çelik ağırlığın dış yüksekliği
h_2	Paslanmaz çelik ağırlığın iç yüksekliği
h_3	Ağırlığın sıvıya batan yüksekliği
k	Yay katsayısı
L	Halatın toplam boyu
$L_{\bar{o}}$	Nominal ömür (Milyon devir olarak)
$L_{\bar{o}}$	İşletme sayısı
m	Kütle
m_a	Asılı olan ağırlığın kütlesi
m_h	Halatın toplam ağırlığı
m_t	Tamburun kütlesi
M_B	Fren momenti
n	Tamburun devri
n_1	Motor devri
p	Ömür katsayısı
P	Sıvının tabana yaptığı basınç
P_g	Gerekli güç
ρ_c	Cismin yoğunluğu
$\rho_{ç}$	Çeliğin özgül ağırlığı
ρ_s	Sıvının yoğunluğu

r_1	Paslanmaz çelik ağırlığın dış yarıçapı
r_2	Paslanmaz çelik ağırlığın iç yarıçapı
V	Hacim
V_B	Batan kısmın hacmi
V_C	Cismin hacmi
V_C	Cismin hacmi
V_T	Asılı olan ağırlığın toplam hacmi
V_t	Tamburun dolu hacmi
V_1	Paslanmaz çelik ağırlığın dış hacmi
V_2	Paslanmaz çelik ağırlığın iç hacmi
V_{B2}	Ağırlığın batan toplam hacmi
v	Halatın düşey hızı
Y	Eksenel faktör
ϵ_r	Bağıl dielektrik sabiti
α	Yiv açısı
Δt	Sesin gidiş ve geliş süresi
Δx	Hedef ile ses dalgasının çıkış noktası arasındaki mesafe
X	Radyal faktör

KISALTIMA LİSTESİ

PLC	Programlanabilir sayısal kontrolör
<i>PTFE</i>	Polytetrafluoroethylene
FMCW	Frekans Modüler Sürekli Dalga
LNG	liquified natural gas
LPG	liquid petrol gasoline

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Cam tüp , kaynak: ensim.com.tr	3
Şekil 1.2 Reflex camlı seviye göstergesi kaynak ,www.valftek.com.	4
Şekil 1.3 Refleks(sol), tranparent(sağ) yapısı.....	5
Şekil 1.4 Manyetik seviye göstergesi , kaynak :www.saabrosemount.com.....	5
Şekil 1.5 Fark basınç açılarına göre kablolu seviye şalterleri ,kaynak: www.atmi.fr	6
Şekil 1.6 Şamandıralı mekanik sistem ,kaynak: Kılıç Bülent Harun,“Süreç Ölçümleri- II ”Mersin üniversitesi yayınları ,Mersin.....	7
Şekil 1.7 Şamandıralı elektriksel sistem ,kaynak: Kılıç Bülent Harun,“Süreç Ölçümleri- II ”Mersin üniversitesi yayınları ,Mersin.....	8
Şekil 1.8 Şamandıralı dijital sistem ,kaynak: Kılıç Bülent Harun,“Süreç Ölçümleri- II ”Mersin üniversitesi yayınları ,Mersin.....	9
Şekil 1.9 Manyetik şamandıralı sistem	10
Şekil 1.10 Manyetostriktif transmitterin yapısı ,kaynak , www.fine-tek.com	11
Şekil 1.11 Yükseklikle Hidrostatik basınç ilişkisi.....	12
Şekil 1.12 Hidrostatik seviye ölçüm algılayıcıları, kaynak www.bdsensors.com.....	14
Şekil 1.13 Hava kabarcık yöntemi ,kaynak: Kılıç Bülent Harun,“Süreç Ölçümleri- II ”Mersin üniversitesi yayınları ,Mersin	14
Şekil 1.14 Fark basınç seviye ölçüm cihazı ,kaynak: www.bilimfeneri.com	16
Şekil 1.15 Fark Basınç Yöntemi İle Seviye Ölçümü kaynak: www.bilimfeneri.com ,.....	16
Şekil 1.16 Isıl kütle İle Seviye Ölçümü	17
Şekil 1.17 Kapasite elemanları	18
Şekil 1.18 Kapasitif seviye ölçümü	20
Şekil 1.19 Kapasitif algılayıcının çalışması ,kaynak : www.elektrobilisim.com.....	20
Şekil 1.20 Kapasitif algılayıcısının iç yapısı ,kaynak www.elektrobilisim.com.....	21
Şekil 1.21 Algılayıcının ucu ile hedef plaka arasındaki mesafenin (S) bir fonksiyonu olarak algılayıcı kapasitesi değişiminin (ΔC) tipik eğrisi ,kaynak www.elektrobilisim.com	21
Şekil 1.22 Malzemelerin bağıl dielektrik katsayıları ile düzeltme katsayısı(K_w) arasındaki ilişki kaynak www.elektrobilisim.com.....	22
Şekil 1.23 İki kapasitif anahtarla silo seviye kontrolü, kaynak : www.elektrobilisim.com... 23	
Şekil 1.24 2 kapasitif anahtarla PVC cidarının arkasından seviyesi ölçümü	24
Şekil 1.25 Kapasitif yaklaşım anahtarı ile siloda doluluk kontrolü.....	24
Şekil 1.26 İletkenlik prensibiyle seviye ölçümü yandan bağlantı, kaynak: Kılıç Bülent Harun,“Süreç Ölçümleri- II ”Mersin üniversitesi yayınları ,Mersin	25
Şekil 1.27 İletkenlik prensibiyle seviye ölçümü üstten bağlantı, kaynak: Kılıç Bülent Harun,“Süreç Ölçümleri- II ”Mersin üniversitesi yayınları ,Mersin	25
Şekil 1.28 Elektrot Yöntemiyle Seviye Ölçümü , kaynak ,Katicıoğlu İlkay, Sefer Cafer “Sıvı Tanklarda Seviye Kontrol Sistemi” İ.Ü. Müh. Fak. Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, İstanbul 2005	26
Şekil 1.29 Elektromekanik Seviye Ölçüm Cihazı	26
Şekil 1.30 Pedallı seviye şalterleri ve farklı montaj şekilleri ,kaynak :www.elimko.com	28
Şekil 1.31 Titreşimli seviye ölçüm cihazı kaynak:www.ensim.com.tr.....	28
Şekil 1.32 Ultrasonik seviye ölçümü	30
Şekil 1.33 Ultrasonik sensörün tipik ışın şablonu, kaynak:www.elektrobilisim.com ,Ultrasonik sensörler ve robot uygulamaları.....	30
Şekil 1.34 Ultrasonik sensörün iç yapısı , kaynak: www.elektrobilisim.com ,Ultrasonik sensörler ve robot uygulamaları.....	32
Şekil 1.35 Radar seviye ölçüm cihazları, kaynak :www.vega.com.....	33
Şekil 1.36 Seramik anten sistemi ,kaynak : Motzer Juergen,(2000) “A Puls Radar Gauge For	

Level Measurement And Proses Control “ Vega Grieshaber KG ,Germany..	34
Şekil 2.1 Elektro mekanik ölçüm cihazı, kaynak, www.fine-tek.com.....	39
Şekil 2.2 Cihazın montajı ve bağlantısı	39
Şekil 2.3 Ölçüm kamının yapısı	40
Şekil 2.4 Pin mikroanahtar yapısı.....	40
Şekil 2.5 Halatlı derinlik ölçer.....	42
Şekil 3.1 Tasarlanan seviye ölçüm cihazının önden görünüşü *	45
Şekil 3.2 Tasarlanan seviye ölçüm cihazının soldan görünüşü *	45
Şekil 3.3 Arşimed prensibi	48
Şekil 3.4 Paslanmaz çelik ağırlığın kesit resmi	50
Şekil 3.5 Çelik tel halatı oluşturan elemanlar.....	54
Şekil 3.6 Standart 6 x 19 çelik özlü halat.....	55
Şekil 3.7 Çelik halatta zamanla oluşan gerginliğin değişimi	57
Şekil 3.8 Gerilim büyüklüğünün kuvvet ve uygulandığı alan ile olan ilişkisi	59
Şekil 3.9 Elektriksel tip bir yük hücresi	60
Şekil 3.10 Gerginlik ölçerin iç görünümü , kaynak :www.dillon.com	61
Şekil 3.11 Tamburun teknik resmi.....	63
Şekil 3.12 A kesiti.....	64
Şekil 3.13 B kesiti.....	65
Şekil 3.14 Bu tezde kullanılan 61902 nolu rulmanın ölçüleri, www.skf.com	67
Şekil 3.15 Ray montaj tipi çeviricinin ölçüleri , www.datexel.it	68
Şekil 3.16 Servo sürücünün blok diyagramı ve güç kaynağı ve eksen birimi ,Yılmaz Kaya , “Servo-Senkro mekanizmalar” , Mersin üniversitesi, Mersin	70
Şekil 3.17 Servo sürücü gösterge paneli ,www.omron.com	72
Şekil 3.18 Servo sürücü ve servo motorun bağlantı yapıları ,www.omron.com.....	73
Şekil 3.19 Servo sürücüsünün mikroişlemci diyagramı.....	74
Şekil 3.20 SigmaWin Yazılımı İle Seviyenin Osiloskopta İzlenmesi	76
Şekil 3.21 Rezistans termometre(Pt 100) ,www.elimko.com.tr	77
Şekil 3.22 Servo motorun teknik resmi.....	79
Şekil 3.23 Muhafaza ve karşı flanş.....	81
Şekil 3.24 Sistemin dinamik modeli	82
Şekil 3.25 Sistemin simulink modeli	86
Şekil 3.26 Zamanla değişen kaldırma kuvvetleri	88
Şekil 3.27 Değişen kaldırma kuvvetini temsil eden signal 1 e göre sistemin cevabı	89
Şekil 3.28 Değişen kaldırma kuvvetini temsil eden signal 3 e göre sistemin cevabı	90

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Seviye ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması.....	36
Çizelge 3.1 Ostantitik 316 kalite paslanmaz çeliğin kullanım özellikleri, kaynak : Ek 2	50
Çizelge 3.2 PTFE ile bazı polimerik ve metalik malzemelere ait temel özellikler ,kaynak : Akıncı A.,Akbulut H. ,Yılmaz F. “Teflon Kaplamaların Yapı Ve Özellikleri” Sakarya Üniversitesi, Adapazarı.....	52
Çizelge 3.3 Fiziksel özelliklere göre genel dayanımlar , kaynak : Akıncı A., Akbulut H. , Yılmaz F. “Teflon Kaplamaların Yapı Ve Özellikleri” Sakarya Üniversitesi, Adapazarı.....	53
Çizelge 3.4 Kullanılan çelik özlü halatın (6x19) TS 1918 /10 a göre teknik özellikleri	55
Çizelge 3.5 Gerginlik ölçerin teknik özellikleri ,	62
Çizelge 3.6 Makara imalinde kullanılan malzemeler ,kaynak Gerdemeli İsmail, Transport Tekniğinde İleri Konular ,İstanbul teknik üniv. , istanbul	62
Çizelge 3.7 Tek sıra derin yivli rulmanın teknik özellikleri,	67

ÖNSÖZ

Seviye ölçümü konusunda bu güne kadar birçok yöntem uygulanmıştır.Uygulama farklılıklarına ve istenen teknik özelliklere göre kullanılan yöntemler değişmektedir.Geniş uygulama ağı ve yüksek hassasiyet özelliklerine sahip bir cihazın tasarım arzusu bu tezin başlangıç noktasını oluşturmuştur.Bu tezin oluşturulması esnasında öncelikle,tez danışmanım Y.Doç.Dr. Muharrem Erdem BOĞOÇLU hocama katkılarından ötürü teşekkür etmek isterim.Yine çalışmalarımda bana yardımını esirgemeyen Arş.Gör. Şaban ÇETİN e teşekkür ederim.

ÖZET

Bu tezde,geniş uygulama alanına ve yüksek hassasiyete sahip,servo motor tahrikli bir seviye ölçüm cihazı tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Seviye ölçümü uygulamaları, endüstride çok önemli bir yere sahiptir.Uygun seviye ölçüm metodunun belirlenmesi kritiktir.Zira her yöntem her uygulamada kullanılamaz.Seviye ölçüm yöntemi,seviyesi ölçülen maddenin cinsi ve sıcaklığı,tankın basınçlı veya atmosfere açık oluşu,tankın boyut ve konumu,istenen hassasiyet değeri, mekanik veya elektriksel bağlantı koşulları,maliyet beklentisi gibi parametrelere göre değişiklik gösterir.Bu bağlamda,tezin ilk bölümünde,bugüne kadar var olan seviye ölçüm yöntemleri incelenmiştir.İkinci bölümde,bu tezde tasarımı gerçekleştirilen cihaza benzer sistemler ve araştırmalar incelenmiştir.

Üçüncü bölümde,tasarlanan cihaz ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.Bu cihaz,sıvı ve katıların kaldırma kuvvetini baz alarak ölçüm yapmaktadır. Cihazda bir tambur halat mekanizması mevcuttur.Çelik halatın ucuna bağlı olan ağırlık tanktaki katı veya sıvının seviyesine ulaştığında,kaldırma kuvvetinin oluşmasıyla halattaki gerginlik değişir.Değişimi ölçülen gerginlik değeri servo motora iletilir.Servo motor gelen sinyal bilgisine göre tamburu gereken yönde ve açıda tahrik eder.Aynı zamanda servo motordaki kodlayıcı(encoder) milin toplam dönme açısını ölçer ve bu değer servo sürücüsünde seviye bilgisine dönüştürülerek okunur.

Anahtar kelimeler: Seviye Ölçümü ,Seviye Kontrolü ,Mekanik Seviye Ölçüm Cihazı

ABSTRACT

In this thesis, a level measuring device which has large application area and high accuracy, servo motor driving was designed.

Level measurement applications are very important position in industry. The determination of best-fit level measurement method is critical. Because, every method isn't used for every application. Level measurement method is changed according to the temperature and species of material, pressurized tank or open to atmosphere, dimension and position of tank, desirable accuracy value, condition of mechanical or electrical connection and price expectation. In this context, in first chapter, the level measuring methods that are existed up to now was studied. In second chapter, similar systems and researchs are studied.

In third chapter, the designed device was explained in-detail. This device is measured according to lift of liquids and solids. It has a spool rope mechanism. When weight that was connected to end point of steel rope is reached to level of liquid or solid, the rope tension is changed with lift effect. Measured alteration of tension is transited to servo motor. Servo motor drive spool required direction and angle according to coming signal. In same time, encoder of servo motor measure total rotation angle of shaft and this value can be read on display of servo driver.

Keywords: . Level measuring, Level control, Mechanic level measuring device

1. GİRİŞ

Seviye ölçümü, birçok alanda kullanılan ve uygulamalarda kritik önem taşıyan bir işlemdir. Seviye ölçümü seviyesi ölçülecek maddenin seviyesinin, yine o sistem için ölçeklendirilmiş olan sıklarda görülebilmesidir. Seviye ölçümleri, seviye ölçümü yapılacak oluşumun hassasiyetine, ortamın kimyasal durumuna (asitli, karışık madde, korozif ortam vs.) veya ortamın fiziksel şartlarına göre (sıcaklık, nem, basınç etkisi vs.) çok basit mekanik sistemlerden, radar yöntemine kadar çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. En eski seviye ölçüm yöntemi olan üzeri işaretlendirilmiş çubuğun dikey biçimde tanka yerleştirilmesi bugün dahi kullanılmaktadır. Keza sıvı seviye ölçümlerinde tank ile bileşik kap oluşturacak şekilde yerleştirilen ince şeffaf tüp de eski ama eskimemiş bir diğer yöntemdir. Göz kontrolüne dayanan bu son iki yaklaşım tek başlarına kuskusuz çok basit uygulamalarda karşımıza çıkmaktadır. Fakat, proses kontrolünün çok önemli olduğu kimya, petrokimya, gıda, ilaç endüstrilerinde, çevre koruma çalışmalarında ve nükleer enerji üretiminde seçilecek yöntem daha kompleks olacaktır ve seçimi çok kritiktir, başlangıçta seçilebilecek yanlış bir yöntem sonrasında çok büyük sıkıntılara neden olabilir. Dolayısıyla, kullanılan prosese göre en uygun yöntem seçilmelidir. Bunun içinde var olan yöntemlerden haberdar olmak gereklidir. Seviye ölçüm işlemi doğrudan veya dolaylı olarak yapılabilir. Dolaylı ölçümde seviye yerine başka proses değişkenleri, örneğin akış ve süre veya basınç, fark basınç ölçülür. Burada seçim parametrelerini etkileyen birçok faktör vardır.

Seviye kontrolü maddenin seviyesinin, referans nokta ile istenilen seviyede veya istenen seviyeler arasında tutulmasıdır. Seviye kontrolü yapılacak maddenin seviyesinin değişimi çeşitli yöntemlerle veya algılayıcılarla sürekli olarak ölçülür. Bu ölçülen bilgiler bir sisteme veya kontrolöre gönderilir. Sistem veya kontrolörde belirlenmiş programa göre seviye istenilen değerlerde tutulur.

Seviye ölçüm yaklaşımlarını iki kategoride değerlendirmek doğru olur;

Bunlardan ilki ,noktasal seviye kontrolüdür. Burada amaç boşalma ve taşma kontrolü gerçekleştirmektir. Taşmayı önleme ve malzemesiz kalmayı engelleme hedeflendiğinden ,seviyenin limit set değerlerine erişilip erişilmediğini veya aşıp aşılmadığını anlamak yeterli olacaktır. Dolayısıyla sürekli bir seviye ölçümü gerekmemektedir. Anlık kontroldeki cihazlar seviye şalterleri olarak adlandırılırlar. Seviye şalterleri genellikle temaslı enstrümanlardır ve izah edildiği gibi kabın içerisindeki ürünün belirli bir noktadaki varlığının veya yokluğunun belirlenmesi için kullanılırlar. Bu tip seviye şalterlerinin bazıları, ultrasonik şalterler, kuru ve

katı malzemeler için pedallı seviye şalterleri, kapasitif problemler, iletkenlik problemleri, hem sıvı hem katı malzemelerde kullanılan titreşim problemleri, yatay veya dikey olarak monte edilen tekli veya çoklu şamandıralı seviye şalterleri olabilmektedir.

İkincisi,sürekli tip seviye kontrolüdür.Amaç tankın içerisindeki malzemenin sürekli izlenebilmesi ve istenilen değerlerde müdahalenin yapılabilmesidir.Anlık seviye ölçüm yöntemlerine göre daha kompleksdir.Sürekli seviye ölçümü hassas proses kontrolüne girer, tüketim miktarının belirlenmesi, kayıp kontrolü vb. çalışma biçimleri sürekli seviye kontrolüyle olanaklıdır.Dolayısıyla hassasiyet değeri çok önemlidir. Bu çalışma biçiminde ölçme sensörleri her an ortamın doluluk düzeyini sorgularlar ve buldukları değer çoğunlukla ikinci bir kontrol cihazına kah oransal 4-20mA akım sinyalleriyle, kah dijital sinyal ile veya HART gibi aktarım protokolleriyle iletilir.

1.1 SEVİYE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Endüstride sıvı ve katıların doldurulduğu tanklarda seviye ölçümünün doğru ve güvenilir cihazlarla yapılması tanklardaki tehlikeli likitlerin, ana prosese yanlışlıkla karışmasını ve taşmasını önlediği gibi hacim kontrolünün yapılabilmesini de sağlamaktadır.

Seviye ölçüm teknikleri içinde seviyesi ölçülecek cismin yapısı, temiz, yapışkan olması yada sıvılar için devamlı gazlaşan tipte olmasına göre değişik yöntemler geliştirilmiştir. Her yöntemin üstün tarafları vardır. Ancak ölçümleri sınırlayan parametreler her cihazın her yerde kullanımını engellemektedir.

Seviye ölçüm yöntemlerini 7 ana başlıkta sınıflayabiliriz.

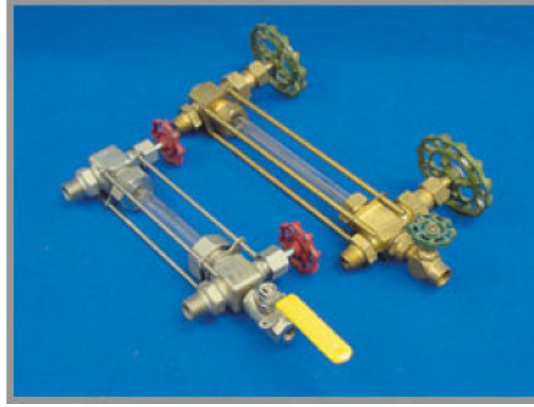
- Görüntülü Seviye Ölçüm Yöntemleri
- Kuvvetle Seviye Ölçüm Yöntemleri
- Basınç İle Seviye Ölçümü
- Elektriksel Yöntemlerle Seviye Ölçümü
- Elektromekanik Yöntemlerle Seviye Ölçümü
- Optik Yöntemlerle Seviye Ölçümü
- Görüntülü Seviye Ölçüm Yöntemleri

Bu ana başlıklar içerisinde sınıflandırılan seviye ölçüm yöntemleri aşağıda detaylı bir şekilde incelenmiştir.

1.1.1 Görüntülü Seviye Ölçüm Yöntemleri

1.1.1.1 Cam Tüp

Temelde tanktaki sıvı seviyesini görebilmek için birleşik kaplar prensibi kullanılır. Tank kenarına monte edilen cam borudaki seviye, tank içerisindeki malzemenin seviyesi ile aynı olduğundan, seviye tank dışarısından kolaylıkla dışarıdan izlenebilir. Bu yöntemle, sisteme herhangi bir mekanik veya elektronik müdahale olmadığından, yalnızca görsel olarak seviye kontrolü yapılabilmektedir.

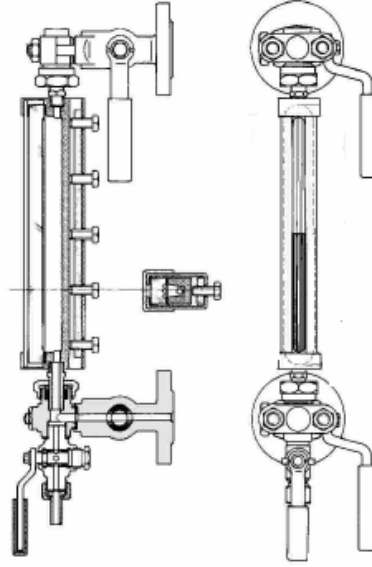


Şekil 1.1 Cam tüp , kaynak: ensim.com.tr

1.1.1.2 Refleks Camlı Seviye Göstergesi

Göstergeler, sıvı ve gaz fazlarında ışığın farklı kırılması neticesi su ve buharın refleks camda farklı parlaklıkta görülmesi esası ile çalışırlar.

Sıvı akışkan ışığın yutulmasından dolayı koyu renk, buhar ise ışığın tekrar yansımından dolayı parlak olarak görülür. Bu tip seviye göstergelerinin; Transparent ve diğer göstergelere göre daha düşük ilk yatırım ve işletme maliyeti vardır. Ancak bu tip seviye göstergelerinde iki sıvı arasındaki ayırma yüzeyi, sıvının rengi gözlenemez. Ayrıca yüksek basınçlı buhar uygulamalarında ve camı aşındırabilecek proses akışkanlarında (Yüksek sıcaklık alkalin çözeltileri veya hidroflorik asitler gibi) camı korumak için mika kullanımı gerektiğinden, refleks cam uygun değildir. Bu uygulamalarda Transparent tip seviye göstergeleri kullanılır.

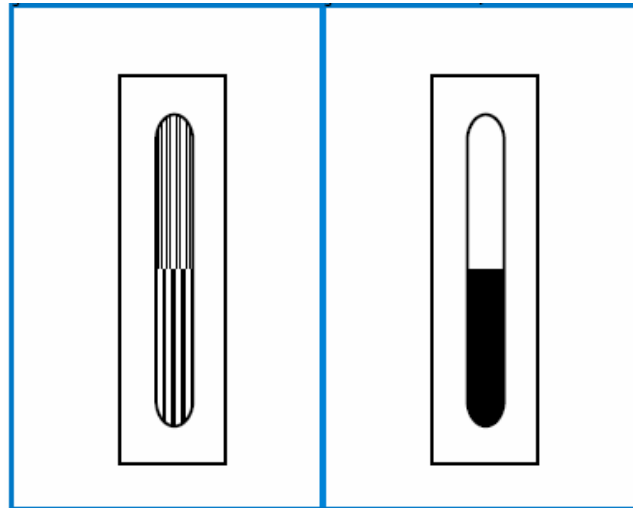


Şekil 1.2 Reflex camlı seviye göstergesi kaynak ,www.valftek.com.

1.1.1.3 Transparent tip seviye göstergeleri

Transparent tip seviye göstergeleri, arasında akışkan bulunan birbirine paralel iki düz transparent camdan oluşmaktadır

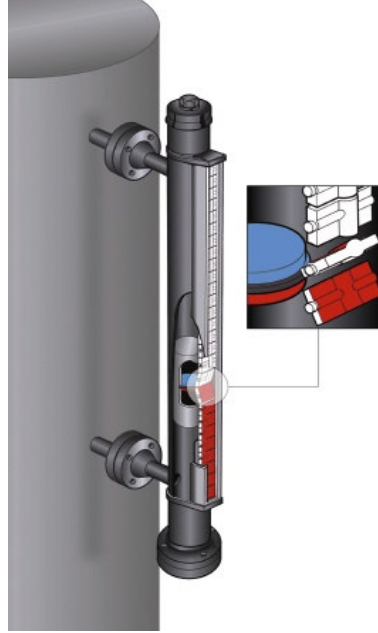
.Akışkan seviyesi, iki akışkanın farklı ışık geçirgenliğinin sonucu olarak gösterilir ve buharda ise sıvı ve buhar ayırma yüzeyi göstergede arkasından gelen ışık kaynağı ile eliptik formda görülür. Transparent tip seviye göstergeleri hemen hemen tüm akışkanlar için uygundur. Bu tip seviye göstergelerinde aşındırıcı ortamlarda mika vb. koruyucu kullanılabilir. Sıvı rengi ve iki sıvının ara yüzeyi gözlenebilir. İlk yatırım maliyetleri reflex tiplere oranla daha yüksektir.



Şekil 1.3 Refleks(sol), transparent(sağ) yapısı

1.1.1.4 Manyetik Seviye Göstergeleri

Temel olarak sıvının kaldırma kuvvetinin kullanıldığı görüntülü ölçüm yöntemidir. Birleşik kaplar prensibi gereği, tank ile manyetik seviye göstergesi içerisindeki sıvı seviyeleri aynıdır. Gösterge gövdesi içine yerleştirilen ve her sıvının yoğunluğuna bağlı olarak, kaldırma kuvvetine göre dizayn edilen şamandıranın içerisindeki mıknatıs, ana gövdenin dış yüzeyine yerleştirilmiş gösterge içerisindeki, mıknatıs ihtiva eden sezgi elemanlarını etkiler ve seviyenin yükselmesi veya alçalması sırasında sezgi elemanlarının sıra ile dönmesini sağlar. Sezgi elemanlarının farklı renklerde olan iki yüzü sayesinde de seviye bilgisi tank dışarısından kolaylıkla izlenebilir. Bu sezgi elemanlarının dönmesiyle görsel olarak seviye izlenebilmektedir.

Şekil 1.4 Manyetik seviye göstergesi , kaynak :www.saabrosemount.com

Ayrıca, seviyeyi görsel olarak izlemenin yanı sıra, cihazdan elektriksel çıkış alınmak isterse ,gövdenin üzerine yerleştirilen sıralı reed röleler yardımıyla sürekli seviye bilgisi analog sinyale dönüştürülebilir ve yine gövde üzerine istenen noktalara yerleştirilecek reed kontaklar sayesinde noktasal seviye kontrolü de yapılabilir. Yüksek basınçlı tanklarda ve kazanlarda seviye ölçümü uygulamalarında kullanılabilecek en ekonomik ve sık rastlanan yöntemlerden biridir.

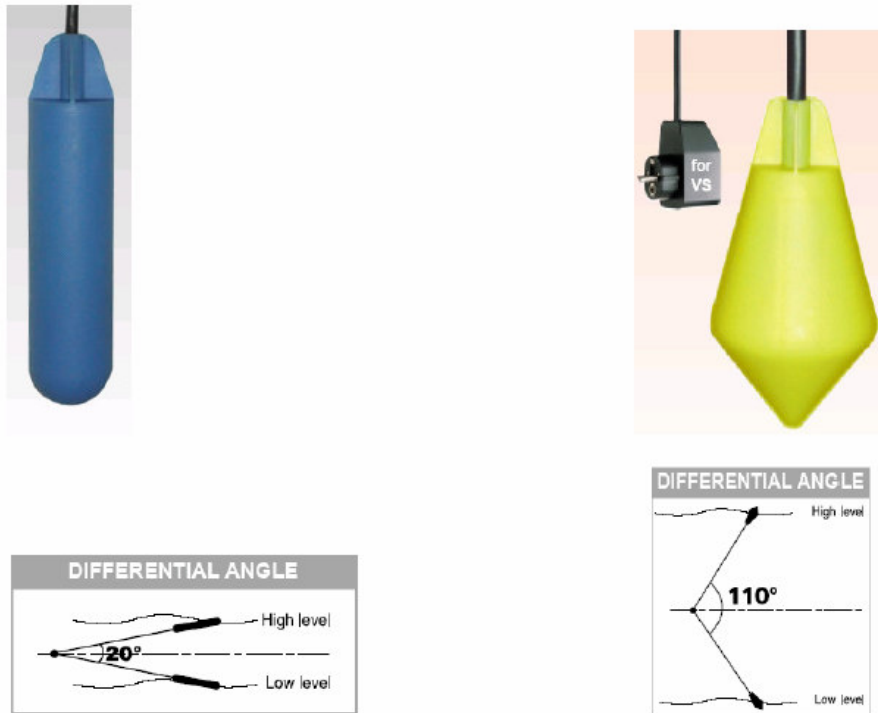
1.1.2 Kuvvetle Seviye Ölçüm Yöntemleri

1.1.2.1 Diyaframlı Seviye Ölçümü

Genellikle içerisinde mıknatıs bulunan kolun, malzemenin baskısı ile içerisinde reed kontak veya mikroanahtar bulunan gövdeye yaklaşması sonucu oluşan kontak ile malzemenin seviyesi kontrol edilir. Şamandıra prensibine benzer ancak katı malzemelerin seviye kontrolünde kullanılması avantajıdır.

1.1.2.2 Kablolü Seviye Şalteri

Sıvı veya katı seviyenin değişmesiyle birlikte, kablolü seviye şalterinin açısı da değişir ve buda cıvalı kontak veya özel eğimli yol içerisinde hareket eden bilyayı harekete geçirir. Bilyanın hareketi mikroanahtar tarafından algılanır ve cihaz kontak çıkışı verir. Eğim açısına bağlı olarak , alt ve üst veya her iki seviye kontrolü için kullanılması mümkün olmaktadır. Ekonomikliği ve her türlü sıvı veya katı malzemede ve yanıcı ve patlayıcı özellikli ortamlarda kullanılabilirliği nedeniyle tercih edilen bir noktasal seviye kontrol yöntemidir. Özellikle arıtma tesislerinde taşma ve boşalma kontrolü gerçekleştirmek amacıyla sıkça kullanılırlar. Değişen kablo boyu ve fark açısı seçenekleri ile uygulamaya göre seçim yapılabilir.

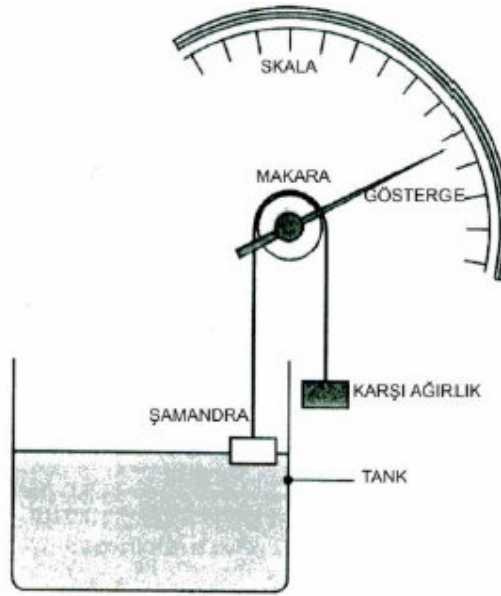


Şekil 1.5 Fark basınç açılarına göre kablolü seviye şalterleri ,kaynak: www.atmi.fr

1.1.2.3 Şamandıralı Seviye Ölçümü

Şamandıralı seviye ölçüm sistemleri 4 farklı grupta incelemek daha doğru olacaktır.

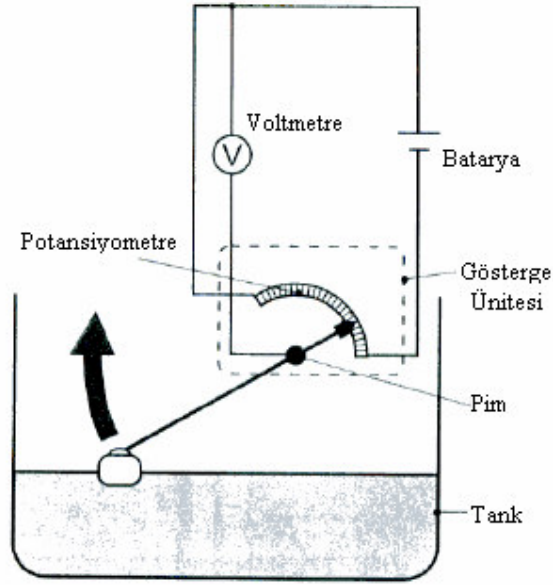
İlk olarak mekanik sistemler incelenecektir. Bu sistemde genellikle bir makara etrafından geçirilmiş ip ve ipin iki ucuna bağlanmış şamandıra ve karşı ağırlıktan oluşur. (Şekil 1.6) Karşı ağırlık şamandıradan ağırlık olarak daha küçük değerdedir. Sıvı seviyesinin artması ile sıvı yüzeyindeki şamandıra suyun kaldırma kuvveti etkisi ile yükselecek, karşı ağırlıkta ipin gergin durmasını sağlayacaktır. Her ne zamanki sıvı seviyesi düşerse şamandıra karşı ağırlığa göre daha ağır olduğu için sıvı seviyesi ile birlikte aşağıya inecektir. Şamandıradaki bu değişim ipin dolanmış olduğu makarada dönme etkisi yapacaktır. Makara üzerine bağlanacak bir ibre ve skalalandırılmış gösterge bize sıvı seviyesindeki değişimi gösterecektir. Göstergenin skalası sıvı yüksekliğine göre kalibre edileceği gibi, sıvının hacmine veya kütleğine göre de kalibre edilebilir.



Şekil 1.6 Şamandıralı mekanik sistem ,kaynak: Kılıç Bülent Harun,“Süreç Ölçümleri- II ”Mersin üniversitesi yayınları ,Mersin

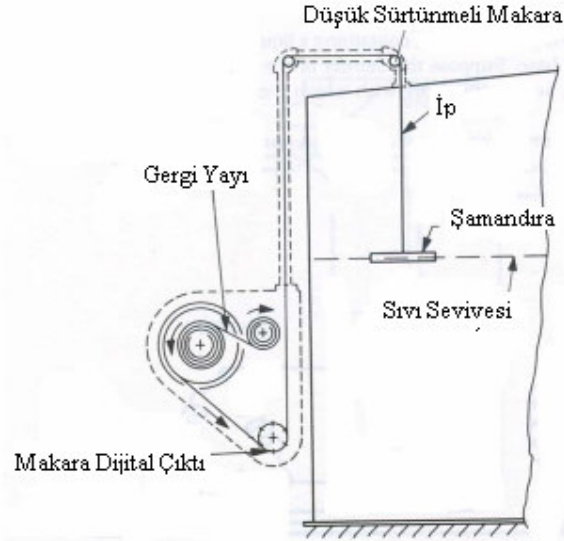
İkinci olarak elektriksel yöntem incelenecektir. Bazı şamandıralı sistemler mekanik olarak ölçüm yapmaz. Çıkışlarından elektriksel veya optik sinyaller alınarak ölçüm yapılır. Şekil 1.7 de motorlu taşıtlarda kullanılan bir yakıt tankı seviye ölçümü görülmektedir. Sıvı seviyesinin yükselmesi Şamandıradaki da yükselme sağlayacaktır. Şamandıranın ucu bir pim ile potansiyometrenin ibresine bağlanmıştır. Şamandıranın depoda maksimum yükselmesi potansiyometrenin hiçbir direnç göstermemesi demektir ki bu durumda voltmetrede

maksimum gerilim değeri okunacaktır. Voltmetre göstergesi yükseklik veya hacimsel miktar olarak skalalandırılırsa depodaki sıvı seviyesinin maksimum yükselmesi, maksimum doluluk miktarı olan hacimsel değer veya maksimum doluluk miktarı olan maksimum sıvı seviyesi olarak görünecektir. Sıvı seviyesindeki düşme, şamandıranın aşağı inmesi, dolayısı ile potansiyometrenin ibresinin artan bir direnç değeri göstermesi ve voltmetrede düşen bir gerilim değeri veya skalada düşen bir hacim değeri veya yükseklik gözlenecektir.



Şekil 1.7 Şamandıralı elektriksel sistem ,kaynak: Kılıç Bülent Harun,“Süreç Ölçümleri- II ”Mersin üniversitesi yayımları ,Mersin

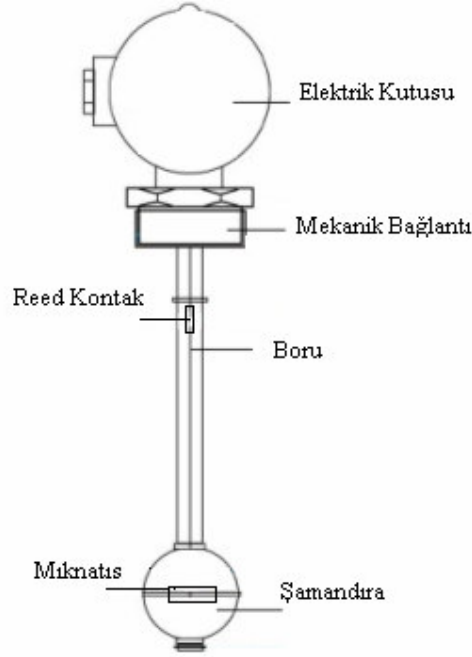
Üçüncü olarak şamandıralı dijital sistemi inceleyeceğiz.Şekil 1.8 deki sistemde ise şamandıranın yükselmesi ile boşta kalan ip gergi yayı ile toplanmakta ve bu toplama neticesinde makara sistemindeki oluşan dönme hareketi açısal hareket olarak digital çıktı şeklinde göstergeye gönderilmektedir. Makaranın yapmış olduğu açısal hareketteki değer şamandıranın yükselmesi ile kalibre edildiğinde çıkış göstergesindeki değer şamandıranın sıvı seviyesindeki olan yükselmesi olarak algılanacaktır. Eğer makaradaki açısal yer değiştirmenin skaladaki gösterdiği değer hacimsel veya kütleli bir kalibrasyon olursa şamandıranın yükselmesi veya alçalması kap içerisinde bulunan sıvının hacimsel veya kütleli miktarının ölçülmesi ile doğru orantılı olacaktır. Şamandıranın ağırlığı gergi yay kuvvetinden daha fazla olması gerekmektedir. Sıvı seviyesi düştüğünde şamandıranın aşağı inmesi, gergi yay kuvvetini yenmesi ile olur.



Şekil 1.8 Şamandıralı dijital sistem ,kaynak: Kılıç Bülent Harun,“Süreç Ölçümleri- II”Mersin üniversitesi yayımları ,Mersin

Son olarak manyetik şamandıralı sistem incelenecektir.(Şekil 1.9) Bu sistemler ilk olarak 1930’larda kullanılmaya başlanmıştır. Sıvı seviyesine göre paslanmaz çelik tüp boyunca hareket eden mıknatıslı şamandıra ve tüp içerisine yerleştirilmiş reed rölelerden oluşur. Şamandıra, reed röleye yaklaştığında, içerisindeki mıknatısın manyetik kuvveti ile reed röle açılır veya kapanır. Reed rölelerin sıralı dizilmesiyle, sürekli seviye ölçümü de yapılabilir. Tankın yanından, üstünden kolaylıkla monte edilmesi ve herhangi bir kalibrasyon gerektirmemesi ve ekonomikliği sayesinde, ölçümün çok kritik olmadığı durumlarda kullanıcıya kolaylıklar sağladığından en çok tercih edilen seviye ölçüm metotlarından biridir. Mekanik bağlantılardaki sürtünmeler nedeniyle doğruluğu ve tekrarlanabilirliği düşük olan bu sistemlerde tipik doğruluk ± 5 ile 10 mm seviyelerinde olmaktadır. Sıvı viskozitesinin yüksek olduğu durumlarda temassız ölçüm yöntemlerine göre zayıf kaldığı bir gerçektir.

Farklı yoğunluklardaki sıvılara uygun, farklı yoğunluk ve ebatlarda şamandıra imal etmek mümkündür. Manyetik şamandıralı sistemlerde alt ve üst seviye kontrolü yapılabildiği gibi sıklıkla istenen herhangi bir noktada, şamandıra sayısını artırarak veya özel röleler kullanarak kontak çıkışı almak mümkündür. Aynı zamanda bu sistemlerde sürekli seviye çıkışı almakta mümkündür. Boru içerisinde, reed kontaklar bir kartın üzerine dirençlerle birlikte yerleştirilir. Hareket eden mıknatıslı şamandıra reed kontakları devre dışı bırakır ve sistem artan veya azalan bir direnç çıkışı verir. Bu değer elektrik kutusunun içerisinde direkt veya istenilen analog değere dönüştürülerek değerlendirilir.

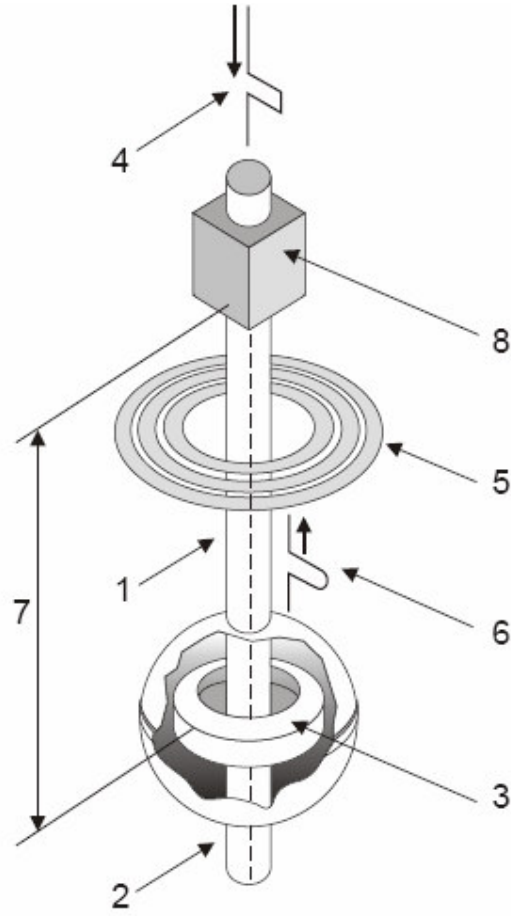


Şekil 1.9 Manyetik şamandıralı sistem

1.1.2.4 Manyetostriktif Seviye Ölçümü:

Manyetostriktif sensörle ölçüm yöntemi bir ileri teknoloji ürünüdür. Hassasiyet değeri oldukça yüksektir. Toplam skalada 0.01% lik bir hassasiyet değerine sahiptir ve bu oran diğer yöntemlere göre oldukça iyi bir avantajdır. Görünüş olarak şamandıralı sürekli seviye çubuklarına benzer fakat çalışma prensibi farklıdır. Maliyet açısından da şamandıralı sistemlerden pahalıdır. Basınçlı tanklarda kullanılabilme özelliği önemli bir avantajdır. Çünkü birçok yöntem basınçlı tanklarda kullanılamaz. Kısaca manyetostriktif seviye transmitterinin çalışma prensibi aşağıda aşağıda izah edilmiştir.

Cihaz (Şekil 1.10), temel olarak, gövde içerisine yerleştirilmiş bir manyetostriktif telden (1) ve içerisinde mıknatıs (3) ihtiva eden bir şamandıradan oluşmaktadır. Şamandıra, cihazın gövde borusu (2) üzerinde dikey olarak hareket eden tek oynar parçasıdır. Manyetostriktif telden geçirilen pals akımı (4) sırasında, tel etrafında manyetik alan (5) oluşur. Şamandıranın hareketi sırasında, şamandıranın manyetik alanının manyetostriktif telin etrafındaki manyetik alan ile etkileşimi sonucu, telde burulmadan kaynaklanan bir titreşim (6) oluşur. Şamandıranın pozisyonu (7), burulmadan kaynaklanan titreşimin sensöre (8) ulaşmasına kadar geçen zaman ile belirlenir.



Şekil 1.10 Manyetostriktif transmitterin yapısı ,kaynak , www.fine-tek.com

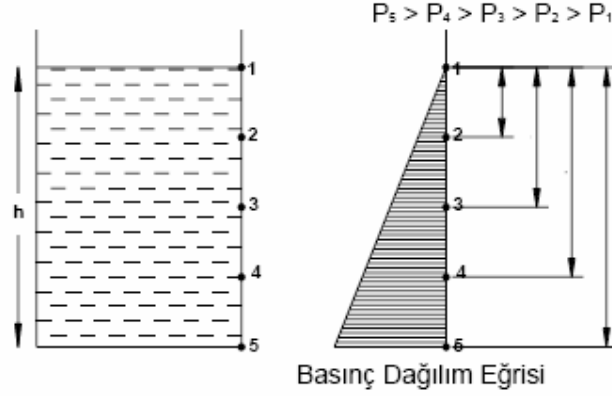
1.1.3 Basınç Yöntemiyle Seviye Ölçümü

1.1.3.1 Hidrostatik Basınç Yöntemi

Sıvı seviyesinin sürekli ölçümünde en eski ve sık kullanılan yöntemlerden biri de kabın içerisindeki sıvının tabana uyguladığı hidrostatik basıncın ölçümüdür. Tankın alt yüzeyinde veya alt yüzeye yakın olarak yan yüzeyde bulunan algılayıcı, hidrostatik basıncı ölçer ve bu değeri sıvı seviyesi ile orantılı bir akım sinyaline çevirir. Belirli bir sistemdeki sıvının yoğunluğu sürekli sabit kalıyor ise bu yöntemi uygulayabiliriz.Çünkü ölçüm prensibi sıvının yoğunluğunun sabit kalması koşusuyla ,değişen basınç değerinin bu sabit yoğunluğa bölünmesiyle elde edilen yükseklik değeridir.Basınçlı tanklarda kullanılmaz ,atmosfere açık tanklarda kullanılabilir. Basınçlı tanklarda aşağıda izah edilen fark basınç yöntemi ile seviye ölçülebilir.Farklı tip bağlantı ve diyafram seçeneklerine sahiptir. Uygulamaya göre doğru olan tip algılayıcı seçilir.Bunun yanında yüksek metrajların ölçümünde çok büyük avantajlara

sahiptir.

Sıvıların yükseklikleri tabana yaptıkları basınçla doğru orantılıdır. Sıvı yükseldikçe buldukları tabana uyguladıkları basınç değeri de artar. (Şekil 1.11)



Şekil 1.11 Yükseklikle Hidrostatik basınç ilişkisi.

Teorik olarak tanktaki sıvının seviyesi yükselirken, dibine yapacağı basınç, yerçekiminden dolayı oluşan sıvı kütesinin tankın alt yüzeyine uyguladığı kuvvete diyebiliriz.

Sıvının Tankın dibine uyguladığı basınç

$$P = F / A \quad (1.1)$$

dır. Burada;

P : Sıvının tabana yaptığı basınç, kg/cm²

F: Sıvının kütesinin tabana uyguladığı kuvvet

A: Tankın dip alanı

olarak tanımlanır. Bu basıncın genel formülüdür. Burada tank dibine uygulanan kuvvetin hesaplanması gerekir.

m : Kütle, özgül ağırlık ile su hacminin çarpımıdır. = $\rho \cdot V$

V : Hacim, taban alanı ile su yüksekliğinin çarpımıdır. = $A \cdot h$

F : Suyun kütesinin dibe uyguladığı kuvvet dir : $m \cdot g^*$

* g , 9,81 kg.m/s², yerçekimi ivmesidir ve sabit olduğu için hesaplamalardan çıkarılmıştır. Bu nedenle elde edilen basınç birimi kg/m² yi SI birimi Paskal'a (kg/ms²) çevirmek için g ile çarpmak gerekir.

Bu eşitliği formülde yerine koyarsak,

$$P = F / A = m / A = \rho \cdot V / A = \rho \cdot (A \cdot h) / A = \rho_s \cdot h \quad \text{olarak bulunur.}$$

Buradan basınç için (1.2) nolu denklem çıkar .

$$P = \rho_s \cdot h \quad (1.2)$$

Burada;

ρ_s : sıvının yoğunluğu

h : sıvının tank içindeki yüksekliği

dır. Burada sıvının yüksekliği yine sıvının o noktaya yaptığı basınç değeriyle doğru orantılıdır. Burada bir katsayı olarak değerlendirilen yoğunluk değeri önemlidir ve sıvı yoğunluğunun bilinmesi gereklidir. Dolayısıyla seçim ona göre yapılır,daha yoğun sıvıların tabanına yapacağı basınç daha yüksek olacaktır.Ayrıca yoğunluk değerinin sabit olması şarttır.Değişen yoğunluk değerlerinde cihazı yeniden kalibre etmek gerekir. Fakat uygulamada yoğunluk değeri karışımlarla birlikte değişkenlik gösteriyorsa bu yöntem kullanılmaz.

Hidrostatik yöntem atmosferik tanklarda uygulanabilir. Basınçlı tanklarda bu yöntem kullanılmaz.Örneğin , LPG ve LNG gibi sıvılaştırılmış gaz ürünleri bulunan yüksek basınçlı tanklarda hidrostatik ölçüm kullanılamaz, zira sıvı seviyesinin yapacağı statik basınç, ürünün buhar basıncına göre çok düşük kalacaktır.Çözüm olarak, atmosferik olmayan tanklarda, en üste ikinci bir basınç algılayıcısı konularak, diğer algılayıcıya etki edebilecek olan buhar basıncı etkisi hesaplanıp ona göre ölçüm yapılabilir. Fakat en doğrusu ,aşağıda bahsi geçen fark basınç yöntemi ile basınçlı tanklarda seviye ölçümünü gerçekleştirmek olacaktır.

Tankın bağlantı koşulları seçim açısından önemlidir.Dişli tip hidrostatik basınç algılayıcısı tanka alttan bağlanmalıdır.Fakat bazı uygulamalarda,alttan bağlantı koşulları çok sıkıntılıdır veya yere gömülü tanklarda olduğu gibi imkansızdır.Bu durumda yine hidrostatik olarak ölçüm yapan ,tankı üstten daldırılan, daldırma tip seviye algılayıcıları kullanılmalıdır. Daldırma tip seviye algılayıcısı atmosferik basınç ile kompanzasyonun sağlanması amacıyla, hidrostatik basınç algılayıcısı kablosu içerisinde bir de hava tüpü bulunur. Kullanılan özel kablolarla seviye bilgisini ,bir kayba uğramadan metrelerce uzağa taşımak mümkün olmaktadır.Şekil 1.12 de hidrostatik ölçüm yapan ,dişli tip ve daldırma tip seviye ölçüm algılayıcıları görülmektedir.



a)Alttan bağlantılı tip

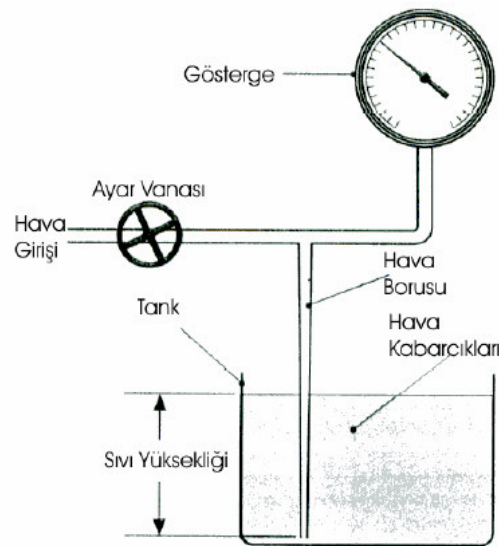


b)Daldırma tip

Şekil 1.12 Hidrostatik seviye ölçüm algılayıcıları, kaynak www.bdsensors.com

1.1.3.2 Hava kabarcık yöntemi ile seviye ölçümü (Bubbler yöntemi).

Basınçlı hava kaynağından(kompresör vb.)gönderilen hava,ayar vanasından geçirilerek bir T bağlantı vasıtasıyla sıvı dolu kaba ,gösterge veya basınç algılayıcısına gönderilir. Kap boşken ayar vanasından gönderilen basınçlı hava borusundan atmosfere atılacak,basınçlı havanın basınç miktarına göre göstergede de bir miktar basınç değeri okunacaktır.Ayar vanası ile basınçlı hava miktarı ayarlanarak gösterge basınç de geri sıfırlanır.Kap içerisinde sıvı seviyesi yükseldikçe hava borusundan kap içerisine gelen basınçlı hava dirençle karşılaşacağı için sıvı içerisinden atmosfere çıkan kabarcıklar halindeki hava miktarı azalacak ve hava borusu içerisine ters basınç yapacaktır.Bu ters basınç göstergede iğnenin sapmasını sağlayacaktır.

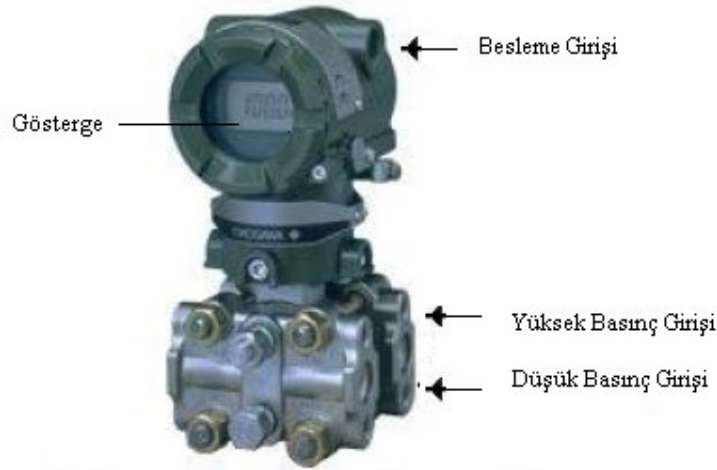


Şekil 1.13 Hava kabarcık yöntemi ,kaynak: Kılıç Bülent Harun,“Süreç Ölçümleri- II ”Mersin

Bu sapma değerinin değişimi sıvının yükselmesi ile doğru orantılıdır. Sıvı ne kadar yükselirse o oranda basınç göstergesinde sapma olur. Basınç göstergesindeki bu sapma sıvı yüksekliği olarak skalalandırılıp kalibre edilirse, göstergede sıvının ne kadar yükseldiğini okumuş oluruz.

1.1.3.3 Fark Basınç İle Seviye Ölçümü

Proseslerde fark basınç ölçümü yada seviye ölçümünde kullanılırlar. Ölçme olarak fark basıncı parametresini kullandığı için kullanım alanı geniştir. Hidrostatik ölçüm yöntemlerinden farkı, kapalı basınçlı tanklarda kullanılabilir olmasıdır. Hidrostatik yöntemde sıvının tabana yapmış olduğu basınç statik basınç olarak adlandırılır. Birde kapalı tankta sıvının üzerinde oluşan basınç değeri vardır. Bu değer tankın alt yüzeyine bağlı olan algılayıcıya, statik basıncın yanı sıra dinamik basıncın etkisini de yansıtır. Bu dinamik basınç sıcaklığın değişmesiyle de değişen değerlerde olur. Bu toplam basınç değeri seviyeyi göstermez. Üst kısımda oluşan dinamik basıncın seviye ölçümü açısından ortadan kaldırılması gereklidir. Bu amaç ,fark basınç yöntemi ile mümkün olmaktadır. Kapalı tanklarda oluşan, statik basıncın etkisi fark basınç yönteminde yok edilebilmektedir. Basınçlı tanklarda kullanılabilir olması en önemli avantajıdır. Bu modeller genellikle akıllı tip cihazlar olmaktadır. Dolayısıyla ölçüm hassasiyeti yüksektir ve uygulama anında kalibre edilebilir. Maliyet açısından hidrostatik yöntemlere göre daha pahalı olmasına rağmen basınçlı tanklarda kullanılabilir olması ve akıllı tip hassas cihazlar olması sebebiyle çok sık tercih edilen bir ölçüm yöntemi olmaktadır.



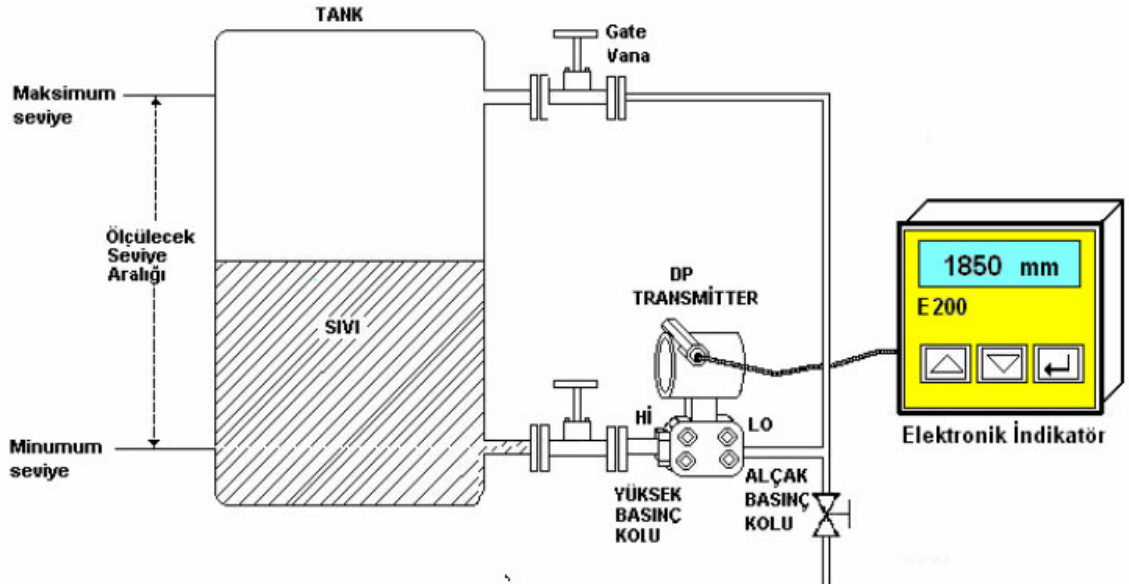
Şekil 1.14 Fark basınç seviye ölçüm cihazı ,kaynak: www.bilimfeneri.com

Fark basınç seviye ölçüm cihazı(Şekil 1.14) “Yüksek basınç” ve “Düşük Basınç” diye iki girişe sahiptir.Yüksek basınç hattı , yüksek koluna, düşük basınç hattı ise düşük koluna bağlanır.Cihazın içindeki diyafram tip algılayıcı vasıtasıyla yüksek ve düşük kollarına uygulanan iki basınç arasındaki farkı alır.Elde edilen basınç değeri (1.3) nolu eşitlikte çıkan değer olacaktır.

$$P : P_{yüksek} - P_{düşük} \quad (1.3)$$

Sıvı dolu tankta sıvının dip noktaya uyguladığı basınç yüksek basıncın oluşacağı yer olduğundan bu noktaya “Yüksek basınç” kolu bağlanır. Likidin üst kısmı, basıncın az olduğu yada buharlaşmadan dolayı bir miktar basıncın olduğu yere ise “Düşük Basınç” tarafı bağlanır.Şekil 1.14 de bir fark basınç seviye ölçüm cihazı görülmektedir.

Fark basınç cihazı bir tanka aşağıda 1.15 nolu şekilde görüldüğü gibi monte edilir.Seviye değişimi cihazın üzerinden izlenebileceği gibi aynı zamanda pano tipi bir göstergeye de aktarılıp tank içindeki seviye değişimi izlenebilir.Burada görüldüğü gibi yüksek basınç tankın içindeki sıvının dibine yaptığı basınca eşittir.Üst kısımda oluşan basınç da ,cihazın düşük basınç koluna iletilir ve basınçların farkını alan cihaz, seviye ölçümünü gerçekleştirir..



Şekil 1.15 Fark Basınç Yöntemi İle Seviye Ölçümü kaynak: www.bilimfeneri.com ,

Bu tür uygulamalarda kalibrasyon çok önemlidir.Hassasiyeti sağlamak ve en doğru ölçümü yapabilmek için cihazın ölçüm değerleri prosese takıldığı yerde kalibre edilmelidir.Ortamın fiziksel şartlarından,elektronik ortam şartlarından ötürü cihazın alt (zero) ve üst (span) analog değerlerinde kayma olabilir.Yani göstermesi gereken değerlerden küçük hata değerleri oranında kaymalar olduğundan farklı gösteriyordur.Bazı uygulamalarda cihazın takıldığı yer ile seviyenin gözlendiği pano arasında mesafe uzun olmaktadır.Bu tür durumlarda bilginin kabloyla aktarılması esnasında kayıplar yaşanır.Dolayısıyla kalibrasyon yapmak gereklidir.

1.1.4 Elektriksel Yöntemlerle Seviye Ölçümü

1.1.4.1 Isıl Kütle İle Seviye Ölçümü

Bu cihazlar, ısının sıvı içerisinde yayılımı ile havadaki yayılımını karşılaştırarak, sıvının varlığını veya yokluğunu belirler. Algılayıcı, termistor formu ile bir direnç ihtiva eder. Termistör, kendisine gerilim uygulandığında ısıtıcı gibi davranır ve aynı zamanda ısıyı algılar ve elektrik sinyaline dönüştürür. Termistör tarafından yaratılan ısı sıvı içinde yayıldığı anda kontak çıkışı elde edilir.



Şekil 1.16 Isıl kütle İle Seviye Ölçümü

1.1.4.2 Kapasitif Yöntem İle Seviye Ölçümü

Kapasitif Algılayıcılar

Kapasitif algılayıcılar, mekaniksel etkiler ile kapasitörlerin kapasitelerinin değişimlerini algılama esasına göre çalışırlar. Çeşitli biçimlerde kapasitörler yapılmasına rağmen, genel olarak mekaniksel büyüklüklerin ölçülmesinde (i) plaka ve (ii) silindirik (Şekil 1.17) kapasitörler kullanılmaktadır.Şekil 1.17a da verilen plaka tipi kapasitörde kapasite bağıntısı,

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r A / d \quad (1.4)$$

şeklinde tanımlanır. Burada,

$$\epsilon_0 = 0.089 \text{ pF/cm}$$

ϵ_r = Bağıl dielektrik sabiti

A_k = Kapasitör kesit alanı

d = Plakalar arası mesafe

dir. (1.4) ifadesinden görüldüğü gibi plaka tipi kapasitede C nin değişimi A ve d nin değişimine bağlıdır.

$$\Delta C / C = \Delta A_k / A_k + \Delta d / d \quad (1.5)$$

Şekil 1.17b de silindirik kapasite eleman için kapasite bağıntısı,

$$C = 2 \pi \epsilon_0 \epsilon_r L / \ln(D/d)$$

şeklinde tanımlanır. Burada,

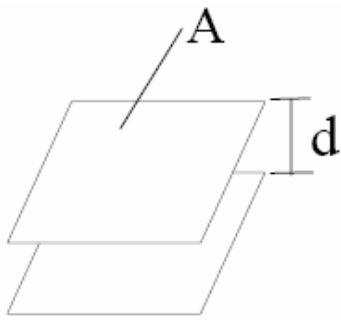
$$\epsilon_0 = 0.089 \text{ pF/cm}$$

ϵ_r = Bağıl dielektrik sabiti

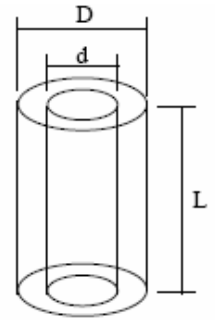
D_s = Dış silindir çapı

d_s = İç silindir çapı

dir.



a) Plaka



b) Silindirik

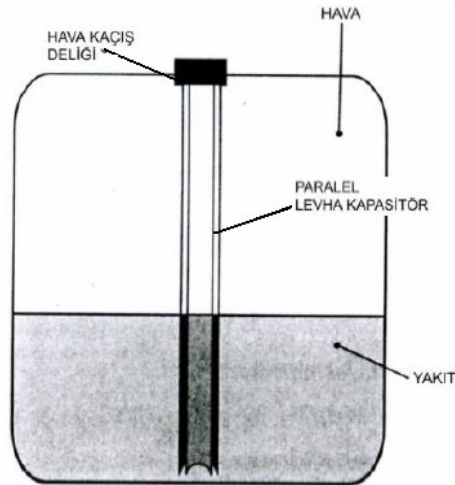
Şekil 1.17 Kapasite elemanları

Kapasitif Seviye Algılayıcıları

Kapasitif seviye algılayıcıları, belli koşullar altında seviye değişimini elektriksel işarete dönüştüren elemanlardır. Bu algılayıcılarda ilk önce seviye değişimi kapasite değişimine, bu kapasite değişimi daha sonra bir elektronik devre yardımı ile elektriksel işarete dönüştürülür.

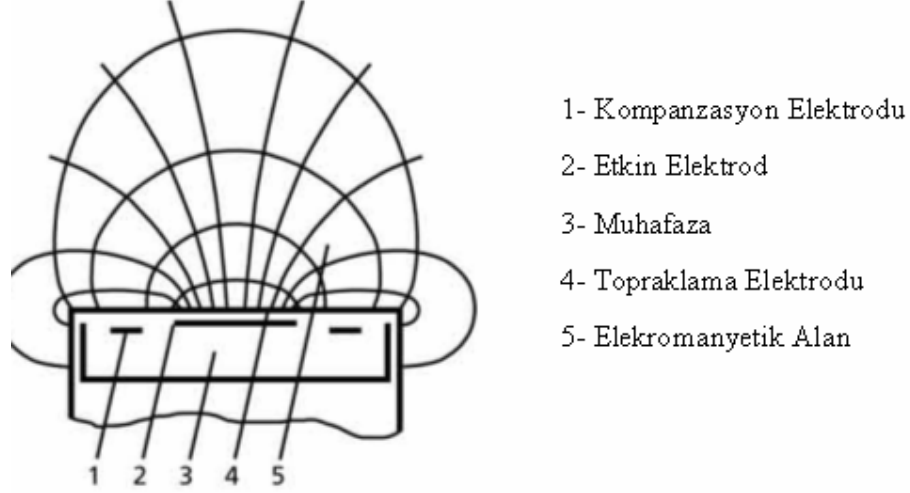
Ölçümü yapılan malzemenin dielektrik katsayısının sensör tarafından algılanması metodu ile yapılan seviye ölçümüdür. Seviye değişiminin kapasite değişimine dönüşmesi, kapasiteyi oluşturan farklı iki dielektrik malzemenin değişimi ile sağlanmaktadır. Sıvını seviyesi yükseldikçe paralel kapasitans değerlerinde değişim olur. Böylece ölçülmek istenen sıvı yüksekliği değişimi ile kapasite değişimi arasında bir ilişki kurulur. Elektronik kuvvetlendirici yardımı ile birim yerdeğiştirme başına bir elektrik işareti elde edilir. Elde edilen bu işaret kapalı döngü seviye denetim sisteminde geribesleme işareti olarak kullanılır.

Malzemenin limit durumlarının tespiti yapıldığı gibi devamlı seviye ölçümünde de kullanılır. Kapasitif seviye sensörleri genellikle radyo frekansı teknolojisini kullanır. Kap içerisindeki sıvının, granüllerin, çimento benzeri malzemelerin seviyesinin tespit edilmesi için kapasitörlerin elektriksel karakteristiklerini kullanır. Giydirilmiş veya çıplak haldeki elektrot (prob) kapasitörün birinci iletken kısmı olarak tankın içerisine daldırılır. Tankın metal gövdesi ise diğer iletken olarak davranacaktır. Metal olmayan ve plastik tanklarda ise, çift elektrotlu sistemler kullanılmalıdır ki, ikinci elektrot diğer kapasitör iletkeni görevini görebilsin. Kapasitif seviye algılayıcısı, tank içerisindeki malzemenin algılayıcı probu boyunca hareket etmesi (artması veya azalması) sırasında meydana gelen kapasite değişimini ölçer. Bu kapasite değeri lineer bir ölçüm için de, belli bir noktadaki seviye bilgisinin kontak çıkışı olarak elde edilebilmesi için de kullanılabilir.



Şekil 1.18 Kapasitif seviye ölçümü

Kapasitif seviye algılayıcısının hassasiyeti, elektronik devrede kullanılan kazanç elemanı ile ayarlanabilmektedir.

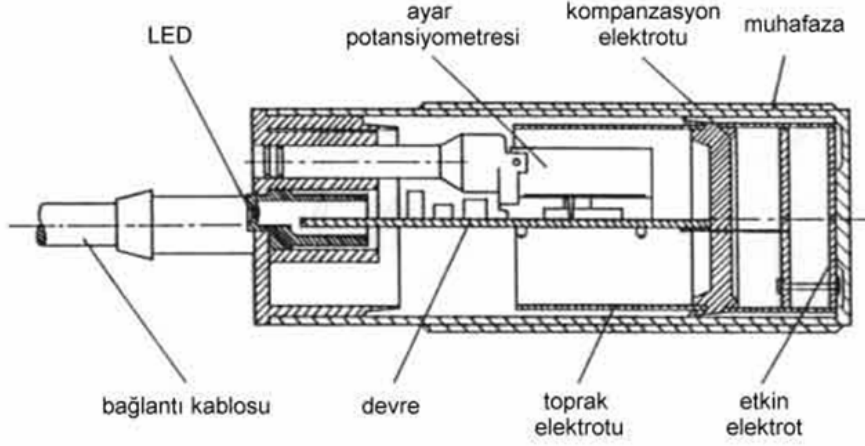


Şekil 1.19 Kapasitif algılayıcının çalışması ,kaynak : www.elektrobilisim.com

Kapasite değişikliğinin büyüklüğü aşağıdaki etkenlere bağlıdır.

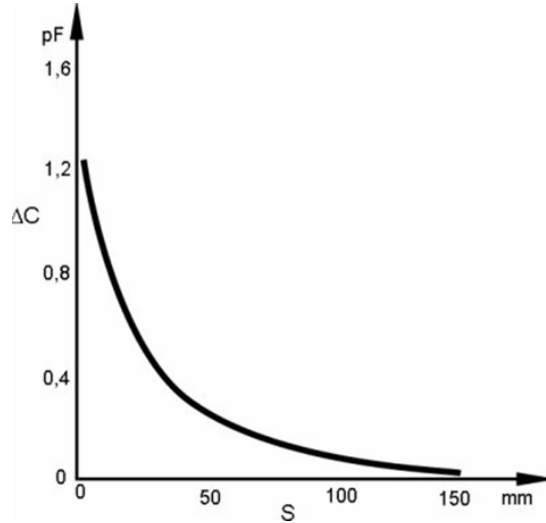
- 1- Etkin yüzey önündeki cismin uzaklığı
- 2- Cismin boyutları ve şekli
- 3- Cismin di elektrik katsayısı

Bu nedenle, kapasitif yaklaşım anahtarları, plastik, cam ,seramik,veya su ,yağ gibi sıvı ,kötü iletken veya iletken olmayan malzemeleri algılayabilir.Ayrıca topraklanmış yada topraklanmamış tüm iyi iletken olmayan malzemeleri algılar.Bir potansiyometre yardımı ile yapılan ince hassasiyet ayarı belirli malzemeleri algılayabilmesini sağlar.



Şekil 1.20 Kapasitif algılayıcısının iç yapısı ,kaynak www.elektrobilisim.com

Di elektrik katsayısı bağı olarak kapasitif yaklaşım anahtarı iletken olmayan veya iyi iletken olmayan tüm malzemeleri algılayabilir.Çalışma ilkesi hedefin hareket etmesinden etkilenmez.Belirleyici olan uzaklıktır.Hedef cismin yüzeyi önemli değildir.Kapasitif yaklaşım anahtarı plakalar arası sadece birkaç volt gerilimle çalışabildiğinden ve yalnızca birkaç mikro watt enerji harcadığından kontak yakınlarında hiçbir statik elektriklenme yapmaz ve RF gürültüsüne neden olmaz pratik olarak hedefe hiçbir etki yapmadan çalışır.

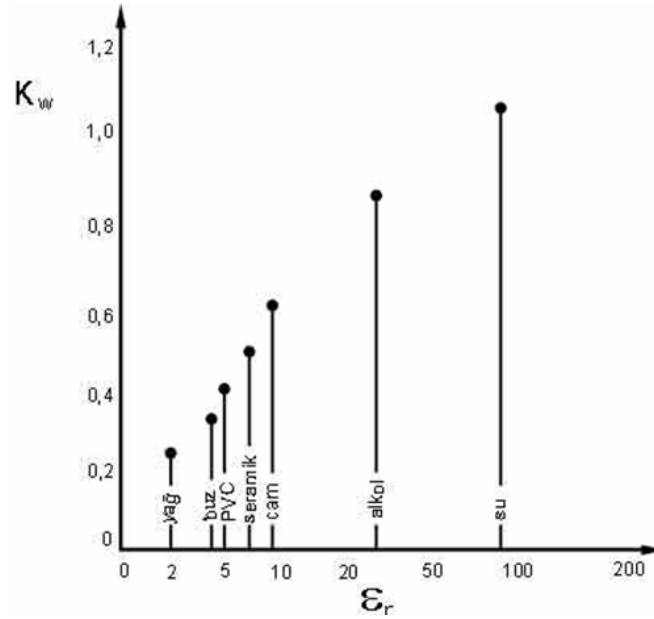


Şekil 1.21 Algilayıcının ucu ile hedef plaka arasındaki mesafenin (S) bir fonksiyonu olarak algılayıcı kapasitesi değişiminin (ΔC) tipik eğrisi ,kaynak www.elektrobilisim.com

Endüstride kullanılan kapasitif yaklaşım anahtarları sıklıkla zor çevre koşulları ile

karşılaşırlar.Bu nedenle ,sensörlerin güvende çalışabilmeleri gereken sıcaklık,soğuk,toz,vibrasyon,nem,aşındırıcı sıvılar, ve gazlar gibi çevre etkilerine karşı alınan önlemlere bağlıdır.Dolayısıyla bu tür çevre koşullarına dayanıklı muhafaza içerisine yerleştirilmeleri gerekir.Kural olarak , muhafaza için kullanılan malzeme yüksek kimyasal dayanımı ve yüksek yalıtkanlık kalitesi olan cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş plastiktir.Vidalı tiplere sıklıkla bağlantı ve montaj için muhafazayı güçlendiren bir metal ceket (nikel kaplı prinç)giydirilmiştir.

Bugün üretilen ve kullanılan yaklaşım anahtarlarının büyük bir yüzdesi ya mekanik kontak yerine doğrudan bağlanabilecek bir yapıya sahip yada CENELEC adı verilen uluslararası bir standarda uygun olan özel yaklaşım anahtarı tasarımı yapı şekilleridir.Diğerlerinin yanında bu ,aynı çalışma ilkesine sahip fakat geleneksel anlamda yaklaşım anahtarı olmayan yarık algılayıcı veya yüksük algılayıcıları da içerir.



Şekil 1.22 Malzemelerin bağıl dielektrik katsayıları ile düzeltme katsayısı(K_w) arasındaki ilişki kaynak www.elektrobilisim.com

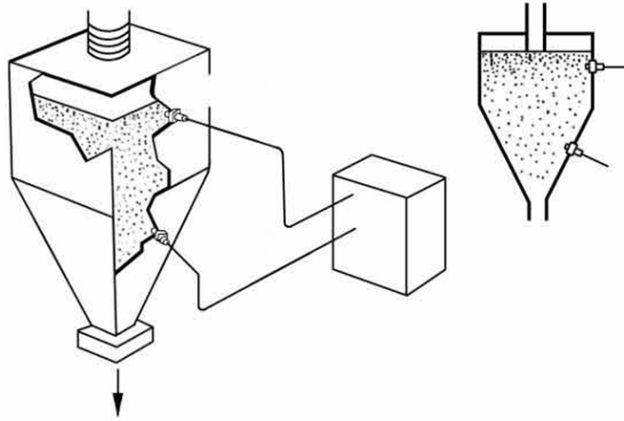
Kapasitif seviye anahtarlarında ,malzeme katsayısı algılayıcı ucundaki kapasitörün değer değişimine bağlıdır. Bu kapasite ne kadar çok değişirse malzeme o kadar kolay algılanır. Bu nedenden dolayı düzeltme katsayısı doğrudan doğruya malzemenin bağıl dielektrik katsayısına bağlıdır.Şekil 1.22 de metaller gibi iletken malzemeler dikkate

alınmamıştır. İletkenlerin düzeltme katsayıları her zaman 1 dir, yani olası en büyük algılama mesafesine ulaşır.

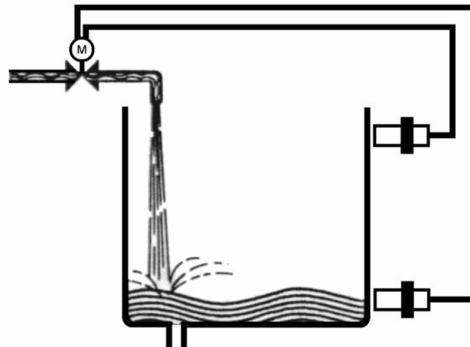
Kapasitif seviye anahtarlarının çalışma ilkesi manyetik veya elektromanyetik alanın algılayıcı ön tarafında biçimlenmesi olayına bağlıdır. Her zaman için bu alanın sadece hedef cisimden etkilenmesi ve kontağa yakın diğer cisimlerin algılanmaması önlenemez. Yani etki alanı içerisinde dielektrik katsayısı yüksek hiçbir malzeme olmamalıdır.

Katı ,sıvı kimyasal maddelerden cihaz etkilenir.Cihazın bu maddelere karşı direnci kontrol edilmelidir. Çok yaygın olarak cam elyafı ile güçlendirilmiş plastik metal ceketle kaplanmış tipler kullanılmaya uygundur. Özellikle zor koşullardaki uygulamalar için korozyona dayanımlı paslanmaz çelik veya teflon özel muhafazalar da vardır.

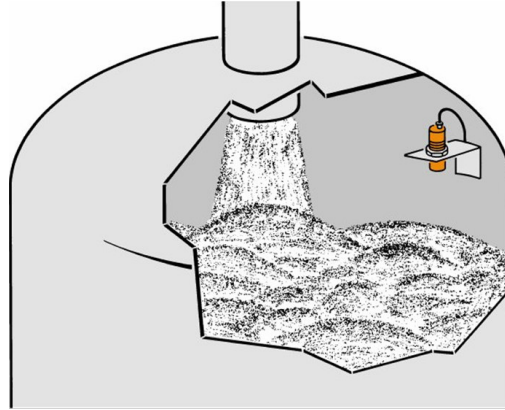
Kapasitif anahtarlar birçok uygulamada kullanılmaktadır.Birkaç uygulama örneği aşağıdaki, 1.23 ,1.24 ve 1.25 nolu şekillerde verilmiştir.



Şekil1.23 İki kapasitif anahtarla silo seviye kontrolü, kaynak : www.elektrobilisim.com



Şekil 1.24 2 kapasitif anahtarla PVC cidarının arkasından seviyesi ölçümü

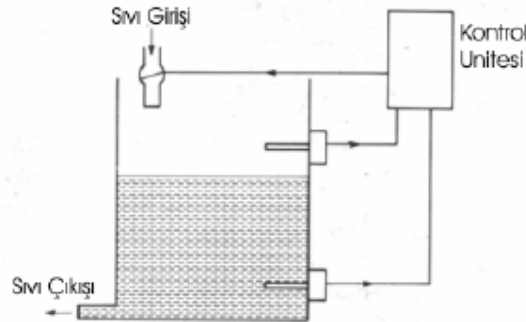


Şekil 1.25 Kapasitif yaklaşım anahtarı ile siloda dolum kontrolü

1.1.4.3 İletkenlik Tip Seviye Ölçümü

İletkenlik metodu ile sıvı seviye ölçümü, ölçülen materyalin (genellikle 20V'un altında akım geçirebilen bir sıvıdır) elektrik iletkenliğini temel alır. Yani Bu yöntemde sıvıların iletkenliğinden faydalanılır. İletkenlik nispeten düşük maliyetli, bir tankta sıvı seviyesinin algılanması ve kontrolü için basit bir yöntemdir. Elektrik devresini kurmanın en yaygın yolu genellikle nokta seviye algılama için tercih edilen ikili tip çubuk kullanmaktır

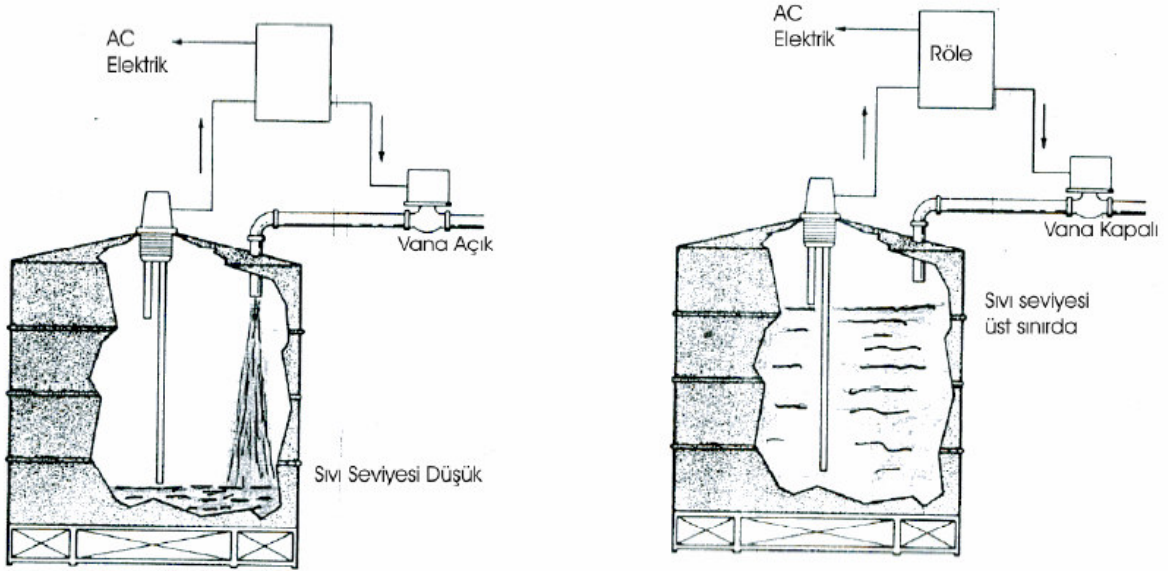
Şekil 1.26 da görüldüğü gibi iki elektrot çubuk; birisi tankın minimum sıvı seviyesini görecektir şekilde diğeri de maksimum seviyeye bağlanmıştır. Sıvı girişindeki pompa veya selenoid valf sıvının minimum durumunda kontrol ünitesinden tetiklenecek ve sıvı dolmaya başlayacaktır. Sıvının üst iletken çubuğa gelmesi ile birlikte elektriksel devre tamamlanacağı için kontrol ünitesindeki bir röle vasıtası ile sıvı girişini sağlayan pompa veya selenoid valfin enerjisi kesilecektir. Bu enerji kesilmesi ile sistemin sıvı akışı kesilmiş olacaktır.



Şekil 1.26 İletkenlik prensibiyle seviye ölçümü yandan bağlantı, kaynak: Kılıç Bülent Harun, "Süreç Ölçümleri- II "Mersin üniversitesi yayınları ,Mersin

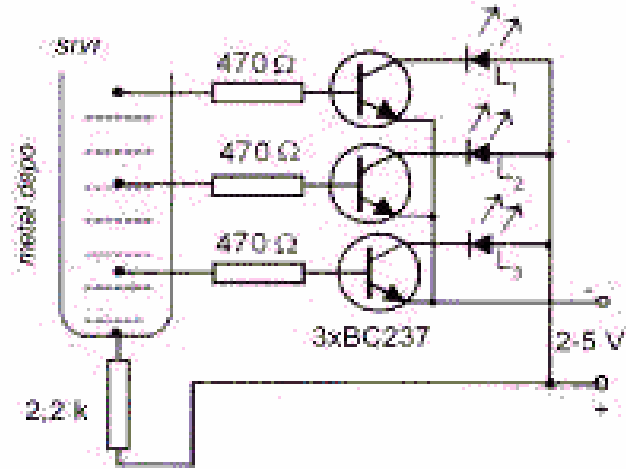
Elektriksel iletkenlik yöntemi için bir başka örnekte ise (Şekil 1.27) elektrotlar kabın üst kısmından birisinin boyu kısa, üst seviyeyi görecektir, diğerinin boyu uzun, kabın tabanını görecektir şekilde dizayn edilmiştir. Kabın sıvı seviyesinin maksimuma ulaşması durumunda elektrotlar arası iletkenlik sağlanacak ve rölenin anahtarlama ile selenoid vananın elektriği kesilerek sıvı akışı durdurulacaktır.

Burada elektrotların iletkenliği ile herhangi bir pompa veya selenoid vana kontrol edilip tankın içerisine sıvı dolması sağlanabileceği gibi, kontrol ünitesindeki anahtarlama özelliği sayesinde sıvının alt seviye çubuğundan daha aşağı inmesini önleyecek bir kontrolde yapılabilir.



Şekil 1.27 İletkenlik prensibiyle seviye ölçümü üstten bağlantı, kaynak: Kılıç Bülent Harun, "Süreç Ölçümleri- II "Mersin üniversitesi yayınları ,Mersin

Şekil 1.28 de verilen devrede depo içinde bulunan iletken sıvının (su, asit, boya vb.) seviyesi yükseldikçe deponun dibindeki direnç ile devreyi tamamlayan elektrotlardan akım akacaktır. Elektrotların bazına bağlı olduğu transistörler iletme geçecek ve kollektörlerinde bulunan ledler yanacaktır.



Şekil 1.28 Elektrot Yöntemiyle Seviye Ölçümü , kaynak ,Katicıoğlu İlkay, Sefer Cafer “Sıvı Tanklarda Seviye Kontrol Sistemi” İ.Ü. Müh. Fak. Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, İstanbul 2005

1.1.5 Elektromekanik Yöntemlerle Seviye Ölçümü

1.1.5.1 Elektromekanik Seviye Ölçüm Cihazı

Motor ve halat ucundaki seviye ağırlığından oluşur. Gövdeye halat ile bağlanmış ağırlık, motor vasıtası ile aşağıya doğru hareket eder. Silo içerisindeki katı malzemeye temas ettiğinde is başlangıç pozisyonuna döner. Geriye doğru sarılan halat uzunluğu, toplam uzunluktan çıkarıldığı zaman tank içerisindeki malzemenin seviyesi elde edilmiş olur. Tozdan etkilenmemesi ve yüksek sıcaklıklarda çalışabilmesi motorlu seviye şalterlerinin avantajlarıdır



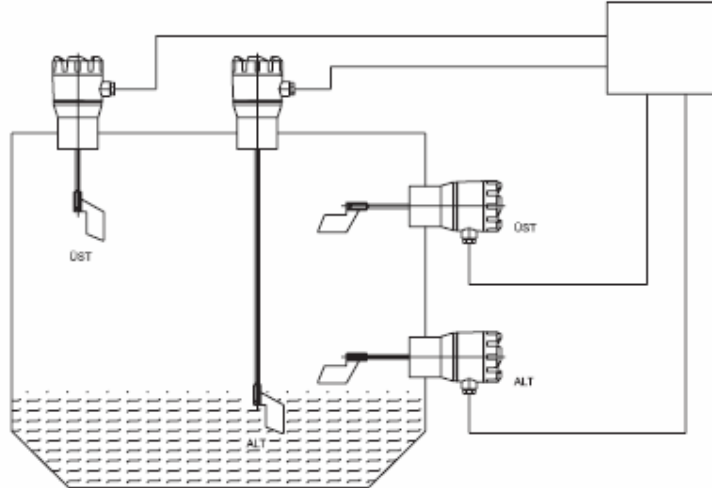
Şekil 1.29 Elektromekanik Seviye Ölçüm Cihazı

1.1.5.2 Pedallı Seviye Şalteri (Mekanik Rotor)

Rotor pedalları, en eski seviye şalterlerinden biridir. Bu sensörler, kullanımı kolay, güvenilir ve her tür kuru yığının (talaş, tahıl, bakliyat, plastik, kimyasal, tıbbi, yiyecek, çimento ve gübre vs.) seviye ölçümünde uygulanabilirliği ile göze batar. Ayrıca tozlu ortamlarda kullanılabilir olması önemli bir özelliğidir.

Bu üniteler temel olarak 3-4 pedala bağlanmış şaftı çeviren küçük bir motordan oluşur. Şaft rahatlıkla dönebiliyorken, malzeme ile temas yoktur. Pedallar malzeme ile temas ettiğinde şaft yavaşlar veya tamamen durur. Bu sayede, cihazın takılı olduğu noktadaki seviyeye kadar malzeme ulaşmış demektir. Genellikle tank duvarının en üstüne, ortasına ya da tank seviyesine göre yerleştirilir. Normal çalışma sırasında (tank içerisinde malzeme yokken) motor pedalı 1 d/d ile döndürür. Pedalın dönüşü malzeme tarafından engellendiğinde, pedal malzemenin içinde kaldığı zaman, motor durur ve mikro anahtarın pozisyon değiştirmesine sebep olur ve cihaz kontrol veya alarm sinyali verir.

Daha gelişmiş modelleri, malzemenin varlığını veya yokluğunu algılamının yanında elektrik bağlantı hatası veya elektrik kesintisi gibi durumlarda kullanıcıyı uyarır. Değişebilen palet yapıları ile içten veya dışardan bağlantı seçeneklerine sahiptir. Palet malzemesi uygulamaya göre paslanmaz çelik veya teflon gibi farklı seçenekler olabilir. Ayrıca yapısında bulunan 4 kademeli tork ayar mekanizması ile, farklı katı maddelere göre istenilen tork değerinde kontak çıkışı almak mümkün olmaktadır. Prob uzunlukları montaj koşullarına göre seçilebilir. Üst ve alt seviye kontrolünde kullanılan pedallı seviye şalterleri, alt seviyede kullanıldıkları zaman üzerlerine koruyucu bir kılıf oluşturmak gereklidir.



Şekil 1.30 Pedallı seviye şalterleri ve farklı montaj şekilleri ,kaynak :www.elimko.com

1.1.5.3 Titreşim Çubuğuyla Seviye Ölçümü

Çubuk , sonunda bulunan piezo-elektrik elemanı kullanarak titreşir. Bu piezo-elektrik eleman belirli bir vibrasyon frekansına set edilmiştir. Probun herhangi bir malzeme ile teması halinde, titreşim malzeme tarafından emilir. Vibrasyondaki bu değişim cihaz tarafından hissedilir ve röle çıkışına dönüştürülür. Tek çubuklu cihazlar sadece katı malzemelerde kullanılırken, çift problu cihazlar, hem sıvı hem de katı malzemelerde kullanılabilir. Vibrasyon problemleri tipik olarak deponun üst kısmına veya yan tarafına monte edilir. Bu tamamen elektronik seviye şalterlerinin iki önemli avantajı vardır. Birincisi, farklı malzemeler için herhangi bir kalibrasyona ihtiyaç duymamalarıdır.İkincisi ise, bu problemlerin çok düşük yoğunluklu malzemelerde bile sorunsuz çalışabilmeleridir.



Şekil 1.31 Titreşimli seviye ölçüm cihazı kaynak:www.ensim.com.tr

1.1.6 Optik Yöntemle Seviye Ölçümü

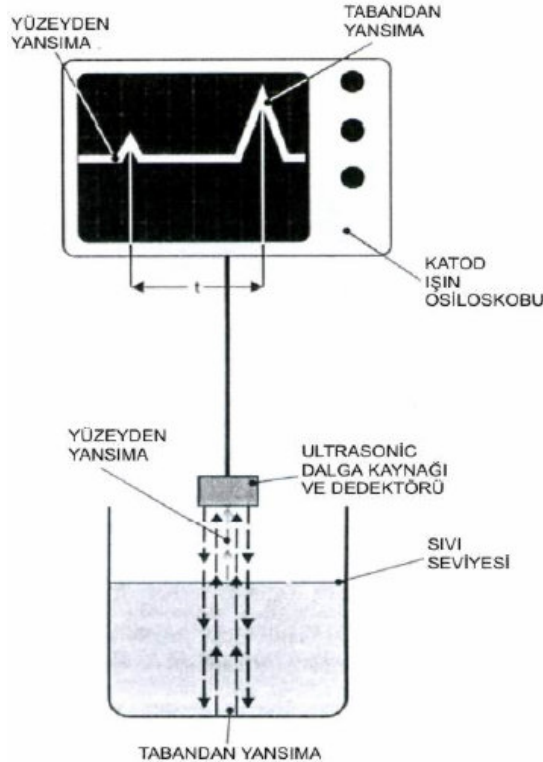
Basit optik anahtarlama kullanılır. Algılayıcıdaki ışık miktarının değişimi, seviyenin bu noktada olduğunu belirtir.Özellikle temizlik gibi bakım ihtiyacının fazlalığı nedeniyle seviye ölçümlerinde sık kullanılmaz. Referans ışık değişimine ve kirliliğe duyarsız ölçüm de mümkündür ancak maliyeti oldukça yüksektir. Bu ölçüm metodu seviye ölçümünden çok kirlilik ölçümü uygulamalarında daha kullanışlıdır.

1.1.7 Temassız Seviye Ölçüm Yöntemleri

1.1.7.1 Ultrasonik Seviye Ölçümü

Ultrasonik kelime anlamı olarak insan kulağının duyabildiği frekansta yer alan sesin hemen üstünde bulunan yüksek frekanslardaki sese verilen isimdir. Bu frekans aralığı 20 - 500 kHz arasındaki bir başka deyişle genlik modülasyon bandının hemen altındaki frekanslarda yer almaktadır. Ultrasonik algılayıcıların temel çalışma mantığı bu frekans aralığında bulunan bir ses dalgasının, ultrasonik verici tarafından üretilerek gönderilmesi ve uzaktaki bir nesneden yansıyan ses dalgasının alıcı tarafından alınarak tekrar elektriksel işarete çevrilmesi esasına dayanır.

Tankın üstüne yerleştirilen sensör içerisindeki pizelektrik kristal, elektriksel sinyalleri belirli bir frekans ve sabit hızla ortam içerisinde dalgalı olarak hareket eden ses enerjisine dönüştürür. Bu ses dalgalarından küçük bir kısmı sıvı yüzeyinden yansıyıp geri dönmektedir (Şekil 1.32). Sıvı içerisinde ilerleyen ses dalgalarının geri kalan kısmı da tank tabanından yansımaya uğrayacak ve ses dalgaları üreten kaynağa geri dönecektir. Her iki yansıyan puls değerleri osiloskopta görülecektir. İki puls arasında geçen fark zaman, sensör ile seviyesi ölçülmek istenen malzemenin yüzeyi arasındaki uzaklıkla doğru orantılıdır. Bu süre, sıvının kap içerisindeki seviye miktarını veya kabın, düzgün bir hacme sahipse hacim veya kütle olarak miktarını bize verecektir



Şekil 1.32 Ultrasonik seviye ölçümü

Seviye ölçümü için gönderilen ve alınan ses dalgası arasında geçen zaman ölçülürse, bu süre sesin aradaki mesafeyi bir gidiş ve bir geliş için geçirdiği süreye eşittir. Sesin hızı sabit olduğundan (25 °C 'de 340m/s) hedefin uzaklığı basit bir çarpma sonucunda bulunabilir.

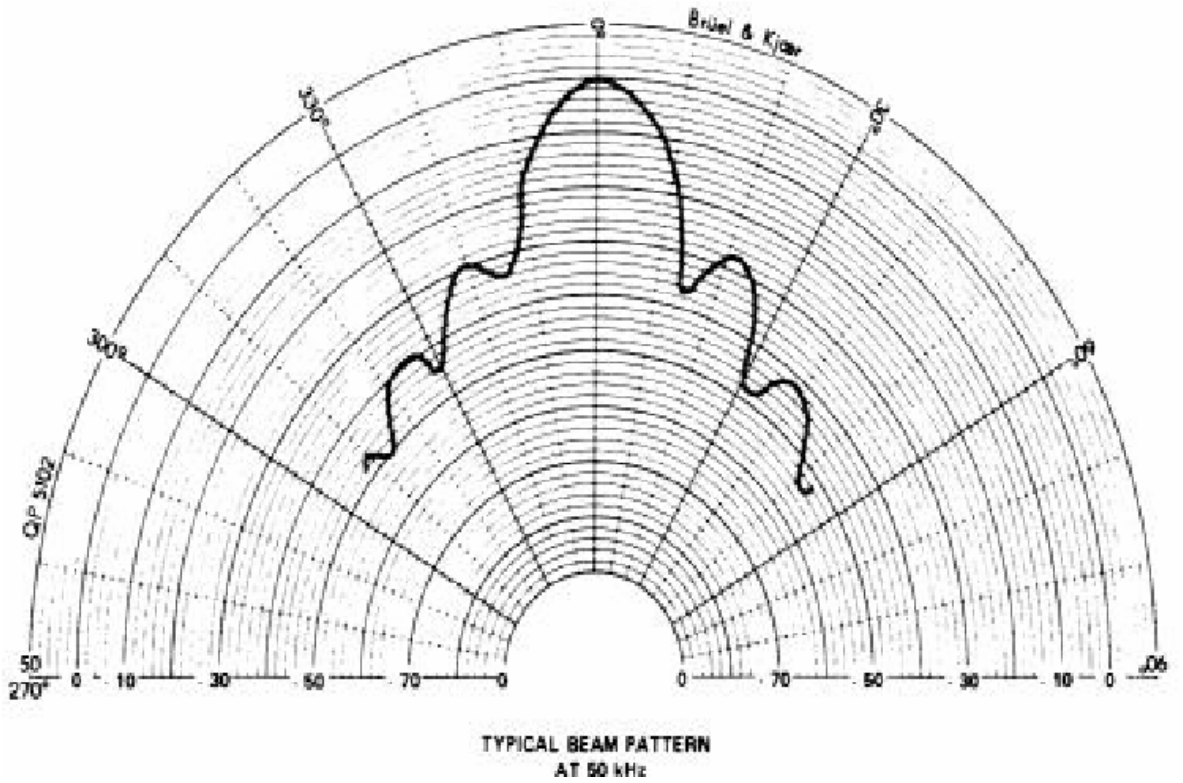
Δt = Sesin gidiş ve geliş süresi

Δx = hedef ile ses dalgasının çıkış noktası arasındaki mesafe

olmak üzere ;

$$\Delta X = (\Delta t / 2) V_{ses} = (\Delta t / 2) m/s \quad (1.6)$$

denklemden uzaklık basitçe hesaplanabilmektedir. Süre ikiye bölünmelidir çünkü arada geçen süre bir gidiş ve bir geliş zamanı için geçen süredir.



Şekil 1.33 Ultrasonik sensörün tipik ışınma şablonu, kaynak:www.elektrobilisim.com ,Ultrasonik sensörler ve robot uygulamaları

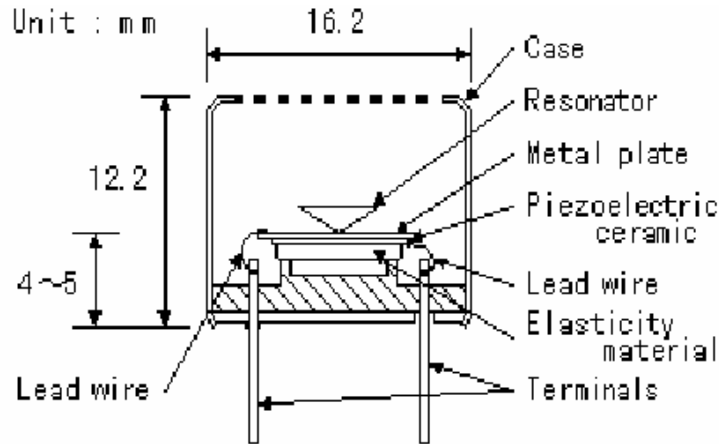
Ultrasonik seviye sensörü, pizelektrik sensörden gelen 40 KHz ultrasonik sesin kısa darbelerini yayarak çalışmaktadır. Ses enerjisinin küçük bir kısmı sensörün önündeki cisimlerden yansyarak dedektöre yani farklı bir pizelektrik transducere gelir.

Alıcı yükselteci yansyan işareti (ekoları) sinyal dedeksiyon sistemine veya mikro denetleyiciye gönderir. Sinyalin havadaki hızına bağılı olarak mikro denetleyici cisimlerin ne kadar uzakta olduklarını zamanlama prosessi koşarak belirler.

Ultrasonik seviye sensörleri fiziksel olarak iki çeşitte piyasada bulunmaktadır.Buna rağmen temel işlevleri aynıdır.

- İlki , ultrasonik ses dalgalarının yayılması ve algılanmasının tek bir pizelektrik sensör tarafından yapıldığı tiplerdir.
- İkincisi ise ,ultrasonik ses dalgalarının yayılması verici sensör, dalgaların algılanması ise alıcı sensör tarafından yapıldığı türdür..Bu tipteki uzaklık dedeksiyon işleminde 2 tane sensör kullanılır.

Ultrasonik sensörlerde yansyan işaretin dönme süre bilgisine göre işlem yapıldığında bazı anlaşılmazlıktan kaynaklanan yorum hatası yapılabilmektedir . Örneğin sensörün yüzü kendine daha yakın düz bir cisim ile paralel olsun.Bu cismin arkasında ise yansıtıcı yüzeyi olan çok geniş bir duvar olduğunda, sensör tarafından algılanan bilgi sensörün önünde bulunan yakın cisme göre yorumlanır.Buna rağmen bazen yansyan işaretin dönme süre bilgisi anlamlı cismi algılamamızda bizi yanıltabilir.Eğer cismin bulunduğu yüzey, sensörün gerçek yüzeyi ile açısız olarak ölçeklendirilirse, informasyon bilgisi 30 derece konisi içinde bulunan en yakın noktaya göre kaydedilir.



Şekil 1.34 Ultrasonik sensörün iç yapısı , kaynak: www.elektrobilisim.com ,Ultrasonik sensöreler ve robot uygulamaları

Ultrasonik seviye şalterleri, özellikle düşük viskoziteli sıvıların noktasal seviye ölçümlerinde de alternatif bir yöntemdir. Şalterin bir yanında bulunan çevirici kristal ile diğer taraftaki alıcı kristal arasında malzeme olup olmadığını ses dalgalarının iletimi yöntemiyle algılar.

Ultrasonik ölçüm methodu kapasitif yada temas ederek seviye ölçümü yapan diğer sistemlere kıyasla en avantajlı olanıdır.En önemli avantajı temassız ölçüm yapmasıdır. Proseslerde birçok uygulamada temestan kaçınılır.Zira yapışkan malzeme veya kimyasal malzeme cihaza zarar verip doğru çalışmasını engeller.Diğer yandan kimya ve gıda sektöründe özellikle temasın istenmediği durumlarda kullanılması kaçınılmazdır. Akışkan, yapışkan yada korozif sivi maddelerde olsun, akıcı özellik taşıyan kati maddelerde olsun 50 metreye kadar devamlı seviye ölçümlerinde kullanılan en uygun ölçüm seklidir. Özellikle patlayıcı veya yanıcı malzeme bulunan tanklarda diğer methodlar elektrikli yönden tehlike oluşturduğu için ultrasonik method en iyi yöntemlerden biridir.

Diğer yandan tozlu silolarda ölçüm mesafesi daralır. Tozlu ve kirli sistemlerde kullanılması genellikle tercih edilmez.Basınç ve sıcaklık dayanımları yüksek değıldir. Sıcaklık dayanımları ortalama 0-80° C arasındadır. Ayrıca dalgalanmanın olduğu seviye yüzeylerinde kullanıldığı zaman hatalı ölçümler yapar. Bu durumlarda erken yansıyan ses dalgalarının seviye bilgisine dönüştürülmesi hatalı seviye bilgisine neden olmaktadır. Nispeten, pahalı bir sistem olmasına karşılık kesin, hassas ve temiz ölçüm yapan ve kullanım olarak geniş bir derinlik ölçme sahası olan denizcilik gibi birçok uygulama için uygun bir metoddur.

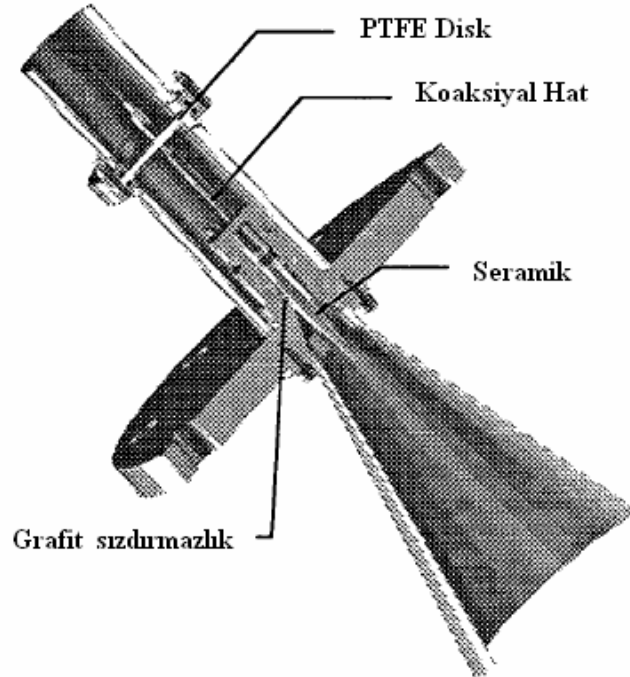
1.1.7.2 Radar İle seviye Ölçümü

Bu yöntem, ultrasonik prensibe oldukça benzer bir metottur. Radar yönteminde, kabın üstüne yerleştirilen sensörden aşağı doğru yönlendirilmiş GHz mertebesinde yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar kullanılır. Gönderilen enerjinin seviyesi ölçülmek istenen sıvı, yüzeyinden yansıyan kısmı, sensöre geri döner.Sinyalin gidip gelme süresi seviyenin tespiti için kullanılan büyüklüktür. Noninvazif olarak adlandırılan radar teknolojisinde herhangi bir tüp veya kablo kullanılmaz. FMCW (Frekans Modüler Sürekli Dalga) ve Pals Radar iki farklı noninvazif radar teknolojisidir, invazif radar teknolojisinde dalgaya kılavuzluk edecek sensörden tankın tabanına kadar uzanan bir kablo veya çubuk kullanılır.Radar sistemlerde hassasiyet +/- 1 mm veya daha iyi değerlere erişebilmektedir



Şekil 1.35 Radar seviye ölçüm cihazları, kaynak :www.vega.com

Radar teknolojisi uzun zamandır seviye ölçümlerinde pek çok farklı uygulamada kullanılmaktadır. Buna rağmen özellikle çimento ve petrokimya endüstrisinde eski radar cihazlarının kullanımı son derece sınırlıydı. Eski radar sensörleri izolasyon valfi olmaksızın imal edilmekteydiler. Bunun olumsuz yanı cihazın sık sık temizlenmesinin gerekmesi, bunun içinde tüm tanktaki işlemin durdurulup o cihazın yerinden sökülmesiydi. Bu olumsuz yönünün yanı sıra en olumlu ve aranan özelliği ise radar cihazlarının yüksek hassasiyetleriydi.



Şekil 1.36 Seramik anten sistemi ,kaynak : Motzer Juergen,(2000) “A Puls Radar Gauge For Level Measurement And Prosess Control “ Vega Grieshaber KG ,Germany

Yeni jenerasyon radar seviye ölçüm cihazları bu sorunları tamamen ortadan kaldırmıştır. Yeni geliştirilen radarların belirgin avantajları şunlardır:

- Kanıtlanmış sızdırmazlık ,tam güvenilir elektronikdir. Ayrıca teflon yerine seramik (Bkz. Şekil 1.36) kullanımı ile flanşların 100 °C ve 400 °C sıcaklıklarında,tam vakum ve 100 bar basınçta problemsiz çalışabilmesi sağlanmıştır.
- Sert sızdırmazlık malzemeleri olarak Tantalum ve Grafit (Bkz. Şekil 1.36) kullanımı ile yalnızca yüksek sıcaklıklarda değil aynı zamanda yüksek basınçlarda da güvenilir çalışma mümkün olmuştur. Bu olumlu gelişmeler sonucu yeni radar sensörleri hemen her türlü kimyasal ve karışımların oluşturduğu zor şartlara dayanabilmektedirler.

Sızdırmazlık elemanının asıl görevi radar anteninin işlem şartlarından etkilenmesini önlemektir. Radar cihazlarında en büyük problem asit ve aşındırıcı sıvı buharının yumuşak sızdırmazlık elemanlarına zarar vermesi ve anteni kısa devre etmesi idi.

Yeni elektronik komponentlerin kullanımı enerji tüketiminin belirgin ölçüde azalmasına sebep olmaktadır. 2 kablolu 4....20 mA lik bir bağlantı tek gerekli olan bağlantı şeklindedir ve HART haberleşme protokolünün yanı sıra patlamaya karşı modelleri de mevcuttur.

Radar teknolojisi hala çok karmaşık bir teknolojidir.Fakat son gelişmeler sayesinde artık cihazın kendisi o derece komplike olmaktan çıkmıştır. Eskiden yalnızca bir radar uzmanının yaptığı işlemlerin tümünü artık cihaza yerleştirilen bir mikroprosesör yapmaktadır.

Tüm yapılması gereken , bilgisayar kablosunun cihaza takılması ,ölçüm aralığının set edilmesi ,ve işlem şartlarının seçilmesidir. Cihaz kullanıma hazırdır. Bu işlemlerin tümü Standard bir HART el tipi cihazıyla yapılabilir fakat bu eski bir teknoloji olduğu için daha çok zaman almaktadır.kolay hızlı ve pratik yol varken uzun ve zahmetli işlemlere artık hiç gerek kalmamıştır.

Yedek parça stokları örneğin, basınç ölçerlerin her ayrı modelinin boyutları ve özelliklerine göre her türlü değişik yedek parçaları ihtiva etmek zorunludur. Fakat radar cihazlarında durum tamamen farklıdır. Radar cihazının ölçüm aralığı için seçilen model standart modelse yalnızca çok az yedek parça stoğu gerekmektedir.

Şüphesiz pek çok durumda radar tek çözümdür. Eğer ölçülecek sıvının dielektrik katasayısı

1,5 dan büyükse ,tankın üstüne monte edilebilecek uygun yer varsa ve cihazın monte edildiği yerin altında karıştırıcı yada başka engeller yoksa radar uygulama için en uygun çözümdür. Esasen radar cihazları pek çok tankın içerisinde karşılaşılabilecek engelleri tanıyıp elimine edebilecek elektronik teknik donanıma sahiptirler.Cihaza ilk işletmeye alma sırasında tank içerisinde tüm hatalı sinyale sebep olabilecek engeller tanıtılıp bunlar elimine edilerek yalnızca en doğru sinyali tanınması programlanabilir. Akışkanın yoğunluğu ve sıcaklığı radar için bir sorun değildir. Çünkü radar yalnızca sıvı yüzeyini görmekte ve ölçmektedir.Radar seviye her ne olursa olsun daima güvenle çalışacaktır. Eğer flanşlı bağlantı mümkün değilse konik yerine çubuk anten seçilebilir. Bu tür çubuk antenler PTFE den yapılmışlardır ve mükemmel sızdırmazlık elemanlarına ve yanı sıra konik antenlerin tüm özelliklerine sahiptirler. Güvenlik ,kalite ve fiyat konusu değerlendirilirken artık radar cihazlarının da mutlaka değerlendirilmesi ve göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Radar elbetteki her yerde deva bir çözüm değildir. Fakat özelliklerinin iyi anlaşılması ve uygulamasının iyi yapılması onun pek çok konuda rakipsiz ve tek çözüm olmasına sebep olmaktadır.

1.1.7.3 Radyasyon (Nükleer) Seviye Ölçüm Yöntemi

Nükleer radyasyonun yayılımı, nükleer radyasyonu oluşturan üç çeşit parçacık ile olur. Bu parçacıklardan Alfa ve Beta radyoaktif parçacıklarının nüfuz özelliğinin düşük olması sebebiyle, seviye ölçümlerinde Gama radyoaktif parçacıkları kullanılır. Gama radyoaktif parçacıkları seviye ölçülecek tankın bir yüzeyinden yayılır ve sıvı içerisinden geçerek karşı yüzeye ulaştırılır. Gama ışınlarının karşı yüzeye geçme oranı, tank içerisindeki sıvı yüksekliği ile ilgilidir. Kaynaktan sensöre aktarılabilen tanecik sayısı, gamma izotopu , radyoaktif ışınımın geçtiği ortamın kütlesi ile ters orantılıdır. Dolayısıyla, bu yöntemde kaynak - sensör arasındaki mesafe miktarı doğrudan ölçülüp buradan seviye bulunur.

Eğer gama parçacıkları bir sıvı ile karşılaşmazsa algılama yüksek olur. Sıvı içerisinden geçerse algılama düşük olur. Bu algılama değerleri, algılayıcı tarafından elektrik sinyallerine dönüştürülür. Bu elektrik sinyallerindeki değişim seviyedeki değişim olarak göstergeye yansır.

Radyasyonla ölçü sistemi pahalı bir sistemdir ve seviye ölçümü uygulaması için maliyeti yüksektir. Daha çok yoğunluk ölçümüne uygulanan bir yöntem olarak bilinir. Fakat diğer yöntemlerle yapılan seviye ölçümlerinde iyi sonuç alınmaması durumunda,bu yöntem son derece güvenli sonuçlar verir. Dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise, seviyesi ölçülmek istenen malzemenin radyoaktif özellikli olmaması gerektiğidir.

1.1.8 Seviye Ölçüm Yöntemleri Karşılaştırma Tabloları

Çizelge 1.1 Seviye ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması

Ölçüm Teknolojisi	Avantajları	Dezavantajları
Magnestrostrictive	<ul style="list-style-type: none"> Sınırlı Hareket Az oynar parça Ara yüzeyleri ölçme imkanı 	<ul style="list-style-type: none"> Yoğunlukla değişen kalibrasyon Şamandıra kalibrasyonunun kaymasına neden olabilir. Uzun ölçülerde yüksek fiyat
Ultrasonik	<ul style="list-style-type: none"> Oynar parça yok Temassız ölçüm teknolojisi Kolay kalibrasyon 	<ul style="list-style-type: none"> Toza, ağır buhara, yüzey türbülanslarına ve köpüğe duyarlı Vakumda veya yüksek basınçta çalışmaz Malzemenin yansıtma yeteneği iyi olmalı Pozisyona diğer sistemlerden daha duyarlı Malzemenin buharından, köpüğünden, vs etkileyebilir Sınırlı basınç ve sıcaklık
Radar	<ul style="list-style-type: none"> Temassız Ortamdaki buhar ve fiziksel özelliklere duyarlı değil Yüksek hassasiyet 	<ul style="list-style-type: none"> Pahalı Katı malzemelerde kullanılamaz Fazla sayıdaki yansımalar ölçümü etkileyebilir. Ara yüzey ölçümü yapılamaz
Mekanik Rotor	<ul style="list-style-type: none"> Düşük maliyet 	<ul style="list-style-type: none"> Mekanik (hareketli parçalar) Yüksek bakım gerektirir
Hidrostatik	<ul style="list-style-type: none"> Montaj kolaylığı Blokaj valfleri kullanılarak prosesten izole edilebilir Kullanıcı dostu Basınç standartlarına göre kolaylıkla kalibre edilebilir Ciddi enstrüman maliyeti tasarrufu 	<ul style="list-style-type: none"> Sıvı yoğunluğunun değişmesi hassasiyeti etkiler Valfler ve borular montaj maliyetini arttırabilir.
Şamandıra	<ul style="list-style-type: none"> Çok çeşitli yoğunluklardaki sıvılara adapte edilebilir Ekstrem proses şartlarında kullanılabilir Limitsiz tank yüksekliği Uzaktan okuma yoksa oldukça hesaplı 	<ul style="list-style-type: none"> Malzemenin partiküllerinden zedelenme tehlikesi Hareketli parçalar sıvı içerisinde Limitli basınç dayanımları Türbülanslı sıvılarda çok iyi değil Granüller için uygun değil Yüksek bakım gerektirir

Ölçüm Teknolojisi	Avantajları	Dezavantajları
Isıl Kütle	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek hassasiyet • Dayanıklı • İyi algılama 	<ul style="list-style-type: none"> • Akışkan özelliklerine fazla duyarlı
Kapasitif	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek basınç ve sıcaklık altında sorunsuz çalışır. • Çok yönlü kullanım • Her türlü malzeme ile çalışma imkanı • On-Off veya sürekli ölçüm imkanı • Genellikle pahalı olmayan bir yöntem 	<ul style="list-style-type: none"> • İçerden ölçüm zorunluluğu • Dielektrik sabitlerinin değişimi nedeniyle hatalı ölçüm ihtimali • Uygulamaya duyarlı • Granül ölçümlerinde bir çok faktörün göz önünde bulundurulması gerekir.
Titreşim	<ul style="list-style-type: none"> • Özel kalibrasyon gerektirmez • Çok hafif özgül ağırlıklı malzemeleri hissedebilir • Elektriksel veya diğer fiziksel büyüklüklerden etkilenmez. 	<ul style="list-style-type: none"> • Köpükle çalışamaz • Hareketli parça
İletkenlik	<ul style="list-style-type: none"> • Ucuz 	<ul style="list-style-type: none"> • Sadece iletken sıvılarda kullanılabilir. • Sürekli seviye ölçümlerinde kullanılamaz • Elektrotlardaki yalıtım malzemeleri zamanla sorun çıkarabilir.

2. BENZER SİSTEMLERİN İRDELENMESİ

Bugüne kadar var olan seviye ölçüm cihazları içerisinde,tasarladığımız mekanik ölçüm cihazına kısmen benzer özelliklere sahip sistemler mevcuttur.Bu sistemlerden bazıları farklı uygulama alanına bazıları ise sistem özellikler açısından farklı özelliklere sahiptir.Fakat bu tez çalışmasındaki tasarımı gerçekleştirilen sistemi daha rahat anlayabilmek ve üstünlüklerini görebilmek için benzer sistemlerin irdelenmesi gerekli görülmüştür.

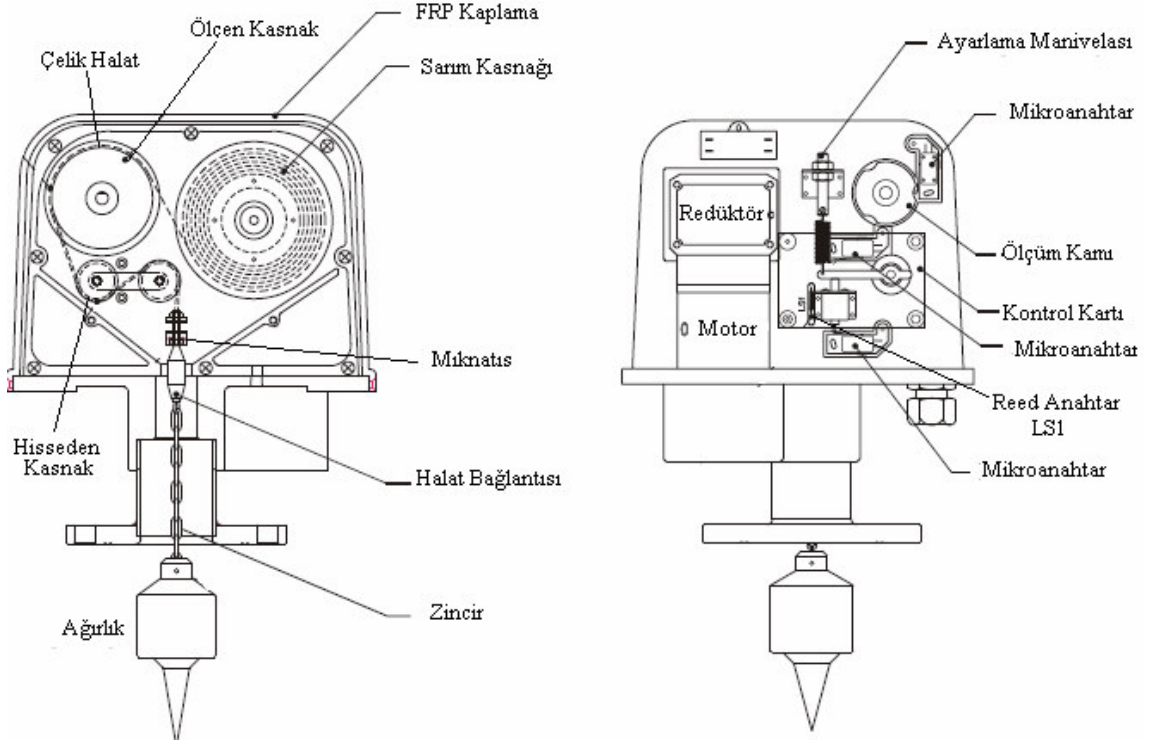
Bugün piyasada farklı uygulamalar ve farklı üretici firmalar tarafından imal edilmiş ve standart bir ürün olarak satışı gerçekleştirilen cihazlar vardır. Bu tarz cihazlarda genellikle bir halat tambur mekanizması bulunur ,hareket sistemi mekaniktir,seviyeyi cihazın üzerindeki LED veya pano tipi bir göstergeden izlemek mümkündür.Zor şartlarda kirli tozlu ve kaba malzemelerin seviye ölçümünde rahatlıkla kullanılabilirler. Bu ürünler aşağıda belirli bir yöntem adı altında var olan sistemlerin,toplamda genel özelliklerini yansıtan ayrıntılı bir incelemesi gerçekleştirilmiştir.

2.1 Elektromekanik Seviye Ölçüm Cihazları

Elektromekanik yöntemle çalışan cihazlar ,zincirli mekanizma olarakta geçer ,katı madde seviye ölçümü için tasarlanmış cihazlardır.Cihazlarda kullanılan motor ve redüktörden dolayı sistem mekanik olarak adlandırılabilir.Fakat bu sistemler pals elektriksel çıkış ürettiğinden dolayı bu sistemleri elektromekanik olarak adlandırmak en doğrusu olacaktır.

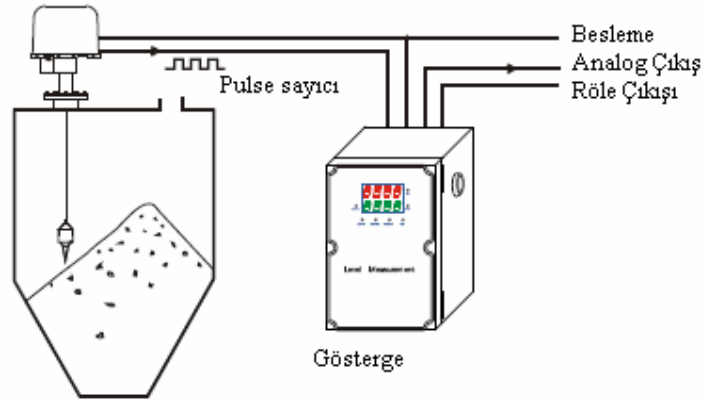
2.1.1 Elektromekanik Cihazların Teknik Özellikleri Ve Çalışma Prensibi

Bu tarz sistemlerde çalışma prensibi ve montajı aslında gayet basittir. Cihaz şekilde2.1 görüldüğü gibi tankın üzerine bağlanır .Şekil de iç yapısı görülen örnek sistemde ucuna ağırlığın bağlı olduğu çelik halat başlangıç koşulunda “sarım kasnağı” olarak adlandırılan kasnağa sarılıdır.Aşağıya hareket başladığında halat kasnaktan açılarak “ölçen kasnak” olarak adlandırılan kasnağı döndürür ve “hisseden kasnak” dan geçerek aşağı doğru hareket eder .



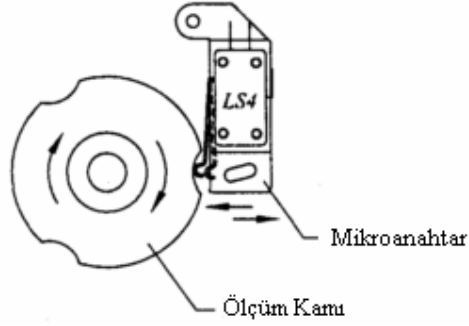
Şekil 2.1 Elektro mekanik ölçüm cihazı, kaynak,www.fine-tek.com

Tankın içerisine aşağı doğru hareket eden ağırlık, seviyesi ölçülecek cismin yüzeyine ulaştığında katı cisme saplanır. Hareketteki bu değişim mikroanahtar tarafından algılanır ve motor durur. Bu noktadan sonra seviyenin yükselmesi veya alçalmasına göre mikroanahtarların konumları tekrardan değişir. Bu değişim motorun dönme yönünü ve açısını belirler dolayısıyla ağırlık seviye ile birlikte hareket eder. Ölçülen halat boyu tankın toplam yüksekliğinden çıkartılır ve seviye bilgisi bir göstergede değerlendirilir.



Şekil 2.2 Cihazın montajı ve bağlantısı

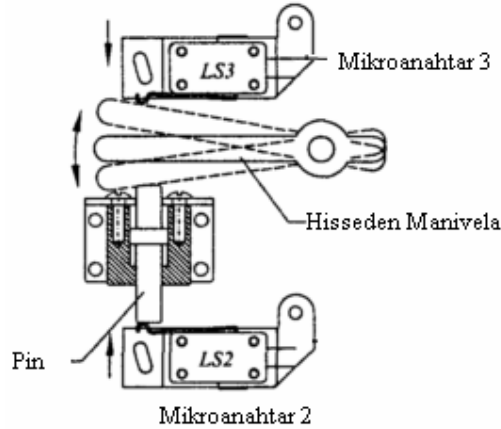
Ağırlığın aşağıya doğru hareketiyle döndürdüğü ölçen kasnak,şekilde görülen yapıdaki gibi arkasındaki ölçüm kamını döndürür.Ölçüm kamının yapısı şekildeki gibidir.



Şekil 2.3 Ölçüm kamının yapısı

Ölçüm kamıyla mikroanahtar birlikte çalışır.Dönen kamın geometrik yapısı itibariyle bir tam döngü esnasında mikroanahtar 3 kez açılıp kapanır bu elektriksel değer pals çıkışı olarak değerlendirilir.Ağırlık katı cisme saplandığı anda hareket durur ve o ana kadar ölçüm kamının dönmesiyle oluşan pals sayısı bir göstergeye aktarılır.Aktarılan her pulse değeri cihazın hassasiyetine göre bir mesafeye denk gelir (örneğin: 5 cm).Bu değer tankın toplam yüksekliğinden çıkarılarak katı cismin seviyesi göstergede okunur.

Katı seviyesinin yükselmesiyle birlikte hisseden kasnağın konumu değişir.Hisseden kasnağın arka tarafında bağlı olduğu bir mekanizma vardır.Bu mekanizmanın yapısı şekildeki gibidir.



Şekil 2.4 Pin mikroanahtar yapısı

Bu mekanizmada seviyenin yükselmesi yada azalmasına bağlı olarak şekilde görülen pinin iki yönlü hareketine sebep olur.Pin'in yer değiştirmesi "hisseden manivela kolunu" hareket

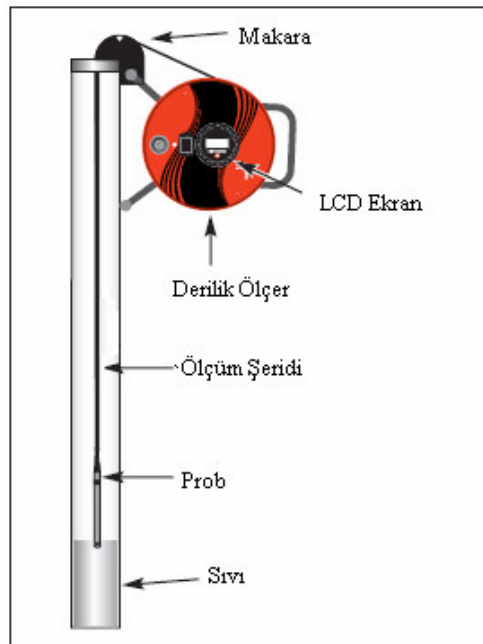
ettirir ve mikroanahtarlar konum değiştirir.Oluşan sinyal cihazın elektronik kartına aktarılır ve motorun dönme yönünü belirlenir.

şekilde görülen gösterge pals girişli özel tip bir göstergedir.Ekranda,seviyeyi sürekli görmek mümkündür.Göstergeden,analog ve kontak çıkış sinyalleri almak mümkün olabilmektedir.Aynı zamanda sistemin güvenliği için tasarlanmış alarm ıkışları,örneğin halatın kopması durumunda sistemin alarm vermesi gibi özelliklere de sahiptir.Bu tarz sistemlerin hassasiyeti pek iyi değildir genellikle 2 ila 5 cm arasında bir değere sahiptirler.öte yandan ölüm aralığı geniştir ve bu önemli bir avantajdır, 2 metreden 70 metreye kadar sürekli seviye ölümü yapmak mümkündür.Yalnız sistem biraz hantaldır yaklaşık olarak 25 kg toplam ağırlık değerine sahiptirler.

Bu sistem sadece katılarda kullanılabilen bir sistemdir.Ve genellikle kaba malzemelerin seviye ölümünde kullanılır.Bunun yanı sıra,özellikle imento ve tahıl silolarında ve kireç tanklarında kullanımı uygundur.Tozdan kirden etkilenmemesi önemli bir avantajdır.Fakat hassasiyet değerinin düşük oluşu ve sıvılarda kullanımının uygun olmayışı dezavantajları olarak göze çarpmaktadır.

2.2 Halatlı Derinlik lerler

Bu sistemler iletkenlik prensibine göre çalışırlar.Prop sıvı seviyesine ulaştığında,elektrik devresi kapanır ve cihaza bir uyarı sinyali iletilir.Bu sinyal hem görsel hem de ses olarak değerlendirilebilir.



Şekil 2.5 Halatlı derinlik ölçer

Ölçülen şerit uzunluğu toplam uzunluktan çıkarılarak seviye bilgisi hesaplanır.Bu sistemler genellikle sondaj çukurlarının,kuyuların ve yer altı sularının seviyesinin ölçülmesinde kullanılan cihazlardır. Bunun yanında köpüklü sıvıların seviye ölçümünde de kullanılır.

Köpüklenme problemi,birçok ölçüm yönteminde problem yaratan,ölçüm değerlerinde hatalara neden olan bir durumdur.Bu yöntemde rahatlıkla ölçüm yapılabilir.Ayrıca bu sistemlerde genellikle var olan ,duyarlılık ayar düğmeleri vardır.Bu düğmelerin yardımıyla iletkenliği değişiklik gösteren sıvıların ölçümü esnasında ayar yapılarak kalibrasyonları yapılır ve en doğru ölçüm sağlanmış olur.

Bu cihazların en önemli özellikleri portatif taşınabilir olmalarıdır.Farklı noktalarda,hatta farklı uygulamalarda ölçüm yapılabilir. Kullanılacak sıvının türüne göre probun malzemesi değişiklik gösterebilir.PVC ,PVDF, polietilen veya paslanmaz çelik prob seçilebilir. Hassasiyet değerleri +/- 0,25 den ...+/- 2 e kadar modeline ve üreticisine göre değişiklik gösterir. Yaklaşık 2 ila 5 kg aralığında değişen ağılığa sahiptirler.Şarj edilebilir pilli beslemeleri vardır.Üzerlerinde bulunan lcd ekranda sıvının seviyeyi görmek mümkündür.Ölçüm sahaları 10 metereden 600 metreye kadar değişebilmektedir.Yalnız bu sistemler iletkenlik prensibine dayandığı için sadece sıvılarda kullanılabilir.Hassasiyet değerleri ve boyutları bir çok uygulama için yeterli değildir.Fakat kullanımlarının basit oluşu ve zor şarlarda kullanımlarının uygun oluşundan dolayı bu cihazlar tercih edilmektedir.

3. MEKANİK SEVİYE ÖLÇÜM CİHAZI TASARIMI

3.1 Sistemin Gerekliliği Ve Üstünlüğü

Bugüne kadar seviye ölçüm talebine karşılık birçok farklı ölçüm cihazı tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımların hepsi farklı bir uygulamaya veya daha geniş bir uygulama ağına hitap edebilmek amacıyla oluşturulmuştur. Bu tezde tasarımı gerçekleştirilen cihaz, geniş bir uygulama alanına ve yüksek ölçüm hassasiyetine sahiptir.

Benzer sistemlerde incelenen sistemler yalnızca sıvıda veya yalnızca katıda kullanılabilir. Bu durum hem katıda hem de sıvıda kullanılacak bir cihazın tasarımını oluşturmayı gerekli kılmıştır. Seviyesi ölçülecek sıvının veya katının türü de son derece önemlidir. Örneğin bir asit tankının seviye ölçümünde uygun malzeme seçimi yapmak gereklidir. Bu tezde tasarlanan cihaz da , değiştirilebilir ağırlık seçenekleri vardır. Dolayısıyla ağırlığın seçimini malzeme cinsine göre yapılabilir. Tozlu veya kirli katılarda birçok sistemin çalışması olanaksızdır. Tozun etkisi yanlış ölçüme sebep olur. Diğer yandan katılarda cihaz , kullanılacağı zaman dikkat edilmelidir. Ağırlığın üzerine malzeme boşaltılmamalıdır. Bu durumda ağırlık hareket edemez. Ayrıca sıvılarda yakalanan hassasiyet değeri katılar içinde geçerlidir fakat katılar amorf yapılarda silolara doldurulurlar. Doğru yere montajla var olan yöntemlere üstünlük sağlayacağı kesindir.

Genellikle elektronik yöntemlerde seviye ölçümü açısından, sıcaklık çok önemli bir parametredir. Sıcaklığın 100 °C yi aşmaya başladığı durumlarda birçok ölçüm yönteminde baş gösteren problemler en çokta elektronik sistemlerde oluşmaktadır. Bu tezde tasarlanan cihaz mekanik olduğundan sıcaklık ile ilgili dayanım değerleri diğer sistemlere göre çok üstündür. Paslanmaz çeliğin sıcaklık dayanımı 900 C civarlarındadır .Fakat seviye yüksekliğinin cihaza yakın olması durumunda gerginlik ölçerin yük hücresi sıcakta etkilenebilir. Gerçi temas etmemektedir ve ağırlığa ve dolayısıyla seviye yüzeyine uzaktır fakat yinede ,güvenirlilik açısından maksimum kullanım sıcaklığı 400 C ile sınırlandırılmıştır. Teflon malzemedede dayanım 270 derece civarlarındadır. Teflon kaplı ağırlıklarda ise sıcaklık dayanımı 200 C olarak belirlemiştir. Aynı zamanda, sitemde konumlandırılan bir sıcaklık algılayıcısı ile oluşabilecek halat uzama miktarını da servo siteme bir katsayı olarak girip, en doğru ölçümün yapılması sağlanır.

Bu tezde tasarlanan cihazda, ölçüm sahası 0 ila 20 m arası olabilir. Birçok farklı yöntemde ölçüm sahaları önceden belirlenir ve sabittir. Yalnız bazı akıllı sistemlerde ölçüm sahasını değiştirmek ve cihaz üzerinden yapmak mümkün olmaktadır. Fakat genellikle bir

uygulamadan bir diğere uygulamaya geçerken , ölçüm sahasının sabitliği sorun yaşatır.Cihaz seçimi yapılırken de,ölçüm sahası küçüldükçe veya arttıkça farklı yöntemlere geçmek zorunlu hale gelebilir,bu tezde tasarlanan cihazda ,ölçüm sahası 0 ile 20 m arası istenilen herhangi bir aralığa set edilebilir.

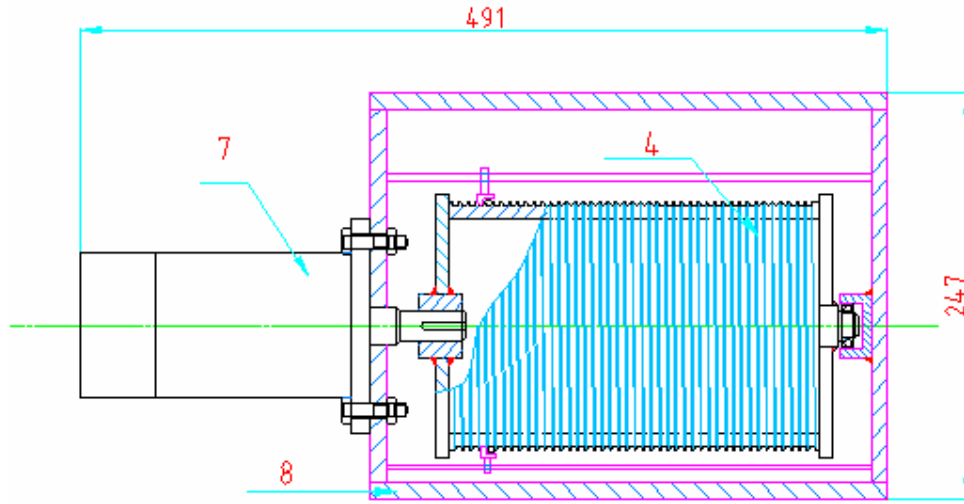
Anlık seviye ölçüm cihazları,hidrostatik ölçüm yapan dişli tip seviye transmitterleri gibi bazı ölçüm cihazları,seviyesi ölçülecek tanklara yandan veya alttan bağlanırlar.Bu çoğu zaman sızdırmazlık problemini de beraberinde getirir.Sızdırmazlığın çok önemli olduğu uygulamalarda örneğin, bir asit uygulamasında yandan bağlantı tercihi en güvenilir yöntem olmayacaktır..Bu tezde tasarlanan cihaz,üsten bağlantılıdır.Buda önemli bir avantajdır.

2. bölümde benzer sistemler başlığı altında incelenen cihazlardan ilki olan, elektromekanik ölçüm yönteminde,ölçüm hassasiyeti bu tezde tasarlanan cihaza göre çok düşüktür.Bu tezde tasarlanan cihazda hassasiyet değeri çok yüksektir,üstelik tankın yüksekliğinden bağımsız olarak 1mm hassasiyetini sağlamaktadır.Zira diğere birçok sistemde hassasiyet yüzdelik bir değer olarak verilir ve tankın büyüklüğü ve yüksekliği arttıkça yüzdelik değer karşılığı olan hacimsel değer büyür ve buda aslında hassasiyetin azaldığına işaret olmuş olur. Aynı şekilde 2. bölümde incelenen derinlik ölçer cihazlarında da yüksek hassasiyet olmadığı gibi,iletkenlik prensibine göre çalıştığı için,sadece sıvılarda kullanılabilir.Elektromekanik yöntemde sadece katılarda kullanılabilir.Bu iki sistemin,mekanik ölçüm cihazları olarak istenen özellikleri kısmen karşıladığı açıktır.Bu noktada yeni bir tasarım gerekli görülmüştür.

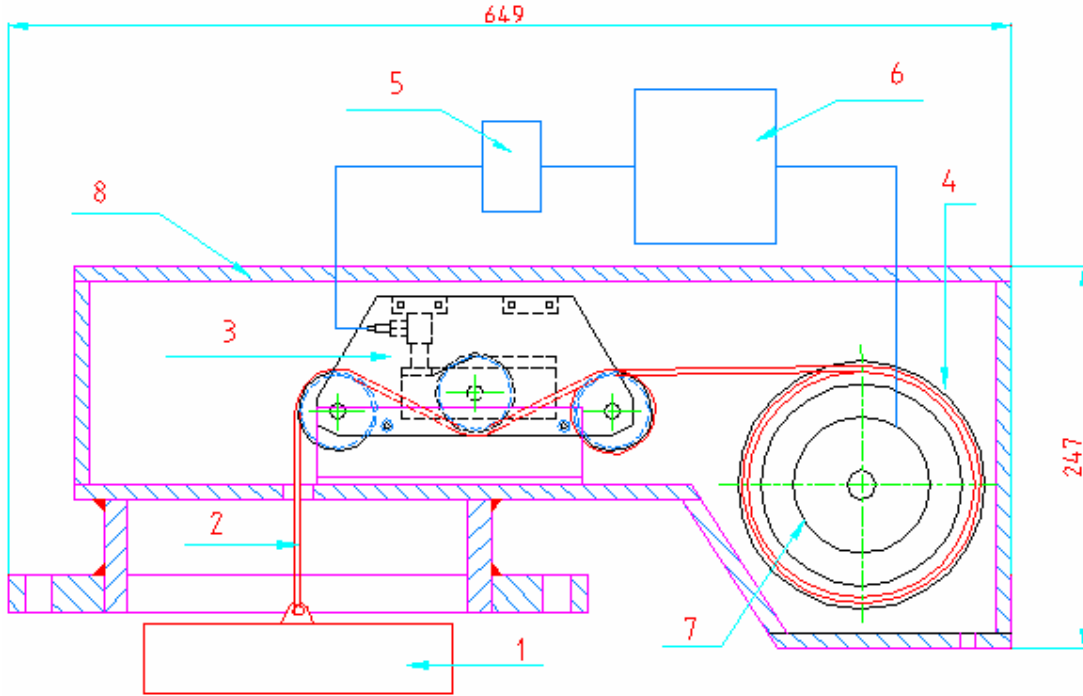
Bu tezde tasarımı gerçekleştirilen cihazın üstünlükleri özetle şöyledir;

- Hem katı hem de sıvılarda kullanılabilir
- Asitlerde ,yapışkan veya vizkoz sıvılarda kullanılabilir.
- Tozlu veya kirli katı partiküllerin seviye ölçümünde rahatlıkla kullanılabilir.
- Yüksek hassasiyet değerine $\% \pm 1$ e sahiptir.
- Yüksek sıcaklık değerlerinde çalışabilir.
- Ölçüm sahası geniştir.
- Köpüklü ortamlarda çalışabilme imkanı vardır.
- Aynı zamanda kullanılan sıcaklık ölçümüyle de kalibrasyon kolaylığı sağlanır.
- Üsten bağlantı nedeniyle, yandan bağlantı sistemlerine göre sızdırmazlık açısından üstündür.
- İletken olmayan malzemelerin seviye ölçümünde kullanılabilir.

3.2 Sistemin Genel Tanıtımı



Şekil 3.1 Tasarlanan seviye ölçüm cihazının önden görünüşü *



Şekil 3.2 Tasarlanan seviye ölçüm cihazının soldan görünüşü *

* Ayrıntılı teknik resim için Ek 1 e bakınız.

Şekil 3.1 ve 3.2 de sistemin ön ve yan görünüşlerinden oluşan genel bir çizimi verilmiştir. Burada numaralandırılan ekipmanlar aşağıdaki gibidir.

- 1) Asılı olan ağırlık
- 2) Çelik halat
- 3) Gerginlikölçer
- 4) Tambur
- 5) Çevirici
- 6) Servo sürücüsü
- 7) Servo motor
- 8) Muhafaza Ve Karşı Flanşı

Bundan sonra ,öncelikle seviye ölçüm cihazının çalışma prensibi ve genel teknik özellikleri verilecektir. Sonraki bölümlerde seviye ölçüm cihazını oluşturan ekipmanlar ,ayrı ayrı incelenip ,sistemin teknik detayları ve özellikleri irdelenecektir.

3.3 Sistemin Çalışma Prensibi

Sistem ,sıvı ve katıların kaldırma kuvvetini baz alarak seviye ölçümü yapan servo sistemli bir cihazdır.

Cihazda bir tambur halat mekanizması mevcuttur.Çelik halatın (2) ucuna bağlı olan ağırlık (1) tanktaki katı veya sıvının seviyesine ulaştığında, kaldırma kuvvetinin oluşmasıyla halattaki gerginlik değişir.

Değişen gerginlik, gerginlik ölçerle (3) hissedilir.Ölçülen değer, çevirici (5) tarafından analog değere dönüştürülüp, servo sürücüsüne (6) iletilir. Servo sürücüsü,gelen sinyale göre servo motor (7) aracılığıyla, tamburu (4) gereken yönde ve açıda tahrik eder.

Aynı zamanda servo motorun yapısında bulunan ve mile bağlı olan kodlayıcı (encoder) ,milin toplam dönme açısını ölçer ve bu değer servo sürücüsüne aktarılır.Toplam dönme açısı,kasnak çapının belirli olması sebebiyle belirli bir halat boyuna denk gelir.Ölçülebilen halat boyu, seviye bilgisine dönüştürülerek servo sürücünün ekranında okunur. Ayrıca tanka yerleştirilmiş olan bir sıcaklık sensörü vardır. Sensörden alınan sıcaklık bilgisi ,çevirici yardımıyla analog değere dönüştürülüp servo sürücüsüne iletilir. Böylelikle servo sürücüsünün ekranında sıcaklık değerini de görmek mümkün olmaktadır.

3.4 Sistemin Teknik Özellikleri

- Ölçüm Sahası :0-20 m
- Hassasiyet : +/- 1 mm
- Çalışma sıcaklığı:0-400 °C , Teflonda: 0-200 °C
- Motor:0.45 kW 400 V
- Mekanik bağlantı : DN 250 PN6 Flanş
- Hava girişi: Ø10 mm
- Çalışma basıncı: Atm. Basıncı ,1 kg/cm²

3.5 Tasarlanan Seviye Ölçüm Cihazında Kullanılan Ekipmanlar

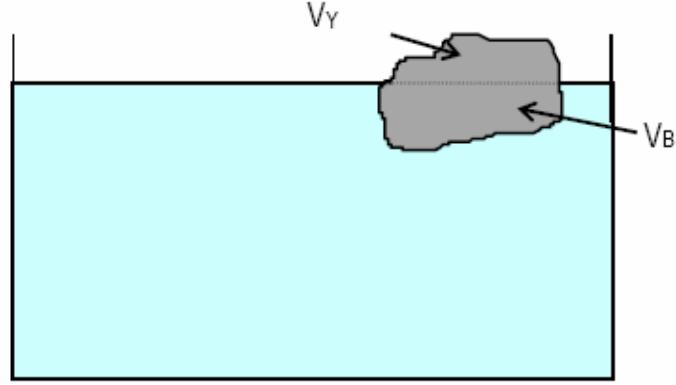
3.5.1 Asılı Olan Ağırlık

3.5.1.1 Arşimed Prensibi

Archimedes (MÖ 285-212) suyun kaldırma kuvvetinden hareketle, akışkanlar için bir takım hesaplama yöntemleri geliştirmiştir. Denge halindeki bir sıvıya daldırılan her cisim, bu cisim nedeniyle sıvıdan taşan sıvının ağırlığına eşit, dikey ve yukarıya doğru bir kuvvete maruz kalır. Buna sıvının kaldırma kuvveti denir.

- Kaldırma kuvveti sıvının yoğunluğu ve daldırılan cismin batan kısmının hacmi ile doğru orantılıdır.
- Kaldırma kuvveti, cismin ağırlığından küçükse cisim batar
- Kaldırma kuvveti, cismin ağırlığına eşitse, cisim tamamı suya batmış şekilde suda dengede kalır.
- Kaldırma kuvveti, cismin ağırlığından büyükse ,cisim suyun üzerinde bir kısmı batmamış şekilde üste çıkar, böylece kaldırma kuvveti düşer ve cismin ağırlığı ile aynı büyüklüğe ulaşır. Cisim dengeye gelir.

Sıvı içerisine daldırılmış herhangi bir cisme sıvının uygulayacağı kaldırma kuvveti batan cismin hacmi kadar sıvının ağırlığına eşittir.



Şekil 3.3 Arşimed prensibi

Burada;

V_C : Cismin hacmi [m³]

V_Y : Yüzen kısmın hacmi [m³]

V_B : Batan kısmın hacmi [m³]

F_K : Kaldırma kuvveti [N]

ρ_s : Sıvının yoğunluğu [kg/m³]

ρ_c : Cismin yoğunluğu [kg/m³]

olmak üzere aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

$$F_K = \rho_s g V_B \quad (3.1)$$

Cisim eğer sıvı yüzeyinde batmadan dengede kalırsa ,cismin ağırlığı kaldırma kuvvetiyle dengelenmiş demektir.

Bu durum;

$$\rho_c g V_C = \rho_s g V_B$$

$$\rho_c / \rho_s = V_B / V_C$$

eşitlikleriyle ifade edilebilir.

3.5.1.2 Ağırlığın Seçimi

Tasarımı yapılan cihazda asılı olan ağırlığın , hem hassasiyet açısından hem de farklı kimyasal ortamlarda kullanılabilirliği açısından çok önemli bir yeri vardır. Hassasiyet ile ilgili olan kısmı ilerleyen bölümlerde ayrı bir başlıkta incelenecektir. Bizim burada üzerinde duracağımız konu, ağırlığın kimyasal dayanımı noktasında olacaktır.

Asılı olan ağırlık seviyesi ölçülecek olan maddeyle doğrudan temas eder. Dolayısıyla cihazın farklı kimyasal ortamlarda kullanılabilmesi, ağırlığın malzeme seçimiyle doğrudan ilişkilidir.

Modellenecek olan ağırlığın malzemesi paslanmaz çelik olacaktır .İkinci modelde ise paslanmaz çelik ağırlık teflon ile kaplanacaktır. Paslanmaz çeliğin ve teflonun ,farklı kimyasal ortamlarda birbirlerine göre üstünlükleri vardır ve kullanıcı tarafından tercih edilecektir.

Ek 2 ,Ek 3 de paslanmaz çeliğin kimyasal dayanım çizelgeleri verilmiştir.Ayrıca teflon kaplı ağırlık başlığı altında teflonunda kimyasal dayanımları ve özelliklerinden bahsedilmiştir.

3.5.1.3 Paslanmaz Çelik Ağırlık

Malzeme Bilgisi ve Seçimi

Paslanmaz çelikler, yüksek alaşımlı çelik gurubuna girerler. Yüksek oranlarda krom ve nikel içerirler. Bu çelikler hem korozyona ,hem de ısıya dayanıklıdırlar. Paslanmaz çeliklerin yüksek korozyon direnci, yüzeylerinde oluşan ve kararlı krom oksit ya da nikel oksit filmlerinden kaynaklanır.

Paslanmaz çeliklerin ısıl işlem özellikleri kimyasal bileşimine bağlıdır. Genelde paslanmaz çelikler ;martenzitik ,ferritik ve ostenitik paslanmaz çelik olmak üzere üç guruba ayrılırlar.

Tasarlanan ağırlığın malzemesi ostenitik guruba girer. Ostenitik paslanamaz çelikler krom ,nikel ve mangan içerirler ve bunların içerdikleri krom ve nikel oranlarının toplamı en az %23 değerindedir. Ostanitik paslanmaz çelikler ısıl işlemle sertleştirilemezler ve tavllanmış durumda manyetik değillerdir. Yüksek sıcaklıklarda üstün mekanik özelliklere sahip olan bu çeliklerin tokluğu, düşük sıcaklıklarda pek azalmaz. Sıcakta kolay işlenebilirler ve soğuk sekil değiştirme ile de çok çabuk sertleşirler. Bu çelikler asitlere dayanıklıdırlar. Bu nedenle daha çok gıda ve kimya endüstrisi ile tıbbi cihazların yapımında kullanılırlar.

Burada modellenen ağırlığın malzemesi 316 kalite Ostanitik tip paslanmaz çelik olarak seçilmiştir.

Aşağıdaki çizelgede, 316 kalite paslanmaz çeliğin kullanım özellikleri verilmiştir. Bu yapı özelliklerinden ötürü 316 paslanmaz çelik ,ağırlık malzemesi olarak uygun görülmüştür

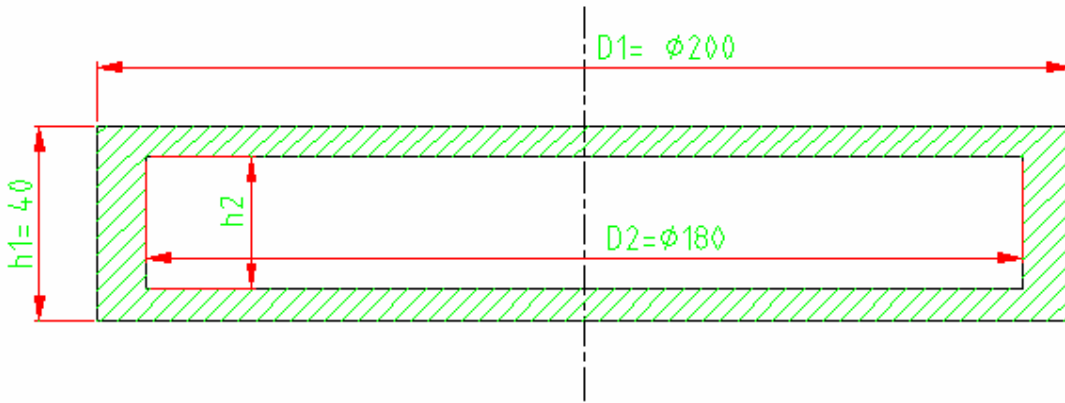
Çizelge 3.1 Ostantitik 316 kalite paslanmaz çeliğin kullanım özellikleri, kaynak : Ek 2

316 Kalite Ostantitik Paslanmaz Çelik

Oda Sıcaklığında	Molibdenin varlığı nemli klorid çevrelerde haddeden çekilmiş 304 kaliteye nazaran her tür sıcaklıkta daha iyi cevap verir.
Yüksek Sıcaklıkta	900 C ye kadar olan sıcaklıkta oksidasyona ,gerek mekanik özelliği ve çekme mukavemeti iyidir.
Kullanma Limiti	Gerilme korozyon çatlağı(SCC) ve dahili korozyona karşı hassastır.
Üretim	Tig ve Mig kaynağı yapılabilir,iyi bükülebilir ve uzayabilir.
Kullanma sahası	Sıcağa mukavim eşanjörlerde,kimya sanayinde petrokimya ve gıda sanayinde kullanılan buhar kazanlarında meyve suyu ve likör üretimi ile et işletme ünitelerinde kullanılır.

Ayrıca Ek 3 de 316 paslanmaz çeliğin kimyasal dayanımını içeren çizelgeler verilmiştir. Kullanıcı , seviyesi ölçülecek olan maddenin kullanılan ağırlık malzemesine uygunluğunu ve kullanılabilirliğini bu tablolar yardımıyla kontrol edebilir.

Ağırlığın Kütle Hesabı



Şekil 3.4 Paslanmaz çelik ağırlığın kesit resmi

Burada;

m_a = Asılı olan ağırlığın kütlesi

V_T =Asılı olan ağırlığın toplam hacmi

V_1 =Paslanmaz çelik ağırlığın dış hacmi

V_2 =Paslanmaz çelik ağırlığın iç hacmi

ρ_{ζ} = Çeliğin özgül ağırlığı = 7,85 gr /cm³

r_1 = Paslanmaz çelik ağırlığın dış yarıçapı = 10 cm

h_1 = Paslanmaz çelik ağırlığın dış yüksekliği = 4 cm

r_2 = Paslanmaz çelik ağırlığın iç yarıçapı = 9 cm

h_2 = Paslanmaz çelik ağırlığın iç yüksekliği = 2,7 cm

olmak üzere paslanmaz çeliğin toplam hacmi (3.3) nolu denklem kütlesi ise 3.2 nolu denklem yardımıyla bulunur.

$$m_a = V_T \cdot \rho_{\zeta} \quad (3.2)$$

$$V_T = V_1 - V_2 = \pi \cdot r_1^2 \cdot h_1 - \pi \cdot r_2^2 \cdot h_2 \quad (3.3)$$

$$V_T = \pi \cdot 10^2 \cdot 4 - \pi \cdot 9^2 \cdot 2,7 = 569,57 \text{ gr /cm}^3$$

$$m_a = 573,3 \cdot 7,85 = 4470 \text{ gr}$$

$$m_a = 4,47 \text{ kg}$$

3.5.1.4 Teflon Kaplı Ağırlık

Malzeme Bilgisi ve Seçimi

Teflon endüstriyel kaplamalar, bir spreyci boya gibi malzeme yüzeyine püskürtülmektedir. Kimyasal direnç, mükemmel dielektrik kararlılığı ve düşük sürtünme katsayısı, sıcaklık direnci ile birleştirildiğinde, Teflon endüstriyel kaplamalar diğer kaplama malzemelerinin yerine tercih edilmektedir.

Teflon endüstriyel kaplamalar, cam, cam fiber kompozitler, bazı kauçuklar ve plastikler gibi metalik olmayan malzemelere uygulanabildiği gibi çelik, alüminyum, paslanmaz alaşımlar, pirinç ve magnezyum üzerine de uygulanabilmektedir. Optimum yapışma, kaplamanın uygulandığı malzeme yüzeyinin pürüzlülüğüne bağlı olmaktadır. Teflon kaplamalar, Teflon PTFE, Teflon FEP, Teflon PFA, Teflon ETFE, Teflon-S Tek Tabaka, Teflon-S Kuru Yağlayıcı, Teflon SF olmak üzere yaygın olarak kullanılan 7 temel yapıdan oluşmaktadır.

Modellenen ağırlıkta kaplama malzemesi olarak PTFE tercih edilmiştir.Şimdi kısaca bu teflon türünün ,özellikleri ,üstünlükleri incelenecektir.

PTFE (Polytetrafluoroethylene) yapışmayan kaplamalar, ara kaplama ve son kaplama olmak üzere iki kat kaplama tabakasından oluşmaktadır. PTFE kaplamalar, 290 °C' ye kadar sıcaklıklarda kullanılabilir. Düşük sürtünme katsayısı dolayısıyla aşınma direncine ve kimyasal dirence sahip bir malzemedir. PTFE cam, karbon fiberler ve dolgu malzemeleri içerebilmektedir. Aşınma özellikleri, yük taşıma kabiliyeti ve yüksek mukavemeti, içerdiği malzemeler ile kontrol edilebilmektedir. Düşük sürtünme katsayısı, yağlayıcılık, şok ve titreşim absorpsiyonu, düşük sesle çalışması plastiklerin avantajlarından bazılarıdır. Çizelge 3.2 de PTFE ile bazı polimerik ve metalik malzemelerin temel özellikleri verilmektedir.

Yapışmayan yüzey: Teflon yüzeye, çok az sayıda katı madde uzun süre yapışmaktadır. Hemen hemen tüm maddeler yüzeyde yapışmadan kolayca hareket edebilmektedir.

Düşük sürtünme katsayısı: Teflonun sürtünme katsayısı uygulanan yüke, kayma hızına ve kısmen kullanılan Teflon kaplama tipine bağlı olarak genellikle 0,05 ile 0,20 aralığında olmaktadır.

Çizelge 3.2 PTFE ile bazı polimerik ve metalik malzemelere ait temel özellikler ,kaynak : Akıncı A.,Akbulut H. ,Yılmaz F. “Teflon Kaplamaların Yapı Ve Özellikleri” Sakarya Üniversitesi, Adapazarı

Malzeme	Yoğunluk (kg/m ³)	Termal İletkenlik (W/m.k)	Termal Genleşme Katsayısı (µm/m /°C)	Cam Geçiş Sıcaklığı Tg (°C)	Max. Çalışma Sıcaklığı (°C)	Sürtünme Katsayısı		Aşınma Oranı
						Statik	Din.	
PTFE	2150	0,25	140	-113	290	0,04	0,05	-
PVC	1300	0,14	140	80	50	-	-	-
Naylon	1140	0,24	90	56	90	0,2	0,28	33
PC	1150	0,2	65	149	125	0,31	0,38	420
PP	905	0,20	100	-10	100	-	-	-
Pas. Çelik	7855	90	10	-	800	-	-	-
Çinko	7,35	111	39	-	-	-	-	-
Bakır	8940	400	16	-	-	-	-	-

Islanmayan yüzey : Yüzeyler Teflon ile kaplandığında hem olophobik hem de hidrofobik olmakta ve ıslanmaya direnç göstermektedir. Kolay ve mükemmel şekilde temizlenebilmekte hatta birçok uygulamada yüzeyler kendi kendini temizlemektedir.

Sıcaklık Direnci :Teflon endüstriyel kaplamalar sürekli olarak 220 C gibi yüksek sıcaklıklarda çalışabilmektedir. Aralıklı çalışma zamanı ve yeterli havalandırma ile 315 C de bile

kullanılabilmektedir.

Elektriksel Özellikleri: Geniş bir frekans aralığında, Teflon, yüksek bir dielektrik mukavemete, düşük yayılma faktörüne ve çok yüksek yüzey direncine sahiptir. Özel teknikler kullanılarak, elektriksel olarak yalıtkan olduğu kadar, yeterli anti-statik özelliğe de sahip bir kaplama üretilebilmektedir.

Kimyasal Direnç: Teflon, normalde kimyasallardan etkilenmemektedir. Teflon endüstriyel kaplamaları etkileyen yegane kimyasalların erimiş alkali metaller ve yüksek reaktif flor katkıları olduğu bilinmektedir.

Dona karşı dayanıklılık: Çok sayıda Teflon kaplama, fiziksel özelliklerinde değişim meydana gelmeksizin geniş sıcaklık aralığında kullanılabilmektedir. -270 C Teflonun kullanılabileceği en düşük sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Teflon çeşitleri, fiziksel özelliklerine göre malzeme seçimi için çizelge 3.3 verilmiştir.

Tablo 3.3 de , Teflonun seçiminde kullanılan bir tablodur. Kaplanan malzemenin özellikleri, film yapısı, kullanılan sıcaklıklar, yiyecek teması gibi parametreler kaplama tipinin seçimi için önem arz etmektedir.

Çizelge 3.3 Fiziksel özelliklere göre genel dayanımlar , kaynak : Akıncı A., Akbulut H. , Yılmaz F. “Teflon Kaplamaların Yapı Ve Özellikleri” Sakarya Üniversitesi, Adapazarı

Özellikler	İyi	Çok İyi	Mükemmel
Kimyasal Direnç	Teflon-S	ETFE veya FEP	PFA
Korozyon Direnci	FEP	Teflon-S	Teflon-S Fosfatla ön işlem görmüş
Aşınma Direnci	PTFE veya FEP	Teflon-S	ETFE veya PFA veya Kuru Yağlayıcı
Sıcaklık Direnci	Teflon-S	FEP	PTFE veya PFA
Yapışmazlık	Teflon-S	PFA	PTFE veya FEP

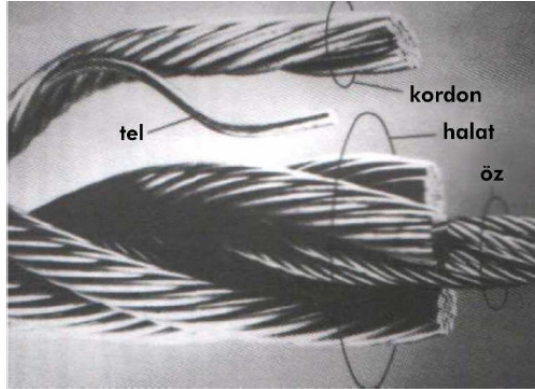
Sıcaklık direnci sistemimiz için çok önemli olduğu gibi yapışmama özelliği de yine önemli bir özelliktir. Ağırlığa yapışan malzeme ,ağırlığın toplam değerini değiştirir. Artan ağırlık gerginlik ölçer tarafından ölçülebilir. Ölçülen yeni değer basit bir kalibrasyon ile istenilen değerlere set edilebilir. Fakat burada istenen özellik ağırlığa herhangi bir şeyin yapışmamasıdır.

Aynı zamanda bazı asitlerde ve diğer kimyasallarda teflonun paslanmaz çelik malzemeye göre üstünlükleri vardır. Bu noktada kullanıcı tercihini yapacaktır.

3.5.2 Çelik Halat

Çelik halatın seçimi hem güvenlik açısından hem de birçok farklı uygulamada kullanılacağı için malzeme uygunluğu açısından önemlidir. Halat aslında seviyesi ölçülecek maddeye temas etmeyecektir. Fakat örneğin asit buharlarının oluştuğu bir uygulamada, malzeme seçiminin de önemi vardır. Doğru seçimi yapabilmek için öncelikle çelik halatlar hakkında kısaca bilgi verilecektir.

Çelik tel halatlar kaldırma ve iletme makinelerinde yaygın olarak kullanılan yük taşıyıcı elemanlardır. Şekil 3.5 de görüldüğü gibi çelik tel halatlar bir öz ile onun etrafına sarılmış kordonlardan meydana gelir. Kordonlar birçok çelik telin bir araya gelmesiyle oluşur. Çapları 0,2 ila 2,4 mm olan ince tellerin bir çekirdek tel etrafında bir veya birkaç katlı olmak üzere helis şeklinde sarılmasıyla kordonlar, kordonların bir öz etrafında yine helis şeklinde sarılmasıyla halat meydana gelir. Halat yapısında kullanılan teller, tertibindeki kükürt ve fosfor miktarları %0,04'ten fazla olmamak şartıyla TS 2162 'deki çeliklerden seçilir.



Şekil 3.5 Çelik tel halatı oluşturan elemanlar

Öz bitkisel elyaf malzemedenden ise halat daha kolay eğilebilir, ancak çalışma ortamının sıcaklığının yüksek olduğu yerlerde çelik özlü halatlar tercih edilmelidir.

Halatın seçimi

Asılı ağırlığı taşıyacak olan halatın seçimi güvenlik açısından son derece önemlidir. Uygulamamızda halatın kopması istenmeyen bir durumdur. Dolayısıyla güvenilir halat kalınlığının belirlenmesi gerekir.

Burada hesaba katılacak ikinci parametre, gerginlik ölçer cihazında istenen minimum halat kalınlığı olacaktır. Öncelikle gerginlik ölçerde istenen minimum halat kalınlığına göre bir

seçim yapılacaktır ,daha sonra bu değerin uygunluğu kontrol edilecektir.



Şekil 3.6 Standart 6 x 19 çelik özlü halat

Seçilen halat türü Şekil 3.6 da yapısal resmi verilen 6x 19 standardındaki çelik özlü halat dır..Çizelge 3.5 de kullanılabilir minumum halat çapı olarak 1/8” değeri verilmiştir. Verilen bu değere karşılık uygun halatın seçimi Ek 4 deki TS 1918/10 standardı çizelgesine göre seçilmiştir. Seçilen halat çapı 4 mm dir.

Çizelge 3.4 Kullanılan çelik özlü halatın (6x19) TS 1918 /10 a göre teknik özellikleri

Halat anma çapı mm.	Tolerans(%)	Birim ağırlık (kg/m)	Teorik Kopma kuvveti En küçük kopma kuvveti			
			Tel anma dayanımı ,kgf / mm ²			
			160	180	160	180
			F _t (kgf)	F _t (kgf)	F _t (kgf)	F _t (kgf)
4	+7 -0	0,06	-	1190	-	956

Şimdi seçilen halat kalınlığının kontrolünü yapmak gerekir. Güvenilir halat boyunun belirlenmesinde aşağıdaki (3.5) nolu eşitlikten yararlanılır. Ama öncelikle toplam halat boyunun belirlenmesi gerekmektedir.

Halat boyunun tayini

Halatın toplam boyu ,cihaz tasarlanırken belirlenmiştir. Halat boyu cihazın ölçüm aralığının belirlenmesinde önemli bir yeri vardır. Tasarlanan cihazda 20 lik bir ölçüm sahası yereli görülmüştür. Bunun anlamı 0 ila 20 metre arası herhangi bir değerde olan yüksekliklerde bu cihaz kullanılabilir.Halat boyuna göre tamburun uzunluğu ve çapı belirlendiğinden 20 meternin üzerinde ölçüm yapamaz. Fakat 20 meterden yüksek değerlerdeki bir uygulamada ,tasarım ilkelerine riayet edilerek tambur yeniden boyutlandırılabilir. Bu durum, cihazın

konstrüksiyonundaki diğer parçaların konum ve kalibrasyonunu da etkiler .Burada söylenmek istenen ölçüm prensibi olarak 20 metrenin üzerinde ölçüm yapmak mümkündür. Ama bu tezde tasarlanan yapıda bu mümkün olmamaktadır.

Gerekli toleranslar da göz önünde bulundurularak toplam halat boyu (L) 21 metre olarak seçilmiştir.

Çizelge 3.4 deki halatın birim ağırlığı verilmiştir. Bu durumda halatın toplam ağırlığı (3.4) nolu denklemdeki gibi bulunabilir.

$$m_h = 0,6 \cdot 21 = 1.26 \text{ kg} \quad (3.4)$$

Burada;

d_h = Güvenli halat çapı

F_{max} = Halatın taşıyacağı maksimum ağırlık

Φ = 0.265

m_a = Asılı olan ağırlığın kütlesi = 4,47 kg

m_h = Halatın toplam ağırlığı = 1.26 kg

g = Yerçekim ivmesi =9,81 kg.m/s²

L = Halatın toplam boyu =20 m

olarak üzere halat çapınının kontrolü aşağıdaki gibi yapılır.

$$F_{max} = (m_a + m_h) \cdot g = (4,47 + 1.26) \cdot 9,81$$

$$F_{max} = 56,2 \text{ N} = 5,62 \text{ daN}$$

$$d_h = \Phi (F_{max})^{1/2} \quad (3.5)$$

$$d_h = 0.265 \cdot (5,62)^{1/2} = 0.63 \text{ mm}$$

$$d_h = 4 \text{ mm} \gg 0.63 \text{ mm}$$

Halat çapı güvenlidir.

3.5.3 Gerginlikölçer

Gerginlik ölçer ,sistemde değişen halat gerginliğini ölçüp servo sürücüye iletmekle görevlidir.Ağırlığın hareketine göre değişen gerginlik değerini şekil 3.7 de görülmektedir.

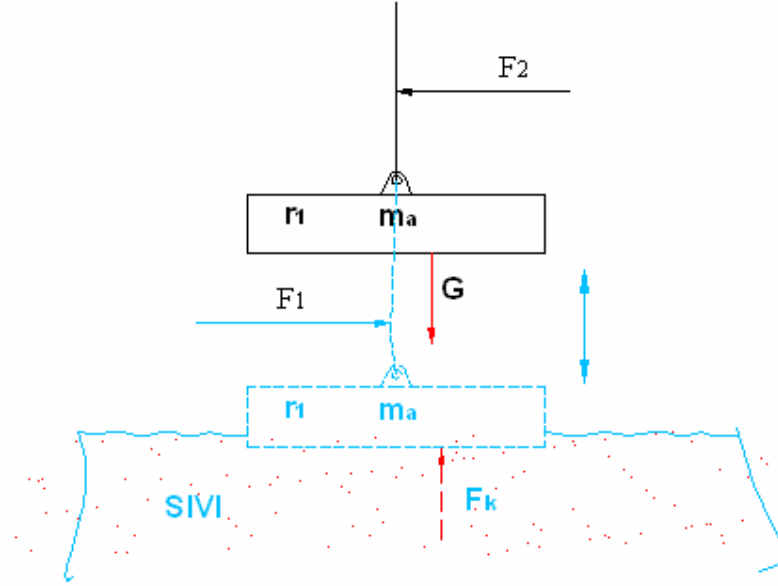
Halatta oluşan gerginlik ,ilk başta asılı olan kütlenin yaratmış olduğu ağırlıktır. Bu durumda

cismin ağırlığıyla halatta ki gerginlik birbirine eşittir.(3.6)

$$F_2 = G \quad (3.6)$$

Daha sonra ağırlık sıvı veya katı madde yüzeyiyle karışınca ipteki gerginlik ,kaldırma kuvvetinin oluşmasıyla değişir.İpteki gerginlik bu sefer (3.7) gösterildiği gibi olacaktır.

$$F_1 = G - F_k \quad (3.7)$$



Şekil 3.7 Çelik halatta zamanla oluşan gerginliğin değişimi

Burada;

F_1 = Ağırlığın sıvı yüzeyiyle karşılaştığı andaki gerilim değeri

F_2 = Ağırlığın sıvı yüzeyiyle karşılaşmadan önceki gerilim değeri

olarak tanımlanır. Değişen bu gerginlik değerini algılayan ve ipteki gerginliği hep sabit tutmayı sağlayan cihaz gerginlikölçerdir. Ağırlık sıvı yüzeyine ulaştıktan sonra ,sistemin halattaki gerginliği hep aynı değerde sabit tutmasından ötürü seviye ile beraber hareket eder.Bu denge konumundan itibaren değişen kaldırma kuvvetini algılayan cihaz , tamburu gereken oranda tahrik etmeyi sağlar.

Sıvı seviyesinin değişmediği durumlarda , ağırlık sıvı içerisinde denge konumundadır. Değişen seviye ile birlikte ipteki gerginlik artar yada azalır .İki durumda da ölçülen değer değişeceğinden seviyenin yeniden belirlenmesi gerekir. Burada cevap süresi de önemlidir.

Ayrıca gerginlik ölçerin hassasiyeti de son derece önemlidir zira değişen gerginlik değerini hangi çözünürlükte algılayıp tepki verdiği önemlidir. Bu konu ve cihazın teknik özellikleri ilerleyen bölümlerde irdelenmiştir.

Değişen gerginlik değerini ölçen gerginlikölçerin iç yapısında bir yük hücresi vardır. Dolayısıyla öncelikle , yük hücrelerinin yapılarını ve çalışma prensiplerini incelemek yararlı olacaktır.

3.5.3.1 Yük Hücreleri

Sabit bir cisme dışarıdan bir güç uygulandığında, malzeme üzerinde gerilim ve burkulmalar meydana gelir. Gerilim objenin harici güce karşı gösterdiği mukavemet, burkulma ise objedeki iç yer değiştirme ve biçimsel bozulma diye tanımlanır. Üzerine kuvvet uygulanan materyalde meydana gelen gerilme;

Gerilim : Uygulanan kuvvet / Uygulanan alan

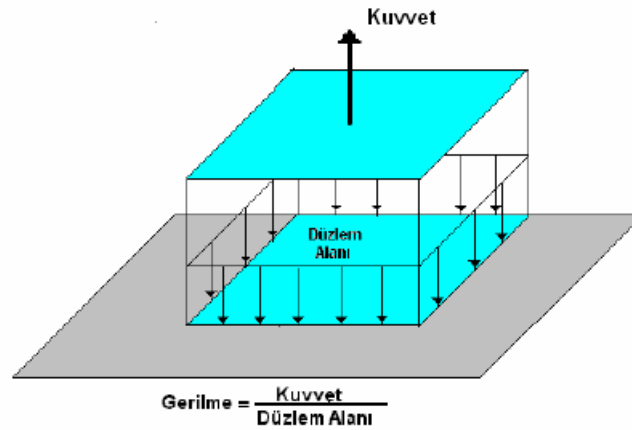
Olarak hesaplanır.

Burkulma ise, objeye uygulanan güç sonucu materyal boyutlarında meydana gelen biçim değiştirmesinin tüm etkilenen boydaki yüzdesel dağılımıdır.

Burkulma miktarı : materyalin orijinal boyundaki değişimin / ilk boyu

olarak hesaplanır.

Strain Gauge'lerle ilk bilgiler Lord Kelvin tarafından incelenmiş ve metalik iletkenlerin gerilmeye maruz bırakıldığında, elektriksel direncinin değiştiğini görmüştür. O günlerden sonra keşfedilen bu parametrenin endüstriyel alanda ilk uygulamaları 1930 larda başlamıştır.



Şekil 3.8 Gerilim büyüklüğünün kuvvet ve uygulandığı alan ile olan ilişkisi

Temelde tüm yük hücreleri (Strain Gauge'ler) mekanik hareketi, elektriksel işarete çevirmeye göre dizayn edilir. Metalin iç kapasitans ve induktansı veya direnci burkulmayla orantılı bir büyüklük üretir. Mesela tel gerilmeye maruz bırakıldığında, çapının daralmasıyla beraber boyunda uzama meydana gelir. Bu da telin iç direncini değiştirerek gerilme algılamasını büyütür. Tüm gerilmeler, Gauge Faktör denilen, gerilim hassasiyeti faktörü ile hesaplanır.

İdeal tip yük hücresi, yalnızca dış etkiyle meydana gelen zorlama sonucu hücredeki şekil değişikliğini elektriksel dirence çevirir. Bununla beraber uygulamalarda çevre sıcaklığı, malzemenin imalat kusurları, yük hücresinin altındaki yüzeye olan yapışma miktarı ve metalin esnekliğine karşı fiziksel stabilitesi, elektriksel direncinin değişimini etkiler.

Farklı materyallerin aynı yöndeki gerilimlere karşı tepkisi de farklıdır. Bir metale uygulanan yük kristal seviyede değişik aksel gerilmeler oluşturur. Kuvvetin bastığı yöndeki ana kuvvet haricinde "poison" ve "torsional" gerilme gibi ölçülebilir büyüklüklerin hepsi bunlara örnek sayılabilir.

Kesme zorlaması, materyalin baskı altında iken açılma açısını ifade eder. Örneklersek bir kitaba üst sağ köşeden güç tatbik edildiğinde, kuvvet kitaba Tropezoidal şekil almaya zorlar. Bu durumda oluşan kesme gerilmesi X ve Y eksenleri arasındaki açılma oranı, yani tanjantı olarak düşünülebilir.

Poisson gerilmesi ise bir metal çubuğun incelişmesi olarak tanımlayabiliriz. Bu tip gerilmeye uzamaya göre ters yöndeki negatif gerilme olarak da ifade edebiliriz. Boy artarken tel çapı düştüğünden iletkenlikte düşer.

Yük Hücresi Tipleri

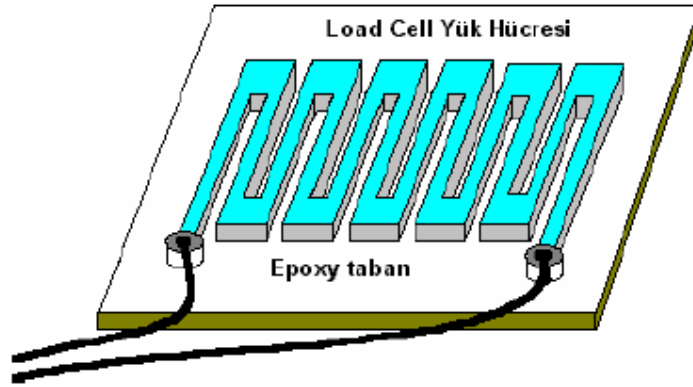
Yük hücresinin kuvvet altındaki deformasyonu mekanik, optik, akustik, pnömatik ve elektriksel olarak ölçülebilir.

İlk imal edilen yük hücreleri gerilmenin boyda yarattığı uzamayı, orijinal boyu ile karşılaştırarak ölçen mekanik dizaynli aletlerdi. Örneğin hala kullanılan uzunluk ölçüm metresi gerilmeyi ölçmede kullanılabilir. Ancak bu tip aletlerin hassasiyetleri kaba ve kullanımı zordur.

Optik tabanlı ölçüm cihazları çok doğru ve hassas ölçüm yaparlar. Fakat çok sık arızalanmaları ve devamlı bakım zorunluluğu endüstride kullanımı popüler kılmamaktadır.

Bir optik ışın kaynağında üretilen ışığın cisimdeki gerilmenin yarattığı uzamaya bağlı,değiştirdiği aynaya çarpan ışığın açısala yansımayaya göre yoğunluk değişiminin algılanmasıyla ölçülür.

“Materyal gerilmesinin parametre olarak en uygun olarak ölçülebildiği metot ise uygulanan yüke karşı elektriksel direnç üreterek iletkenin boyundaki mikroskopik değişimin-ölçülmesidir. Gerginlik ölçer cihazının içerisindeki yük hücresi de elektriksel direnç üreterek ölçüm yapan baskı tip bir yük hücresidir. Bu tip hücreler şu an en yaygın kullanım alanına sahiptir. Bu yük hücreleri “Strain Gauge” olarakda adlandırılırlar



Şekil 3.9 Elektriksel tip bir yük hücresi

Kapasitif ve endüktif tip yük hücreleri imal edilip kullanılmaktaysa da, vibrasyona karşı zayıf kalmaları ve buradan kaynaklanan hataların azaltılması için kompleks montaj elemanların kullanılması ve sık arızalar bu tip cihazların kullanımını engellemektedir.

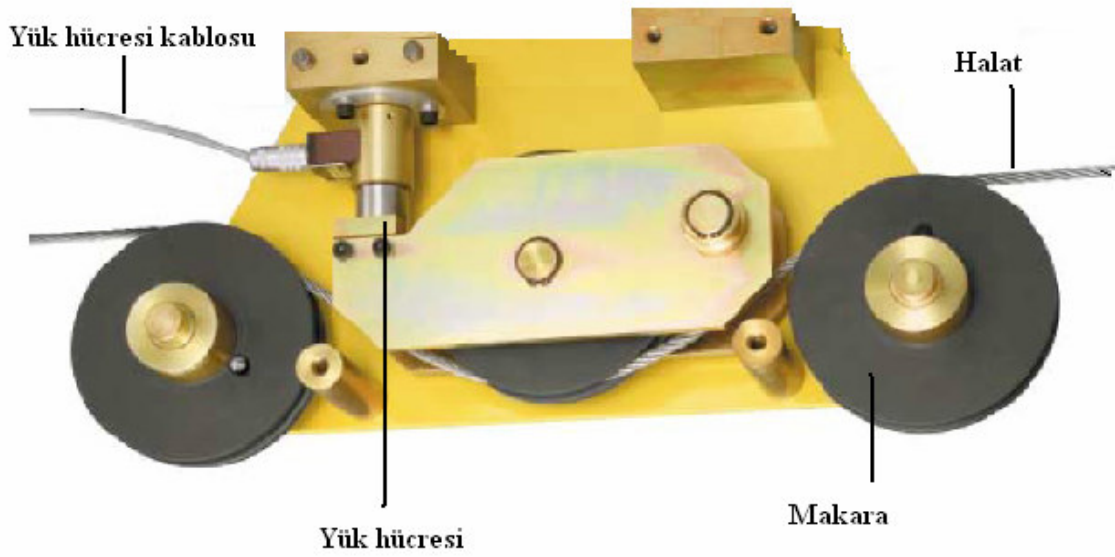
İlk metalik tel tip yük hücreleri 1938 de imal edilmiştir. Bu tip ölçüm hücreleri 0.025 mm çapındaki iletken telleri bir ızgara gibi sararak Epoxy reçine kaplı ince bir film tabakası altında gerilime maruz kalacak yüzeye yapıştırılmaktaydı.Bu yüzeye bir kuvvet uygulandığında, yüzeydeki uzunluk değişimi, hücrenin boyunu uzaltıp çapını küçültmekte gerilme kuvvetine bağlı olarak şeritli ızgaranın direncini lineer olarak değiştirmektedir. Bu ızgara tipli yük hücresi ve alttaki yüzeye “metalik bağlama yapışkanı” birlikte hareket etmekte, bu yapışkan aynı zamanda metal yüzeyi ile yük hücresi arasında yalıtkan olarak kullanılmaktadır.

Bir yük hücresinin gerilim etkisiyle ürettiği elektriksel sinyalin stabil olması ve çevresel artların (mesela sıcaklık) ölçmede yarattığı sapmaların etkisinin hesaba katılması gerekir .Yük

hücrelerinin çoğu sıcaklığa duyarlı olduğundan iletkenlik parametresi değişmekte ve zaman geçtikçe bu etki daha fazla artmaktadır. Kısa süreli testlerde bu etki problem yaratmazken, endüstriyel uygulamalar gibi uzun süreye yayılan ölçümlerde karakteristikteki bu değişim dikkate alınmaktadır.

3.5.3.2 Gerginlikölçer seçimi ve teknik özellikleri

Bu tezde tasarlanan cihazda gerginlik ölçer olarak “Dillon firmasının , Rlt model 31991-10 nolu ürünü kullanılmıştır.”Cihazın teknik özellikleri ve cihaz içerisindeki işlevi aşağıda izah edilmiştir.



Şekil 3.10 Gerginlik ölçerin iç görünümü , kaynak :www.dillon.com

Makaralardan geçen halatların bir ucu asılı olan ağırlığa ,diğer ucu ise tambura bağlıdır. Bu mekanizmadan istenen halat gerginliğini ölçerek iç yapısındaki yük hücresi sayesinde servo sürücüsüne aktarmasıdır.

Burada makaraların arasından geçen halatın gerginliğinin artması sonucu ,halat yük hücresine bir baskı yapar. Bu baskının karşılığı olarak yük hücresi elektriksel bir çıkış üretir ve bu değer yük hücresi kablosu ile servo sisteme taşınır.

Çizelge 3.5 Gerginlik ölçerin teknik özellikleri ,

Parça numarası	Ölçüm kapasitesi	Boy x genişlik (cm)	Makara çapları (cm)	Halat çapı (cm)		Kablo hızı (m/s)	%FS Hassasiyet
				Min.	Maks.		
31991-10	4,5 kg	22.9 x 10.2	5.1	0.3175	0.635	6	0.5

Ölçülebilecek minimum gerginlik değişiminin değeri burada hassasiyet açısından önem taşır. Tensiometer cihazının teknik özellikleri ve çizelge 3.5 deki gibidir.

3.5.4 Tambur

3.5.4.1 Tambur Malzemesinin Seçimi ve Ağırlık Hesabı

Halat makaraları döküm veya kaynak konstrüksiyon olarak imal edilebilirler. Bizim burada tercihimiz kaynaklı konstrüksiyon olmuştur. Dövme olarak da alaşımlı çelikten halat makaraları da bulunur.

Çizelge 3.6 Makara imalinde kullanılan malzemeler ,kaynak Gerdemeli İsmail, Transport Tekniğinde İleri Konular ,İstanbul teknik üniv. , istanbul

Makara imal yöntemi	Malzeme	Kısa Gösterilişi	
		TS Normu	DIN Normu
Döküm	Çelik Döküm	ÇD-45	GS 45
		ÇD-52	GS 52
		ÇD-60	GS 60
	İslah edilebilir Çelik Döküm	ÇD42CrMo4V	GS42CrMo4V
	Lamel Grafitli Demir Döküm	DDL 20	GG 20
		DDL 25	GG 25
	Küresel Grafitli Demir Döküm	DDK 40	GGG 40
DDK 50		GGG 50	
DDK 70		GGG 70	
Alüminyum Alaşımlı Döküm	Al-Si10MgW	Al-Si10MgW	
Kaynaklı	Makina İmalat Çeliği	Dış çember için	
		Fe 37-2	St 37.2
	Gazı alınmış öldürülmüş çelik	Gövde ispit için	
		Fe 37-2	St 37.2
		Göbek için	
Fe 52-3	St 52.3		
Dövme veya arzuya	İslah çeliği	C 35V	C 35 V
		C 45V	C 45 V
		42 CrMo4V	42 CrMo4V

Makara imalinde kullanılan malzemeler TS 11420 normunda, makara imal yöntemine göre çizelge 3.6 daki gibi verilmiştir.

Uygulamamızda ,Çizelge 3.6 daki değerlere uygun olarak ,makine imalat çeliği seçilmiştir.

$$V_t = \text{Tamburun dolu hacmi} = 500 \text{ cm}^3$$

$$\rho_{\text{ç}} = \text{Çeliğin özgül ağırlığı} = 7,85 \text{ gr /cm}^3$$

$$m_t = \text{Tamburun kütlesi}$$

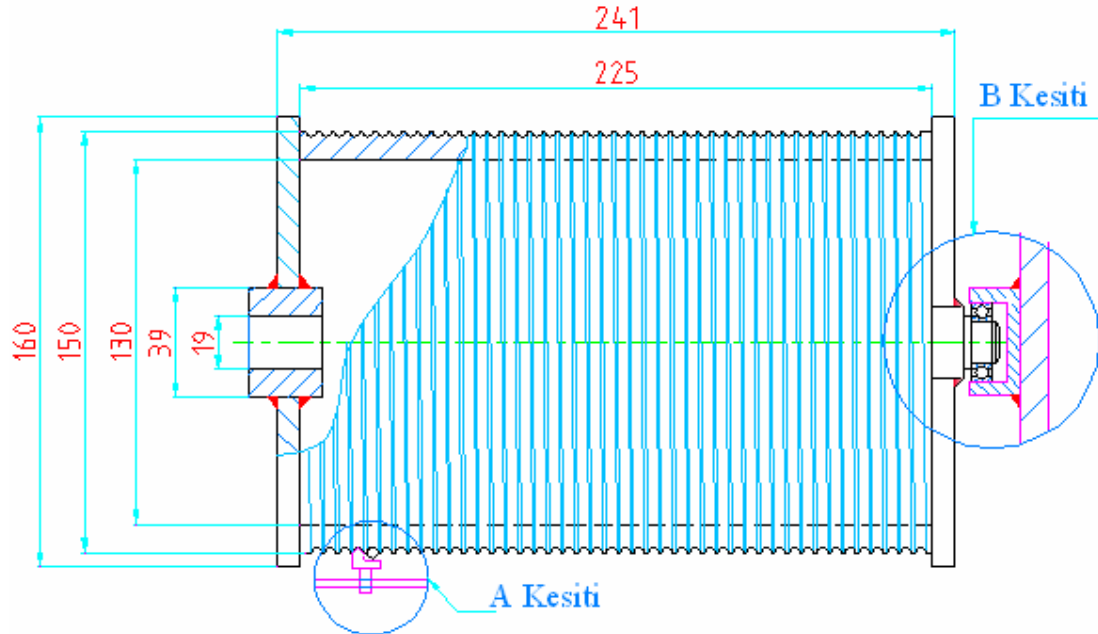
olmak üzere, tamburun kütlesi denklem (3.8) yardımıyla bulunur.

$$m_t = V_t \cdot \rho_{\text{ç}} \quad (3.8)$$

$$m_t = 500 \cdot 7,85 = 3925 \text{ g}$$

$$m_t = 3.925 \text{ kg}$$

3.5.4.2 Tamburun Boyutlandırılması



Şekil 3.11 Tamburun teknik resmi

Modellenen tamburun teknik resmi şekil 3.11 deki gibidir. Cihazın genel bir teknik resmi şekil 3.2 de veya Ek 1 de görülmektedir ve bu teknik resimden alınan A ve B kesitlerinin

yapısı aşağıda incelenmiştir.

Kılavuz ve Yiv Mekanizması(A Kesiti)

Kılavuz ve yiv mekanizması ,halatın düzgün sarılması amacıyla tambur mekanizmalarında bulunur.Bu yapı A kesitinde (Şekil 3.12) görülmektedir. Kılavuz ve yivsiz sistemler de vardır fakat genelde bu yapılarda problem yaşanır. Bu durumlarda halat üst üste sarabilmektedir. Sistemimizde bu istenmeyen durumun oluşmaması için ,tamburda kılavuz ve yiv mekanizması kullanılmıştır.

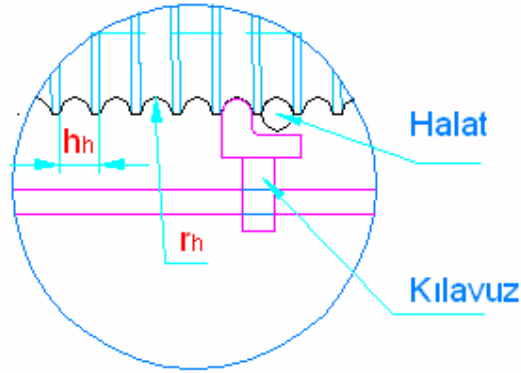
Yivler belirli bir eğim açısıyla tambur üzerinde oluşturulurlar. Burada;

$h_h = \text{halat hatvesi} = 5 \text{ mm.}$

$d_t = \text{Tambur çapı} = 150 \text{ mm}$

$\alpha = \text{Yiv açısı}$

olmak üzere ,tambur üzerinde oluşturulan yivlerin açısı denklem (3.9) yardımıyla bulunur.



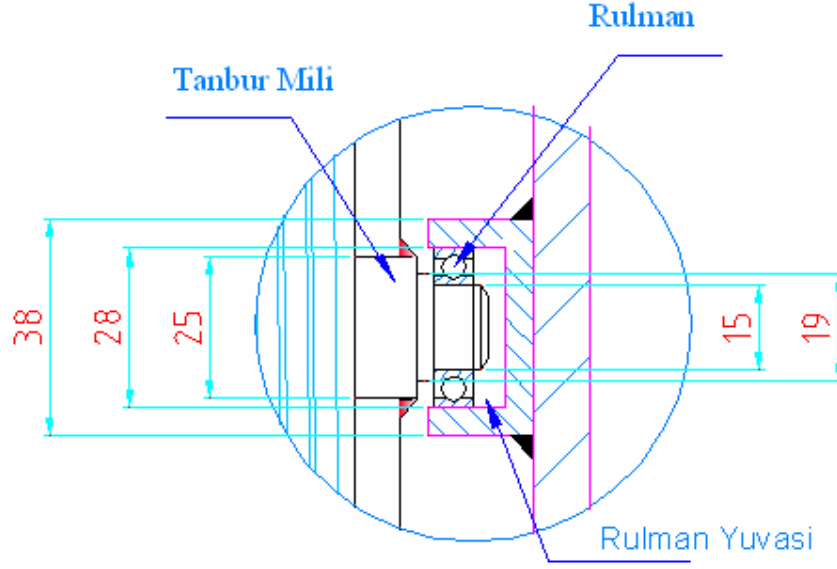
Şekil 3.12 A kesiti

$$\text{tg}\alpha = h_h / \pi \cdot d_t \quad (3.9)$$

$$\text{tg}\alpha = 5 / \pi \cdot 150$$

$$\alpha = 0,6^\circ$$

Rulmanlı Yataklama (B Kesiti)



Şekil 3.13 B kesiti

B kesitinin ölçülendirilmesi şekil 3.13 de görülmektedir. Tambur bir taraftan kama bağlantısı ile servo motora bağlı iken öbür taraftan ise bir rulmanla gövdeye yataklanmıştır. Rulmanın seçimi aşağıdaki gibidir.

Budaki gibi küçük yataklama problemlerinde bilyalı rulmanların seçimi en doğru olanıdır. Dolayısıyla şekil 3.13 de kesiti verilen tamburda tek sıra bilyalı derin yivli rulman kullanılmıştır. Tek sıra bilyalı rulmanlardan, bakım gerektirmediğinden sıklıkla tercih edilen çakma tip bir rulman seçimi yapılmıştır.

Rulman seçimi yaparken rulmanlara gelen aksel ve radyal kuvvetlerin bilinmesi gerekir. Bu kuvvetlerin denklem 3.10 daki bileşkesi eşdeğer yükü temsil eder. Kataloglarda rulmanlı yataklar için verilen cetveller incelenecek olursa görülür ki her rulman için bir dinamik (C) ve birde statik (C₀) yük sayısı tanımlanmıştır.

$$F_{eş} = X.V.F_r + Y.F_a \quad (3.10)$$

Burada ;

$F_{eş}$ = Gerçekte var olmayan eşdeğer rulman yükü

F_r = Rulmana gelen gerçek radyal yük.

F_a = Rulmana gelen aksel yük

X = Radyal faktör

Y = Aksenal faktör

V = Devir faktörü =1

C = Dinamik yük

C₀ = Statik yük

L_ö = Nominal ömür (Milyon devir olarak)

L_h = İşletme sayısı

p = Ömür katsayısı = 3 (Bilyalı rulmanlar için)

n = Tamburun devri

olmak üzere aşağıdaki rulman seçimi işlemleri gerçekleştirilir.

Rulman seçimi

Sistemimizde rulmana gelen aksenal bir yük yoktur. Bu durumda F_a = 0 ,X=1 olur. Dolayısıyla eşdeğer yükümüz rulmana gelen radyal yüke eşit olacaktır.Bunu ifade eden 3.11 nolu denklem aşağıdaki gibidir.

$$F_{eş} = F_r \quad (3.11)$$

Rulmana gelen radyal yükler hesaplanacaktır.Burada toplam radyal yük, tamburun ağırlığı (3.8) ,halatın ağırlığı (3.4) ve asılı olan cismin ağırlıklarının (3.2) toplamıdır.Toplam radyal ,bir diğer ifadeyle eşdeğer yükün hesabı ,(3.12) nolu denklem yardımıyla hesaplanır.

$$F_r = (m_t + m_h + m_a).g$$

$$F_r = (3.925 + 1.26 + 4,47).9,81$$

$$F_r = F_{eş} = 94,7 \text{ N} \quad (3.12)$$

Rulmanların belirli bir ömürleri vardır. Rulman seçimi aşamasında , istenen ömür değeri belirtilir.bu değerler 100 işletme saatinden başlayıp yüksek değerlere kadar çıkmaktadır. Bu uygulamada yüksek bir ömür değeri seçilmiştir.(L_h = 200000 işletme saati seçilmiştir.)Ayrıca tamburun devri onu tahrik eden sevo motorun hız değeriyle aynıdır.

$$C = F_{eş} \cdot (L_{\ddot{o}})^{1/p} \quad (3.13)$$

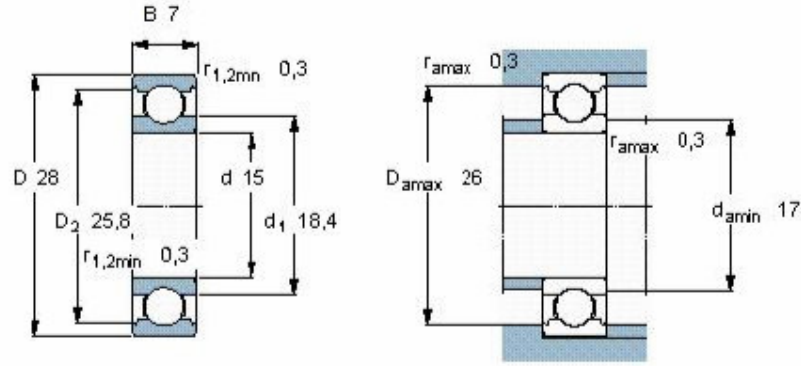
$$C = F_{eş} \cdot (60 \cdot n \cdot L_h / 10^6)^{1/p} = 94,7 \cdot (60 \cdot 1500 \cdot 200000 / 10^6)^{1/3} = 2481 \text{ N} = 2.48 \text{ kN}$$

Yukarıda hesaplanan dinamik yük sayısına göre kataloğlardan uygun rulman seçimi yapılır. Burada SKF firmasının kataloglarından yararlanarak rulman seçimi yapılmıştır. Çizelge 3.7 de belirlenen dinamik yük sayısına göre rulmanın diğer özellikleri belli olmuştur.

Çizelge 3.7 Tek sıra derin yivli rulmanın teknik özellikleri,

Temel Boyutlar (mm)			Yük sayısı (kN)		Yorulma yük sınırı	Çalışma hızı d /dak		Kütle kg	Rulman no
d	D	B	dinamik	statik	kN	Ref.	Lim.		
15	28	7	4,36	2,24	0,095	56000	34000	0,016	61902

Burada ,rulmanın diğer teknik özellikleri belirlenmiştir.rulman standarda göre ölçülendirilip cihazın teknik resmine yerleştirilmiştir. Aynı zamanda, rulmanın boyutlandırılması şekil 3.14 de verilmiştir.



Şekil 3. 14 Bu tezde kullanılan 61902 nolu rulmanın ölçüleri, www.skf.com

Tamburun servo motor tarafındaki bağlantı ise kama ile gerçekleştirilmiştir. Servo motorun kama ölçüleri şekildeki gibidir. Bu değerlere uygun olarak tamburda kama yuvası oluşturulmuştur.

3.5.5 Çevirici

Günümüze otomasyona yönelik bir çok elektronik cihazlarla beraber gelişen bir ürün gurubu daha vardır ki , bu da çeviricilerdir. Cihazların elektriksel çıkış ve giriş yapıları farklılık gösterir. Bir çok farklı ölçümün var olması sebebiyle oluşan çıkış değeri türü de farklılıklar gösterir. İşte tam bu noktada cihazların birbiriyle haberleşmesini ve veri aktarımını sağlayan

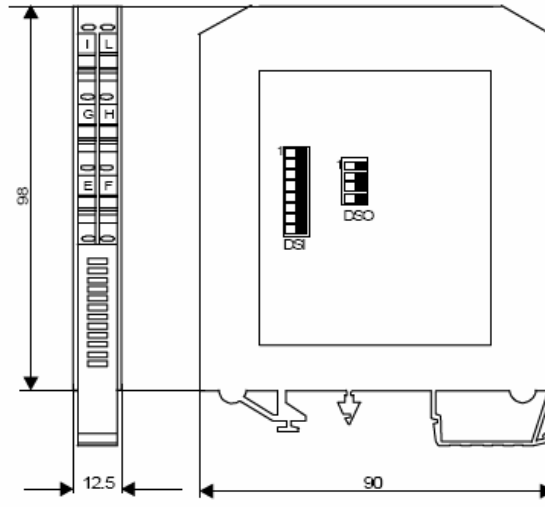
çeviriciler otomasyonda önemli bir yere sahiptirler.

Bu tezde çeviricinin görevi ,yük hücrelerinden almış olduğu “mV” değerini analog 4-20 mA e çevirmesidir.Yük hücreleri genellikle mV çıkış değeri verirler .Servo sürücüsünün girişleri de genellikle analog değer olarak 4-20 mA yada 0-10 V olmaktadır. Ayrıca servo sürücülerin pals girişleride mümkün olmaktadır.

Gerginlik ölçerden alınan ,gerginlik değeri çevirici tarafından servo sürücünün tanıyabileceği bilgi formuna dönüştürülür.

Bu tezde kullanılan çevirici, “Datexel firmasının Dat 5025 modelidir.”Bu cihaz ray tipi bir cihazdır ve boyutları şekil 3.15 deki gibidir.Cihazın genel özellikleri şöyledir.

- Yük hücrelerinin çıkış değerlerine göre tasarlanmış olan cihaz üzerinden dip-anahtarlarla istenen değer aralığında ayarlanabilir.Giriş ölçüleri , 0-10 mV ile 0-200 mV değerleri arasında ayarlanabilir.
- 2000 Vac 3 yollu galvanik izolasyon sağlar
- Cihaz üzerinden kalibrasyon ayarı yapmak mümkündür.
- Çıkış sinyali olarak hemen hemen bütün standart analog değerleri almak mümkündür.



Şekil 3. 15 Ray montaj tipi çeviricinin ölçüleri , www.datexel.it

3.5.6 Servo Sürücü

3.5.6.1 Sevo sürücüler

Servo kontrolör bir servo motorun hız ve torkunu kontrol eder. Günümüzde kullanılan servo kontrolörler sayısal kontrolörlerdir. Tezimizde kullanacağımız servo motor da sayısal kontrolördür. Sayısal kontrolörlerin analog kontrolörlere oranla aşağıdaki üstünlükleri vardır.

- Bilgisayar destekli uygulamaları kolaydır,
- Diğer birimlerle haberleşmesi kolay ve güvenilirdir,
- İşaret işleme kolaydır,
- Çalışma koşulları sınırlarında uzun ömürlüdürler.

Günümüzde çeşitli üretici firmalar tarafından üretilen çok farklı işlevlere ve güçlere sahip servo motor sürücüleri bulunmaktadır. Her üretici firmanın kendine özgü geliştirdikleri teknik ve özellikleri olmasına rağmen, tipik bir servo sürücüde ortak özellikler bulunur. Şimdi kısaca bu özelliklerden bahsedilecektir.

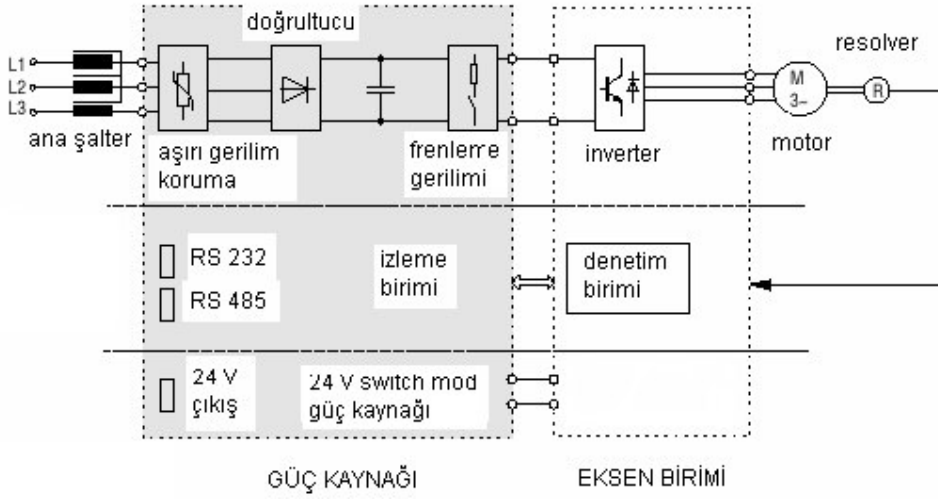
Genel olarak bir servo sürücü iki ana birimden oluşur

- Güç kaynağı birimi
- Eksen birimi

Güç kaynağı birimi, sürücü için gerekli besleme gerilimleri yanı sıra, eksen kontrolleri için gerekli güçleri, servo motor frenleme gerilimini, sürücü ve sistemi koruyacak bir çok koruma düzeneği ile standart bir haberleşme kabına (RS 232 RS 485) sahiptir.

Eksen birimi ise servo motor hız ve torkunu kontrol eder. Bu kontrol için gerekli elektronik donanımı içerir. Günümüzde kullanılan bir çok servo sistem servo motor yanı sıra bu sistemde kullanılacak diğer yardımcı motor, sensör, anahtar ve diğer elemanların da kontrolü için gerekli; sayısal giriş/çıkış, örneksel giriş/çıkış ve kontrol elektroniğine de sahiptirler. Başka bir deyişle ayrıca bir PLC ye (Programlanabilir sayısal kontrolör) gerek kalmaksızın sistemin kontrolünü yapabilecek elektronik donanım ve yazılıma sahiptirler.

Servo motor sürücüsünün güç kaynağı bir kontaktör veya şalter üzerinden ana besleme gerilimine bağlanır. Güç kaynağı biriminin genel blok diyagramı aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.16 Servo sürücünün blok diyagramı ve güç kaynağı ve eksen birimi ,Yılmaz Kaya , “Servo-Senkro mekanizmalar” , Mersin üniversitesi, Mersin

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi bir servo sürücünün güç kaynağı biriminde;

Aşırı gerilim koruması:Besleme geriliminde oluşan gerilim dalgalanmalarına karşı sürücü sistemini korur

Doğrultucu: Üç fazlı köprü doğrultucu devresidir. Gerilim frekansının değiştirilmesi için öncelikle doğru gerilime çevrilir.

Frenleme gerilimi: Servo motorun durma anında ters gerilim verilerek, tam olarak istenen noktada durmasını sağlar. verilen bu ters gerilimin sönmülendirilmesi için motora bir frenleme ohmik direnci bağlanırsa daha iyi bir sonuç alınır. Özellikle yüksek güçlü ve ataletli sistemlerde bu bir zorunluluk haline gelir.

İzleme birimi: Bu birimde sürücü çeşitli parametrelerinin merkezi bir kontrol noktasından izlenmesini sağlar. Örneğin sürücü akımı, gerilimi, motor sıcaklığı gibi parametreler bu birim aracılığı ile izlenebilir.

Switch(Anahtar) mod güç kaynağı: Sistem gereksinimi olan 24 V'luk gerilimi switch mod olarak sağlayan birimdir. Uygulamada bu gerilim sürücü dışındaki çeşitli birimlerin beslenmesi için de kullanılır.

RS 232-RS 485 haberleşme kabısı: Servo sürücünün merkezi bir kontrol birimine (PLC veya PC) bağlanması için kullanılır. Endüstriyel uygulamalarda 1500 V gerilim koruması sağlayan

ve ağ desteği veren RS 485 haberleşme kapısı tercih edilir. Servo sürücü sistemleri üzerinde bulunan seri haberleşme kapıları kendilerine özgü haberleşme protokollerine sahiptirler. Üretici firmalardan bu haberleşme protokolleri öğrenilebilir. Günümüzde kullanılan servo sistemler RS- seri haberleşme dışında endüstriyel uygulamalarda kullanılan aşağıdaki haberleşme protokollerini de desteklerler. Bu haberleşme protokolleri için genellikle ek bir birimin sisteme eklenmesi gerekir.

- PROFIBUS
- INTERBUS
- CAN
- DEVICENET
- SYSTEMBUS

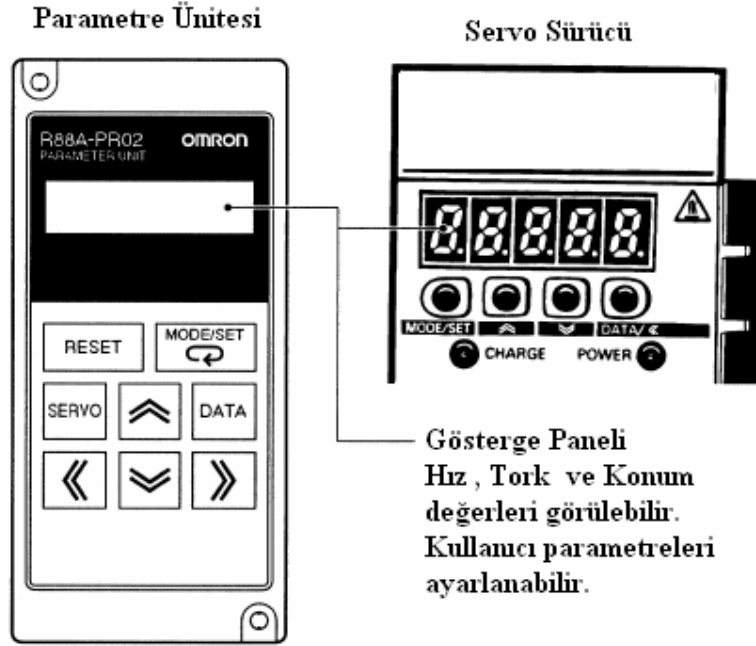
Yukarıdaki haberleşme protokolleri aracılığı ile bir servo sistem, bir otomasyon sistemin alt birimi olarak kullanılabilir. Birden çok servo sistem kullanılacak ise bunlar birbirlerine bağlanabilir.

3.5.6.2 Tasarlanan Cihazda Kullanılan Servo Sürücü

Kullanılan servo sürücüsü , “Omron markasının Sigma II Serisi” olarak seçilmiştir. Cihazın ana özellikleri aşağıdaki gibidir.

- Pozisyonlama için pals kontrolü
- Konum , Hız ve tork için analog kontrol
- SigmaWin Tool aracılığıyla osiloskop
- Windows tabanlı konfigürasyon ve haberleşme yazılımı
- Mutlak enkoder veya artım tipli enkoder
- % 2 tork hassasiyeti
- Motor koruma sınıfı IP 67
- 10 seviyeli online otomatik ayarlama
- Nominal torkun %300’ü kadar tepe torku
- Otomatik motor tanıma
- Sistem esnekliği ve bağlanabilirliği için opsiyonel üniteler
- Yüksek hız ve yüksek güvenilirlikli sürücü

Servo sürücü sayesinde ,hız , tork ve konum kontrolü yapılabilir.Bu değerler ,kullanıcı parametreleri ile kalibre edilerek şekil 3.17 deki servo sürücüsünün ekranında görülebilir. Cihazın üzerinde bulunan 4 tuşla servo sitem programlanabilme özelliğine sahiptir.

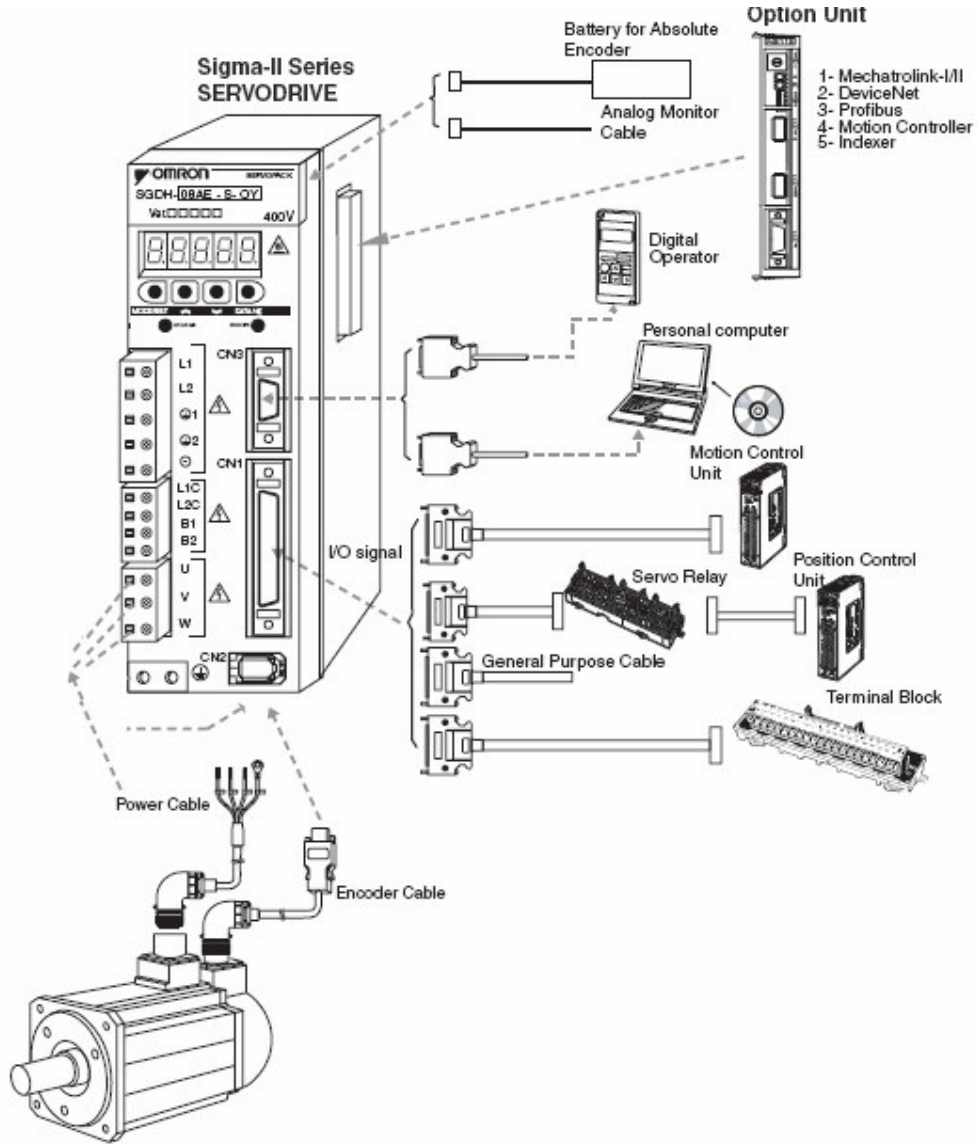


Şekil 3.17 Servo sürücü gösterge paneli ,www.omron.com

Ayrıca bir yazılım programı ile ,servo sürücünün ekranında görülebilen değerler ,bilgisayar ortamında izlenebilir ,bu osiloskop özelliği ve detayları sonraki başlıkla ayrıntılı bir şekilde incelenecektir.

Şekil 3.8 de görüldüğü gibi ,servo motorun güç kablosu ve konum kontrolünü sağlayacak olan enkoderin kablosu servo sürücüye bağlanır. Servo sürücünün pals ve analog girişleri sabittir. Ayrıca çıkış olarak opsiyonel seçenekler mevcuttur. Analog veya dijital çıkış almak mümkündür.

Ayrıca, şekil 3.8 de görüldüğü gibi , takılabilir seçenek kartları gelişmiş fonksiyonellik sunar.



Şekil 3.18 Servo sürücü ve servo motorun bağlantı yapıları ,www.omron.com

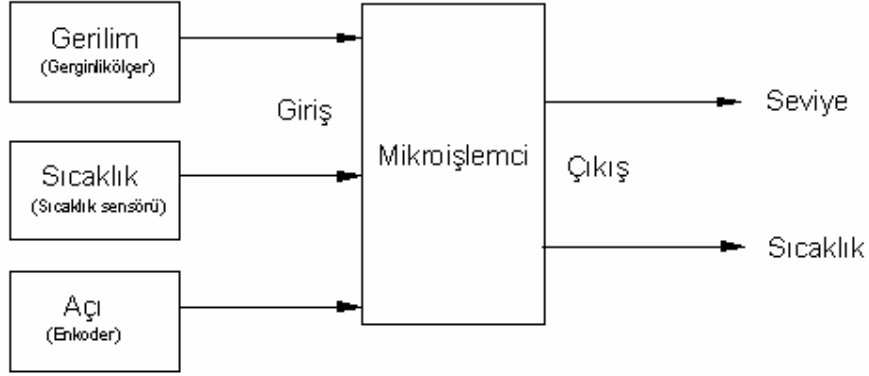
3.5.6.3 Servo Sürücünün İşlevi

Şekil 3.19 da servo sürücünün mikroişlemcisinin basit bir diyagramı verilmiştir. Burada görüldüğü gibi gerginlikölçerinin ölçtüğü halat gerginliği,çevirici tarafından analog değere dönüştürülüp servo sürücüye girer.Aynı zamanda tanka yerleştirilen bir sıcaklık sensöründe tankın içerisindeki sıcaklık değerini bilgi olarak servo sürücüsüne iletir.

Servo sürücü, gelen gerginlik değerini baz alarak konum kontrolü yapacaktır. Konum kontrolü açısal kontrolün yapılması anlamına gelir.Açısal ölçümü gerçekleştiren enkoderin ölçtüğü değer milin toplam dönüş açısını bir diğer ifadeyle tamburun toplam dönme açısını

ifade eder.

Tamburun toplam dönme açısı da bize seviye bilgisini verir. Çünkü tamburun çapı ve enkoderin her bir turda verdiği puls değeri belirlidir. Tamburun belirli bir açıda sarım uzunluğunun hesabı gayet basit bir işlemdir. Oluşan açı değeri ,sabit bir katsayı ile çarpılarak seviye bilgisine dönüştürülür.



Şekil 3.19 Servo sürücüsünün mikroişlemci diyagramı

Cihazın Devreye Alınması ve Programlanması

Cihaz başlangıç koşulunda ,tanka montajı gerçekleştirildikten sonra ,kalibrasyon amacıyla manuel olarak devreye alınır. Öncelikle tankın alt noktasını yani sıfır noktasını cihazın algılaması gerekir ,bunun iki yöntemi vardır.

İlk yöntem tankın tamamen boşaltılmasıdır, ikinci yöntem ise eğer tankın boşaltılması mümkün değilse,seviyenin referans bir yükseklikte sabit tutulmasıdır.

İki yöntemdede kalibrasyon aynı prensibe dayanır, servo motor manuel olarak kumanda edilir ve tambur tahrik edilmiş olur.Bu durumda asılı olan ağırlık aşağıya doğru iner.

Örnek olarak ,seviyesi belirli bir yükseklikte sabitlenmiş su için devreye alma işlemi izah edilecektir.Burada,

F_A = Asılı olan cismin ağırlığı

F_K = Sıvının kaldırma kuvveti

F_{K2} = Ağırlığın tamamının batması durumdaki kaldırma kuvveti

m_a = Asılı olan cismin kütlesi = 4,47 kg

V_B : Ağırlığın suya batan kısmının hacmi

V_{B2} : Ağırlığın batan toplam hacmi

g = Yerçekim ivmesi = 9,81 kg.m/s²

ρ_{su} = Suyun özgül ağırlığı = 1 gr /cm³

r_1 = Ağırlığın dış yarıçapı = 10 cm

h_3 = Ağırlığın sıvıya batan yüksekliği = 0,1 cm

h_1 = Ağırlığın toplam yüksekliği = 4 cm

olmak üzere asılı olan cismin ağırlığı denklem (3.14) yardımıyla hesaplanır.

$$F_A = m_a \cdot g = 4,47 \cdot 9,81 = 43,85 \text{ N} \quad (3.14)$$

$$F_K = \rho_{su} \cdot g \cdot V_B = \rho_{su} \cdot g \cdot (\pi \cdot r_1^2 \cdot h_3)$$

$$F_K = 1 \cdot 9,81 \cdot (\pi \cdot 10^2 \cdot 0,1) \cdot 10^{-3} = 0,3 \text{ N} \quad (3.15)$$

$$F_{K2} = \rho_{su} \cdot g \cdot V_{B2} = \rho_{su} \cdot g \cdot (\pi \cdot r_1^2 \cdot h_1)$$

$$F_{K2} = 1 \cdot 9,81 \cdot (\pi \cdot 10^2 \cdot 4) \cdot 10^{-3} = 12,3 \text{ N} \quad (3.16)$$

Gerginlik ölçerin ilk başta ölçeceği değer ,asılı olan cismin ağırlığına eşit olacaktır. Bu değer maksimum halat gerginliği değeridir.Bu değer (3.14) nolu denklemde hesaplanmıştır.

Ağırlık madde yüzeyiyle karşılaştığı an ,ipteki gerginlik değeri değişir.Burada değişen halat gerginliği ,oluşan kaldırma kuvvetine eşittir. Değişen halat gerginliğini hisseden gerginlik ölçer bu değeri servo sürücüye iletir servo sürücüde tamburu gereken açıda tahrik eder.

Şimdi buradaki örneğimizde ,ağırlık suyun içerisine 1 mm battığı anda oluşan 0,3 N luk kaldırma kuvveti (3.15) aynı zamanda değişen halat gerginliğinin de sayısal karşılığıdır.

Gerginlik ölçerin Çizelge 3.5 belirtildiği gibi hassasiyet oranı % 0,5 dir. Bunun anlamı toplam ağırlığın binde beşi oranında bir çözünürlüğe sahip olduğudur.Uygulamamızda toplam ağırlık değerimiz olan , (3.14) deki ifadenin binde beş değeri 0,2 N dur.

Gerginlik ölçerin minumum hissetme değeri 0,2 N dur.Bu değer üzerindeki değerleri algılayabilir. Bizim istediğimiz değer ise 0,3 N dur ve bu değeri rahatlıkla ölçecektir.

Ağırlığın bu şekilde sıvı içerisinde ,sıvıyla aynı olan seviyeye gelince servo motorun tahriki kesilir ve servo sürücüde enkoderin ölçtüğü toplam açı değeri okunur.

Bu değer ,tankın o anki yüksekliği neyse o değer olarak set edilir.(Tank boşken bu işlem

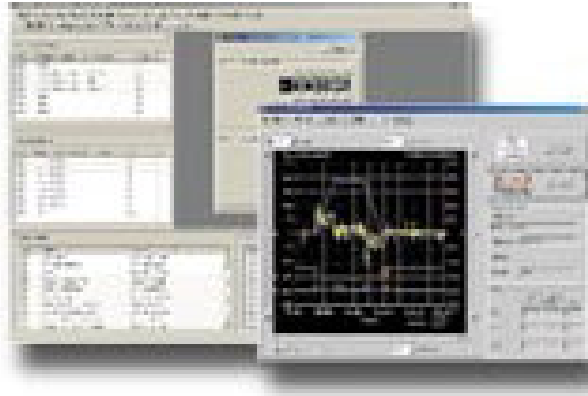
yapılıydı o ana kadar ölçülen açı değerinin sıfır olarak set edilmesi gerekirdi.)Bu saatten sonra ,sıvının yükselmesi veya alçalması durumunda ,seviye bilgiside referans değeri etrafında değişecektir.

Yine bu örnek üzerinden gidecek olursak , istediğimiz değişen her 0,3 N luk halat gerginliğinde ,servo sürücünün devreye girmesi ve ağırlığı sıvı seviyesiyle aynı yüksekliğe tekrardan getirmesidir.Bu bağlamda istenen değer servo sürücüsünde set değeri olarak ayarlanır ve her belirtilen ölçüde gerginlik değişiminde servo sürücü servo motoru sürer.

Sistem çalışma esnasında , eğer kaldırma kuvveti 12 N u geçerse servo motorun freni devreye girer ve sistem durur.Servo sürücüsü alarm verir. Servo sürücüye güvenlik alarmı olarak bu bilgi daha önceden girilmiştir. Kaldırma kuvvetinin 12 N u geçmesi demek (3.16) cismin tamamen sıvının içine batmış olması yani halatın kopmuş olması demektir.

3.5.6.4 SigmaWin Yazılımı İle Seviyenin Osiloskopta İzlenmesi

Servo sürücünün kolay yapılandırılması ve parametre ayarlamasına ek olarak ,Sigmawin yazılımıyla osiloskop gibi ileri seviyeli izleme özelliğinden yararlanılabilir. Servo sürücünün üzerindeki ekranın yeterli olmadığı veya bilgisayarda seviyenin izlenmesi istenildiği durumlarda bu yazılım kullanılabilir.Ek 5 de bu yazılımın teknik detayları bulunmaktadır.



Şekil 3.20 SigmaWin Yazılımı İle Seviyenin Osiloskopta İzlenmesi

3.5.6.5 Sıcaklık sensörü

Sistemde ,seviye ölçümünün yanında uygulamamızdaki sıcaklık değerini de öğrenmek amaçlı bir sıcaklık sensörü kullanılmıştır. Burada sıcaklıkla değişebilecek parametrelerin ölçüm ve hesabını kullanıcı değerlendirecektir. Seçilen sıcaklık sensörü standart tip bir Pt 100 dür.Resmi şekil 3.21 de görülmektedir.



Şekil 3.21 Rezistans termometre(Pt 100) ,www.elimko.com.tr

Kullanılan Pt 100 ,uygulama sıcaklığına göre kalibre edilip analog değere çevirilir. Analog değer servo sürücüsünde sıcaklık bilgisi olarak değerlendirilir.Burada Pt 100 ün bağlantı ölçüsü ve dalma boyu ,ve tanka monte edileceği yer kullanıcıya bırakılmıştır.

3.5.7 Servo Motor

3.5.7.1 Servo motor seçimi

Servo motor seçimini gerçekleştirirken öncelikle ,olması gereken motor gücünün hesaplanması gerekir.

Burada ,

P_g = Gerekli güç

η = Verim = 0.8

g =Yerçekim ivmesi = 9,81 kg.m/s²

m_a = Asılı olan cismin kütlesi = 4,47 kg

d_t =Tambur çapı = 0,15 m

v =Halatın düşey hızı = 1,8 (m/s)

n_1 = motor devri

n = tambur devri

J_{ind} =Motor miline indirgenmiş atalet momenti

M_L =Yük momenti

M_B = Fren momenti

olmak üzere servo motor seçimi aşağıdaki denklemlerin yardımıyla yapılır.

$$P_g = (m_a \cdot g \cdot v) / (1000 \cdot \eta) \quad (3.17)$$

$$P_g = (m_a \cdot g \cdot v) / (1000 \cdot \eta) = (4,47 \cdot 9,81 \cdot 1,8) / (1000 \cdot 0,8) = 0,098 \text{ kW}$$

$$P_g = 0,098 \text{ kW}$$

Tambur devri;

$$n = v / \pi \cdot d_t = 1,8 / \pi \cdot 0,15 = 3,82 \text{ d/d} \quad (3.18)$$

Denklem (3.17) ve denklem (3.18) de hesaplanan değerlere göre servo motor seçimi yapılacaktır. Seçim Ek 6 teknik özellikleri verilen servo motor kataloğuna göre yapılacaktır. Bu tezde servo motor olarak omron markasının SGMGH -09 D modeli seçilmiştir. Seçilen servo motorun güç ve devir değerleri aşağıdaki gibidir.

0.45 kW gücünde ,1500 d/d e sahip servo motor seçilmiştir.

Motor miline indirgenmiş ataleti;

$$J_{ind.} = 91,2 \cdot m_a \cdot v^2 / n_1^2 = 91,2 \cdot 4,47 \cdot 1,8^2 / (1500)^2 = 5,8 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2 \quad (3.19)$$

Kaldırma sistemlerinde, fren momenti (3.21) yük momentinin(3.20) yaklaşık 2 katı olmalıdır.

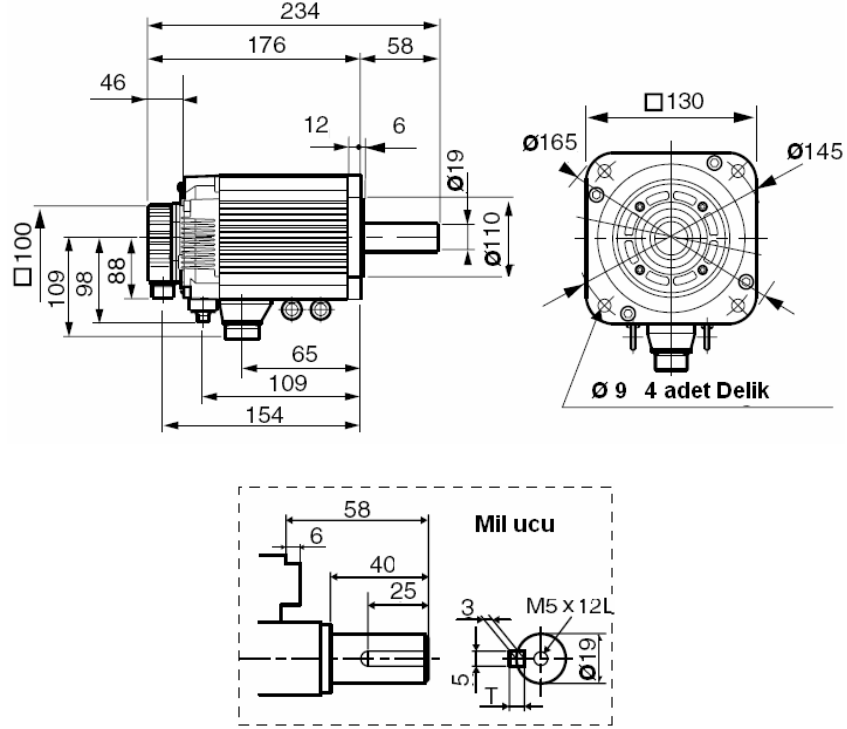
$$M_L = 9550 \cdot P_L / n_1 = 9550 \cdot 0,098 / 1500 = 0,62 \text{ Nm} \quad (3.20)$$

$$M_B = 2 \cdot M_L = 2 \cdot 0,35 = 1,24 \text{ Nm} \quad (3.21)$$

Seçilen servo motor frenli tip olup ,mutlak tip enkoder tercih edilmiştir. Motorun diğer teknik özellikleri için Ek 6 ya bakılabilir.

Seçilen motor ile birlikte ,seçimi gerçekleştirilmesi gereken ,enkoder kablosu ve güç kablosu kullanıcı tarafından omronun kataloglarından yararlanarak seçebilir. Burada servo sürücüsü ile motorun arasındaki mesafe kullanım alanına göre değişeceği için bu seçim uygulamaya göre yapılır.

Aşağıda seçilen servo motorun teknik resmi verilmiştir.



Şekil 3.22 Servo motorun teknik resmi

3.5.7.2 Enkoder

Enkoderler genel olarak artımlı tip ve mutlak tip olmak üzere iki ayrılmaktadırlar.

Artımlı Tip (Incremental Encoder)

Bu tip enkoder milin dönme açısına göre seri çıkış darbeleri üretir. Mil dönmüyorken çıkış darbesi vermez. Çıkış darbeleri sayısını saymak için ayrı bir sayıcı gerekir. Enkoder, sayılan darbe sayısı ile dönme pozisyonu algılar. Bu enkoder tip, tek yönlü tip(Yalnızca kanal A çıkışı; bu tip mil dönerken darbe üretir) ve çift yönlü tip (A ve B kanalları; çıkış bu tip mil dönme yönünü de algılar) olmak üzere sınıflandırılır. Devir başına bir referans darbe çıkışı olan sıfır indeksli A tipide kullanılabilir.

Mutlak Tip (Absolute Encoder)

Milin mutlak dönme açısını göstermek için paralel olarak kodlanmış işaret çıkışları verir. Artımlı tipten farklı olarak darbe sayısını saymak için sayıcıya gerek yoktur ve enkoder milinin dönme açısı daima bilinebilir. (Mutlak tipin çözünürlüğü daha iyidir ve daha büyük

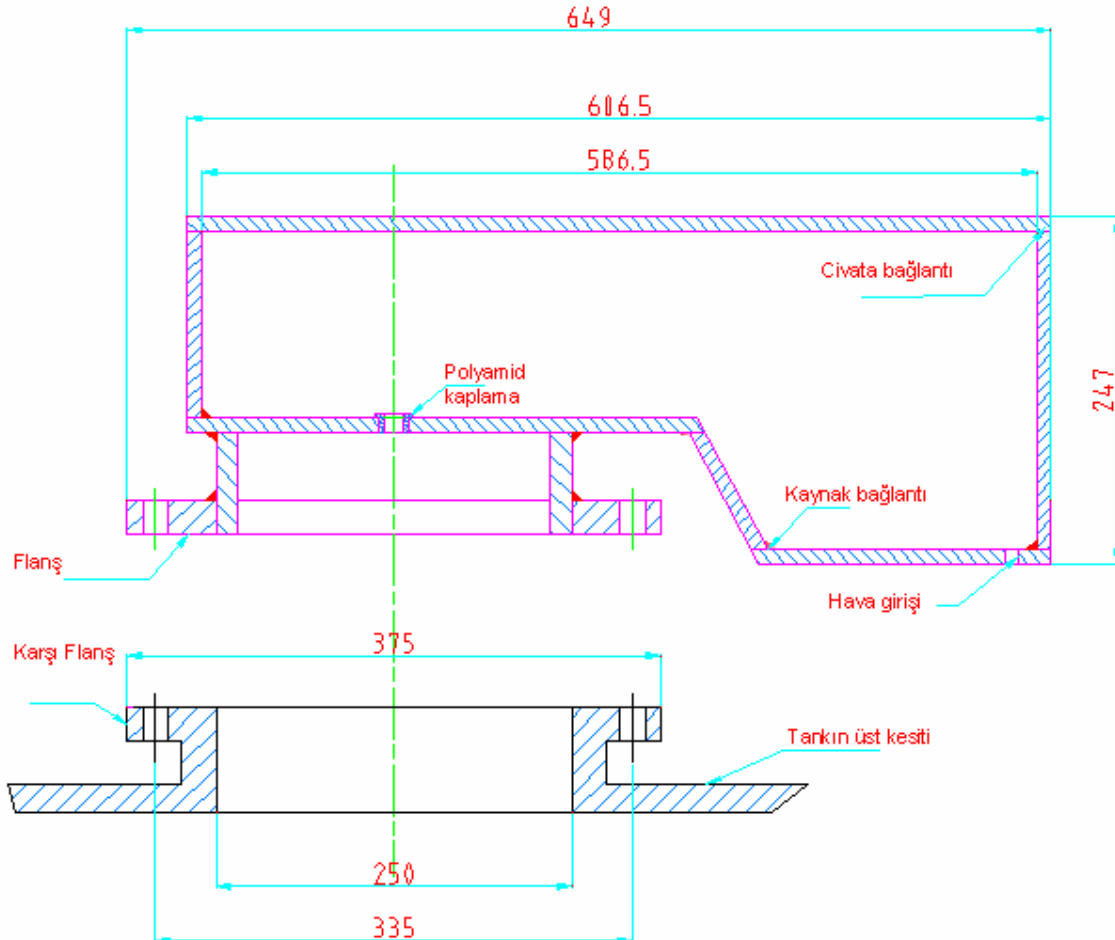
Değerlerde çıkış verebilir.) Bu tip enkoder orijin ayarı yapmaya gerek yoktur. Milin o andaki

konumu orjin olarak tanımlanabilir. Enkoder çıkış işareti anahtar çıkışlarından etkilenmez ve milde ince ayar gerekmez. Ayrıca enkoder tarafından kodlanmış işaret çıkışı okunamadığı durumda bile, devir azaldığı zaman doğru dönme açısı kaydedilir. Bunun yanı sıra, enkoder uygulama teçhizatının titreşiminden doğabilecek hareketlerden etkilenmez.

Tasarlanan cihazda mutlak tip enkoder kullanılmıştır. Daha doğrusu servo motorun içerisinde standart bir eleman olarak yer alan enkoder ,mutlak tip olarak seçilmiştir. Mutlak tip enkoderin hem uygulamamıza uygun olan tiptir hem de özellik bakımından artımlı tipe göre üstünlükleri vardır.

3.5.8 Muhafaza ve Karşı Flanşı

Şekil 3.23 de görüldüğü gibi cihazın standart flanş ölçülerine göre , tankın üst kısmında karşı flanş oluşturulur. Burada önemli olan flanşın hangi standarda göre yapılmış olduğudur. Ek 7 de verilen standart DIN 2575 PN6 normuna göre flanş seçimi yapılmıştır. İki flanş yüzey yüzeye getirilerek cıvata ile bağlanır.



Şekil 3.23 Muhafaza ve karşı flanş

Halatın iç gövdeye girdiği bölge polyamid malzemesiyle kaplanmıştır. Zira sürtünmelerden ötürü çelik halat yıpranıp kopabilir. Buda istenmeyen bir durumdur. Sert ve dayanıklı bir plastik malzeme olan polyamid kullanılarak bu sorunun yaşanmaması amaçlanmıştır.

Muhafazada bir hava boşluğu vardır .Bu boşlukla , içeriye havanın veya bu boşluktan dışarıya havanın transferi amaçlanmıştır. Cihazımız atmosfer basıncında çalışmaktadır.Ölçüm cihazı atmosfere açık olan tanklarda kullanılabildiği için bu basınç dengeleyici boşluğun konulması önem taşımaktadır.

Muhafazanın alt bölgelerindeki bağlantılarda kaynak kullanılmıştır . Üst kısmı ise bir nevi kapak görevi üstlenir ve civatalı bağlantı uygulanmıştır.

3.6 Hassasiyet Hesabı

Cihazın hassasiyet değeri başlıca iki önemli parametreye bağlıdır. Bunlar ağılık seçimi ve enkoder çözünürlüğüdür.

Sistem kaldırma kuvvetini baz alarak çalıştığı için ,yüzey alanın geniş olması hassasiyet değerini arttırır.Çünkü yüzey alanının geniş olması hacim değerini arttırır, artan hacim değeri de oluşan kaldırma kuvveti değerini arttırır. Örneğin düşük çaptaki bir ağılık düşünelim, bu ağırlık sıvının içerisine 10 mm battıktan sonra , gerginlikölçerin minimum ölçüm değeri olan 0,2 N a ulaşması hassasiyeti 10 mm olarak belirler. Fakat daha büyük çaplı bir ağırlıkla 1 mm dahi batmadan suya , gerginlik ölçer değışen gerginlik değerini algılar.

Seçtiğimiz mutlak tip enkoderin , bir tam turda vermiş olduğu pals değeri 4096 dır.Bunun anlamı tamburun tam bir tur dönmesiyle sarılan halat boyunun bu pals değerine bölünmesiyle elde edilen değer hassasiyet değeri olarak belirlenebilir.Burada;

L_t =Tamburun bir tam turunda sarılan halatın uzunluğu

r_t = Tambur yarıçapı

olmak üzere ,tamburun bir tam turunda sarılan halatın boyu (3.22) nolu denklem yardımıyla bulunur.

$$L_t = 2. \pi .r_t \quad (3.22)$$

$$L_t = 2. \pi .75 = 471 \text{ mm}$$

Bulunan bu değer ,enkoderin bir turda verdiği pals değerine bölünürse enkoder bazlı hassasiyet değeri bulunmuş olur .

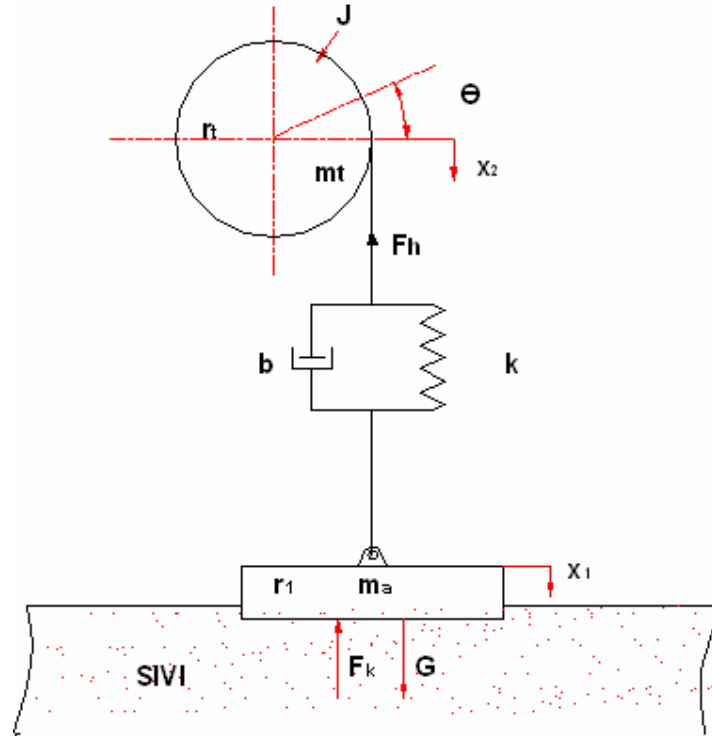
Enkoder bazlı hasasiyet = $4096/471 = 0.11$ mm

Bu değer gerçekten oldukça iyidir. Fakat hasasiyet değerini hesaplarken yalnızca enkoder değil ,gerginlik ölçerin çözünürlüğüne de bakmalıyız.

Ölçülebilen minimum gerginlik 0,2 N dur. Bu değere karşılık gelen batma değeri 0, 66666 dır.

Gerekli toleransları da göz önünde bulundurarak ,hem enkoder hem de ağırlıkla ilgili değerlere dayanarak cihazımızın hassasiyet değerini +/- 1 mm olarak belirlemek doğru olacaktır.

3.7 Sistemin Dinamik Analizi



Şekil 3. 24 Sistemin dinamik modeli

3.7.1 Sistemin diferansiyel denklemlerinin çıkarılması

Sistemimizin serbestlik derecesi ikidir. Bu durumda iki farklı diferansiyel denklem tanımlanacaktır. Diferansiyel denklem oluşturmada belli başlı yöntemler vardır. Bunlardan bazıları Lagrange denklemleri, Sonlu elemanlar, Enerji metodu, Newton prensibidir. Burada denklemlerin çıkarılmasında Lagrange metodu kullanılacaktır. Lagrange denkleminin genel ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{x}_j} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial x_j} + \frac{\partial E_p}{\partial x_j} + \frac{\partial E_b}{\partial \dot{x}_j} = Q_j \quad (3.23)$$

Burada ,

E_k = Toplam kinetik enerji

E_p = Toplam potansiyel enerji

E_b = Toplam sönüm enerjisi

x_1 = Ağırlığın yer değiştirmesi

Θ = Tamburun açısal değişimi

F_k = Kaldırma kuvveti

r_t = Tamburun yarıçapı

J = Kütle atalet momenti

k = Yay sabiti

b = Sönüm sabiti

U = Kontrol kuvveti

Q_j = Genelleştirilmiş kuvvetler

X_j = Genelleştirilmiş koordinatlar.

Olmak üzere aşağıdaki denklemler hesaplanır.

$$E_k = (1/2).J.\Theta'^2 + (1/2).m_a .x_1'^2 \quad (3.24)$$

$$E_p = (1/2) .k. (x_1 - r_t . \Theta)^2 \quad (3.25)$$

$$E_b = (1/2) .b. (x_1' - r_t . \Theta')^2 \quad (3.26)$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial \dot{x}_1} = m_a \cdot x_1' \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{x}_1} \right) = m_a \cdot x_1''$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial x_1} = 0 \quad \frac{\partial E_p}{\partial x_1} = k \cdot (x_1 - r_t \cdot \Theta) \quad \frac{\partial E_b}{\partial \dot{x}_1} = b \cdot (x_1' - r_t \cdot \Theta')$$

1. Denklem

$$m_a x_1'' + k (x_1 - r_t \Theta) + b (x_1' - r_t \Theta') = F_k \quad (3.27)$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial \dot{\Theta}} = J \Theta' \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{\Theta}} \right) = J \Theta''$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial \Theta} = 0 \quad \frac{\partial E_p}{\partial \Theta} = k r_t (r_t \Theta - x_1) \quad \frac{\partial E_b}{\partial \dot{\Theta}} = b r_t (r_t \Theta' - x_1')$$

2. Denklem

$$J \Theta'' + k r_t (r_t \Theta - x_1) + b r_t (r_t \Theta' - x_1') = -U \quad (3.28)$$

3.7.2 Sistemin Matlab de Analizi

3.7.2.1 M-file dosyasında Paramerelerin Girilmesi

Matlab simulink çalıştırabilmek için denklemlerin içinde geçen tüm değişkenler (m, k, b gibi) bir m-file içinde tanımlanmalıdır. Standart olarak tanımlanan bu değerler bir dosyanın içerisinde toplanır. Bu değerler aşağıdaki gibidir.

$m_a = 4.47$	Asılı cismin Kütlesi
$m_2 = 3.925$	Tamburun kütlesi
$r_t = 0.075$	Tamburun yarıçapı
$r_1 = 0.1$	Asılı cismin yarıçapı
$L = 21$	Toplam Halat boyu
$h_1 = 0.04$	Asılı cismin toplam yüksekliği
$d = 4$	Halat Çapı (mm)
$E = 210000$	Elastiklik modülü (N/mm ²)
$A = \pi \cdot (d_h^2) / 4$	Halatın Kesit Alanı mm ²

$k = (E \cdot A) / L$	Halatın yay katsayısı
$b = 10$	Halatın sönüm katsayısı
$g = 9,81$	Yerçekim ivmesi
$G = m_1 \cdot g$	Asılı cismin ağırlığı

3.7.2.2 Simulinkde Modelleme

İki serbestlik dereceli sistemin diferansiyel ifadeleri aşağıdaki gibidir.

$$m_a x_1'' + k (x_1 - r_t \Theta) + b (x_1' - r_t \Theta') = F_k \quad (3.27)$$

$$J \Theta'' + k r_t (r_t \Theta - x_1) + b r_t (r_t \Theta' - x_1') = -U \quad (3.28)$$

$$x_1'' = [F_k - k (x_1 - r_t \Theta) - b (x_1' - r_t \Theta')] / m_a$$

$$\Theta'' = [-U - k r_t (r_t \Theta - x_1) - b r_t (r_t \Theta' - x_1')] / (1/2 m_t r^2)$$

Tüm değişkenler Mux'a girmektedir. Mux'a girişler u ile tanımlanır ve sırasıyla numara verilir.

$$u[1] = x_1 \quad u[2] = x_1' \quad u[3] = \Theta ,$$

$$u[4] = \Theta' \quad u[5] = U \quad u[6] = F_k$$

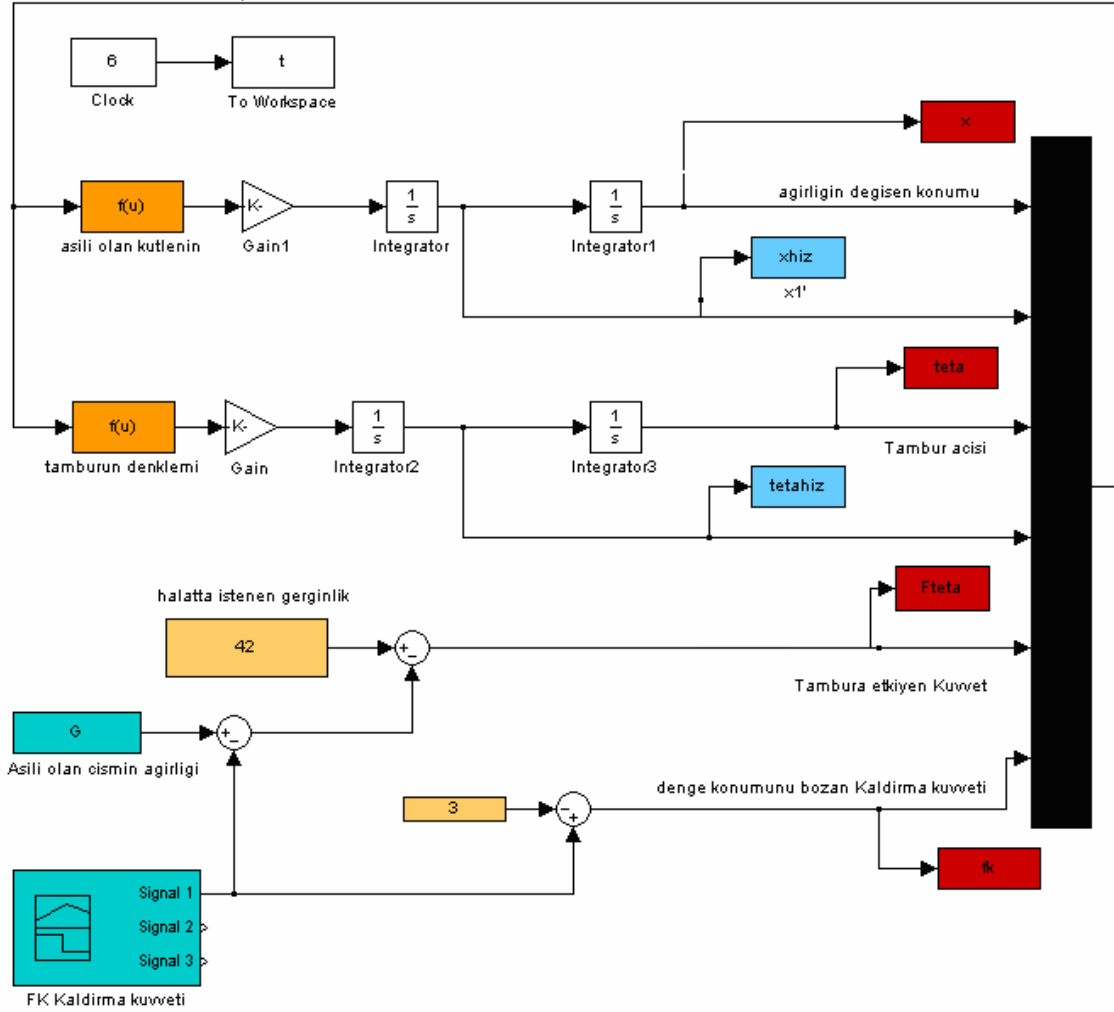
Bu durumda Function kutuları içine aşağıdaki denklemler yazılır.

$$x_1'' = [u[6] - k (u[1] - r_t u[3]) - b (u[2] - r_t u[4])] / m_a$$

$$\Theta'' = [-u[5] - k r_t (r_t u[3] - u[1]) - b r_t (r_t u[4] - u[2])] / (1/2 m_t r^2)$$

Simulinkte "Fonksiyonların f(u)" girişi [u] parametrelerine göre belirlenmiştir .Dolayısıyla parametrelere , yukarıdaki gibi bir dönüşüm uygulamak gereklidir.

Şekil 3.25 deki sistemin simulink modeli görülmektedir.Şekil 3.24 de görülen asılı ağırlığın sıvıya batmasıyla oluşturduğu kaldırma kuvvetinin, üç farklı modeli şekil 3.25 deki modelde sisteme girmiştir.(Sinyal 1 ,Sinyal 2 ,Sinyal 3). Bu sinyaller birbirlerinden bağımsızdır ve seviyenin 3 farklı değişim senaryosuna göre belirlenmiştir.



Şekil 3.25 Sistemin simulink modeli

Sistem sıvı seviyesi sabitken yani seviyede artma veya azalma olmuyorken denge konumundadır. Denge konumunu bozan etki kaldırma kuvvetidir.

Kontrol etmeye çalıştığımız değer ,halattaki gerginliktir. Seviyenin değişimiyle denge konumu bozulan ağırlık ,bağlı olduğu halatın gerginliğinin de değişmesine neden olacaktır. Bu değişim gerginlik ölçerle hissedilip servo sisteme gönderilir. Servo sistemde bu bozucu etkiye ters yönde bir denge kuvveti($U=U[5]$) üretir. Bu kuvvet sistemi dengeler.

$$\text{Halat gerginliği} = G - F_k \quad (3.29)$$

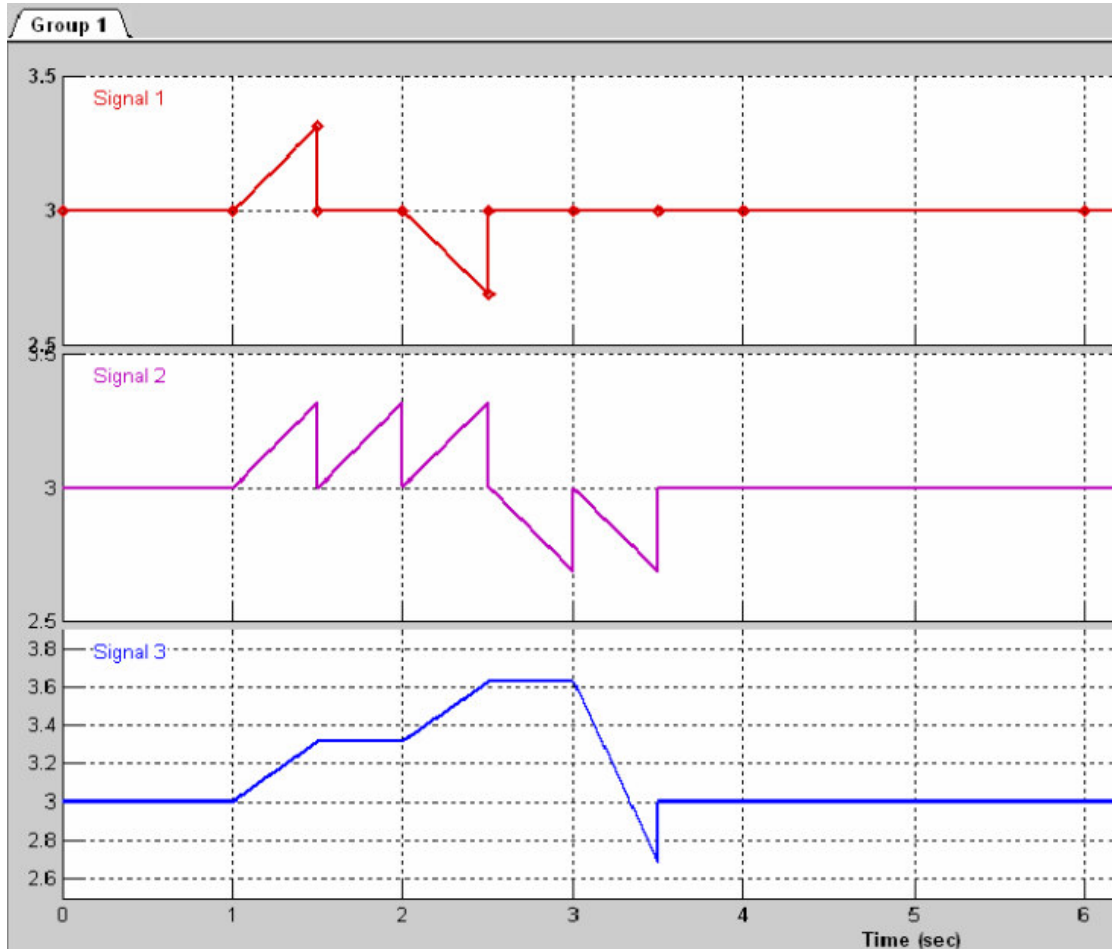
Simulink modelinde(Şekil 3.25), ağırlık değerinden çıkarılan kaldırma kuvveti değeri görülmektedir. Kaldırma kuvveti seviyenin artıp azalmasına göre değişmektedir. Değişen kaldırma kuvvetiyle ,halattaki gerginlikde değişir. İstenen , halat gerginliğinin hep 42 N da sabit kalmasıdır. Bu değer ağırlığın 1 mm lik yerdeğişimi sonucu oluşan kaldırma kuvvetinin

asıllı olan cismin ağırlığından çıkarılmasıyla belirlenen değerdir.Ölçülen halat gerginliği 42 N değerinden farklı bir değer olursa bu hata değeri olarak algılanır ve bu değer servo motor arcılığıyla tambura etkiyen ters yönlü kuvveti oluşturur.

Asıllı olan ağırlık belirli bir ölçüde ,sıvı seviyesine girer. Bu dalış bir kaldırma kuvveti oluşturur.Denge konumunu bozan bu değer şekil 3.25 de görüldüğü gibi sisteme girer. Burada önemli olan sistemin bu girişe nasıl tepki verdiğidir. 1 mm lik dalışın yattığı kaldırma kuvvetine karşılık, “x” olarak ifade eden ağırlığın konumu ne oranda değişecektir. Yada bu tamburun açısına ne oranda yansıyacaktır.

Üzerinde çalışacağımız ve analiz edeceğimiz konu ,sistemin giriş etkisine karşılık,verdiği çıkış tepkisi üzerinde olacaktır. Zira sistemin kendini tekrar denge konumuna toplaması gereklidir.

Aşağıdaki şekillerde ,3 farklı kaldırma kuvveti etkinse karşılık sistemin verdiği cevapları içeren grafikler görülmektedir.



Şekil 3.26 Zamanla değişen kaldırma kuvvetleri

Yukarıdaki grafikte 3 farklı durum için kaldırma kuvvetinin zamana göre değişim eğrisi verilmiştir.

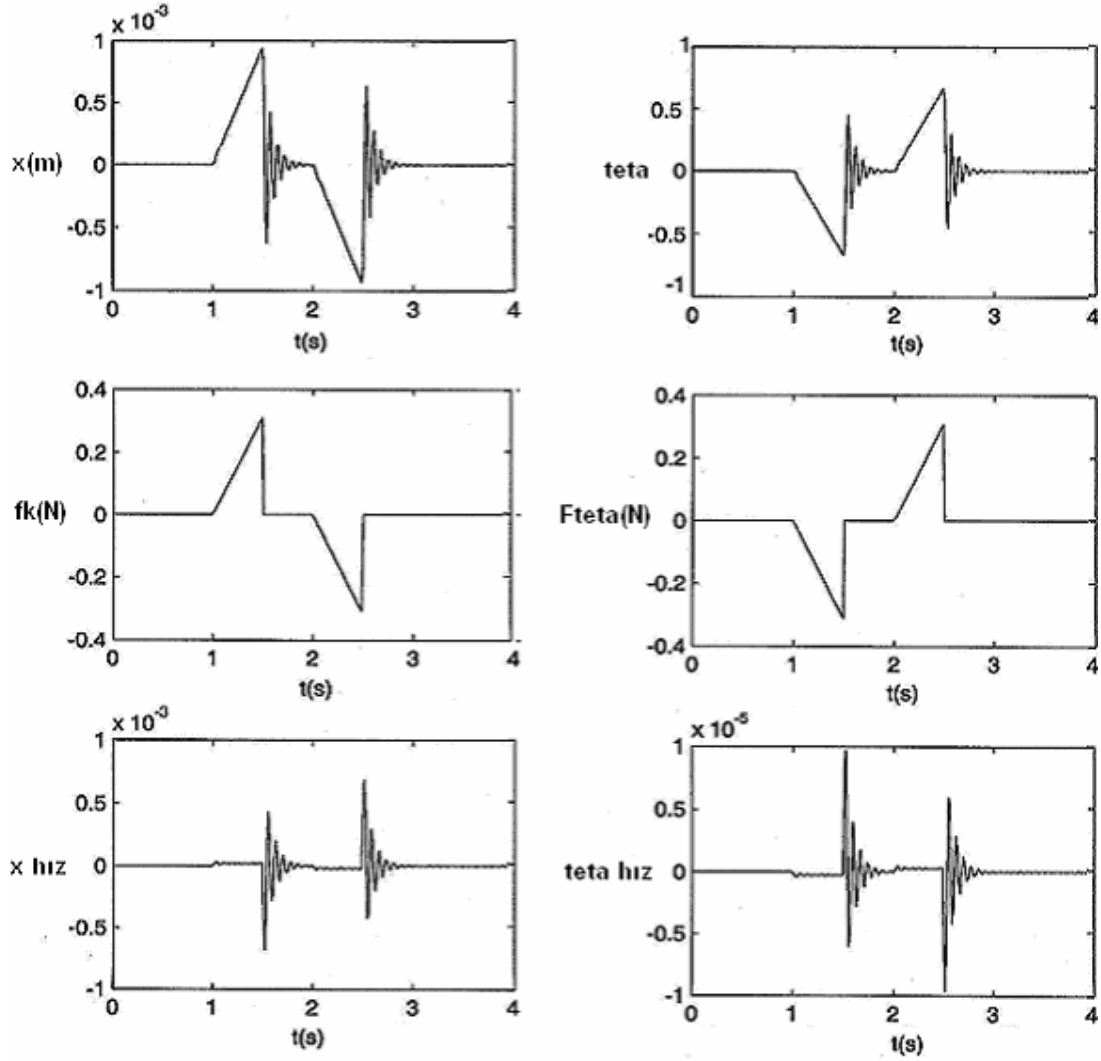
Burada ağırlığın belli bir miktar sıvıya battığı ve bu konumda dengede kaldığı kabul edilmiştir. Bu değer 3 N dur .Bu değer Şekil 3.26 da görülmektedir. Bu değer üzerine seviyedeki 1 mm lik artış yada azalışın etkisiyle şekildeki grafikler oluşur.

Birinci sıradaki sinyalde ,sistemin seviyesi 1. saniyede artmaya başlamıştır. 1,5. saniyede seviye toplam 1 mm yükselmiştir ve hemen ardından ,sistem tekrar denge konumuna gelmiştir. 1,5. saniyeden 2. saniyeye kadar sistem dengede kalmıştır.2. saniyeden 2,5 saniyeye kadar seviye 1 mm azalmıştır ve 2,5 saniyede sistem denge konumuna gelmiştir.

Sinyal 2 de ,seviye 1. saniyeden 2,5 . saniyeye kadar artmıştır.Artış değerinin 1 mm ye ulaşması durumunda servo motor tamburu tahrik edip sistemi dengelemiştir.Bu dengeleme işlemi 2,5 . saniyeye şekil 3.26 da görüldüğü gibi 3 kere olmuştur.2,5 . saniyeden sonra seviye 3,5 saniyeye kadar azalmıştır toplam azalan seviye değeri 2 mm dir. Bu zamandan sonra sistem dengede kalmıştır yani seviyede artma yada azalma olmamıştır.

Örneğin başlangıçta seviye değerimiz 2000 mm olsun. Sinyal 1 de seviye 1. saniyeden itibaren 1 mm artmıştır ve sistem 1,5 . saniyede denge konumuna ulaşmıştır.Denge konumunda ağırlığın batma değeri sabittir ve 3 N dur.1,5 . saniyede seviye değeri 2001 mm dir .Burada karıştırılmaması gereken denge konumu ifadesinin referans yükseklik değeri olmadığıdır. Örneğin, Şekil 2 de 2,5. saniyedeki seviye değeri başlangıç koşulunu 2000 mm kabul etmek koşuluyla 2003 mm dir.

Sinyal 3 de ise ,ölçülen değerler toplamdaki değişmeyi ifade eder yani ilk olarak değişen değerden sonra sistem , ilk baştaki denge konumunu referans almaz.Değişen her seviyede, referans değeri o seviye olarak belirlenir.Ve bir önceki toplam yükseklik değerine ekler.Örnek vermek gerekirse sinyal 3 de 1,5. saniyede seviye yine referans yüksekliğini 2000 mm kabul etmek koşuluyla , 2001 mm dir.Bu konumda ağırlık yine aynı batma yüksekliği değerindedir.Seviyenin artması yada azalımının grafikte daha net anlaşılması için sinyal 3 oluşturulmuştur.



Şekil 3.27 Değişen kaldırma kuvvetini temsil eden signal 1 e göre sistemin cevabı

1 mm lik seviye değişimi olmuştur. Bu değişim kaldırma kuvvetini şekil 3.26 daki gibi değiştirmiştir. Değişen bu değer sisteme giriş yapmıştır. Sistemin cevabı ise şekil 3.27 deki gibidir.

Ağırlığın değişen konumu ,oluşan kaldırma kuvveti ile doğru orantılıdır ve 1mm seviye değişimi,ağırlığında 1 mm lik konum değişikliği yapmasını gerektirir. Bu durum şekilde görüldüğü gibi sağlanmıştır.

Oluşan 1 mm lik yükselişin neticesinde tambur bu değeri oluşturacak oranda dönecektir. Tamburun bir tam dönmesi sonucunda değişen seviye değeri 471 mm dir. Bu değer (3.20) deki gibi hesaplanmıştır. Bu değere karşılık gelen açı değeri 0.76° dir.(3.31)

$$D_S = 2.\pi. (d_t/2) = 2. \pi .(75) = 471 \text{ mm} \quad (3.30)$$

Burada ,

D_{ST} = Tamburun bir tam dönmesiyle değişen seviye değeri

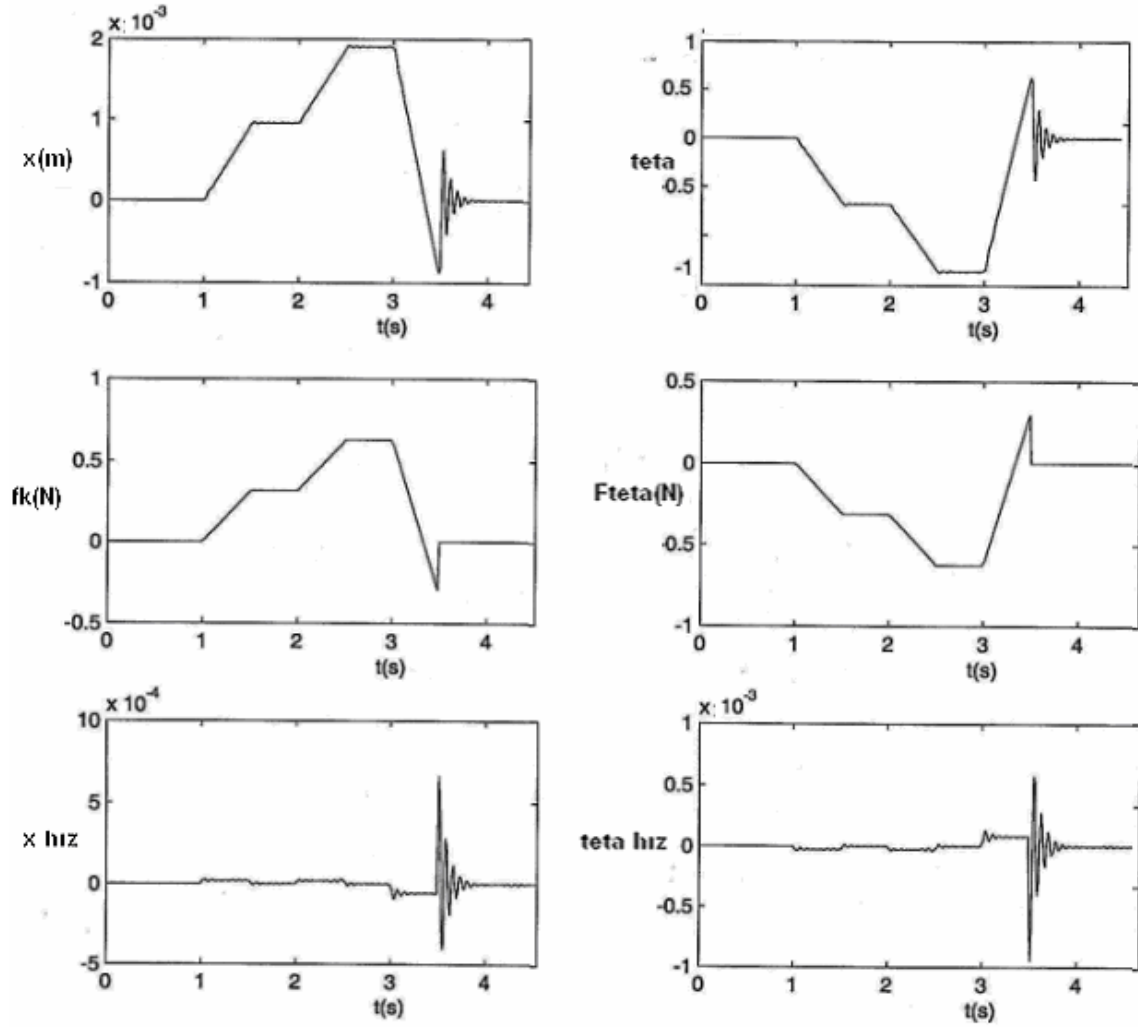
d_t = Tamburun çapı

D_t = Tamburun, seviyenin 1 mm değişimiyle değişen açı değeri .

dir. Tamburun bir tam dönmesiyle değişen seviye değeri toplam açı değerine bölüldüğünde

$$D_t = 360 / 471 = 0.76^\circ \quad (3.31)$$

Şekil 3.27 de görüldüğü gibi seviyenin 1 mm lik değişimiyle oluşacak tambur açısının değişim değeri, denklem (3.31)deki hesaplanan teorik değerle aynıdır.



Şekil 3.28 Değişen kaldırma kuvvetini temsil eden signal 3 e göre sistemin cevabı

“fk” burada ,referans kaldırma kuvvetini ifade eder. Yani başlangıçta 3 N olan, batan kısmın yarattığı kaldırma kuvvetini dikkate almaz .”fk” burada bozucu etki niteliğindedir. Bu değer değişmezken sistem dengededir ve kaldırma kuvvetinin değeri sabit olup 3 N dur.

Seviyenin değişimi ile “fk” değeri değişir. Bu değişim sisteme girer ve bu bozucu etkiyi dengelemek amacıyla bir karşı kuvvet oluşturmak gereklidir.“Fteta “ kuvveti burada tambura etki eden kuvveti temsil eder.Oluşan “Fk” değerine karşılık zıt yönde bir kuvvet oluşturur ve sistemi denge konumuna döndürür.

4. Sonuçlar

Tasarlanan cihazla görülmüştür ki ,sıvı veya katı seviyesin servo tahrikli mekanik bir cihazla yüksek hassasiyet değeriyle ölçülmesi mümkün olmaktadır. Kullanılan paslanmaz elik ve teflon kaplama bir çok kimyasal ortamda kullanılabilir olduğundan cihazın önemli üstünlüklerinden birini oluşturmuştur. Yine istenilen yüksek hassasiyet değerine ulaşılabilmıştır.Sıvı uygulamalarda kullanılabilirliği mükemmelen katılarda düzgün ve doğru montaj gibi parametrelere dikkat edilmesi gerektiği görülmüştür.Servo sistemli bir cihaz tasarlandığından,sistem istenilen özelliklerde programlanabilmıştır.Son olarak matlab da dinamik analizleri yapılan cihaz ,istenilen cevapları verebilmiştir.Neticede birçok uygulamada kullanılabilir ,yüksek hassasiyetli ve yüksek sıcaklıklara dayanımlı servo sistemli bir cihaz tasarlanmıştır.

KAYNAKLAR

Akıncı A., Akbulut H. , Yılmaz F. “Teflon Kaplamaların Yapı Ve Özellikleri” Sakarya Üniversitesi, Adapazarı

Bozacı Atilla, “Makine elemanları II” , Yıldız Teknik Üniversitesi ,İstanbul

Gerdemeli İsmail, Transport Tekniğinde İleri Konular ,İstanbul teknik üniv. , İstanbul

İnan Aslan ,(2004) “Matlab ve Programlama” papatya yayıncılık ,2004 ,istanbul

Kiyak İsmail Gökmen G. “İleri Seviye Kontrol Tekniklerinin Karsilastirilmesi -Otomasyon Sayi 139, Aralik 2003

Seviye Ölçme Yöntemleri ve Teknolojileri Kimya TeknolojileriSayi 14, Subat 2002

Katicioğlu İlkey, Sefer Cafer “Sıvı Tanklarda Seviye Kontrol Sistemi” İ.Ü. Müh. Fak. Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, İstanbul 2005

Küçükavruk idris, “Sıvı seviyesinin PLC de PID yöntemi kullanarak Scada destekli kontrolü” Y.T.Ü ,Y.L tezi ,İstanbul (2002)

Longbottom frank and Eren Halit,(1994) “Ultrasonic multiple –sensor Solid Level Measurements” Curtin üniv. Bentley ,Australa

Motzer Juergen,(2000) “A Puls Radar Gauge For Level Measurement And Prosess Control “ Vega Grieshaber KG ,Germany

Sözmen Hakan,(2006) , “ Seviye Ölçümünde Radar Sensörler” Otomasyon dergisi, 2006/12

Pasin Fuat ,(1984) “Makine dinamiği” Birsen yayın evi ,İstanbul (2000)

Şengirgin M.,Yüksek İ., Şefkat G.,Şahin T.,“Kapasitif Algılayıcıların Tasarımı Ve Denetim Sistemlerindeki Yeri ” U.Ü. Müh.-Mim. Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Bursa

Savaşkan Temel,(1999) “Malzeme Bigisi Ve Muayenesi” Derya Kitabevi ,Trabzon

Yüksel ,İbrahim (2000) “Matlab ile mühendislik Sistemlerinin Analizi ve Çözümü” Vipaş A.ş yayınları ,Bursa

Yılmaz Kaya , “Servo-Senkro mekanizmalar” , Mersin üniversitesi

W .seto ,William (1964) “Mekanik Titreşimler” Birsen yayın evi ,İstanbul

INTERNET KAYNAKLARI

www.bilimfeneri.gen.tr

[1] www.atmi.fr

[2] www.bdsensors.com

[3] www.bilimfeneri.com

[4] www.dillon.com

[5] ensim.com.tr

[6] www.elektrobilisim.com

[7] www.elimko.com

[8] www.fine-tek.com

[9] www.elimko.com.tr

[10] www.vega.com

[11] www.valftek.com

[12] www.saabrosemount.com

EKLER

- Ek 1 Tasarlanan seviye ölçüm cihazının teknik resmi
- Ek 2 Standart kalite çeliklerin kullanım özellikleri
- Ek 3 316 kalite paslanmaz çeliğin kimyasal dayanım çizelgeleri
- Ek 4 6 x 19 çelik özlü halatların TS 1918/10 standardına göre genel teknik özellikleri
- Ek 5 SigmaWin yazılımının teknik özellikleri
- Ek 6 Servo motorun teknik özellikleri
- Ek 7 DIN 2575 standart flanş boyutları

Ek 2 Standart kalite çeliklerin kullanım özellikleri

Kaynak :borsen.com

	KALİTE	ODA SICAKLIĞINDA	YÜKSEK SICAKLIKTAKI	KULLANMA LİMİTİ	ÜRETİM	KULLANMA SAHASI
FERRİTİK ve MARTENSİTİK	410	Zayıf sulandırılmış asitlere, klorlanmış veya havası alınmış sulara iyi dayanıklılık gösterir	Yaklaşık 700 C'ye kadar oksidasyona dayanıklılığı iyidir.	Özellikle oksitleyici ortamda kloride çok hassastır.Düşük sıcaklıklarda kırılmalıdır.	200-300 C'de ön ısıtmadan sonra Tig kaynağı yapılabilir.650 C'de tavllanır.	Petrokimya endüstrilerinde borulama ısı değiştirgeçerlerinde ve rekuparatörlerinde; buhar ve su vanalarında fittingslerinde, mutfak aletleri ve spor ekipmanlarında.
	420	Zayıf veya sulandırılmış asitlere iyi dayanıklılık, su verme ve menevişleme sonrasında mükemmel mekanik özellikler gösterir.	Yaklaşık 700 C'ye kadar oksidasyona iyi dayanıklılık gösterir.	Özellikle oksitleyici ortamda kloride çok hassastır.Düşük sıcaklıklarda kırılmalıdır.	200-300 C'de ön ısıtmadan sonra Tig kaynağı yapılabilir.650 C'de tavllanır.	Karbondioksit ve kirlenmiş petrol kuyularında dışlı boru yapımında
	430	Korozyona 410 ve 420 kaliteden daha dayanıklıdır.Kloridsiz asit oksidasyonlarına iyi dayanıklılık gösterir.	800 C'ye kadarki yüksek sıcaklık oksidasyonuna dayanıklılığı iyidir.	Oksitleyici ortamda kloride karşı hassastır.Düşük sıcaklıklarda kırılmalıdır.	200-300 C'de ön ısıtmadan sonra Tig kaynağı yapılabilir. 700-800 C'de tavllanır.	Yüksek sıcaklık, susuz ortamlarda petrokimya endüstrisinde ısı değiştirgeçerlerinde ve ısı reküptörlerinde
	446		Oksitlenme koşullarında 1050 C'ye kadar olan sıcak sülfirik atmosferde ısı oksidasyonuna dayanıklılığı iyidir.	Düşük sıcaklıklarda kırılmalıdır.	200-300 C'de ön ısıtmadan sonra kaynak yapılabilir.	Yüksek sıcaklık, susuz ortamlarda petrokimya endüstrisinde ısı değiştirgeçerlerinde ve ısı reküptörlerinde kullanılır.Sülfür gazlarına dayanımı yüksektir.
AUSTENİTİK	304	Atmosferik korozyona nötr nemli ortamlar alkalin korozyonuna kloridsiz asit ortamlarına karşı dayanıklılığı iyidir.Bütün sıcaklıklarda işlenebilir yumuşaklıktadır.	Yaklaşık 900 C'ye kadar yüksek sıcaklık oksidasyonuna karşı dayanıklı olup iyi mekanik ve sürtünme dayanıklılığına sahiptir.	600-800 C arasında özellikle oksitli ve sıcak nemli klorid ortamlarda iç yapı gerilme korozyon çatlağına sebebiyet verir.	Kaynak yapılabilir fakat iç yapı bozulabilir.Bükülebilir ve genişletilebilir.	Kimya; petrokimya ve kazanlarda boru ve ısı değiştirgeçerlerinde kullanılır.Ev aletleri endüstriyel mutfaklar ve otomotiv sanayinde.
	304L	304 kalitenin düşük karbonlu şeklidir. Bu durum iç yapı değişmelerine karşı dayanımı yükseltir. Özellikle nitrik aside karşı direnci iyidir.	900 C'ye kadar yüksek ısı oksidasyonuna karşı dayanıklılığı iyidir.Sürtünme dayanıklılığı 500 C üzerinde garanti edilemez.	Gerilme korozyon çatlağına (SCC) karşı dayanıklılığı iyidir.	Isıl işlem uygulanmadan kaynak yapılabilir, bükülebilir ve genişletilebilir.	Kimya; petrokimya ve yiyecek endüstrilerinde boru ve ısı değiştirgeçerlerinde, süthane ekipmanlarında,kağıt sanayi, nitrik asit ünitelerinde, sabun ve deri sanayinde.
	321	304 kaliteye benzergenel korozyon özelliklerine sahiptir.İç yapı korozyonuna karşı hassasiyeti titanyum stabilizasyonu ile giderilmiştir.Bütün ısılarda yumuşaktır.	900 C kadar ısı oksidasyonuna karşı dayanıklılığı iyidir.Çok iyi mekanik ve sürtünme dayanıklılığına sahiptir.	Gerilme korozyon çatlağına hassastır.	Isıl işlem uygulanmadan kaynak yapılabilir, bükülebilir ve genişletilebilir.	Kimya ve petrokimya sanayinde kazanlarda ve süpe ısıtıcılarda kullanılabilir.
	347	321 kalitenin niobyum stabileli şeklidir.321 kaliteye benzer özelliklere haizdir.Bütün sıcaklıklarda işlenebilir.	Yaklaşık 900 C'ye kadar yüksek ısı oksidasyonuna karşı dayanıklılığı iyidir.Mekanik ve sürtünme dayanıklılığı çok iyidir.	Gerilme korozyon çatlağına hassastır.	Isıl işlem uygulanmadan kaynak yapılabilir, bükülebilir ve genişletilebilir.	Kimya petrokimya endüstrilerinde borulama ısı değiştirgeçerlerinde kazanlarda ve süper heatnerlerde konserve sanayinde kullanılır.

316	Molibdenin varlığı nemli klorid çevrelerde haddedençekilmiş 304 kaliteye nazaran her tür sıcaklıkta daha iyi cevap verir.	900C'ye kadar olan sıcaklıkta oksidasyona, gerek mekanik özelliği ve çekme mukavemeti iyidir.	Gerilme korozyon çatlakları (SCC) ve dahili korozyona karşı hassastır.	Tig ve Mig kaynağı yapılabilir, iyi bükülebilir ve uzayabilir.	Sıcağa mukavim eşanjörlerde, kimya sanayinde petrokimya ve gıda sanayinde kullanılan buhar kazanlarında meyvesuyu ve likör üretimi ile et işletme ünitelerinde kullanılır.	
316L	316 kalitenin düşük karbonlu kompozisyonudur. İç korozyona karşı duyarlı değildir. Bütün sıcaklıklarda yumuşaktır.	Yaklaşık 900 C'ye kadar yüksek ısı oksidasyonuna karşı dayanıklılığı iyidir. Fakat 500 C üzerinde sürtünme kabiliyeti düşüktür.	316 kalite gibi gerilme korozyon çatlaklarına duyarlıdır. mekanik özellikleri 316 kaliteden daha azdır.	Kaynak yapılabilir, bükülebilir ve genişletilebilir.	Kimya petrokimya ve gıda endüstrilerinde ısı değiştirgeç ve borularında suni ipek sanayi, süthane ekipmanları, nükleer mühendislik.	
316Ti	316 kalitenin titanyum stabilize şeklidir. 316 kaliteye benzer genel korozyon dayanıklılığına sahiptir. İç korozyona karşı duyarlı değildir. Bütün ısılarda yumuşaktır.	900 C kadar ısı oksidasyonuna karşı dayanıklılığı iyidir. Sürtünme kabiliyeti yüksektir.	Gerilme korozyon çatlaklarına duyarlıdır.	Isıl işlem uygulanmadan kaynak yapılabilir, bükülebilir ve genişletilebilir.	Kimya petrokimya ve gıda endüstrilerinde boru ve ısı değiştirgeçlerinde kazan ve fırınlarda , vernik, sentetik reçine lastik ve motor yakıtı endüstrilerinde pompa kompresör parçaları, nükleer mühendislik.	
317L	316L kalitenin molibdeni daha fazla şeklidir. Kloridlere, sülfirik ve fosforik aside daha fazla dayanıklıdır.	316L kaliteye benzer özelliklere sahiptir.	Gerilme korozyon çatlaklarına ve sigma oluşumuna karşı hassastır.	Isıl işlem uygulanmadan kaynak yapılabilir, bükülebilir ve genişletilebilir.	Boru ve ısı değiştirgeçlerinde.	
309 ve 310	25/20 paslanmaz çelik ve düşük karbon içeriğiyle yüksek sıcaklıklarda ve nemli ortamlarda tercih edilir.	Tipik ateşe dayanıklı kalite yaklaşık 1100 C kadar oksidasyona karşı mükemmel dayanıklıdır. 800 C kadar sürtünme kabiliyeti yüksektir.	900 C'den fazla sıcaklıklarda devamlı çalışma durumunda sigma oluşumuna yol açar. Buda iç korozyona karşı duyarlı hale getirir.	Kaynak yapılabilir, fakat iç korozyon olabilir.	Kimya petrokimya endüstrilerinde ısı değiştirgeçlerinde fırın tüplerinde.	

Ek 3 316 kalite paslanmaz çeliğin kimyasal dayanım tabloları

PANDUIT® Chemical Attack at 70°F (21 °C)

A = Excellent ¹ = Pitting occurs under some conditions

B = Satisfactory ² = Attack may occur if sulfuric acid present

C = Slight Attack Aq. = Aqueous

D = Attacked C.S. = Cold Saturated

— = Not Tested

Agent	Percent Concen- tration	Nylon 6.6 *	Nylon 12	Polypro-pylene	Tefzel ■	Halar ▲	304 Stainless Steel	316 Stainless Steel
Acetaldehyde	90	B	—	C	A	A	—	—
Acetic Acid	97	D	D	A	A	A	A	A
Acentic Acid	10	C	B	A	A	A	A	A
Acetic Anhydride	90	—	B	A	A	A	A	A
Acetone	100	A	A	A	A	A	A	A
Acetophenone	100	—	—	B	A	A	A	A
Acetylene	100	—	—	A	A	A	A	A
Aluminum Chloride	10	B	A	A	A	A	D	C
Aluminum Fluoride	10	B	A	A	A	A	D	C
Aluminum Hydroxide	Aq. C.S.	—	A	A	A	A	A	A
Aluminum Potassium Sulfate	10	B	A	A	A	A	A ¹	A ¹
Ammonia	All	—	A	A	A	A	A	A
Ammonium Carbonate	1 to 5	—	A	—	A	A	A	A
Ammonium Chloride	10 to 25	D	A	A	A	A	A ¹	A
Ammonium Hydroxide	10	A	—	—	A	A	—	—
Ammonium Nitrate	100	—	A	A	A	A	A	A ¹
Ammonium Sulfate	10	—	A	A	A	A	E ¹	A
Amyl Acetate	100	—	—	C	A	A	A	A

Aniline	100	—	B	A	A	A	A	A
Antimony Trichloride	All	D	—	A	A	A	A	A
Arsenic Acid	1 to 80	—	—	A	A	A	A	A
Barium Carbonate	All	—	A	A	A	A	A	A
Barium Chloride	All	—	A	A	A	A	A ¹	A
Barium Sulfate	All	—	A	A	A	A	A	A
Barium Sulfide	All	—	A	A	A	A	A	A
Benzene	100	A	A	C	A	A	A	A
Benzoic Acid	100	D	A	A	A	A	A	A
Benzoyl Chloride	100	—	—	C	A	A	—	—
Benzyl Alcohol	100	—	—	A	A	A	—	—
Boric Acid	All	D	A	A	A	A	B	—
Bromine	100	D	D	D	A	A	D	D
Butadiene	100	—	—	C	A	A	A	A
Butane	100	—	A	A	A	A	A	A
Butanediol	100	—	—	A	A	A	—	—
Butyl Acetate	100	—	A	C	A	A	—	—
N. Butyl Alcohol	100	—	A	A	A	A	A	A
Butyl Phthalate	100	—	—	A	A	A	—	—
Butyraldehyde	100	—	—	A	A	A	—	—
Butyric Acid	10 to 100	D	—	A	A	A	A	A
Calcium Carbonate	Aq. C.S.	—	—	A	A	A	A	A
Calcium Chlorate	Aq. C.S.	—	—	A	A	A	A	A
Calcium Chloride	5	C	A	A	A	A	A ¹	A ¹
Calcium Hydroxide	50	—	—	A	A	A	A	A
Calcium Hypochlorite	2	D	—	A	A	A	A ¹	A ¹
Calcium Nitrate	50	—	A	A	A	A	—	—
Calcium Sulfate	2	C	—	A	A	A	A	A
Carbon Tetrachloride	100	A	A	D	A	A	A	A
Carbon Tetrachloride	Aq. 10	—	—	—	—	A	C ¹	A ¹
Chlorine	Dry	—	D	D	A	A	C	C
Chlorine	Wet	—	D	C	A	A	D	D

Chloroacetic Acid	10 to 50	D	—	A	A	A	D	C
Chlorobenzene	100	—	C	A	A	A	—	—
Chloroform	100	A	C	C	A	A	A	A
Chlorosulphonic Acid	10 to 100	D	D	D	B	A	D	D
Chromic Acid	10 to 50	D	D	A	A	A	C	C
Citric Acid	10 to 50	B	B	A	—	A	A	A
Copper Chloride	1 to 10	D	—	A	A	A	A ¹ - D	A ¹ - C ¹
Copper Cyanide	Aq. C.S.	—	—	A	A	A	A	A
Copper Nitrate	50	—	—	A	A	A	A	A
Cresol	100	D	D	—	A	A	A	A
Crotonaldehyde	100	—	—	A	A	A	—	—
Cyclohexane	100	—	A	C	A	A	A	—
Cyclohexanol	100	—	A	A	A	A	A	—
Cyclohexanone	100	—	A	C	A	A	A	—
Dibutyl Phthalate	100	—	—	A	A	A	—	—
Dichloroethane	100	—	—	A	—	A	A	A
Dichloroethylene	100	—	—	C	A	A	—	—
Diesel Fuel	100	—	A	C	A	A	A	A
Diethyl Ether	100	—	A	A	A	A	A	A
Diglycolic Acid	Aq. C.S.	—	—	A	A	A	—	—
Diisobutyl Ketone	100	—	—	A	A	A	—	—
Dimethyl Amine	100	—	—	A	A	A	—	—
Dimethyl Formamide	100	—	A	A	A	A	A	—
Dimethyl Sulfate	100	—	—	C	A	A	—	—
Diocetyl Phthalate	100	—	—	A	A	A	A	—
1,4-Dioxane	100	—	B	C	A	A	A	—
Ethyl Acetate	100	A	A	B	A	A	A	A
Ethyl Alcohol	100	A	A	A	A	A	A	A
Ethyl Chloride	100	—	—	C	A	A	A	A
Ethylene Chloride	100	A	C	C	A	A	A	A
Ethylene Glycol	100	A	A	A	A	A	A	A
Ethylene Oxide	100	—	—	C	A	A	—	—
Fatty Acids	100	—	—	A	A	A	—	—
Ferric Chloride	50	D	—	A	A	A	D	D
Ferric Hydroxide	All	—	—	A	A	A	A	A
Ferric Nitrate	All	—	—	A	A	A	A	A
Ferrous Chloride	Aq. C.S.	D	—	A	A	A	D	C
Ferrous Sulfate	10	—	—	A	A	A	A	A
Fluorine (Dry)	100	—	—	D	A	—	D	D
Formaldehyde	40	A	B	A	A	A	A	A
Formic Acid	All	D	D	A	A	A	A	A
Freons	100	A	—	—	A	A	—	—
Fuel Oil	100	—	A	—	A	A	A	A
Furfural	100	A	—	—	A	A	A	A
Gallic Acid	Aq. C.S.	—	—	—	A	A	A	A
Gasoline	100	A	—	C	A	A	A	A
Glycerin	100	—	A	A	—	A	A	A
Glycolic Acid	40	D	—	A	A	A	—	—
Heptane	100	—	A	A	A	A	A	A
Hexane	100	—	A	A	A	A	A	A
Hydrobromic Acid	All	D	D	A	A	A	D	D
Hydrochloric Acid	All	D	D	A	A	A	D	D
Hydrocyanic Acid	All	—	D	A	A	A	C	C
Hydrofluoric Acid	All	D	D	A	A	A	D	D
Hydrofluorosilicic Acid	30	—	D	A	A	A	D	D
Hydrogen Peroxide	30	D	B	B	A	A	B	A
Hydrogen Sulfide	Dry	—	—	A	A	A	A	A
Hydrogen Sulfide	Wet	D	—	A	A	A	C ²	A ²
Hydroquinone	100	—	—	A	A	A	—	—
Iodine	100	—	—	A	A	A	D	D
Iodoform	100	—	—	—	A	A	A	A

Isopropyl Alcohol	100	A	A	A	A	A	A	A
Jet Fuel	100	A	—	A	A	A	A	A
Lactic Acid	10	A	B	A	A	A	A	A
Lanolin	10	A	A	A	A	A	A	A
Lead Acetate	Aq. C.S.	—	—	A	A	A	A	A
Linseed Oil	100	A	A	A	A	A	A	A
Magnesium Carbonate	Aq. C.S.	—	A	A	A	A	A	A
Magnesium Chloride	Aq. C.S.	C	A	A	A	A	A	A
Magnesium Nitrate	Aq. C.S.	—	A	A	A	A	A	A
Maleic Acid	100	—	—	A	A	A	—	—
Malic Acid	Aq. C.S.	—	—	A	A	A	A	A
Mercuric Chloride	Dilute	—	A	A	A	A	D	D
Mercury	100	—	A	A	A	A	A	A
Methyl Alcohol	100	A	A	A	A	A	A	A
Methyl Bromide	100	—	—	D	A	A	—	—
Methyl Chloride	100	—	—	C	A	A	—	A
Methyl Chloroform	100	A	—	C	A	A	—	—
Methyl Ethyl Ketone	100	—	A	C	A	A	A	A
Methyl Isobutyl Ketone	100	A	—	C	A	A	A	A
Methylene Chloride	100	C	D	C	A	A	A	A
Naptha	100	—	—	A	A	A	A	A
Napthalene	100	—	B	A	A	A	A	A
Nickel Chloride	Aq. C.S.	—	A	A	A	A	A	A
Nickel Sulfate	Aq. C.S.	—	A	A	A	A	A	A
Nitric Acid	10 to 30	D	D	A	A	A	A	A
Nitric Acid	30 to 68	D	D	D	B	A	A	A
Nitro Benzene	100	—	C	C	A	A	A	A
Nitro Methane	100	A	—	—	A	A	—	—
Nitrous Acid	5	—	—	—	A	A	A	A
Oleic Acid	100	—	C	A	A	A	A	A
Oxalic Acid	10	—	C	A	A	A	A	A
Oxygen	All	—	—	A	A	A	—	—
Paraffin	100	A	A	A	A	A	A	A
Perchlorethylene	100	—	—	C	A	A	A	A
Petroleum Ether	100	—	A	A	A	A	A	A
Phenol	90	D	D	A	A	A	A	A
Phosphoric Acid	10	D	D	A	A	A	A	A
Phosphorus Pentoxide	100	—	D	A	A	A	—	—
Phosphorus Trichloride	100	—	D	C	A	A	A	A
Phthalic Acid	50	—	—	C	A	A	A	A
Picric Acid	1	—	—	A	A	A	A	A
Potassium Borate	1	—	—	A	A	A	—	—
Potassium Bromide	Aq. C.S.	—	—	A	A	A	A	A
Potassium Carbonate	Aq. C.S.	—	C	A	A	A	A	A
Potassium Chlorate	Aq. C.S.	—	B	A	A	A	A	A
Potassium Chloride	5	—	A	A	A	A	A	A
Potassium Dichromate	Aq. C.S.	—	D	A	A	A	A	A
Potassium Ferrocyanide	25	—	—	A	A	A	A	A
Potassium Iodide	Aq. C.S.	—	A	A	—	A	A	A
Potassium Nitrate	Aq. C.S.	—	A	A	A	A	A	A
Potassium Perchlorate	1	—	—	A	A	A	—	—
Potassium Permanganate	5	D	D	A	A	A	A	A
Potassium Persulfate	All	—	—	A	A	A	—	—
Potassium Sulfate	Aq. C.S.	—	A	A	A	A	A	A
Potassium Sulfide	Aq. C.S.	—	—	A	A	A	A	A
Propionic Acid	50	—	—	A	A	A	—	—
Propyl Alcohol	100	A	—	A	A	A	A	A
Pyridine	100	—	A	C	A	A	C	C
Sea Water	100	—	A	A	A	A	A	A
Silver Chloride	Aq. C.S.	—	A	A	A	A	D	D
Silver Nitrate	10	—	A	A	A	A	A	A
Sodium Acetate	Aq. C.S.	A	—	A	A	A	A	A

Sodium Benzoate	Aq. C.S.	—	—	A	A	A	—	—
Sodium Bicarbonate	Aq. C.S.	A	A	A	A	A	A	A
Sodium Bisulfate	10	—	—	A	A	A	A	A
Sodium Bisulfite	Aq. C.S.	—	B	A	A	A	A	A
Sodium Borate	Aq. C.S.	—	—	A	A	A	A	A
Sodium Carbonate	2	A	A	A	A	A	A	A
Sodium Chlorate	25	—	C	A	A	A	A ₁	A ₁
Sodium Chloride	10	A	A	A	A	A	A ₁	A ₁
Sodium Chromate	Aq. C.S.	D	—	A	A	A	A ₁	A ₁
Sodium Fluoride	5	—	—	A	A	A	A ₁	A ₁
Sodium Hydroxide	10	A	A	A	A	A	A ₁	A ₁
Sodium Hypochlorite	5	B	C	A	A	A	C ₁	A ₁
Sodium Hyposulfite	Aq. C.S.	—	—	—	A	A	A	A
Sodium Nitrate	5	A	A	A	A	A	A	A
Sodium Perborate	Aq. C.S.	—	B	A	A	A	—	C
Sodium Perchlorate	10	—	—	—	A	A	A	A
Sodium Phosphate	5	—	A	A	A	A	A	A
Sodium Sulphate	5	—	A	A	A	A	A ₁	A
Sodium Sulfide	5	—	A	A	A	A	A ₁	A ₂
Sodium Thiosulfate	25	—	A	A	A	A	A ₂	A ₂
Stannic Chloride	Aq. C.S.	D	—	A	A	A	D	C
Stannous Chloride	Aq. C.S.	—	A	A	A	A	C	B
Stearic Acid	100	—	C	A	A	A	A	A
Succinic Acid	100	—	B	A	A	A	—	—
Sulfur	100	—	A	A	A	A	B	C
Sulfur Dioxide	All	D	—	C	A	A	A	A
Sulfuric Acid	5	D	C	A	A	A	C	A
Sulfuric Acid	50	D	D	A	A	A	D	C
Sulfuric Acid	Concent rate	D	D	C	A	A	C	C
Sulfurous Acid	10	A	—	A	A	A	C ₁	A ₁
Tannic Acid	10	—	A	A	A	A	A	A
Tartaric Acid	50	—	B	A	A	A	A	A
Tetrahydrofuran	100	—	C	C	A	A	A	A
Toluene	100	A	A	C	A	A	A	A
Trichloroacetic Acid	10	D	—	B	A	A	D	D
Trichlorethylene	100	—	D	C	A	A	A ₁	A ₁
Turpentine	100	—	B	D	A	A	A	A
Urea	50	—	A	A	A	A	—	—
Vinyl Acetate	100	—	—	A	A	A	—	—
Xylene	100	A	—	D	A	A	A	A
Zinc Chloride	70	D	A	A	A	A	A	A
Zinc Nitrate	Aq. C.S.	—	A	A	A	A	A	A
Zinc Sulfate	Aq. C.S.	—	A	A	A	A	A	A

6 x 19 STANDARD = 6 (1+6+12)



Çelik özlü halatlar (ÇÖ)

TS 1918/10

Halat anma çapı		Birim Ağırlık (kg/m)	Teorik kopma kuvveti		En küçük kopma kuvveti		
(mm.)	Tolerans (%)		Tel anma dayanımı, kgf/mm ²				
			160	180	160	180	
		-	F _t (kgf)	F _t (kgf)	F _t (kgf)	F _t (kgf)	
3	+8 -0	0,034	-	672	-	538	
4	+7	0,060	-	1190	-	956	
5	-0	0,095	-	1870	-	1490	
6	+6	0,138	-	2690	-	2150	
7	-0	0,187	-	3650	-	2930	
8		0,243	4250	4780	3400	3820	
9		0,308	5370	6040	4300	4840	
10		0,381	6640	7460	5310	5970	
11		0,461	8030	9020	6430	7230	
12		0,548	9550	10700	7650	8610	
13		0,643	11200	12600	8970	10100	
14		0,746	13000	14600	10400	11700	
16		0,974	16900	19100	13600	15300	
18		1,230	21500	24100	17200	19300	
20		+5	1,520	26600	29800	21200	23900
22		-0	1,840	32100	36100	25700	28900
24		2,190	38200	42900	30600	34500	
26		2,570	44900	50500	35900	40400	
28	2,980	52000	58500	41600	46900		
32	3,900	67900	76400	54400	61100		
36	4,930	86000	96700	68800	77400		
40	6,090	106000	119000	85000	95600		
44	7,370	129000	145000	103000	116000		
48	8,770	153000	172000	122000	137000		
52	10,300	180000	202000	144000	162000		
56	12,000	208000	234000	166000	187000		

Ek 5 SigmaWin yazılımının teknik özellikleri, www.omron.com

Specifications

Functions

System setting	Setting communication parameters
Data input	- Editing of all parameters - Load, save, delete parameter files, etc.
Test options/Online operation	- Transfer and comparison of parameter data - Variables Monitoring - On-line recording for axis speed(torque)
Tools	- Digital Oscilloscope, jog mode monitor

Operating Environment

Operating systems	Windows 95/98/NT/ME/2000	
Processor	Pentium class at 200 Mhz or higher	
Memory requirements	Hard disk	100 MB free memory space
	RAM	64 MB min.
Screen	800x600 resolution, 256 colors recommended	
Peripheral connections	CD-ROM Drive RS232 or RS-422 serial port	

Compatible Units

	Specification
Motion Controllers	Sigma-II Series, SmartStep, Sigma-I Series, JUSP-NS600

Software

Software

Description	Model
SigmaWin+	MOTION TOOLS CD

Cables

Description	Model
Computer Connecting cable	R88A-CCW002P2 or JZSP-CMS02

SigmaWin+

Ek 6 Servo Motorun teknik özellikleri

OMRON

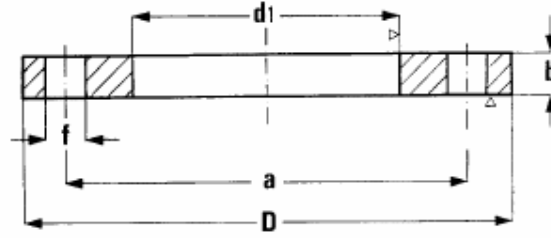
Type SGMGH, 400 V

Ratings and specifications

Applied voltage		400 V				
Servo motor model SGMGH-□		05D□	09D□	13D□	20D□	30D□
Rated output	kW	0.45	0.85	1.3	1.8	2.9
Rated torque	N·m	2.84	5.39	8.34	11.5	18.6
Instantaneous peak torque	N·m	8.92	13.8	23.3	28.7	45.1
Rated current	A (rms)	1.9	3.5	5.4	8.4	11.9
Instantaneous max. current	A (rms)	5.5	8.5	14	20	28
Rated speed	min ⁻¹	1500				
Max. speed	min ⁻¹	3000				
Torque constant	N·m/A (rms)	1.64	1.65	1.68	1.46	1.66
Rotor moment of inertia (JM)	kg·m ² ×10 ⁻⁴	7.24	13.9	20.5	31.7	46.0
Allowable load moment of inertia (JL)	Multiple of (JM)	5				
Rated power rate	kW/s	11.2	20.9	33.8	41.5	75.3
Rated angular acceleration	rad/s ²	3930	3880	4060	3620	4050
Applicable encoder	Standard	Incremental encoder (17 bits)				
	Option	Absolute encoder (17 bits)				
Holding brake moment of inertia J	kg·m ² ×10 ⁻⁴	2.10			8.50	
Basic specifications	Time rating	Continuous				
	Insulation class	Class F				
	Ambient temperature	0 to +40 °C				
	Ambient humidity	20 to 80% (non-condensing)				
	Vibration class	15 µm or below				
	Enclosure	Totally-enclosed, self-cooled, IP67				
	Vibration resistance	Vibration acceleration 24.5 m/s ²				
Mounting	Flange-mounted					

UNI 2276-67 PN 6

DIN 2575 ND6



DN	Ø TUBO		d		a	D	b	f	VITI	N.FORI	Kg.
	DIN	ISO	DIN	ISO							
10	13,5	17,2	14	17,5	50	75	10	11	M10	4	0,290
15	20	21,3	20,5	22	55	80	10	11	M10	4	0,330
20	25	26,9	25,5	27,5	65	90	12	11	M10	4	0,500
25	30	33,7	30,5	34	75	100	12	11	M10	4	0,610
32	38	42,4	38,5	43	90	120	14	14	M12	4	1,050
40	44,5	48,3	45	49	100	130	14	14	M12	4	1,230
50	57	60,3	58	61,5	110	140	14	14	M12	4	1,350
65	76,1		77		130	160	14	14	M12	4	1,680
80	88,9		90		150	190	16	18	M16	4	2,630
100	108	114,3	109	115,5	170	210	16	18	M16	4	2,920
125	133	139,7	134,5	141	200	240	18	18	M16	8	3,900
150	159	168,3	160,5	170	225	265	20	18	M16	8	4,780
200	219,1		221		280	320	22	18	M16	8	6,910
250	267	273	269	275	335	375	24	18	M16	12	9,040
300	323,9		326		395	440	24	22	M20	12	12,100
350	368	355,6	370,5	358	445	490	26	22	M20	12	17,000
400	419	406,4	422	409	495	540	28	22	M20	16	20,100
450	457,2		460,2		550	595	28	22	M20	16	25,800
500	508		511		600	645	30	22	M20	20	30,000
600	609,6		612,6		705	755	30	25	M22	20	37,900
700	711,2		714,2		810	860	32	25	M22	24	47,900
800	812,8		815,8		920	975	34	30	M27	24	62,900
900	914,4		917,4		1020	1075	36	30	M27	24	74,600
1000	1016		1019		1120	1175	36	30	M27	28	81,900

1100	1120	1124	1240	1305	38	33	M30	28	
1200	1220	1224	1340	1405	38	33	M30	32	
1300	1320	1324	1450	1520	40	36	M33	32	
1400	1420	1424	1560	1630	40	36	M33	36	
1500	1520	1524	1660	1730	42	36	M33	36	
1600	1620	1624	1760	1830	44	36	M33	40	
1800	1820	1824	1970	2045	44	39	M36	44	
2000	2020	2024	2180	2265	46	42	M39	48	

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi

20.10.1981

Doğum yeri	Erzurum	
Lise	1995-1998	General Ali Rıza Ersin Lisesi
Lisans	1998-2003	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2004-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Makine Teorisi ve Kontrol programı

Çalıştığı kurumlar

2003-2004	Elkon Elevator Konveyör A.Ş
2004-Devam ediyor	Lonca Paz. Mak. San. Tic A.Ş