

ENDÜSTRİYEL ÖLÇME VE KONTROL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh.Yakup Kadri GÜLBAZ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Ocak 1994

Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Şubat 1994

Tez Danışmanı : Doç.Dr.Kenan KUTLU

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr.Talha DİNİBÜTÜN

: Doç.Dr.Aydın HIZAL

ÖNSÖZ

Bu çalışmada endüstriyel ölçme ve kontrol cihazlarından olan debimetreler teorik ve deneysel olarak incelenecektir. Debimetrelerin kalibrasyonu sonucu elde edilen bilgilere göre bir değerlendirme yapılacaktır. Debimetrelerin kullanımlarına ait örnekler gerçek uygulamalar arasından seçilmiştir.

Çalışmalarım sırasında beni destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen değerli Hocam Sayın Doç.Dr. Kenan KUTLU'ya ve Danfoss kalibrasyon laboratuvarları sorumlusu araştırmacı Sayın Aksel Jespersen'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak, 1994

Yakup Kadri GÜLBAZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	11
NOTASYON LİSTESİ	VI
ÖZET	IX
SUMMARY	X
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. ELEKTROMAGNETİK DEBİMETRELER	3
2.1. Prensibi	3
2.2. Elektromagnetik Debi Ölçümü	5
2.3. Akış Profili	5
2.4. İlk Ölçme Deneyi	7
2.5. Alternatif Alan	8
2.6. Darbeli d.c. Akımı	9
2.7. Dizayn ve Çalışma Prensibi	11
2.8. Magnetik Alan Kesiti	12
2.9. Sıfır Noktası Kararlılığının Sağlanması	13
2.10. Magflo	14
2.11. Devre Blokları	15
2.12. Ölçme Kapasitesi-Boyutlandırma Tablosu	16
BÖLÜM 3. ULTRASONİK DEBİMETRELER	19
3.1. Zaman Farkı Yöntemi	20
3.2. Sing Around Yöntemi	21
3.3. Dizaynın Uygulanması	22
3.4. Sinyal Konvertörü	25
3.4.1. Tek Doğrultulu Debi Ölçerler İçin Sinyal Konvertörü	25
3.4.2. İki Doğrultulu Debi Ölçer İçin Sinyal Konvertörü	26
3.5. Ultrasonik Debimetrede Sabit Zaman Gecikmesinin Hesaplanması	27
3.6. Kalibrasyon Katsayısı Ayarı	28
BÖLÜM 4. KÜTLESEL DEBİMETRELER	31
4.1. Prensibi	31
4.2. MASSFLO Debimetresinin Uygulamadaki Modeli...	36
4.3. Ölçme Karakteristikleri	36
4.4. Kütleli Debimetrelerde Korozyon Faktörü.....	40
4.5. Korozyon Direncinin Değerlendirilmesi	42
4.6. Elektromagnetik Debimetre (MAGFLO), Ultrasonik Debimetre (SNOFLO) ve Kütleli Debimetre (MASSFLO) Cihazlarının PLC'ye Bağlantısı	45
4.7. Sinyallerin Değerlendirilmesi	46
4.8. Elektromagnetik Debimetre (MAGFLO), Ultrasonik Debimetre (SNOFLO) Ve Kütleli Debimetre (MASSFLO) Cihazlarının PLC'ye Bağlantısı	48

BÖLÜM 5. VORTEKS DEBİMETRELER	49
5.1. Prensibi	49
5.2. Boyutlandırma	51
5.3. Doymuş Buhar Ölçümünde Boyutlandırma	51
5.4. Gaz ve Kızgın Buhar Ölçümünde Boyutlandırma..	52
5.5. Sıvıların Debilerinin Ölçümünde Boyutlandırma	53
BÖLÜM 6. AÇIK KANALLARDA ULTRASONİK DEBİ ÖLÇÜMÜ.....	54
6.1. Transducerin Yerleştirilmesi	54
6.2. Su Debinin Hesabı	56
6.3. PARSHALL Ölçüm Boyutları (EMAF)	59
6.4. Prensibi	60
BÖLÜM 7. ULTRASONİK POMPA KONTROLÜ	64
7.1. Transducer Montajı	64
7.1.1. Kablo Uzunluğu	66
7.1.2. Bağlantı Örneği	67
BÖLÜM 8. TELEMETRİ SİSTEMİ	70
8.1. Denetleyici (Supervisory) Bilgisayar Kontrol Merkezi	72
8.2. İletişim Kanalları	72
8.3. Radyo İletişim kanalları	73
8.4. Bir Şehrin Su Şebekesinin Telemetri Sistemi İle Kontrolü	73
BÖLÜM 9. AKIŞ LABORATUVARLARINDA KALİBRASYON İŞLEMİ ...	84
9.1. Dinamik Tartı Prensibi	85
9.2. Test Düzeneginin yapısı	86
9.3. Test Düzeneginin kontrolü	91
9.3.1. Bilgi Toplama Ve İşleme	93
9.3.2. Ölçüm Hassasiyeti	93
9.4. Debimetrelerin Hassasiyeti	94
9.4.1. Hassasiyet=1- Hassasiyetsizlik	94
9.4.2. Sistematik Ve Rastlantısal (random) Ölçüm Belirsizliği	96
9.4.3. Kalibrasyon Ve Pratik Uygulama	98
9.4.4. Terminoloji Ve Semboller	99
9.4.5. Coriolis Prensibine Dayanan Ayrı Özellikteki 7 Kütlesel Debimetre İle Yapılan Testlerin Sonuçları	100
9.4.5.1. Kütlesel Debimetrelerin Hassasiyeti ve Tekrarmanabilirlikleri	101
9.4.5.2. Test Edilen Herbir Kütlesel Debimetreye Ait Hassasiyet Eğrileri	103
9.4.5.3. Su İçerisinde Belirli Hacimsel Oranda Hava Bulunması Durumunda Yapılan Testler.....	107
9.4.5.4. Debimetrelerden Su Akışı Durumunda Basınç Düşümleri	107

BÖLÜM 10. OKSİJEN TRANSMİTTERİ (EMCO)	109
10.1. Sensör	109
10.1.1. Sensör Bakımı	110
10.2. Limit Değerlerinin Ayarlanması	111
10.3. Çalışma Yöntemi	113
10.4. Multiplexer Ve Örnekleyici-Tutucu (Sample Hold Unit)	115
10.5. Bağlantı (Wiring) Diyagramları	119
10.5.1. Örnek A.....	119
10.5.2. Örnek B.....	120
10.5.3. Örnek C	121
10.6. Ekonomik Analiz	122
BÖLÜM 11. BALIK ÜRETİM TESİSLERİNDE OKSİJEN KONTROLÜ ...	126
11.1. Oksijen Kontrolünün Önemi	126
11.2. Kontrol Sistemi	130
11.2.1.1. Yönetim	130
11.2.2. II. Yönetim	132
11.2.3. III. Yönetim	134
11.3. Oksijen Kontrol Sistemine Ait Uygulamalar ..	135
11.3.1. 1. Uygulama	135
11.3.2. II. Uygulama	137
BÖLÜM 12. UYGULAMA	141
12.1. Kütahya Atıksu Arıtma Tesisi	141
12.1.1. Tanıtım	141
12.1.2. Tesis Karakteristikleri	141
12.1.3. Prosesin Açıklanması	142
12.1.3.1. Ön Arıtma Bölümü	142
12.1.3.2. Biyolojik Arıtma Bölümü	146
12.1.3.3. Çamur Giderme Bölümü	148
12.2. Difüzörler İle Oksijen Kontrolü	155
12.3. Su Sirkülasyonunun (Waterrecirculation) Oldu- ğu Bir Balık Çiftliğinde Oksijen Kontrolü ...	156
12.4. Kanalizasyon Sistemlerinde Seviye Kontrolü ..	158
12.5. Çürütme (digestion) Tankına Giden Atıksu De- bisinin Ölçümü	159
12.6. Bir Arıtma Tesisinde Atık maddelerin Ayırışımı	161
12.7. Su Şebekesi Üzerinde Yer Alan Bir Filtrenin Temizliğinin Otomatik Kontrolü	163
12.8. Bir Barajda Türbinlere Giriş ve Çıkıştaki Su Seviyelerinin Ölçümü	164
12.9. Artık Isının Uzun Süre Aynı Hassasiyet İle Ölçümü	165
12.10. Asnaes Enerji Santralinde Harcanan Sıvı Yakıt Miktarının Ölçümü	169
12.10.1. Brülör Kontrolü	171
12.10.2. Fuel Oil Tüketiminin Ölçümü	172
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	176
KAYNAKLAR	177
EKLER	178
ÖZGEÇMİŞ	196

Notasyon Listesi



Röle (Relay)



Normalde kapalı kontak (Normally Closed Contact)



Normalde açık kontak (Normally open contact)



Acık anahtar (Switch open)



Kapalı anahtar (Switch Closed)



Alarm sireni (Alarm Bell)



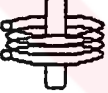
Gösterge lambası (indication Lamb)



Terminal



Seviye sensörü (Level Sensör)



Akım transformatörü (Current Transformer)



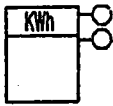
Basılınca acan anahtar (Push to Break)



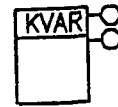
Basılınca kapanan anahtar (Push to Make)



Voltmetre (Volmeter)



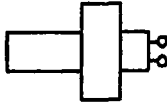
KWh sayacı (KWh Meter)



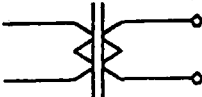
KVar sayacı (KVAR Meter)



Debimetre (Flowmeter)



Tank seviye ölçer (Tank Level Sensor)



Volt transformatörü (Volt Transformer)

AI : Analog Input
AO : Analog Output
CPU : Central Processing Unit
CI : Contact
DAC : Data Access Console
DI : Digital Input
DO : Digital Output
ERL : Earth Leakage
F : Failure
FR : Flow Rate
HPDP : High Pressure In Discharge Pipe
I/O : Input/Output
LAN : Local Area Network
LDP : Leakage In Discharge Pipe
NRV : Non Return Valve
NVR : Non Voltage Relay
OVL : Over Load
PC : Personal Computer
PF : Power Failure
PLC : Programmable Logic Controller

RDP : Remote Data panel
SD : Start Delay
TFS : Terminal Point Strip
TR : Terminal

UNV	: Under Voltage
UPS	: Uninterrupted Power Supply
VT	: Volt
WL	: Water Level
WLH	: Water Level High
WLL	: Water Level Low



ÖZET

Günümüzde teknoloji ve otomasyonun gelişmesi ile birlikte, tasarımlarda kullanılan ürünlerin nitelik ve niceliği de değişime uğramaktadır. Hızlı teknolojik gelişme ve mikroelektronik sistemler kullanılması ile birlikte ürünlerin boyutları küçülürken işlevleri artmaktadır.

Dünyadaki değişime paralel olarak Türkiye'de bu tür cihazların kullanılması yaygınlık kazanmaktadır. Daha az maliyetle fazla üretim amacından yola çıkarak otomasyon hayatımızın her alanına girmektedir. Tek merkezden tüm bir üretimi veya prosesi, kontrol etmek, insanlardan kaynaklanabilecek pekçok soruna bu şekilde çözüm bulmak ve hassas ölçümler sonucu çok hızlı müdahalelerde bulunmak artık günümüzde bilinen ve uygulanan bir yöntemdir.

Danimarka'da kurulu Danfoss firmasının Nordborg ve Greasten'deki endüstriyel ölçüm cihazları , frekans konvertörleri üreten fabrikalarında, kalibrasyon ünitelerinde yaptığım incelemeler ve bu ürünlere ait teknik bilgiler çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

Bu çalışmada sözü geçen cihazların hepsi elektronik esaslı olup, ölçüm sonuçlarını standart sinyaller olarak vermektedirler. Bu nedenle istendiğinde bilgisayar veya PLC ile haberleşme sağlanabilir. Ayrıca klasik debimetreler ile karşılaştırıldığında bu cihazların ölçüm değerlerinin hassasiyeti çok yüksektir.

Cihazların çalışma prensiplerine ait teorik bilgiler pekçok kaynakta yer almaktadır. Ancak bunların üretim yöntemleri ve kalibrasyonlarına ait bilgiler sınırlıdır. Bu nedenle çalışmada kalibrasyon işlemi geniş olarak anlatılmakta ve debimetre cihazlarının kalibrasyonu sonucu bilgisayarda elde edilen değerler ve bunlara ait grafikler etler bölümünde yer almaktadır.

Cihazların kullanımına ait gerçek uygulamalar ve bunlara ait sonuçlar teknolojik gelişmenin boyutları konusunda fikir vermektedir.

SUMMARY

INDUSTRIAL MEASUREMENT AND CONTROL

The demand for improved purification quality and accurate measurement has led to an increased need to control, regulate and monitor the different processes in Water works and purification installations. Because measurements within this sector are very different in character, different principles of measurement are required. The range of equipment for the water treatment sector which is included in this thesis is therefore based on three proven principles:

- Electromagnetic flow measurement
- Ultrasonic flow measurement of filled pipes.
- Ultrasonic flow measurement in open channels.

These principles of measurement are obstruction-free (no pressure/ energy loss) and involve no mechanical moving parts, i.e. they give good operational economy.

Flowmeters are used within water supply for:

- Measuring raw water quantity
- Dosing (chemicals, polymers)
- Monitoring filters
- Measuring flush water
- Measuring supplied quantities
- Monitoring leakage

Flowmeters are used within waste water purification for:

- Measuring the supply to the installation
- Dosing (chemicals, polymer)
- Measuring return sludge
- Measuring sludge for digestion tank
- Measuring discharge from the installation
- Measuring over flow

Electromagnetic flowmeters

Electromagnetic flowmeters measure flow in full pipes. The principle of measurement is an extension of Faraday's law: the voltage induced in an electric conductor moving through a magnetic field is proportional to the speed at which the conductor moves.

An electrical charge (Q) moved at a velocity (V) perpendicular to a magnetic field (B) is effected by a force (F)

$$1) F = Q \times V \times B$$

When both positive and negative charges are present, the force causes separation of the charges. This force is counteracted by the electrostatic force (E)

$$2) F = Q \times E$$

Faraday's law:

Equations 1 and 2 represent Faraday's law of induction.

$$3) E = V \times B$$

The law can be formulated thus:

When an electrical conductor of length L is moved at velocity V, perpendicular to the lines of flux through a magnetic field B, voltage U_i is induced across the end points of the conductor.

$$U_i = B \times L \times V$$

The sensor of the electromagnetic flowmeter consists of ceramic measuring pipe in which two electrodes are mounted opposite to each other. The magnetic coils are fitted around the meter and are supplied by a pulsating direct current. Thus a pulsating magnetic field is produced across the liquid. When an electrically conductive liquid moves in magnetic field, a voltage is induced across the liquid at right angles to that field. The electrode voltage is led to the signal converter, where it is converted to a standard analogue output signal of 0/4-20 mA.

Ultrasonic Flowmeters

Ultrasonic flowmeter also measure flow in full pipes. The principle of measurement is based on the fact that the speed of sound increases when it is transmitted in the direction of flow and decreases when transmitted against the direction of flow. The difference in upstream and signal transmission time is proportional to the flow velocity. Ultrasonic flow measurement can be used for both conductive and non-conductive liquids.

In the measuring pipe the ultrasonic wave is transmitted across the axis of the pipe to the opposite transducer in what we call the sound track. The ultrasonic signal will thus pass through water layers at varying velocities. The measuring system compensates so the registered transit times indicate mean times for the travel of the sound in the sound track.

If two sound tracks had been used, i.e. four transducers, better transit time averaging and higher accuracy would have achieved.

Flow Metering In Open Channels

Open channel flow measurement is used to measure flow in pipes that are not filled and in channels in severe environments. The complete system for flow measurement in channels consists of a signal converter, a transducer and a prefabricated fibreglass flume.

Flow measurement in open channels involves creating a controlled relationship between liquid height and liquid flow. The depth is measured by ultrasonic sound transmitted from a transducer mounted above the measuring flume. The transmission time, the time the signal takes to reach the surface of the water and return, is inversely proportional to the depth and therefore the flow.

A reference bar is used to compensate for the effect of air temperature on sound speed. The signal transmitter contains a linearisation system (level/flow conversion) which together with the reference bar creates optimum system accuracy.

Typical application areas are the inlet and outlet from municipal purification installations, industrial water purification and outfall monitoring.

In addition to the mentioned flowmeter types, the mass flowmeters will be explained here below.

Mass Flowmeter

The mass flowmeter measures the mass flow direct in kg/s unlike the ultrasonic flowmeter, the magnetic flowmeter and other volumetric flowmeters which measure velocity and compute the volume flow in for example, litres/second. An important reason for measuring the mass instead of volume is that the mass does not change due to external influences whereas the volume changes with the temperature.

Formerly the mass flow was traditionally measured indirectly by multiplying a volume flow measurement by the density of the medium. This method demands therefore as a supplement to the volume flow measurement, density measurement or density determination from a temperature measurement; and more measurement will always increase the uncertainty. Therefore direct mass flow measurement is preferable. Mass flowmeters measuring the mass flow directly often use the force which occurs when a mass in movement changes its velocity and direction, called the coriolis force.

Here below, there is an explanation of how the coriolis force can be exploited for direct mass flow measurement.

The medium is equally divided through two parallel pipes. The two pipes are made to oscillate by an electro-magnet. Due to the oscillations each mass particle of the medium will change direction and alter its velocity the coriolis force will affect the deflections of the pipes. The variations in the deflections, which are a measure of the mass flow, can be tracked by means of (magnetic) sensors whose signals are converted into an electrical output signal proportional to the mass flow.

Frequency Converters

The frequency converter has developed much since the first unit was launched at the end of the 60's. Today's advanced microprocessors and semi-conductors have improved the frequency converter substantially.

The frequency converter can be divided up into four main components:

1- The rectifier converts the three-phase a.c. voltage from the supply mains to a pulsating d.c. voltage.

2- The intermediate circuit. There are there different types. One type converts the voltage of the rectifier into a d.c. current. The other type stabilizes the pulsating d.c. voltage and sends this on to the inverter. The third type of intermediate circuits converts a constant d.c. voltage from the rectifier into a variable value.

3- The inverter controls the frequency of the motor voltage. One type of inverter also converts the constant d.c. voltage into a variable a.c. voltage.

4- The electronics of the control circuit can transmit signal to both the rectifier, the intermediate circuit and the inverter

The frequency converter monitors the process controlled and takes action in case of operational disturbances.

There are three types of monitoring:

Plant Monitoring: The frequency converter monitors the plant on the basis of the output frequency, output currents and motor torque. On the basis of these values it is possible to set a number of limit values for the control, such as min. allowable speed or max. allowable motor current.

Motor Monitoring: The frequency converters monitors the motor on the basis of a calculation of the thermal conditions. Like a thermal relay the frequency converter takes care that the motor is not overloaded. It also takes the output frequency into account, that ensures that the motor is not overloaded at low speeds, where the self ventilation of the motor is reduced.

Unit Monitoring: The frequency converter cuts out in case of overcurrent. Some frequency converters can yield a momentary overcurrent.

The fast micro processors used in the frequency can sum up the motor current and the time, that ensures optimum utilization without overloading the frequency converter.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde her türlü endüstride ölçme ve kontrol yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada sadece debimetreler, seviye ölçerler ve frekans konvertörleri ele alınarak bazı uygulama örnekleri de verilmiştir. Bu cihazlardan bazıları; magnetik, ultrasonik, venturi, J, geçiş ilişkisi (cross correlation) debimetreleri |hacimsel debi ölçümü|; thermal, coriolis debimetreler |kütlesel debi ölçümü|; gravimetrik, radyometrik özümseme (radiometric absorption)- titreşim borusu(resonant frequency vibrating tube) |yoğunluk ölçümü|; diyafram tipi (diaphragm seals), elastomerik silindir (elastomeric sleeves) |basınç ölçümü|; dönel disk, titreşen küre (oscillating sphere), sürüklenme kanatçığı (drag-plate transmitter) |viskozite| cihazlarıdır.

Bu çalışmada geniş olarak incelenen cihazlar;

- Elektromagnetik debimetreler.
- Ultrasonik debimetre ve seviye ölçerler.
- Kütlesel debimetreler.
- Vorteks debimetreler.
- Oksijen transmitteri.

Yukarıda sıralanan cihazlar kullanılarak kütlesel ve hacimsel debi, yoğunluk, sıcaklık, brix (çözülmüş şeker konsantrasyonu) miktarı, oksijen konsantrasyonu ölçümleri yapılabilir.

Kullanıldıkları sektörlerle örnek olarak; gıda ve meşrubat endüstrisi, kimya, petrokimya, su arıtma, balık çiftlikleri ve merkezi ısıtma sistemleri verilebilir.

Kontrol, ayarlama, kaydetme, prosesi izleme, tartı ve dosajlama başlıca uygulamalarıdır.

Debimetrelerin hassasiyeti kullanım şartlarına bağlı olarak %0,2 değerine ulaşmaktadır. Patlama tehlikesi olan yerlerde kullanım amacıyla geliştirilen "Ex version" debimetreler uluslararası standart onayına sahiptirler.

(Ör; EEx ia|| c T₄-T₆).

Çok çeşitli sıvı ve kimyasal bileşenler ile kullanıma olanak veren platin hastelloy C, AISI 316, monel, titanyum sensörler uygulamaya bağlı olarak seçilir.

Debimetrelerde iç yüzey kaplama malzemesi (liner) olarak seramik (Al₂O₃), teflon (FEP), AISI 316 W, Neopren EPDM, ebonit, plastik ve poli-üretan seçilebilir.

Elektronik üniteler standart akım (0/4-20 mA), frekans darbe ve voltaj (0-10 V) çıkışları verirler.

BÖLÜM 2. ELEKTROMAGNETİK DEBİMETRELER

Endüstriyel prosesin izlenmesi, kontrolü ve düzenlenmesine yönelik artan gereksinimlerden dolayı, kapalı boru sistemlerindeki sıvı akışının ölçümü ve kontrolü ihtiyacı da artmaktadır.

Bu ölçüm sistemlerinden asıl istenenler şunlardır;

1- Sıvı debisi ile orantılı bir sinyal elde edilmelidir.

Bu sinyal izleme ve düzenleme amaçları yanında toplam debi elde edilmesinde de kullanılabilmelidir.

2- Cihaz, basınç düşümü ve kavitasyon yaratacak şekilde akışa engel olmamalıdır.

3- Cihaz güvenilir ve dayanıklı olmalıdır.

Magnetik debi ölçümü endüstride günden güne artan bir kabul görmektedir. Her ne kadar cihazın çalışması, ölçüm yapılan ortamın elektrik iletkenliğine bağlı olsa da, üstteki üç temel isteği karşılamaktadır.

2.1. Prensibi

Magnetik debimetrelerde kullanılan prensip Faraday'a dayanmaktadır [1]. (B) Magnetik alana dik olarak (V) hızıyla hareket eden (Q) elektrik yükü, (F) kuvveti tarafından etkilenir.

$$1, F = Q \times V \times B$$

Pozitif ve negatif yüklerin her ikisi de varolduğunda , bu kuvvet yüklerin ayrılmasına neden olur. Bu kuvvet, (E) elektrostatik kuvveti ile dengelenir.

$$2- F=QxE$$

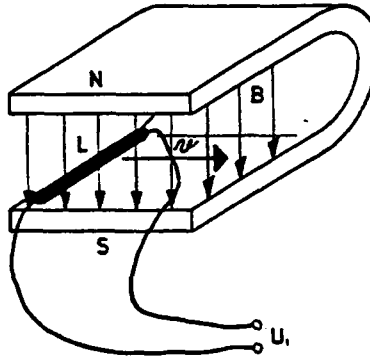
Faraday Yasası

(1) ve (2) eşitlikleri Faraday'ın indüksiyon yasasını temsil eder.

$$3- E= VxB$$

Bu yasa aşağıdaki gibi formüle edilebilir;

(L) uzunluğundaki bir elektrik iletken; (V) hızı ile (B) magnetik alanının akış hatlarına dik olarak hareket ederse, iletkenin iki ucu arasından U_i gerilimi indüklenir.



Şekil: 2.1. U_i Gerilimi İndüklemesi

$$U_i = B \times L \times V$$

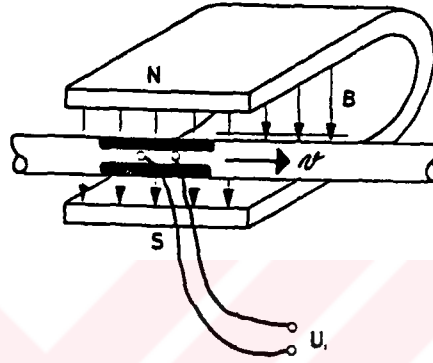
B:magnetik indüksiyon

L:iletken uzunluğu

V:hareket eden iletkenin hızı

2.2. Elektromagnetik Debi Ölçümü

Elektrik iletkeni çubuk, bir boru içinde akan elektrik iletkeni sıvı ile yer değiştirilir. Magnetik alana dik düzlemde sıvı boyunca bir gerilim üretilecektir. Gerilim, akış hızı ile doğrudan orantılı olacaktır.



Şekil: 2.2. Elektromagnetik Debi Ölçümü Teorisi

- u_i : indüklenen voltaj
- B : magnetik indüksiyon
- D_i : boru iç çapı
- V : ortalama akış hızı

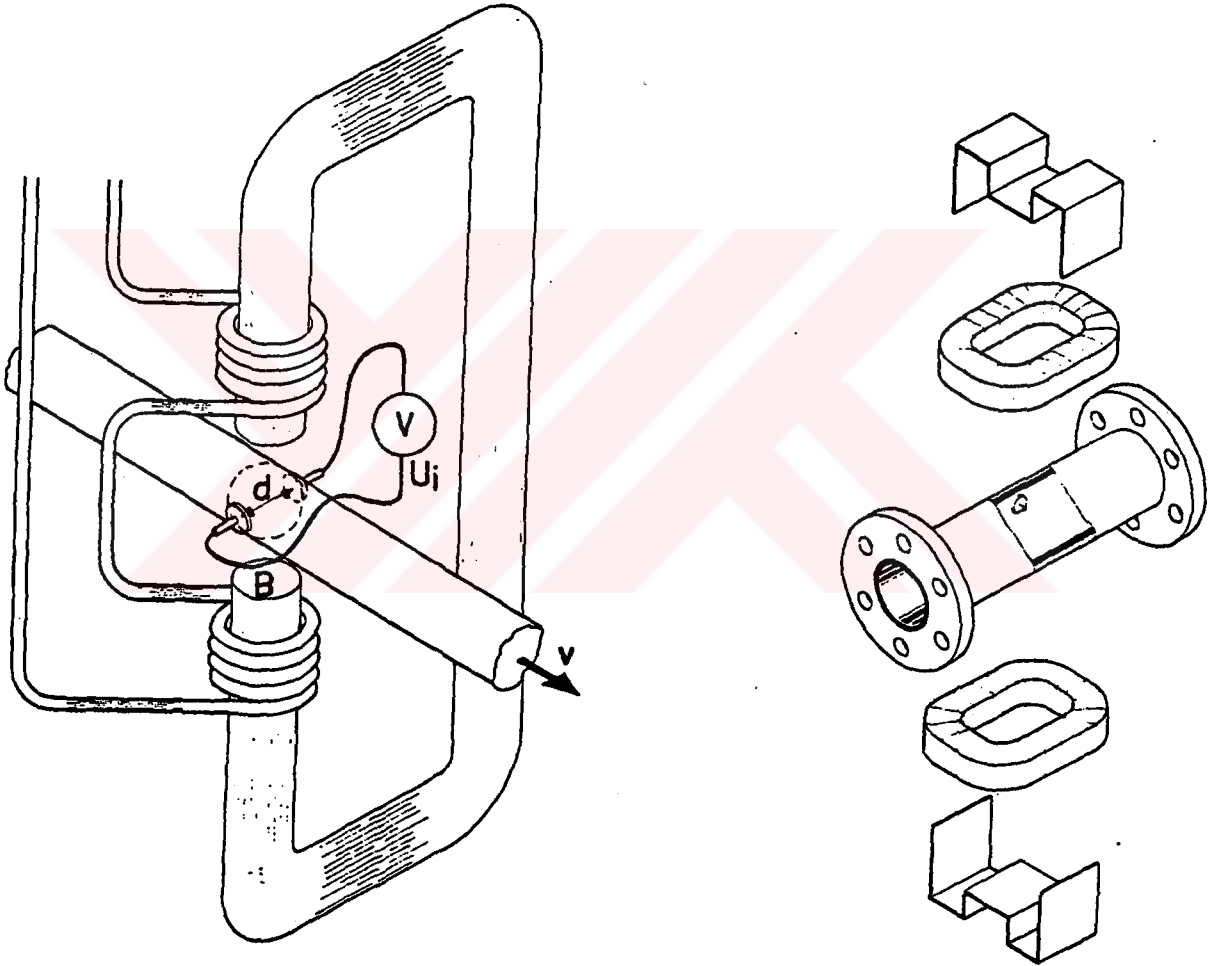
Sıvı ile temas eden iki elektrod yerleştirilerek oluşan gerilim ölçülür. Elektrodlar, elektriksel olarak yalıtılmış bir boruya, (B) magnetik alanına dik olacak şekilde yerleştirilirler.

2.3. Akış Profili

U_i elektrod voltajı, magnetik alan ve akış hızı ile orantılıdır. Ancak sensörlerin kalibrasyonunun yapıldığı akış profili ile ölçümün yapıldığı akış profili arasında büyük farklar olduğunda alınan ölçüm değeri hatalı olabilir. Genelde iyi tanımlanmış bir akış profili sağlamak

için, ölçüm noktasından önce ve sonra belirli uzunlukta düz boru olması gerekir. Düz boru uzunluğu da dirsek, valf vs. gibi akımı bozucu elemanlara bağlıdır. Uygulamada düz boru uzunluğu; girişte $5 \times D_i$ (iç çap) ve çıkışta $3 \times D_i$ olarak hesaplanır.

Şekil 2.3'de ISO/TR 6817-1980E standartına göre elektromagnetik debimetrenin yapısı görülmektedir.



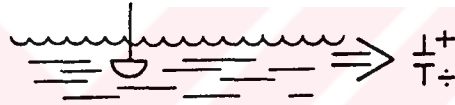
Şekil: 2.3. ISO Standartı İle Tanımlanan Elektromagnetik Debimetre.

2.4. İlk Ölçme Deneyi

Faraday, 1832 yılında teorisini doğrulamak amacıyla Thames nehrinin debisini ölçmeyi denedi.

Yeryüzü sabit bir magnetik alan ürettiğinden, yapması gereken suya iki elektrod yerleştirmek ve bunlar arasındaki voltajı ölçmekti.

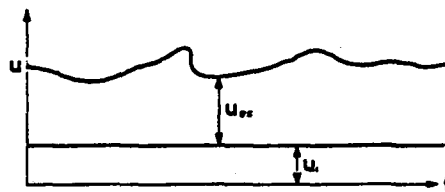
Buna rağmen deney başarısızlığa uğradı. Faraday önemli bir pratik problem ile karşılaştı; metal elektrod ile su arasında bir elektrokimyasal voltaj oluşmaktaydı.



Şekil: 2.4. Elektrokimyasal Voltaj Oluşumu

Hata Voltajı

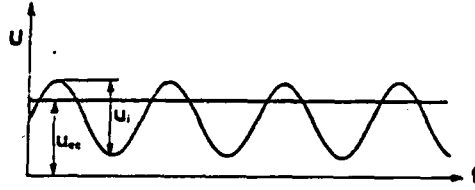
Debiye bağlı voltaj (U_i) ve elektrokimyasal voltajın (U_{ec}) her ikisi de d.c. voltaj olduğundan bunları birbirinden ayırmak imkansızdır.



Şekil: 2.5. İndüklenen Voltaj ve Elektrokimyasal Voltaj

2.5. Alternatif Alan

Faraday, elektrokimyasal voltaj sorununa bir çözüm buldu, akışkanın geçtiği boru etrafına magnetik bir bobin koydu ve bu bobini sinüsoidal bir magnetik alan oluşturan a.c. voltaj ile besledi. Buna göre debi ile orantılı voltajda sinüsoidal olacaktı.



Şekil: 2.6. Sinüsoidal Voltaj Oluşumu.

Sonuçta debi ile orantılı voltajı elektrokimyasal voltajdan ayırma olanağı sağlandı. Magnetik bobini a.c akım ile beslemek elektrokimyasal hata voltajını yok etmişti ancak diğer bir hataya yol açmıştı.

Transformatör Voltajı

Magnetik bobin ve elektrod kabloları bir transformatör oluşturur. Bunun sonucunda debi sinyali (U_i) ile 90° faz değiştirmiş bir hata voltajı oluşur.

Elektrik Hattındaki Salınımlar

Elektrik hattındaki salınımlar ölçme sinyaline etkiler.

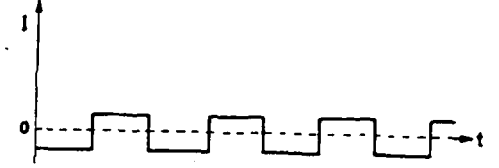
Bozucular (interferences)

50 Hz'lik sinyal voltajı diğer elektrikli cihazlardan ölçme sinyaline etkiyen gürültüler (noise) yaratır.

2.6. Darbeli d.c. Akımı

Yıllar boyunca bu tür hata kaynaklarını yoketme veya telafi etmek için birçok yöntem geliştirildi. Bu yöntemlere burada değinilmeyecektir. Diğer bir çözüm de magnetik bobinlerde darbeli (oscillating-pulsating) d.c. voltajı kullanarak hatayı kaynağında yok etmektir.

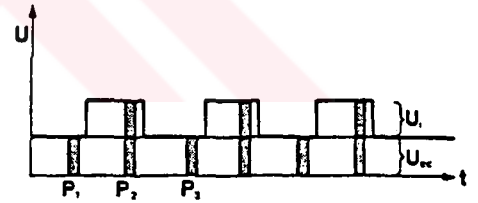
1- Bobin akımı-darbeli d.c



2- Magnetik alan



3- Elektrod sinyali



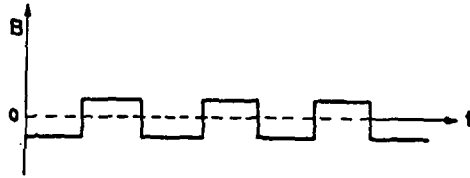
Şekil: 2.7. Darbeli d.c. Akımı, Magnetik Alan ve Elektrod Sinyali.

Elektrokimyasal voltaj (U_{ec}), magnetik alan olmadığı anda ölçülür. Magnetik alan olduğunda ise elektrokimyasal voltaj ve indüklenen voltaj ($U_{ec} + U_i$) toplamı ölçülür. Bu iki ölçüm karşılaştırılarak U_{ec} yok edilir.

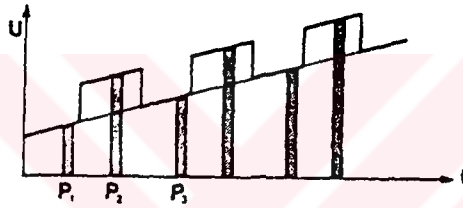
Magnetik alanda hızlı bir değişimden sonra bir yerleşme periyodu gözlenir, sinyalin sabit olduğu periyodlarda ölçüm yapılır.

İki ölçüm periyodu arasında elektrokimyasal voltaj değişebilir ve küçük bir ölçüm hatasına yol açabilir. Bu hatayı yok etmek için üç veya daha fazla ölçüm periyodu içeren ölçüm sıralaması (bak örnek 1 ve 2) yapılır ve ortalama bir U_{ec} değeri bulunur.

Örnek-1

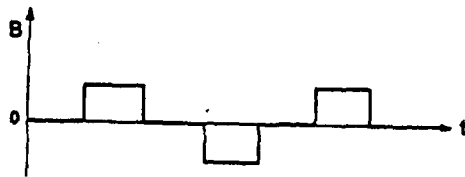


$$U_i = P_2 - \frac{P_1 + P_3}{2}$$



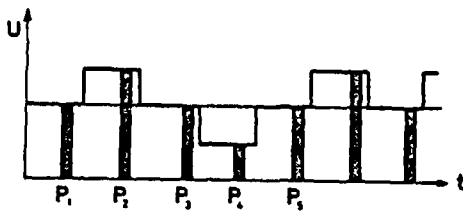
Şekil: 2.8. Ölçüm Periyodları

Örnek-2



$$U_i = (P_2 - \frac{P_1 + P_2}{2}) -$$

$$(P_4 - \frac{P_3 + P_5}{2})$$

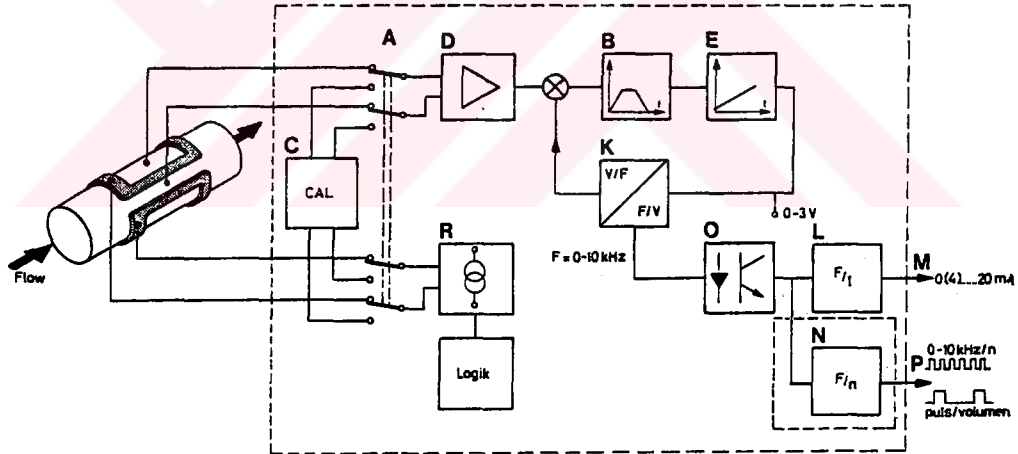


Şekil: 2.9. Ölçüm Periyodları

2.7. Dizayn Ve Çalışma Prensipleri

Elektrod sinyali pratikte kullanılabilir bir ölçüm sinyali olmadığından, bu sinyalin kullandığımız hesaplama birimlerine ve bağlı ölçü cihazının kontrol devresine uygun olması gereklidir.

Karşıkarşıya yerleştirilmiş iki elektrodun seramik ölçüm borusuna monte edilmesi ile sensör oluşur. Ölçüm borusu etrafına iki magnetik bobin yerleştirilmiştir ve darbeli d.c. akım uygulanır. Bunun sonucunda sıvı etrafında darbeli bir magnetik alan yaratılır. Magnetik alan içerisinden elektrik ileten bir sıvı geçtiğinde, bu alana dik olarak bir voltaj indüklenir. Elektrod voltajı bir sinyal konvertörüne gönderilir ve burada standart analog çıkış sinyali 0/4-20 mA değerine dönüştürülür.



Şekil: 2.10. Elektromagnetik Debimetre.

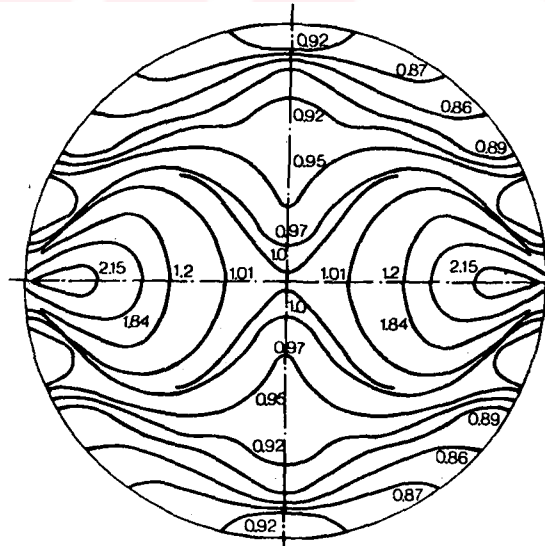
- | | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| A : Normal/kalibratör konvertörü | L: Frekans/akım konvektörü |
| B : Band-pass filtresi | M: Analog akım çıkışı |
| C : Kalibratör | N: Darbe/frekans modülü |
| D : Fark kuvvetlendiricisi | O: Optokopüler (optocopler) |
| E : İntegratör | P: Darbe/frekans çıkışı |
| K : Frekans/voltaj konvertörü | R: Bobin sürücüsü |

Bir ekleme ile (darbe/frekans çıkış modülü), sayaç (counter) ve bilgi toplama donanımlarının bağlanması mümkün olur.

Aktif darbe çıkışı	5V/24V, 5ms/100 ms
Aktif frekans çıkışı	5V/24V, 50 μ s
Pasif frekans çıkışı	5-30V, 50 μ s

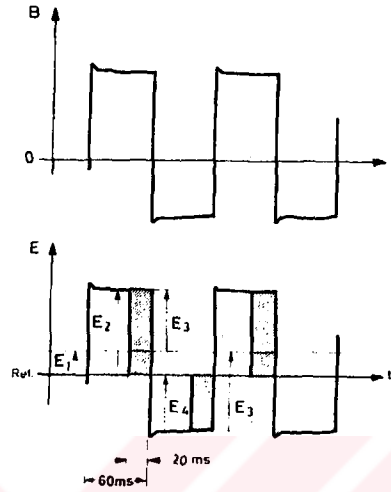
2.8. Magnetik Alan Kesiti

Aşağıdaki şekil magnetik alanın kesitini göstermektedir. Eğrilerin üzerindeki sayılar, sensör içindeki farklı noktalardaki akışkan hızlarına karşılık gelir. Eğer 0,95 hattı boyunca bir tanecik 1 m/s hızı ile akıyorsa, tanecik hızı 0,95 m/s olarak okunacaktır. Kalibrasyon yapılarak debi ölçerin ortalama hızı 1 m/s olarak kaydetmesi mümkün olur. Bu nedenle magnetik debi ölçerin akış profiline bağımlılığının çok az olduğu sonucu çıkarılır.



Şekil: 2.11. Magnetik Alan Kesiti

Sıfır noktası (akış olmadığı durum) kararlılığının (zero point stabilization) nasıl sağlandığı şekilde gösterilmektedir.



Şekil: 2.12. Sıfır Noktası Kararlılığının Sağlanması.

Üstteki grafik, sensördeki darbeleri doğru akımı göstermektedir. Hernekadar magnetik alan alternatif alan ise de, darbeleri d.c. alan gösterimi kabul edilebilir. Çünkü pozitif ve negatif yarı periyodların her ekisi de, bu periyotlar boyunca durgun kabul edilebilecek şekilde uzun süre ile sürdürülür.

Altındaki grafik elektrod voltajını göstermektedir. Diğer bir değişle, referans potansiyeline bağlı olarak elektrod potansiyelleri arasındaki farktır. Referans potansiyeli magnetik alan dışındaki sıvı potansiyelidir.

E_1 debiden bağımsız voltajdır. Diğer bir deyişle sıfır noktası hatasıdır.

E_3 debiye bağımlı voltajdır ve her iki yarı periyot-da aynı değerde kaldığı varsayılır.

E_2 ve E_4 değerleri alanın pozitif ve negatif olduğu

son üçüncü zamanda ölçülür. Böylece başlangıç periyodlarındaki salınımlardan doğabilecek hatalar önlenir.

$$1) E_3 = E_2 - E_1$$

$$2) -E_3 = E_4 - E_1$$

2'den 1'i çıkararak $2E_3 = E_2 + E_4$ elde edilir. Bu nedenle

$$E_3 = \frac{E_2 + E_4}{2} \text{ bulunur.}$$

Akıma bağlı E_3 sinyali, iki ölçüm değeri E_2 ve E_4 'ün ortalaması olarak ve sıfır noktası yok edilerek alınır. Sinyal, transmittere gönderilir ve burada işlenir.

2.10. MAGFLO

MAGFLO, DANFOSS firmasının magnetik debimetresinin ticari markasıdır. İki seri vardır; MAG 380 (DN 2-DN 2000 mm boru çapları arasında), MAG 1000 (DN15-DN100 mm çapları arasında) serileri için kullanım yerine göre boru iç yüzey kaplaması ve elektrod malzemesi seçimi mümkündür. Ölçüm aralığı 0-0,5 m/s den 0-10 m/s ye kadardır.

Ölçüm hatası %50-100 akış aralığında ölçüm yapılması durumunda ayarlanan ölçüm değerinin %0,5'inden azdır. %10-50 aralığında ölçüm hatası %50 ölçüm değerinin %0,5 inden, %10 ölçüm değerinin %1'ine değişir. %10 değerinin altındaki akış durumunda hata max.debinin (full scale flow) %0,1 inden azdır.

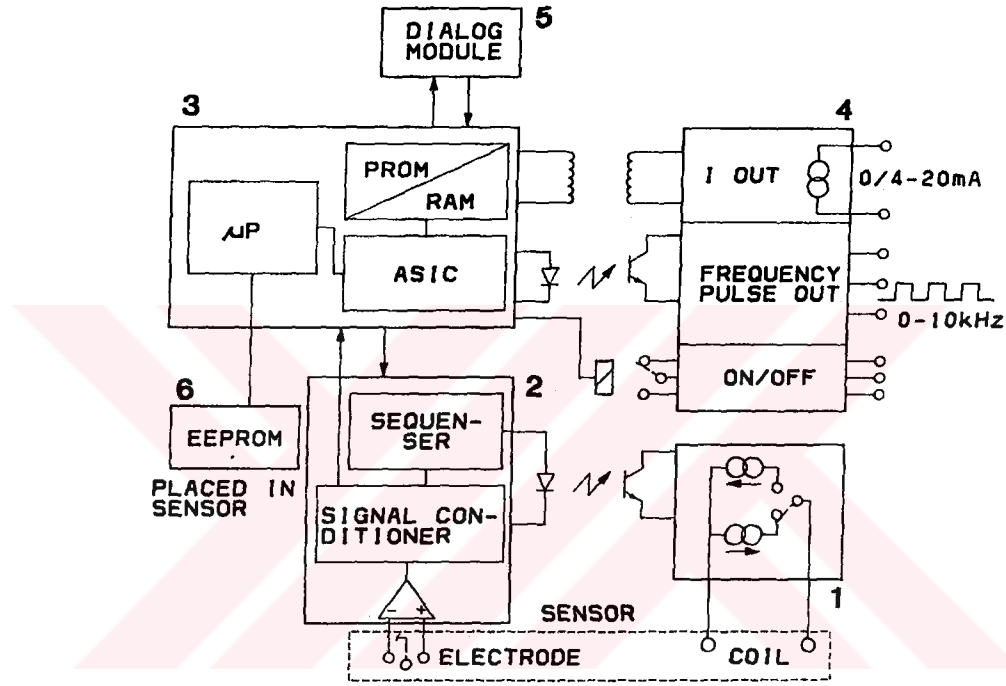
İyi bir sıfır noktası kararlılığı (zero point stability) elde etmek için sensörün magnetik bobinleri darbeli doğru akım (pulsating d.c.) ile beslenmelidir.

Patlama tehlikesi olan yerlerde kullanım için Avrupa standartlarınca (CENELEC) onaylanmış EEx e ia IIC T4 koruma formunda özel versiyonları vardır. Bunun anlamı magnetig bobin devresi artırılmış koruma "e" ye sahiptir ve

elektrod devresi gerçekte güvenli olan "ia" sınıfındadır.

2.11. Devre Blokları

Elektromagnetik debimetre aşağıdaki devre blokları serisinden oluşur;



Şekil: 2.13. Devre Blokları

1- Bobin Akım Modülü (Coil current module): Sensör içindeki bobinlere enerji vererek magnetik alan oluşturan bir darbeli akım üretir.

2- Ön Terminal Modülü (Front end module): Sensör elektrodlarından gelen sinyali işler. Sıvı içindeki tanecikler nedeni ile oluşabilecek elektrod gürültüsünü (electrode noise) çok iyi şekilde bastırır. Debi ölçerde belirlenen referanstan dolayı çalışması sürekli olarak kontrol altındadır.

3- İşlemci (Processor) Modülü: Sinyal konvertörü yazılım ile sürülen gelişmiş bir mikroişlemci içermektedir. Bu blok pekçok ana fonksiyona sahiptir;

- (2) numaralı bloktan gelen digital sinyaller debi ile orantılı değerlere dönüştürülür.

- İki sayaç (counter), ileri ve geri yöndeki akışı büyük bir kesinlikle toplar.

- (5) numaralı blok ile iletişim, ayarlamaların (6) numaralı blokta saklanması sağlar ve tüm debi değerleri hatalar vs. gösterilir.

- Tüm iç ayarlamalar (internal adjustments) EEPROM da saklanır. Bu şekilde potansiyometrelerin kullanılmasına gerek duyulmaz.

- Ölçme işlemi ve sinyal konvertöründeki tüm önemli devreler gözlenir. Hatalar kaydedilir ve 48 saat saklanır.

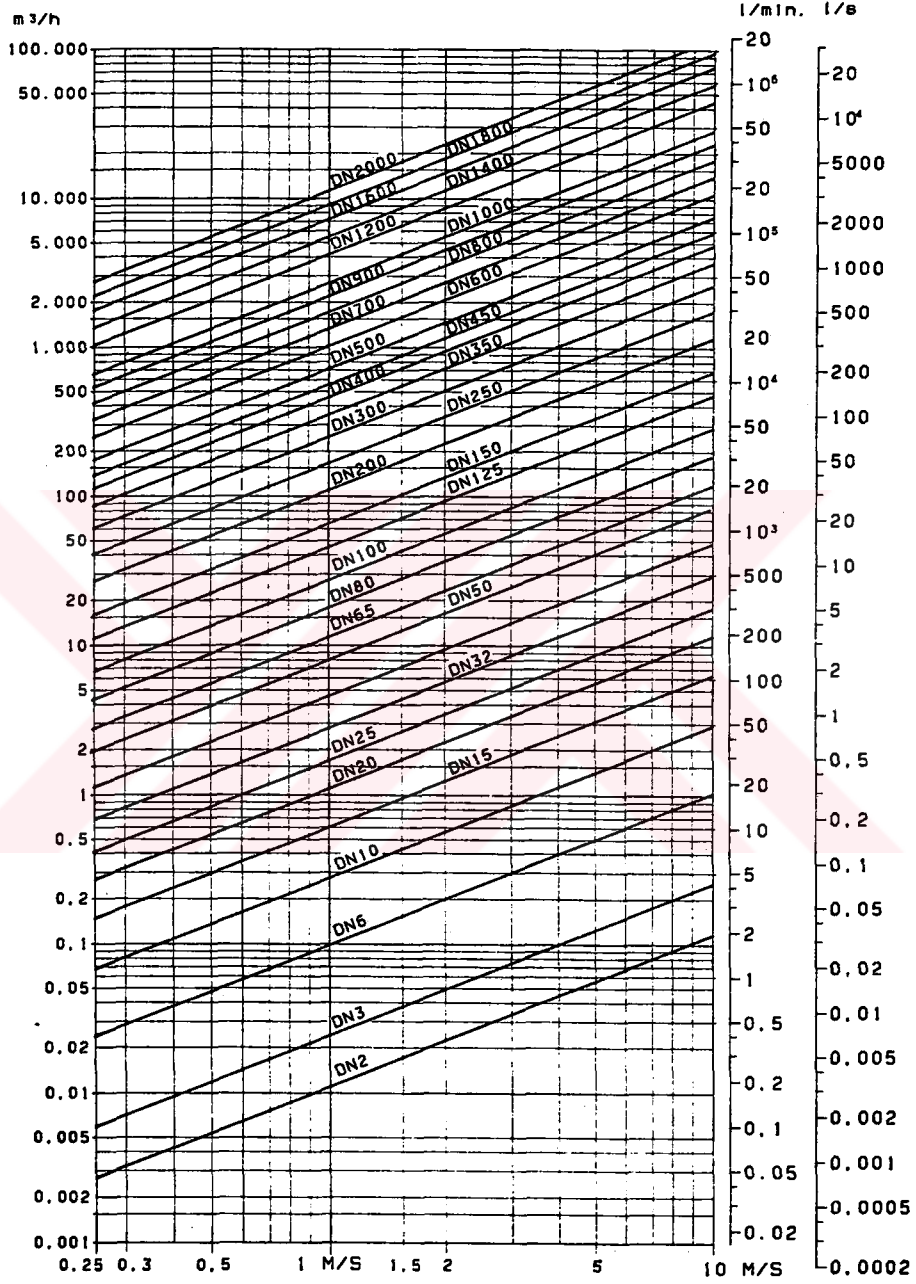
4- Çıkış Modülü: Gelen debi bilgisini akıma ve darbe/frekans değerine dönüştürür. Röle ya akış doğrultusunu veya hataları gösterir. Bu fonksiyon (5) numaralı bloktan seçilir.

5- Diyalog Modülü: Bir keyboard ve göstergeden (display) oluşur. Bu şekilde sinyal konvertörü ile iletişim kurulur.

6- SENSORROM Modülü: Sinyal konvertöründe terminal kutusu altına yerleştirilmiştir. Sensöre ait bilgileri ve sinyal konvertörü ayarlarını saklar. Sinyal konvertörü değiştirildiğinde, önceki ayarlamalar değişmez yani bu değişimden SENSORROM etkilenmez.

2.12. Ölçme Kapasitesi-Boyutlandırma Tablosu (DN 2-2000)

Bu tablo akış hızı V , debi Q ve boru çapı DN arasındaki bağıntıyı gösterir.



Şekil: 2.14. Boyutlandırma Tablosu

Sensör Seçimi

Min. ölçme aralığı 0-0,25 m/s

Max ölçme aralığı 0-10 m/s

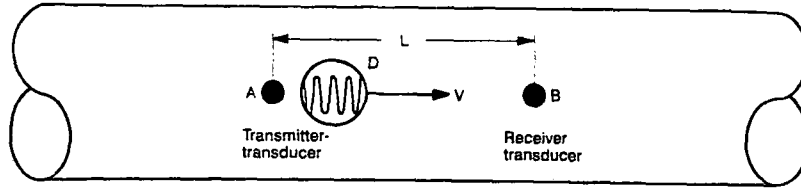
Sensör seçimi genellikle hızın (V) 1-2 m/s değerinde olduğu durumda yapılır. Ölçümü yapılacak sıvı yüksek oranda katı parçacık (örneğin çamur) içeriyorsa, boru içinde birikinti oluşması için hız 3-5 (m/s) değerinde olmalıdır.

BÖLÜM 3. ULTRASONİK DEBİMETRELER

Frekansı 20.000 Hz'den yüksek olan ses dalgaları ultrases dalgaları, yani duyma sınırı üzerindeki ses dalgaları olarak tanımlanır. Ses, katı, sıvı ve gaz tüm maddeler içinde farklı hız ve farklı sönümlmeler (attenuation) ile yayılır [1].

Debi ölçümü için ultrasonik ses dalgaları kullanılabilir. Eğer ses akış doğrultusunda yayılırsa (transmit) ses hızı daha fazla; eğer akışa karşı yayılırsa, ses hızı daha az olacaktır.

Aşağıdaki çalışma sıvının akış hızının tamamen dolu bir boruda meydana geldiği varsayımına dayalı olarak yapılmıştır.



Şekil: 3.1. Ultrasonik Debimetre Teorisi.

A : Yayıcı (transmitter) transducer D: Ultrasonik Sinyal
B : Alıcı (receiver) transducer V: Sıvı akış hızı
L : A ve B arasındaki uzaklık

(A) transducer'i (B) transducerine kısa bir ultrasonik "D" sinyali gönderdiğinde ve boru tamamen sıvı ile dolu olduğunda, (A)'dan (B)'ye giriş zamanı "t" şu şekilde hesaplanır.

$$t = \frac{L}{C}$$

t : zaman $|s|$, L : A ve B arasındaki uzaklık $|m|$
 c : durgun sıvı içindeki ses hızı $|m/s|$

Eğer sıvı ok yönünde, belirlenmiş bir V hızı ile akıyorsa, zaman t_{with} şu şekilde belirlenir.

$$(1) t_{with} = \frac{L}{C+V} |s|$$

Eğer sıvının akış doğrultusu okun ters yönünde olursa, zaman $t_{against}$ şu şekilde belirlenir.

$$(2) t_{against} = \frac{L}{C-V} |s|$$

Her iki durumda da, sıvının akış hızı (V), değerlerini bildiğimiz (L), (C) ve ölçtüğümüz zaman (t) ye göre belirlenir.

Fakat durgun sıvı içindeki ses hızı (C) ele alınan sıvının kendisine, sıcaklığına ve basıncına göre değişir.

Bu sorunu yok etmenin birçok yolu vardır. Bunlardan ikisi açıklanacaktır; "zaman farkı yöntemi (time differential method)" ve "sing-around yöntemi".

3.1. Zaman Farkı Yöntemi

Ultrasonik transducerler tersinir olarak çalışırlar yani hem yayıcı hem de alıcı olarak kullanılırlar.

Eğer ses sinyali (A)'dan (B)'ye sıvının akış doğrultusunda gönderilirse geçen zaman t_{with} , eğer aynı zamanda (B)'den (A)'ye sinyal gönderilirse (bu durumda B transmitter) geçen zaman $t_{against}$ olacaktır.

Sesin (A)'ya varması ile (A) alıcı olacak şekilde anahtarlama yapılır. Sinyal konvertöründe $t_{against}$ ve t_{with} arasındaki fark belirlenir;

$$t_{\text{against}} - t_{\text{with}} = \Delta t = \frac{L}{c-v} - \frac{L}{c+v}$$

$$\Delta t = \frac{2 \cdot L \cdot V}{C^2 - V^2} |S|$$

C hızı V'den çok büyük olduğundan V ihmal edilir. Örneğin su için C yaklaşık 1500 |m/s|, V ise yaklaşık 1-10 |m/s| dir.

$$\Delta t = \frac{2 \cdot L \cdot V}{C^2}$$

Eğer bu denklem V'ye göre düzenlenirse $V = \frac{\Delta t \cdot c^2}{2 \cdot L}$

Sağ taraftaki kesir L ile çarpılırsa $V = \frac{\Delta t \cdot L \cdot c^2}{2 \cdot L}$ elde edilir.

$\frac{L}{C} = t$ olduğundan denklem şu şekilde sadeleşir.

$$(3) \quad V = \frac{\Delta t}{t^2} \cdot \frac{L}{2}$$

Buna göre V hızının uygulamada C den bağımsız olduğu görülür.

3.2. Sing Around Yöntemi

(A)'dan (B)'ye ses sinyalinin gönderildiğini gözönüne alalım. (B) ye sinyal ulaşması ile hemen (B)'den (A) ya bir sinyal iletilsin. (A) sinyali aldığı anda hemen (B) ye bir sinyal göndersin ve bu ilişki sürekli olarak sürsün.

Frekanlar aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$(4) \quad f_{\text{with}} = \frac{1}{t_{\text{with}}} \left| \frac{1}{S} \right| \quad \text{ve} \quad (5) \quad f_{\text{against}} = \frac{1}{t_{\text{against}}} \left| \frac{1}{S} \right|$$

bu frekanslar arasındaki fark;

$$f_{\text{with}} - f_{\text{against}} = \Delta f = \frac{1}{t_{\text{with}}} - \frac{1}{t_{\text{against}}}$$

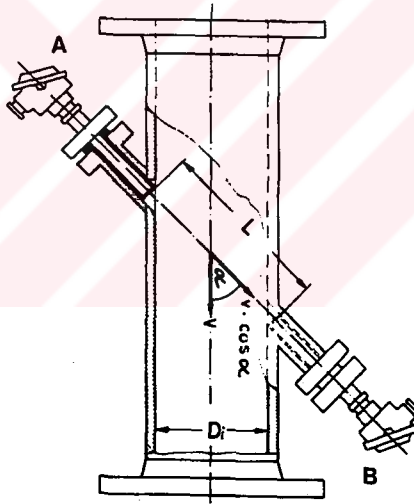
$$\Delta f = \frac{C+V}{L} - \frac{C-V}{L} = 2 \cdot \frac{V}{L} \left| \frac{1}{S} \right|$$

Eğer denklem v ye bağlı olarak çözülürse,

$$(6) \quad V = \frac{1}{2} \cdot \Delta f \cdot L \quad \text{elde edilir ve } v \text{ hızı } c' \text{den bağımsız olur}$$

3.3. Dizaynın Uygulanması

Aşağıdaki şekilde tek doğrultulu "One track" ölçme borusu görülmektedir.



Şekil: 3.2. Ultrasonik Debimetre.

Tek doğrultulu ölçme borusunda, ultrasonik transducerlerin ön yüzü boru içindeki sıvı ile temastadır ve bunların merkezlerinden geçen doğru boru eksenini ile (α) açısı yapar. Bu durumda, ses sinyalinin (A)'dan (B)'ye gitmesi için gereken t_{with} zamanı;

$$t_{\text{with}} = \frac{L}{c+V \cdot \cos \alpha} |S|$$

benzer olarak (B) den (A)ya gitmesi için geçen zaman;

$$t_{\text{against}} = \frac{L}{c - V \cdot \cos \alpha} |S|$$

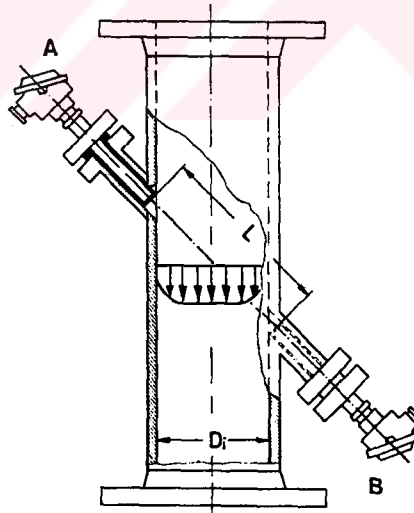
Tek doğrultulu ölçü cihazı bir transducerden diğerine giden doğrultu içinde sıvının akış hızını $|m/s|$ olarak ölçer. Borudan geçen q_v debisinin ölçülmesi istendiğine göre; $q_v = V \cdot A \quad |m^3/s|$

V : borudan geçen sıvının ortalama hızı $|m/s|$

A : boru iç kesitinin alanı $|m^2|$

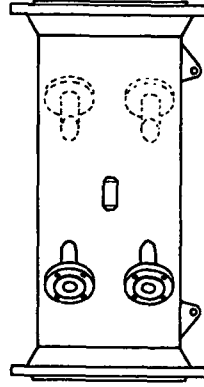
Kesit boyunca hız değişimi ve ortalama hız değerine bağlı olarak, tek doğrultulu ultrasonik debimetre değişen hız profiline bağlı olacaktır. (Şekil 3.3)

Ultrasonik debi ölçümünü hız profiline daha az bağımlı yapabilmek için ölçme borusuna birçok ses doğrultuları (sound tracks) yerleştirilir.



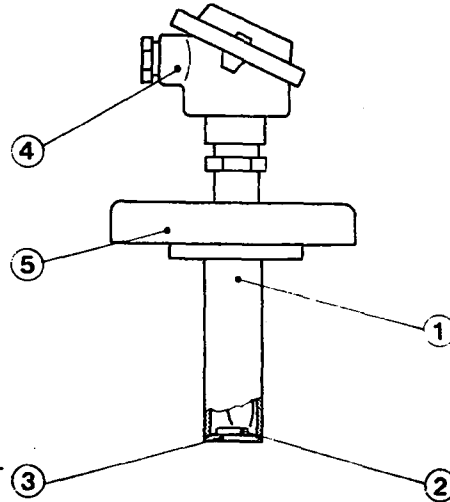
Şekil: 3.3. Debimetre İçindeki Hız Profili.

İki doğrultulu (two tracks) ölçme borusunda, transducerlerin birleşme doğrultusu, boru merkezi ile boru iç yüzeyi arasındaki uzaklığın ortasından geçecek şekilde boru çapını keserler.



Şekil: 3.4. İki Dorultulu Ultrasonik Debimetre.

İki ses doğrultusu birbirine paraleldir ve boru eksenini ile aynı (α) açısını yaparlar. Doğrultu (1) ile doğrultu (2)'nin ölçtüğü hızların ortalaması alınırsa q_v debisi hız profiline daha az bağımlı olacaktır.



Şekil: 3.5. Transducer

- 1- Transducer yuvası
- 2- Piezo-elektrik element
- 3- Transducer ön yüzü
- 4- Bağlantı yuvası
- 5- Flanş

Yankı sinyallerinin neden olacağı hatalar ayarlama yapılarak yokedilir.

Bir voltaj kontrolü VCO osilatörü, (K) kontrol ünitesi aracılığı ile (B) transmitterine bir frekans sinyali yollar. (B) elektronik konvertörü (A) ile bir darbe (impuls) yollar, dönüşümlü olarak TRA ve TRB transducerlerine sinyaller ulaşır. Alınan sinyal, alıcı transducerinden multiplexer aracılığı ile (C) alma devresine gönderilir. (K) ünitesi bir sinyal yaydıktan hemen sonra, bu sinyalin geri dönebileceği zamana eşdeğer bir referans sinyalini (E) faz karşılaştırıcısına (phase comparator) gönderir. Eğer referans sinyali zamanı ve (E)'ye ulaşan alındı sinyali arasında bir uyum yok ise, karşılaştırıcının çıkışında o lojik sinyali görülecektir (alındı referans sinyalinden önce gelmiş ise).

Eğer alındı sinyali referans sinyalinden sonra gelirse lojik 1 görülür. VCO frekansının kontrolü ile (E) ye giden sinyaller arasında zaman yönünden bir uyum olacaktır. VCO frekansının ayarı için gereken voltaj, sıvı akış hızının ölçüsüdür ve bu değer 0-20 mA veya 4-20 mA'e dönüştürülür ve q_v 'nin %0-10'üne karşılık gelir.

3.4.2. İki Doğrultulu Debi Ölçer İçin Sinyal Konvertörü (SONO 2000)

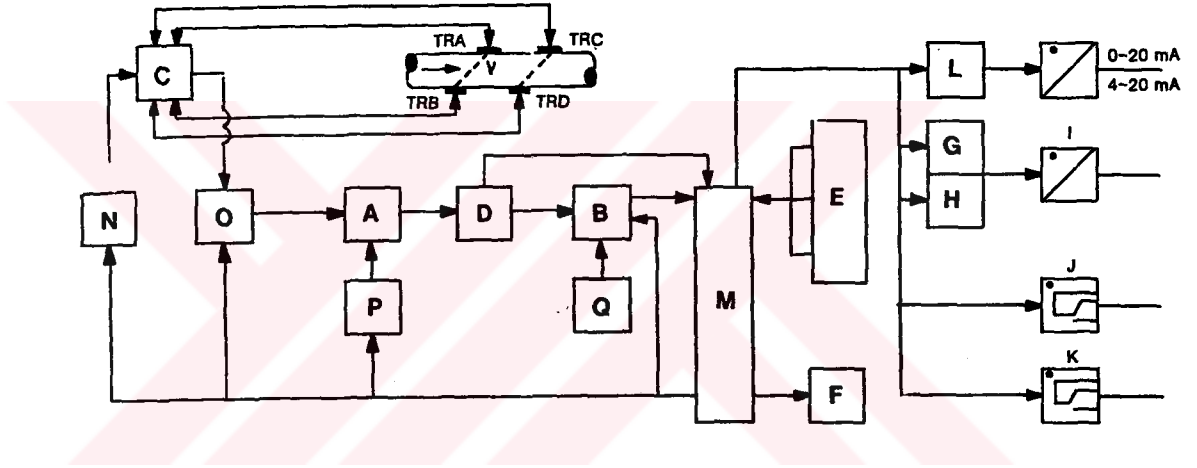
Bu sistemde zaman farkı yöntemi kullanılır.

(M) Mikroişlemcisi, (N) transmitterine, TRA, B,C ve D transducerlerine bir darbe, vermeye uyarısını yapar. Bu komut (C) elektronik konvertörü tarafından transducerlere yönlendirilir. Alındı sinyalleri (C) ile (O) alıcısına (receiver) gönderilir ve (A) da kuvvetlendirilir. (D) de sinyallerin varış süresi kaydedilir. Aynı zamanda (M) mikroişlemcisi, (N) transmitter devresi ile iletişimde olduğundan, (B) sayıcısına (counter) 128 MHz'lik osilatörden gelen darbeleri sayma kumandasını verir. (D) dedektörü alındı sinyalinin gelme süresini kaydettiğinden, (M), osilatörden

gelen darbeleridurdurma mesajını yollar. Bu durumda (M) yayma ve alma zamanları farkını hesaplar ve saklar. Herbir doğrultu (track) için akış hızı şuna göre hesaplanır;

$$V = \frac{\Delta t}{t^2} \cdot \frac{L}{2 \cdot \cos \alpha}$$

Doğrultudaki gerçek hız değerlerine göre sonuçta akış hızı bulunmuş olur.



Şekil: 3.7. SONO 2000 Sistemi Blok Diyagramı

A:Kuvvetlendirici, B:Sayıcı, C:Multiplexer, D:Detektör. E:Kalibrasyon, F:Gösterge, G:Frekans, H:Darbe, I:Frekans/darbe çıkışı, J:Alarm çıkışı, K:Akış doğrultusu L:Digital/analog konverter, M:Mikroişlemci, N:Transmitter devresi, O:Alıcı devresi, P:ACG devresi Q:Osilatör-128 MHz.

3.5. Ultrasonik Debimetrede Sabit Zaman Gecikmesinin Hesaplanması.

Zaman gecikmesi, kablodaki ve seçilen transducerdeki gecikmelerin toplamının hesaplanması anlamına gelir.

a) t_k zaman gecikmesi 75 ohm'luk ekranlı (screned cable) kabloda 0,005 $\mu s/m$ ' dir.

b) transducerdeki t_k zaman gecikmesi; $\text{çelik}=0,6 (\mu\text{s})$,
 $\text{PPS} = 0,6 (\mu\text{s})$

$$t_d = L \times t_k + 2 \times t_t$$

L: toplam kablo uzunluğu

t_d : zaman ölçme sistemindeki sabit zaman gecikmesi

Hesaplanan toplam zaman gecikmesi cihaz üzerinde ayarlanmalıdır $0,005 (\mu\text{s})$ 'den küçük rakamlar bir alta, büyük rakamlar bir üst değere yuvarlanır. Bu gecikme belirlendikten sonra kalibrasyonda dikkate alınır. Farklı uzunlukta kablo kullanıldığında, yeni gecikme değeri hesaplanır ve ayarlama buna göre yeniden yapılır.

Örnek:

SONO 2000 transmitter ve transduceri arasındaki uzaklık $10 (\text{m})$ 'dir.

L: toplam kablo uzunluğu $= 10 (\text{m}) + 10 (\text{m}) = 20 (\text{m})$

$t_d: 20 (\text{m}) \times 0,005 (\mu\text{s}/\text{m}) + 2 \times 0,6 (\mu\text{s}) = 1,3 (\mu\text{s})$

Buna göre sistemdeki sabit zaman gecikmesi $1,3 (\mu\text{s})$ olacaktır.

3.6. Kalibrasyon Katsayısı Ayarı

Sistemin hassasiyeti (sensitivity) olarak bilinen kalibrasyon sabiti, kontrol cihazı üzerinde belirlenir. En yüksek çözünürlüğü (resolution) elde etmek için, 4 dijital ondalık sayı 10 'un kuvveti olacak şekilde ($0.XXXX \times 10^X$) ayarlanır.

Debi kalibrasyon sabiti aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$K = \frac{2 \times V_{\max}}{K_1 \times R}$$

- $V_{\max}$: Ölçme borusundaki max debiye ait hız değeri
 K_1 : Akış profil faktörü
 R : Boru sabiti, borunun geometrik ölçümünden bulunur. Bu sabit, ölçme borusu üzerindeki etikette belirlidir.

Teorik Kalibrasyon:

$$\begin{aligned}
 \text{Kalibrasyon sabiti } K; \quad K &= \frac{2 \times V_{\max}}{K_1 \times R} \\
 V_{\max} &= \frac{4 \cdot Q_{\max}}{3600 \cdot \pi \cdot d_i^2} \frac{(m^3/h)}{(s/h)(m^2)}
 \end{aligned}$$

Akış profil faktörü K_1 , Reynoldsun (Re) bir fonksiyonu olarak bulunur.

$$Re = \frac{V \cdot d_i}{\nu}$$

V : en yüksek hassasiyetin (accuracy) istendiği durumdaki akış hızı

d_i : borunun iç çapı

ν : sıvının kinematik viskozitesi

K_1 aşağıdaki formülden hesaplanır;

$$K_1 = \frac{1}{1 + \frac{0,0795}{1 - 1,1494 \cdot \log\left(\frac{0,0002}{D_i} + \frac{41,7}{Re^{0,9}}\right)}}$$

Şekil 3.8'deki grafikten K_1 değeri doğrudan okunabilir. Laminer akış profilindeki K_1 değeri 0,940 olmalıdır. Türbülanslı akış durumunda ise K_1 değeri 0,96 ve 1 arasında olmalıdır.

Örnek:

Boru DN 300 d_i : 0,31 (m)
 R : 0,6517

Debi Q : 460 (m³/h)
Ortam 20°C deki su $\nu = 1 \times 10^{-6}$ (m²/s)

$$V_{\max} = \frac{4 \times 460}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,31^2} = 1,7 \text{ (m/s)}$$

$$Re = \frac{1,7 \times 0,31}{1 \cdot 10^{-6}} = 5,3 \times 10^5$$

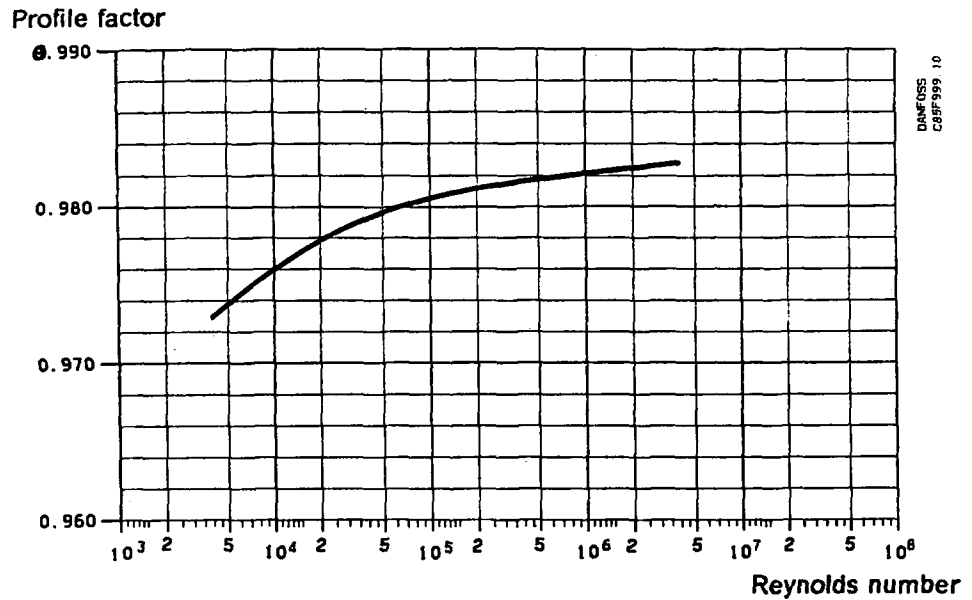
$$K_1 = \frac{1}{1 + \frac{0,0795}{1 - 1,1494 \cdot \log\left(\frac{0,0002}{0,31} + \frac{41,7}{(5,3 \times 10^5)^{0,9}}\right)}} = 0,983$$

Tablodan da aynı değer okunur; $K_1 = 0,983$

Kalibrasyon sabitinin hesabı;

$$K = \frac{2 \times 1,7}{0,983 \times 0,6517} = 0,5307 \cdot 10^1$$

Elde edilen :0,5307 El sayısı transmitter üzerindeki potansiyometrelere tesbit edilerek en yüksek ölçüm hassasiyeti elde edilir.



Şekil: 3.8. K_1 Profil Faktörünün Tablodan Bulunuşu.

BÖLÜM 4. KÜTLESEL DEBİMETRELER (Mass flowmeters)

Birçok debimetre hacimsel debi (lt/s) ölçümü yapmaktadır. Bunun nedeni de hacimsel debi ölçümü için birçok yöntemin olmasıdır. Ancak kütleli debi (kg/s) ölçümünde yararlanılacak yöntemler çok azdır.

Bugün kütleli debi ölçümünde kullanılan yöntemlerin çoğunda akışkanın hacimsel debisi ve yoğunluğu ölçülür ve bunların çarpılması ile kütleli debi elde edilir.

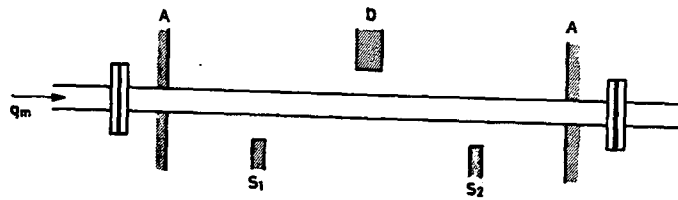
$$q_v (\text{m}^3/\text{s}) \cdot \rho (\text{kg}/\text{m}^3) = q_m (\text{kg}/\text{s})$$

q_v : hacimsel debi, ρ : yoğunluk, q_m : kütleli debi

Aşağıda kütleli debiyi doğrudan ölçen cihaza ait bilgiler verilecektir.

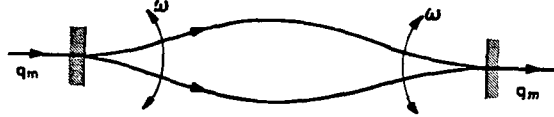
4.1. Prensibi

Fizik kurallarına göre; bir kütlenin hareket doğrultusunu veya hızını değiştirecek şekilde bir kuvvet uygulandığında kütle buna eşit ve zıt yönde bir tepki gösterir. Bu tipteki, tepki kuvvetine jiroskopik (gyroscopis) kuvvet denir. Bu kuvvetler ve Coriolis kuvveti, kütleli debimetrelerin çalışma prensibini oluşturmaktadır [1].



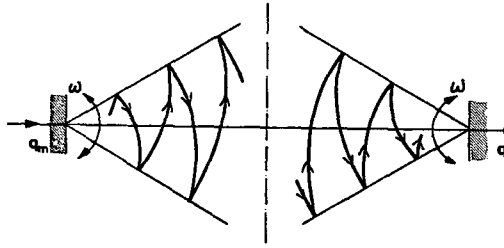
Şekil: 4.1. Çalışma Prensibi. D:tahrik edici, S_1 :Hız sensörü, A: Tutma noktaları, S_2 : Hız sensörü

Şekilde iki ucundan sabitlenmiş düz bir boru görülmektedir. Bir tahrik cihazı (actuator) ile borunun salınım yapması sağlanır. Uçlardan eşit uzaklıkta yerleştirilmiş iki sensör borunun salınım yapmasıyla birlikte hızla orantılı sinyal verirler.



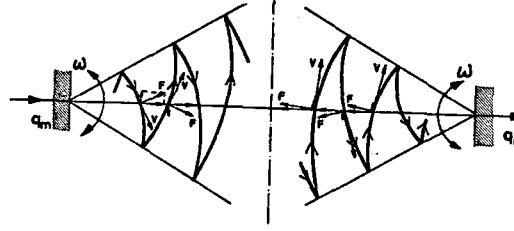
Şekil: 4.2. İçinden Sıvı Geçen Bir Borunun salınımı.

Üstte borunun iki sabit uç arasında bir üst noktadan ortaya, ortadan bir alt noktaya (extreme positions) hareketi gösterilmiştir. Boru içinde hareketsiz sıvı olduğunda ($q_m=0$), boru merkezi eksen etrafında simetrik olarak salınacaktır. İki hız sensörünün verdiği sinyaller eşit ve aynı fazda olacaktır. Borudan sıvı akışı olduğunda durum farklı olacaktır.



Şekil: 4.3. Bir Parçacığın Hareket Doğrultusu.

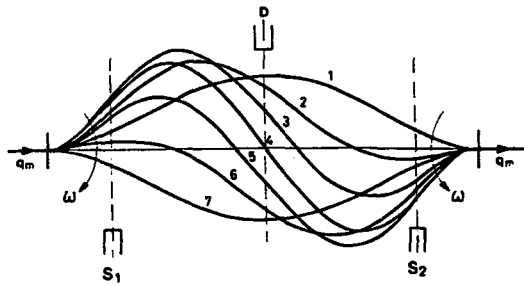
Şekilde çok basitleştirilmiş olarak salınım yapan bir boruda bir kütle parçacığının soldan sağa nasıl hareket ettiği gösterilmiştir. Parçacığın sonuçtaki hareketi; boru boyunca doğrusal hareket ve borunun salınımından dolayı eğrisel harekettir.



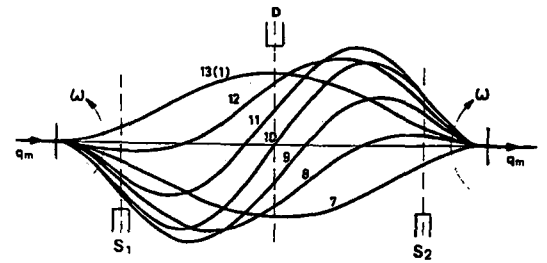
Şekil: 4.4. Coriolis Kuvveti ve Hız Doğrultularının Gösterimi

Şekil 4.4'de boru ortadaki pozisyonundan geçtiği anda partikülün pozisyonu görülmektedir. Hızın yön ve büyüklüğünü temsil eden (V) vektörü parçacığın yörüngesine teğet durumdadır.

Parçacığın hızı bir doğrusal ve bir eğrisel hareketi içerdiğinden parçacığın kütlesi (V) hızına dik doğrultuda bir (F) tepki kuvveti (coriolis Force) uygulanır. Bu (F) kuvveti, boru ile aynı doğrultudaki ve boruya dik yönde olmak üzere iki ayrı bileşene sahiptir. Boru eksenindeki kuvvet boru hareketine etkimezken, dik kuvvet etkir.



Şekil: 4.5.a. Borunun Aşağı Doğru Hareketi



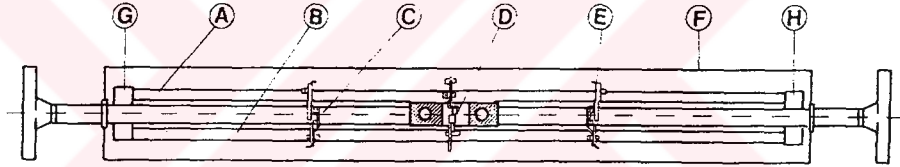
Şekil:4.5.b. Borunun Yukarı Doğru Hareketi.

Şekil 4.5.a ve 5b, borunun aşağı ve yukarı hareketini biraz abartılmış olarak göstermektedir.

Şekil 4.5a'da boru en üst noktadan, en alt noktaya doğru hareket etmektedir. Sol yarıda dik kuvvet aşağı harekete ters yönde etkir. Sağ yarıda ise hareket ile aynı yöndedir.

Boru en alt noktadan, en üst noktaya hareket ettiğinde yine sol taraftaki kuvvet harekete ters yönde, sağ taraftaki ise hareket ile aynı yönde etkir.

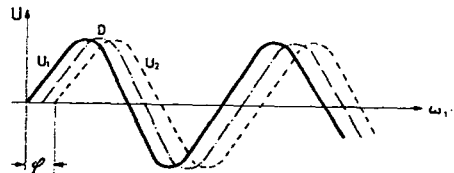
Buradan anlaşılacağı gibi borunun salınımındaki değişikliklere ait örnekler sıvının akması ve durgun olmasına göre değişir.



Şekil: 4.6. MASS 1000 Cihazının Sensörüne Ait Kesit Görülmektedir.

A: 1. salınım borusu, B: 2. salınım borusu, C: S_1 hız sensörü, D: tahrik edici (actuator), E: S_2 hız sensörü, F: çelik dış yüzey, G: süzgeç, H: Süzgeç (retainer)

Cihaz içindeki sıvı durgun olduğunda, S_1 ve S_2 hız sensörlerinden gelen sinyaller aynı fazda olacaktır. Fakat sıvı hareketli olduğunda sinyaller ayrı fazda olur.

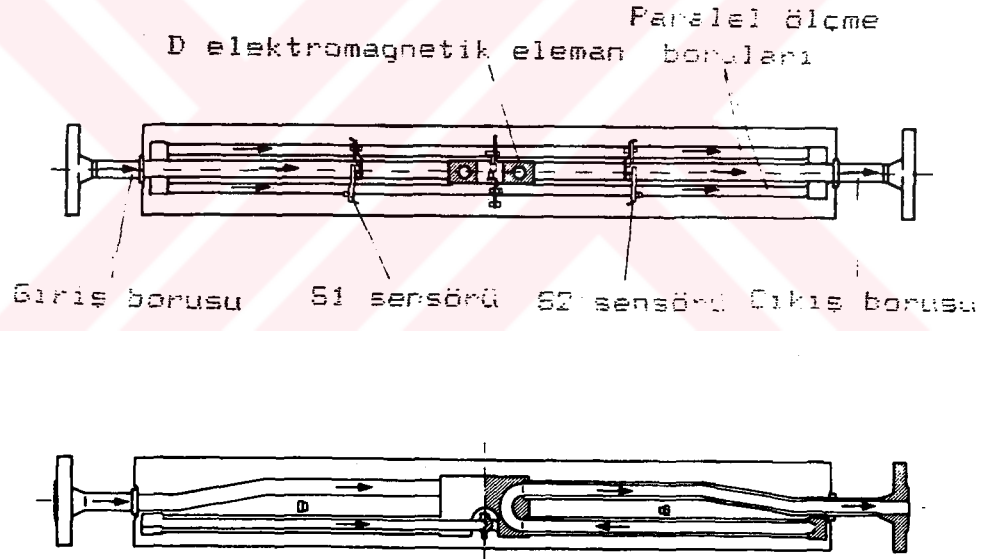


Şekil: 4.7. Sensörlerden Gelen Voltaj Sinyalleri.

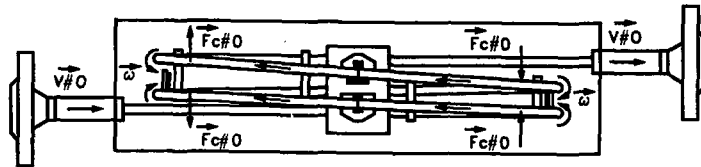
U: hız sensörlerden gelen voltaj sinyali, $U_1:S_1$ sensörlerden gelen sinyal $U_2:S_2$ sensörlerden gelen sinyal, ψ :sensör sinyalleri arasındaki faz farkı wt: boru hareketi (deflection).

ψ faz farkı, boru içindeki q_m kütleli debisi ile orantılıdır. MASS 1000 debimetresinin elektronik ünitesi, iki sensör arasındaki faz farkını değerlendirir ve çıkışa q_m kütleli debisi ile orantılı standart (0/4-20 mA)d.c) sinyali verir.

Aşağıda MASS 1100 ve MASS 2100 sensörlerine ait çizimler görülmektedir.



Şekil: 4.8. MASS 1100 Sensörü.



Şekil: 4.9. MASS 2100 Sensörü.

4.2. MASSFLO Debimetresinin Uygulamadaki Modeli

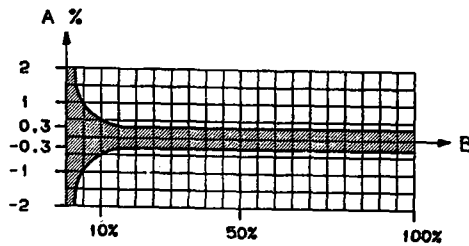
Kütlesel debimetre iki ayrı üniteden oluşur, sensör MASS 1100 ve sinyal konvertörü MASS 1000. Elektronik sinyal konvektörü, hız sensörlerinden sinyaller alır ve standart çıkış sinyallerine çevirir. Aynı zamanda sensör içindeki tahrik ediciye (actuator) verilen gücüde kontrol eder.

Sensör sisteminin dizaynı, dış borulardan, sıcaklık değişimlerinden ve akışkanın yoğunluk değişimlerinden en az derecede etkilenmesini sağlar. Tüm bu sistem bir silindirik çelik yüzey ile kapatılır ve giriş, çıkış borularına kaynaklıdır. 10 mm, 25 mm ve 50 mm çaplarında debi ölçerler üretilmektedir.

4.3. Ölçme Karakteristikleri

MASSFLO kütlesel debiyi (kg/s) doğrudan ölçer. Her boyuttaki cihaz 1:10 oranında kalibre edilebilir.

Şekil 4.10'da max ölçme değeri için ölçme hatası, gösterilen eğriler arasındaki sınırlar içindedir.



Şekil: 4.10. Ölçüm Hatası Sınır Değerleri.

A: Ölçülen değerin % olarak hatası

B: Max debinin % olarak kalibre edildiği değerleri.

Debimetrenin ölçme hassasiyeti, rastlantısal belirsizlik veya tekrarlanabilirlik (repeatability) kadar sistem kalibrasyonunu da içerir.

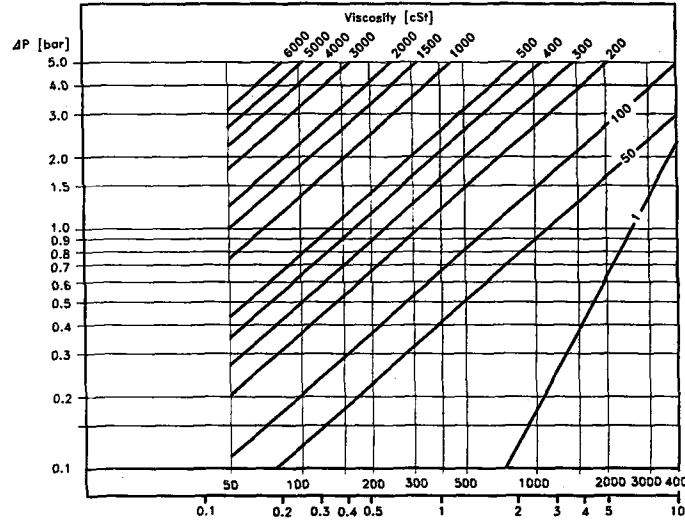
Debimetrenin ölçme hassasiyeti sıvının akış profili-ne bağlı olmadığından, cihazın yerleştirilme şekli ve diğer akış bozukluklarına karşı min. uzaklık belirleme gibi sınırlamalar yoktur. Buna ek olarak, geniş aralıklarda ölçme hassasiyeti sıvı viskozitesi ve yoğunluğundan bağımsızdır. Debimetre kütleli debiye karşılık gelen 0-20 veya 4-20 mA d.c. akımı ve 0-10 kHz frekans üretir. Ayrıca herbir sinyalin belirlenen (kg) miktarını temsil ettiği darbe (pulse) sinyali de vardır.

Belirli bir boyuttaki cihazdan farklı debilerde en iyi ölçüm değerinin alınabilmesi için bu debilere göre kalibrasyonun yapılması gereklidir. Aşağıda Türkiye' de bir deterjan fabrikasında kullanılan kütleli debimetreler için yapılan farklı kalibrasyonlar gösterilmiştir. Üstteki sensör ile alttaki sinyal konvertörü için sistem numaraları aynı olmalıdır, çünkü kalibrasyonları belirli bir değere göre yapılmıştır. Seri numaralarında üretici firma tarafından saklanmaktadır, herhangi bir sorun olduğunda bu numaralara göre cihaza ait değerler bulunabilir.

Tablo: 4.1. Aynı Debimetrenin Farklı Debilere Göre Kalibrasyonu

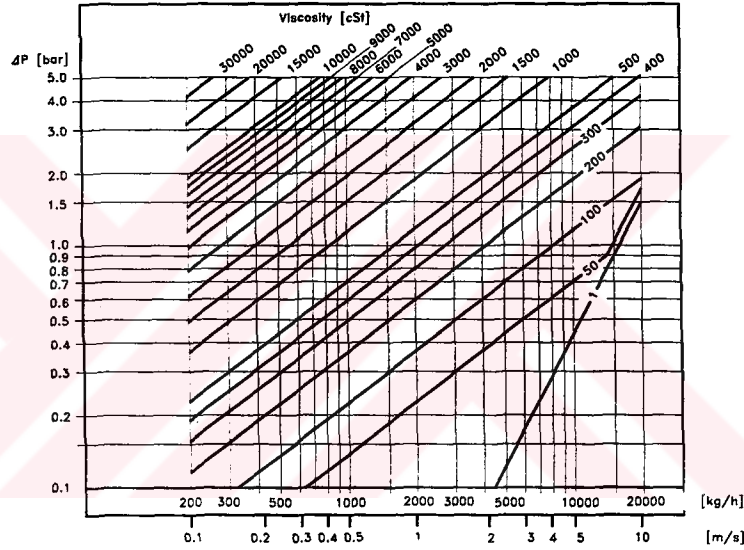
<u>Cihaz Tipi</u>	<u>Seri No</u>	<u>Sistem No</u>
DN 10 heated low flow	180603 N441	M 7622
220... 330 (kg/h)	277704 N391	M 7622
DN 10 heated standard	180503 N441	M 7623
1000.. 1500 (kg/h)	278304 N391	M 7623
DN 10 low flow	178703 N271	M 7624
8 ... 12 (kg/h)	27004 N431	M 7624

Sensor
MASS 1100, DN 10



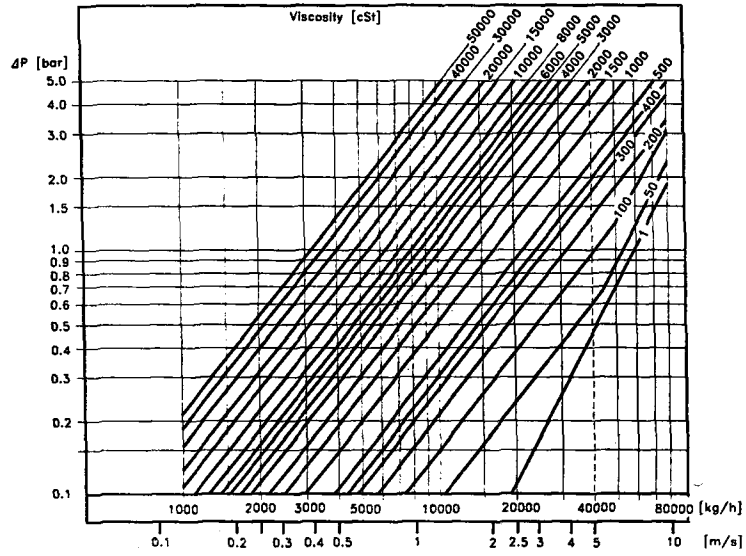
Mass flow
Flow velocity
(density = 1000 kg/m³)

Sensor
MASS 1100, DN 25



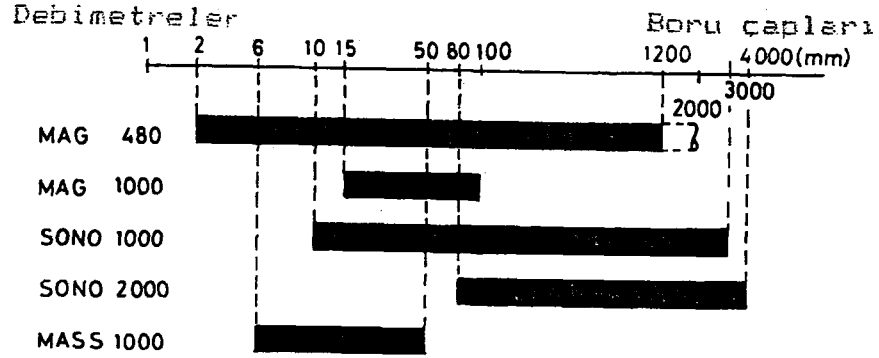
Mass flow
Flow velocity
(density = 1000 kg/m³)

Sensor
MASS 1100, DN 50



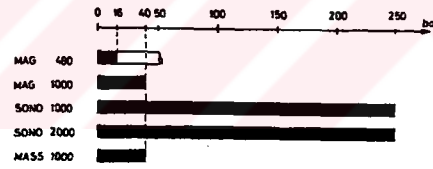
Mass flow
Flow velocity
(density = 1000 kg/m³)

Şekil: 4.11. Basınç Düşümü Eğrileri.



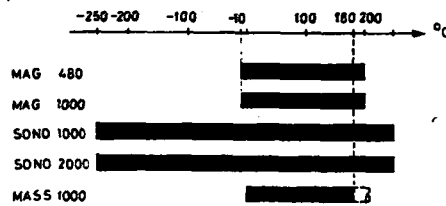
Şekil: 4.12. Debimetre Boyutları.

Şekil 4.12 elektromagnetik, ultrasonik ve kütleli debi ölçerlerin hangi boru çaplarında üretildiklerini göstermektedir.



Şekil: 4.13. Basınç Aralıkları.

Şekil 4.13 debi ölçerlerin kullanılabilecekleri basınç aralıklarını, Şekil 4.14 ise sıcaklık aralıklarını göstermektedir.



Şekil: 4.14. Sıcaklık Aralıkları.

Tablo: 4.2. Debimetre İç Yüzey Kaplama maddeleri ve Elektrod Malzemeleri.

Debimetre iç yüzey kaplama maddesi		Elektrod
MAG 480	Neoprene Natural rubber Ebonite rubber Polyurethane PVC PTFE (Teflon) EPDM	AISI 316 Hastelloy C Platinum/Iridium 80/20
MAG 1000	Ceramic Al ₂ O ₃	Platinum
SONO 1000	Measuring pipe	Transducer
	According to the medium, to be chosen either by Danfoss or by the customer himself	PPS (Polyphenyl- sulphide) AISI 316 L Hastelloy C 276
SONO 2000	As SONO 1000	As SONO 1000
MASS 1000	AISI 316 (W.Nr. 1.4401)	

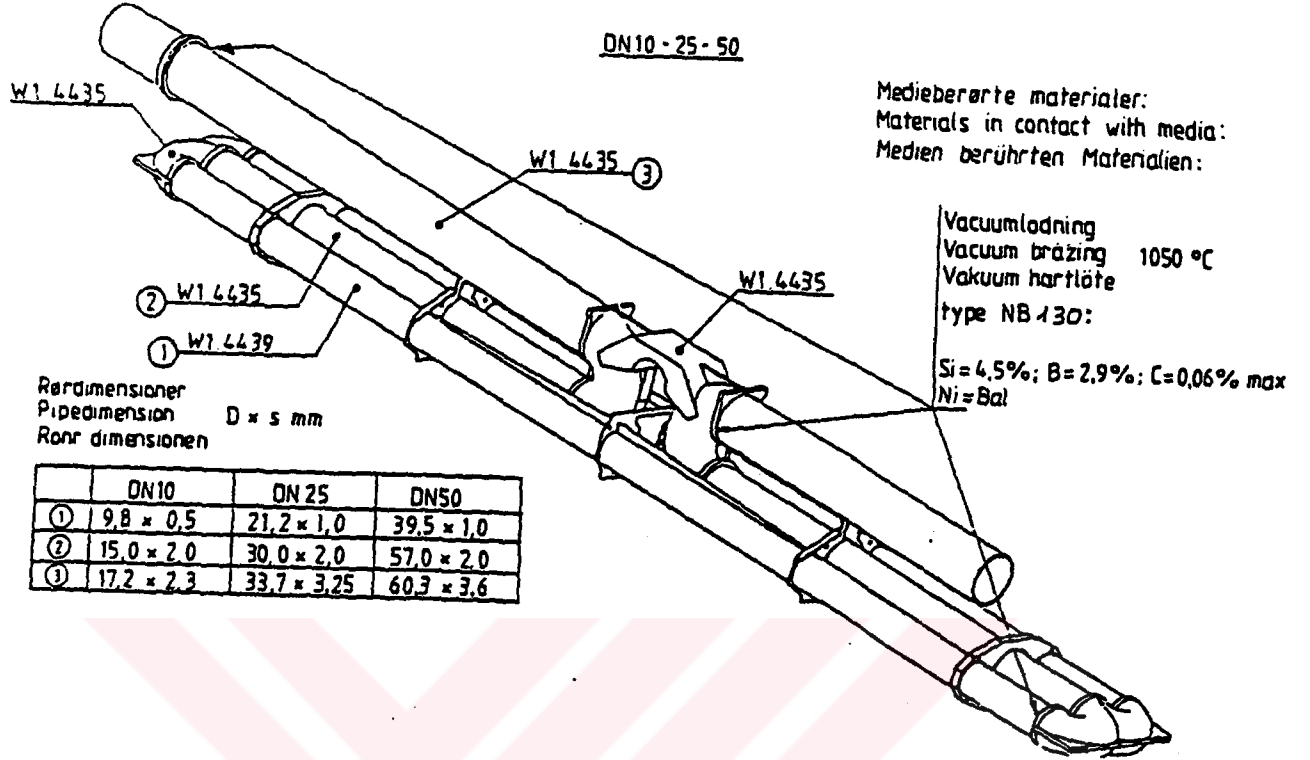
Tablo 4.2. ise debi ölçerlerde seçilebilecek iç yüzey kaplama maddelerini ve elektrod malzemelerini sıralamaktadır.

4.4. Kütlesel Debimetrelerde Korozyon Faktörü

Kimya endüstrisinde kimyasal madde ile debimetre malzemesi arasındaki etkileşim bazen çok kritik olmaktadır. Korozyon etkisi, malzeme ve debimetre donanımı seçimini önemli ölçüde etkilemektedir. Korozyon, boru malzemesinin kimyasal ve elektro kimyasal etki sonucu istenmeyen biçimde aşınması olarak açıklanabilir. Mekanik aşınma olan erozyonda buna ek olarak gözönünde tutulmalıdır [1].

Kimya endüstrisinde özel maddeler kullanılması durumunda korozyon riski artar. Korozyon sonucu borulardaki sızıntı insan sağlığına ve ekonomiye zarar verir.

Aşağıdaki şekilde MASS 1100 kütlesel debimetresinin iç yapısı ve kullanılan malzemeleri gösterilmektedir .



Şekil: 4.15. Kütlesel Debimetre İç Yapısı.

Genel korozyon direnci aşağıdaki uygulamalar sonucu artırılmıştır;

- Molibden alaşımlı W 14439 paslanmaz çelik seçimi
- Manifoldların hidrolik dizaynının iyi yapılması.
- Korozyon dirençli lehim malzemesi seçimi.

W.no 1.4439 paslanmaz çelik alaşımı şu bileşenlerden oluşur;

% 16,5-18,5 Cr, % 12,5-14,5 Ni, %4,0-5.0 Mo

Molibden alaşımlı paslanmaz çelik çok sayıdaki kimyasal madde için korozyon direnci sağlar.

Manifoldlar hidrolik olarak pürüzsüz tasarlanmış ve yapılmıştır. Erozyon riski (türbülans korozyonu) azaltılmıştır.

Uygulanan lehim malzemesi nikel esaslıdır yaklaşık %10 Si, %0,1 C ve %19 Cr içerir.

Nikel esaslı lehim malzemesi iyi bir elastiklik sağlar ve yüksek sıcaklıklara direnci artırır.

Alaşımında yer alan krom çok iyi bir dayanım ve iyi oksidasyon direnci verir.

4.5. Korozyon Direncinin Değerlendirilmesi.

Bu değerlendirme için aşağıdaki bilgiler gereklidir;

- Akışkan: Bazen birden fazla kimyasal bileşenden oluşabilir. Bu durumda tüm ürünler kimyasal formülleri ile belirtilmelidir.
- Konsantrasyon: pH değeri ile belirtilmelidir.
- Sıcaklık: Çalışma sıcaklığı, max. ve min. sıcaklıklar.
- Birikintiler: Çözünmüş ve katı durumdakiler.
- Ortam oksijen içeriği.

Jernkontoret firmasının (isveç) hazırladığı korozyon tablosunun kullanılması durumunda üç faktörün bilinmesi gerekir; akışkan cinsi, sıcaklık ve konsantrasyon [2].

W. 4439 malzeme için 17,15,4.5 kolonları kullanılır. (Tabloya bakınız)

Korozyon miktarı 0,1 (mm/yıl) değerinden az olduğunda malzeme korozyona dayanımlı olarak tanımlanır ve kritik değil şeklinde kabul edilerek "0" kodu ile gösterilir.

0,1- 1(mm/yıl) korozyon miktarı kritik olarak kabul edilir. Bu durumda malzemenin kullanım süresi kalınlığı esas alınarak değerlendirilir ve "1" kodu ile gösterilir.

korozyon miktarı 1(mm/yıl) değerinden daha büyük ise malzeme uygun değildir ve "2" kodu ile gösterilir.

Malzeme yüzeyinde gözenekler oluşması riski (pitting) "P" ile, gerilme korozyonu (stress corrosion) "S" ile gösterilir. Bu durumda debimetre kullanımı önerilmez.

Uygulama:

Bir tesiste reaksiyon karışımının nötralizasyonu için sülfürik asit (H_2SO_4) kullanılmaktadır. Dosajlamada bir MASSFLO debimetresinden yararlanılmaktadır.

Akışkan : Sülfirik asit (H_2SO_4)

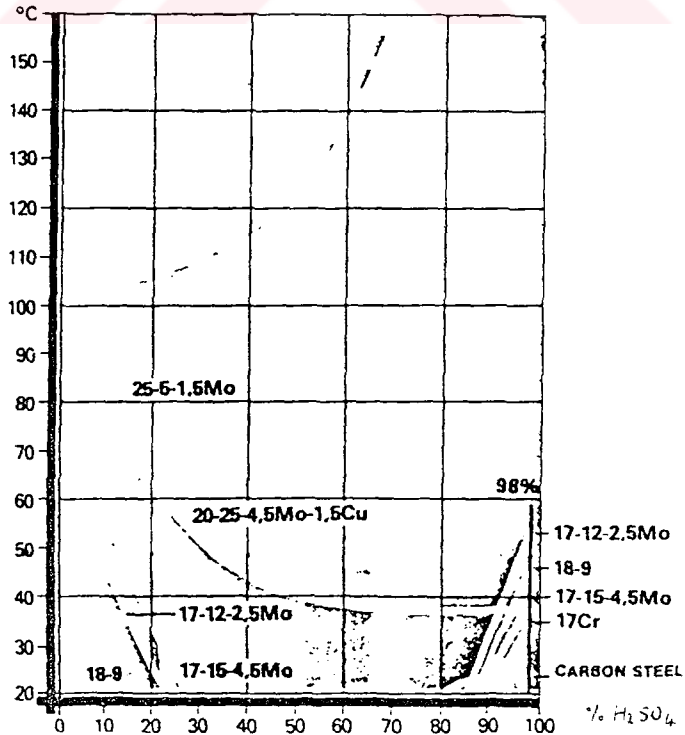
Konsantrasyon : %70

Sıcaklık : 70°C

Verilen değerler için tablodan direnç kodu "2" bulunur. Bu durumda debimetrenin kullanımı uygun değildir. (Şekil 4.16.)

Corrosive medium	°C	Steel grade — alloying elements, %											Ti	T _i Pd
		Cr	—	13	17	18	18	17	18	17	20	25		
		Ni	—	—	—	—	9	12	14	15	25	5		
		Mo	—	—	—	2	—	2,5	3,5	4,5	4,5	1,5		
		Cu	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	—		
Sulphuric acid, cont.	20 %	20	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	0
	20 %	40	2	2	2	2	2	1	1	1	0	1	2	0
	20 %	50	2	2	2	2	2	1	1	1	0	1	2	1
	20 %	60	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1
	20 %	100	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	30 %	20	2	2	2	2	2	1	1	1	0	1	2	0
	30 %	40	2	2	2	2	2	2	1	1	0	2	2	1
	30 %	60	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
	40 %	20	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0
	40 %	40	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	1
	40 %	60	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
	40 %	90	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	50 %	20	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	1
	50 %	40	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2
	50 %	70	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	60 %	20	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2
	60 %	40	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
	60 %	70	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	70 %	20	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2
	70 %	40	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
	70 %	70	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	80 %	20	2	2	2	2	2	1	1	1	0	1	2	2
	80 %	40	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
	80 %	60	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Isocorrosion diagram, 0,1 mm/year, for stainless steels and carbon steel in sulphuric acid of chemical purity. Chain line curve represents the boiling point.



Şekil: 4.16. Sülfirik Asit Kullanıldığı Durumda Korozyon Etkisi.

4.6. Kütlesel Debimetrelerde Basınç Düşümü Hesabı

Öncelikle Re (Reynolds sayısı) bulunur. Deneysel olarak bulunan K_R , K_L , K_T , ve bu değerleri formüllerde yerine konur.

$$Re = K_R \cdot \frac{q_m}{\rho \cdot \nu}$$

q_m : kütlesel debi (kg/h)

ρ : yoğunluk (kg/m³)

ν : viskozite (cst)

Tablo:4.3. K_R Katsayıları

DN/DI	K_R
DI 3	118 x10 ³
DI 6	58.9x10 ³
DI 15	25.3x10 ³
DI 10	20 x10 ³
DN 25	9.2x10 ³
DN 50	4.7x10 ³

$Re \geq 4000$ ise türbülanslı akış, $Re \leq 4000$ ise laminar akış oluşur. Re değeri 2300 ve 4000 arasında, akış türbülanslı veya laminar olabilir.

$$\text{Laminar akış için: } \Delta P = K_L \cdot \nu^a \cdot q_m^b \quad (\text{bar})$$

$$\text{Türbülans akış için: } \Delta P = K_T \cdot \frac{\nu^{0,25} \cdot q_m^{1,75}}{\rho^{0,75}} \quad (\text{bar})$$

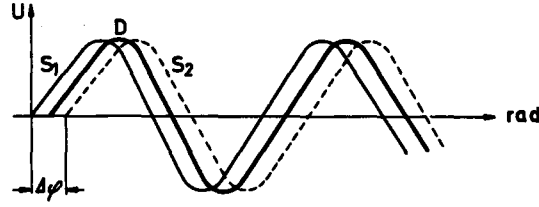
Katsayılar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo: 4.4. K_L , a,b ve K_T Katsayıları

Çap	DN/DI	K_L	a	b	K_T
DI	3	3,0. 10 ⁻³	0,900	0,980	0,065
DI	6	2.20 10 ⁻⁴	0,995	0,929	3,2.10 ⁻³
DN	15	1,20. 10 ⁻⁵	0,923	0,983	9,6.10 ⁻⁵
DN	10	1,03 10 ⁻⁴	0,793	0,865	1,9.10 ⁻⁴
DN	25	6,80 10 ⁻⁵	0,705	0,702	7,7.10 ⁻⁶
DN	50	4,30 10 ⁻⁸	0,560	1,350	6,9.10 ⁻⁷

4.7. Sinyallerin Değerlendirilmesi

Kütlesel debimetrelerde borulardan akış olduğunda, S_1 ve S_2 sensörlerinden gelen sinyaller arasında $\Delta\varphi$ faz farkı olur.



Şekil: 4.17. S_1 ve S_2 Sensörlerinden Gelen Voltaj Sinyalleri.

$\Delta\varphi$ faz farkı aşağıdaki şekilde formüle edilebilir.

$$\Delta\varphi = \frac{k_o \cdot l}{\sqrt{\mu \cdot E \cdot I}} \cdot q_m$$

q_m : kütlesel debi

l : salınan boru uzunluğu

M : birim uzunluğu kütlesi (boru malzemesi + sıvı)

I : eylemsizlik momenti

E : elastik modülü

k_o : sabit

Borunun salınım yaptığı rezonans frekansı;

$$f_r = \frac{W_r}{2\pi} = \frac{k_1}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu}}$$

k_1 : sabit

İfadelerinden görüldüğü gibi $\Delta\varphi$ faz farkı, ρ yoğunluğuna bağımlı μ birim uzunluk kütlesi ile ilişkilidir.

$\Delta\psi$, W_r ile bölünerek Δt zaman farkı bulunur.

$$\Delta t = \frac{\Delta\psi}{W_r} = k_2 \frac{l^3}{E.I} \cdot q_m \quad \begin{array}{l} \Delta t = \text{zaman farkı} \\ k_2: \text{sabit} \end{array}$$

Bu şekilde yoğunluktan bağımsız bir sinyal elde edilir. Ancak, boru uzunluğu ve E modülü sıcaklığa bağlı olduğundan, $\frac{l^3}{E.I}$ çarpanında sıcaklığa bağımlıdır. Cihazın elektronik ünitelerinde sıcaklık kompensasyonu yapılır.

Rezonans frekansı sıvının yoğunluğu hakkında da bilgi verir;

$$\mu = \rho_F \cdot A_F + \rho_P \cdot A_P$$

U : birim uzunluğun kütlesi
 ρ_P : boru malzemesinin yoğunluğu
 A_P : boru malzenin kesit alanı
 ρ_F : sıvının yoğunluğu
 A_F : sıvının kesit alanı

$$\rho_F = k_3 \cdot \rho_P + \frac{E(t)}{k_4 \cdot A_P} \cdot T^2$$

$E(t)$: Sıcaklığa bağımlı E modülü
 k_3, k_4 : Sabitler
 T : Periyodik zaman

$k_3 \cdot \rho_P$ ve $k_4 \cdot A_P$ sabit olduklarından formül aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$\rho_F = A + B(1 + \alpha_t t) \cdot T^2$$

A, B : sabitler
 α_t : E modülünün sıcaklık bağımlılığı
 t : Sıcaklık

Bu formüle göre A,B sabitleri ve E modülünün sıcaklık bağımlılığı bilindiğinde; T periyodik zamanı ve t sıcaklığı ölçülerek sıvı yoğunluğu ρ_F bulunur.

4.8. Elektromagnetik Debimetre (MAGFLO), Ultrasonik Debimetre (SONOFLO) Ve Kütlesel Debimetre (MASSFLO) Cihazlarının PLC'ye Bağlantısı

Debimetreler çok yaygın olarak PLC'lere ve proses bilgisayarlarına bağlanmaktadır. Bu bağlantı debimetrenin darbe çıkışı (pulse output) üzerinden yapıldığında, eğer PLC'nin program tarama süresi (scanning time) debimetrenin darbe genişliğini aşarsa bazı problemler ortaya çıkabilir.

Danfoss debimetrelerinin max. darbe genişliği yaklaşık 100 (ms)'dir. Bir PLC cihazının çok uzun program çevrimlerinde ve birçok değeri durumunda çevrim süresi 500 (ms) zamanını aşmaktadır.

Debimetrenin darbe genişliği bir impulse-interface (PR-Electronics, model 2288) kullanılarak artırılabilir. Bu arayüz (interface) 24 V d.c. giriş sinyali, NPN ve PNP girişli tüm PLC cihazları ile birlikte kullanılabilir (PLC tiplerinin yaklaşık %90'ı için uygundur).

Özellikleri:

Besleme voltajı	: 12-24 Vd.c.
Darbe genişliği	: 10-1000 ms.
Akım harcamı	: max. 40 mA
Çıkış voltajı	: max. 30 V d.c.
çıkış akımı	: max. 100 mA

Debimetre, arayüz ve PLC bağlantısı eklerde verilmiştir [1].

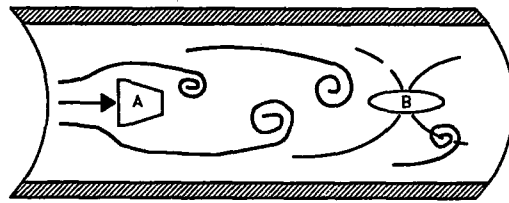
BÖLÜM 5. VORTEKS DEBİMETRELER

Karman ve Strouhal teorilerini kullanarak, buhar, gaz ve düşük yoğunluklu sıvıların debisini ölçerler [1].

Debi ile orantılı 4-20 mA ve 0-10 kHz ölçeklendirilebilir frekans/darbe çıkış sinyali verirler. Bir sensör ve bir sinyal konvertöründen oluşurlar.

Farklı ısıtma proseslerinde doymuş buhar debisini ve ısıtma sistemlerinde kızgın buhar debisini ölçmede kullanırlar. Buhar, kızgın buhar, hava, nitrojen ve diğer gazların debisinin ölçümünde genellikle AP debi ölçüm cihazları yerine tercih edilirler.

5.1. Prensibi



Şekil: 5.1. Karman Teorisi.

Debi ölçer bir bozucu (bluff body), bir toplayıcı (pickup), bir çift piezoelektrik kristal ve çıkış sinyali veren bir elektronik devreden oluşur.

Belirli hızdaki akışkana ait akış profili (A) bozucu cisim tarafından bozulduğunda, bu cisimden sonra girdaplar oluşur.

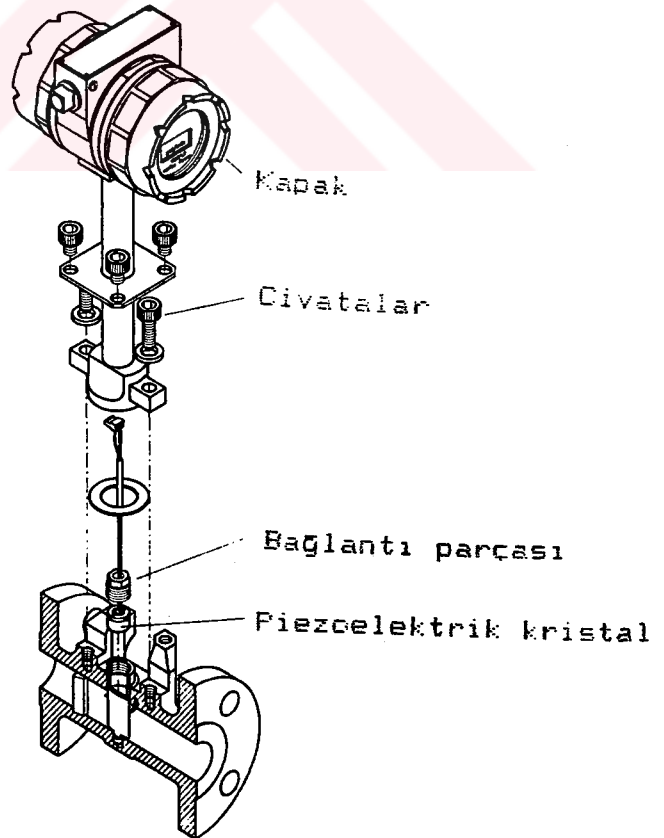
Girdapların oluşumu sıralıdır. Bozucu cismin önce bir tarafında ve sonra diğer tarafında girdaplar oluşur (Karmanteorisi).

Geniş Reynolds sayıları aralığında girdapların değişiminin frekansı, akışkanın hızı ile ve böylece borudaki debi ile orantılıdır (Strouhal teorisi).

Toplayıcı, girdapların akışta yarattığı küçük basınç değişimlerine tepki göstererek girdapların frekansını okur.

Piezoelektrik kristal sinyal toplayıcısının hareketlerini bir elektrik sinyaline dönüştürür.

Sinyal konvertörü bu sinyali debi ile orantılı ve ölçeklendirilebilir çıkış sinyali verecek şekilde kuvvetlendirir ve filtre eder.



Şekil: 5.2. Debimetreye Ait Montaj Resmi.

5.2. Boyutlandırma

En yüksek hassasiyet ve en geniş dinamik aralığı (dynamic range) elde edebilmek için, doğru boyutlarda debimetrenin seçilmesi çok önemlidir.

- Eğer cihaz çok büyük ise piezoelektrik kristalden gelen sinyal zayıf olacaktır ve olması gerekenden daha az debi ölçüm değeri elde edilecektir.

- Eğer cihaz çok küçük ise cihaz boyunca basınç düşümü bağlı olarak büyük olacak kavitasyon olasılığı var olacaktır.

- Eğer cihaz çok uzun süre belirlenmiş max'dan büyük debi geçişine maruz kalırsa cihazda mekanik hasar oluşabilir.

5.3. Doymuş Buhar Ölçümünde Boyutlandırma

Basınç ve sıcaklığa bağlı olarak min ve max (kg/h) değerleri arasında istenen geçişine izin verecek boyut seçilir.

Olası en küçük sensör seçimi ile olası en büyük dinamik aralık elde edilir.

Örnek:

Saatte 2-5 ton, 180°C sıcaklıkta buhar geçişinin olduğu bir proseste uygun debimetrenin seçilmesi istensin.

Tablodan 180°C'nin altında DN 80 çaplı seçilir. Bu cihazın ölçüm aralığı 300-6257 (kg/h)'dir. Buharın yoğunluğu 5,15 (kg/m³)'dür.

Tablo: 5.1. Kapasite Tablosu

Pressure [bar abs]	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	7	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45
Temperature [°C]	81	100	111	120	134	144	152	159	165	170	180	188	198	212	224	234	243	250	257
DN 25 kg/h min	15	16	17	18	19	21	24	26	28	30	33	36	40	46	51	56	61	65	69
kg/h max	41	79	115	150	220	288	356	422	489	554	686	816	1.012	1.339	1.665	2.000	2.337	2.678	3.025
DN 40 kg/h min	24	27	33	38	45	52	58	63	68	72	80	88	98	112	125	137	148	159	169
kg/h max	100	192	281	367	537	704	868	1.031	1.193	1.354	1.674	1.993	2.471	3.269	4.066	4.882	5.705	6.537	7.386
DN 50 kg/h min	33	46	55	63	76	87	97	105	113	121	134	147	163	188	209	229	248	266	282
kg/h max	168	321	469	614	898	1.177	1.452	1.725	1.995	2.264	2.800	3.333	4.133	5.468	6.801	8.166	9.542	10.935	12.355
DN 80 kg/h min	74	102	123	141	170	195	216	236	253	270	300	328	365	420	468	513	554	593	631
kg/h max	375	718	1.049	1.373	2.007	2.630	3.245	3.854	4.458	5.060	6.257	7.449	9.234	12.218	15.196	18.248	21.323	24.435	27.608
DN 100 kg/h min	128	177	214	245	297	340	377	411	442	471	524	571	636	732	816	894	967	1.035	1.100
kg/h max	654	1.252	1.830	2.394	3.501	4.587	5.659	6.722	7.776	8.825	10.914	12.992	16.107	21.310	26.506	31.828	37.193	46.621	48.155
DN 150 kg/h min	290	401	485	555	671	768	853	930	1.000	1.065	1.185	1.292	1.439	1.655	1.846	2.023	2.187	2.341	2.488
kg/h max	1.480	2.832	4.138	5.415	7.918	10.374	12.800	15.203	17.587	19.961	24.685	29.385	36.430	48.199	59.949	71.987	84.121	96.398	108.916
DN 200 kg/h min	509	704	851	974	1.177	1.347	1.497	1.631	1.754	1.869	2.079	2.268	2.525	2.905	3.239	3.550	3.837	4.108	4.368
kg/h max	2.597	4.968	7.261	9.501	13.894	18.203	22.461	26.677	30.859	35.025	43.314	51.562	63.924	84.575	105.193	126.316	147.607	169.151	191.115
Density [kg/m³]	0.31	0.59	0.86	1.13	1.65	2.16	2.67	3.17	3.67	4.16	5.15	6.13	7.6	10.1	12.5	15.0	17.5	20.1	22.7

5.4. Gaz Ve Kızgın Buhar Ölçümünde Boyutlandırma

Sensör boyutu (m³/h) olarak max. proses debisi esas alınarak seçilmelidir.

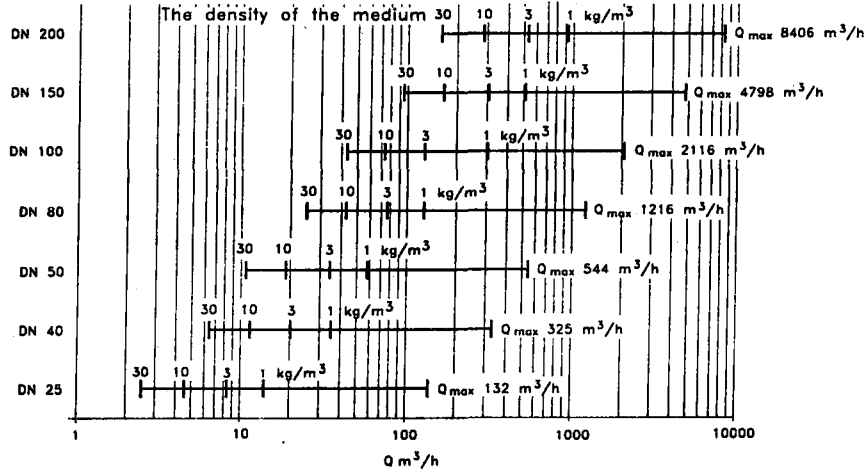
Örnek:

Saatte 4 ton, 300°C sıcaklığında ve 10 bar basınçta kızgın buhar geçişinin olduğu bir proseste cihaz seçimi şu şekilde yapılır;

Kızgın buharın yoğunluğu: $\rho = 3,88 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

$$\text{max.debi, } Q = \frac{4000(\text{kg/h})}{3,88(\text{kg/m}^3)} = 1030 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Tablodan DN 80 seçilir. $Q_{\min} = 70 \text{ (m}^3\text{/h)}$ ve $Q_{\max} = 1216 \text{ (m}^3\text{/h)}$ veya kütleli debi $Q_{\min} = 271 \text{ (kg/h)}$ ve $Q_{\max} = 4,7 \text{ (ton/h)}$ dir.



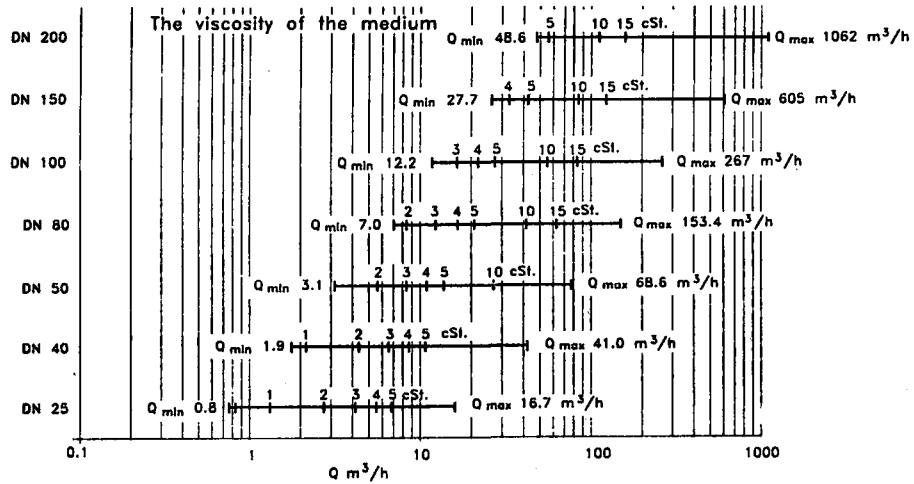
Şekil: 5.3. Debimetre Boyutlandırma Çizelgesi.

5.5. Sıvıların Debilerinin Ölçümünde Boyutlandırma

Sensör boyutu max proses debisi (m^3/h) esas alınarak seçilmelidir.

Örnek:

Viskozitesi 3 cst ve debisi $Q_{\max} = 60$ (m^3/h) olan bir proseste cihaz boyutunun seçimi; $Q_{\min} = 8,3$ (m^3/h) ve $Q_{\max} = 68,6$ (m^3/h) ölçüm aralığına sahip DN 50 seçilir.



Şekil: 5.4. Debimetre Boyutlandırma Çizelgesi

BÖLÜM 6. AÇIK KANALLARDA ULTRASONİK DEBİ ÖLÇÜMÜ

Bu tür bir ölçüm için bir debi transmitteri (EMUC) ve ölçüm kanalı (EMAF) gereklidir. Transmitter, açık tip ölçüm kanalından (measuring flume/weir) geçen su debisine oransal olarak akım sinyali verir [1].

Bu tip cihazlar atıksu arıtma tesislerine giriş ve çıkışında ve endüstriyel atıksularda debi ölçümünde kullanılırlar.

Frekans/darbe modülü aşağıdaki olanakları sağlar;

- Darbe çıkışı alınarak hacimlerin toplamı mümkündür. (M^3) olarak
- Frekans çıkışı ile debiye orantılı frekans sinyali alınır. Örneğin 0-1000 Hz

6.1. Transducerin Yerleştirilmesi

I, II ve III seçilebilecek yükseklik değerlerine göstermektedir. Ölçüm aralığı seçildiğinde, dikkat edilmesi gereken iki nokta vardır,

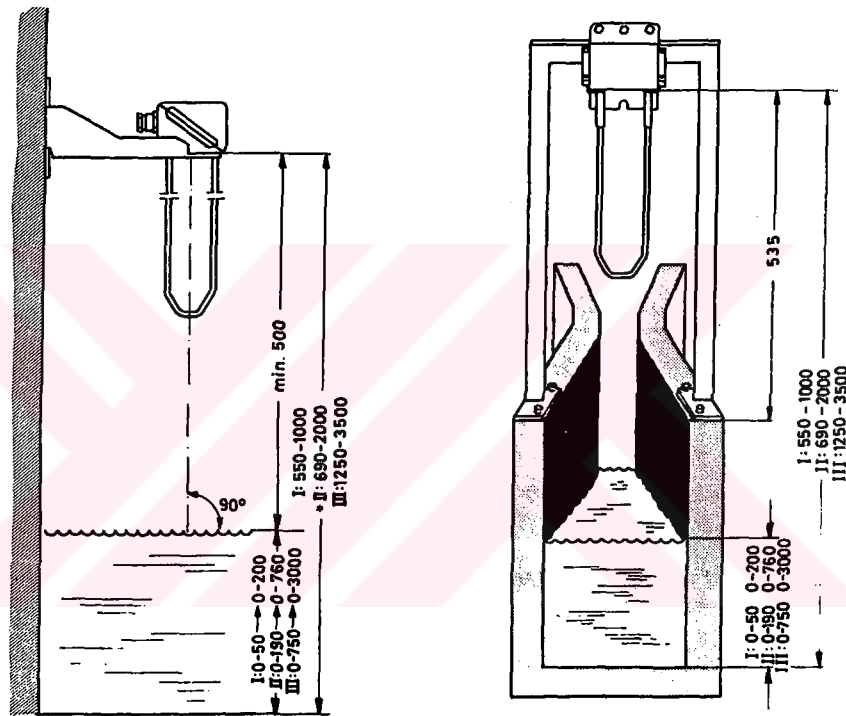
- 1- Sıvı yüksekliğindeki değişimler
- 2- Transducerden kanalın en altına olan uzaklık (%0 akış durumu)

Transducer ölçme kanalı üzerine belirlenmiş bir noktada dik olarak yerleştirilir. Transduceri max. seviyeye olabildiğince yakın yerleştirilerek en büyük hassasiyet elde edilir.

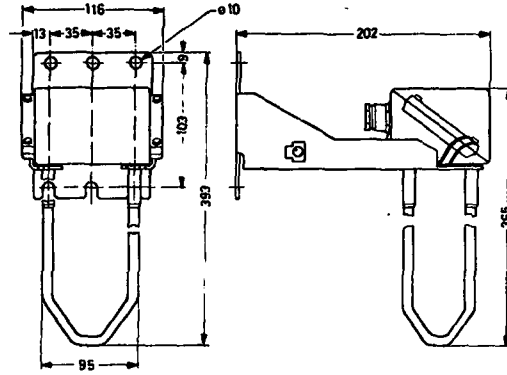
Örneğin ölçüm kanalındaki sıvı yüksekliği 250 (mm)

civarında ve transducerden 0-düzeyine (zero level) uzaklık 1200 (mm) ise, II. durum seçilir. Bunun anlamı transmitterin çıkış sinyali 0-20 mA, 0-250 (mm) sıvı düzeyi değişimine eş değer olacaktır.

Eğer sıvı düzeyi değişimi I durumuna uygun, transducer uzaklığı II'ye uygun ise bu durumda büyük olan yeni II. durum seçilir.



Şekil: 6.1. Duvara Monte Edilen Transducer ve Fabrikada Üretilen Ölçüm Kanalı Üzerine Monte Edilen Transducer.

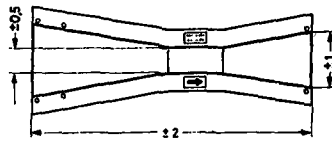


Şekil: 6.2. Transcuder Boyutları

Hassasiyet

DANFOSS debi kalibrasyonu laboratuvarında Parshall ölçüm kanalı (EMAF) ve debi transmitteri ile yapılan ölçümlerde hassasiyet %1'den iyi sonuç vermiştir. Uygulamada standart şartlar altında hassasiyet %3'den iyi olabilir.

Aşağıdaki şekilde EMAF ölçüm kanalına ait toleranslar (mm) olarak gösterilmektedir.



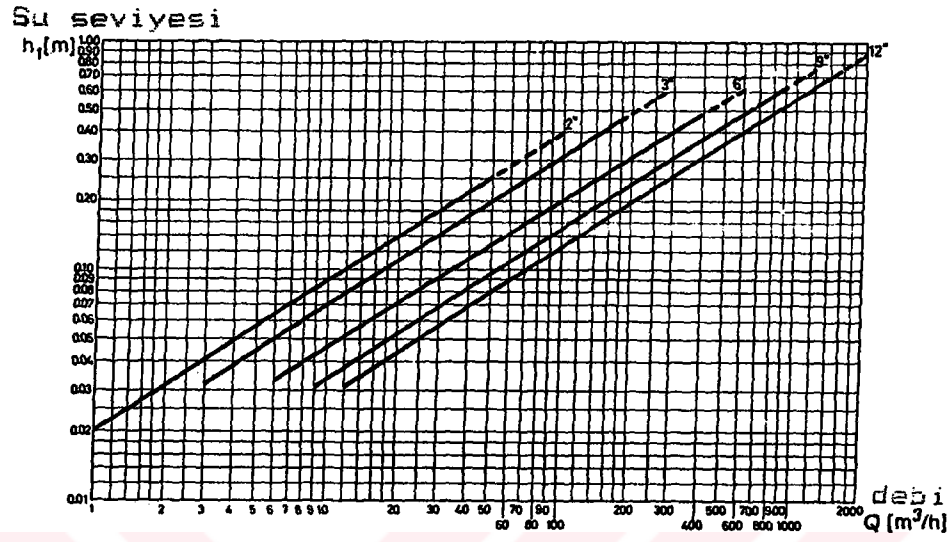
Şekil: 6.3. Ölçme Kanalı (EMAF) mm Olarak Toleranslar.

6.2. Su Debisinin Hesabı

Su debi miktarı şu formülden hesaplanır; $Q = k_1 x h_1^n$

Q: su debisi (m^3/h), k: kanal sabiti, h_1 : seviye (m),
n: üst.

Herbir kanal için sabitler ve üstler aşağıdaki tablo-
dan bulunabilir h_1 yüksekliği kanala girişteki yükseklik
değeridir.



Şekil: 6.4. Q/h Grafiği

I m ³ /h	II									
	2"		3"		6"		9"		12"	
	100%	25%	100%	25%	100%	25%	100%	25%	100%	25%
25	160	65								
50	251	103	197	80						
75	326	133	256	104	162	68				
100	393	160	308	126	195	81				
125			355	145	225	93	171	69		
150			400	163	252	105	193	78		
175			442	180	278	115	214	86	178	71
190			468	191	293	121	225	91	188	75
200			481	196	303	126	233	94	194	78
250			556	227	349	145	270	109	225	90
275			591	242	371	154	287	116	240	95
300					392	162	304	123	254	102
350					432	179	336	136	281	113
400					471	195	367	148	307	123
500					542	225	425	172	355	143
600					609	252	478	193	401	161
700							529	214	443	178
800							578	233	484	194
900							624	252	523	210
1000							668	270	561	225
1100							711	287	597	240
1200							753	304	632	254
1300									667	268
1400									700	281
1500									732	294
1600									764	307
1650									780	313
1700									795	319
1800									826	332
1900									856	344
2000									885	355

Şekil: 6.5. Kanal Boyutu Ve Ayar Yüksekliklerinin seçimi

I: m³/h olarak su debisi çıkış sinyaline eşdeğer olmalıdır.

II: %100 ve %25 çıkış sinyallerine bağlı olarak su seviyesi ve ayar yükseklikleri (mm)

Örnek:

Eğer 800 (m³/h) max. debi geçeceği biliniyorsa, hangi boyutta kanal seçilmelidir ve debi transmitteri EMUC için ayar değeri ne olmalıdır.

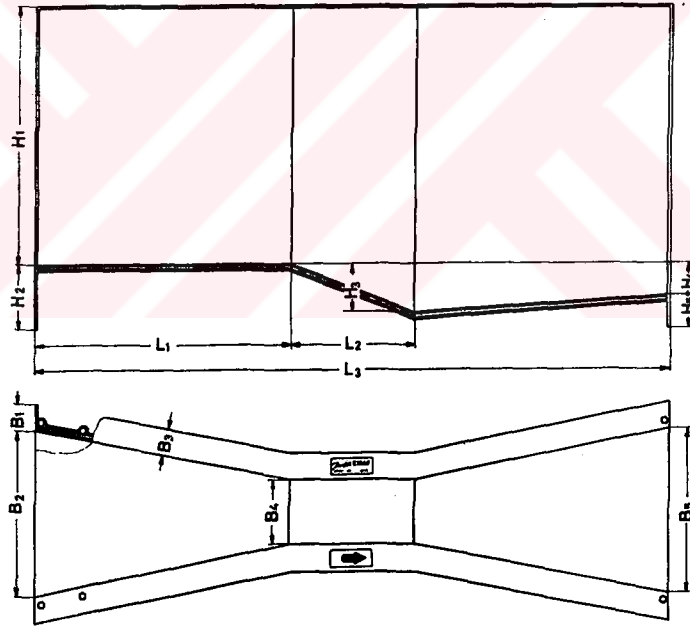
Soldaki sütun EMUC debi transmittlerinden gelen çıkış sinyali 20 mA'e eşdeğer su debilerini ifade etmektedir. Bu örnekte 800 (m³/h) alınmıştır. Bu değerden yatay olarak gidildiğinde bulunan 578 (mm) ve 233 (mm) ölçüm kanalında %100 ve %25 debi olması durumlarındaki seviyeleri

göstermektedir. Bu değerler EMUC debi transmitteri için ayar değerleridir. Sonuç olarak 9" boyutlu kanalın seçilmesi gerektiği görülür.

6.3. PARSHALL Ölçüm Boyutları (EMAF)

Boyutlar mm olarak verilmiştir.

Boyut	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	L ₁	L ₂	L ₃
2"	410	58	43	22	36	60	214	60	50.8	135	406	114	774
3"	610	75	57	25	50	60	259	60	76.2	178	457	152	914
6"	610	155	114	76	79	60	397	60	152.4	394	610	305	1525
9"	762	143	114	76	67	60	575	60	228.6	381	864	305	1626
12"	914	270	292	76	194	60	845	60	304.8	610	1343	610	2867



Şekil: 6.6. Parshall Ölçüm Kanalına Ait Boyutlar

Genel Şartlar

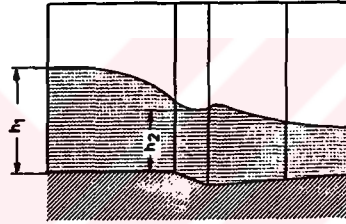
DIN 1959 ve BS 3680 standartlarına göre en iyi hassasiyeti sağlamak için giriş kanalı B₂ genişliğinin min. 10 kat uzunluğu boyunca düz, pürüzsüz ve dikey olmalıdır. ISO 1438 giriş kanalında B₂ genişliğinin en az 20 katı

boyunca akış hızı (V), yerçekim ivmesi (g) ve su yüksekliği (h_1) çarpımının karekökünden küçük olmalıdır. ($V < \sqrt{gxh_1}$) şartını getirmektedir.

Çıkışta ise suyun hiçbir engelle karşılaşmadan serbestçe akması istenmektedir.

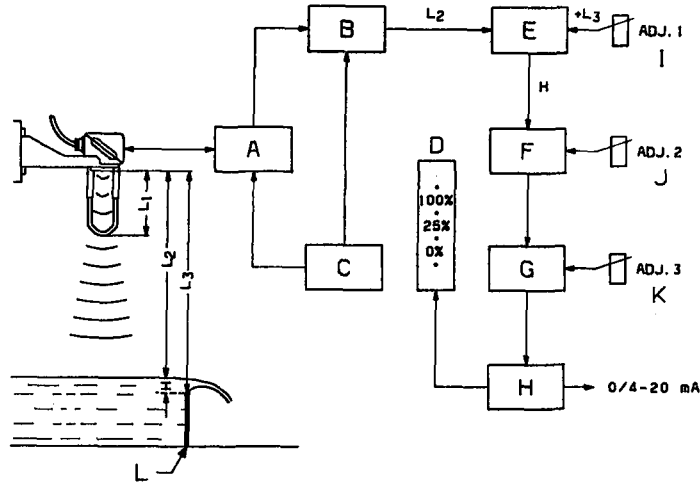
$$\frac{h_2}{h_1} < 0,6 \text{ olduğunda bu şart sağlanmaktadır.}$$

Aşağıdaki şekilde ölçüm kanalındaki akış profili gösterilmektedir.



Şekil: 6.7. Ölçme Kanalında Akış Profili

6.4. Prensibi



A : Yayıcı (transmitter)-alıcı (receiver) anahtar.	G: Lineerleştirme
B : Alıcı	H: Akım üretici
C : Yayıcı	I: Sıfır noktası (zero point)
D: Gösterge	J: Ölçüm aralığı
E : Toplama (summation)	K: Üst (exponent)
F : Kuvvetlendirici (Amplifier)	L: Ölçüm kanalı

Çalışma prensibi şekilde gösterilmektedir. Bir yayıcı, alıcı içindeki zamanlayıcıyı (timer) çalıştıran bir elektrik darbe sinyali ve transducer aracılığı ile su yüzeyine doğru bir ultrasonik darbe yayar. Ses darbesinin (sound pulse) bir kısmı referans çubuğundan yansıyarak geri dönerken geri kalan kısmı su yüzeyinden yansıyacak şekilde yoluna devam eder. Referans çubuğundan yansıyarak dönen ultrasonik sinyal transducere vardığında alıcı içindeki iki zamanlayıcıdan birini durdurur.

Su yüzeyine çarpıp geri dönen sinyal transducere ulaştığında da diğer zamanlayıcı durur.

Geri dönen iki ultrasonik sinyalin aldığı zaman aldıkları yol ile orantılıdır. Alıcı L_1 referans çubuğu uzunluğunu bildiğinden, iki ölçüm zamanı arasındaki farktan yararlanarak su yüzeyine olan uzaklık L_2 'yi bulabilir.

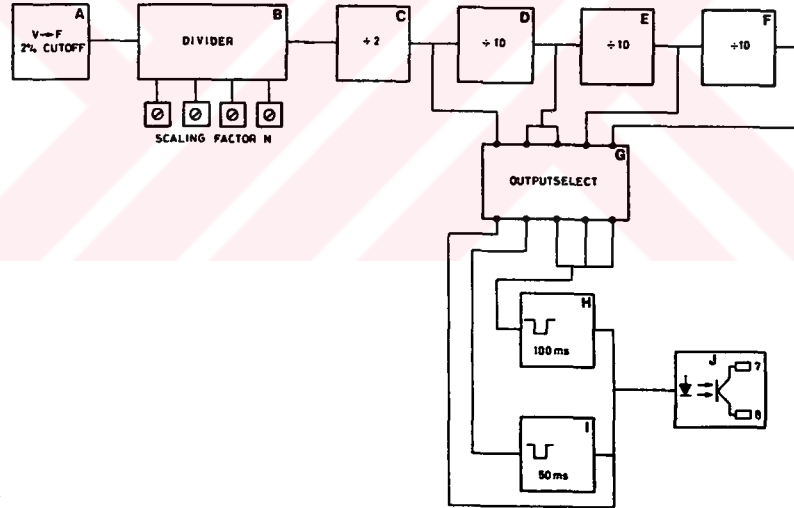
Bu ölçüm yöntemi ses hızının değişiminden bağımsızdır. İklim değişimlerinin olduğu durumda, ses hızındaki değişim iki ultrasonik sinyalin hızları arasında aynı bağıl değişimi verecektir.

Kanal yüksekliğini aşan su yüzeyi H "toplama (summation)" işlemi ile bulunur. ADJ 1'de ayarlı L_3 yüksekliğinden L_2 yüksekliği çıkarılır. L_3 yüksekliği transducer ile kanal arasındaki uzaklıktır.

L_3 yüksekliği ADJ 3'e girilir. Bu şekilde kanal yüksekliği bilindiğinden transducer ile kanalın dibi arasındaki uzaklık da belirli olur.

Seçilen çıkış sinyaline bağlı olarak, sıfır düzeyi (zero level) akım üreticinde 0 veya 4 mA değerine eşdeğer olur. Ölçüm miktarı yani max. düzey ADJ 2 kuvvetlendiricisine girilir. Bu durumda max.düzyey (%100 debi) max. çıkış sinyali olan 20 mA değerine eşdeğer olur.

H değeri kuvvetlendiriciyi (F) geçtiğinde, lineerleştiricide (G) H debisini belirleyecek bir hesaplama yapılır. Ölçüm kanalına ait üstler (exponents) ADJ 3'de belirlidir ve bu hesaplamada yer alırlar.



Şekil: 6.9. Frekans/Darbe Çıkışı Çalışma Yöntemi.

V_{in} , 0-4 volt debi ile orantılı giriş sinyalini içerir, bu sinyal (A) bloğunda debi ile orantılı frekans sinyaline dönüştürülür. Bu devrede %2'lik sabit bir kesim olur.

3-9999 faktörü ile bölme (B) bloğunda yapılır ve ayarlamalar ölçek faktörü (scaling factor) N ile tanımlı dört adet BCD anahtarı ile yapılır.

2 faktörü ile bölme (C) bloğunda yapılır. Görev çevriminin (duty cycle) %50'si olan frekans vererek bir simetrik darbe yaratır. Bir anahtar kullanarak (G bloğu çıkış seçimi (output select) frekansı doğrudan pasif çıkışa (J bloğu) eşlemek mümkündür.

Eğer daha fazla bölme gerekiyorsa (G) bloğu-çıkış seçimi, D,E ve F bloklarındaki 10 ile bölme eşlemelerini yapar. Miktar/darbe (quantity/pulse) toplamı istendiğinde bunlar kullanılabilir.

Çıkışa (J bloğu) bağlı olarak darbe genişliği (H) seçilerek 100 (ms) veya (I) seçilerek 50 ms olabilir. OUTPUT SELECT anahtarı kullanılarak seçim yapılır.

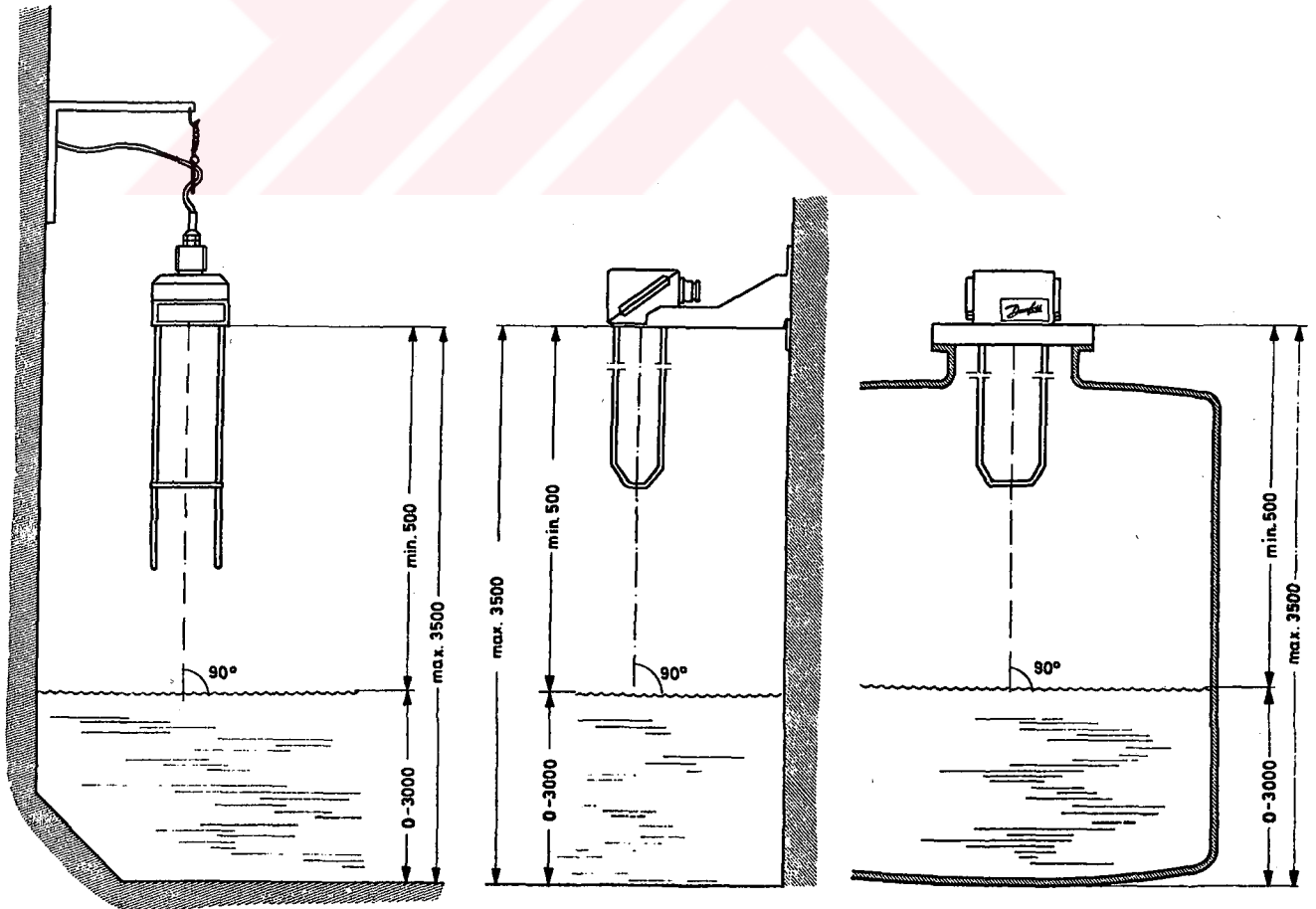
J pasif çıkışı optokopüler galvanik olarak izole edilmiş bir açık kollektör (open collector) tipi transistör içerir. Aktif çıkış K, 24V besleme ve bir sürücü transistör içerir. Voltaj kaynağı galvanik olarak izoleli değildir.

BÖLÜM 7. ULTRASONİK POMPA KONTROLÜ

Bir ultrasonik transducer ve bir sinyal konvertöründen oluşur. Kuyulardaki veya su depolarındaki giriş ve çıkış pompalarını kontrol etmede kullanılırlar.

Pompa kontrolörü üzerindeki seviye simülatörü, sıfır seviyesinden (zero level) itibaren başlama ve durma seviyelerinin doğrudan (cm) olarak ayarlanmasında kullanılır. Referans çubuğu (reference bar) ile optimum sıcaklık kompensasyonu sağlanır.

7.1. Transducer Montajı



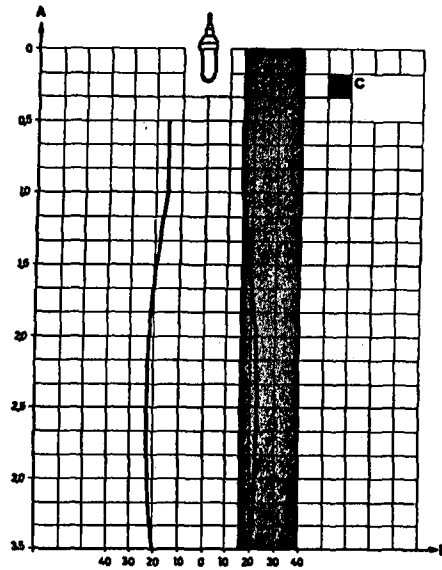
Şekil: 7.1. Transducer Montajı

Transducerin ön yüzü su yüzeyine paralel olacak şekilde yerleştirilmelidir yani referans çubuğu su yüzeyine dik olmalıdır. Montaj hatalı olursa, ses yüzeye yanlış bir açı ile çarparak ve belkide transducere çarpmayacak şekilde yansıyacaktır. Yerleştirilecek yer iyi seçilmelidir. ve sesin etki yörüngesinde bozulma yaratacak cisimler olmamalıdır (büyük cisimler, köşeler veya giriş kısımlar vs).

Hernekadar doğru yerleştirilmiş olurlarsa da eğimli, köşeler veya yüzeydeki köpük transducere sesin geri gelmesine neden olabilir. Bu olay yankı hatası (echo fault) olarak isimlendirilir ve diğer bir transducer yerleştirilerek veya durma değerini değiştirerek bu eğimli kenarların ve köşelerin neden olduğu hatalar önlenir.

Yüzeydeki köpükten kaynaklanan yankı hatası, transduceri su yüzeyine olabildiğince yakın yerleştirerek en aza indirilebilir. Bu durum aynı zamanda en yüksek ölçüm hassasiyetini verir.

Su yüzeyinden transducere olan min uzaklık 500 mm'dir.



Şekil: 7.2. TDUC ve TDUL Tipi Transducerler İçin ses Alanı Yarıçapı Diyagramı Görülmektedir.

A: Hissetme (detection) uzaklığı (m)

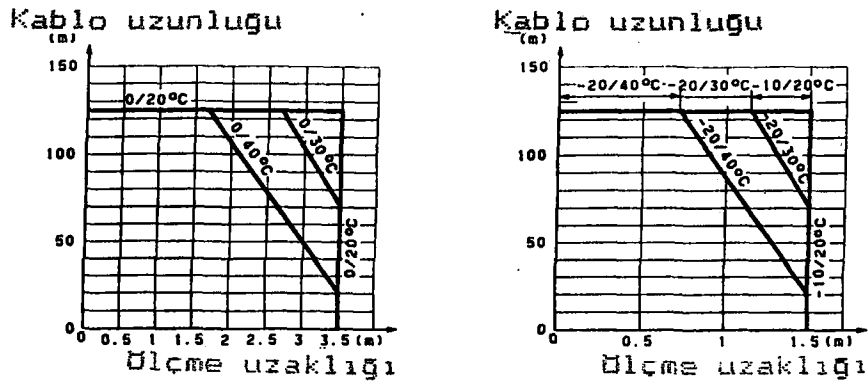
B: Ses alanı genişliği (cm)

C: Bir kenardaki engelin izin verilebilir miktarı

Şekilden de görüleceği gibi yansımalar oluşturacak cisimlerin bir tarafta olması kabul edilebilir. Bu cisimlerden gelen yankılar seviye ölçümüne engel olmayacaktır. Transducerin bir duvarın yakınına yerleştirilmesi de kabul edilebilir. Şekil 7.2'deki taralı alan bir duvar olarak kabul edilebilir, duvar ile transducer arasındaki uzaklık diyagramdan görülebilir. Örneğin transducer kuyu üzerini örten bir ara yüzey üzerine yerleştirilecekse bu yüzey üzerindeki boşluk en az şekildeki ses alanı kadar olmalıdır. Böylece ses transducer ile su yüzeyi arasında herhangi bir engelle karşılaşmadan yol alır.

7.1.1. Kablo Uzunluğu

Aşağıdaki grafikler sıcaklık ve ölçüm uzaklığına bağlı olarak kablo uzunluklarını göstermektedir.



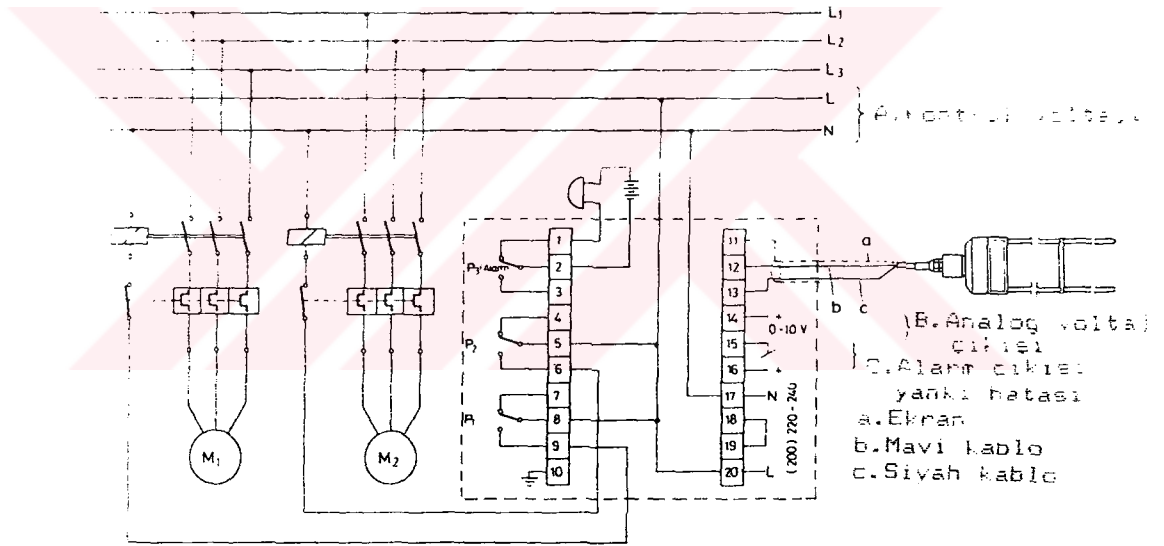
Şekil: 7.3. Kablo Uzunluklarının Bulunması.

a) Sıcaklık aralığı 0-40°C ve ölçüm uzaklığı 0-3500 mm olan transducerler için,

- b) Sıcaklık aralığı $-20-+40^{\circ}\text{C}$ ve ölçüm uzaklığı $0-1500\text{mm}$ olan transducerler için

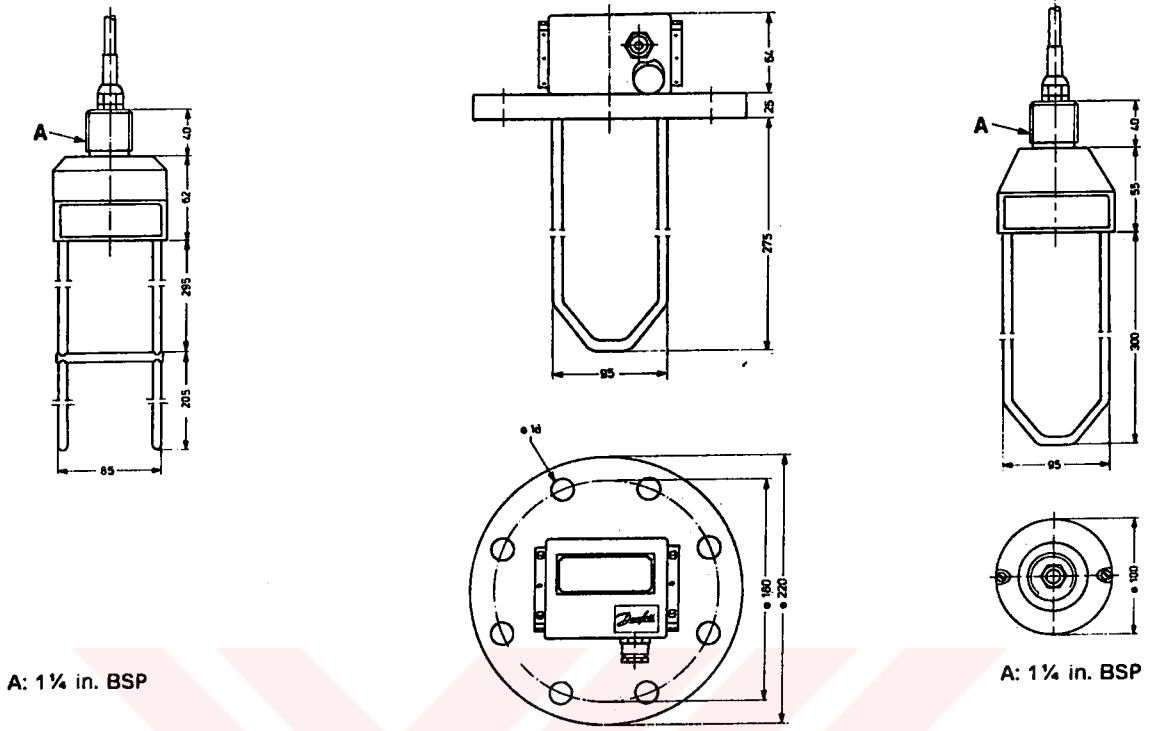
7.1.2. Bağlantı Örneği

Aşağıdaki şekilde iki pompa kontrolü yapan ve alarm sinyali veren bir cihaza ait elektrik bağlantı diyagramı görülmektedir. Voltajdan kaynaklanan hata durumunda, yüksek ve düşük su düzeylerine ulaşıldığında alarm verilir.



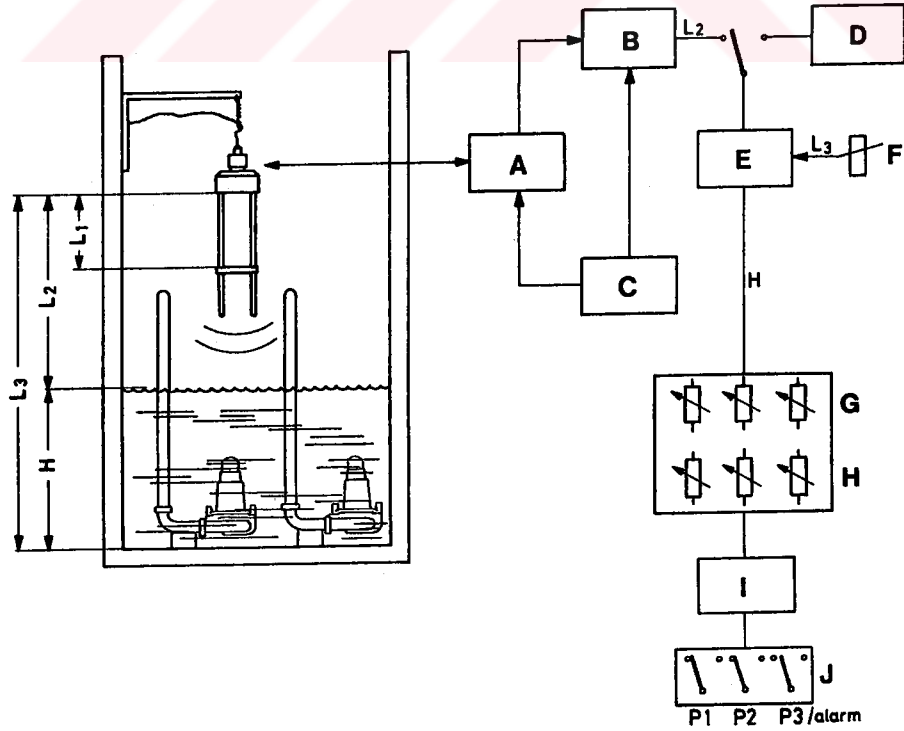
Şekil: 7.4. İki Pompa Kontrolünde Kullanılan Ve Alarm Veren Pompa Kontrol Cihazı.

- A - Kontrol voltajı
- B - Analog voltajı çıkışı
- C - Alarm çıkışı-yansıma hatası
- a,b,c- ekranlı kablo (screen cable)



Şekil: 7.5. Transducer Boyutları

7.2. Çalışma Prensibi



Şekil: 7.6. Kontrol Cihazı Elektronik Yapısı

A : Yayıncı/alıcı (transmitter/receiver)	F:Sıfır düzeyi seçimi
	değiştirme anahtarı
B : Alıcı	G:Başlama
C : Yayıncı	H:Durma
D : Düzey simülatörü	I:Seçim
E : Toplama	J:Röleler

Bir transmitter verdiği bir elektrik darbesi (pulse) ile alıcıdaki iki zamanlayıcıyı başlatır ve transducer yardımıyla su yüzeyine doğru bir ultrasonik darbe yollar.

Gönderilen sesin bir kısmı transducerin altına yerleştirilen bir referans çubuğuna çarparak geri yansır, geriye kalanlar devam eder ve su yüzeyine çarparak yansır. Referans çubuğuna çarpıp transducere geri dönen ultrasonik sinyal, alıcıdaki iki zamanlayıcıdan birini durdurur. Su yüzeyine çarpıp dönen sinyal transducere geldiğinde diğer zamanlayıcı da durur. İki ultrasonik sinyalin dönüşü için geçen zaman bu sinyallerin aldığı uzaklık ile orantılıdır.

Alıcı referans çubuğuna olan uzaklık değeri bilinen (L_1) den yararlanarak iki ölçüm zamanı arasındaki farktan su yüzeyine olan uzaklık (L_2)'yi belirler.

Sıvı derinliği (H) toplayıcıda (summation) (L_3) yi çıkararak hesaplanır. Burada (L_3) sıfır noktasından (zero point) transducere olan uzaklıktır.

(H) değeri daha sonra ayarlama devresine (setting circuit) geçer. Bu devrede potansiyometreler kullanılarak başlama ve durma düzeyleri ayarlanır.

Ayarlamayı kolayca yapmak için bir düzey simülatörü kullanılır ve böylece düzeyleri 1'er (cm)'lik basamaklarla ayarlamak mümkündür. Herbir pompaya ait başlama ve durma düzeyleri ayrı ayrı belirlenir, iki pompanın çalışma sırası değiştirilebilir.

BÖLÜM 8. TELEMETRİ SİSTEMİ

Denetleyici kontrol ve bilgi edinme sistemi (supervisory Control and Data Acquisition System), tüm uzak istasyonları izleme ve kontrol için kullanılır. [3] Debi seviye ölçümü, basınç, pompaların çalışma/durma durumları ve güvenlik alarm sistemine ait gerçek zaman bilgileri (real time data) toplanır. Sistemin özellikleri şu şekilde sıralanabilir.

- Sistem, merkezi kontrol odasındaki operatöre sistemi uzaktan izleme ve kontrol etme olanağı verir, yazıcıda bilgiler kaydedilir.

- Sistemin çeşitli noktalarından gelen işletme bilgileri ve raporlarına göre alarm verilebilir veya seviye değerleri uzaktan ayarlanabilir.

- Sistem, kontrol merkezi ve beş uzak istasyondan oluşur. Sistem konfigürasyonu değiştirilmeden istasyon sayısı artırılabilir. Uzak istasyonlarda kurulu bilgi panelleri (Remote Data Panels-RDP); digital girişlere (on/off, hata ve alarm işaretleri), analog girişlere (sahadaki çeşitli transducerlerden gelen ölçüm değerleri), digital çıkışlar (kontrol çıkışları) ve analog çıkışlara (ayar noktaları) sahiptir.

- Uzaktaki istasyonlar, kontrol istasyonu ile VHF bandından radyo frekansı (RF) ile haberleşirler.

- Uzak istasyonlar, kontrol merkezine durum göstergelerini (status indications), ölçüm değerlerini ve alarm sinyallerini gönderirler. Kontrol merkezi de uzak istasyonlara işletme komutları ve parametrelerini gönderir.

Uzak istasyonların herbiri yerel olarak prosesi kontrol edebilir ve diğer istasyonlar ile merkeze bağlanmaksızın haberleşebilirler.

- Kontrol merkezi ile iletişimin kopması olasılığına karşı herbir istasyon kendi çalışmasına devam edecek şekilde programlanabilir. Kontrol merkezi bir bilgisayar ve yazılımdan oluşan operatör istasyonuna sahiptir. Sistemde iki adet yazıcı vardır; birisi durumları, diğeri raporları kaydetmede kullanılır.

- Ana istasyon, diğer istasyonlara uzak bilgi paneli (RDP) ve saha arayüz ünitesi (FIU-Field Interface Unit) ile bağlanmıştır. FIU radyo iletişim kanalı üzerinden uygun bir protokol ile haberleşir. Benzer bir kontrol istasyonu, ana pompa istasyonuna da monte edilmiştir.

Merkezi bilgisayarın görevi; bir problem oluştuğunda operatöre RDP tarafından rapor edilen bilgileri göstermek RDP tarafından uygulanacak otomatik kontrol komutlarını göndermek ve bilgi toplamaktır.

Modern denetleyici kontrol iletişimlari, hiçbir fiziksel bağlantının sağlayamayacağı esnekliğe sahiptir. Bu tür sistemler ve telemetri şebekeleri akıllı RDP'lerin kullanılmasına olanak sağlar. Yararları,

- Su depolarında pompaların ve valflerin uzaktan kontrolü ve çalışmalarının izlenmesi.

- Onarım, hata bulma ve sistemin iyileştirilmesi merkezi bilgisayar tarafından yapılabilir.

- Sistemin güvenilirliğinin ve etkinliğinin artırılması, olası hata sinyallerinin erken alınabilmesi için değişken (seviyeler) ve durum (koşullar) parametrelerinin her ikisinin de gerçek zamanda (realtime) gözlenmesi çoğunlukla gereklidir.

8.1. Denetleyici (Supervisory) Bilgisayar Kontrol Merkezi

Denetleyici kontrol merkezi, bir denetleyici kontrol ve bilgi işleme sistemi için gereken merkezi istasyon fonksiyonlarını sağlar. Monitör; alarmları, sistem durumunu ve telemetri koşullarını karakterler veya piksel grafikler ve alfanümerik metinler ile renkli olarak gösterir.

Merkez, tek kullanıcıya sistem bilgilerini sağlayan bir bilgisayar veya çok kullanıcıya olanak sağlayan LAN (local Area Network) şebekesine sahip olabilir. Yazılım, menüler ile sürülen Database paketinden oluşur.

Grafiğin, hesaplamaların ve otomatik kontrol sıralarının anlaşılmasını kolaylaştıran tanımlamalar ve HELP fonksiyonları vardır. Metinler, raporlar, seçilen olaylar ve sistem aktiviteleri ileride kullanılmak üzere yazıcıya gönderilebilir veya hard diske kaydedilebilir. IBM uyumlu bilgisayarlar kullanılır.

Denetleyici kontrol çıkışları, motorlar, pompalar valfler, sirenler ve kule ışıkları gibi cihazların doğrudan kontrolünü sağlar.

8.2. İletişim Kanalları

RDP çeşitli iletişim ortamlarından yararlanmaya ve yüksek bilgi yayma hızlarının kullanılmasına olanak verir. RDP kendisinden üst hiyerarşiler ile (Multiple Centrals), kendisine paralel hiyerarşiler ile (RDP to RDP) ve alt hiyerarşiler ile (Master/Slave RDP'S) haberleşebilir. RDP en fazla üç ortam ile aynı anda haberleşmeye olanak sağlar; 1. porttan RS-232 veya RS-485 ile; 2. porttan RS-232, dış modem veya protokol analiz cihazı; 3. porttan DFK veya FSK Radyo Sinyali haberleşimi RDP aşağıda sıralanan durumlarda bilgi yayar;

A- Olağanüstü durumların raporu; Tanımlı durumların değişmesi halinde otomatik olarak bilgi yayar.

B- Fark sınır pencereleri; Ölçülen değer bir önceki değerden belirli bir yüzdeden fazla değişiklik gösteriyorsa otomatik olarak analog bilgi yayar.

C- Zamana bağlı bilgi yayma; Programlanmış bir zaman aralığında otomatik olarak bilgi yayar.

8.3. Radyo İletişim Kanalları

RDP, tüm iki yönlü radyo frekanslarında çalışır. Bu radyo, frekansları: VHF (136-174 MHz), UHF (402-430 ve 450-470 MHz), 900 MHz çoklu adres (Multiple Adress), 800 ve 900 MHz Trunking ve mikrodalga.

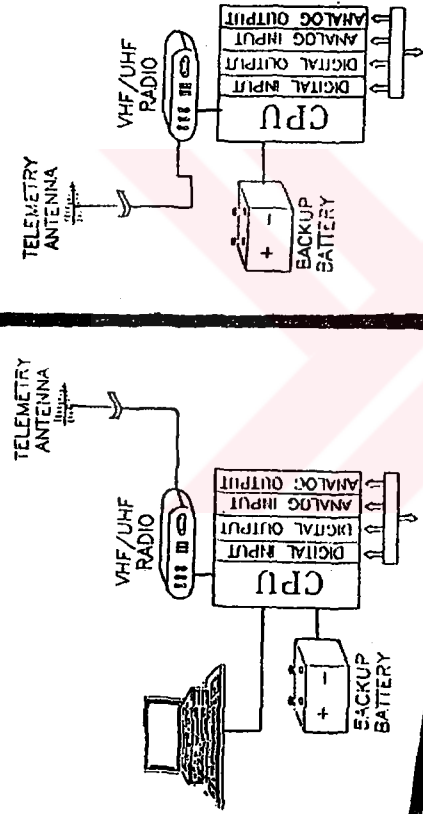
8.4. Bir Şehrin Su Şebekesinin Telemetri Sistemi İle Kontrolü

Bu bölümde telemetri sisteminin uygulanması incelenecektir. Tek merkezden çeşitli pompa istasyonları kontrol edilir. Pompaların ve vanaların kontrolü, debi ve seviye ölçüm değerlerinin gözlenmesi ve alarm bilgileri bu sistemin temel özelliklerindendir.

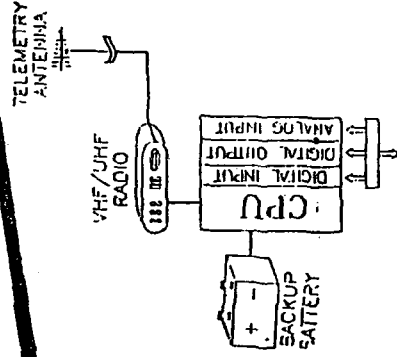
Ekteki sayfalarda, pompa istasyonları, RDP diyagramları, RDP'lerin radyo sinyal yayıcısı ve elektrik şebekesi bağlantı diyagramları, RDP'ler ile kontrol edilebilen cihazların bağlantısına ait diyagramlar verilmiştir.

Başınc arttırma
İstasyonu

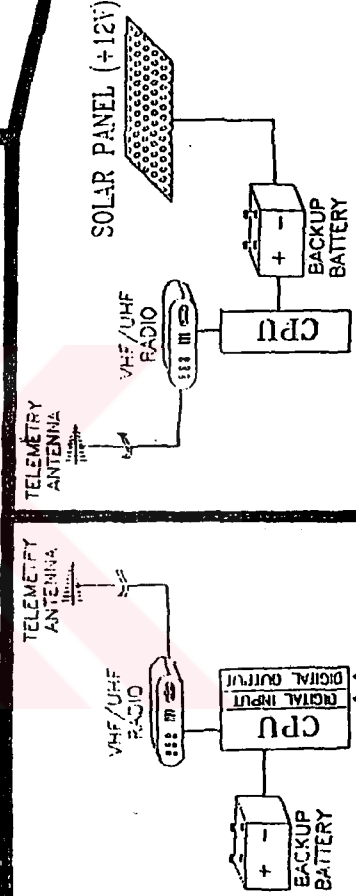
Ana Pompa
İstasyonu



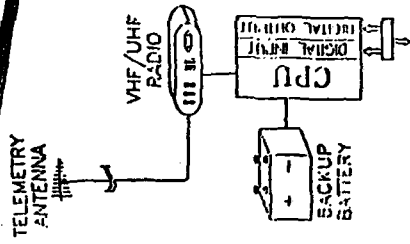
Depolar (2 Adet)



Sinyal Tekrarlama
İstasyonu



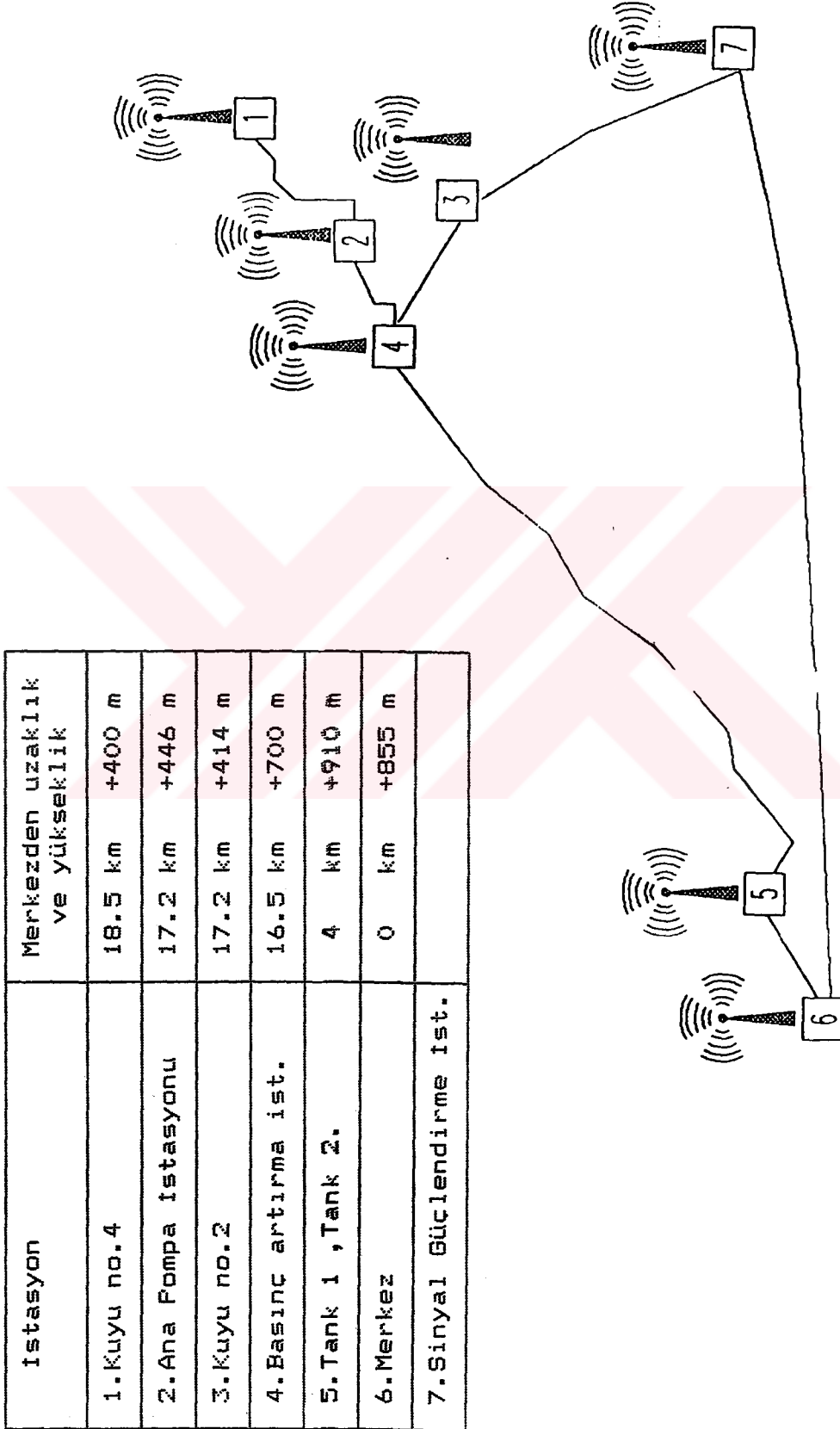
Merkez İstasyonu



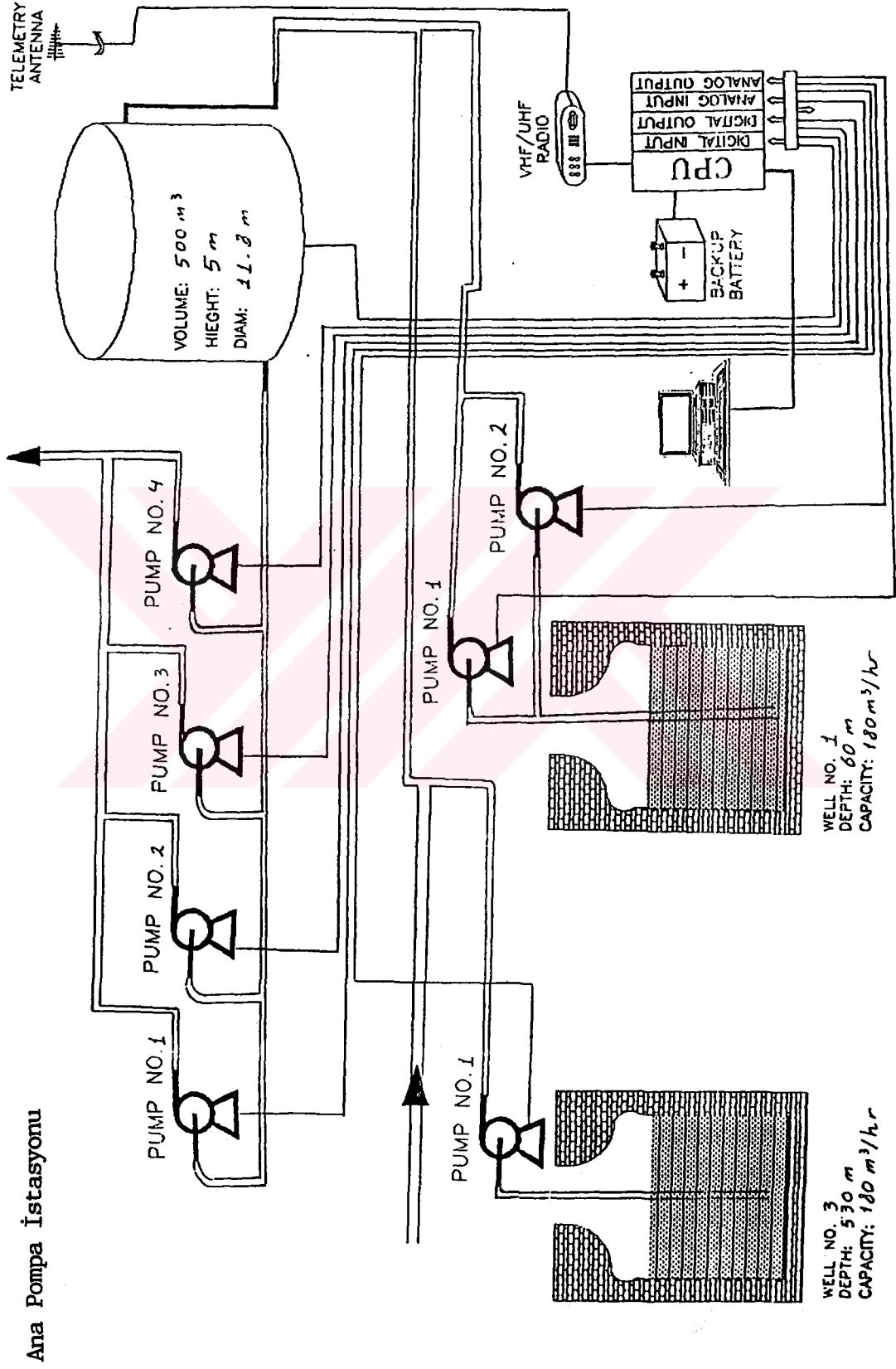
Kuyu No:4

Kuyu No:2

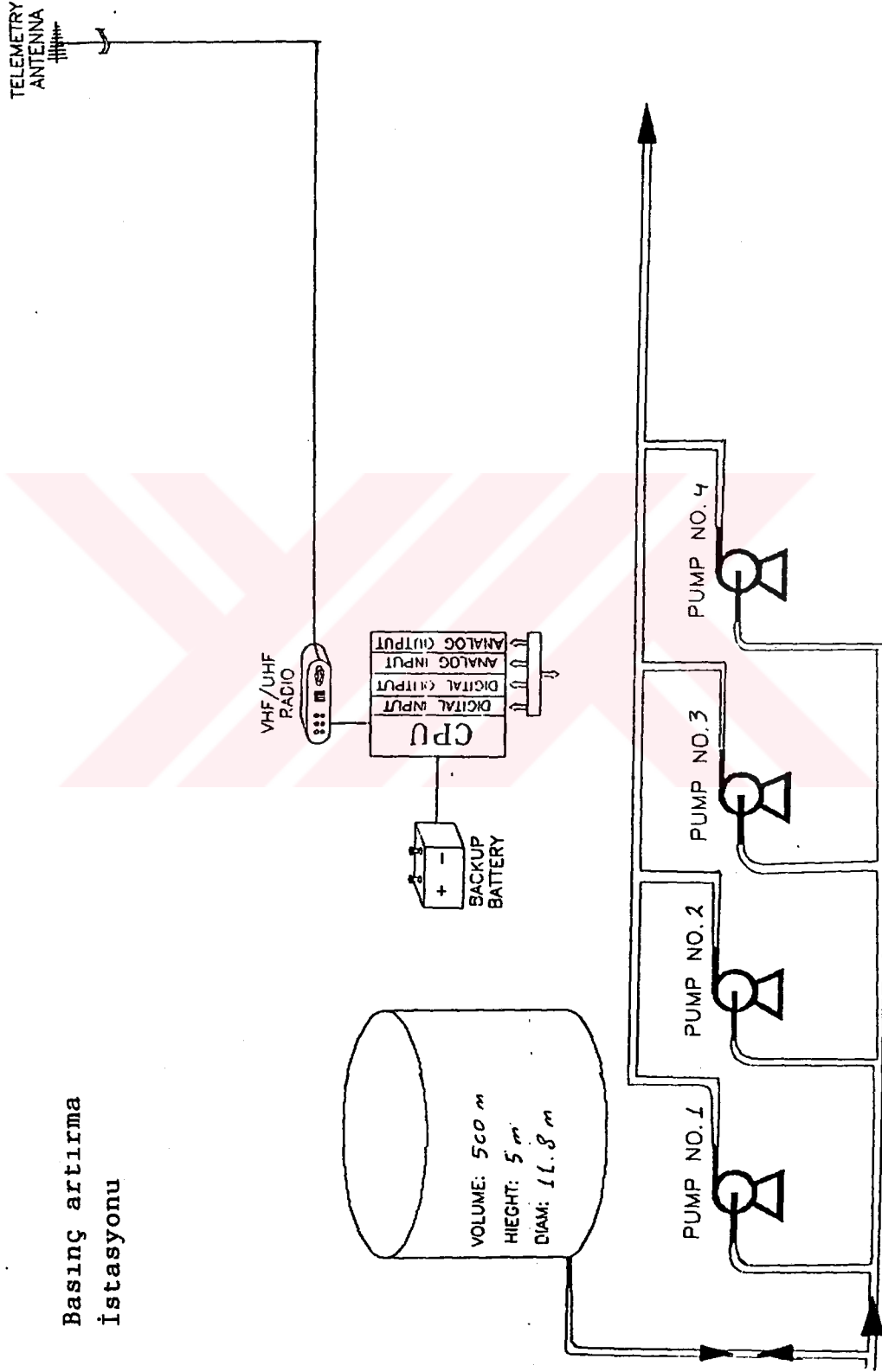
Şekil 8.1. Telemetri Sistemi



Şekil: 8.2. İstasyonların Rakımları Ve Aralarındaki Uzaklıklar.

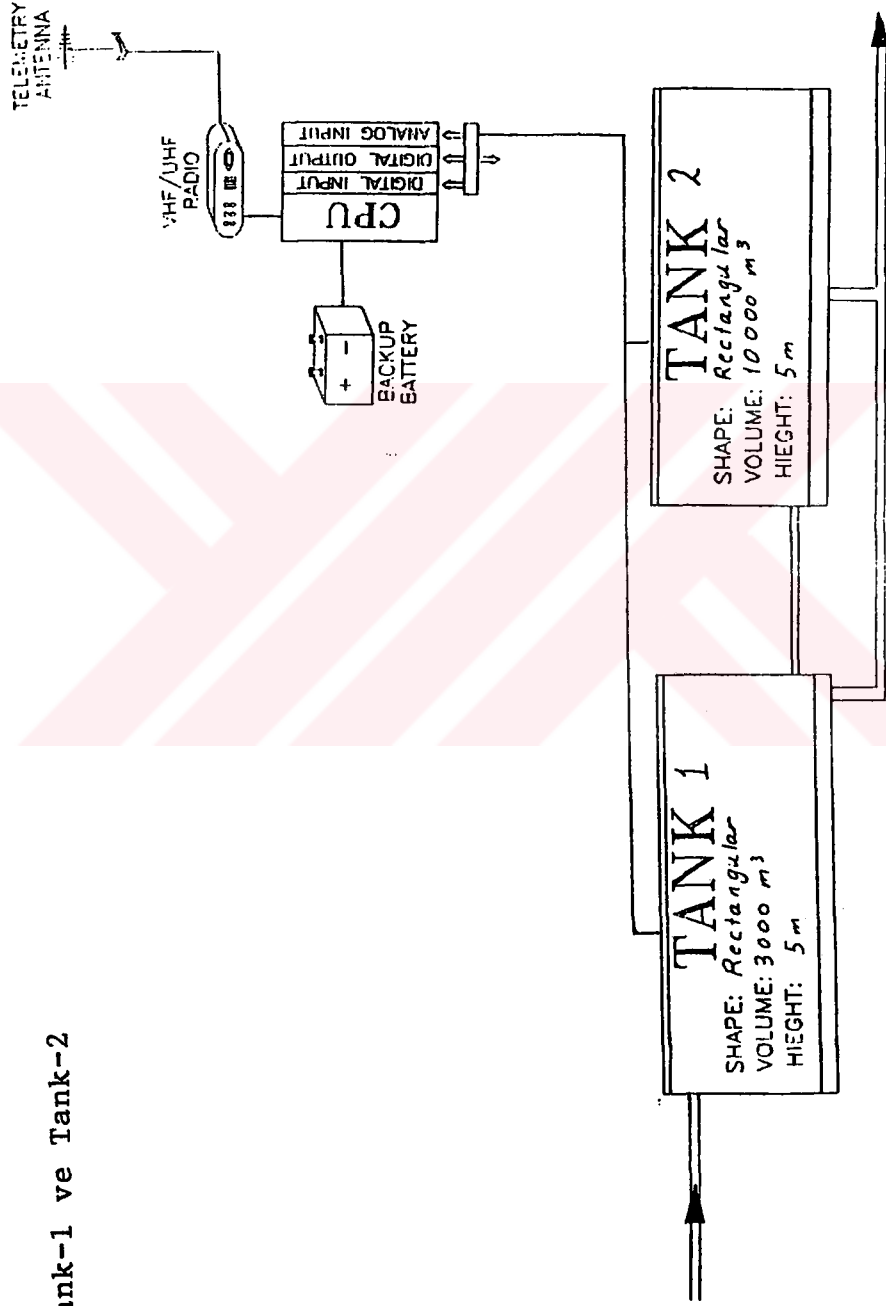


Şekil: 8.3. Ana Pompa İstasyonu

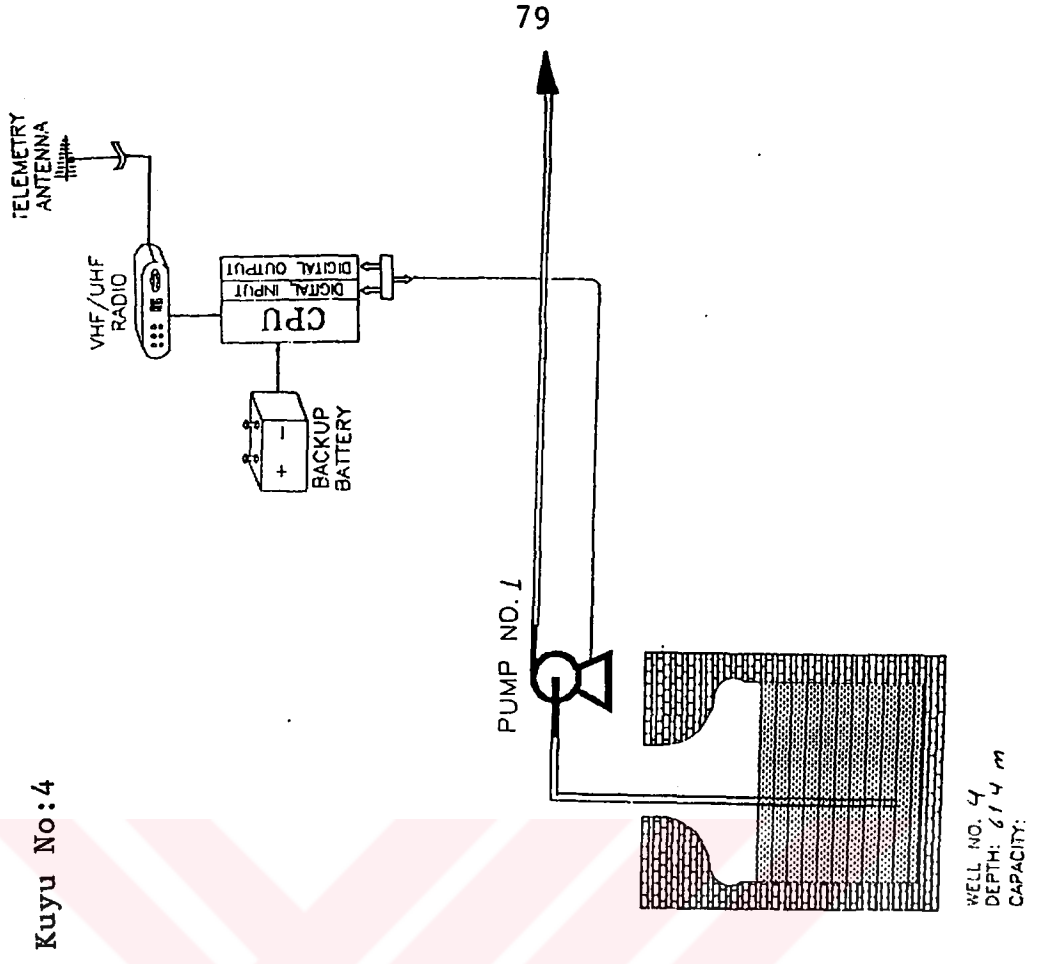
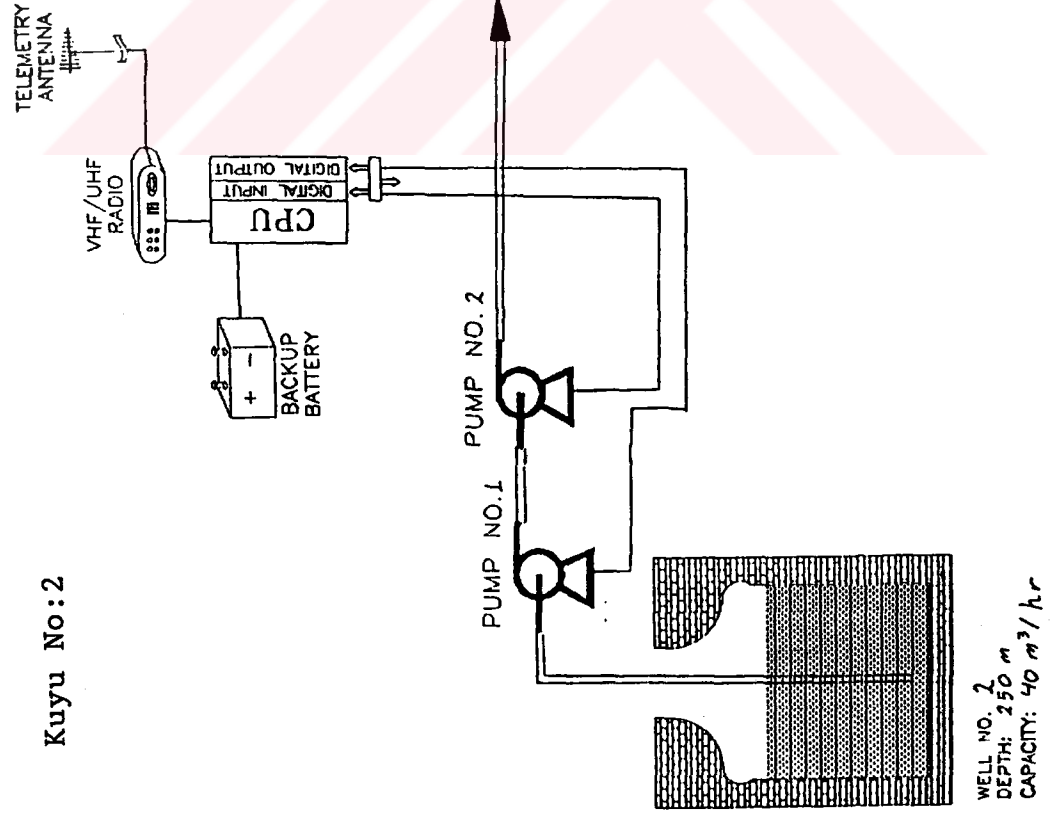


Şekil: 8.4. Basiñ Artirma İstasyonu

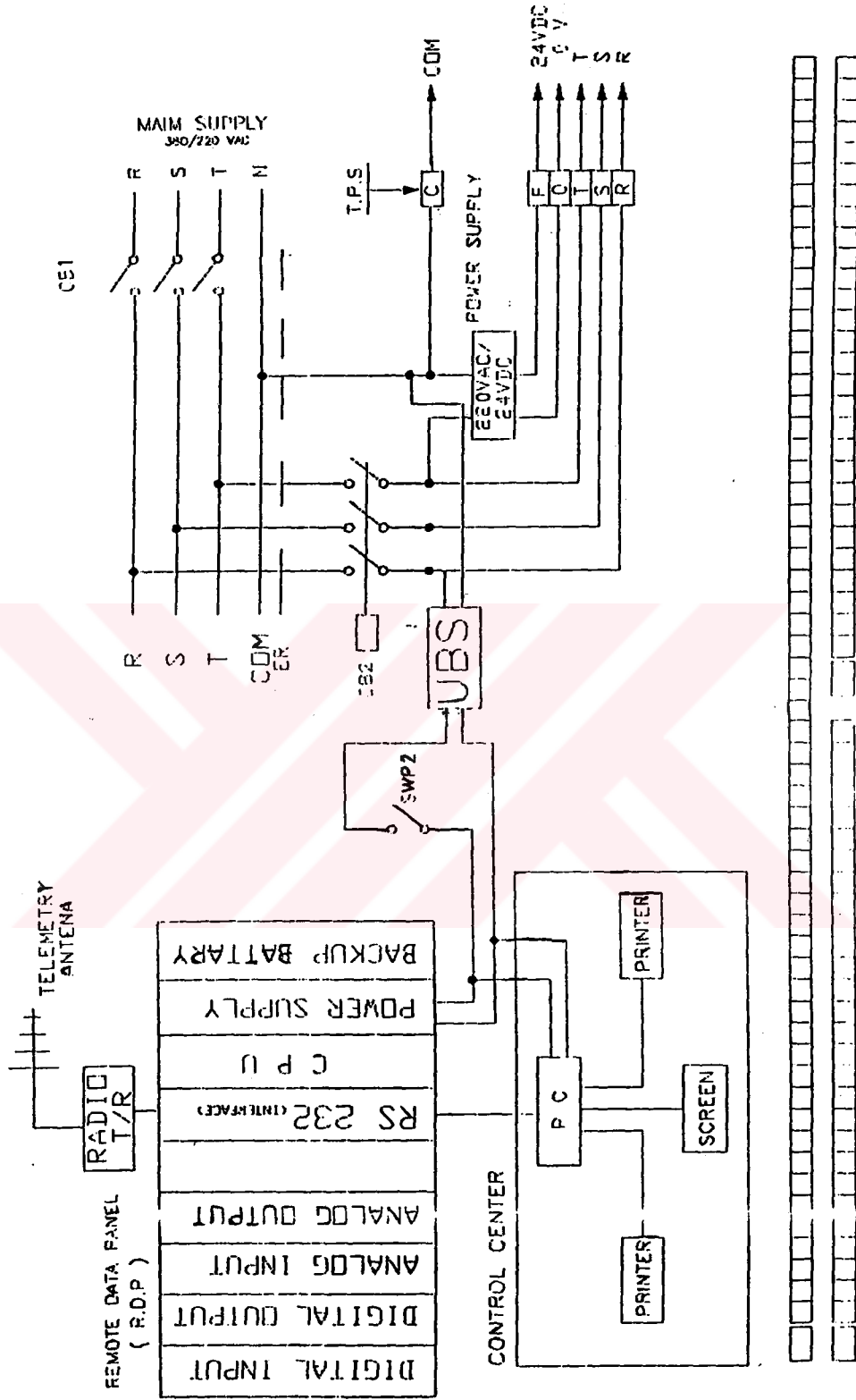
Tank-1 ve Tank-2



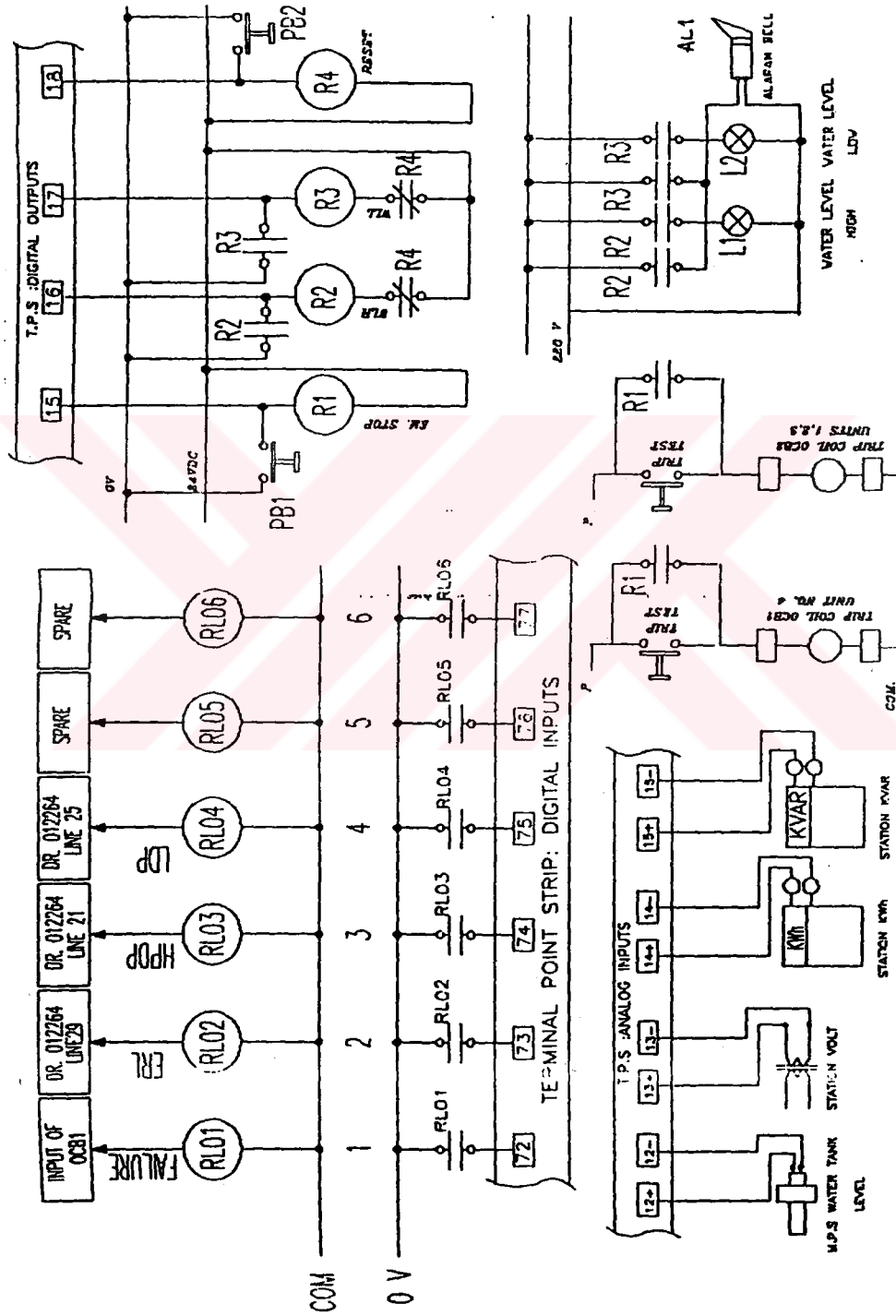
Şekil: 8.5. Depolama Tankları



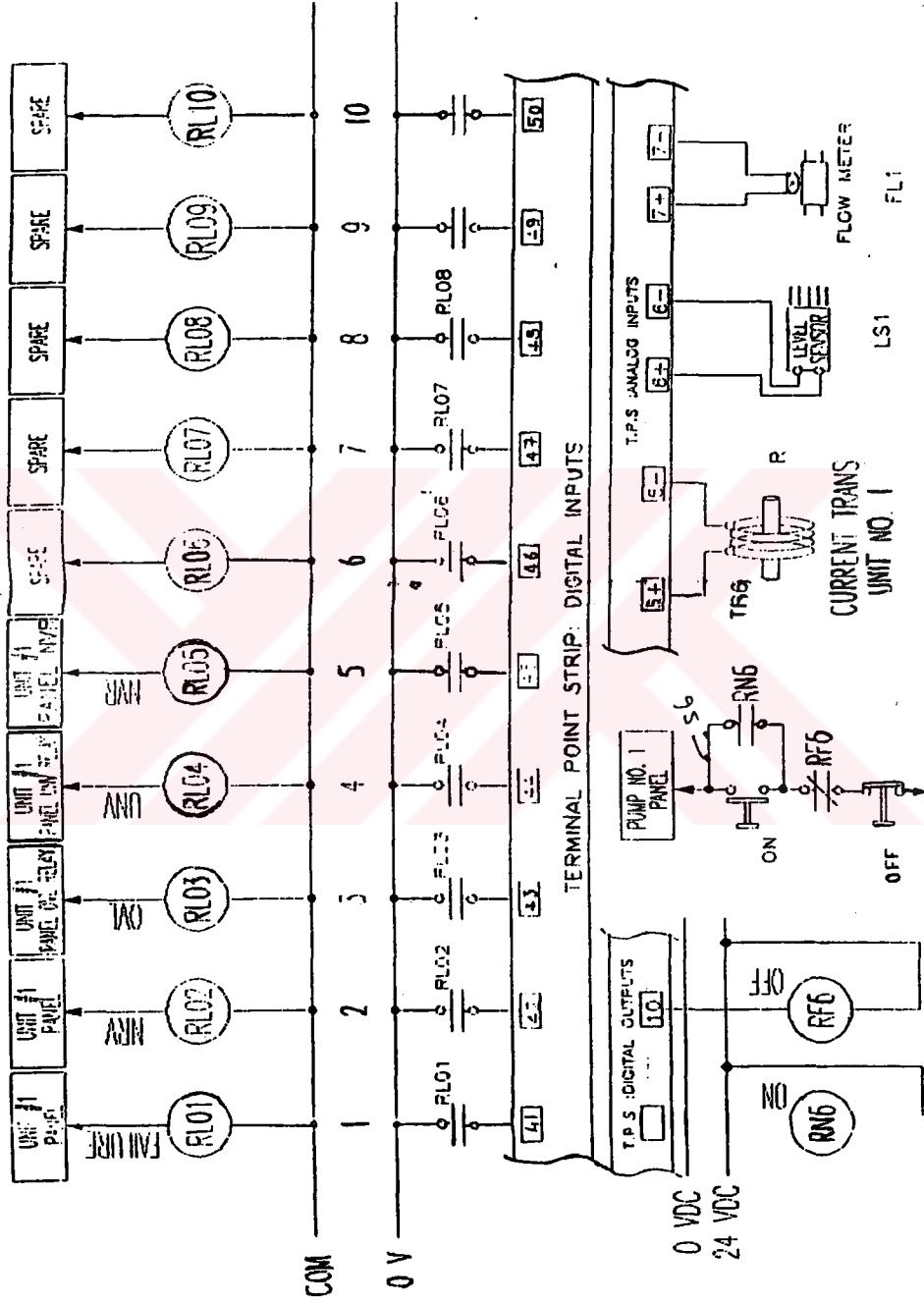
Şekil: 8.6. Kuyular



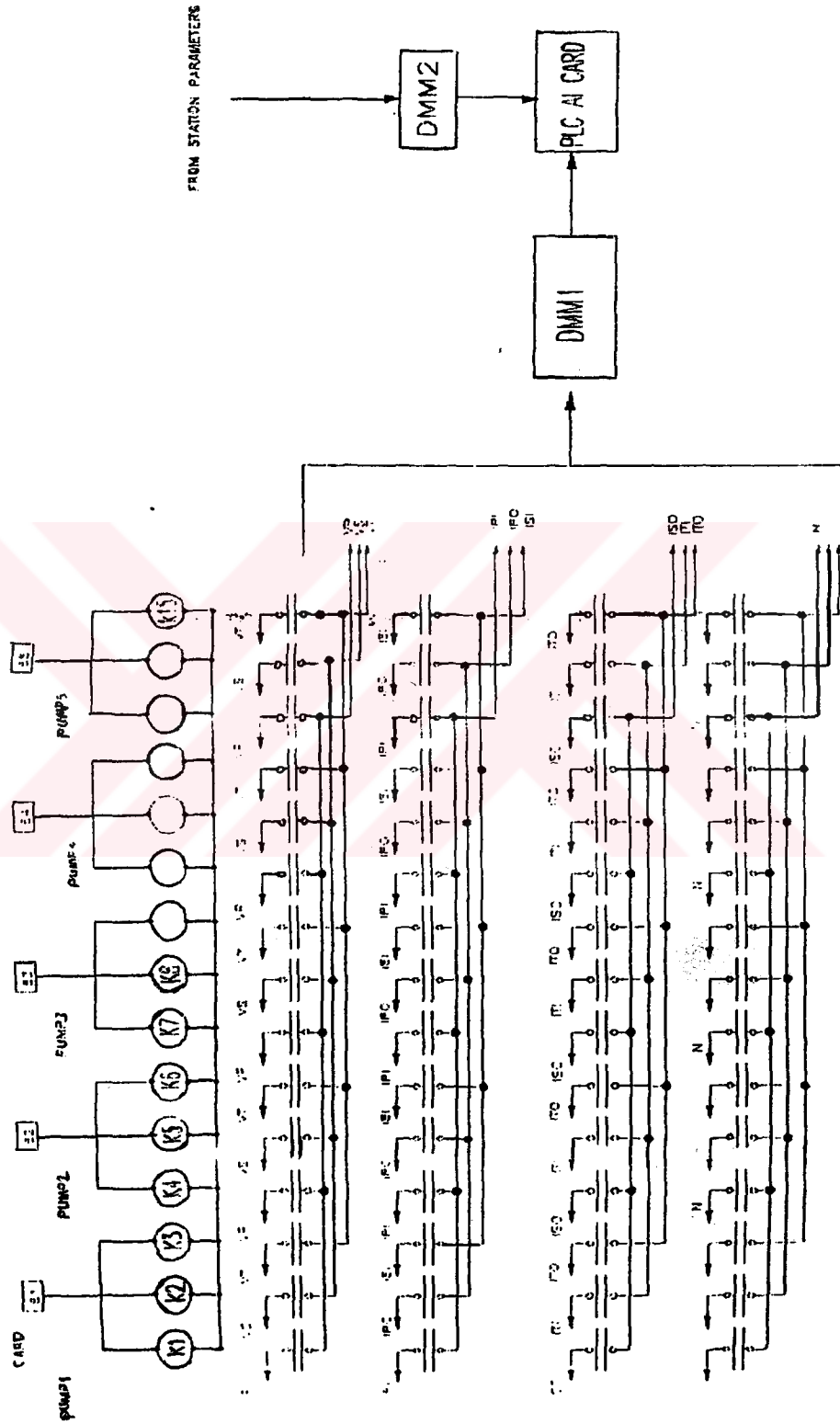
Şekil: 8.7. Ana Pompa İstasyonu Bilgisayar Kontrol Merkezi Ve Güç Bağlantısı



Şekil: 8.8. Ana Pompa İstasyonu Kontrolü



Şekil: 8.9. Ana Pompa İstasyonu Kuyu No: 1 ve Pompa No:1



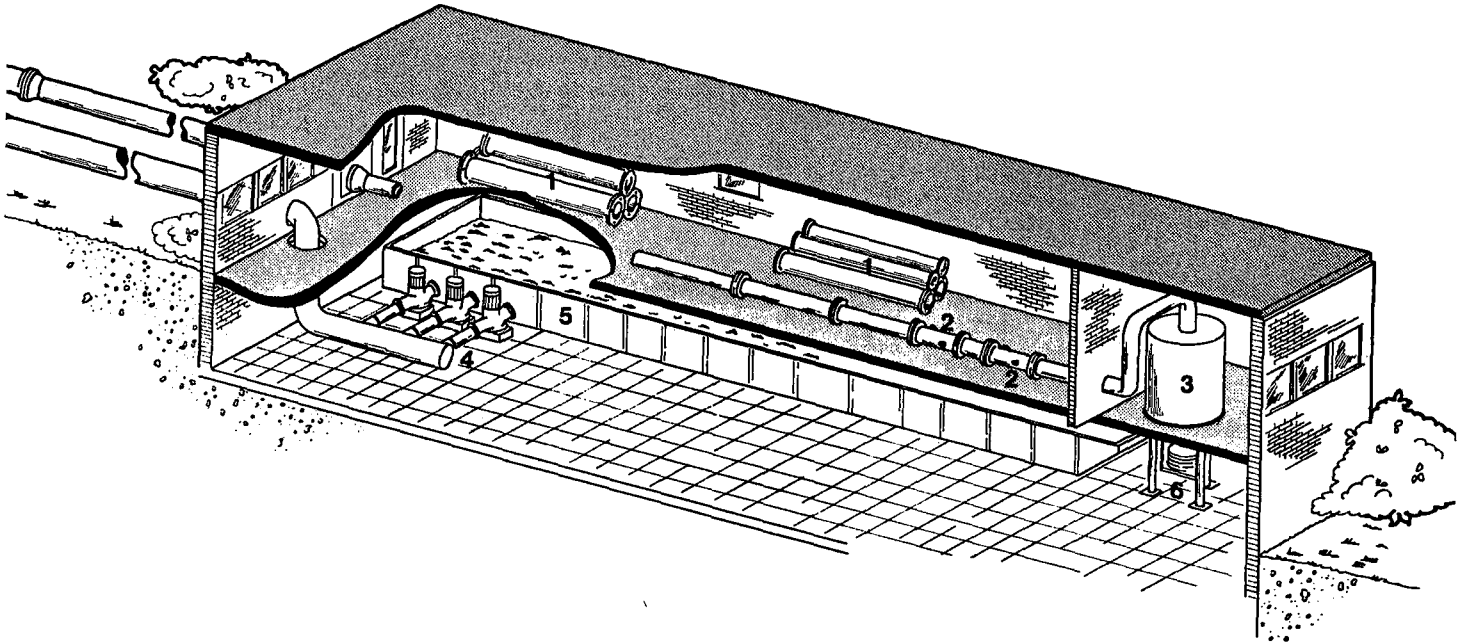
Şekil: 8.10. Basınç Artırma İstasyonu DMM1 ve DMM2 Multiplexer

BÖLÜM 9. AKIŞ LABORATUVARINDA KALİBRASYON İŞLEMİ

Tam ve güvenilir sıvı debi ölçüm cihazları üretimi için firmaların, kullanıcıların istediği birçok şartı yerine getirmeleri gerekmektedir. Bu nedenle DANFOSS firması, araştırma geliştirme laboratuvarına yeni debi ölçüm laboratuvarı ve gelişmiş su test düzeneği kurmuştur [1].

Bina giriş ve bodrum katlarından oluşmakta ve toplam zemin alanı yaklaşık 1000 (m³)'dir. Binanın yarısı akış laboratuvarı idğer yarısı da su laboratuvarı olarak kullanılmaktadır. Binada 1300 (m³/h) kapasiteli ve akışkan olarak su kullanan bir test düzeneği bulunmaktadır.

Birçok tanınmış laboratuvara danışıldıktan sonra dinamik tartı prensibinin kütleler ve su sirkülasyon pompaları ile birlikte kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil: 9.1. Kalibrasyon Laboratuvarı

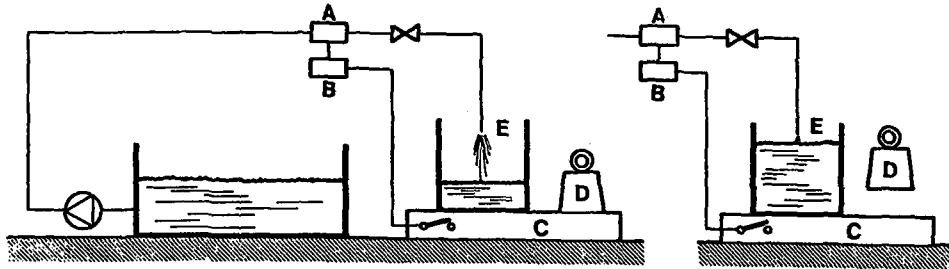
- 1- İstendiğinde kullanılacak çeşitli borular
- 2- Test edilecek debimetreler
- 3-Tartı tankı
- 4- Pompalar ve çıkış kısmı
- 5- Su deposu
- 6- Ağırlıklar

9.1. Dinamik Tartı Prensibi

Tartı cihazı üzerine bir tank ve "m" kütlesinden oluşan bir ağırlık yerleştirilmiştir. Debi ölçer, tanka giren su miktarını ölçen bir toplayıcı (totalizer) yardımı ile kalibre edilir.

Toplayıcı çalışmaya başladıktan kısa bir süre sonra tartı cihazı üzerindeki ağırlıklar kaldırılır.

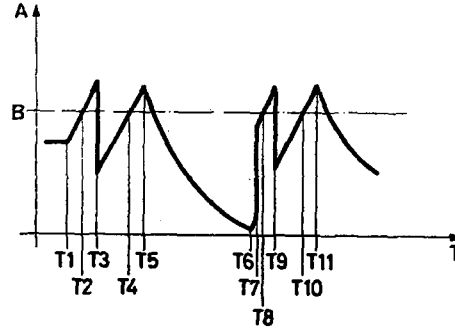
Tartı cihazı, toplayıcı çalışmaya başladığı değer (tetik değeri) aynısını kaydettiğinden, toplayıcının çalışması durur. Toplama periyodu (totalizing period) süresince tanka gelen su miktarı "m" kütlesinin ağırlığına karşılık gelir. Debimetre doğru olarak kalibre edilmiş ise toplayıcının kaydettiği değer ile "m" ağırlığına karşılık gelen toplam su miktarı aynı olmalıdır.



Şekil: 9.2. Dinamik Tartı Prensibinin Uygulandığı Düzenek

A: Kalibre edilen debimetre
B: Toplayıcı (totalizer)
c: Tartı cihazı

D: Ağırlık
E: Tartı tankı



Şekil: 9.3. Bir Ölçüm İşlemi Boyunca İzlenen Sıra

- T1 : Tankın altındaki valf kapanır ve tartı tankındaki su yükselir.
- T2 : İlk tetik değerine (trigger level) ulaşır ve totalizer çalışmaya başlar.
- T3 : Ağırlık kaldırılır yük hücrelerinin ölçtüğü değer azalır (Load cells relieved), su yükselmeye devam eder.
- T4 : Tetik değerine ikinci kez ulaşır ve totalizer durur.
- T5 : Alt vana açılır ve su tartı, tankından depoya akar
- T6 : Alt vana kapanır
- T7 : Ağırlık indirilir ve yeni ölçüm başlar
- B: Tetiklemenin olduğu düzey
- A: Tank içindeki su ağırlığı

9.2. Test Düzenekinin Yapısı

100 (m³) lük su deposu bodrum katta bulunmaktadır. Deney bölümünün büyük kısmı giriş katında, küçük bir bölümü dışarıda bulunmaktadır.

Deney bölgesinde gürültü (noise disturbance) oluşturmaması için, tartı tankı, ayrı bir odaya konulmuştur.

Tüm alan boyunca kullanılmak üzere 1000 (kg)'lık bir vinç bulunmaktadır. Test düzeneği bir kontrol odasından kontrol edilir; ölçme sinyalleri bir bilgisayar tarafından toplanır ve işlenir.

A: Toplayıcı (totalizer)	J: Karşı basınç (counter-
B: Tartı kuvvetlendiricisi+kontrol lojiği	pressure)valfi
C: Arayüz (interface)ekipmanı	K: Tankın en altındaki Valf
D: Akım kaynağı	L: Basıncılı hava
E: Geçiş alanı	M: Ağırlık
F: Kontrol paneli	N: Yük hücreleri (load cell)
G: Bilgisayar	O: Hidrolik kaldırma ünit.
H: Bilgi saklayıcı (Data store)	P: Bypass valfleri
I: Yazıcı	Q: Esas (master) debimetre
	R: Test edilen debimetre

Pompalar suyu 600 (mm) çaplı borularda binanın dışına basar, deney bölümünün uzunluğu 44(m)'dir. Bunun 24(m) lik bölümü içindedir. Bu düzenek sonucu ölçme borusu çapının (400 mm) 100 katı uzunluğunda bir mesafe boyunca düzenli(disturbance-free) bir akım girişi sağlanır.

Deney bölümü tartı tankı odası duvarında biter. Son bağlantı, test cihazlarının bağlantısını olanaklı kılmak için teleskopiktir.

Deney bölümünden çıkışta tartı tankının üstünde uzaktan kontrollü bir karşı basınç valfi vardır. Tartı, tankı paslanmaz çelik, silindirik, 2.4(m) çaplı, 2.5(m) yüksekliğinde ve 11(m³) hacmindedir.

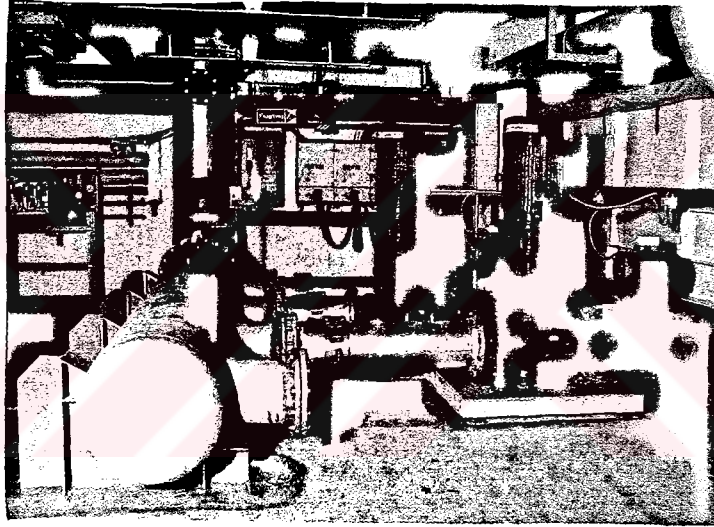
Tartı tankı üç adet yük hücresi üzerine monte edilmiştir ve bu hücrelerin herbiri yerden belli yükseklikteki sütunlar üzerindedir.

Tartı tankının altında herbiri 500 (kg) kütleli, 8 adet ağırlığın bulunduğu bir bölüm vardır. Bu yükler bir hidrolik ünite ile gruplar halinde veya teker teker artırılıp azaltılabilir.

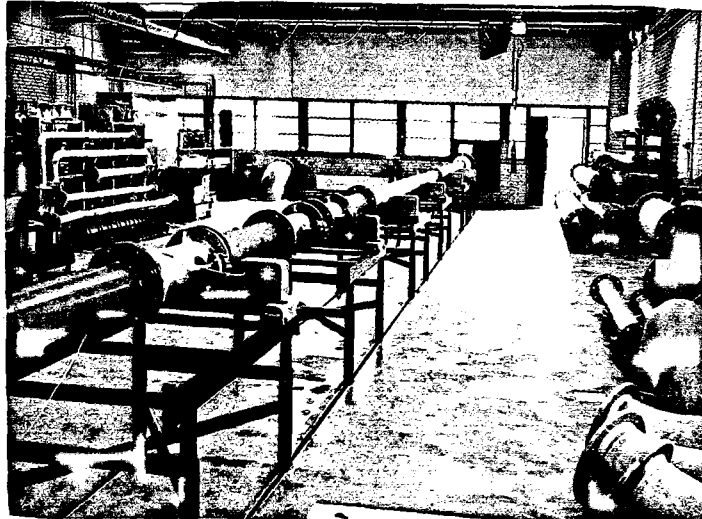
Tankı boşaltmak için tankın altında basınçlı hava ile çalışan bir valf bulunmaktadır. Çıkıştaki sudan hava kabarcıkları iki filtre (inclined wire mesh filters) yardımı ile tutulur.

Düşük debi durumunda bile pompa çalışmasını kararlı yapmak için pompa çıkışından su deposuna bir by-pass hattı monte edilmiştir.

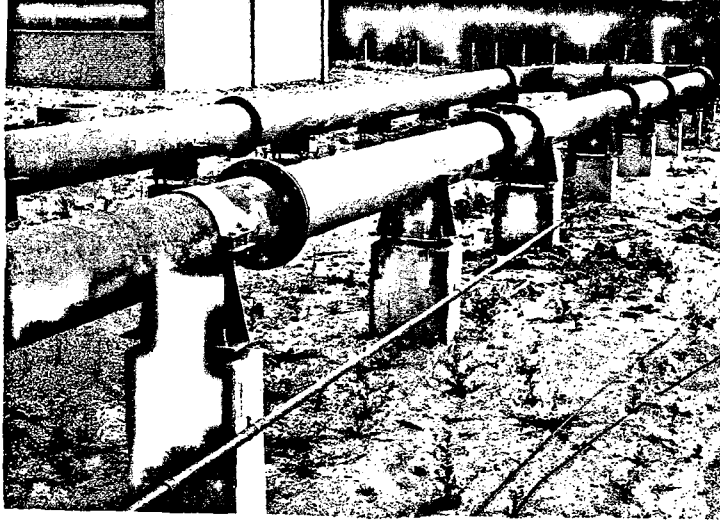
Uzaktan kumandalı valfler kullanılarak, by-pass miktarı istenildiği şekilde kontrol odasından düzenlenebilir.



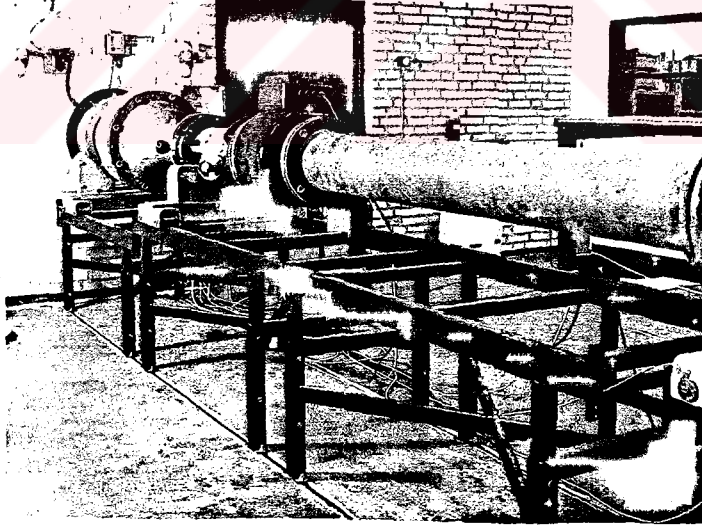
Şekil: 9.5. Sirkülasyon Pompaları ve 600 mm Çaplı Çıkış



Şekil: 9.6. Deney Düzenineğinin Bina İçindeki Kısmı



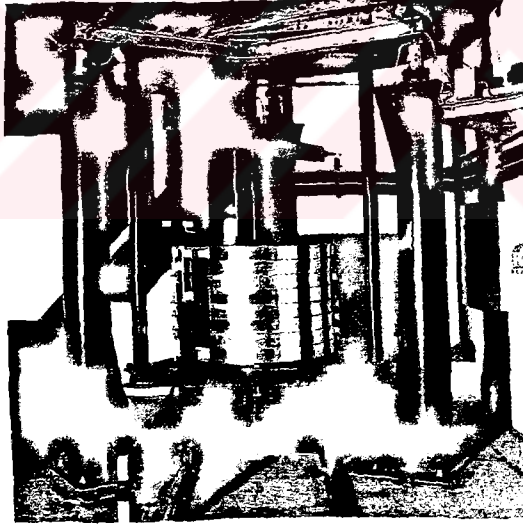
Şekil: 9.7. Deney Düzenneğinin Bina Dışındaki Kısmı



Şekil:9.8. Teleskopik Bağlantı ve Kalibrasyonu Yapılan Manyetik Debimetreler.



Şekil: 9.9. Çıkış Kısımında Yer Alan Karşı Basınç Valfi Ve Tartı Tankı



Şekil: 9.10. Yük Hücreleri, tartı ve Kaldırma Ünitesi

9.3. Test Düzeneginin Kontrolü

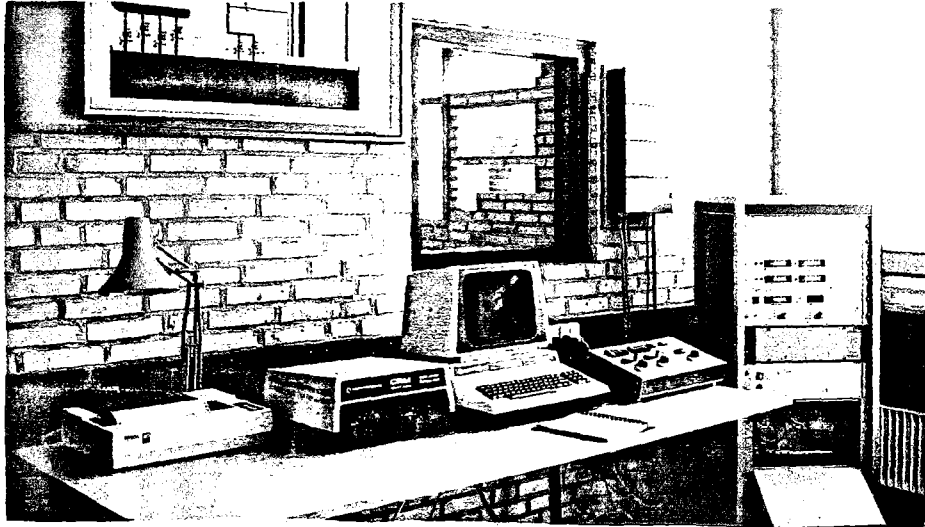
Test ünitesinden gelen bilgilerin toplandığı ve işlendiği kontrol odasından, test düzeneginin kontrolü yapılır. Elektrik ve elektronik kontrol ve toplama devreleri bir dolabın içine (19" rack) yerleştirilmiştir.

Test düzeneği ayrı bir panelden kontrol edilir. Kontrol donatımı arayüz bir bilgisayar, bir bilgi saklayıcı (data store) ve bir yazıcıdan oluşur.

Kontrol panelinden elle kontrol (manual) veya bilgisayar kontrolü seçimi yapılır. Elle kontrol durumunda operatör, paneli (F) kullanarak pompaları çalıştırabilir veya kapatabilir, su hızını düzenleyebilir, by-pass yapabilir, valfleri açabilir veya kapatabilir.

Operatör hatasına karşı bir önlem olarak, aşırı yüklenme (override) kontrolü başlangıç durumunda pompanın ve valfin çalışmasının kesin ön şartlarını sağlayarak, belirli bir sıra ile yapılmasını garanti eder.

Bilgisayar kontrolü durumunda tüm işlemler verilen bilgisayar programına göre yapılır. Kontrol odasındaki ışıklı gösterge pompaların ve valflerin durumunu ve su haznesindeki seviyeyi gösterir.



Şekil: 9.11. Kontrol Odası

9.3.1. Bilgi Toplama Ve İşleme

Test düzeneğinin deneysel kısımlarının tüm noktalarından test ünitesine bağlantılar vardır. Bu noktalardan kablolar kontrol odasına gider ve kontrol sinyalleri gerekli işlemleri yapmak için istenen yerlere ulaşır.

İki pozisyonlu ve pozisyonu sonsuz şekilde değiştirebilen (infinitely variable) valflerden gelen pozisyon göstergelerinden, yük hücrelerinden, su sıcaklığını ölçen sıcaklık transmitterlerinden ve sürekli olarak su yoğunluğunu ölçen yoğunluk transmitterlerinden gelen sinyaller kontrol odasına giderler.

Operatör, kontrol odasındaki dolapta bulunan bir göstergeden (data display) anlık ölçümleri ve sinyal değerlerini okuyabilir.

Deneylerde debimetreler su hızını ölçtüklerinden ve test prensibi belli bir süre içinde toplanan su miktarının belirlenmesi üzerine kurulduğundan, değerler sürekli olarak toplanmalıdır. Bu amaçla çok hassas ölçüm yapan toptoplayıcılar (precision totalizer) kontrol dolabı içine yerleştirilmiştir. Bu toptoplayıcılar debi ölçümü yapan cihazın bir geçiş ünitesi (cross field) ile bağlıdır.

Bilgisayar kullanılarak ölçüm değerlerinin istatistiksel olarak işlenmesi ve sonuçların kağıda dökülmesi mümkündür.

9.3.2. Ölçüm Hassasiyeti

Ölçme prensibi ağırlıkların, kalibrasyonu yapılan debi ölçerden geçen su miktarının ağırlığı ile karşılaştırılmasına dayandığından, ağırlıkların kütlelerinin çok hassas olarak bilinmesi gerekir. Bu nedenle ağırlıklar DANTEST Enstitüsünde (National Institute for Testing and Adjustment) test edilmiş ve 715 (g) hassasiyetle

yaklaşık 500 (kg)'lık kütleler belirlenmiştir. Bunun anlamıda yaklaşık $\pm 0,003$ hassasiyettir.

Diğer faktörlerinde ölçme hassasiyetine etkisi vardır. Bütün bunlar dikkate alındığında test düzeneğinin hatası $\pm 0,2$ den daha azdır.

Not: DANFOSS firmasının Nordborg (Danimarka) kalibrasyon laboratuvarında ultrasonik debimetre SONO 2100 cihazı için yapılan kalibrasyon işlemine ait veriler, deney sonucu ve grafik gösterimine ait bilgisayar çıkışı ekler bölümünde verilmiştir. Ayrıca bu bölümde geniş bir şekilde anlatılan deney düzeneğine ait şematik çizimlere de yer verilmiştir.

Bu test ünitesinde aynı anda iki debi ölçerin kalibrasyonu yapılabilir. Kalibrasyonu yapılan her cihaz için bir sertifika düzenlenmektedir.

9.4. Debimetrelerin Hassasiyeti

DANFOSS şu tip debimetreleri üretmektedir; elektromagnetik (Magflo), ultrasonik (Sonoflo), coriolis kütleli debi ölçüm cihazı (Massflo) ve vorteks (Vorflo). Debi ölçümü birçok prosesin gerekli kısımlarından biridir bu nedenle büyük bir hassasiyet ile ölçüm yapılmalıdır.

9.4.1. Hassasiyet=1- Hassasiyetsizlik

Genellikle bir debimetresinin hassasiyetinden söz edildiğinde gerçekte onun hassasiyetsizliğinden söz edilmiş olur. Hassasiyet ve hassasiyetsizlik birbirini tamamlar yani birbirine bağlı kavramlardır. Bundan sonra hassasiyet ile ölçümdeki belirsizliği yani gerçek değer ile ölçüm sonucu arasındaki sapmayı tanımlayacağız.

Çok az da olsa bir hassasiyetsizlik kaçınılmaz olduğundan, bunun miktarını bilmek önemlidir. Böylece bir

ölçüm cihazı seçerken hassasiyet değeri önemli bir kriter olur. Cihazın hassasiyeti kesin olarak belirlenmelidir, ya ölçüm değerinin kompensasyonu veya gerçek değer ile ölçüm sonucu arasındaki sapmanın kabul edilebilirliği için bir değerlendirme yapılmalıdır.

Debimetrenin hassasiyeti birçok etkene bağlıdır. Cihazın kullanıldığı tesis, ölçümü yapılan akışkan ve debimetrenin kendisi bu etkenlerden bazılarıdır. Cihaz hassasiyeti bazen subjektif olabilir. Çünkü hassasiyet ifadesi birçok yolla verilebilir; okunan değer, cihazın ölçebileceği max. değer veya özel olarak ayarlanmış değere göre vb.

Debimetreler belirli bir hassasiyet değeri öngörülerek üretilirler. Bu cihazlar belirtilen özelliklerini yerine getirecek şekilde kalibre edilirler. Kalibrasyon; bu cihazların işleyişini pratikte çok hassas belirlenmiş referans değerine sahip kalibrasyon düzeneği kullanılarak test etmek demektir.

Bir örnek ele alalım; bir debimetre %0,25 hassasiyete sahip olarak tanımlansın. Bunun anlamı cihazın ölçüm hassasiyetsizliği max. $\pm$ %0,25 veya ölçümdeki max. belirsizlik + %0,25'dir. Bu bağlı bir değerdir, bir referans gereklidir. Genellikle iki referans değeri vardır;

- Cihazın ölçebileceği max değer: FS0=Full scale output
- Cihazın ölçtüğü gerçek değer, Örneğin cihaz ölçebileceği debinin %20'sine kalibre edilmiş ise ölçtüğü gerçek değerden söz edilirken bu ifade edilmiş olur ve Actual Value diye adlandırılır. R; okunan değerdir (Reading)

Ölçülen büyüklük (measurand) sıvının hacimsel debisi olabilir. q_v (m^3/s)

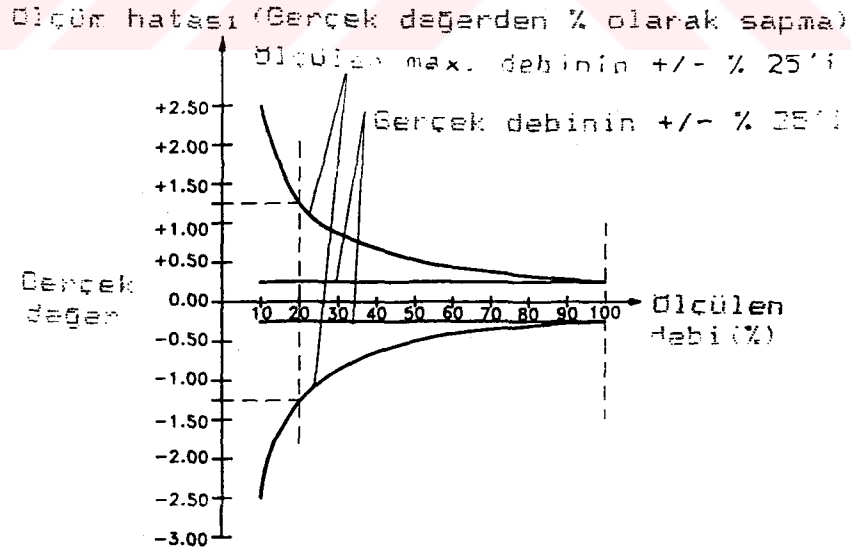
% 100 debi durumunda (boru tam dolu) belirsizlik ay-
nıdır; $\pm 0,25$ FSO ve $\pm 0,25$ R.

Max. debinin %20'sinde, max. ölçüm belirsizliği $\pm 0,25$ FSO (daha önce olduğu gibi) fakat okunan değer $\pm 1,25$ R dir.

Bu nedenle bir debimetrenin hassasiyetini belirler-
ken, referansların göz önüne alınması önemlidir.

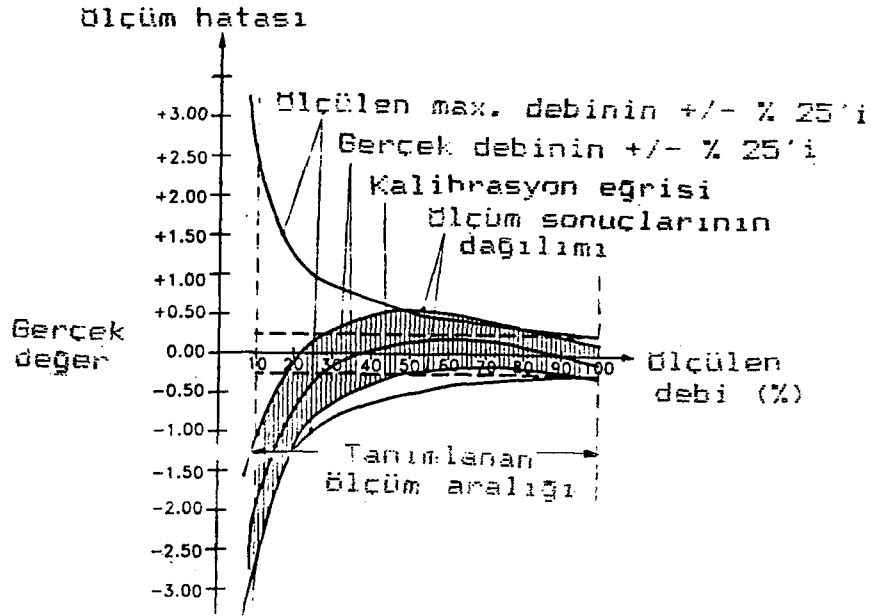
9.4.2. Sistematik Ve Rastlantısal (random) Ölçüm Belir- sizliği

Örneğimizdeki debimetre kalibre edilmiştir. Şekil 9.12'de max. debinin max. $\pm 0,25$ belirsizliği ve gerçek debinin (actual value) $\pm 0,25$ 'nin oluşturduğu iki grup sınırlama eğrisi gösterilmektedir. $\pm 0,25$ hassasiyetli bir debi ölçer için bir kalibrasyon eğrisi de çizilmiştir



Şekil: 9.12. Max. Ve Gerçek (actual) Debi Terimleri İçin Cihazın Hassasiyeti.

Kalibrasyon eğrisi, ölçümü yapılan sıvının belirlen-
miş değeri ile ölçüm sonucundaki değer farkını ifade eder.



Şekil: 9.13. Kalibrasyon Eğrisi ve Sınırlama (limitation) Eğrileri.

Kalibrasyon eğrisindeki farklı noktalar iyi hazırlanmış laboratuvar şartları altında elde edilir, normalde bunlar aynı debi için defalarca tekrarlanmış ölçümlerin değerleridir.

Aynı debi (measurand) için tekrarlanan ölçümler daima gerçek değerden sapan farklı ölçüm değerleri verir. Bu değerler Şekil 9.13'de kalibrasyon eğrisi etrafındaki bandı oluştururlar.

Normalde sonuçların %95'i bandın içinde yer alır ve ölçüm belirsizliğinin bir ifadesidir. Ölçüm sonuçlarındaki bu dağılım rastlantısal hata (random error) olarak isimlendirilir. Bu hata, cihazın aynı debi için tekrarlanan ölçümlerde aynı sonucu vermede ne kadar iyi olduğunu gösterir. Başka bir deyişle cihazın tekrarlanabilirliğini (repeatability) ifade eder.

Kalibrasyon eğrisi debimetrenin sistematik hatasını temsil eder. Bu hata tekrarlanan pekçok ölçümde sabit

olarak kalır ve bu değer bilinirse cihazı ayarlayarak veya kalibrasyon faktörünü düzelterek yok edilir.

Şekil 9.13 aynı zamanda aşağıda ele alınan $\pm 0,25$ olarak belirlenmiş hassasiyeti de gösterir.

Cihaz ölçümünün sistematik hatası; %30-100 debi değerleri aralığında gerçek debinin (actual flow) $\pm 0,25$ 'i ve %10-100 aralığında max. debinin $\pm 0,25$ 'i sınırları arasındadır.

Bununla birlikte max. debinin yaklaşık olarak %80' ninden az debilerde, ölçümün rastlantısal hatasının (random error) belirli bir kısmı, max. debinin $\pm 0,25$ sınırlarının dışında kalır.

Cihazın ölçüm değerinin toplam hassasiyetsizliği, rastlantısal ve sistematik hataların her ikisini de içerdiğinden, cihaz sadece %80-100 debi değerleri için belirlenmiş hassasiyet ile ölçüm yapacaktır. Ancak %80-100 debi değerlerinin dışında bazı ölçüm sonuçlarının $\pm 0,25$ hata sınırının dışında bulunma riski vardır.

Gerçekte, kalibrasyon donanımının ölçüm hatası da ölçüm belirsizliğine eklenmelidir ve bunun için değerde olmasına dikkat edilmelidir. Dünyanın en iyi laboratuvarları ölçüm sonuçlarını karşılaştırırlar ve standartlardan $\pm 0,1$ 'lik sapmayı belirlerler.

9.4.3. Kalibrasyon Ve Pratik Uygulama

Şekil 9.13'de gösterilen kalibrasyon eğrisi, bir kalibrasyon laboratuvarında iyi hazırlanmış şartlarda kaydedilmiştir ve bu sonuçlar bu şartlar için ve kalibrasyonun yapıldığı an için geçerlidir.

Bu durumda kullanıcı cihazı kendi uygulamasına monte ettiğinde ne olacaktır? Cihaz yerleştirildiğinde

kalibrasyon ile gerçeklik arasındaki uyum sadece hassasiyete bağlı olmaz, aynı zamanda dış şartlara da bağlı olur. Şunların kullanıcı tarafından bilinmesi gereklidir;

- Cihaz gerçekte hangi şartlarda çalışacak
- Gerçek şartların cihaz işleyişine etkisi
- Cihazın kalibre edildiği koşullar

9.4.4. Terminoloji Ve Semboller

Debi ölçümü, sadece kullanılan kalibrasyon yöntemlerini değil aynı zamanda debimetrelerin işleyişi ve hassasiyetini tanımlamada kullanılan terminolojinin kararlılığını da gerektirir. Bu uygulamalar, kütle ve uzunluk gibi standart ölçümlerden çok hacim gibi türetilmiş ölçümlerde kullanılır. Kalibrasyon enstitüleri ve üretici firmalar genel karşılaştırma tablolarına sahiptirler, bu nedenle iyi bir iletişim sağlanabilmesi için genel tanımlamaların olması gereklidir.

Aşağıdaki 4 organizasyon "International vocabulary of basic and general terms in metrology" adı altında bir terminoloji listesi ve tanımlamalarını yayınlamışlardır;

- IBWM (International Bureau of Weights and Measures)
- IEC (international Electrotechnical Commission)
- ISO (International Standards Organization)
- IOLM (International Organization of Legal Metrology)

Aynı zamanda bir ISO standardı vardır; ISO 4006 "Kapalı kanallarda (boru vs.) debi ölçümü-Kelime ve Semboller".

Danfoss firması, Nordborg (Danimarka) ve İngiltere'de kalibrasyon düzeneklerine sahiptir. Debimetreler iyi belirlenmiş koşullar altında kalibre edilirler ve ölçüm hassasiyetleri kaydedilir.

Bu kalibrasyon düzenekleri, bunların karakteristiklerinin diğer kalibrasyon donanımları ile karşılaştırılması sonucu sürekli olarak kontrol edilirler.

9.4.5. Coriolis Prensibine Dayanan Ayrı Özellikteki 7 Kütlesel Debimetre İle Yapılan Testlerin Sonuçları

Bu testler G. Cignolo İtalyan Ölçme Enstitüsünde (Istituto di Metrologia-IMGC) yapılmıştır. Farklı firmalar tarafından üretilen debimetrelerin test işleminde akışkan olarak su kullanılmıştır.

IMGC tarafından yapılan değerlendirme:

- 1- Oda sıcaklığında su akması durumunda tüm CMF'ler (Coriolis Mass Flowmeters) çok iyi ölçüm performansı göstermişlerdir.
- 2- Bu test işleminde debimetreler çok hassas olarak monte edilmiş ve kalibrasyonları dikkatle yapılmıştır.
- 3- Sıvı içinde hava bulunması (Air Insufflation) durumunda yapılan test CMF'lerin gaz-sıvı akışına çoğu kez uygun olmadıklarını göstermiştir. Hassasiyet, sıvı akış durumuna göre çok azdır.

Test sonuçlarına göre değerlendirme;

- 1-(B) ve (E) debimetrelerinin ölçüm hassasiyeti belirlenen sınırlar içindedir ve birbirine yakındır.

(B)'nin tekrarlanabilirliği (repeatability) test ölçüm içinde biraz değişmektedir. (E) dışındaki tüm cihazlar büyük sapmalar göstermektedir ve belirlenen hassasiyetin dışındadırlar.

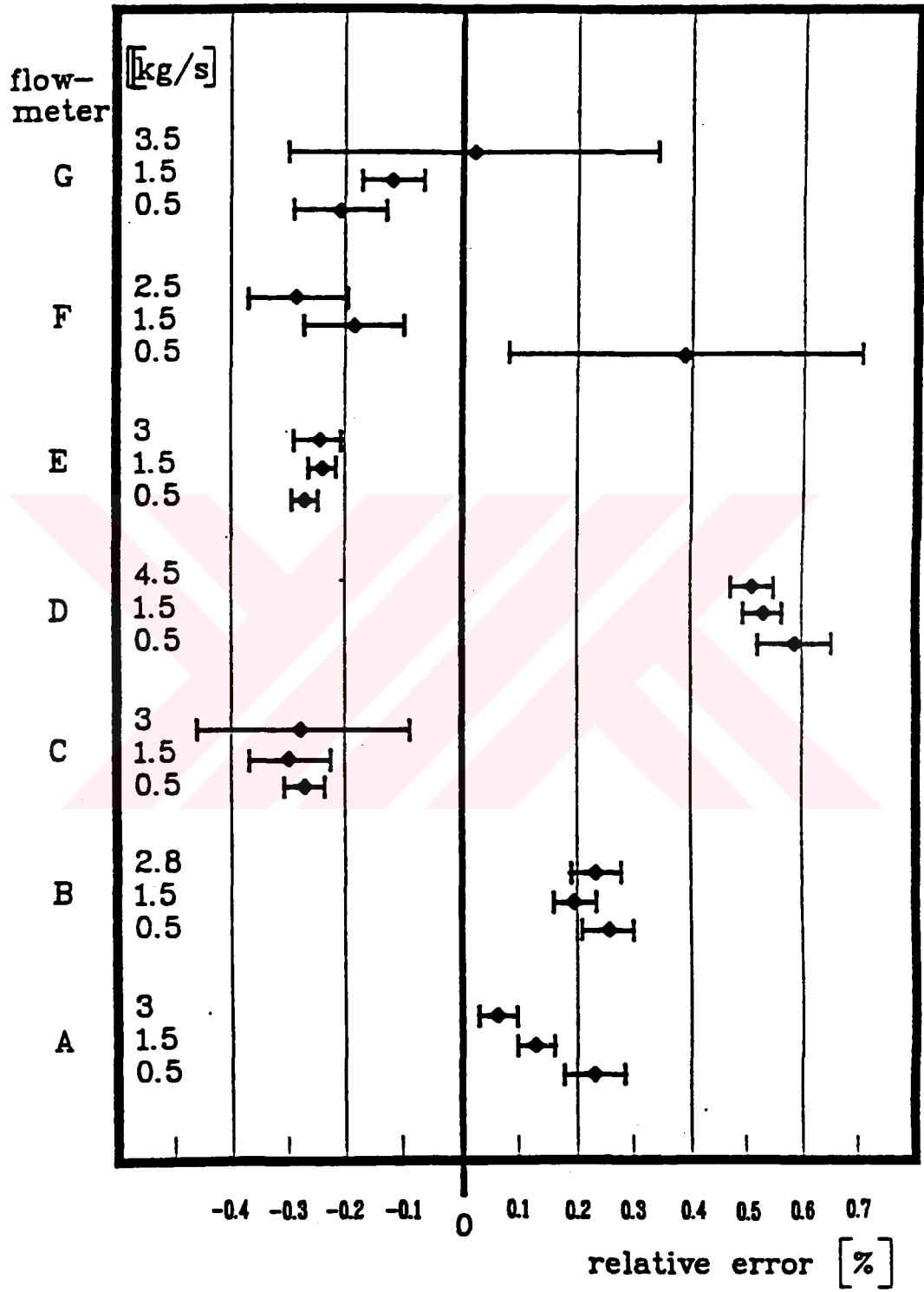
- 2- Su içinde %1'e kadar hava bulunması durumunda (B) en az etkilenen debimetre olmaktadır. Su ile aynı viskoziteye sahip sıvılarda hacimsel olarak %1'den fazla hava bulunması durumunda büyük ölçüm hataları oluşabileceğinden CMF'ler kullanılmamalıdır.

3- En az basınç kaybı (D) cihazında olmaktadır. Ancak (D) cihazının ölçme aralığı (çapı DN 25) diğerlerinden daha büyüktür.

9.4.5.1. Kütlesel Debimetrelerin Hassasiyeti Ve Tekrarlanabilirlikleri

Üretici firmaların verdikleri kalibrasyon sabitleri kullanılarak belirli debi aralıklarında IMGC test düzeneğinde Şekil 9.14'de gösterilen hassasiyet (accuracy) ve tekrarlanabilirlik (repeatability) elde edilmiştir.

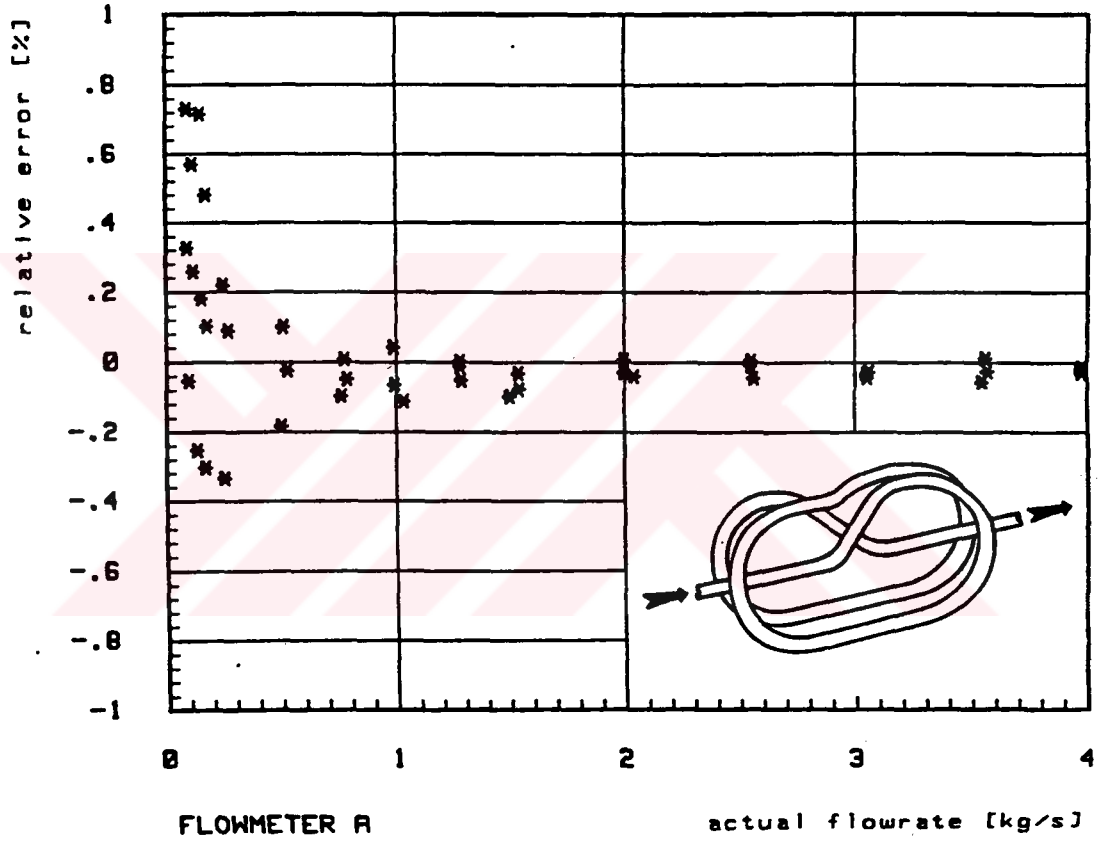




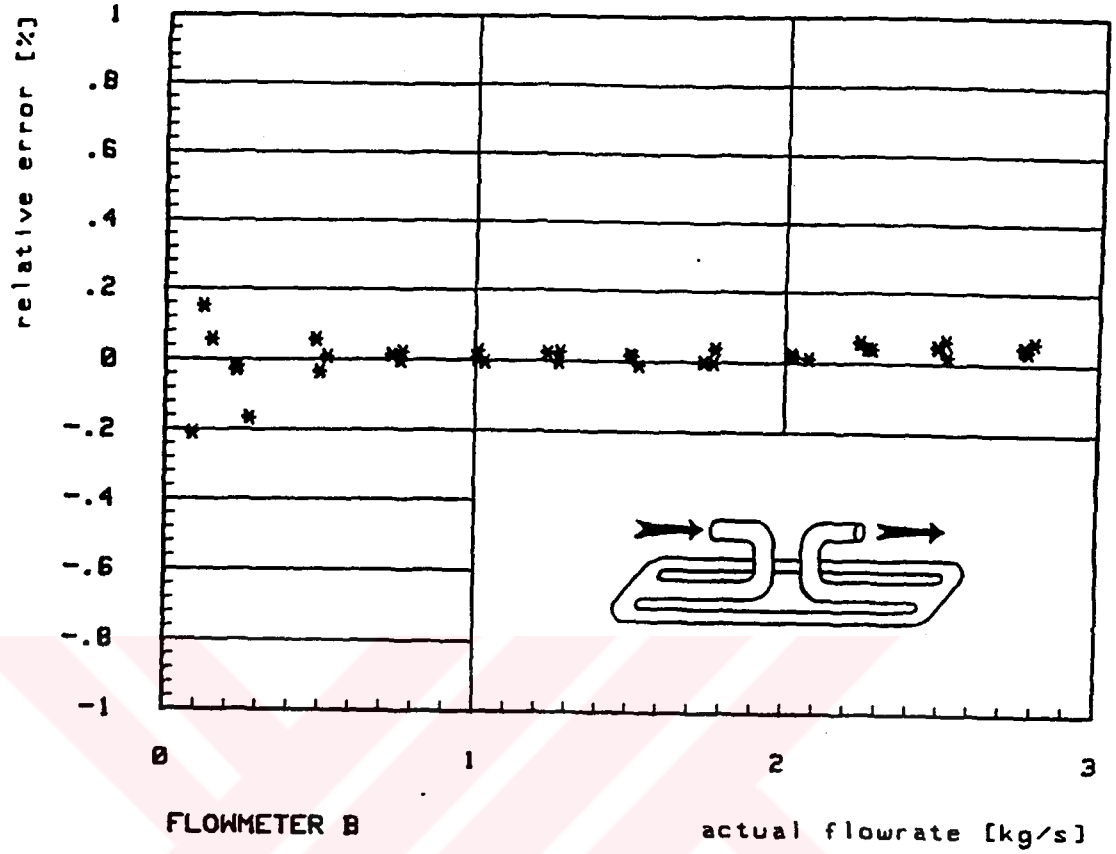
Şekil: 9.14. CMF'lerin Hassasiyet Ve Tekrarlanabilirlikleri

9.4.5.2. Test Edilen Herbir Kütlesel Debimetreye Ait Hassasiyet Eğrileri

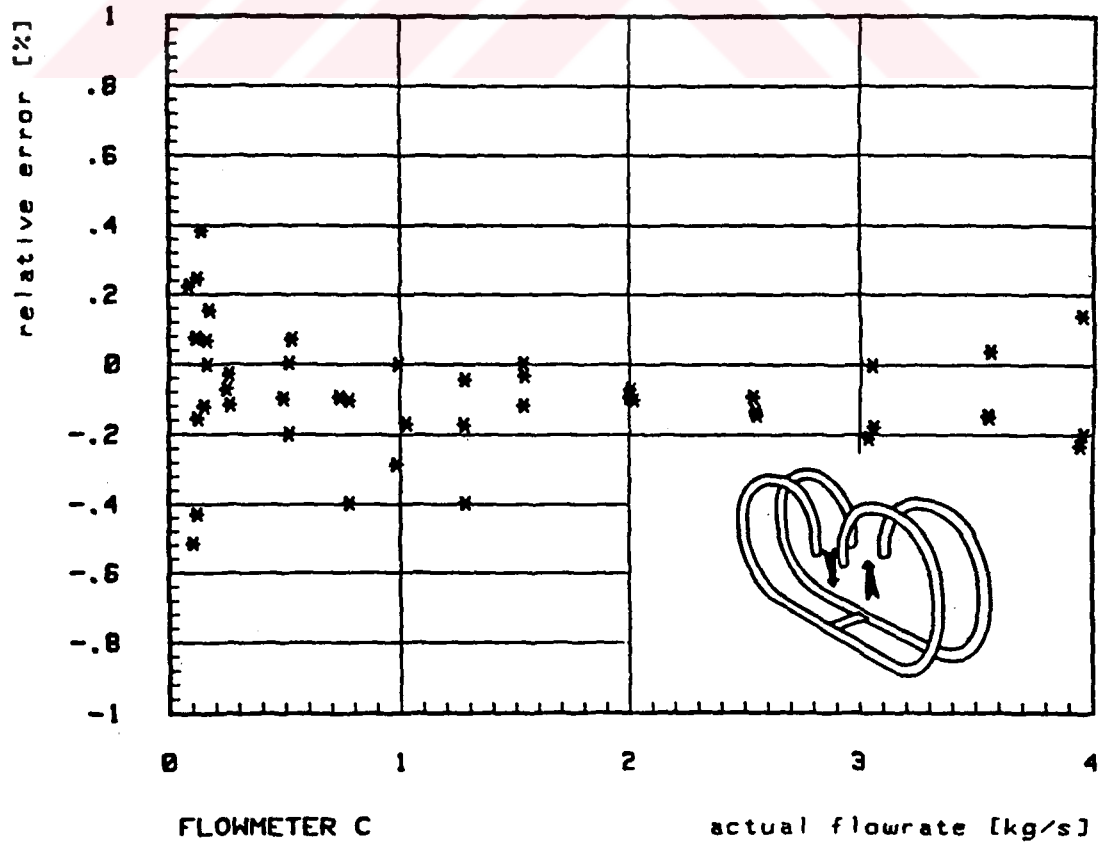
Bu eğriler test edilen herbir debimetre için mutlak hassasiyet ve tekrarlanabilirliği gösterir.



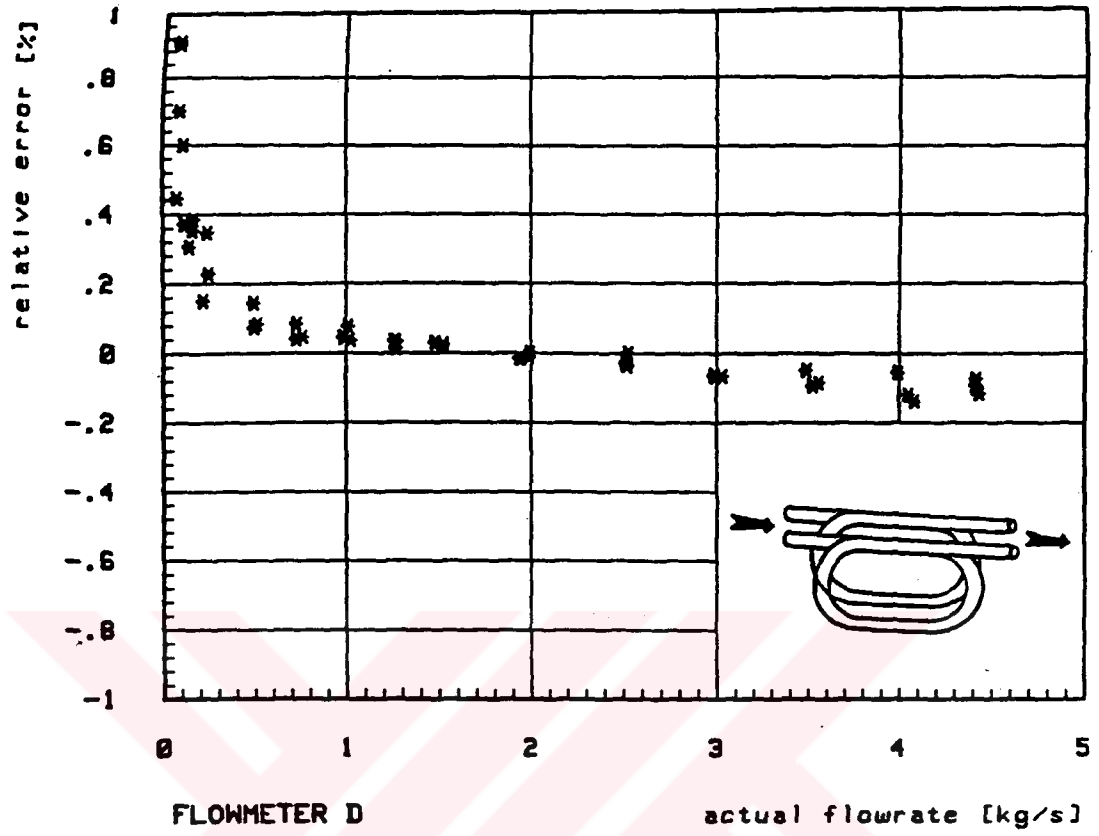
Şekil: 9.15.A Debimetresine Ait Bağlı Hata Eğrisi



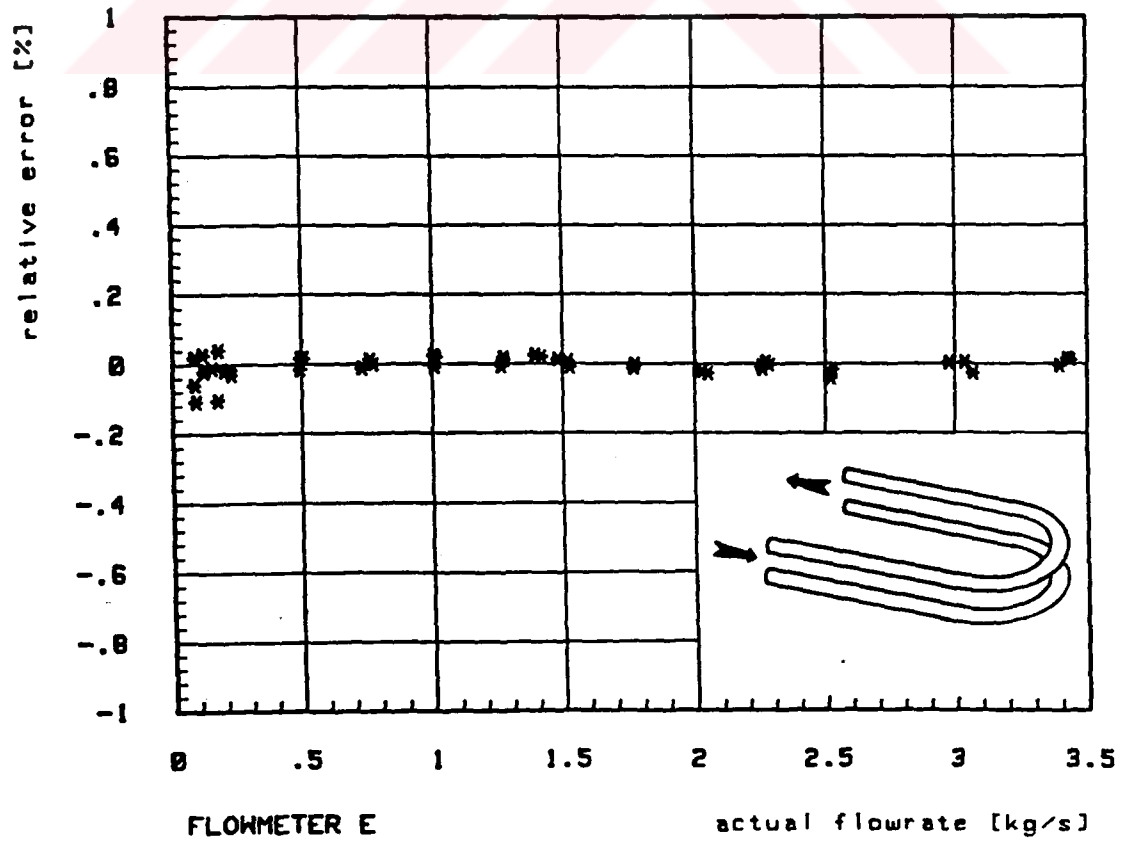
Şekil: 9.16. B Debimetresine Ait Bağlı Hata Eğrisi



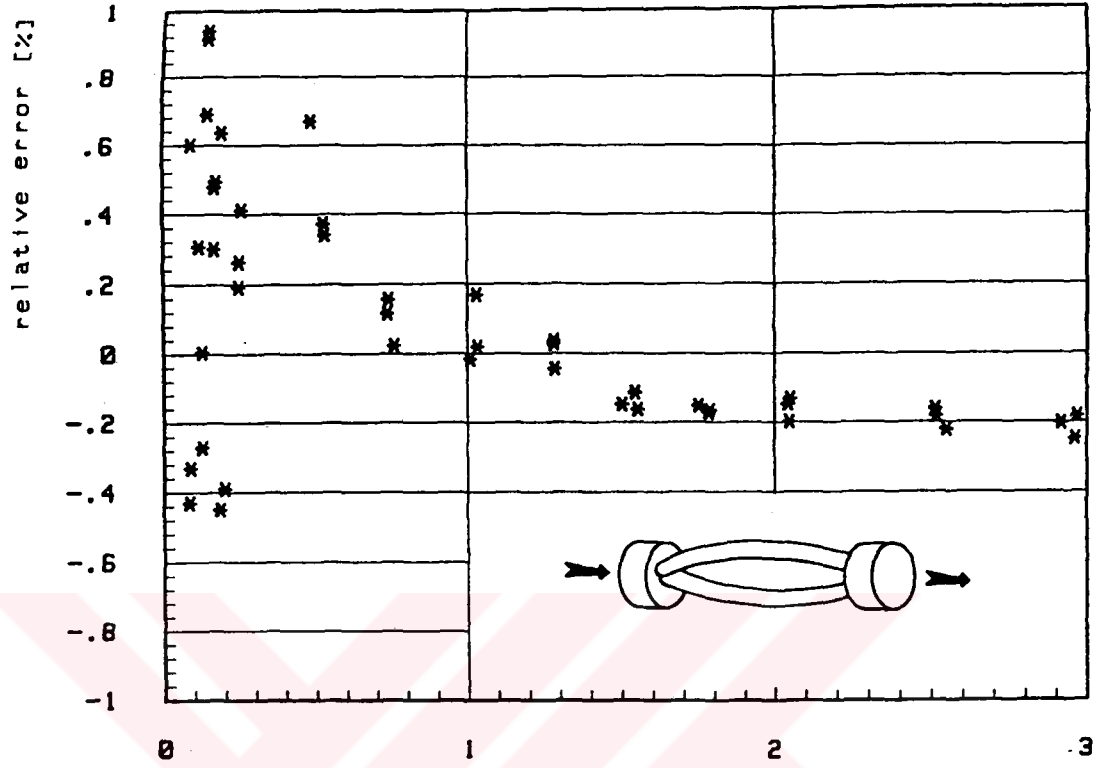
Şekil: 9.17. C Debimetresine Ait Bağlı Hata Eğrisi



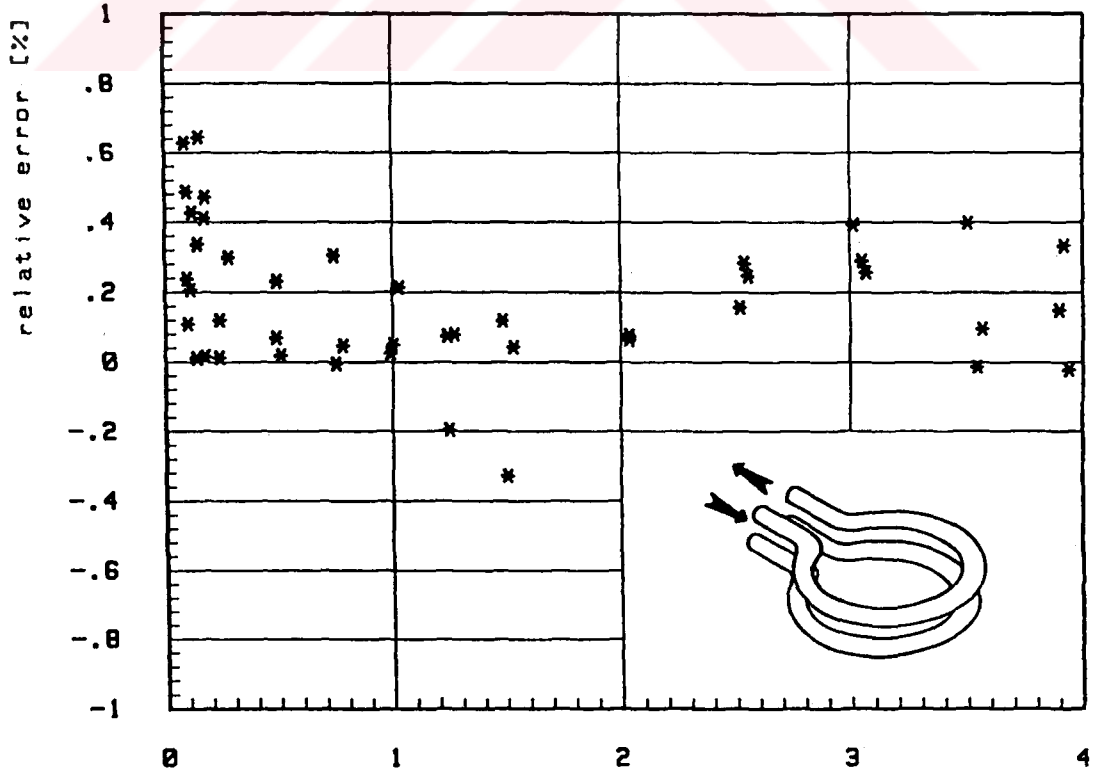
Şekil: 9.18. D Debimetresine Ait Bağlı Hata Eğrisi



Şekil: 9.19. E Debimetresine Ait Bağlı Hata Eğrisi



Şekil: 9.20. F Debimetresine Ait Bağlı Hata Eğrisi



Şekil: 9.21. G Debimetresine Ait Bağlı Hata Eğrisi

9.4.5.3. Su İçerisinde Belirli Hacimsel Oranda Hava Bulunması Durumunda Yapılan Testler

Bu test 1,5 kg/s debi geçmesi durumunda yapılmıştır. test edilen debimetrelerin girişinden önce özel bir püskürtme sistemi ile hava karıştırılmıştır. Püskürtme sistemi küçük koaksiyal bir boru ve borunun ucunda sıvıya küçük ve eşbüyüklüklerde hava kabarcıkları yayan bir filtreden oluşur. Püskürtülen havanın yayılı dağılması ve istenmeyen kabarcık toplanmalarının önlenmesi için bir pencereden akış izlenir. Sıvı içindeki hava oranı sürekli kontrol edilir. Tüm debimetrelere yatay monte edilmiş şekilde test uygulanmıştır. Buna göre;

1- Sıvı içindeki hava hacmi oranı %1 olduğunda (A) ve (D) debimetreleri hata mesajı verir ve çıkış sinyali sıfır olur.

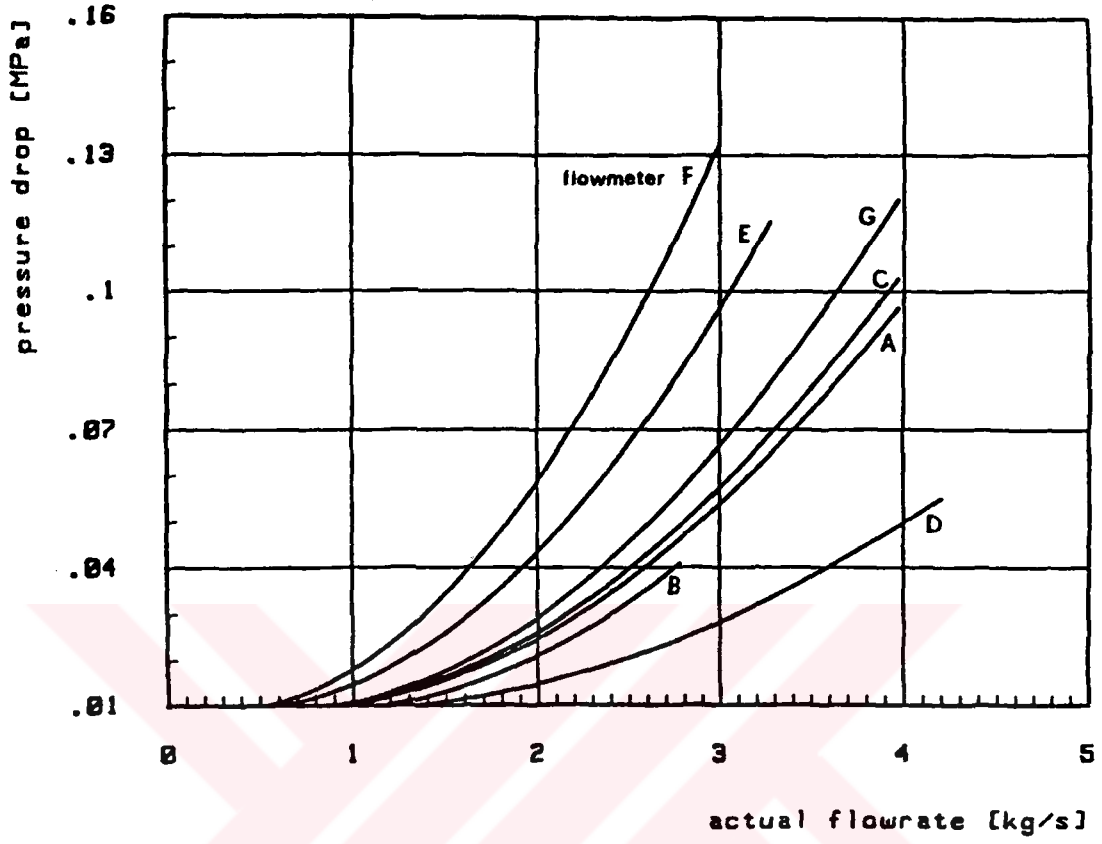
2- Aynı durumda (G) debimetresinin ekranında son ölçülen değer sabit olarak kalır ve herhangi bir hata mesajı verilmez.

3- Sıvı içindeki hava hacmi oranı %1 olduğunda (F) debimetresi %10-15, hava hacmi oranı %10 olduğunda hata %80'e ulaşır.

4- Sıvı içindeki hava hacmi oranı %1 olduğunda (C) ve (E) debimetreleri %2, hava oranı %10 olduğunda %15-25 hata verirler.

9.4.5.4. Debimetrelerden Su Akışı Durumunda Basınç Düşümleri

Debimetrelerden su geçmesi durumunda en az basınç düşümü (D) debimetresinde, en fazla basınç düşümü ise (F) debimetresinde olmaktadır.



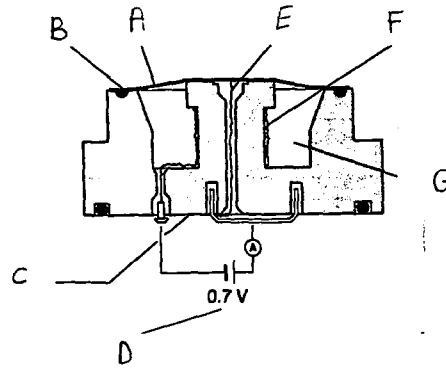
Şekil: 9.22. Debiye Bağlı Olarak Basınç Düşümleri

BÖLÜM 10. OKSİJEN TRANSMİTTERİ (EMCO)

10.1. Sensör

Sensör "Clark prensibine" göre çalışır. Bu ölçme prensibi, ölçüm yapılacak ortamdan bir yarı geçirgen diyafram ile ayrılmış elektrolitik çözelti içindeki iki farklı metalin (altın katod ve gümüş anot) bulunduğu bir sistemi meydana getirir. Sensör sıvı içine daldırıldığında, oksijen molekülleri diyaframdan geçmeye başlar ve katod tarafından çekilirler. Altın katoda ulaşan her bir molekül için 4 elektron gümüş anota gönderilir. Bu elektron akışı sıvı içindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu ile doğrudan orantılıdır.

Kısmi oksijen basıncı sinyal dönüştürücüsünde % veya mg/lt oksijen doyumuna karşılık gelecek bir değere dönüştürülür [1].



Şekil: 10.1. Sensör

A: 50 Nm kalınlığındaki teflon diyaframı kire karşı dayanımlıdır ve sadece oksijen moleküllerini geçirir. Optimum sıcaklık kompanzasyonu (temp. compensation) ve sürekli sinyal verecek şekilde bir öngerilme uygulanmıştır.

B: Yapıştırılmış diyafram sayesinde kirli suyun sensör içine geçişi önlenir. Contalı bir bağlantı yoktur.

C: Silikon madde sayesinde sensörün, sensör gövdesine (sensör holder) optimum bağlantısı gerçekleşir.

D: Sensör çalışır durumda olduğunda, anot ve katod arasına yaklaşık 700 mV'luk voltaj uygulanır. Oksijen moleküllerinin olduğu durumda bir elektron akışı olur. Sensör sadece ölçüm yapılırken enerji harcar.

E: **Altın Katod:** Diyaframa etkiyen oksijen moleküllerini çeker. H_2S veya başka maddeler ile kirlenmemelidir.

F: **Gümüş Anod:** Gümüş bir tel kullanılır, böylece yüzey olabildiğince büyük olur ve çalışma ömrü artar.

G: **Kcl:** Potasyum klorüd içeren elektrolit, altın katod ve gümüş anod arasında elektronların akışını mümkün kılar.

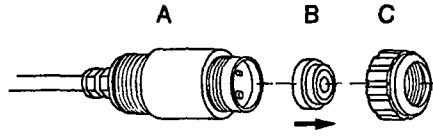
Sensör üretildiğinde aşağıdaki özellikleri test edilir;

- Diyafram öngerilmesi (pretension)
- Sıcaklık kompanzasyon eğrisi (temperature compensation curve)
- Elektrolitin saflığı
- Elektrolit ve diyafram arasındaki bağlantı

10.1.1. Sensör Bakımı

Oksijen ölçümü sırasında, sensörün içindeki elektrolit özelliği değişime uğrar ve anot üzerinde kir birikir. Bu nedenle sensör atmosferik hava ortamında kullanılacak ise sensörün bilinen bir referansa göre kalibrasyonu gereklidir.

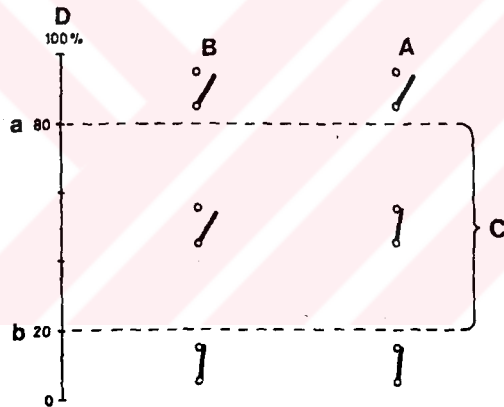
Sinyal konvertöründeki bir kalibrasyon düğmesi ile sensör eskidiğinde sinyal kuvvetlendirilebilir.



Şekil: 10.2. Sensörün Yerleştirilmesi

A: Sensör tutucu (holder) B: Sensör C: Başlık

10.2. Limit Değerlerinin Ayarlanması



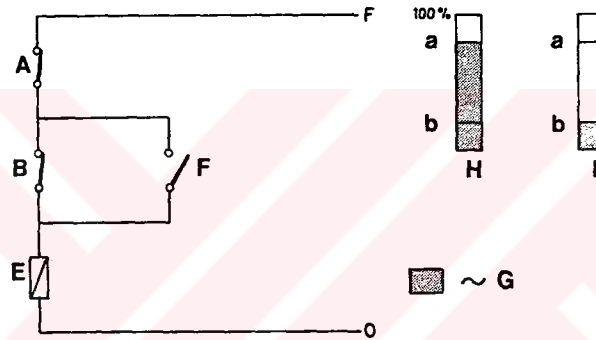
Şekil: 10.3. Limit Değerlerinin Anahtarları İle Ayarlanması

A: Üst limit değer anahtarı a: Üst limit değeri
 B: Alt limit değer anahtarı b: Alt limit değeri
 C: Normal çalışma aralığı
 D: Oksijen konsantrasyonu

Diyagram oksijen konsantrasyonuna göre anahtarlarda limit değerlerinin ayarlanmasını göstermektedir. Oksijen konsantrasyonu %80 ile %100 arasında olduğunda, alt ve üst limit değer anahtarlarının her ikisi de açık durumda olur.

Oksijen konsantrasyonu %20 ile % 80 ölçüm değerleri arasında olduğunda (normal çalışma aralığı) alt limit değeri anahtarı açık, üst limit değeri anahtarı kapalı durumdadır. Oksijen konsantrasyonu %20 değerinin altında olduğunda alt ve üst limit değeri anahtarlarının her ikisi de kapalı durumdadır.

Akım kesildiğinde alt limit değeri anahtarı kapanır ve bir alarm görevi görür.



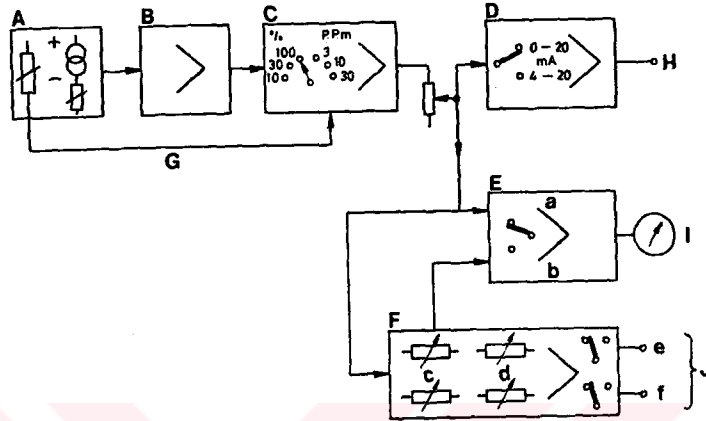
Şekil: 10.4. Bağlantı Diyagramı. Yüzey Havalandırıcısı İçin On/off Kontrol Örneği

- | | |
|--|----------------------------|
| A: Üst limit değeri anahtarı | H: Yükselen oksijen Konst. |
| B: Alt limit değeri anahtarı | I: Azalan oksijen konst. |
| E: Motor Starter için kontaktör bobini | a: Üst limit değeri |
| F: Yardımcı (auxiliary) kontak | b: Alt limit değeri |
| G: Motor çalışır durumda | |

On/off kontrol kullanıldığında (örneğin bir yüzey havalandırıcısında (surface aerator), elektrik motor bağlantıları yukarıdaki diyagramda gösterildiği şekilde olmalıdır.

Yükselen ve azalan oksijen konsantrasyonunda motorun çalışma periyodları sütunlar halinde verilmiştir.

10.3. Çalışma Yöntemi



Şekil: 10.5. Fonksiyon Diyagramı

- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| A: Sensör | a: Oksijen konsantrasyonu |
| B: Kuvvetlendirici (Amplifier) | b: Limit değerler |
| C: Yüzde miktarı (Range) kuv. | c: Limit |
| D: Çıkış kuvvetlendiricisi | d: Salınım (Hysteresis) |
| E: Cihaz kuvvetlendiricisi | e: Üst limit değeri |
| F: Limit değer kuvvetlendiricisi | f: Alt limit değeri |
| G: Sıcaklık telafisi | |
| H: Akım çıkışı | |
| I: İbrelili ölçüm aleti | |
| J: Limit değer sinyali | |

(A) sensörü potasyum klorid elektroliti ile çevrelenmiş bir altın katod ve bir gümüş anod içerir. Oksijen molekülleri diyaframdan geçerek hücreye girerler ve bir akım üretici görevi yaparlar.

Üretilen akım bir kuvvetlendiriciden geçer. Bu kuvvetlendirici oksijen molekülleri sayısı ile orantılı bir sinyal verir. Diğer bir deyişle, sensörün temasta

bulunduğu ortamın içerdığı oksijen molekülleri miktarının ifadesidir. Reaksiyon zamanı (B) kuvvetlendirici, cinsinde seçilir.

Yüzde olarak ölçüm miktarı (C) kuvvetlendiricisinde seçilir. Aynı zamanda (A) sensör tutucudan gelen sıcaklık ölçüm sinyali de (C)'ye girer. Mutlak ölçüm değeri (PPm) olarak alınırken, bu sinyal sıcaklık değişimlerinden dolayı ortamda değişen oksijen çözünürlüğünü otomatik olarak telafi eder.

(C) kuvvetlendiricisinden sonra, kalibrasyon max. çıkış sinyaline (% 100 oksijen konsantrasyonuna karşılık gelir) göre yapılır.

(C) kuvvetlendiricisinden çıkan bir sinyal, akım çıkış kuvvetlendiricisine (D) gider. Burada 0-20 ve 4-20 mA aralıkları seçilebilir. Diğer bir sinyal, cihaz kuvvetlendiricisine (E) ve limit değer kuvvetlendiricisine (F) gider.

(E) ölçüm cihazı kuvvetlendiricisi oksijen konsantrasyonu (a) gösterimi veya limit değerlerin ayarlanmasına olanak sağlar.

Alt ve üst limit değer anahtarları (f ve e) için limit (C) ve salınım (d) değerleri limit değer kuvvetlendiricisi (F) de belirlenir.

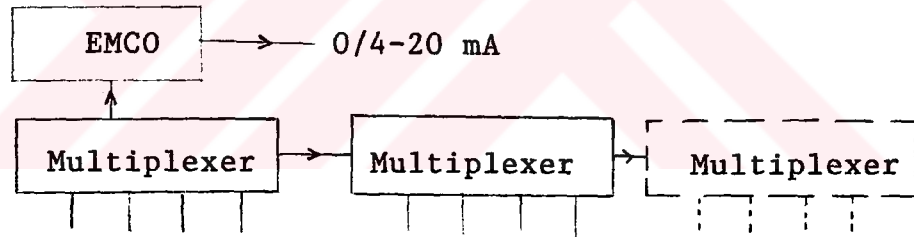
TDO tipi sensör tutucu (sensör holder) iletken bir plastikten yapılmıştır. Sensör tutucu ve altın katod arasındaki direnç 35 sn aralıklarla ölçülür. Bu şekilde diyafrenda arıza olup olmadığı otomatik olarak kaydedilir. Arıza durumunda sinyal dönüştürücü ön yüzündeki bir LED "Sensör Hatası" (+ kontak sinyali) gösterecek şekilde yanar.

10.4. Multiplexer Ve Örnekleyici-Tutucu (Sample-Hold Unit)

EMCO oksijen transmitteri, multiplexer ve örnekleyici-tutucu ile birlikte kullanılır. Multiplexer, oksijen transmittlerinin sinyal konvertörü ile oksijen sensörü arasında kullanıldığında 4 oksijen sensörünün kullanımını mümkün kılar. Bu durumda verilen zaman aralıkları içinde multiplexer sinyal konvertörünün sensörlerini ayrı ayrı devreye sokar.

Multiplexer üzerinde yeralan bir LED ve anahtar, oksijen transmittlerinin sinyal dönüştürücüsüne hangi sensörün bağlı olduğunu gösterir.

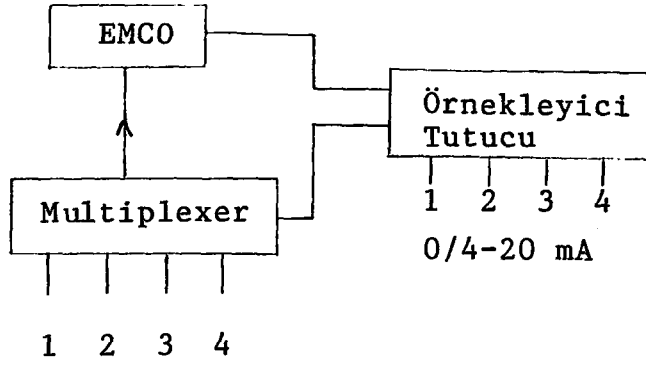
Multiplexer Cascade bağlantılı olduğunda, oksijen sensörleri dörtlü gruplar halinde tek sinyal konvertörüne bağlanabilir.



Şekil: 10.6. Cascade Bağlantı Durumunda Multiplexer Kullanımı

Sinyal konvektöründe izlenen normal olmayan değerler, alarmin harekete geçmesine neden olurlar. 0/4-20 mA değerindeki akım sinyalleri, bir ayarlama sistemi veya bir bilgi işlem sisteminde yapılmak istenen ayarlamalar için kullanılabilirler.

Oksijen kontrol sistemi bir örnekleyici-tutucu kullanılarak genişletilebilir. Bu ünite, ayrı ayrı herbir sensörün ölçtüğü değerleri tutar ve bu değerleri aynen sistemin dört akım çıkışına 0/4-20mA değerinde akım sinyalleri olarak gönderir. Bu sinyaller ayarlama amacı ile kullanılabilir.



Şekil: 10.7. Örnekleyici-tutucu ile Multiplexer Kullanımı

Sıvı içindeki çözünmüş oksijen miktarını kaydetmek için oksijen kayıt sistemi kullanılır. Bu sistem, su arıtma tesisindeki havalandırma tankı ve balık çiftliklerinde balık beslenmesine bağlı olarak kullanılır.

Multiplexer kullanılarak, tesisin birçok noktasındaki oksijen konsantrasyonu sadece bir EMCO tipi sinyal dönüştürücüsü kullanılarak kaydedilebilir.

Avantajları

- Bir multiplexer kullanımı ile herbir ölçme noktası için maliyet düşer. Herbir sensöre ayrı ayrı sinyal dönüştürücü yerine, 4 veya daha fazla sensör için bir tane kullanılır.
- Modüler dizaynından dolayı multiplexer sistemi herhangi bir tesise kolayca monte edilebilir.
- Sensörler galvanik izole edilmiştir.
- Multixlexerlerin kullanımı ile daha az sinyal konvertörü kullanılacağından, yerleştirildikleri panel alanı azalacaktır.
- Sensörün devrede olduğu, LED ve kontak sinyalleri ile gösterilir.
- Ayrı ayrı sensör kalibrasyonu
- Sensörler için ayarlanabilir çalışma süresi (sensing time)
- Kalibrasyon sırasında herbir sensör "Manual"

pozisyonuna getirilir, böylece kolay ve çabuk kalibrasyon yapılır.

- Ölçümlerin yapıldığı tank boş olduğunda veya tamirat yapıldığında, istenen herhangi bir sensör (veya sensörler) multiplexerden ayrılabilir.

- Örnekleyici-tutucu akım çıkışları galvanik olarak ayrılmıştır.

- Yanlış bağlantı, kablo kapması vb gibi durumlarda, bir LED hata sinyali verir.

- sistem elektriksel bozuculara (interference) karşı etkin olarak korunur.

Özellikler

Multixlexer

Sensör sayısı	: herbir multiplexer için min.1 max.4 oksijen sensörü
Çevrim ve hissetme	: 4 sensör için çevrim süresi min.160s, max.2400 s.
(sensing) süreleri	Herbir sensör için hissetme süresi min. 40 s, max.600 s.
Sensör sinyali anahtarları	: Herbir sensör için tek kutup anahtar (single-pole switch) 16A, 250 V, 4000VA. sensör, oksijen transmitterinin sinyal konvertörüne bağlandığında bu devre çalışır.
Kalibrasyon	: Herbir sensör için kalibrasyon potansiyometresi
Güç tüketimi	: 33 W

Örnekleyici-tutucu

Akım (emco dan gelen)	: 0/4-20 mA
Akım çıkışları	: Galvanik olarak ayrılmış 4 adet 0/4-20 mA akım çıkışı
Yük	: 0-680 ohm.

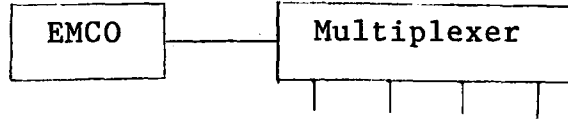
Hassasiyet	: + %0,5 F.S.O., .20°C + 40°C + %1 F.S.O., + 40°C + 50°C F.S.O = Full scale output=tam kapasite ile çalışma durumu
Tutma süresi "Holding Time"	: Sınırsız
Başlama ve güç (power)hatası durumunda	: tüm akım çıkışları 0 mA değerine gider.
Göstergeler	:Ön yüzdeki LED ışığının yanması cihaza güç verildiğini, yanıp sönmesi sistemde bir hatanın olduğunu gösterir.
Güç harcamı	: 17 W

Multiplexer Ve Örnekleyici -Tutucu

Voltaj kaynağı	: 100-120/200-240 V +%10,-%15 değişim ile 50-60 Hz
Çalışma ortam sıcak.:	-20 +50°C
Dış okruma	: IP 54, IP00 (IEC 144 ve DIN 40050)
Soundproofing	: Aşağıdaki standartlara göre test edilmiştir; SEN 361503 cl. 2 to 3 VDE 871 B curve IEC 801-2 cl-3
Kablolar arasında max. uzaklık	: emco sinyal konvertörü/TDO tipi sensör 300 m uzunluğunda korumalı ve max 60 ohm dirençli EMCO sinyal konvertörü/multiplexer 300 m korumalı Multiplexer/multiplexer 300 m Multiplexer/örnekleyici-tutucu 300 m

10.5. Bağlantı (Wiring) Diyagramları

10.5.1. Örnek A

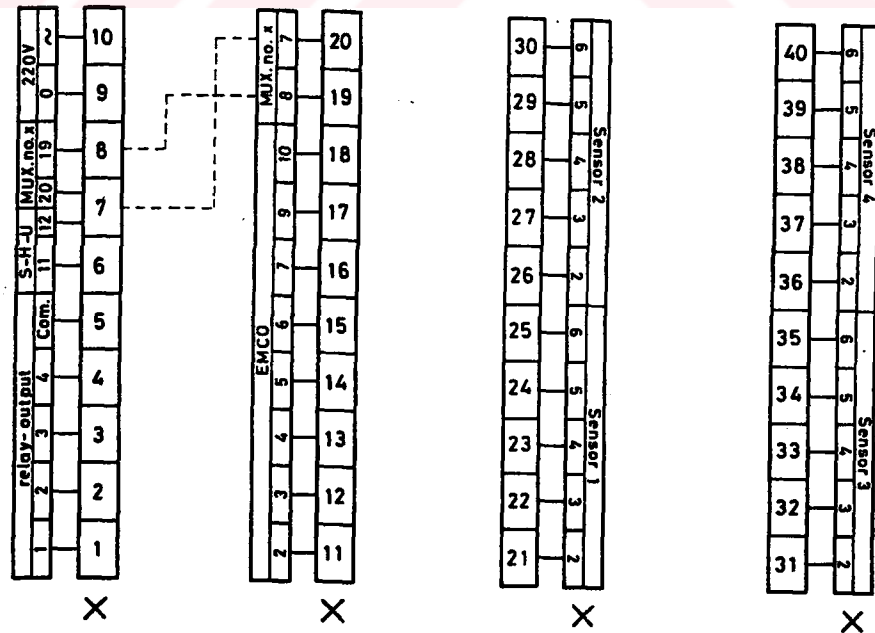


Şekil:10.8. Bağlantı Örneği

Sinyal konvertörü sadece bir multiplexer ile bağlantılıdır. Şekil 10.9.'daki gibi yapılmalıdır.

1-40 yatay olarak yerleştirilmiş sayıları, multiplexer terminal numaralarını göstermektedir. Sütunlar birer (X) ile işaretlenmiştir. Dikey olarak yerleştirilmiş sayılar ve yazılar dış ünitelerdeki bağlantıları göstermektedir.

Örneğin; 1 nolu sensörün 2 nolu kablosu multiplexerin 21 nolu terminaline, 3 nolu kablo 22 nolu terminaline bağlanmıştır.

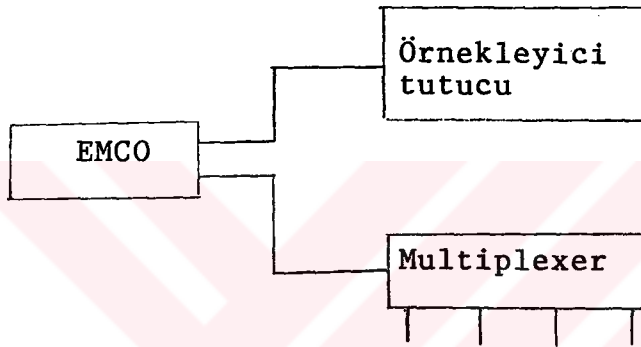


Şekil:10.9. Oksijen Transmitteri (EMCO), Multiplexer ve 4 Sensörün Bağlantı Şeması

Multiplexerdeki 1-5 terminalleri 1-4 sensörlerinin anahtar fonksiyonları için çıkış noktalarıdır. 5 nolu terminal, 4 kontaktör için ortak bağlantı noktasıdır.

1 nolu sensör çalıştığında, buna ait kontak aktif hale geçer. 2 nolu sensör çalıştığında, 2 nolu terminalin kontağı aktif olur ve 1 nolu sensörün kontağı devreden çıkar.

10.5.2. Örnek B:



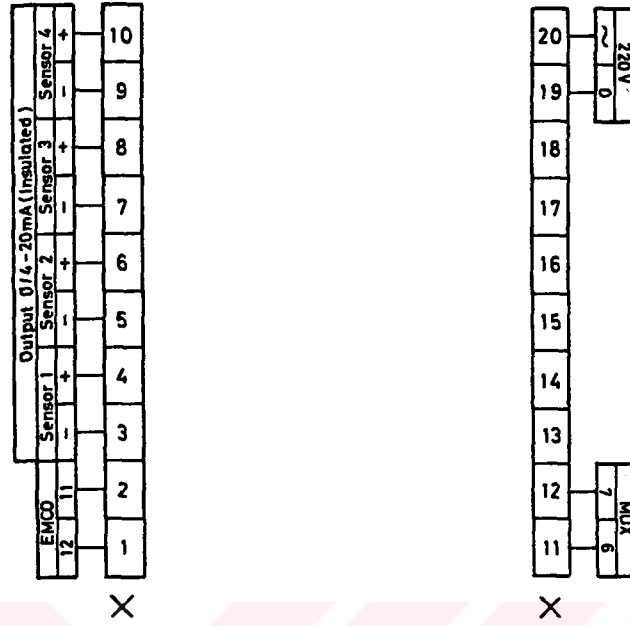
Şekil: 10.10. Örnekleyici Kullanımı

Sinyal konvertörü bir multiplexer ve bir örnekleyici-tutucu ünitesine bağlanmıştır. Örnekleyici-tutucu (Sample hold unit) bağlantıları aşağıda görülmektedir.

1-20 yatay olarak yerleştirilmiş sayılar örnekleyici tutucu ünitesindeki terminal numaralarını göstermektedir. Sütunlar (X) ile işaretlenmiştir.

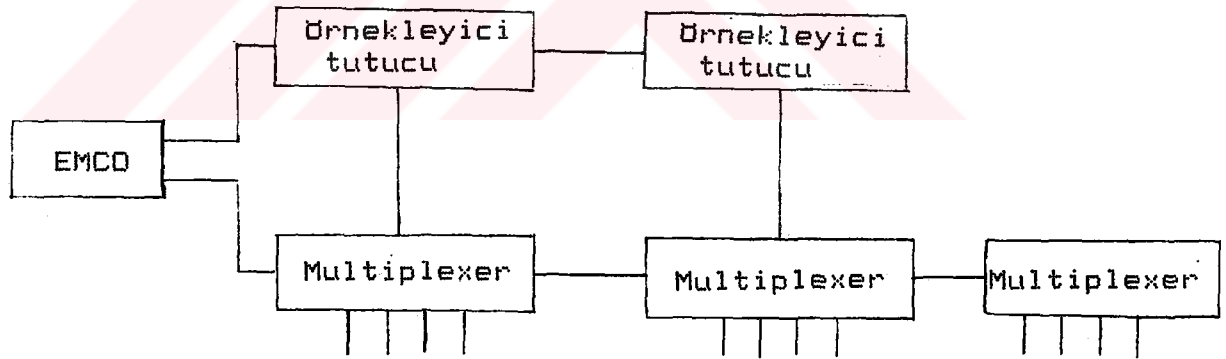
EMCO'dan gelen akım çıkışı, örnekleyici-tutucu ünitesinin 1 ve 2 nolu terminallerine bağlıdır.

Multiplexerin 6 ve 7 nolu terminallerinden gelen seri iletişim hattı, örnekleyici-tutucu ünitesinin 11 ve 12 nolu terminallerine bağlıdır.



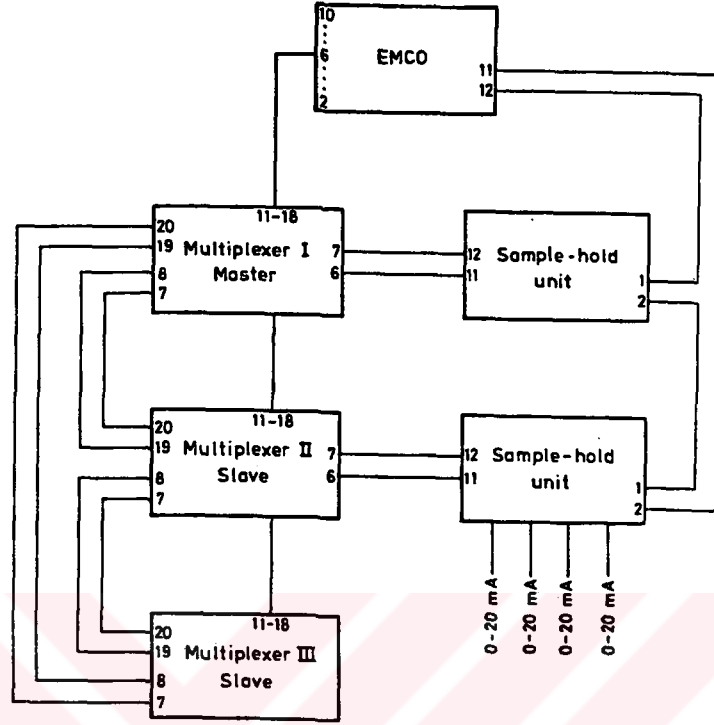
Şekil: 10.11. Örnekleyici Bağlantı Şeması

10.5.3. Örnek C



Şekil:10.12. Çok sayıda Örnekleyici Tutucu ve Multiplexer Kullanılması durumu

Sinyal konvertörü 3 (veya daha fazla) multiplexere ve iki (veya daha fazla) örnekleyici-tutucu ünitesine bağlıdır.



Şekil: 10.13.

Güç kaynağına, sensörlere, anahtar ve örnekleyici-tutucu ünitesinden gelen akım çıkışı bağlantılarına ek olarak (örnek A ve B'de açıklandı), multiplexer Cascade bağlantılı olduğunda şekildeki bağlantılar yapılmalıdır.

Multiplexerdeki 11-18 nolu sensör ve kalibrasyon bağlantı terminalleri kullanılır. Multiplexer Cascade bağlantılı olduğunda "mux. No.X" isimli 7,8,19 ve 20 nolu terminaller kullanılır.

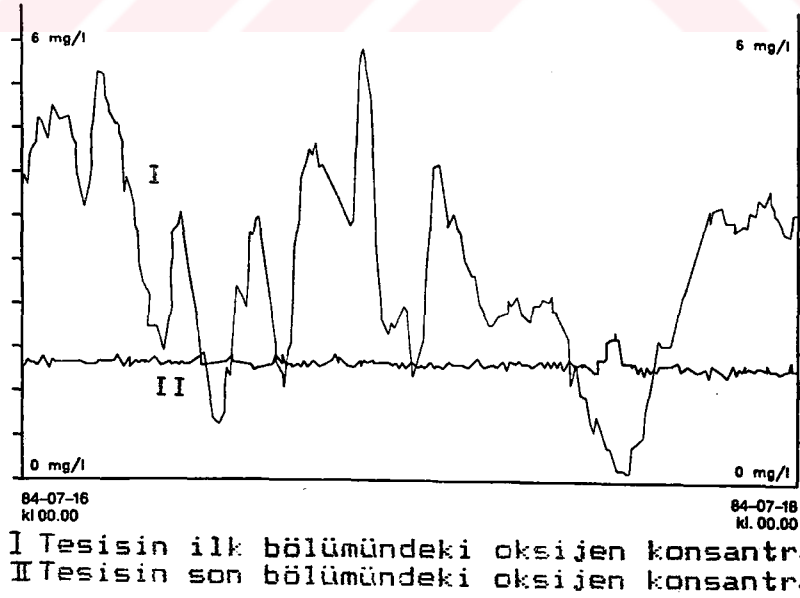
Multiplexer ve örnekleyici-tutucu örnek B'de gösterildiği şekilde bağlanır. EMCQ'dan gelen akım çıkışı örnekleyici tutucu üniteleri boyunca seri bağlıdır.

10.6. Ekonomik Analiz

Her 24 saatlik periyod boyunca oksijen tüketimi, atıksu

miktarı ve içerdği madde miktarına bağlı olarak değişir. Havalandırma tankı için gerekli oksijen miktarı gün boyunca 5-7 katlık değişimler gösterebilir (şekil 10.15). En iyi arıtmayı sağlamak için, tüm tank boyunca oksijen konsantrasyonu 0,5-1,0 ppm'den büyük olmalıdır. Az oksijen konsantrasyonu kötü arıtmaya (çamurun ayrışma ve dağılması) fazla oksijen ise gereksiz enerji harcamına ve istenmeyen kokulara (aerosols) neden olur.

Büyük atıksu temizleme tesislerinde yürütülen araştırmalar, oksijen miktarındaki değişimleri yükteki (gelen atıksu) değişime bağlı olduğunu göstermiştir. Tankta optimum havalandırmayı sağlamak için tüm tank boyunca fazla oksijen miktarı olabildiğince az ve değişimler küçük olmalıdır. Büyük tanklarda optimizasyon için birçok (2-5) oksijen sensörü bulunmalıdır. Havalandırma sistemi bölümlere ayrılabilir ve bölüm için ayrı ayrı ayarlama yapılabilir. Aşağıdaki grafikte bir tesisin ilk ve son bölümlerindeki 24 saatlik oksijen konsantrasyonu gösterilmektedir.

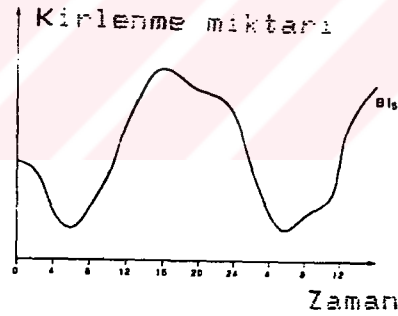


Şekil: 10.14. Oksijen Konsantrasyonunun değişimi.

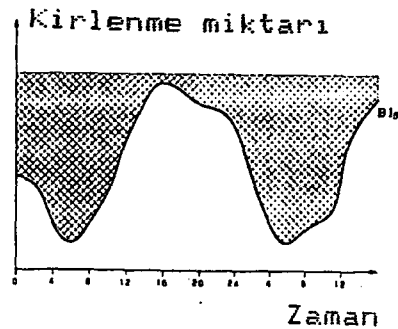
Sağlanan ve kullanılan oksijen miktarı arasında bir bağıntı olmalıdır. Sürekli bir kontrol için EMCO sinyal konvertörü sinyaller verir. Biyolojik su arıtma tesislerinde yapılan araştırmalar, tesiste harcanan toplam enerjinin %50-90'lık kısmının havalandırma tankına oksijen püskürtülmesinde kullanıldığını göstermiştir.

Bir atıksu arıtma tesisinde on-line oksijen kontrolü sonucu enerji tüketiminde %60 oranında azalma sağlanır. Örneğin 6 ppm oksijen konsantrasyonu için harcanan enerji maliyeti, 2 ppm için harcananın iki katıdır.

Aşağıdaki grafiklerde bir tesiste 24 saat boyunca gerekli olan oksijen konsantrasyonu gösterilmektedir. Sürekli bir kontrol sonucu, taralı alan için harcanacak enerjiden tasarruf edilir.



Şekil: 10.15. 24 Saat İçindeki Oksijen Gereksiniminin Değişimi



Şekil: 10.16. Taralı Alan Kazancı Gösterilmektedir.

Etkili bir on-line oksijen kontrol sisteminin geri ödeme süresi yerel enerji fiyatları ve atıksu tesisinin şartlarına bağılı olarak 4 ay ile 2 yıl arasındadır.



BÖLÜM 11. BALIK ÜRETİM TESİSLERİNDE OKSİJEN KONTROLÜ

Kontrol edilen şartlar altında balık üretimi hızla gelişen bir iş alanıdır. Otomasyon ve bilgisayar kontrolü ile bir balık üretim tesisinin işletilmesi optimize edilebilir. Otomasyon ekipmanları önemli parametreleri izleme ve kontrol olanağı vermektedir.

Optimum işletim için önemli bir parametre de sudaki oksijen miktarının izlenmesi ve kontrolüdür. Bu nedenle, çok uzun periyodlar için kesinlikle güvenilir bir ölçme sistemine ve sensörlere gereksinim vardır [4-1].

Kirlenme ve aşırı avlanma sonucu son 20 yılda görülen balık kıtlığı, kontrol edilen şartlar altında balık ve kabuklu deniz ürünleri yetiştirilmesinde büyük bir gelişmeye neden olmuştur.

Geleneksel tatlı su balık çiftlikleri üzerine araştırmalar ve yatırımlar denizde ve karada birçok tesisin kurulmasına yol açmıştır.

11.1. Oksijen Kontrolünün Önemi

Yeni tesislerde üretimi optimize etmek için çeşitli fiziksel parametrelerin (besinlerden daha fazla yararlanma, daha sağlıklı koşullar ve daha az balık ölümleri) gözlenmesi ve kontrolü gerekli hale gelmiştir.

Oksijen konsantrasyonu, debi ve PH değeri, sürekli olarak (on-line) ölçülmesi gereken önemli parametreler arasındadır.

Tuz miktarı, azot konsantrasyonu ve bulanıklık gibi

değişkenler de ölçülmesi gerekenler arasındadır fakat bu durumda belirli zamanlarda (off-line) kayıt yeterli olacaktır.

Bu değişkenler arasında en önemli alanı oksijen konsantrasyonunun ölçümü ve kontrolüdür. Oksijen kontrolü sonucu, balık ölümleri riski önemli ölçüde azaltılır. Birçok balık çiftliğinde, balık ölümlerinin en büyük nedeni oksijen kontrolünün olmamasıdır.

Çok düşük oksijen konsantrasyonunda, oksijen eksikliğinden balık ölümü; çok yüksek durumda ise "gaz kabarcıkları hastalığı-gas bubble disease" nedeni ile balık ölümleri olmaktadır.

Aynı zamanda oksijen kontrolü ile tesisin kapasitesi, büyütmeden artırılabilir. NTNF, Norges Teknisk Naturvidenskabelige Forskningsrat" (The Royal Norwegian Council for Scientific and Industrial Research) araştırmaları sonucu; balık üretimi aşağıdaki yöntemler kullanılarak artırılabilir;

- Herbir balık için 10-12 NOK'na (Norveç kronu) mal olacak yeni tesis kurulması
- Herbir balık için 2-3 NOK'na mal olacak tesisin genişletilmesi
- Herbir balık için 0,75-1,5 NOK'na mal olacak, kurulu tesise oksijen sağlanması

Bu rakamlardan görüldüğü gibi, oksijen sağlanması ve kontrolü balık üretiminin artırılması yöntemleri arasında en ucuz olanıdır.

Sürekli (On-line) oksijen kontrolünün verdiği bir diğer avantaj; belirli değerde ve sabit oksijen miktarı ile beslemede optimizasyondur.

Brons (Danimarka)'da kurulu deneysel balık çiftliğinde yürütülen deneylere göre; balığın besin alma kapasitesi, oksijen konsantrasyonunun bir fonksiyonudur.

Deneyler, 7 (mg O₂/lt) yerine 5(mg O₂/lt) oksijen konsantrasyonu olduğu durumda balığın besin alma miktarının %25 oranında azaldığını göstermiştir.

Bunun anlamı, min. 7 (mg O₂/lt) oksijen konsantrasyonu sağlanması durumunda balık yetiştirme miktarı önemli ölçüde artmaktadır.

Brons'taki diğer deneylere göre, oksijen konsantrasyonu 7-8 (mg O₂/lt) yerine 5(mg O₂/lt) olduğunda besinden yararlanma (büyüme/besin miktarı) % 40-50 oranında azalmaktadır. Diğer bir deyişle, belirli miktardaki oksijen konsantrasyonu (oksijen kontrol sistemi kullanarak) sağlanması ile besinlerden yararlanma önemli ölçüde artmaktadır.

Besinlerden optimum yararlanma sonucu, balık çiftliğinde kirlenme de azaltılmış olur.

Gerekli oksijen miktarının sağlanması sonucu fazladan enerji harcamı da önlenir.

Oksijen tüketimi aşağıdaki etkenlere bağlıdır;

- Sağlanan suyun içerdiği oksijen miktarı
- Balığın hareketlilik düzeyi (activity level)
- Besinler balık tarafından ne oranda alınıyor.
- tank ve suyun havalandırma miktarı

Buna göre oksijen tüketiminde büyük değişimler olmaktadır. Bununla birlikte sağlanan oksijen miktarının kontrolü ile, gece ve gündüz enerji tasarrufu olasıdır.

24 saatlik periyod süresince balığın gereksinim duyduğu oksijen miktarı 2-2,5 katlık değişimler göstermektedir. Buna ek olarak, sağlanan sudaki oksijen konsantrasyonu değişimleri sonucu sağlanması gereken oksijen miktarı 2-5 kat arasında değişmektedir.

Özellikle 1-2 yıllık bir periyod sonucu, balık çiftliğindeki çeşitli tanklardaki oksijen konsantrasyonunun sürekli olarak ölçülmesi ve izlenmesi, tesisin gerekli çalışma koşullarına ait önemli bilgiler vermektedir.

Danimarka Sukültürü Enstitüsü (Danish Aquaculture Institute)'de yürütülen deneyler sonucu; sürekli oksijen kontrolü ve havalandırma ölçümleri değerleri, olumsuz belirtileri önceden tanımlama olanağı vermektedir. Ayrıca tesisteki oksijen tüketiminden balıkların gerçek büyüme miktarı da belirlenebilmektedir.

Sürekli (on-line) oksijen kontrolünün avantajları;

- Sukültürü tesisinde üretim kapasitesinin artması
- Oksijen konsantrasyonu daima yeterli olduğundan, balık ölçümleri riski önemli oranda azalmaktadır.
- Bir oksijen kaynağına sahip sukültürü tesisinde, bu kaynağın bir oksijen ölçer ile kontrolü sonucu enerji tasarrufu sağlanır.
- Oksijen konsantrasyonu optimal bir düzeyde tutulduğunda, besinlerden en iyi şekilde yararlanılacağından, besleme giderleri azalır.
- Oksijen konsantrasyonu optimal bir düzeyde tutulduğunda, aynı sayıda balık için daha fazla besin gerekecektir. Bunun anlamı balıklar daha fazla besin alacak ve büyüme miktarı artacaktır.
- Tesisin genel çalışma şartlarına ait bilgi alınması mümkündür.

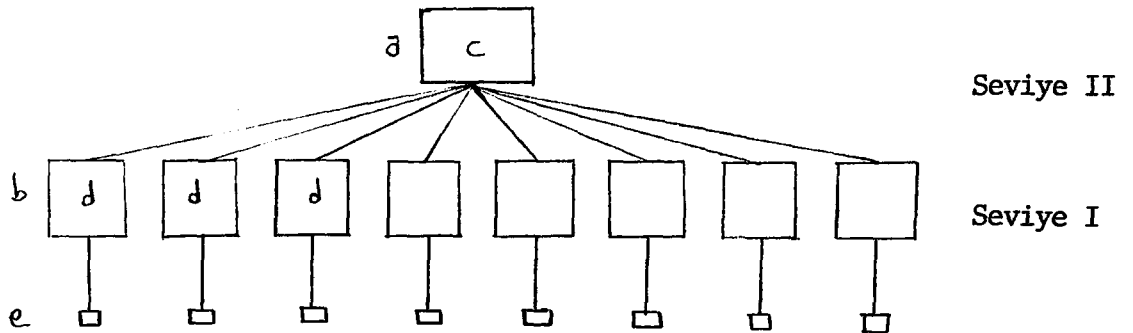
Bu gelişmelerin sağlanması, güvenilir bir kontrol sistemi ve oksijen sensörü bulunması şartına bağlıdır. Yetersiz sensör fonksiyonları balıklar için hayati sonuçlara neden olabilir. Optimal oksijen kontrolü, kimyasallar ile temizleme gerektirmeyen, uzun periyodlar boyunca sabit ve güvenilir ölçme yapan hazır (ready-made) sensör gerektirir.

11.2. Kontrol Sistemi

Bir kontrol sisteminde sabit ve güvenilir bir çalışma istendiğinde, aşağıdaki şartlar tam anlamı ile sağlanmalıdır.

- Sistem basit, kullanımı ve servis kolay olmalıdır.
- En az iki alarm/kontrol seviyesi (yerel ve merkezi) olmalıdır.
- I. alarm/kontrol seviyesi, transmitterden gelen bilgilerin toplandığı genel üniteden (bilgisayar, multixlexer vb.) önce yer almalıdır.
- Çalışma ve güvenilirlik, ölçme sisteminin hayati parçalarını (örneğin oksijen sensörü) değiştiren kullanan kişilere bağlı olmamalıdır.

11.2.1. I. Yönetim



Şekil: 11.1. sensörler, Sinyal Konvertörleri Ve Bilgisayar

- II. alarm/kontrol seviyesi
- I. alarm/kontrol seviyesi

- c. Limit anahtarlı bilgisayar
- d. Limit anahtarı ve göstergeli sinyal konvertörü
- e. Oksijen sensörleri

Şekilde görülen sürekli (on-line) ölçme/kontrol sistemi ile aşağıdaki avantajlar elde edilir;

a) Sistem basit ve kolaydır. I. alarm seviyesindeki her bir sensör, ölçüm değerini gösteren bir cihaz ve limit anahtarına sahiptir. Böylece oksijen konsantrasyonu doğrudan okunur, limit değerlerinin korunup korunmadığı da görülür. Aynı sensör ve sinyal konvertörü için kontrol (hata tespiti) kolayca yapılır.

b) Sistem iki alarm/kontrol seviyesine sahiptir. Bilgisayarda (II. alarm/kontrol seviyesi) bir hata olduğunda, sinyal konvertörü (I. alarm/kontrol seviyesi) yeterli oksijen sağlanmasını garantileyecektir. Bu anda bir alarm da verilir.

Sinyal konvertörü veya sensörlerin herhangi birinde bir arıza olduğunda; bilgisayar, her bir sinyal konvertöründen gelen sinyalleri karşılaştırarak normal olmayan şartların var olduğunu gösterecektir.

c) I. alarm seviyesi, genel ünitenin (multixlexer, bilgisayar) yanlışsız çalışmasına bağlı değildir. Bunun anlamı; kontrol sisteminin güvenilirliği, sensörler genel sisteme doğrudan bağlı olduğu duruma göre (ör; tüm sensörler tek genel multiplex'e bağlı) çok daha fazladır.

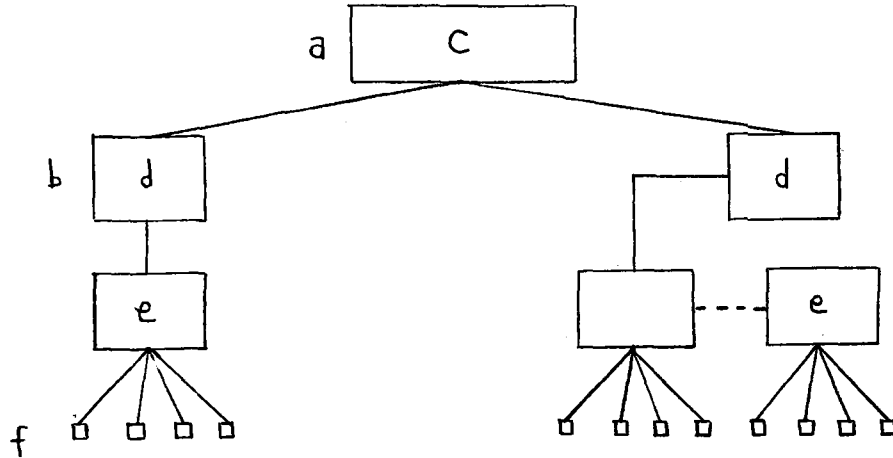
d) Eğer sensör Danfoss'un geliştirdiği şekilde iki parçadan oluşmuş ise (sensör gövdesi ve ölçme hücresi) sistemin yenilenmesi gerekmeyecektir. Kullanıcının diyaframı değiştirmesi, anot ve katodu kimyasal maddeler ile temizlenmesi, elektroliti değiştirmesi gerekmeyecektir. Yapılacak tek şey, tüm ölçme hücresini değiştirmektir.

Sıradan temizleme işlemi 2-3 saat almasına karşın, bu işlem 2-3 dakika alır.

Sensörün getirdiği avantajlar;

- Kimyasal maddeler ile temizleme gerekli değildir, bu nedenle bu tür bir kimyasal işlemi bilen elemanlara gerek yoktur.
- Yüksek ölçme tekrarlanabilirliği (repeatability). Ölçme hücresi hazırdır (ready madde), diyaframın yerleştirilmesi ve kimyasalların (elektrolit) sağlanması optimum fabrika şartlarında yapılmıştır.
- Diyafram yapıştırılmış olduğundan katot, anot, elektrolit kirlenmez. Ölçme ortamında su ölçme hücresi içine sızamaz.
- Ölçme hücresi içerisinde hava bulunmadığından, basınç değişimlerinden (şoklar hariç) etkilenmez.
- Diyaframın gerçek anlamda sıcaklık telafisi yapılabilir, çünkü diyaframın yapıştırıldığı kuvvet bilinmektedir.
- Sıfır noktası ayarı (zero point adjustment) gerekli değildir.

11.2.2. II. Yöntem



Şekil: 11.2. Sensörler, 4-8 Kanallı, multiplexer, sinyal Dönüştürücüler ve Bilgisayar İçeren Kontrol Sistemi. Sistem İki Alarm Seviyesine Sahiptir. İlki multiplexerden Sonra Yerleştirilmiştir.

- a. II. alarm/kontrol seviyesi
- b. I. alarm/kontrol seviyesi
- c. Limit anahtarlı bilgisayar
- d. Limit anahtarlı sinyal dönüştürücü ve gösterge cihazı
- e. 4-8 kanallı multiplexer
- f. Oksijen sensörleri

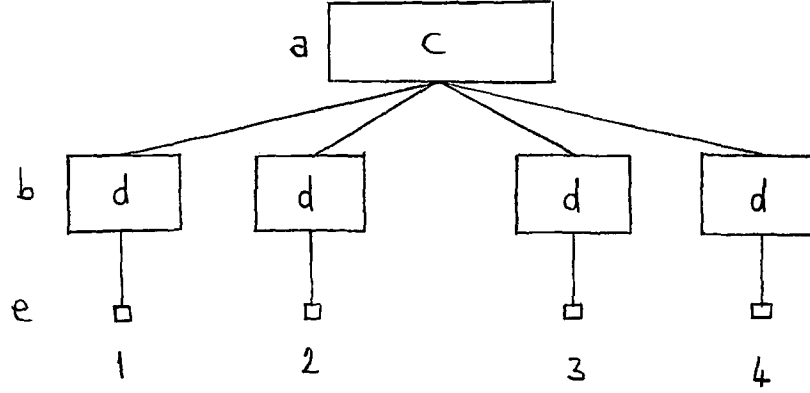
Şekildeki yöntem ile I. yöntemdeki avantajlar aşağıdaki istisnalar hariç elde edilir;

- Herbir sensöre ait gerçek oksijen konsantrasyonunu belirten göstergeli bir cihaz yoktur.
- Herbir multiplexerin dört sensörünün limit değerleri sinyal dönüştürücü seviyesinde ortak olmalıdır.
- Seçenek olarak herbir multiplexere bir örnekleyici-tutucu ünite (sampler-hold unit) yerleştirilebilir. Böylece herbir sensörden I. alarm/kontrol seviyesinde kısmi sürekli akım sinyalleri alınabilir.
- Sensörün ve sinyal konvertörünün hata kontrolü, herbir sensör kendi sinyal konvertörüne sahip olduğu durum kadar kolay değildir.
- Multiplexerde oluşabilecek bir hata durumunda dört sensörün tümü de devre dışı kalır.

Herbir sensörden sadece sürekli olmayan akım sinyalleri, elde edilebilir. Bu durum bir "örnekleyici-tutucu" olmadığı durumda I. seviyede kontrol sistemi kurulmasına engel olur.

II. yöntem, I yöntem ile karşılaştırıldığında, toplam ölçme/kontrol sisteminde bağlı olarak büyük bir oranda maliyet azalışı olur.

11.2.3. III. Yöntem



Şekil: 11.3. Sensörler ve Sinyal Konvertörlerini (bilgisayar yok) İçeren Oksijen Kontrol Sistemi Sistem I. ve II. Alarm Seviyelerine Sahiptir.

Bir ölçme/kontrol sistemi kurulmuştur. Böylece 3 nolu sensör bir kontrol sistemi (c) ile oksijen sağlama işlemini başlatır. 1. ve 2. sensörler oksijen konsantrasyonunu doğru olarak belirlerler ve 3. sensör sukültürü tesisinde suyun çıkışına yakın bir yerdedir. Eğer 3 nolu sensör çok düşük oranda oksijen konsantrasyonu belirlerse, 1, ve 2. sensörün normal olarak oksijen kaynağını kontrol etmesine bakılmaksızın, oksijen kaynağı işleme başlar. 1. ölçme sisteminde arıza olması halinde bile yeterli oksijen sağlanır. Ancak bu tür çalışma ekonomik olarak optimal değildir.

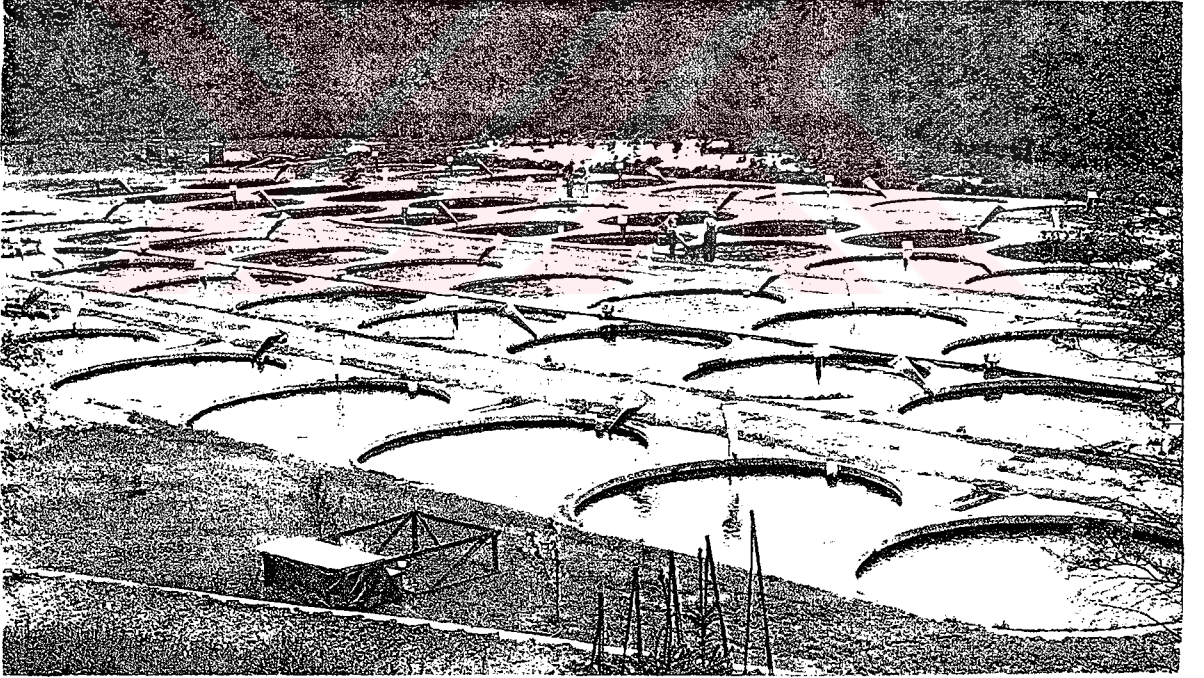
II. yönteme göre III. yöntem maliyet açısından daha ucuzdur. Fakat bilgisayarlı sisteme göre bu sistemde güvenilirlik daha azdır. Buna karşın III. yöntemin servisi daha kolaydır ve daha az elemandan oluşmaktadır.

Getirdiği güvenilirliğin yanında bilgisayar, toplanan bilgilerin kaydı ve işlenmesi için kullanılabilir. (I. ve II. yöntemlerde). Bu şekilde sukültürü tesisinin genel olarak çalışması optimize edilebilir.

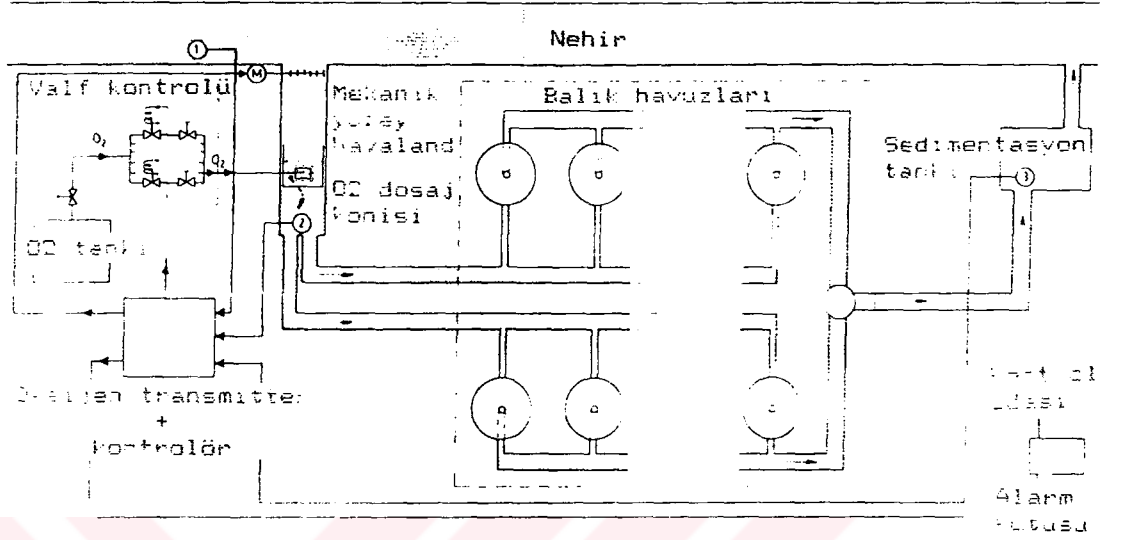
11.3. Oksijen Kontrol Sistemine Ait Uygulamalar

11.3.1. I. Uygulama

Danimarka'da Brande yakınlarındaki "Tykskov balık çiftliği" yıllar önce oksijen kontrol sistemi kurulmuş bir tatlı su tesisidir. Beton tanklar kullanılmıştır. Bu ve benzeri tesislerdeki tecrübeler, oksijen kontrolü ile oksijen tüketiminin önemli oranda azaldığını göstermiştir. Aynı zamanda bütün yıl boyunca balık üretimi düzenli bir miktarda olmakta, oksijen yetersizliğinden balık ölüm riski (özellikle yaz aylarında) azalmaktadır.



Şekil:11.4. Balık Çiftliğinin Görünüşü



Şekil: 11.5. Tykskov Balık Çiftliğinin Şematik Gösterimi
1,2,3: TDO Tipi Oksijen Sensörleri

Tykskov tesisindeki oksijen kontrol sisteminin geri ödeme periyodu yaklaşık bir yıl olmuştur. Tesis 70 adet paralel bağlanmış 30 (m³)'lük beton tanklar ve bir sonsedimentasyon tankı içermektedir. Girişte bir yüzey havalandırıcısı (mechanical surface aerator) ve oksijen dozaj konisi (Oxygen dosing cone) yer almaktadır.

Oksijen kontrol sisteminde aşağıdaki cihazlar kullanılmıştır;

- Bir adet EMCO tipi oksijen transmitteri
- Bir multiplexer
- Üç adet TDO tipi oksijen sensörü
- Çeşitli tip devre anahtarı (contactors)

Şekil 10.5'de gösterildiği gibi oksijen konsantrasyonu üç noktada ölçülür;

- 1- Girişten hemen önce
- 2- Oksijen verilen noktadan hemen sonra
- 3- Sedimentasyon tankında

Girişte 7(mg O₂/lt) değerinin altında bir oksijen konsantrasyonu ölçüldüğünde (sensör 1) yüzey havalandırıcısı otomatik olarak çalışmaya başlar. Bunun nedeni oksijen konsantrasyonu 7(mg O₂/lt) (15°C de %70 çözülmüş oksijen) değerinin altında olduğunda, oksijen konisi yerine yüzey havalandırıcısı kullanmak çok daha ekonomiktir.

Yüzey havalandırıcısı ile 7 (mg O₂/lt) (sensör 2) değerinin üstünde oksijen konsantrasyonu sağlayacak kapasite olmadığı durumda veya balık sayısından dolayı 7(mg O₂/lt) değerinden fazla giriş konsantrasyonu istendiğinde, oksijen dosaj konisinden saf oksijen otomatik olarak eklenir.

Saf oksijen, (2) nolu oksijen sensörü ile kontrol edilen paralel 6 adet solenoid valf kullanılarak sağlanır. Kullanılan valfler enerji verilmediği durumda açık NO (normally open) tip olduklarından elektrik kesildiği durumda, ayarlanan max. oksijen miktarı sisteme verilir.

Bu kontrol, balık çiftliğine girişte oksijen konsantrasyonunun (7 mg O₂/lt) değerinden büyük veya eşit olmasını garanti eder. Oksijen konsantrasyonu balık sayısı ve büyüklüğüne bağlıdır. Genç balıklar, yetişkinlerde her (kg) vücut ağırlığı başına 10-20 kez daha fazla oksijen tüketirler.

Çıkıştaki (3) nolu sensör, sistem çıkışındaki oksijen konsantrasyonu 4,5 (mg O₂/lt) değerinden daha az olduğunda bir alarm sinyali verir. Bu durumda giriş suyuna otomatik olarak max. miktarda oksijen verilir.

11.3.2. II. Uygulama

Danimarka'da Abenra'da kurulu elektrik üretimi ve ısıtma amaçlı "Southern Jutland Power Station" tesisinde su çevriminin (water recirculation) bir soğutma suyu balık çiftliği

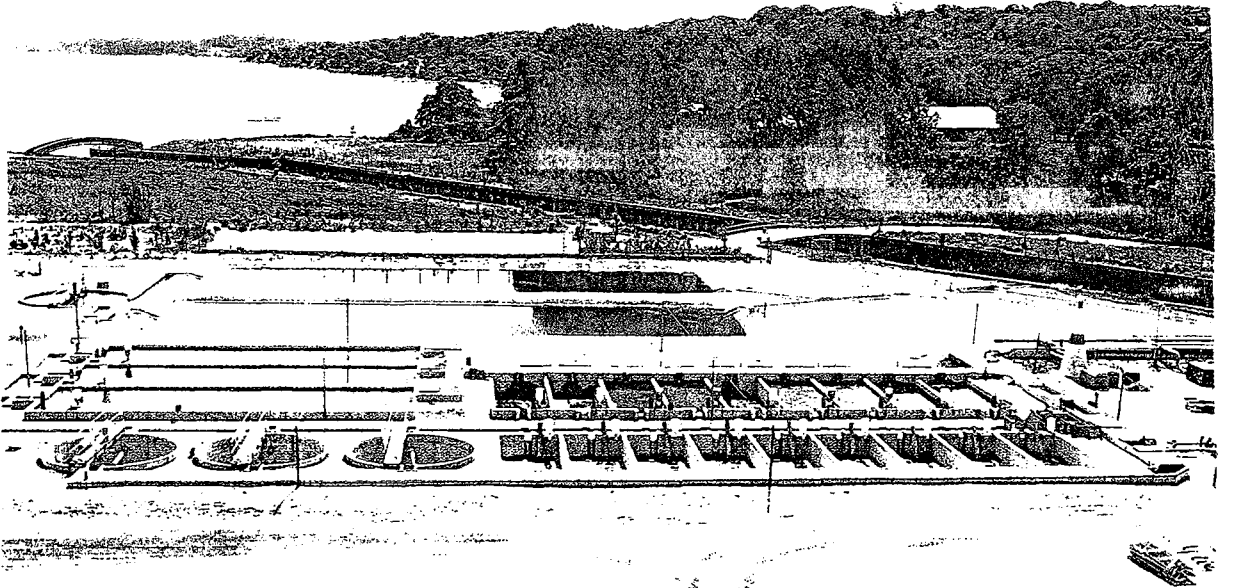
bulunmaktadır. Bu sistem 18 adet 24(m³)'lük ve 3 adet 130(m³)'lük dikdörtgen şekilli beton tank ve 3 adet 34(m³) dairesel beton tank içermektedir.

Tesisin her iki yanında olmak üzere iki adet giriş kanalı ve içinde soğuk suyun bulunduğu derin oksijen kuyusu (oxygen deep shaft well) bölümleri yer almaktadır.

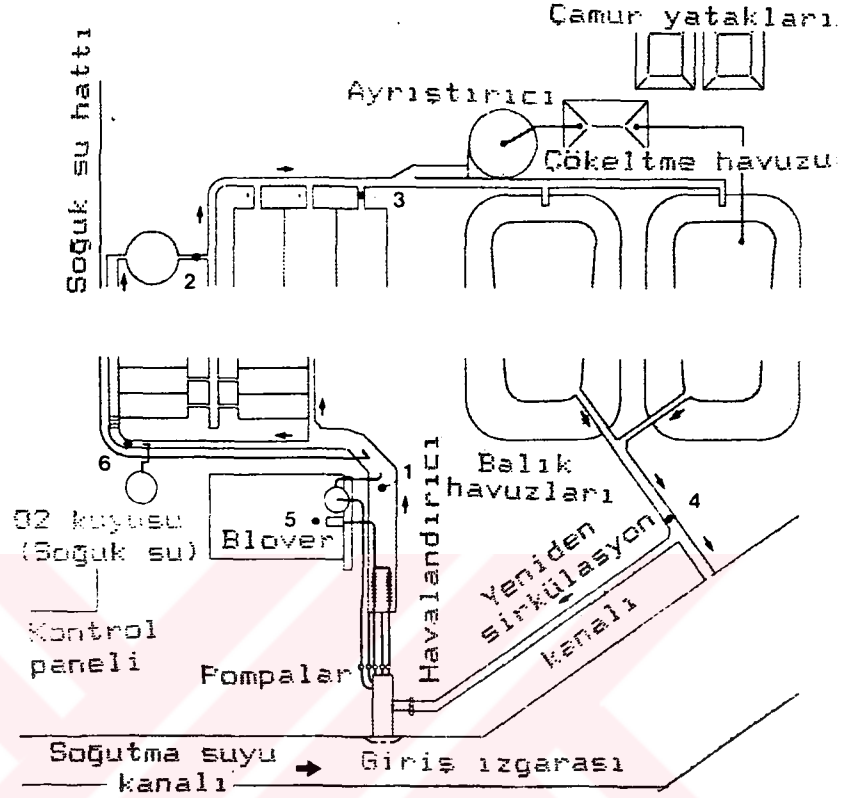
Alabalık ve kalkan balıklarının yetiştirildiği beton tankları ek olarak beton tanklarından çıkan suyun temizliğini göstermek için deneysel kabuklu deniz canlılarının (shellfish) yetiştirildiği 675(m³) hacimli 2 adet doğal göl bulunmaktadır.

Tesiste kullanılan cihazlar;

- EMCO tipi 3 adet oksijen transmitteri (1,2,3)
- EMUC tipi 1 adet debi transmitteri (4)
- EMAT tipi 1 adet hacim sayacı (volume counter) (4)
- 1 adet statik frekans konvertörü (5)
- KPS tipi 1 adet termostat (6)



Şekil: 11.6. Enerji Santralinin Soğutma Suyu Balık Çiftliği



Şekil: 11.7. Şematik Gösterim.

(1) nolu oksijen transmitteri difüzörden hemen sonra yerleştirilmiştir. Üfleyci (blower) kapasitesi, bir statik frekans konvertörü kullanılarak kontrol edilir. Böylece difüzörden sonra giriş suyu oksijen yüzdesi daima %75 ve 80 (18°C de yaklaşık 7 (mg O₂/lt) değerine karşılık gelir) olur. Oksijen miktarının %80 den fazla olması istenen durumlarda (yüksek su sıcaklığı ve balık sayısının fazla olması gibi durumlarda), oksijen dosaj konisi veya oksijen kuyusu (oxygen deep shaft well) kullanılarak sisteme saf oksijen verilir. Giriş suyundaki oksijen konsantrasyonu normalde 9,5-10,5 (mg O₂/lt) değerindedir. Bunun anlamı 18°C'de %110 oksijen doyumudur.

Oksijen kuyusu çalışmadığı durumda; oksijen dosaj konisi, en fazla oksijen gerektiren havuzdan ölçüm yapan (2) ve (3) nolu oksijen transmittterleri tarafından kontrol

edilir. Eğer oksijen kuyusu çalışıyor ise, oksijen konisi (3) nolu oksijen transmitteri tarafından kontrol edilir.

Kuyudaki oksijen dosajı, (2) nolu oksijen transmitteri tarafından kontrol edilir. En fazla oksijen gerektiren havuz bir giriş kanalına bağlıdır ve (2) nolu transmitter bu havuzun çıkışıdır.

Fakat, (3) nolu oksijen transmitteri ile de kontrol yapılabilir; bu durumda soğuk su her iki giriş kanalına da verilmektedir ve en fazla oksijen gerektiren havuz başka bir kanala bağlıdır.

Normal şartlarda oksijen kuyusu ve dosaj konisi (2) ve (3) nolu oksijen transmitteri tarafından kontrol edilir. Çiftliğin en fazla oksijen gerektiren havuzu çıkışındaki suyun oksijen konsantrasyonunun 5,5 (mg O₂/lt) den az olmaması bu şekilde kontrol edilir. Havuzların hiçbirinin oksijen konsantrasyonu 5,5(mg O₂/lt)'den az olmayacaktır.

Eğer havuzlardan çıkışta oksijen konsantrasyonu 4,5 (mg O₂/lt) değerinin altına düşerse bir alarm verilir.

Doğal göl çıkışında (4) bulunan açık kanal tipi debi transmitteri (EMUC) ve hacim sayacı (EMAT), tesisten çıkan toplam debiyi ölçerler(yaklaşık 400-600 lt/S). Hacim sayacında mekanik sayaca ek olarak bir gösterge de yer almaktadır.

Tesis boyunca debi %20 değerinden fazla bir düşüş gösterdiğinde, sesli bir alarm verilir.

BÖLÜM 12. UYGULAMALAR

12.1. Kütahya Atıksu Arıtma Tesisi

12.1.1. Tanıtım

Bu atıksu arıtma tesisi "aktif çamur sistemi" olup, Türkiye'de il bazında en büyük tesistir. 195.000 (m²)' lik geniş bir alana kurulan tesisler iki kademe de projelendirilmiştir. I. kademesi 1995 yılına göre inşa edilmiş olup, eşdeğer nüfusu 230.000 kişidir. Tesisin II. kademe projesi 2010 yılına göre planlanarak 346.000 eşdeğer nüfusa hizmet verecektir. (Şekil 12.6)

Tesisin enerji ihtiyacını karşılayan trafo 1250 kVA kurulu, güce sahiptir. Tesise gelecek ortalama evsel atık su debisi $Q=2214$ (m³/saat)'tir. Tesis, ana kumanda merkezinden otomatik olarak kontrol edilmekte, mekanik ekipmanlar ve pompalar otomatik olarak devreye girmektedir. Tüm ölçümler ve geçen debiler otomatik olarak ölçülüp kaydedilmektedir [5-6].

12.1.2. Tesis Karakteristikleri

Nüfus: 230.000, $Q_{ort}=2214$ m³/h, $Q_{max}=2248$ m³/h
Organik yük: 11.140 kg/gün, BOİ (Biyolojik Oksijen ihtiyacı): 210 mg/lt

Tesis aşağıdaki çıkış suyu parametrelerini sağlayacak şekilde projelendirilmiştir;

- Arıtılmış suyun BOİ değeri: 30 mg/lt
- Arıtılmış suyun AKM/Asılı Katı Madde) değeri:30 mg/lt

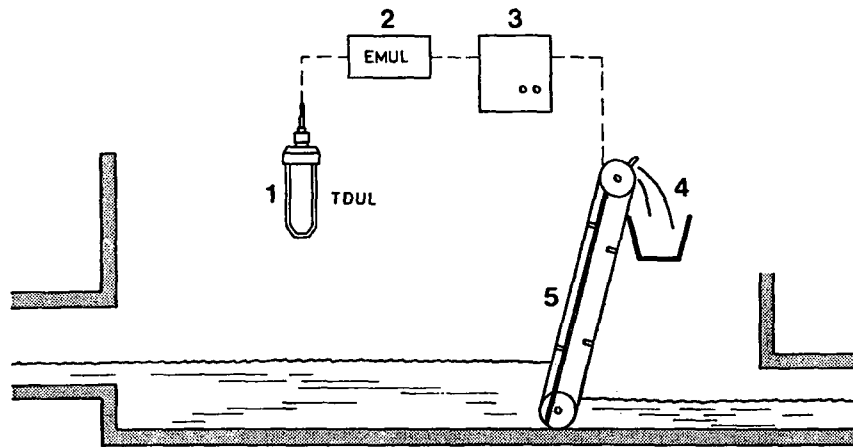
Arıtma tesisi; a) Ön arıtma, b) Biyolojik arıtma, c) Çamur giderme ünitelerinden oluşmaktadır.

12.1.3. Prosesin Açıklanması

12.1.3.1. Ön Arıtma Bölümü

Kütahya kanalizasyon şebekesinden toplanan evsel nitelikli atıksular $\varnothing$ 1400 mm kollektörden tesis giriş yapısına alınmaktadır. Atıksu sürgülü kapaklarla yönlendirilerek ön arıtma ünitesine (1) girer. Suda yüzen maddeler önce kaba ızgarada (2), daha sonra mekanik ince ızgaradan (3) geçerken tutulur ve kum tutucula (4) gönderilir.

Kaba ızgara girişindeki ızgara (screen) bu sisteme plastik, tekstil ve odun parçacıkları gibi tıkanmalara yol açabilecek cisimlerin girmesini önler. Iızgarada tutulan maddeler elektrik motoru ile tahrik edilen tarak (rake) sistemi ile ayrı bir bölüme atılır. Tarağın sürekli çalıştırılması yerine belirli miktarda madde toplandığında çalıştırılması sonucu mekanik aşınma azaltılmış olur.



Şekil: 12.1. Seviye Kontrolü 1- Tranducer (TDUL), 2-Sinyal Konvertörü (EMUL), 3- Kontrol Paneli, 4-Hazne 5- Tarak

Izgara önündeki seviyeyi ölçmek için ultrasonik seviye transmitteri (EMUL) kullanılır. Izgarada fazla birikinti toplandığında veya yağmur yağdığında girişteki seviye yükselecektir. Transmitterden çıkış sinyalleri, ayarlanan seviye limitleri arasında tarak motorunun durması ve çalışmasını sağlayan bir akım kontağına giderler.

Bir zaman kontağı (time relay) tarafın çalışma komutundan bir süre sonra harekete geçmemesini sağlar.

Bu yöntemle tarak 24 saat sürekli çalışma yerine günde 1-2 saat çalışır. 5,5 kW motor kullanılması durumunda bir yıllık elektrik tasarrufu; $5,5 \text{ kW} \times 22 \text{ h} \times 360 = 43560 \text{ kWh}$ olur.

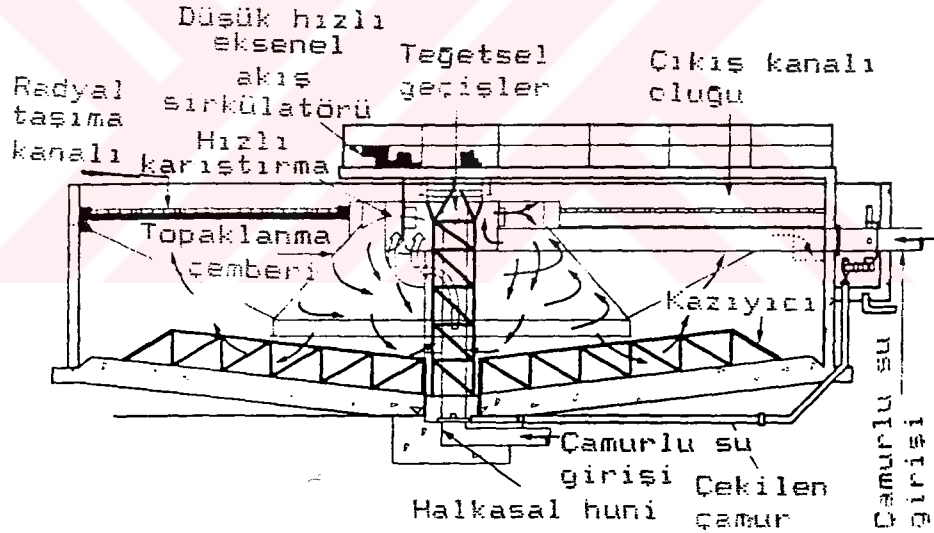
Kum tutucularda (4), atıksularda bulunan inorganik maddeler ve ince kum tanecikleri çökelerek sudan ayrılır. Kum tutucudaki hareketli kum arabasına monte edilmiş pompalar vasıtasıyla kumlar emilerek kum sepetlerine boşaltılır.

Kum tutucuyu terk eden sular. Parshall savağından geçerken ultrasonik debimetre (U) ile m^3/saat olarak anlık ölçülüp ayrıca yazıcıya kaydedilmektedir.

Atıksular daha sonra giriş pompa istasyonu haznesine (5) gelmekte, santrifüj pompalarla dağıtım yapısına (6) terfi edilmektedir. Giriş pompa istasyonundaki dört pompadan ikisi sürekli olarak çalışmaktadır. Hazne üzerine monte edilen pompa kontrolörü (EMULP) 2 motoru kontrol eder. Herbir motorun çalışma ve durması için gerekli olan alt ve üst seviye sınırları ayrı ayrı ayarlanır. Pompalar devreye belirli bir gecikme (min 0,8 saniye) ile girerler. Çıkışta 2 adet SPDT anahtar bulunur. Sinyal konvertörü panosunda yer alan ışıklı gösterge (LED) hangi pompanın devrede olduğunu gösterir ve transducer ile transmitter bağlantısı herhangi bir nedenle koparsa alarm verilir (echo off alarm).

- Max. yük : a.c. 2000 VA, 250 V, 8A
- Çıkış sinyali : 0-10 V analog
- Sinyal çıkış hassasiyeti : + 0,1V %1 FSO(Full Scale Output)
- Güç harcama : 14 VA (2 pompa kontrolü durumunda)
- Seviye ölçüm ağırlığı : 500-3500 mm
- Devreye girme hassasiyeti : + 3 cm
- Pompa gücü : 75 kW

Dağıtım yapısında debi dengelenerek 2 ayrı Ø 900 boru hattı ile doğal akışlı olarak 2 ad. ön çökeltme havuzuna (7) gelir [7-8].



Şekil: 12.2. Ön Çökertme Havuzu

Sudaki çökebilen organik maddeler sudan ayrılarak havuz tabanına çöker. Hareketli köprüye monte edilmiş sıyrıcı ile çamurlar sıyrılarak çamur hunisine toplanır. Pompa istasyonu (8) yardımı ile çamurlar çekilerek çamur çürütme havuzuna terfi ettirilir. Giriş pompa istasyonunda yapılan pompa kontrolü bu istasyonda da benzer şekilde yapılır.

- Pompa gücü : 2,2 kW
- pompa adedi : 2

Ön arıtmadan geçen sular savaklanarak savak kanalında toplanır ve biyolojik arıtmanın gerçekleşeceği havalandırma havuzuna (9) Ø 900 boru hattı ile iletilir.

Kum Tutucu (4)

Boy	: 30 m
Eni	: 2,5 m
Derinliği	: 3 m
Kum tutucu sayısı	: 3 adet
Debisi	: Q_{max}
Araba hızı	: 3 m/dak
Malzeme	: B 225

Giriş Pompa İstasyonu (5)

Depo hacmi	: 566 m ³
Pompa adedi	: 4
Pompa gücü	: 75 kW
Terfi yüksekliği	: 11 m
Tirfi borusu	: Ø 700
Pompa debisi	: 410 lt/s

Dağıtım Yapısı (6)

Boyutları	: 13,40x6,40 m
Yüksekliği	: 5,90 m
Savak sayısı	: 3
Çıkış borusu	: Ø 900

Ön Çökeltme Havuzu (7)

Havuz sayısı	: 2 adet
Havuz hacmi	: 2000 m ³
Havuz çapı	: 33 m

Ortalama derinlik	: 2,60 m
Köprü dönüş hızı	: 2,4 m/dak (max.)
Giriş borusu	: Ø 900
Çamur çekme borusu	: Ø 200
Bekleme süresi	: 1,77 saat
Debi	: 2214 m ³ /h
Yüzeysel yük	: 2 m ³ /m ² /h

12.1.3.2. Biyolojik Arıtma Bölümü

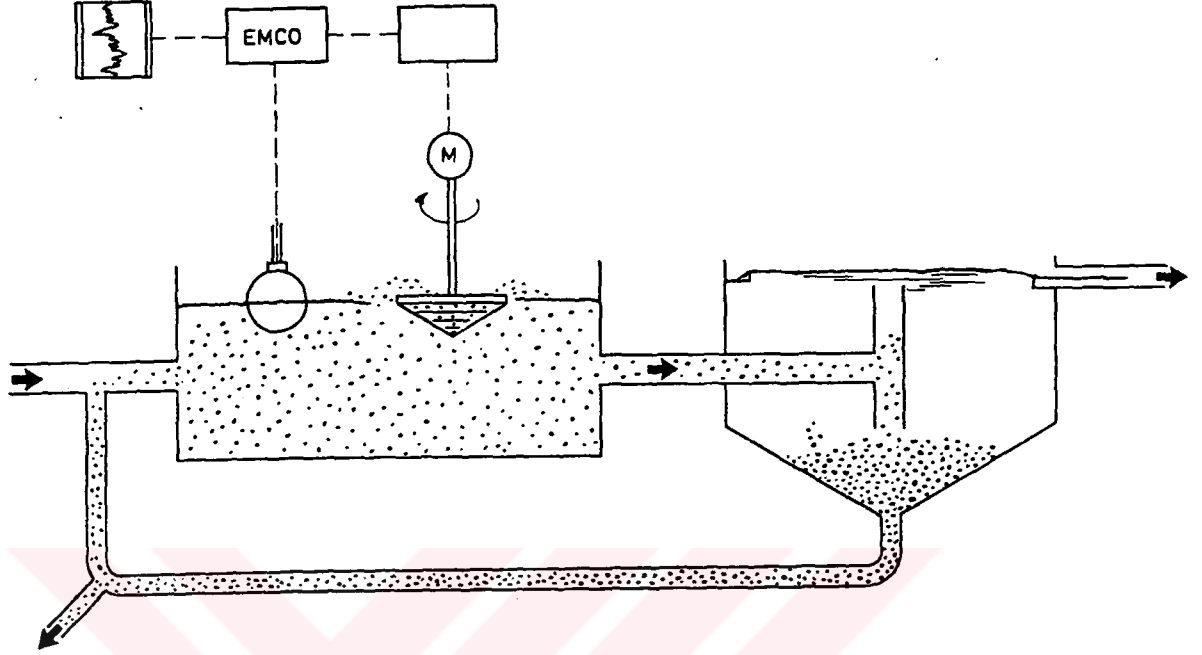
Havalandırma havuzunda, mikroorganizmaların organik maddeleri parçalayabilmesi için gerekli oksijen 4 havuzda yer alan 12 adet yüzey havalandırıcılarla (aerator) verilmektedir.

Havalandırma Havuzu (9)

Havuz sayısı	: 4 adet
Havuz boyutu	: 54x18 m
Derinliği	: 3,25 m
Hacmi (toplam)	: 12.636 m ³
Havalandırıcı sayısı	: 12 adet
Havalandırıcı gücü	: 37 kW
Oksijen ihtiyacı	: 661 kg O ₂ /saat
BOİ yükü	: 2088 kg/gün
Çıkış borusu	: Ø 1400
Çözünmüş oksijen	: 0.5-2 mg/l
Bekletme süresi	: 5.7 saat
F/M oranı	: 0,38 kg BOİ/kg MLVSS gün

Oksijen sağlama yollarından birisi de yüzey havalandırıcısı kullanarak atmosferik havayı su ile karıştırmaktır. 24 saat boyunca biyolojik yük değişebilir ve havalandırucu çok miktarda enerji harcar. Bu miktarın değişen yüke göre ayarlanması gerekir.

Havalandırma tanklarındaki oksijen miktarı, her havalandırıcıda yer alan birer adet oksijen transmitteri (EMCO) ile ölçülür.



Şekil: 12.3. Yüzey Havalandırıcısı (surface aerator) İle Oksijen Kontrolü

Yüzey havalandırıcısının kontrolü, oksijen transmitteri üzerinde alt ve üst oksijen sınır değerlerinin ayarlanması ile yapılır. Bir zaman kontağı (time relay) havalandırıcısının çalışma ve durması arasında belirli bir min. zamanın geçmesini sağlar. Oksijen transmitterinin analog akım çıkışından kaydediciye bir sinyal yollanır ve oksijen miktarı kaydedilir.

Çıkış sinyali	: 0/4-20 mA
Yük	: 0-680 ohm.
Hassasiyet	: + %1
Reaksiyon süresi	: 20 veya 80 saniye (seçilebilir)
Ölçüm yapılan sıvı sıcaklığı	: 0-40°C
Kontaklar	: SPDT (Single Pole Changeover), 2A, 250 V.
Güç harcamı	: max. 7 VA
Ölçme aralığı	: % 0-10-30-100 3-10-30 ppm (mg O ₂ /lt)

Sular mikroorganizma yumaklarını da içine alarak 4 adet son çökeltme havuzuna (11) gelir. Flokasyon (topaklanma) sonucu sudan ayrılan çamurlar dibe çöker. Hareketli köprüye monte edilmiş sıyırıcılar aracılığı ile çamurlar sıyrılarak çamur toplama hunisine alınır. Bu çamurlar teleskopik vana yardımı ile doğal akışlı olarak geri devir pompa istasyonu (12) haznesine gelirken %98 arıtılmış sular üçgen savaklarda kanala alınarak toplanır ve deşarj kanalı ile Porsuk çayına deşarj edilir.

Son Çökeltme Havuzu

Havuz sayısı	: 4 adet
Çapı	: 39 m
Hacmi	: 2966 m ³ /ad
Ortalama derinlik	: 3,10 m
Yüzeysel yük	: 16,80 m ³ /m ² saat
Bekleme süresi	: 3,6 saat
Köprü dönüş hızı	: max. 2.4 m/dak
Giriş borusu	: Ø 800
Çamur borusu	: Ø 500

12.1.3.3. Çamur Giderme Bölümü

Son çökeltme havuzlarından (11) 2 adet geri devir pompa istasyonu haznesine (12) gelen çamur, pompalar yardımı ile geri devir yaptırılarak havalandırma havuzuna (9) basılır. Böylece havalandırma havuzunda mikroorganizma konsantrasyonu sabit tutularak arıtma veriminin üst düzeyde gerçekleşmesi sağlanmış olur.

Geri devir pompa istasyonunda (12) 3 adet pompanın kontrolü yapılmaktadır. Seviye ultrasonik yöntemle ölçülmekte ve her bir pompa ayarlanan seviye değerlerine bağlı olarak çalışmaktadır.

Geri Devir Pompa İstasyonu

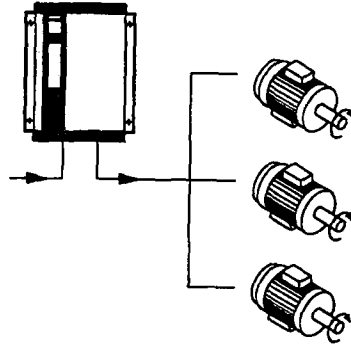
İstasyon sayısı	: 2 adet
Depo hacmi	: 107 m ³
Pompa sayısı	: 2x3=6 ad.
Pompa gücü	: 37,5 kW/ad.
Pompa debisi	: 190 lt/s
Terfi yüksekliği	: 8 m
Giriş borusu	: Ø 500
Geri devir borusu	: Ø 600

Geri devir pompa istasyonu haznesindeki fazla çamur 2 adet çamur yoğunlaştırma havuzuna (13) basılmaktadır. Buradaki karıştırıcılarla çamurun içindeki su alınarak, çamur yoğun hale getirilmektedir.

Artan çamur konsantrasyonu dibe çökerek sıyırıcı ile huniye toplanırken pompa istasyonu (14) yardımı ile çamur çekilerek çamur çürütme (stabilizasyon) havuzuna (15) gönderilir. Yoğunlaştırma havuzunda seyrelmiş sular savaktan alınarak cazibe boru hattı aracılığı ile giriş pompa istasyonu haznesine (5) gelir.

Geri devir pompa istasyonlarında 2 adet ultrasonik seviye ölçer kullanılmaktadır. Çıkış sinyalleri standart 0-10 V'tur. Bu sinyaller 2,2 kW gücündeki 3 motoru paralel olarak süren frekans konvertörüne geri besleme (feedback) sinyalleri olarak girmektedir. Danfoss VLT 3500 HV-AC serisi frekans konvertörü birden fazla motoru paralel olarak sürer. Motor hızları aynı şekilde değişir. Motorların akım harcamaları toplamı, frekans konvertörünün sürekli çıkış akımını $I_{VLT,N}$ geçmemelidir [9-10].

Kullanılan frekans konverotrünün gücü: $3 \times 2,2 = 6,6$ kw
Standart olarak en yakın 7,5 kW frekans konvertörü seçilir.



Şekil: 12.4. Motorların Paralel Olarak Bağlantısı

Frekans Konvertörüne Ait Özellikler

Tipi		: Danfoss VLT 3511
Çıkış akımı	$I_{VLT,N}$ A	: 16
Çıkış	$S_{VLT,N}$ kVA	: 11.5
Çıkış gücü	$P_{VLT,N}$ kW	: 7.5
Çıkış voltajı	U_M %	: Besleme voltajının 0-100 miktarı
Çıkış frekansı	f_m Hz	: 0-120
Motor voltajı	$U_{M,N}$ V	: 380/400/415
Motor frekansı	$f_{M,N}$ Hz	: 50/60/87/100
Isıl koruma		: Elektronik ısı koru- ma ve termistör (DIN 44081)
Rampa süresi	S	: 0,1-3600

Frekans Konvertörü Parametrelerinin Belirlenmesi

Hız kontrolü	: Kapalı çevrim
Motor gücü	: 6,6 kW
Motor voltajı	: 380 V
Motor frekansı	: 50 Hz
Motor akımı	: $I_0 - I_{VLT_{max}}$
Geri besleme tipi	: Voltaj
Gösterge birimi	: m (seviye)
İleri besleme faktörü	: %0-100

Kontrolör sınırlaması	: % 0-100 Kontrolör bant genişliği PID kontrolör çıkışını sınırlamaktadır.
Oransal kazanç	: 0-10 Yüksek değerlerde kontrol hızlıdır. Ancak değer çok yüksek olduğunda, proses kararsız olabilir.
İntegral zamanı	: 0.02 s-120 dakika İntegral zamanı kısa ise kontrol hızlıdır. Bu değer çok küçük olduğunda proses kararsız olabilir.
Diferansiyel zaman	: 0-10 s Diferansiyel zamanı kısa ise kontrol hızlıdır. Bu değer çok kısa ise proses kararsız olabilir. Diferansiyel zamanı 0 (S) seçilirse D fonksiyonu işlev görmez.
Alçak geçiren filtre	: 0-10 s Geri besleme sinyali 0-10 S arasındaki bir T zaman sabitine sahip alçak geçiren filtre ile sönümlenir. 0(S) seçilirse işlev görmez.
Min. frekans	: $0-f_{max}$ Min. referans girişine karşılık gelen çıkış frekansı
Max. frekans	: 0-120 Hz Max. referans girişine karşılık gelen çıkış frekansı
Rampa tipi	: sin Hızlanma ve yavaşlama tipi seçimi. sin. eğrisi hızlanma ve yavaşlama ivmelerinde yumuşak kılkiş ve duruş olanağı verilir.

Hızlanma ivmeleme süresi : 0-3600 s

Yavaşlama ivmeleme sirüse: 0-3600 s

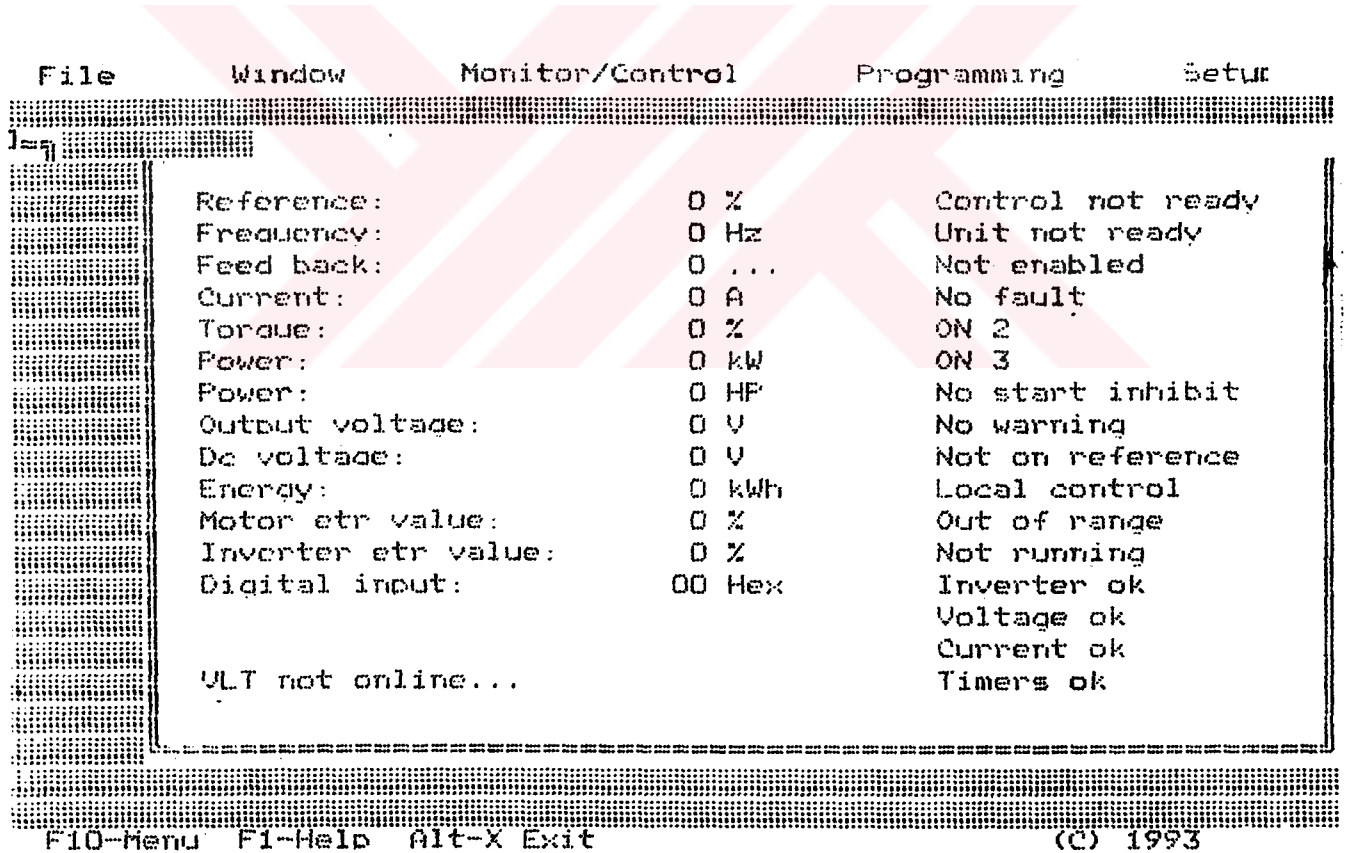
Başlama frekansı : 0-10 Hz

Motorun çalışmaya başlama fre-
kansı

Başlama gecikmesi : 0-1 s

Yüksek başlangıç momenti süresi: 0-1 s

Çamur çürüme havuzundaki (15) 4 adet yüzey havalandırıcılarla gereken oksijen verilerek çamurlar biyolojik stabilizasyona (çürümeye) tabi tutulular. Çürüyen çamurlar savaklanarak toplama roparına alınır. Havalandırıcılar oksijen transmitterleri ile kontrol edilmektedir.



Şekil: 12.5. PC ile Kontrol için Hazırlanmış Yazılımda Olayın İzlenmesi [Ek B]

Çamur Çürütme Havuzu (15)

Havuz sayısı	: 2 adet
Hacmi (toplama)	: 4046 m ³
Genişlik	: 17 m
Uzunluk	: 34 m
Derinlik	: 3,5 m
Havalandırıcı sayısı	: 4 adet
Oksijen kapasitesi	: 581 kg/saat
Çamur debisi	: 187 m ³ /gün
Bekleme süresi	: 11 gün

Çamur Pompa İstasyonları (8,14,15a)

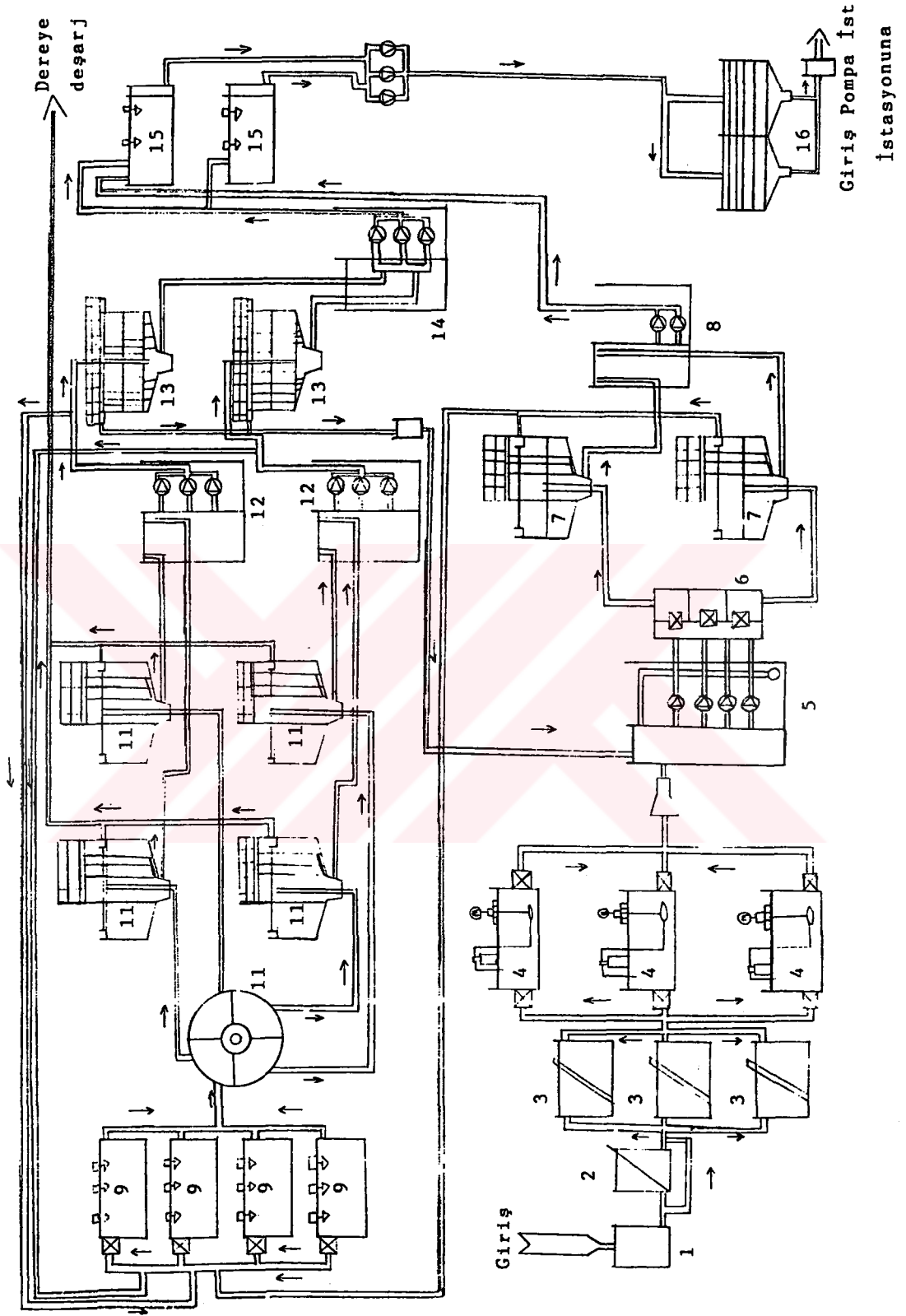
Pompa istasyonu sayısı	: 3 adet
Pompa sayısı	: 8 adet
Pompa gücü	: 1,1-2,2 kW
Debi	: 2,8-8,3 lt/s
Terfi yüksekliği	: 4,5 m-7m

Pompa istasyonu yardımı ile ropardan çekilen çamurlar, çamur kurutma yataklarına (16) basılarak açık havada kurumaya terk edilir.

Çamur Kurutma Yatakları (16)

Yatak sayısı	: 40 adet
Boyutları	: 50x10 m
derinliği	: 1 m
Drenaj borusu	: Ø 150
Drenaj malzemesi	: Kum-ince çakıl-kaba çakıl
Çamur yüksekliği	: 25 cm

Kum çakıl drenaj malzemesinden süzülen sular kapalı boru hatlarında toplanarak giriş pompa istasyonu haznesine gelmektedir. Yataklarda kuruyan çamur zaman zaman el ile temizlenerek son toplama alanına uzaklaştırılır veya zirai analiz sonuçları uygun ise tarım alanında gübre olarak kullanılabilir.



Şekil:12.6.Kütahya Atıksu Arıtma Tesisi.

Tablo: 12.1. Tesis Labaratuvarında yapılan Atıksu Analiz Sonuçları

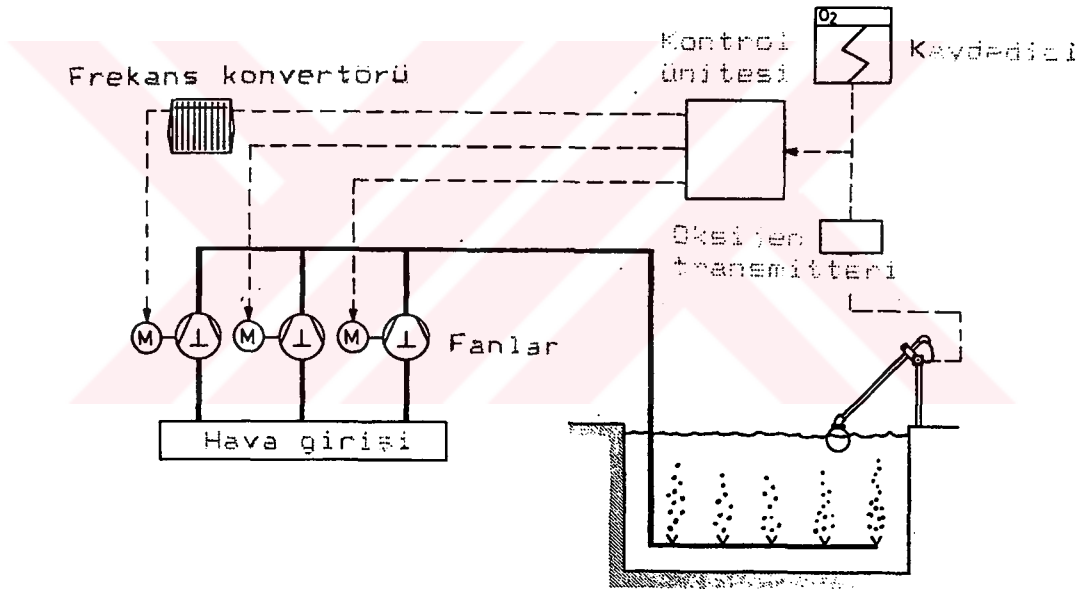
Analiz Tarihi	BOİ mg/lt	KOİ mg/lt	AKM mg/lt	PH	Arıtma Verimi
26.6.1992					
Giriş suyu	380	620	1150	6.5	% 99
Çıkış suyu	5	25	3	6.7	
13.7.1992					
Giriş suyu	400	730	550	6.7	% 99
Çıkış suyu	5	12	2	7,5	
21.6.1992					
Giriş suyu	167	377	180	7.1	% 98
Çıkış suyu	3.6	15.6	1.6	7.0	

12.2. Difüzörler İle Oksijen Kontrolü

Bir biyolojik arıtma tesisinin verimliliği için ön şart , havalandırma tankındaki biyolojik aktivitenin fazlalığıdır. Bunun içinde büyük oranda oksijene gereksinim vardır. Bu oksijeni sağlamanın bir yolu da, suya çok küçük hava kabarcıkları üfleyen difüzörlerdir. Tesisteki biyolojik yük ve bununla birlikte oksijen gereksinimi 24 saat boyunca değişik olacaktır. Havalandırma için gereken enerji, arıtma tesisinin toplanan enerji giderinin %80'ine ulaşabilmektedir.

Üflenlen hava miktarı, değişen biyolojik yük ile eş zamanlı olarak kontrol edilmelidir. Optimum biyolojik proses için yeterli oksijenin ($0,5 \text{ O}_2/\text{lt}$) suyun içinde bulunması bu kontrol yöntemi ile sağlanmalıdır. Bu kontrol çok yüksek oksijen konsantrasyonu nedeni ile birikinti oluşumunu da önlemelidir. $2(\text{mg O}_2/\text{lt})$ 'den fazla oksijen olmamalıdır [1-7].

Havalandırma tankındaki oksijen konsantrasyonu EMCO oksijen transmitteri ile ölçülebilir. Yüzen bir topa yerleştirilen sensör, tank içinde oksijen konsantrasyonunun referans olarak alınacağı yere monte edilir. Hava üfleyici fanlardan birisi, frekans konvertörü ile kontrol edilir. Frekans konvertörleri a.c. motorların sürülmesinde büyük kontrol olanakları sunarlar. herhangi bir anda gerekli oksijen miktarının tam olarak karşılanması için, refülasyon ünitesi frekans konvertör kontrollü üfleyiciyi diğer sabit çalışan üfleyiciler ile devreye sokar veya çıkarır.



Şekil: 12.6. Difüzörler İle Oksijen Kontrolü

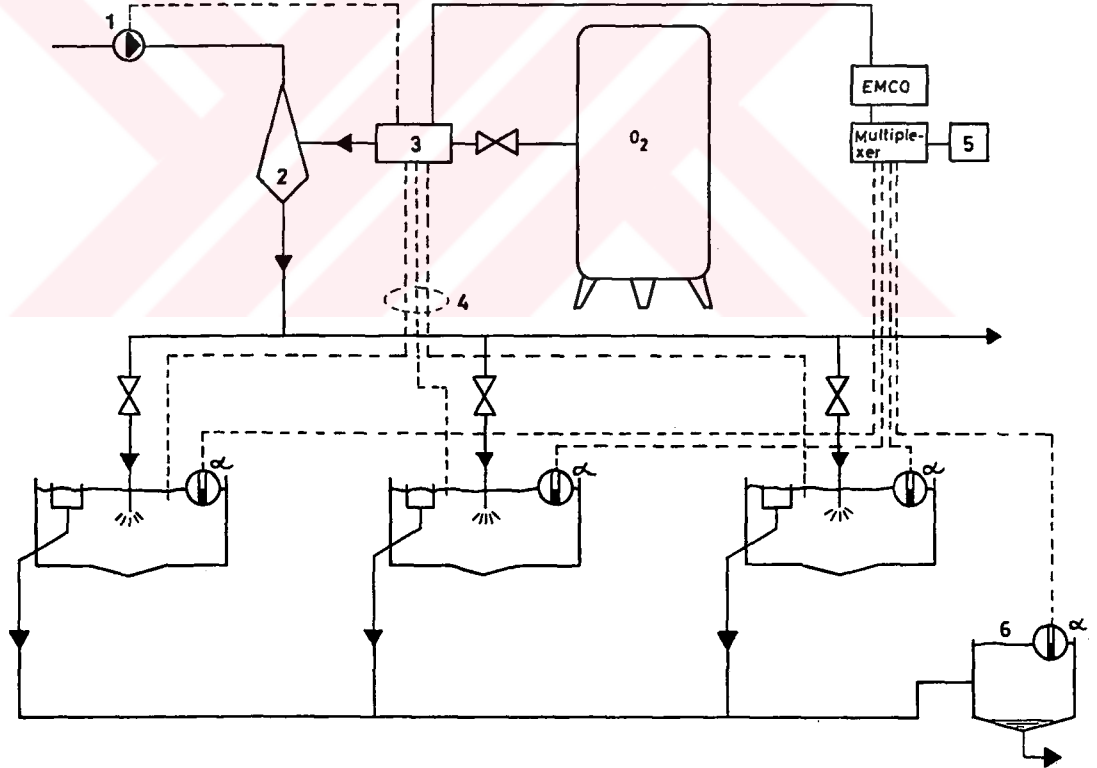
12.3. Su Sirkülasyonunun (Waterrecirculation) Olduğu Bir Balık Çiftliğinde Oksijen Kontrolü

Herbir bölümde çok sayıda balık yoğunluğu ve üretimi, bununla birlikte dışarıdan sisteme az su girişi istendiğinde suyun sürekli olarak sirkülasyonu gereklidir.

Balıkların büyüme hızını artırmak için su ısıtılır

(22-24°C) ve bu durumda gerekli oksijen miktarı artar. Oksijen temel parametredir ve tam olarak kontrolü gereklidir.

Basıncılı kaplardan sisteme saf oksijen verilir, böylece hızlı bir karışım yapılır. Oksijen kontrolü balığa optimum büyüme şartlarını sağlayan ortamı hazırlar. Limit cihazları ile oksijen tüketimi min. değere indirilir. tesiste 9 ölçüm noktasına olanak veren 3 adet multiplexer bulunmaktadır.



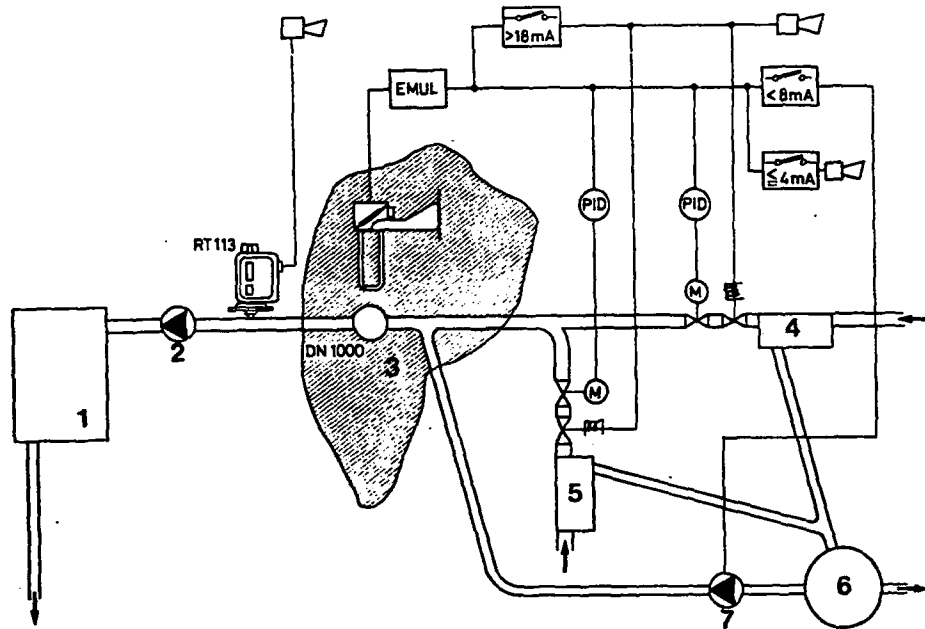
Şekil: 12.7. Oksijen Kontrolü. 1-Pompa, 2-Oksijen konisi, 3- Oksijen toplayıcı, 4- Acil oksijen Verme hattı, 5- Kontrol ünitesi, 6- Çamur ayırıcı

12.4. Kanalizasyon Sistemlerinde Seviye Kontrolü

Kanalizasyon şebekesinin büyümesi sonucu, kurulu olan tesiste kapasitenin düşük kaldığı bir noktaya ulaşılır. Sisteme giriş debisi çok olduğunda, alçak yerlerde sel tehlikesi görülebilir. Bu nedenle fazla sınının toplandığı bir depo yapılır. Daha sonra yük şartları normale döndüğünde sisteme geri pompalanır.

Giriş kanallarında motorlu vanalar kullanılarak ortak çıkış kanalındaki debinin ayarlanabilir bir max. değerin altında tutulması ve bu değer ayarlanabilir başka bir değere düştüğünde geri pompalamanın başlatılması sağlanır.

Eğer çıkıştaki seviye motorlu vanaların azaltabileceği değerden çok fazla yükselirse (ortak çıkış hattı sonundaki pompaların bozulması durumu vs) giriş kanallarındaki azaltma kanalları (drop weirs) açılmalıdır.



Şekil: 12.8. Seviye Kontrolü. 1-Arıtma tesisi, 2-Pompa istasyonu 3-Kuyu 4-Fazla su haznesi 5-Fazla su haznesi 6- Dengeleme haznesi

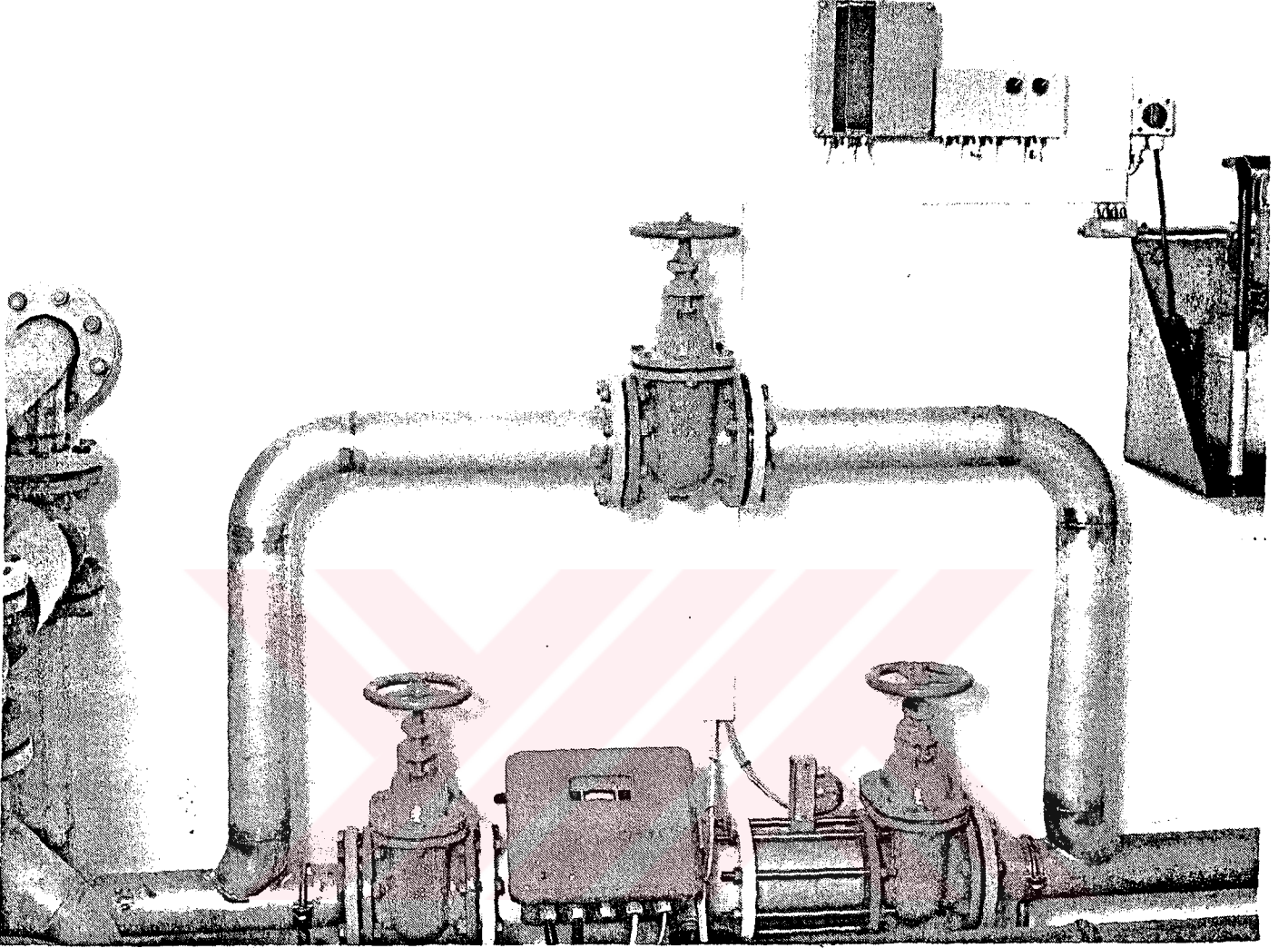
Ortak kanaldaki seviye sürekli olarak ultrasonik seviye transmitteri (EMUL) tarafından ölçülür. Transmitterin çıkış sinyalleri giriş kanallarındaki motorlu vanaları ve iki adet ayarlanabilir akım rölesini kontrol eder. Rölelerden birisi max. değere (üst sınır) ayarlıdır ve girişleri kapar. Diğer röle ise min. değere (alt sınır) ayarlıdır ve dengeleme deposundan kanala geri pompalamayı başlatır.

12.5. Çürütme (digestion) Tankına Giden Atıksu Debisinin Ölçümü

Mekanik biyolojik arıtma tesisinin kapasitesi 27.000 p.e.'dir ve kapasite 40000 p.e.'ye artırılacaktır. Tesisin çamur işleme bölümünde 140 (m³) hacminde bir konsantrasyon tankı bulunmaktadır. Çamur bu bölüme sedimentasyon tankından geçtikten sonra gelmektedir. Altta yer alan bir kanaldan daha önce çürütme tankına pompalanmış olan ve henüz ayrışmamış çamur (sludge) yerçekimi etkisi ile atık madde depolama tankına geçer. Üretilen gaz, bir gaz depolama tankına gönderilir.

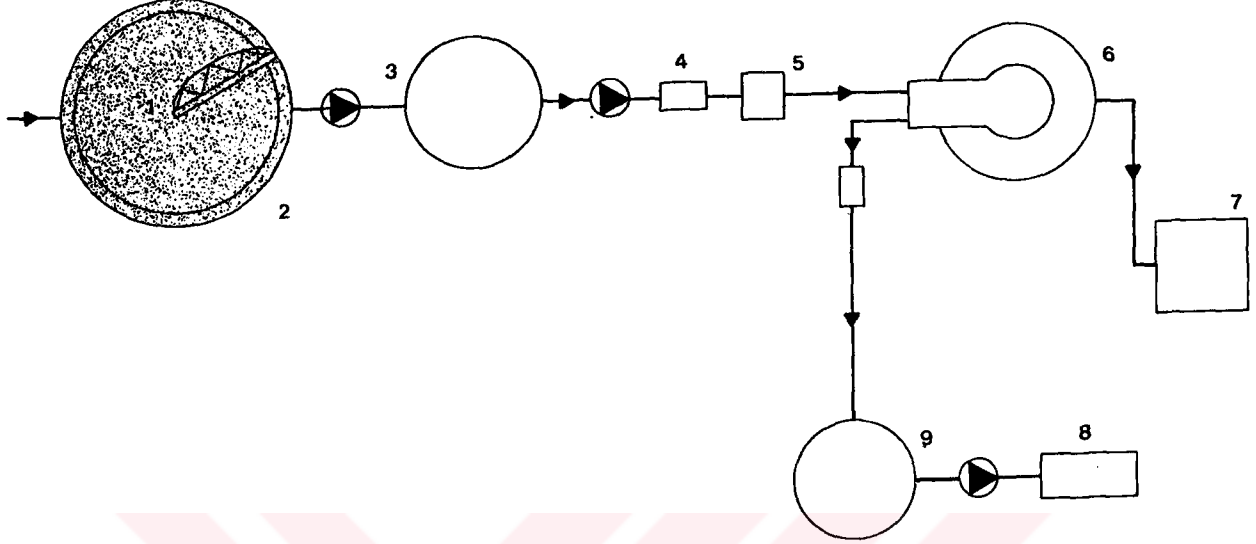
Sisteme uygulanan yeni plan, toplam enerji tüketimini 2/3'ünün tesiste üretilen gaz ile olmasını öngörmektedir. Gaz üretimi optimize etmek için, kalınlaştırıcıdan (thickener) çürütme (digestion) tankına pompalanan çamur miktarının ölçülmesi gerekir. Bu şekilde optimum çalışma şartları ve çürütme tankının 24 saat boyunca düzenli bir şekilde yüklenmesi sağlanır.

Kalınlaştırıcı ve çürütme tankları arasında yer alan 100 mm çaplı boru hattı üzerinde bir magnetik debimetre (MAG 1000) ve bir atıksu konsantrasyon ölçüm cihazı bulunmaktadır.



Şekil: 12.9. Kalınlaştırıcı ve Çürütme Tankı Arasındaki Magnetik Debi Ölçümü. Şekilde Katı Miktarını Ölçen Cihaz (Solids measurer) ve Kapama Vanaları Görülmektedir.

Debimetre, çürütme tankına pompalanan çamur miktarını toplaması yanında pompanın önceden belirlenen miktardan (2 m^3) fazla basmasını önleyecek şekilde kontrol yapar. Bu yöntem sonucu çürütme tankında oluşabilecek sıcaklık şoku önlenir. Eğer çamur konsantrasyonu %4 değerinin altına düşerse çürütme tankına pompalama işlemi durdurulur. Konsantrasyon %4-6 değerinde olmalıdır. Bu tesiste günlük gaz üretimi $4-500 \text{ (m}^3\text{)}$ olmaktadır.



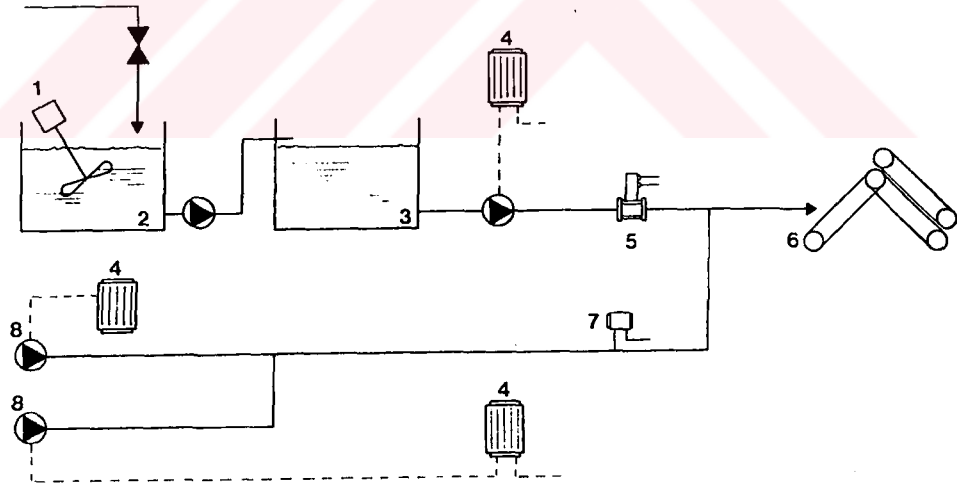
Şekil: 12.10. Debi Ölçümü. 1-Sıyırıcı, 2- Sedimentasyon tankı, 3-Konsantrasyon tankı, 4-Katı miktarı ölçer, 5-Debimetre (MAG 1000), 6-Çürütme tankı, 7-Gaz tankı, 8-Çamur pres, 9-Çamur depolama tankı

12.6. Bir Arıtma Tesisinde Atık Maddelerin Ayrışması

Tesis kapasitesi 100.000 p.e.'dir. Bu mekanik ve biyolojik tesiste, mekanik bölümün verimliliğini artırmak için mekanik bölüme girişte kimyasal maddeler karıştırılır. Tesiste işlenen çamur büyük oranda organik madde içermektedir. Bunun nedeni de atıksunun bir kısmının mez-baha ve süthanelerden gelmesidir.

Bu özellikteki çamurun işlenmesi sonucu büyük miktarda atık madde süzülür. Atık maddelerin bir yerde depolanması için gerekli taşıma giderleri ve işlerin en aza indirilmesi arıtma işleminin otomatik kontrolünün olabildiğince fazla olmasını gerektirir. Toplanan atık madde hacminin 10-15 (m³) olduğu durumların optimizasyonu ekonomik öneme sahiptir.

Çamur, filtreye hızı frekans kontrol cihazı ile istenilen şekilde ayarlanan bir pompa ile basılır. Günlük atıksu özelliği ve miktarına bağlı olarak frekans konvertörü ayarlanır. Pres filtreye girişte çamur ve polimerik su karıştırılır. Polimerin kullanılmasının nedeni suyun çamurdan ayrışmasını kolaylaştırmaktadır. Kullanılan polimer miktarı DN 25 çaplı bir magnetik debimetre (MAG 1000/1100) tarafından kaydedilir. Böylece tüketime bağlı olarak kullanılan kimyasal maddeden ne ölçüde yararlanıldığı kontrol edilir. Debimetre kullanılması ile farklı polimerlerin kalitesi test edilebilir. kullanılan polimere bağlı olarak pres filtrede biriken katı madde miktarı diğer polimerlerin bıraktığı ile karşılaştırılır. Atıksu borusu üzerine güvenlik amacıyla bir basınç transmitteri yerleştirilmiştir, böylece boruların patlaması veya sıvısız çalışması önlenir.



Şekil: 12.11. Atık Maddelerin Ayrışması. 1-Karıştırıcı, 2-Karıştırma tankı, 3-Depolama tankı, 4-Frekans konvertörleri, 5-Debimetre, 6-Pres filtre, 7-Basınç transmitteri, 8-Pompalar

Bu tür uygulama ile İsveç'te yapılan testler sonucu, kullanılan kimyasal maddelerden tasarrufu %30-40 dolaylarında olduğu belirlenmiştir.

çamur ve polimerik suyun frekans konvertörleri kullanılarak debilerinin istenen şekilde ayarlanması ile pres filtrede bir karıştırma deposunun bulunmasına gerek kalmaz.

Çamur pompasının kontrolü sonucu (kg atık madde/saat) ile ifade edilen pres kapasitesi artırılır.

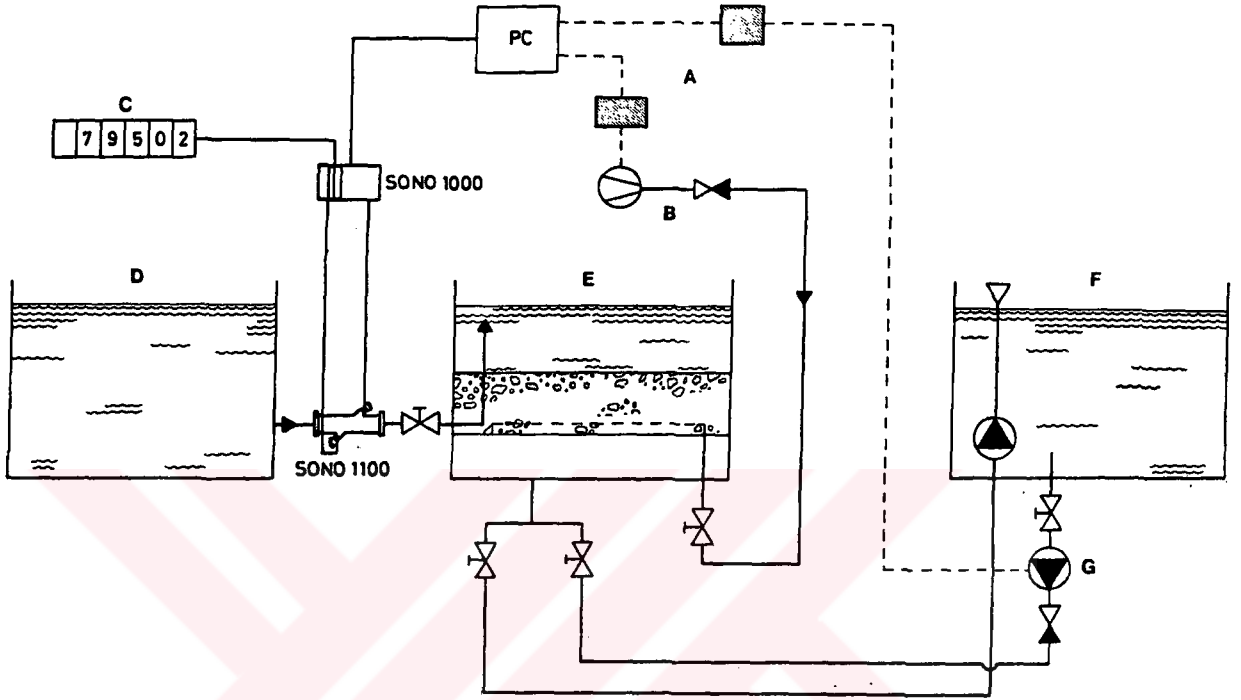
12.7. Su Şebekesi Üzerinde Yer Alan Bir Filtrenin Temizliğinin Otomatik Kontrolü

Sistemde yer alan 6 adet filtreye giden boru hatları üzerinde akışa engel olmayacak şekilde her bir hatta bir ultrasonik debimetre (SONO 1000) yerleştirilmiştir.

Su ile kalibrasyonu (wet calibrated) yapılmış borular (DN 200) en iyi hassasiyeti yakalamak amacı ile kullanılmışlardır ve ortamın nemli oluşu nedeni ile IP 56 transducerler kullanılmıştır.

Debimetreden çıkan sinyaller, sinyalleri işleyen bir programlanabilir kontrolöre (PC) ve bir mekanik sayıcıya giderler. Önceden belirlenen debi değeri aşıldığında filtrelerin geri yıkanması işlemi başlatılır.

Bu tür bir sistem sonucu tüm filtreler optimum kapasite ile çalışırlar. Filtre içinde suyun arıtılmadan geçebileceği kanalcıkların oluşması riski büyük oranda azaltılır.



Şekil: 12.12. Bir İçme Suyu Filtreleme İşleminde, Filtre Temizliğinin Otomatik Kontrolü

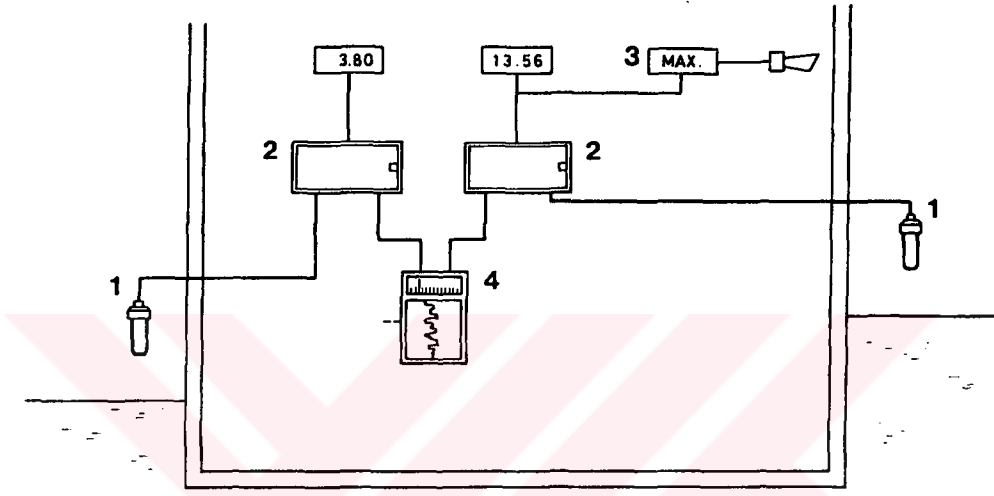
A-Kontrol otomatikleri, B-Havalandırıcı (wash aerator)
C-Mekanik sayaç, D-Bekletme tankı, E-Filtre, F-İçme suyu deposu, G-Geri yıkama pompası

12.8. Bir Barajda Türbinlere Giriş ve Çıkıştaki Su Seviyelerinin Ölçümü

Giriş ve çıkıştaki su seviyelerini gözlemek amacı ile iki adet ultrasonik seviye transmitteri (EMUL) seçilmiştir.

Akım sinyalleri, üzerinde max. ve min su seviyelerinin ayarlandığı bir kuvvetlendiriciye (trip amplifier) giderler. Bu sinyaller aynı anda su seviyelerini metre olarak gösteren digital sayıcıya ve bir kaydediciye de gönderilirler.

Büyük su düşümü durumunda, üretilen her (kwh) enerji için su tüketimi daha az olacaktır.



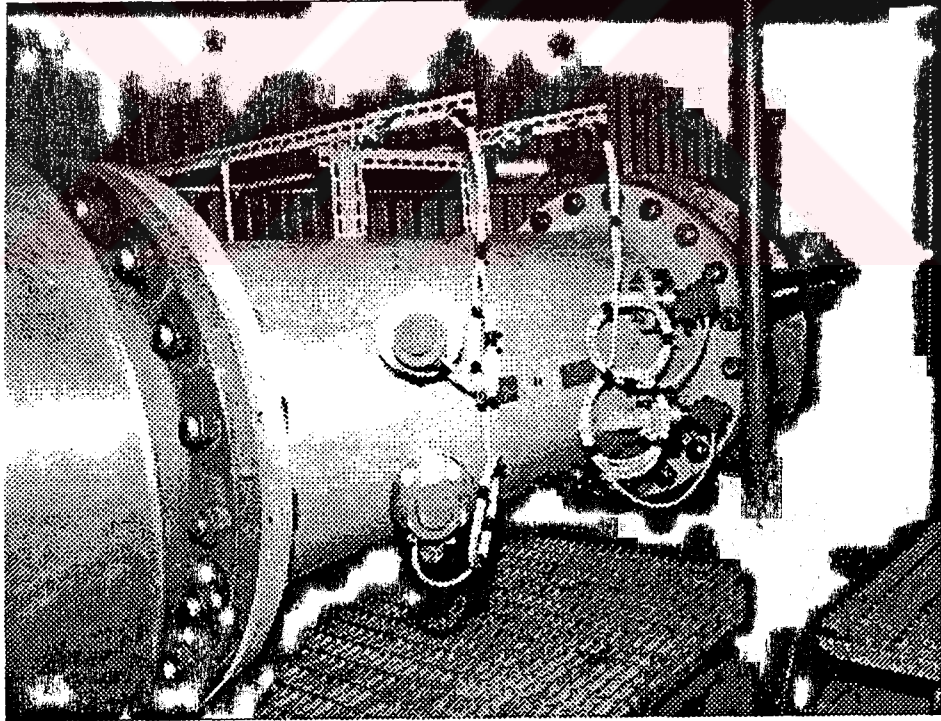
Şekil: 12.13. Seviye Ölçümü. 1-Transducer (TDUL), 2-Sinyal konvertörü (EMUL), 3-Alarmlı kuvvetlendirici, 4-Kaydedici

12.9. Artık Isının Uzun Süre Aynı Hassasiyet İle Ölçümü

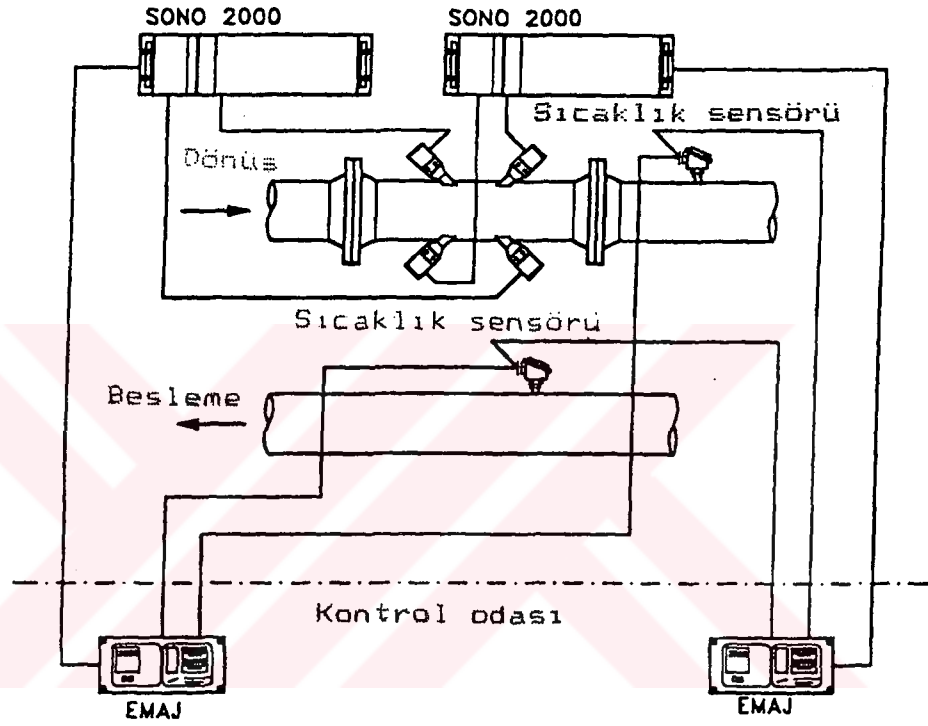
Helsingberg (İsveç) kentinde kurulu olan Kemira Kemi AB şirketi sülfirik asit üretmektedir. Üretim sırasında oluşan atık ısı, 1974 yılından beri Helsingborg kentinin merkezi ısıtma sistemine verilmektedir. Bu atık ısı Helsingborg Energiverk AB şirketine satılmaktadır ve ödeme transfer edilen ısıнын iki ayrı ölçüm değerinin karşılaştırılmasına bağlı olarak yapılmaktadır. Ölçüm cihazlarından birisi Helsingborg Energiverk AB ve diğeri Keimra Kemi AB şirketine aittir.

Kemira Kemi AB şirketinin 10 yıl boyunca kullandığı elektromagnetik debimetreler çalışma ömürlerini tamamlamışlardır. Boru içinde yer alan kaplama maddesi hasar görmüş ve yer yer yok olmuştur. Bunun sonucunda ölçüm hataları ve gelirden azalma görülmüştür, her iki sisteminde önemli ölçüde onarımı veya tamamen değişimi gerekmiştir [1].

Kemira kemi AB şirketi, daha yüksek hassasiyetli ve uzun ömürlü debimetre kullanımına karar vermiştir.



Şekil: 12.14. Helsingborg'da Kurulu Kemira Kemi AB Tesisinden Çıkışta Atık Isının Ultrasonik Yöntem İle Ölçümü.

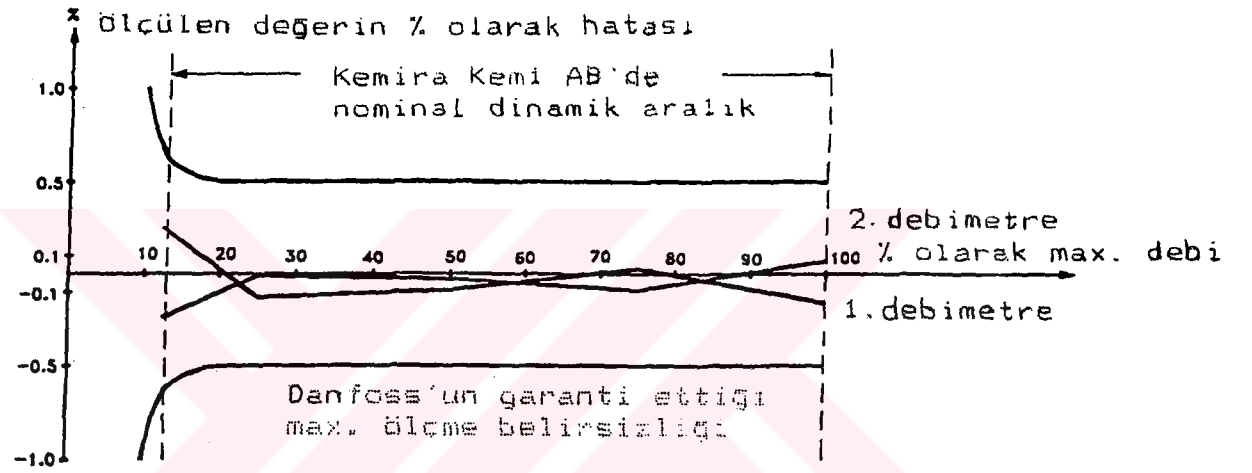


Şekil: 12.15. Ultrasonik Yöntemle Debi ve Isı Ölçümü

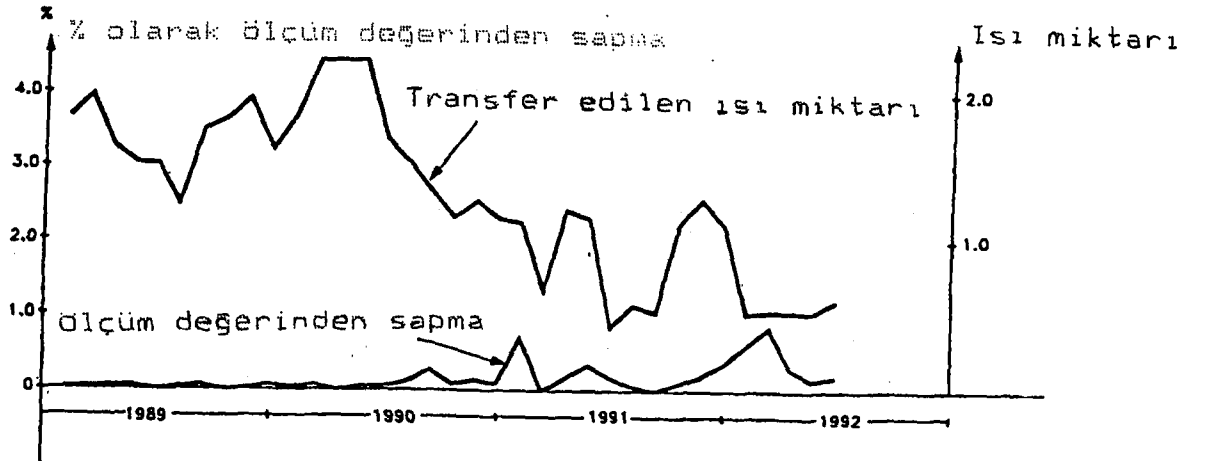
İki doğrultulu (twin track) ultrasonik debimetre SONO 2000 kullanımı tercih edilmiştir. Ödeme üzerine tartışmalara son vermek için iki ayrı ölçüm sistemi kurulmuştur. Transfer edilen ısı miktarı ısı ölçer (EMAJ) ile gidiş/dönüş su sıcaklığına ve hacimsel debiye bağlı olarak hesaplanmaktadır, her iki SONO 2000 cihazıda aynı boru üzerine transducerlerin ses doğrultuları çapraz olacak şekilde monte edilmiştir. Her iki cihazda aynı akış şartlarında çalışacağından ve sonuçta debi değişimlerinden bağımsız olacaklarından güvenilir ölçüm değerleri elde edilir. Gidiş ve

Gidiş ve dönüş borularındaki sıcaklık değerleri 4 adet çift pt 100 sıcaklık sensörü ile ölçülür.

Sinyal konvertörü ve sıcaklık sensörlerinden gönderilen sinyaller, merkezi ısıtma sisteminin kontrol odasında bulunan iki ısı ölçere ulaşır. Kontrol odasında ölçümler sürekli olarak gözlenir. İki ölçüm değeri ortalamasına göre ısı ücreti ödenir.



Şekil: 12.16. Hollanda'da Delft Hydraulics Tarafından Yapılan Su İle Kalibrasyon



Şekil:12.17. Kemira Kemi AB Tesisinden Alınan Ölçüm Sonuçları.

Hollanda'da kurulu Delft Hydraulics, debi ölçerler Helsingborg'da monte edilmeden önce bu cihazların laboratuvarında su ile kalibrasyonunu (wet calibration) yapmıştır. Şekildeki eğriler cihazın çalışmasını göstermektedir.

Kalibrasyon sonucunda her iki cihazın da üretici firma DANFOSS'un tanımladığı şekilde iyi lineerlik ve yüksek hassasiyet değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Cihazların Mart 1989 tarihinde monte edilmesinden itibaren transfer edilen enerji günlük olarak kaydedilmiştir.

Kemira Kemi AB şirketi haftalık olarak iki ölçüm cihazını karşılaştırmakta ve aynı değerleri verdiklerini doğrulamaktadır. Yukarıdaki egride verilen değerler her beşinci hafta sonuçlarını göstermektedir.

1 ve 3 yıl çalışmadan sonra ölçüm cihazının mutlak hassasiyeti Indmeas Ky (Finlandiya) şirketi tarafından test edilmiştir. ISO 2975/VII standartına göre cihazın bulunduğu yerde (in-situ) Radyoaktif izleme (Radiative tracer) yöntemi (radyoisotop baryum 137 m) uygulanmıştır. Bu yöntem sonuçları, ölçüm cihazının tolerans sınırları içinde çıkmıştır.

Çalışma yerinde yapılan bu kalibrasyon sonucu, üç yıl boyunca her iki ölçüm cihazında aynı ölçüm değerini verdiği doğrulanmıştır.

12.10. Asnaes Enerji Santralinde Harcanan Sıvı Yakıt Miktarının Ölçümü

Asnaes enerji santrali Danimarka'da Kalundborg kentinde kuruludur. Sjaellandske Kraftvaerker (Association of Power Stations on Zealand) kuruluşunun sahip olduğu bu santral batı Zealand'a elektrik, Kalundborg kentinin merkezi ısıtma ünitesine de enerji sağlamaktadır. Bu santral ikisi

1961 yılında kurulmuş olan toplam 5 güç istasyonundan oluşmaktadır. 30 yıllık çalışması sonucu tesisin tamamen onarımı veya kapanması arasında bir seçim yapmak gerekmiştir.

1992 yılında yapılan yaklaşık 1/2 milyar Danimarka kronu yatırım sonucu, 2 numaralı ünitenin çalışma ömrü 15-20 yıl uzatılmıştır. Bu onarım sonucu brülörler yenilenmiş ve yeni bir kazan üniteye yerleştirilmiştir [1].

Yeni kazanda yakıt olarak ağır fuel oil ve kömür kullanılmaktadır. Kazanda yanma işleminin başlatılması ve durdurulması sırasında daima fuel oil kullanılır. Ünite 2 nin net enerji çıkışı 145 MW değerindedir.

1- Yanma işleminin optimum kontrolü

Yanma işleminin kontrol etmek için fuel oil miktarı/kömür miktarı ölçümünün yapılması gereklidir. 40 metre yüksekliğindeki kazan 4 kattan oluşmakta ve her katta 3 kazan bulunmaktadır. Herbir katta yer alan kazan için gerekli olan hava miktarını sağlamak amacıyla, yakıt tüketiminin her katta ölçülmesi gereklidir.

Herbir katta yapılan ölçüm ve ayarlama sonucu, kazan-daki yanma olayı optimum olarak kontrol edilir. Örneğin;1. kat %50 yük ile 4.kat %35 yük ile çalışabilir.

2- Ünitenin toplam fuel oil tüketiminin ölçümü

Toplam fuel oil tüketiminin ölçümü, ünitenin ana yakıt pompalarının kontrolünde kullanılır. Sonuç olarak, ünitenin toplam fuel oil tüketimi kaydedilir ve gösterilir.

şartlarındaki değişimlerden bağımsızdır. Ortam sıcaklığı yoğunluk, basınç, viskozite, iletkenlik ve akış profilindeki değişimler debi ölçerin çalışmasını etkilemez.

Herbir brülör katının fuel oil tüketimi bir bilgisayar tarafından hesaplanır ve hava miktarının ayarlanması için hava damperlerine sinyal gönderilir.

Herbir brülör katında yakılan fuel oil miktarı kaydedilir ve gösterilir.

Brülör kontrolünde kullanılan debi ölçerin özellikleri;

max. sıcaklık	: 120°C
Basınç aralığı	: PN 63
Boyut	: DN 25
Giriş debisi	: 1500-15300 kg/h
Dönüş debisi	: 1500-12900 kg/h
Koruma sınıfı	: IP 65

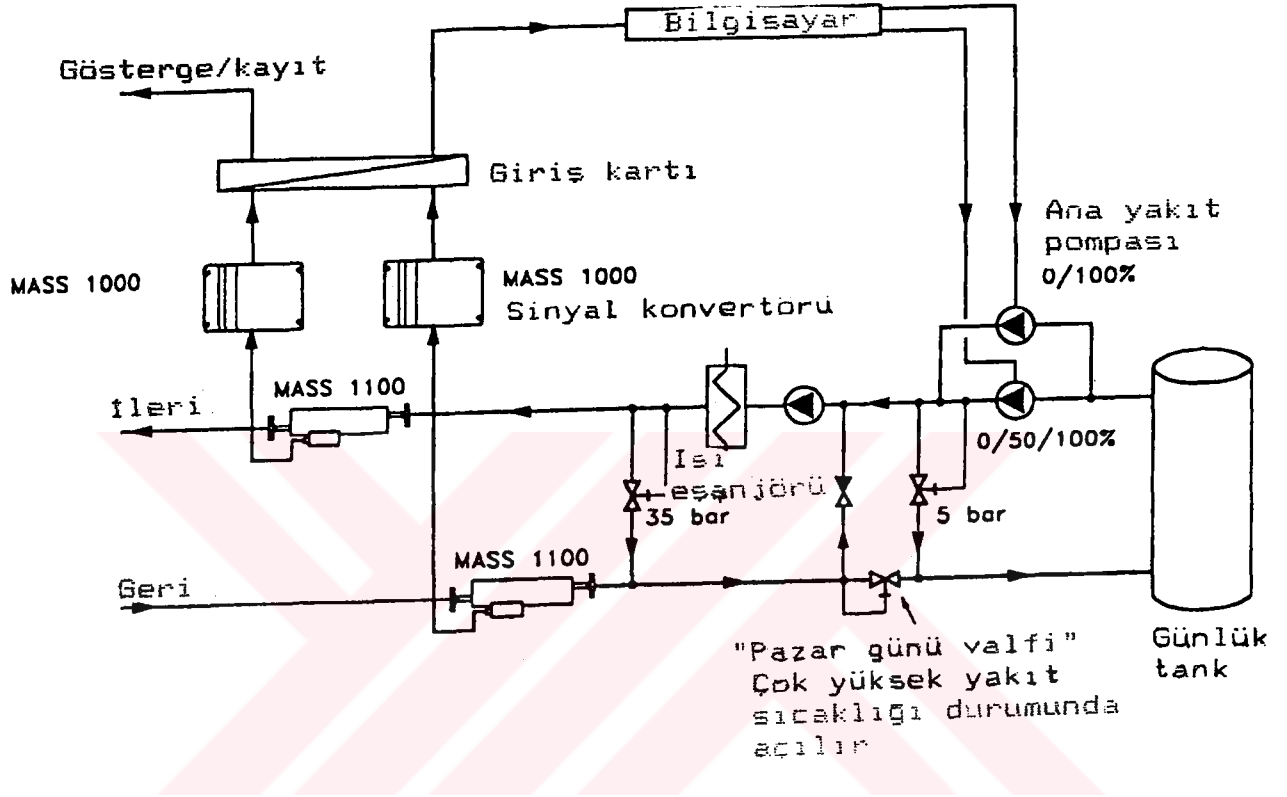
12.10.2. Fuel Oil Tüketiminin Ölçümü

Gidiş ve dönüş fuel oil miktarına bağlı olarak yakıt tüketimi hesaplanır. Gidiş ve dönüşte iki adet (MASSFLO) debimetre bulunmaktadır. Tüketilen yakıt miktarı (kg/h) olarak kontrol odasına bildirilir ve kaydedilir. Bu miktara bağlı olarak, gerekli yakıtı sağlayacak pompaların çalıştırılması bilgisayar tarafından yapılır.

Kullanılan debi ölçerin özellikleri;

max. sıcaklık	: 150°C
Basınç aralığı	: PN 36
Boyut	: DN 50
Giriş debisi	: 0-50.000 kg/h
Dönüş debisi	: 0,50.000 kg/h
Koruma sınıfı	: IP 65

Kütlesel debi ölçerdeki basınç, mekanik ölçme sistemlerindeki 1/5' idir.



Şekil: 12.18. Fuel Oil Tüketiminin Ölçümü

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada debimetreler, ultrasonik seviye ölçerler ve oksijen transmitterleri incelenerek yurtiçi ve yurtdışından bazı uygulamalara yer verilmiştir.

Debimetrelerin teorileri, teknik özellikleri ve uygulamalarına ait örnekler geniş olarak ele alınmıştır. Kalibrasyon işlemi ölçüm sonucunu doğrudan etkileyen bir faktör olduğundan üretici firmaların çok önem verdiği bir konudur. Ekler bölümünde Danfoss firmasının Nordborg (Danimarka) şehrinde kurulu debimetre kalibrasyon laboratuvarında 14.12.1992 tarihinde yapılan DN 250 çaplı ultrasonik debimetre kalibrasyonu sonuçları ve kalibrasyon eğrisi yer almaktadır.

DN 250 çapında ultrasonik bir debimetrenin kalibrasyonu sırasında max. ölçülebilecek debi (FSO-Full Scale Output) ve bunun dışında 4 ayrı debi ($< FSO$) için testler yapılmış ve ölçüm hataları yüzde olarak verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi borunun tam dolu olması durumunda ölçme hatası %0.09 olmaktadır. Bu hata pratikteki uygulamalar için oldukça küçüktür. Hata şu formüle göre ifade edilmektedir.

$$\text{Hata} = \frac{(\text{Cihazın ölçtüğü debi} - \text{gerçekte geçen debi}) \cdot 100}{\text{gerçekte geçen debi}}.$$

Kalibrasyon eğrisinde de görülebileceği gibi FSO debi değerinin %20'sine kadar ölçüm hataları büyük olmakta, daha büyük debilerde hatalar belirlenen hata sınırları arasında kalmakta ve sifıra yaklaşmaktadır.

Bu testlerin benzeri İtalyan Ölçme Enstitüsü (IMGS) tarafından farklı firmaların ürettiği 7 kütleli debimetre için yapılmıştır (bölüm 9). Akışkan olarak su kullanılmıştır. Ölçme hatalarını en aza indirmek amacıyla debimetrelerin montajı çok hassas olarak yapılmış ve firmaların verdikleri bilgilere göre kalibre edilmişlerdir.

Test değerlerine göre ölçüm hassasiyeti yönünden (B) ve (E) debimetrelerinin en iyi olduğu, su içinde hava oranı hacimsel olarak %1 olduğunda (B) debimetresinin en az etkilendiği, en az basınç kaybının (D) debimetresinde olduğu sonuçlara varılmıştır. Ayrıca herbir debimetre için belirli debi durumlarında bağıl hata miktarı yüzde olarak bir grafik ile verilerek hassasiyet ve tekrarlanabilirlikleri belirlenmiştir.

Su içerisinde belirli hacimsel oranda hava bulunması durumunda yapılan testler kütleli debimetrelerin gaz-sıvı fazındaki debi ölçümlerine uygun olmadığını ve hassasiyetinin sıvı durumuna göre çok az olduğunu göstermiştir. Sıvı içindeki hava hacmi oranı %1 olduğunda; (F) debimetresi % 10-15, (C) ve (E) debimetreleri %2 hava hacmi oranı %10 olduğunda; (F) debimetresinin %80, (C) ve (E)'nin ise % 15-25 oranında hata verdiği belirlenmiştir.

Debimetrelerden su geçmesi durumunda en az basınç dönüşümü (D) debimetresinde, en fazla basınç düşümü ise (F) debimetersinde olmaktadır.

Debimetrelerin PLC'ye bağlantısı gerektiğinde bir arayüz ünitesinin kullanılması gerekmektedir. Bunun nedeni PLC'nin program tarama süresinin (scanning time) debimetre çıkışının darbe genişliğini aşması sonucu problemlerin ortaya çıkmasıdır. Debimetre çıkışının darbe genişliğini artırmak için bir impulse-interface ünitesi kullanılır. Bu cihaza ait özellikler ekler bölümünde verilmiştir.

Bir arıtma tesisinde biyolojik arıtma prosesinin optimum olarak sürmesi için oksijen konsantrasyonunun min. $0.5 \text{ mg O}_2/\text{l}$ düzeyinde tutulması gereklidir. Ancak havalandırma tanklarında oksijen konsantrasyonu büyük değişimler gösterdiğinden, sistem boyunca 1-3 ppm oksijen miktarının sürdürülmesi en uygun çalışma şartları sağlar.

Havalandırma tankında oksijen konsantrasyonu çok düşük olduğunda lifli bakteri (filamentous bacteria) oluşumu görülür. Bu bakterinin özelliği liflerinin yüzeyini artırması ve ağırlığının yüzeyine göre çok küçük kalmasıdır. Sonuçta ikinci sedimantasyon tankında çökeltilme kapasitesi düşer ve arıtma verimi azalır.

Bir biyolojik arıtma tesisinde havalandırma (aeration) tanklarındaki oksijen konsantrasyonunun ölçümü ve kontrolü yapılarak toplam tesis enerji harcamı tesis büyüklüğüne bağlı olarak %10-60 oranlarında azaltılır.

KAYNAKLAR

- [1] Industrial Instrumentation Master Set, Danfoss A/S Company, Nordborg-Denmark, (1992),(1993)
- [2] Jernkontoret Corrosion Tables For Stainless Steel And Titanium. Jernkontoret Company-Sweden (1979).
- [3] Jerusalem Water Undertaking Telemetry System Project, (1993).
- [4] WARMING Mads, Oxygen Control On Aquaculture Plant, Automatics Group, Danfoss A/S, Denmark, (1988).
- [5] Çevre teknolojisi Dergisi, Sayı 5, Nisan (1993).
- [6] Tesisat Mühendisliği Dergisi, Çevre ve Arıtma Özel Sayısı, Makine Mühendisleri Odası, Sayı 4, Haziran (1993).
- [7] TCHOBANOGLOUS George, Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse, Metcalf And Eddy Inc., Mc Graw-Hill International Editions, USA, (1991).
- [8] CAVESENO Vincet, Industrial Wastewater And Solid Waste Engineering, Mc Graw-Hill Publications Co., New York, (1980)
- [9] VLT Frequency Converters Master Set, Danfoss A/S Company, Graasten-Denmark, (1992-1993).
- [10] Facts Worth Knowing About Frequency Converters, Danfoss A/S, Second Edition (1991).

EK A1 :

- Ultrasonik Debimetre Kalibrasyonu Deney Sonuçları**
- Kütlesel Debimetre Kalibrasyonu deney Sonuçları**

DANFOSS CALIBRATION CERTIFICATE

FOR
FLOWMETER: SONO 2100 ,I 5260

The file contains calibration results for 5 flows.

Calibration informations.

File name.....: SON2_467_1
 Device Manufacturer.....: DANFOSS A/S
 Date of calibration.....: 14 Dec 1992 - 15:30
 Operator.....: Harry Lorenzen
 Substitutionload [kg]: 2000
 Inlet length [meters].....: 9
 Pipe dimension [mm].....: 250
 Zero output.....: 0 mA
 FSO-signal.....: 20 mA
 FSO-flow [M³/h].....: 400.0
 Meas resistance [Ohm].....: 500

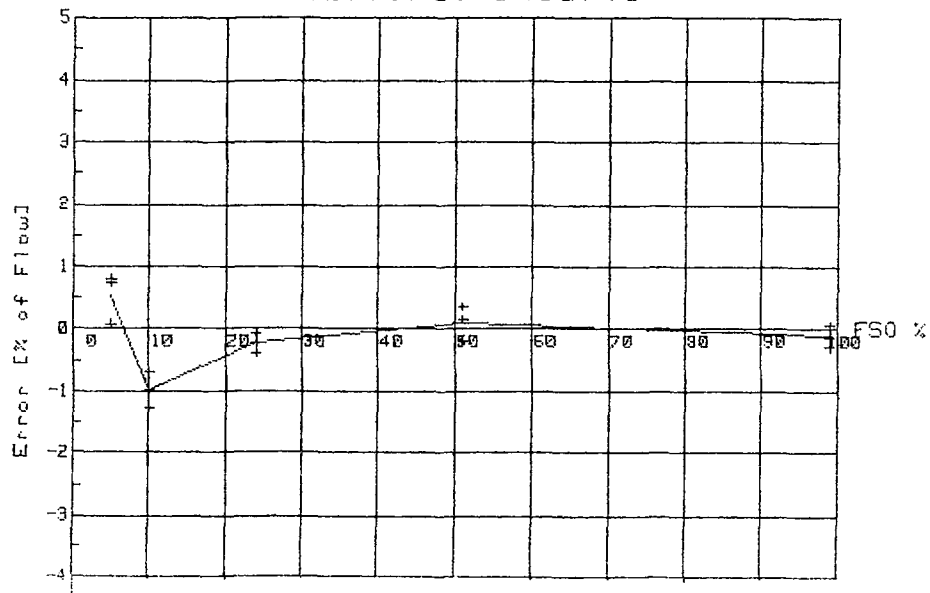
Calibration for WÄRMEVERSORGUNG NEUROPIN GMBH
 Elektronik nr. 108005N412 KW = 0.7494 E1

Test results

% OF FSO	NO OF RUNS	MEASURED FLOW [M ³ /h]	EXPECTED FLOW [M ³ /h]	Error(*) [%]
5	3	21.14	21.03	.54
10	3	39.66	40.05	-.96
24	3	97.30	97.52	-.23
51	3	202.20	201.97	.11
99	4	397.67	398.01	-.09

(*) ERROR=(FLOW-EXP.FLOW)*100/EXP.FLOW

Calibrationcurve



FILENAME:SON2_467_1

FLOWMETER:I 5260

FLOW: 5 % AF FULL SCALE OUTPUT

No of pumps = 1 DN400-valveposition = 6 Deg SCANRATE = .180 Sek/scan
 Bypassvalve 1 = 17 Deg Bypassvalve 2 = 4 Deg Bypass flow = 0 M³/h

RUN no.	DENSITY [kg/M ³]	INT.TIME [Sek]	ALFA [kg/s]	STD.ALFA [kg/s]	REG. COEFF.	NA	NB	Q-MEAN [M ³ /h]	STD.Q [M ³ /h]	Error [%]
1	998.86	578.52	5.818	.0002	1.00000	1285	1827	20.98	.003	.08
2	998.86	574.56	5.848	.0001	1.00000	1277	1807	21.24	.004	.75
3	998.85	575.10	5.837	.0002	1.00000	1271	1815	21.21	.003	.80

FLOW: 10 % AF FULL SCALE OUTPUT

No of pumps = 1 DN400-valveposition = 10 Deg SCANRATE = .090 Sek/scan
 Bypassvalve 1 = 24 Deg Bypassvalve 2 = 13 Deg Bypass flow = 0 M³/h

RUN no.	DENSITY [kg/M ³]	INT.TIME [Sek]	ALFA [kg/s]	STD.ALFA [kg/s]	REG. COEFF.	NA	NB	Q-MEAN [M ³ /h]	STD.Q [M ³ /h]	Error [%]
1	998.85	303.75	11.062	.0002	1.00000	1346	1920	39.48	.005	-.97
2	998.85	301.59	11.141	.0002	1.00000	1339	1897	39.65	.004	-1.25
3	998.88	301.77	11.135	.0003	1.00000	1337	1902	39.86	.004	-.67

FLOW: 24 % AF FULL SCALE OUTPUT

No of pumps = 1 DN400-valveposition = 11 Deg SCANRATE = .050 Sek/scan
 Bypassvalve 1 = 23 Deg Bypassvalve 2 = 10 Deg Bypass flow = 0 M³/h

RUN no.	DENSITY [kg/M ³]	INT.TIME [Sek]	ALFA [kg/s]	STD.ALFA [kg/s]	REG. COEFF.	NA	NB	Q-MEAN [M ³ /h]	STD.Q [M ³ /h]	Error [%]
1	998.85	123.60	27.039	.0007	1.00000	980	1411	97.37	.008	-.08
2	998.86	123.55	27.065	.0007	1.00000	980	1405	97.17	.007	-.38
3	998.85	123.50	27.072	.0008	1.00000	978	1407	97.36	.007	-.21

FLOW: 50 % AF FULL SCALE OUTPUT

No of pumps = 1 DN400-valveposition = 17 Deg SCANRATE = .050 Sek/scan
 Bypassvalve 1 = 14 Deg Bypassvalve 2 = 1 Deg Bypass flow = 0 M³/h

RUN no.	DENSITY [kg/M ³]	INT.TIME [Sek]	ALFA [kg/s]	STD.ALFA [kg/s]	REG. COEFF.	NA	NB	Q-MEAN [M ³ /h]	STD.Q [M ³ /h]	Error [%]
1	998.86	58.50	56.107	.0032	1.00000	449	674	201.84	.015	-.19
2	998.87	58.70	56.006	.0032	1.00000	452	673	202.58	.011	.36
3	998.88	58.55	56.006	.0032	1.00000	449	675	202.18	.008	.16

FILENAME:SON2_467_1

FLOWMETER:I 5260

181

FLOW: 100 % AF FULL SCALE OUTPUT

No of pumps = 1 DN400-valveposition = 36 Deg SCANRATE = .050 Sek/scan
Bypassvalve 1 = 14 Deg Bypassvalve 2 = 1 Deg Bypass flow = 0 M³/h

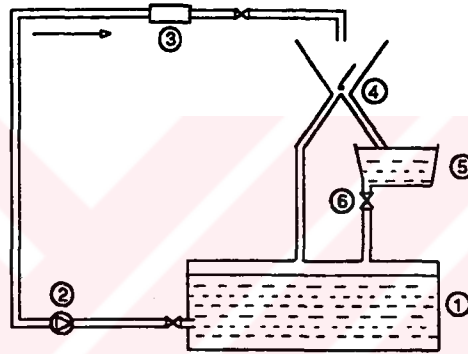
RUN no.	DENSITY [kg/M ³]	INT.TIME [Sek]	ALFA [kg/s]	STD.ALFA [kg/s]	REG. COEFF.	NA	NB	Q-MEAN [M ³ /h]	STD.Q [M ³ /h]	Error [%]
1	998.90	28.85	110.447	.0186	.99999	210	336	398.08	.021	.01
2	998.91	28.80	110.440	.0178	.99999	209	337	398.26	.008	.06
3	998.90	28.45	110.581	.0173	.99999	202	336	397.41	.024	-.28
4	998.90	28.75	110.285	.0168	.99999	209	335	396.91	.018	-.14



Kalibrasyon Düzeneği

Test düzeneği, "Kapalı devrelerde sıvı debisi ölçümü" konusunu içeren ISO 4185 standartına göre statik tartı yöntemi esas olarak hazırlanmıştır.

Debimetre (3) ölçüm değeri ile ağırlık tankı (5) ölçüm değeri kalibrasyon boyunca karşılaştırılır. Yön değıştirci (4), ağırlık tankından istenen değeri elde etmek amacı ile sıvı girişini açma/kapama yaparak kontrol eder. Sonuçta, debimetrenin ölçtüğü toplam debi ile ağırlık tankı toplam değeri karşılaştırılır. Bu karşılaştırmaya bağlı olarak debimetrenin duyarlılığı (Sensitivity) bulunur.



Şekil: Ek.A.1. Kalibrasyon Test Düzeneği

Tablo: Ek.A.1. Özellikler

Kalibrasyon Düz.	DN 10 Düzenek No:8634	DN 25, Düzenek No:8635	DN 50,Düzenek No:8636
Sıvı	Su	Su	Su
Debimetre kapa.	DN3-DN 15	DN15-DN 25	DN40-DN 50
Max. Debi	2100 kg/h	11.000 kg/h	22.000 kg/h
Min. Debi	30	350	500
Max. Ağırlık	18 kg/h	118 kg/h	380 kg/h
Hassasiyet (Accuracy)	E < %0,02	E < %0,02	E < %0,02

Tablo: Ek.A.2. İzlenebilirlik

Kalibrasyon düzeneğinde kullanılan tüm ekipmanlar uluslararası standartlar esas alınarak belirli kuruluşlar tarafından kontrol edilmektedir.

Ölçüm Birimi	Tip	Üretici Firma	Kontrol Eden Kuruluş
Sıcaklık	Pt 1000	Danfoss	Jydsk Teknolojisk Lab.
Kütle	HBM27A	HBM	Dantest via Ref. Weights
Zaman	3852.A	HP	DCF77 Braunschweig (freg. normal)



Identity

Customer	:		Serial no. :	Reference converter
Converter type	:	MASS1000	Serial no. :	148702N083
Sensor type	:	MASS2100 D16		
Cal. factor	:	11737-134		

Calibration Data

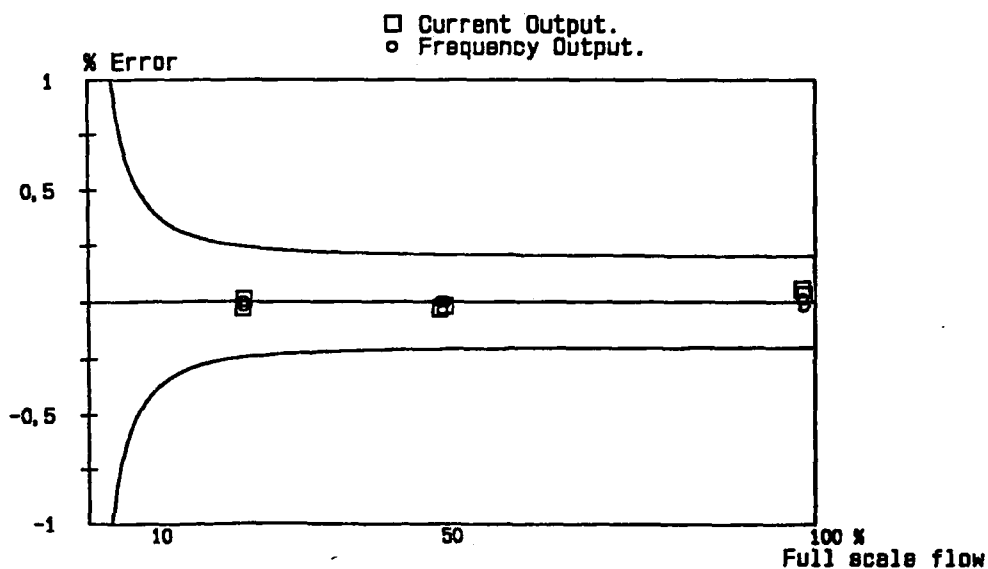
Full scale flow	:	497 Kg/h.	Calibration liquid	: Water
Calibration mass	:	6 Kg.	Calibration rig	: 8634

Settings

Frequency output	:	0-10000 Hz	Current output	: 4-20 mA
------------------	---	------------	----------------	-----------

Calibration Results

Test No.	Full scale Flow	Water Temp	True Mass	Flowmeter Current Output			Flowmeter Frequency Output		
				Output	Mass	Error	Output	Mass	Error
	%	°C	kg	mA	kg	%	Hz	kg	%
1	98	24.1	5.849	19.763	5.851	0.03	9846.7	5.848	-0.02
2	98	24.3	5.836	19.729	5.839	0.06	9826.3	5.836	0.01
3	49	24.3	5.858	11.842	5.856	-0.02	4902.0	5.858	-0.00
4	48	24.4	5.834	11.728	5.832	-0.03	4831.5	5.834	-0.00
5	21	24.4	5.884	7.396	5.885	0.01	2121.6	5.883	-0.02
6	21	24.5	5.870	7.381	5.869	-0.03	2113.7	5.870	-0.00
7									
8									
9									
10									



Calibrated by : KM

Date : 25-02-93 Time : 11.50

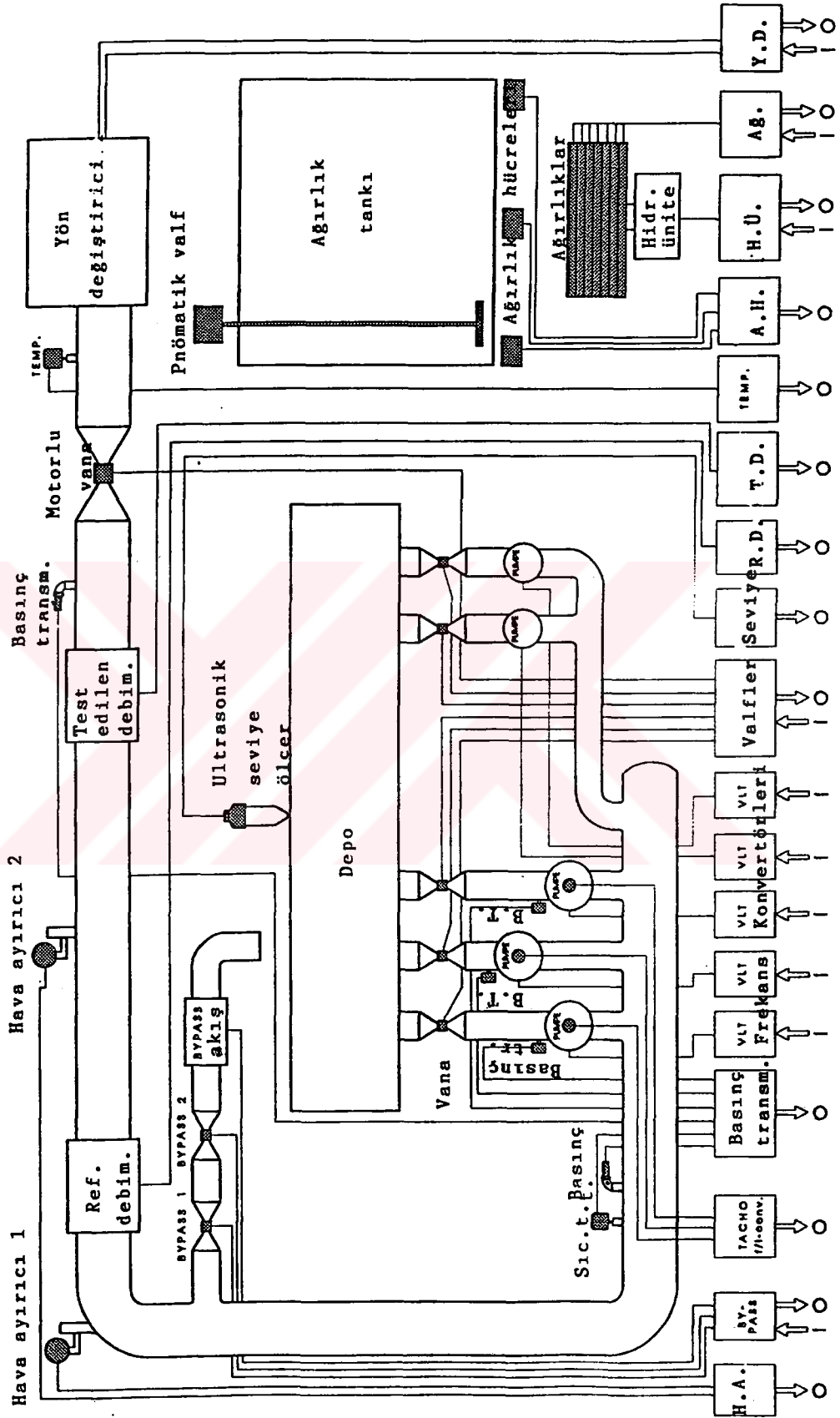
Approved by :

Date :

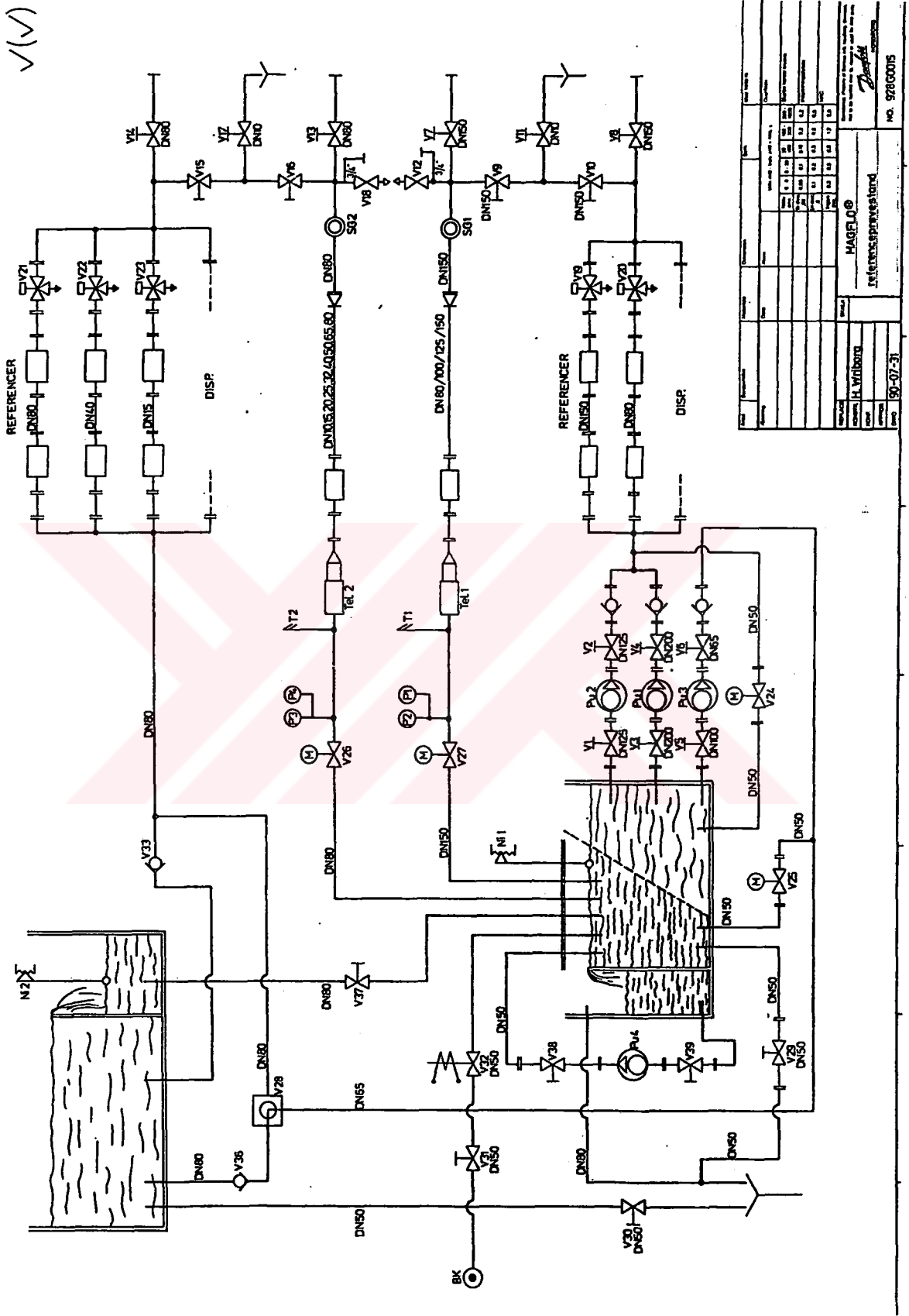
Ek.A2:

Kalibrasyon Düzeneklerinin Şematik Gösterimi

PRØVESTAND E17-D2



Şekil:Ek.A2.1.Dinamik Tartı Sistemi Düzenegi.



Şekil:Ek.A2.2.Debimetre Kalibrasyon Düzenegi.

Ek A3:

**Debimetrelerin PLC'ye Bağlantısında Kullanılan
Arayüz Ünitesi**



IMPULSE-INTERFACE

2288

- Impulse extender
- Impulse inverter
- Impulse amplifier
- Programmable functions
- 12-24 VDC supply
- Standard 11 pole relay socket

Applications:

Adaption between impulse sensors and relays, electromechanical counters etc.

Amplifier for inductive, capacitive or optical sensors.

Impulse-extender from sensors to PLC or computer systems:

Technical specification:

Input: Programmable sensor type by internal dip switches.

Sensor type may be Tacho, NPN, PNP, TTL, NAMUR or similar.

Input filter, is selected as 10 msec/max.50 Hz, or 0,1 msec/max.5 kHz.

Trig on leading edge or trailing edge is selectable.

Sensor supply: An internal 8 VDC overload protected sensor supply is available.

Output: The three different output types NPN, PNP and opto-isolated NPN are all overload protected to 100 mA.

Continuous short circuit will damage these outputs.

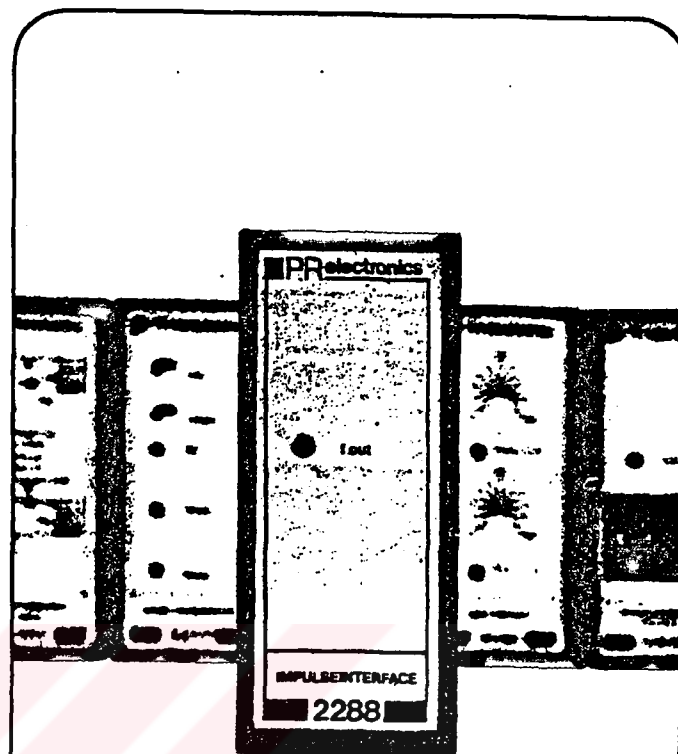
The TTL output is protected by an internal PTC resistor.

Impulse length is selectable as direct (out = in), adjustable 10-1000 msec. or fixed, 50 msec.

All outputs have the same pulse width.

Output-function can be selected as direct or inverse.

A LED in front of the cassette indicates active output impulse.



Electrical specifications:

(@ -20°C to +60°C)

Supply voltage: 12-24 VDC $\pm$ 15 %

Current consumption: max. 40 mA

Output voltage: max. 30 VDC

Output current: max. 100 mA

Sensor supply : 8 VDC, 30 mA, (as standard)

Ambient temp.: min. -20°C

max. +60°C

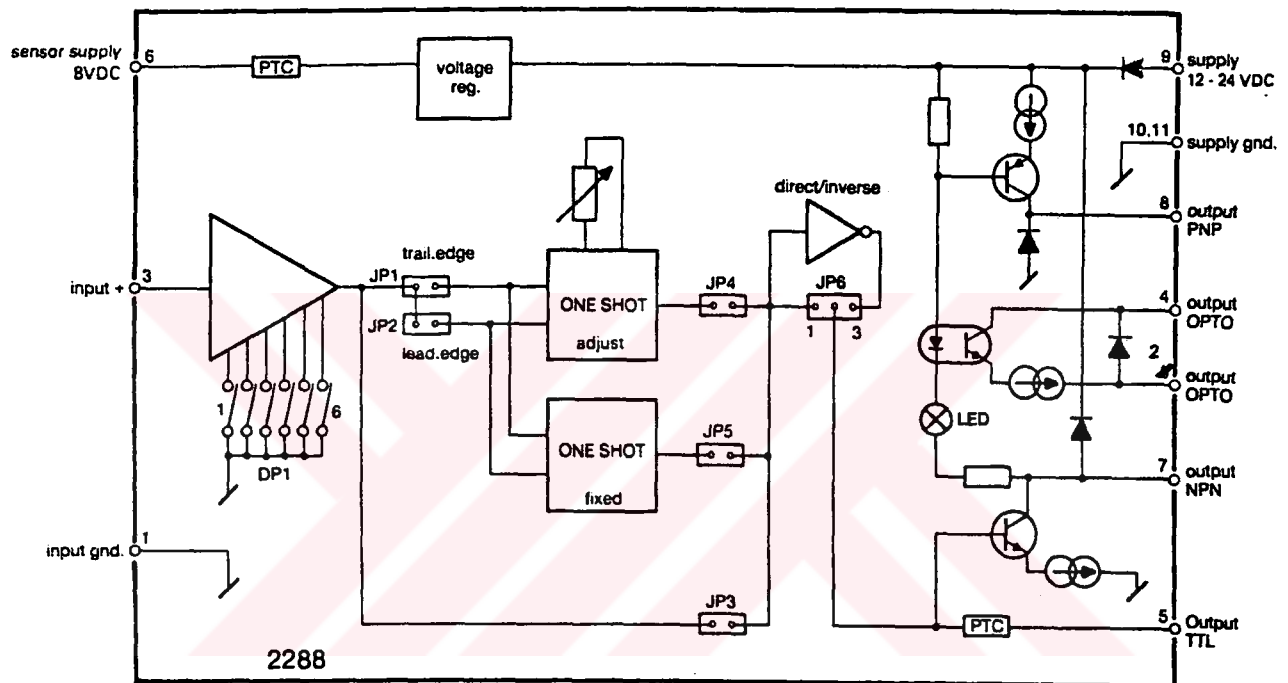
PR electronics
denmark



Order: 2288/sensor/input filter/output pulse-length/output.

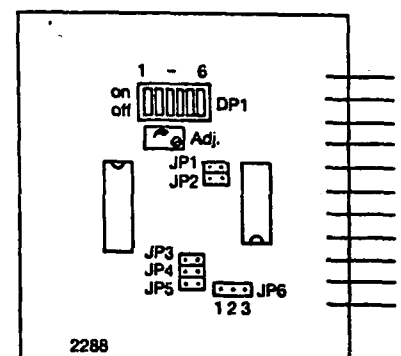
Type	Sensor	Input filter	Trig	Output pulse width	Output
2288	Tacho : A	Spec. : 0	Trailing edge : A	Spec. : 0	Direct : A
	Namur : B	> 10msec. : 1	Leading edge : B	Direct : 1	Inverse : B
	NPN : C	(max 50Hz)		Adjust. : 2	
	PNP : D	> 0,1msec. : 2		(10-1000msec)	
	TTL : E	(max 5kHz)		Fixed : 3	
	Spec. : X			(50msec)	

Block diagram:



Programming:

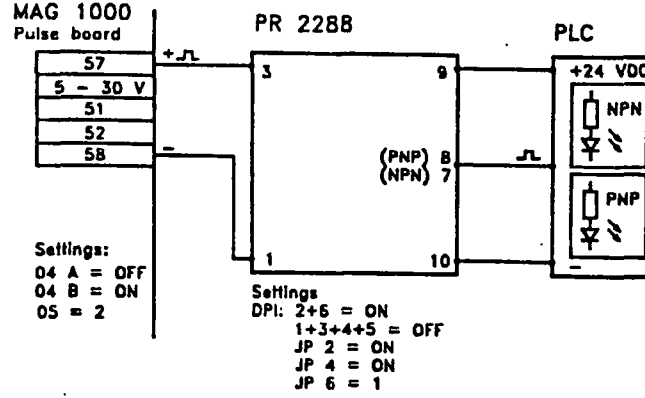
Trig - JP1,2	Output pulse width - JP3,4,5	Output - JP6
A JP1 B JP2	1 JP3 2 JP4 3 JP5	A JP6 B JP6



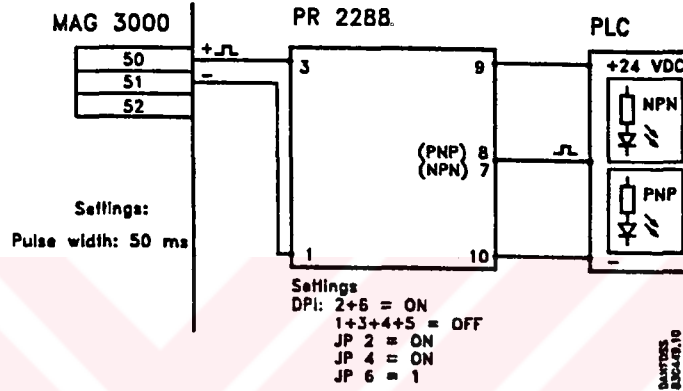
DP1: Input type		
Input 1 & 2	ON	OFF
Tacho	5	1,2,3,4
Namur	3,5	1,2,4
NPN	1	2,3,4,5
PNP	2	1,3,4,5
TTL	4	1,2,3,5
Pulse width:		
> 10 msec./max. 50 Hz	6	
> 0,1 msec./max. 5 kHz		6

Sensor	Trig - level		Input resist.
Tacho	VTL	VTH	> 100k Ω
Namur	280mV	310mV	100 Ω
NPN, PNP	5,0V	5,5V	3,3k Ω
TTL	2,0V	2,3V	> 100k Ω

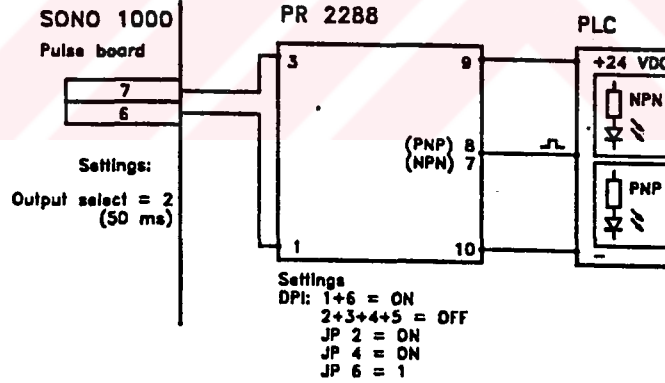
MAG 1000



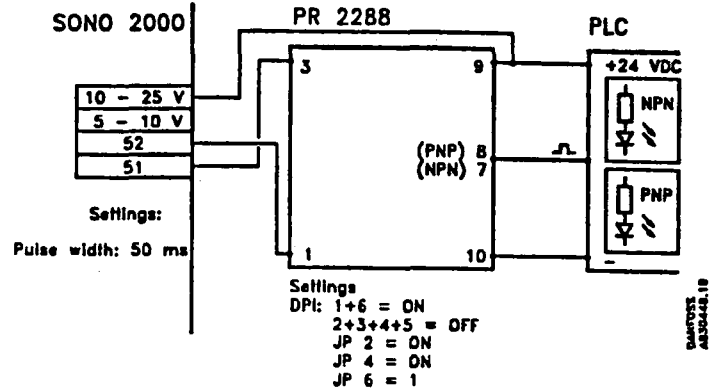
MAG 3000



SONO 1000



SONO 2000



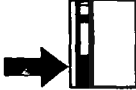
Şekil:Ek.A3.1.PLC Bağlantısı.

Ek A-4

- Frekans konvertörlerine ait teknik özellikler
- Frekans konvertörleri için fabrika set değerleri
- Frekans konvertörleri elektronik devre şeması

Açıklamalar:

ASIC : Application Specific Integrated Circuit.
NTC : Negative Temperature Coefficient
ILD : Inverter Logic Driver
MOV : Metal Oxide Varistor
SMPS : Switch Mode Power Supply.

	VLT type		3002	3003	3004	3006	3008	3011	3016	3022	3032	3042	3052	
	Constant load (CT):													
	Output current	$I_{VLT,N}$ [A]	2.8	4.1	5.6	10.0	13.0	16.0	24.0	32.0	44.0	61.0	73.0	
		$I_{VLT,MAX}$ [A] (60 s)	3.5	6.5	9.0	16.0	20.8	25.6	38.4	51.2	70.4	97.6	117.0	
	Output	$S_{VLT,N}$ [kVA]	2.0	2.9	4.0	7.2	9.3	11.5	17.3	23.0	31.6	43.8	52.3	
		$S_{VLT,MAX}$ [kVA] (60 s)	2.5	4.6	6.4	11.5	15.0	18.4	27.6	36.8	50.6	75.1	84.1	
	Typical shaft output	$P_{VLT,N}$ [kW]	0.75	1.5	2.2	4.0	5.5	7.5	11.0	15.0	22.0	30.0	37.0	
	Quadratic load (VT):													
	Output current	$I_{VLT,N}$ [A]	2.8	4.1	5.6	13.0	16.0	24.0	32.0	44.0	61.0	73.0	88.0	
	Output	$S_{VLT,N}$ [kVA]	2.0	2.9	4.0	9.3	11.5	17.3	23.0	31.6	43.8	52.3	63.3	
	Typical shaft output	$P_{VLT,N}$ [kW]	1.1	1.5	2.2	5.5	7.5	11.0	15.0	22.0	30.0	37.0	45.0	
	Max. cable cross-section	[mm ²]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	16.0	16.0	16.0	35.0	35.0	50.0	
	Max. motor cable length	[m]	300, with screened cables: 150 m											
	Output voltage	U_M [%]	0-100, of mains voltage											
	Output frequency	f_M [Hz]	0-120 or 0-500; programmable											
	Rated motor voltage	$U_{M,N}$ [V]	380/400/415											
	Rated motor freq.	$f_{M,N}$ [Hz]	50/60/87/100											
	Thermal protection		Built-in thermal motor protection (electronic) and thermistor acc. to DIN 44081											
	Switching on the output		Unlimited (frequent switching may cause cut-out)											
Ramp times	[s]	0.1-3600												
	VLT type		3002	3003	3004	3006	3008	3011	3016	3022	3032	3042	3052	
	Max. input const. load	$I_{L,N}$ [A]	2.8	4.8	7.0	10.0	13.0	13.8	21.8	30.7	41.9	55.6	66.5	
	current quadr. load	$I_{L,N}$ [A]	2.8	4.8	7.0	13.0	17.0	22.0	31.0	41.5	57.5	66.5	80.0	
	Max. cable cross-section	[mm ²]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	16.0	16.0	16.0	35.0	35.0	50.0	
	Max. pre-fuses	[A]	16	16	16	25	25	50	63	63	80	100 *)	125 *)	
	Mains supply voltage	[V]	3 × 380/400/415 ±10% (VDE 0160)											
	Mains supply frequency	[Hz]	50/60 Hz						50 Hz (60 Hz optionally)					
	Power factor / cos φ		0.9/1.0											
	Efficiency		0.96, at 100% load											
	Switching	times/min.	5											
	Radio interference, cable-borne (with screened motor cables)		VLT type 3002-8: to VDE 0875 curve G, curve N as option VLT type 3011-52: to VDE 0875 curve N (option)											
		VLT type		3002	3003	3004	3006	3008	3011	3016	3022	3032	3042	3052
		Size / weight [kg]	IP 00	1.0/7.4	1.0/7.4	1.0/7.4	1.4/12	1.5/14	-	-	-	-	-	-
		(size code refer to page 22)	IP 20	-	-	-	-	-	2.0/25	2.0/26	2.1/31	2.2/49	2.2/54	2.2/54
			IP 21	1.1/8.0	1.1/8.0	1.1/8.0	1.6/13	1.6/15	-	-	-	-	-	-
			IP 54	1.3/11	1.3/11	1.3/11	1.6/14	1.6/15	1.7/34	1.7/37	1.7/48	1.8/63	1.8/69	1.8/69
Power loss at max. load		CT [W]	60	100	130	195	200	270	425	580	880	1390	1875	
		VT [W]	60	100	130	280	300	425	580	880	1390	1875	2155	
Enclosure			VLT type 3002-08: IP 00 / IP 21 / IP 54 VLT type 3011-52: IP 20 / IP 54											
Vibration test		[g]	0.7											
Relative humidity		[%]	Max. 95 DIN 40040 cl. E											
Ambient temperature (acc. to VDE 0160)		[°C]	-10 → +40, at full load-operation						-10 → +45/40 (CT/VT), at full load operation					
	[°C]	-25 → +70, storage/transport						-25 → +70, storage/transport						
VLT protection		Earthing and short-circuit proof												
EMC appl. standards	Emission	EN 50081 - 1, VDE 0875, VDE 0871												
(see page 68-69)		EN 50081 - 2, VDE 0875, VDE 0871												
	Immunity	IEC 801-2, IEC 801-3, IEC 801-4, IEC 801-5, VDE 0160, SEN 361503												

Şekil:Ek.A4.1.Frek. Konv. Ait Teknik Özellikler.

OPERATION AND DISPLAY:	LOAD AND MOTOR:	REFERENCES AND LIMITS:	FUNCTIONS AND TIMERS:	INPUTS AND OUTPUTS:	SERIAL DATA INTERFACE:	SERVICE AND DIAGNOSTICS:
000 LANGUAGE SELECT ⁹⁾ ENGLISH	100 LOAD ^{4a)} CT COMPENSATED	200 FREQUENCY RANGE 120 Hz	300 BRAKE OPTION ⁹⁾ NOT APPLIED	400 BINARY INPUT 16 ⁹⁾ SETUP	500 ADDRESS 1	600 OPERATION DATA ⁹⁾
001 MENU SET-UP SELECT ⁹⁾ SETUP 1	101 SPEED CONTROL ^{4a)} SLIP COMPENSATED	201 MIN. FREQUENCY ^{4a)} 0	301 START FREQUENCY ^{4a)} 0	401 BINARY INPUT 17 ⁹⁾ SETUP	501 BAUD RATE 9600	601 DATA LOG ⁹⁾
002 SET-UP COPY DO NOT COPY	102 CURRENT LIMIT CONTROL ⁹⁾ PREPROGRAMMED VALUE	202 MAX. FREQUENCY ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT	302 START DELAY ^{4a)} 0	402 BINARY INPUT 18 ⁹⁾ START	502 DATA READ-OUT ⁹⁾	602 FAULT MEMORY ⁹⁾
003 OPERATION PLACE ⁹⁾ REMOTE	103 MOTOR POWER DEPENDENT ON UNIT	203 JOG FREQUENCY ^{4a)} 10	303 HIGH STARTING TORQUE ^{4a)} 0	403 BINARY INPUT 19 ⁹⁾ REVERSING	503 COASTING ⁹⁾ DIGITAL OR BUS	603 TYPE PLATE ⁹⁾
004 LOCAL REFERENCE ⁹⁾	104 MOTOR VOLTAGE DEPENDENT ON UNIT	204 DIGITAL REFERENCE TYPE ^{4a)} SUM	304 MAINS FAILURE ⁹⁾ NORMAL POWER DOWN	404 BINARY INPUT 27 ⁹⁾ MOTOR COASTING RESET	504 Q-STOP ⁹⁾ DIGITAL OR BUS	604 OPERATION MODE ⁹⁾ NORMAL
005 DISPLAY VALUE ⁹⁾	105 MOTOR FREQUENCY DEPENDENT ON UNIT	205 DIGITAL REFERENCE 1 ^{4a)} 0	305 FLYING START ⁹⁾ NO FLYING START	405 BINARY INPUT 28 ⁹⁾ JOGGING	505 DC-BRAKE ⁹⁾ DIGITAL OR BUS	605 PERSONAL DISPLAY SELECT ⁹⁾ STANDARD DISPLAY
006 LOCAL RESET ⁹⁾ ENABLE	106 ADAPTIVE MOTOR TUNING OFF	206 DIGITAL REFERENCE 2 ^{4a)} 0	306 DC BRAKING TIME ^{4a)} 0	406 BINARY INPUT 32/33 ⁹⁾ SPEED SELECT	506 START ⁹⁾ DIGITAL OR BUS	
007 LOCAL START/STOP ⁹⁾ ENABLE	107 MOTOR CURRENT ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT	207 DIGITAL REFERENCE 3 ^{4a)} 0	307 DC BRAKE CUT-IN FREQUENCY ^{4a)} 0	407 SIGNAL OUTPUT 42 ⁹⁾ 0-1max = 0-20mA	507 DIRECTION ⁹⁾ DIGITAL OR BUS	
008 LOCAL REVERSING ⁹⁾ DISABLE	108 MOTOR MAGNETIZING CURRENT ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT	208 DIGITAL REFERENCE 4 ^{4a)} 0	308 DC BRAKE VOLTAGE ^{4a)} ?	408 SIGNAL OUTPUT 45 ⁹⁾ 0-1max = 0-20mA	508 RESET ⁹⁾ DIGITAL OR BUS	
009 LOCAL JOGGING ⁹⁾ ENABLE	109 START VOLTAGE ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT	209 CURRENT LIMIT ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT	309 RESET MODE ⁹⁾ MANUAL RESET	409 RELAY OUTPUT 01 ⁹⁾ RUNNING	509 SET-UP SELECT ⁹⁾ DIGITAL OR BUS	
010 LOCAL REFERENCE ⁹⁾ ENABLE	110 START COMPENSATION ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT	210 WARNING FREQUENCY LOW ^{4a)} 0	310 TRIP DELAY AT CURRENT LIMIT ⁹⁾ INFINITE	410 RELAY OUTPUT 04 ⁹⁾ UNIT READY REMOTE CONTROL	510 SPEED SELECT ⁹⁾ DIGITAL OR BUS	
011 RESET ENERGY COUNTER ⁹⁾ NO RESET	111 UN RATIO ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT	211 WARNING FREQUENCY HIGH ^{4a)} f _{max} (FROM 200)	311 TRIP DELAY AT INVERTER FAULT ⁹⁾ 1	411 ANALOGUE REFERENCE TYPE ⁹⁾ LINEAR BETWEEN MIN. AND MAX.	511 BUS JOG 1 ⁹⁾ 10	
012 RESET HOUR COUNTER ⁹⁾ NO RESET	112 SLIP COMPENSATION ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT	212 WARNING CURRENT LOW ^{4a)} 0	312 AUTO RESTART TIME ⁹⁾ MAX. 5	412 ANALOGUE INPUT 53 ^{4a)} 0-10 V	512 BUS JOG 2 ⁹⁾ 10	
	113 NEGATIVE SLIP COMPENSATION DEPENDENT ON LIMIT ^{4a)}	213 WARNING CURRENT HIGH ^{4a)} I _{act} , max (FROM 209)	313 MOTOR CHECK ⁹⁾ OFF	413 ANALOGUE INPUT 60 ^{4a)} 0-20 mA	513 CATCH-UP VALUE ⁹⁾ 0	
	114 FEED BACK TYPE ⁹⁾ CURRENT 20 mA	214 RAMP TYPE ^{4a)} LINEAR	314 MOTOR PRE-HEAT ⁹⁾ OFF	414 TIME OUT ^{4a)} OFF	514 BUS BIT 4 ⁹⁾ Q-STOP	
	115 DISPLAY VALUE AT MIN. FEEDBACK ⁹⁾ 0	215 RAMP-UP TIME ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT	315 MOTOR THERMAL PROTECTION ^{4a)} OFF	415 TIME OUT FUNCTION ^{4a)} FREEZE	515 BUS BIT 11/12 ⁹⁾ CATCH-UP SLOW DOWN	
	116 DISPLAY VALUE AT MAX. FEEDBACK ⁹⁾ 100	216 RAMP-DOWN TIME ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT	316 RELAY ON-DELAY ⁹⁾ 0		516 BUS REFERENCE ⁹⁾ NO OPERATION	
	117 DISPLAY UNIT ⁹⁾ %	217 ALTERNATIVE RAMP-UP TIME ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT	317 RELAY OFF-DELAY ⁹⁾ 0		517 STORE DATA VALUES ⁹⁾ OFF	
	119 FEED FORWARD FACTOR ^{4a)} 100%	218 ALTERNATIVE RAMP-DOWN TIME ^{4a)} DEPENDENT ON UNIT				
	120 CONTROLLER RANGE ^{4a)} 100%	219 FREQUENCY BYPASS 1 ^{4a)} 0				
	121 PROPORTIONAL GAIN ^{4a)} 0.01	220 FREQUENCY BYPASS 2 ^{4a)} 0				
	122 INTEGRAL TIME ^{4a)} OFF	221 FREQUENCY BYPASS 3 ^{4a)} 0				
	123 DIFFERENTIATION TIME ^{4a)} 0	222 FREQUENCY BYPASS 4 ^{4a)} 0				
	124 LOW PASS FILTER ^{4a)} 0	223 FREQUENCY BYPASS BAND WIDTH ^{4a)} 0				

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Kars'da doğdu. 1986 yılında Behçet Kemal Çağlar Lisesinden mezun oldu. Aynı yıl Yıldız Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümüne girdi. 1990-91 döneminde İngilizce hazırlık sınıfına devam etti. 1991 yılında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Bölümü Robotik yüksek lisans programını kazandı. 1992-93 yıllarında Danfoss firmasının Danimarka ve Almanya'daki fabrikalarında düzenlenen endüstriyel otomasyon ve kontrol kurslarına katıldı.



VLT[®]3002-3008, 400V and 500V + VLT[®]3002-3004, 200V + VLT[®]3502-3511, 400V

