

155857

**SCADA UYUMLU BİR TR ÜNİTESİ TASARIMI, YAPIMI VE PETROL
BORU HATLARI İÇİN UYGULAMASI**

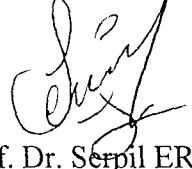
Hilmi IŞIK

**DOKTORA TEZİ
(KAZALARIN ÇEVRESEL VE TEKNİK ARAŞTIRMASI)**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Ağustos 2004
ANKARA**

Hilmi IŞIK tarafından hazırlanan SCADA UYUMLU BİR TR ÜNİTESİ
TASARIMI, YAPIMI VE PETROL BORU HATLARI İÇİN UYGULAMASI adlı
bu tezin DOKTORA.. tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

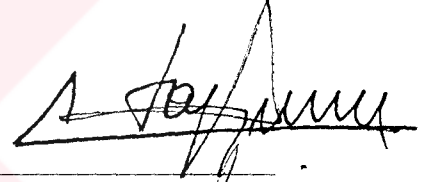


Prof. Dr. Serpil EROL

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından .Kaz.Çev. ve Tek. Araştırması. Anabilim Dalında
doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU



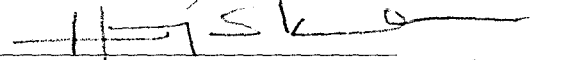
Üye : Prof. Dr. Serpil EROL



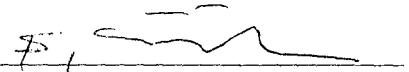
Üye : Prof. Dr. Bora ALKAN



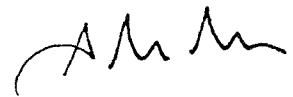
Üye : Prof.Dr. Hadi GÖKÇEN



Üye : Doç.Dr. Şeref SAĞIROĞLU



Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına
uygundur.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	vii
RESİMLERİN LİSTESİ	x
HARİTALARIN LİSTESİ	xi
EKLERİN LİSTESİ	xii
ŞİMGE KISALTMALARIN LİSTESİ	xiii
1.GİRİŞ	1
2. SCADA SİSTEMİ	11
2.1. SCADA Sisteminin Tanımı ve Tarihçesi	11
2.2. SCADA'nın Uygulama Alanları	14
2.3. SCADA'nın İşlevleri	15
2.3.1. Danışma (Monitoring), olay ve alarm işleme	15
2.3.2. Kontrol	15
2.3.3. Veri toplama	15
2.3.4. Verilerin kaydı ve depolanması	16
2.4. SCADA Sistem Yapısı	16
2.4.1. Uzak uç birim (UUB)	16
2.4.2. İletişim sistemi	22
2.4.3. Ana kontrol merkezi (AKM)	28

2.4.4. Yazılım Programları	34
3. KOROZYON	35
3.1. Korozyon Kayıpları Ve Kazaları	37
3.2. Korozyonun Elektrokimyasal İlkeleri	39
3.2.1. Elektrokimyasal hücreler	39
3.2.2. Elektrokimyasal reaksiyonlar	41
3.3. Korozyonu Oluşturan Nedenler	45
3.3.1. Yeraltı korozyonunun oluşumu	46
3.4. Korozyon Çeşitleri	48
3.5. Korozyondan Korunma	53
3.5.1. Katodik korumanın teorik ilkeleri	54
3.5.2. Katodik korumanın teorisi	54
3.5.3. Dış akım kaynaklı katodik koruma prensibi	55
3.5.4. Katodik koruma akım ihtiyacı	59
3.5.5. Katodik koruma kriterleri	62
3.5.6. Boru hatlarının katodik koruması	65
3.6. Potansiyel Ölçümleri	71
3.6.1. Boru / Zemin potansiyelinin ölçülmesi	72
3.7. Dış Akım Kaynaklı Katodik Koruma	73
3.7.1. Transformatör - Redresör üniteleri	75
3.8. Dış Akım Kaynaklı Anotlar	75
3.9. Dış Akım Kaynaklı Anot Yatakları	76

4. TASARLANAN VE YAPILAN SCADA UYUMLU CİHAZ	77
4.1. Besleme Ünitesi	82
4.1.1. 15 Voltluk regüle güç kaynağı,	82
4.1.2. 12 Voltluk regüle güç kaynağı	83
4.1.3. 9 Voltluk regüle güç kaynağı	83
4.1.3. 5 Voltluk regüle güç kaynağı	84
4.2. Kontrol Ünitesi.....	84
4.2.1. PIC116f877'nin portları ve işlevleri	87
4.2.2. PIC 16F877'nin program ve kullanıcı RAM bellek organizasyonu	88
4.2.3. PIC 16f877'nin özel fonksiyonları.....	89
4.3. Güç Ünitesi	90
4.3.1. IGBT sürücü devresi	90
4.3.2. IGBT devresi	92
4.3.3. Step-Down regülatör devresi.....	94
4.4. Mesaj Ekranı, Tuş Takımı ve LCD Göstergeler	94
4.5. Giriş-Çıkış Ünitesi	95
4.6. Uygulama Devresi.....	95
4.7. Yazılım.....	97
4.7.1. Kullanıcı girişi.....	97
4.7.2. TR ünitesi izleme	98
4.7.3. TR ünitesi ayarı	99
4.7.4. TR ünitesi programı akış şeması	101
4.7.5. Arıza kodları ve çözümler	103

4.8. Deneysel Sonuçlar.....	105
5. HAM PETROL BORU HATLARI İÇİN BİR UYGULAMA	110
5.1. Irak-Yumurtalık Ham Petrol Boru Hatları'nın İncelenmesi	110
5.2. Ceyhan-Yumurtalık Tank Sahasında Yapılan Ölçümler	112
5.2.1. D tankları katodik koruma sistemleri ölçüm değerleri.....	112
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	117
KAYNAKLAR	121
EKLER	125
ÖZGEÇMİŞ	202



SCADA UYUMLU BİR TR ÜNİTESİ TASARIMI, YAPIMI VE PETROL BORU HATLARI İÇİN UYGULAMASI

(Doktora Tezi)

Hilmi IŞIK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Aralık 2003

ÖZET

Metalik yapıların, özellikle dağıtım ve taşıma sistemlerinin korozyon aşınmasının önlenmesinde kullanılan dış akım kaynaklı katodik koruma sistemlerinin temel elemanı olan TR (Trafo-Redresör) ünitelerinde meydana gelen arızaların giderilmesi, maalesef zamanında ve düzenli yapılamamaktadır. Bunun sonucunda büyük can ve mal kaybı kazaları oluşabilmektedir. Zamanında tamir edilememesinin sebepleri incelendiğinde ise, arızadan haberdar olunamaması veya haberdar olunsu bile arıza bölgesine ulaşılmasındaki zorluk vb sayılabilir. Bu tezde; TR ünitesindeki arızadan haberdar olunması ve mümkünse bir merkezden, bu mümkün değilse bir teknisyen görevlendirilerek arızanın giderilebilmesi için bir sistem tasarlanmıştır. Bu amaçla önce SCADA “Supervisory Control And Data Acquisition” sistemi irdelenmiş sonra da korozyon, nedenleri, sonuçları ve korunma yolları incelenmiştir. Bunun sonucunda TR ünitesi için SCADA sistemine uyumlu yeni bir yaklaşım geliştirilmesi gerektiği görülmüş, bir cihaz tasarlanmış ve yapımı gerçekleştirilmiştir. Bunun BOTAS (Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş.) petrol boru hatlarında karşılaşılan bazı yönetim ve bakım problemlerinin giderilmesi ve boru hattı kazalarının önlenmesinde kullanılması için, seçilen bir pilot bölgede uygulama yapılmış ve kullanıcılara yönelik araçlar geliştirilmiştir.

Bilim Kodu : 919
Anahtar Kelimeler : Korozyon, SCADA, Boru Hattı.
Sayfa adedi : 202
Tez yöneticisi : Prof. Dr. Serpil EROL



**THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SCADA INTERACTIVE TR
UNIT AND ITS APPLICATION FOR PETROL PIPE LINE**

(Ph.D. Thesis)

Hilmi IŞIK

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

August 2004

ABSTRACT

Fixing problems that occur in TR (Trafo-Rectifier) units which are the main elements of external current sourced cathodic protection systems which are prevent corrosive erosion of metallic structures, especially transport and distribution systems, unfortunately takes too much time and is not done on a regular basis. As a result of this, lots of life loses and accidents can occur. When the reasons for why the problem was not fixed on time was examined, it was found that it was due to not being aware of the problem or even if aware it was due to the difficulty of reaching the area where the problem had occurred. In this thesis; a system that is aware of the problem in the TR unit and that fixes the problem from, if possible from one center, or if not by a technician has been designed. With this aim first the SCADA “Supervisory Control And Data Acquisition” system was considered at length, then corrosion, its causes, results and safety procedures were analyzed. As a result of this it was seen that a new system interact in SCADA had to be developed for the TR unit, and the system was designed and constructed. This was implemented, and equipment aimed at users were developed, in a chosen pilot region to overcome some management and maintenance problems encountered at the BOTAS (Pipe Lines and Petrol Transportation A.Ş.) petrol pipe lines and to be used to prevent pipe line accidents.

Science Code : 919
Key Words : Corrosion, SCADA, Pipe Line
Page Number : 202
Adviser : Prof. Dr. Serpil EROL



TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Serpil EROL'a ve Hocam Prof. Dr Timur KOÇ'a, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım Doç.Dr.Şeref SAĞIROĞLU'na ve Yrd.Doç.Dr. M. Ali AKCAYOL'a, yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Erdoğan PETÜK'e,ve Duygu ÖZMEN'e manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli Eşim Jale IŞIK'a ve Kızım Elif Sude IŞIK'a teşekkür ederim.



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 3.1. Standart elektrot potansiyelleri serisi	43
Çizelge 3.2. Bazı metal ve alaşımların galvanik serisi (250 °C)	45
Çizelge 3.3. Katodik koruma için yaklaşık akım ihtiyacı değerleri	60
Çizelge 3.4. Çeşitli cins kaplamalı boru hatlarının kaplama direnci ve akım ihtiyacı.....	61
Çizelge 3.5. Zeminlerin rezistivite değerlerine göre sınıflandırılması. Türk Standartları TS5141.....	68
Çizelge 3.6. Redoks potansiyeli değerlerine göre zeminlerin sınıflandırılması....	71
Çizelge 4.1. PIC16F877'nin özellikleri	86
Çizelge 4.2. CM75DY-12H Elemanına ait karakteristik değerler, (Çalışma = 25 °C)	93

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 2.1. SCADA sistemi genel şeması	16
Şekil 2.2. UUB Blok Diyagramı	19
Şekil 2.3. Tek Kontrol Merkezi, Tek Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi, Radyal hat.....	23
Şekil 2.4. Tek AKM, Çoklu UUB, Radyal Hat Şekil 2.5. Tek AKM, Çoklu UUB, paylaşımlı hat	23
Şekil 2.5. Tek AKM, Çoklu UUB, Paylaşımlı Hat	23
Şekil 2.6. İki AKM, Çoklu UUB, Döngülü Paylaşımlı Hat.....	24
Şekil 2.7. İki AKM, Tek İki Portlu UUB, Radyal Hat.....	24
Şekil 2.8. Çoklu AKM, Çoklu UUB Tek Portlu	24
Şekil 2.9. İki AKM, Çoklu UUB Çift Portlu	25
Şekil 2.10. Tek AKM, Tek BKM (Bölge Kontrol Merkezi), Çoklu UUB	25
Şekil 2.11. Tek AKM, Çoklu BKM (Bölge Kontrol Merkezi), Çoklu UUB (BKM'leri birbiri ile haberleşebilir)	26
Şekil 2.12. Ana kontrol merkezi blok şeması	30
Şekil 3.1. Metal Dönüşümü.....	35
Şekil 3.2. Metal / elektrolit denge potansiyeli.....	40
Şekil 3.3. Bir elektrokimyasal hücre	41
Şekil 3. 4. Korozyon yönetimini gösteren Venn Diyagramı.....	46
Şekil 3.5. Metal yüzeyinde bir korozyon hücresinin oluşması	47
Şekil 3.6. Dış akım kaynaklı katodik koruma	55
Şekil 3.7. Asitli ortamda çeliğin dış akım kaynağı ile katodik olarak korunması	56
Şekil 3.8. Çeliğin nötral bir ortamda dış akım kaynağı ile katodik korunması.....	58
Şekil 3.9. Çeşitli cins kaplamalara ait yaklaşık akım ihtiyacı değerleri.....	60

Şekil 3.10. Boru/zemin potansiyelinin referans elektrot ile boru arasındaki mesafeye bağlılığı	63
Şekil 3.11. Boru/zemin potansiyelinin boru yüzeyi ile referans elektrodu konulmuş olduğu mesafeye ve zemin rezistivitesine göre değişimi	64
Şekil 3.12. Direnç kutusu ile zemin rezistivitesi ölçümü.....	70
Şekil 3.13. Boru / zemin potansiyelinin ölçülmesi	72
Şekil 3.14. Bir boru hattının dış akım kaynaklı katodik korunması	74
Şekil 3.15. Monofaze ve trifaze alternatif akımı doğru akıma çeviren transformatör-redresör ünitelerinin şematik görünüşü	75
Şekil 4.1. Devrenin blok şeması.....	81
Şekil 4.2. 15 Volt'luk regüle güç kaynağı uygulama şeması.....	82
Şekil 4.3. 12 Volt'luk regüle güç kaynağı uygulama şeması.....	83
Şekil 4.4. 9 Volt'luk regüle güç kaynağı uygulama şeması.....	84
Şekil 4.5. 5 Volt'luk regüle güç kaynağı uygulama şeması.....	84
Şekil 4.6. PIC 16F877 mikrodenetleyicisinin blok diyagramı.....	85
Şekil 4.7. PIC 16F877'nin bacak bağlantıları	87
Şekil 4.8. PIC 16F877'nin bellek haritası	89
Şekil 4.9. Denetleyici devresi giriş ve çıkış sinyalleri	91
Şekil 4.10. IGBT Sürücü devresi uygulama şeması.....	93
Şekil 4.11. Komple IGBT devresi uygulama şeması	93
Şekil 4.12. Step-down regülatör devresi	94
Şekil 4.13. Bilgisayar kontrollü TR ünitesi.....	96
Şekil 4.14. Kullanıcı giriş ekranı	98
Şekil 4.15. TR ünitesi izleme ekranı	99
Şekil 4.16. TR ünitesi ayar ekranı	100

Şekil 4.17. Program akış şeması	101
Şekil 4.18. Çıkış gerilimi	105
Şekil 4.19. Çıkış akımı	106
Şekil 4.20. Referans giriş gerilimi	106
Şekil 4.21. 5 Ω sabit yük için referans giriş gerilimine göre çıkış gerilimi değişimi	107
Şekil 4.22.Çeşitli zemin rezistiviteleri için boru-zemin potansiyeline göre anot akımı grafiği değişimi	108
Şekil 4.23. IGBT sürücü devre giriş sinyali.....	109
Şekil 5.1. Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tank Sahası Tank/Zemin Potansiyeli Grafiği (GENEL)	116

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 1.1. Yumurtalık İskelesi'nde bir TR ünitesinden değer alınması	2
Resim 1.2. Bir ham petrol tankı.	4
Resim 1.3. Bir su tankı.....	4
Resim 1.4. Ceyhan Yumurtalık Yükleme İskelesi	5
Resim 3.1. İlk bimetalik korozyon olayı rapor edilen İngiliz Kraliyet Deniz Kuvvetleri Firkateyni.	37
Resim 3.2. Bazı korozyona uğramış civata ve somunlar.	38
Resim 4.1. Yumurtalık İskelesi'nde varyaklı bir TR ünitesi	77
Resim 4.2. Yapımı gerçekleştirilen uzak uç birimin (UUB) bir resmi	78
Resim 4.3. Yapımı gerçekleştirilen TR ünitesinin açık halinin bir resmi.....	79
Resim 4.4. Yapımı gerçekleştirilen TR ünitesi kontrol katının bir resmi	79
Resim 4.5. Yapımı gerçekleştirilen TR ünitesi güç katının bir resmi.....	80

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita 1.1. Türkiye’de bulunan boru hatları.....	3
--	---



EKLERİN LİSTESİ

Ek	Sayfa
Ek-1. http://www.nts.gov/events/symp_rec/proceedings/authors/westhoff.htm .	126
Ek-2. http://www.epic.com.au/PDFs/sout_austuralia.pdf	126
Ek-3. http://www.Infogate.org/infogate/teknomarket/pic16f877	127
Ek-4. http://www.hy.line.de./power/anwendung/mitsubishi2.htm	127
Ek-5. http://www.zetron.com/pages/english/realw/7155.html	128
Ek-6. http://www.desc.dla.mil/DCM/Files/attachJ9_29.pdf	128
Ek-7. http://www.pwr.com/pages/search/search_prod_rsrts.asp	129
Ek-8. http://www.tapsennewal.jpo.doi.gov/taps/SPC_report/APPENDIXA.pdf ...	129
Ek-9. Ceyhan-Yumurtalık Tank Sahasında Yapılan Ölçümler, D tankları katodik koruma sistemleri ölçüm değerleri	130
Ek-10. Arayüz programı.....	146
Ek-11. PIC16F877 programı	151

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
ABD	Ana Bilim Dalı
AD/DA	Analog-Dijital/Dijital-Analog Çevirici
AKM	Ana Kontrol Merkezi
BKM	Bölge Kontrol Merkezi
CACH	Hızlı Tampon Bellek
CBS	Coğrafik Bilgi Sistemi
CPU	Central Processor Unit
DMS	Distribution Management System,
EMS	Energy Management System
FBE	Fusion Bonded Epoxy
FLC	Fuzzy Logic controller
GIS	Geographic Information System
GSM	Global System for Mobile
HPBH.	Ham Petrol Boru Hattı
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
LAN,	Local Area Network
MINLP	Mixed-Integer Nonlinear Programming
MİB	Merkezi İşlem Birimi
MTU	Master Terminal Unit
OPS	Office of Pipeline Safety
PC	Kişisel Bilgisayarlar
PIC	Pripheral Interface Controller
PLC	Programmable Logic Control
PLC	Gerilim Hatları (Power Line Carrier)
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Rasgele Erişimli Bellek

ROM	Sadece Okunabilir Bellek
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
TR	Trafo-Redresör
TV	Televizyon
UNIX, POSIX	İşletim Sistemleri
UUB	Uzak Uç Birim
WAN	Wide Area Network

Kısaltmalar	Açıklama
--------------------	-----------------

BOTAŞ	Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş.
PTT	Posta Telefon Telgraf
BTC	Bakü-Tiflis-Ceyhan Boru Hattı

1. GİRİŞ

Metalik yapıların (köprü, viyadük, raylı taşıma hatları...) özellikle dağıtım ve taşıma sistemlerinin (su dağıtım şebekesi, doğalgaz şebekesi, petrol taşımacılığı, su taşımacılığı, gaz taşımacılığı...) korozyondan korunmasında en etkili yöntem dış akım kaynaklı katodik korumadır. Dış akım kaynaklı katodik koruma sistemlerinin temel elemanı olan TR (Trafo-Redresör) ünitesinde meydana gelen arızalardan maalesef haberdar olunamamakta veya haberdar olunsa bile ulaşım ve maliyet gibi sebeplerden bu arıza zamanında giderilememektedir. BOTAŞ (Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş.) ham petrol taşıma boru hatlarında yapılan incelemelerde (Resim 1.1) birçok TR ünitesinde arızalar bulunduğu ve bunların giderilemediği görülmüştür. Bunların şu anda olmasa bile gelecekte önemli mal ve can kaybı kazalarına sebep olacağı kesindir. Bu sorunların giderilememesinin sebebi olarak boru hatlarının çok geniş alana yayılmış olması (Harita 1.1), iklim şartları, eleman ve araç yetersizliği gibi sebepler sayılabilir.

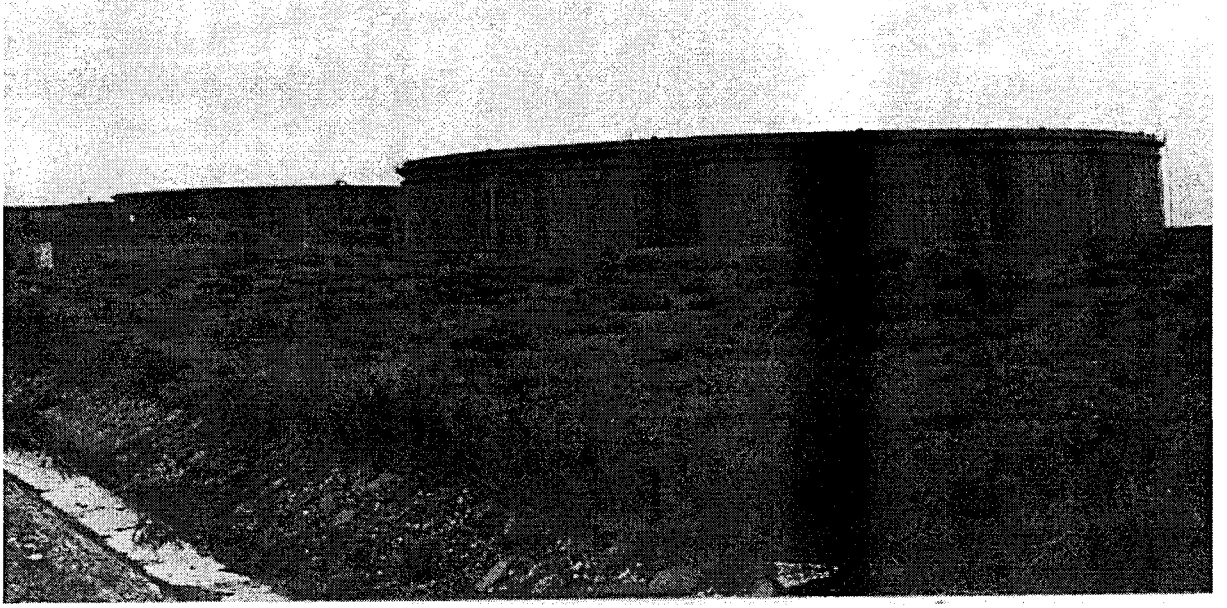
Ülkemizde büyük ekonomik değeri olan taşıma ve depolama sahalarındaki katodik koruma sistemlerinde hiçbir otomasyon bulunmamaktadır. Bu sistemleri korozyona maruz bırakmamak için yapılan katodik koruma sistemlerinin etkin bir koruma sağlaması ve bunun da süreklilik sağlayabilmesi için temel otomasyonun mutlaka kurulması gerekmektedir. Bu amaçla bu sistemler için SCADA sistemi tasarlanması ve uygulanması gerekmektedir. Kısaca uzaktan algılama ve kontrol diye tanımladığımız SCADA "Supervisory Control And Data Acquisition" kelimelerinin ilk harflerinden oluşturulmuştur. Türkçe olarak "Denetimli Kontrol ve Veri Edinme" şeklinde tercüme edilebilir. SCADA sistemi ile boru hatlarının sürekli bir şekilde tam katodik koruması sağlanabilir, arıza durumları otomatik olarak bilgisayar vasıtasıyla izlenebilir ve uygun olanlar giderilebilir. Ayrıca boru hattı katodik koruma verileri ve arızalar sürekli kaydedilebilir ve durum raporlanabilir.



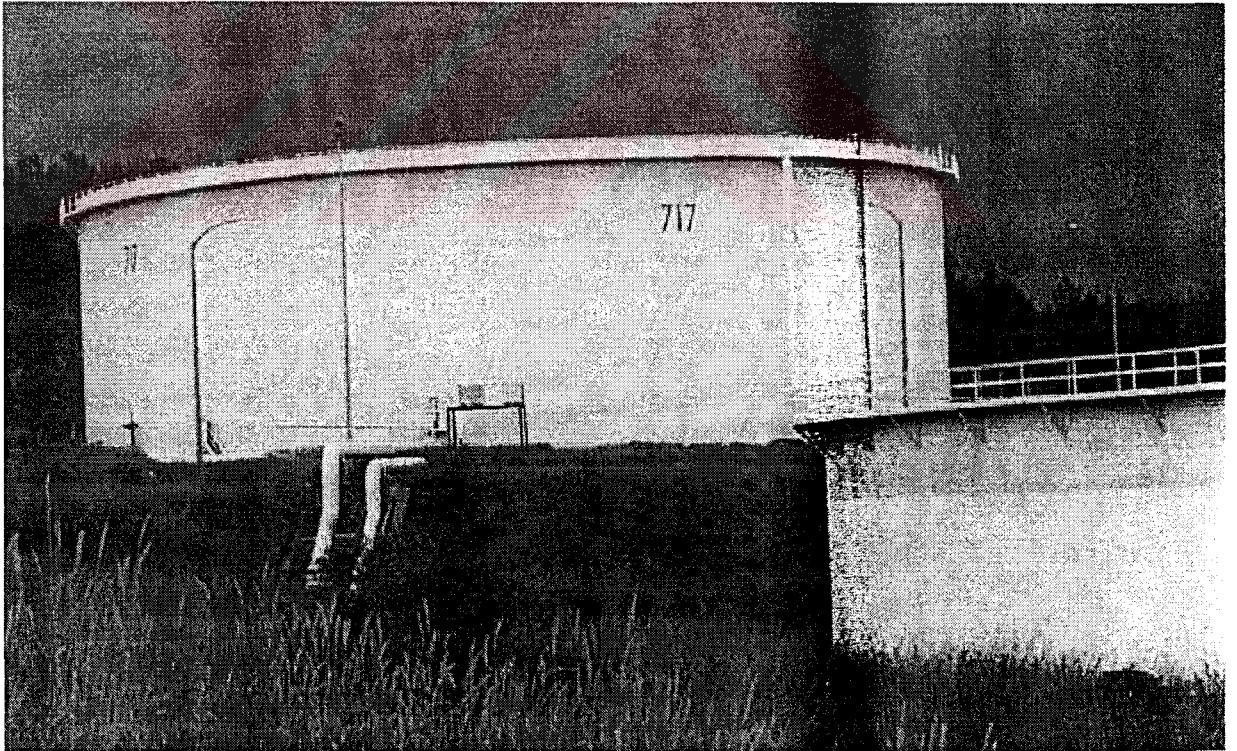
Resim 1.1. Yumurtalık İskelesi'nde bir TR ünitesinden değer alınması

Yapılacak bir SCADA sistemi tasarımı ve uygulaması ile çok değerli boru hatları, tanklar ve iskele (Resim 1.2., Resim 1.3. Resim 1.4.) korozyona karşı emniyetli bir şekilde korunmuş olacaktır. Bunun sonucunda oluşabilecek felaketlerin, can ve mal kayıplarının ve çevre kirliliğinin önüne geçilmiş olunacaktır.

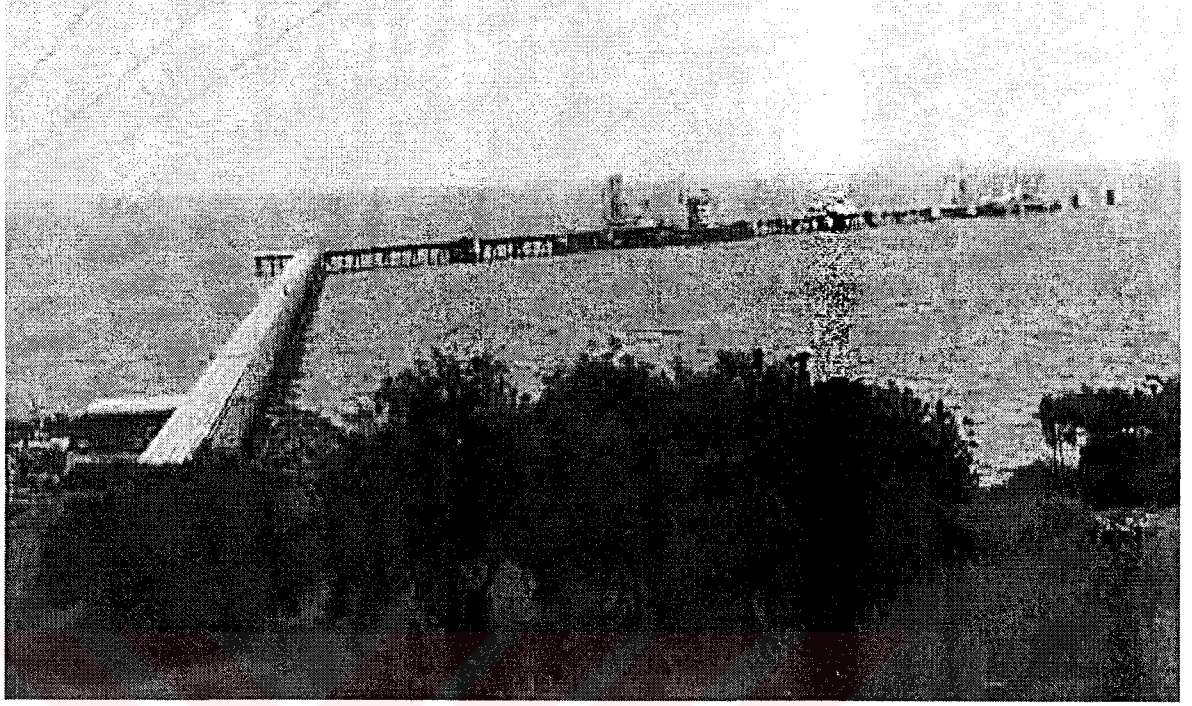
Başlangıçta oldukça pahalıya mal olacak bu sistem sağlayacağı avantaj ve korumayla belli süre içinde kendisini amorti edecektir. Bunun yanında parasal değerle ölçülemeyecek insan kaybı ve yaralanma kazaları da önlenmiş olacaktır.



Resim 1.2. Bir ham petrol tankı.



Resim 1.3. Bir su tankı



Resim 1.4. Ceyhan Yumurtalık Yükleme İskelesi

Tarih içinde birçok aşamalardan geçmiş olan otomatik kontrol son zamanlarda telemetri ve sonra bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle PLC ve SCADA sistemleri ile gelişmiştir. SCADA sistemi; geniş kullanım alanları olduğu gibi bazı sistemlere de temel teşkil eder. Örneğin; enerji yönetim sistemleri (Energy Management System, EMS), dağıtım yönetim sistemleri (Distribution Management System, DMS), coğrafik bilgi sistemi, CBS, (Geographical Information System, GIS) vb. Otomatik kontrol ve uygulamaları hakkında dünyada yapılmış bazı çalışmalar şunlardır;

Futao ve arkadaşları; çalışmakta olan kimyasal işlemlerin oluşturduğu ürünlerin nicelik ve niteliklerinin algılanmasıyla, patern-tabanlı kestirme metodu ile kimyasal proseslerin geniş zaman aralığı için gelecekteki davranışları tahmin ederek bir bulanık (fuzzy) kontrol stratejisi oluşturma konulu bir makale yayınlamışlardır(1).

Gustavo ve arkadaşları; geniş alana dağılmış piezoelektrik devinimci ihtiva eden titreşimli yapılar için kendi kendini on-line organize eden bulanık sayısal kontrolcü (Fuzzy Logic controller, FLC) tasarım ve uygulaması önermişlerdir (2).

Huang H.J. ve Wang F.S., tarafından kimya fabrikalarında birçok ürünün bir arada optimal olarak üretilmesi tasarımı problemi için bulanık karar verme yaklaşımı önerilmiş ve ürünlerde ki artış ve azalış fonksiyonunun bulanık amaçlı çözümü için karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama modeli (Mixed-Integer Nonlinear Programming, MINLP) formüle eden bir çalışma yapılmıştır (3).

ASELSAN tarafından, A-Pass ismiyle, otoyol ve köprülerde ücret toplamak için geliştirilen, araç durmadan geçirme esasına dayalı, tam otomatik bir elektronik ücret toplama sistemi geliştirilmiştir. A-Pass, bir otoyol ücret toplama, iletmesi için gerekli olan veri toplama, denetleme, izleme, ihlal işlemleri, ücretlendirme ve raporlama gibi tüm fonksiyonlara sahip entegre bir sistemdir. Sistem, seviyeli mimarisi sayesinde, küçük bir otoyol (veya köprü) için uygun olduğu gibi, içinde bir çok otoyolu barındıran bölgesel bir işletme tarzına veya ülke çapında işletilen uygulamalar için de uygun bir sistem tasarımıdır (4).

Wilbross 400 km uzunluktaki 20 inçlik boruları inşa etmiştir. 70 Mbpd akış hızı için tasarlanan boru hattı sistemi 'fusion bonded epoxy' (FBE) kaplama, katodik koruma sistemi, SCADA ve mikrodalga iletişim sistemine sahiptir. Wilbross aynı zamanda 140 Mpbd pompa istasyonu inşa etmiştir. 4 Mbbl'lik 4 depo, 1 tane 5 Mbbl ve 1 tane 500 bbl'lik çatı deposu inşa etmiştir. Ülkede toplam 21 tane nehir bulunmaktadır ve borular yollardan çapraz bir şekilde geçmektedir. SCADA sistemi kontrol valfleri hariç ana blok valflerinin durumlarını izlemek, basınç durumlarını gözlemek ve valfleri uzaktan kapamak için kullanılmıştır. Ham petrol üç farklı üretim alanından doğrudan yükleme pompasına gönderilmektedir. Bunun sebebi, her bir üretim ayrı bir şekilde sayaçlanmış olmasıdır. Ayrıca SCADA sistemi ile park imkanları, yangın koruma, ulaşım vb işler yapılmaktadır (5).

USA Federal Register; (Rules and Regulations, Final Rule) yayınladığı kurallar ile hata ve sızdırma nedeniyle insanların yerleşim yerlerini etkilemesi durumunda zararlı sıvı boru parçalarının segmentlerinin birleştirilmesi analizini ,tamir ve değerlendirmesi gibi kuralları belirlemiştir. Bu alanlar çevresel zararlara ve

denizcilerin ulaşabileceği su yollarına pek nadir duyarlıdır. Boru hattı güvenlik (Office of Pipeline Safety, OPS) operatörün gelişimi ve ardından bu önemli alanları etkileyecek boru hattı segmentlerinin birleştirilmesine sürekli sağlayacak imkanları sağlamaktadır. Dahili araştırma ile basınç testi ile ve diğer benzer araçlarla test edilmeye ihtiyaç duymaktadır. Katodik koruma araştırması, boru güvenliği kuralları tarafından gerekli devriye gezme ve araştırma korozyon kontrolünün izlenmesi ve bu önemli alanları nelerin etkileyebileceği bilgilerini içeren bilgilerin sonucunda bilgiler toplanarak gerekli birleştirme işleri yapılarak program çalıştırılmaktadır (6).

Shell R,E, yayınladığı makalede; AC indüklemeli korozyonun çok yüksek korozyon hızına sahip olması sebebiyle gömülü boru hatlarının birleştirilmesinde önemli bir tehlike kaynağı olduğunu, bu korozyonun yılda yaklaşık 1 mm metal kaybına sebep olduğunu açıklamıştır. Örnek olarak; UK Shell 1992 yılında, 412 km uzunluğunda, 10 inc yarıçaplı, yüksek basınca dayanıklı boru kullanarak kurduğu hatta, 1996 yılında borunun 100 km'lik kısmının mikrobiyel etkilerden dolayı metal kaybına uğradığı anlaşılmıştır. Bu bölgelerde katodik korumadaki gelişmeler de kullanılarak koruma sağlanmıştır. Fakat daha ileri araştırmalarla benzer sorunların yeniden oluştuğu gözlemlendiğini belirtmiştir. (7).

Synchrony'nin yayınladığı bir makalede; içme suyu ve atık su için SCADA kullanımındaki artış ve meyil, ayrıca SCADA tarih ve teknolojisi ve otomatik su kontrol sistemlerinin tasarım ve uygulaması anlatılmıştır. Bu makalede ayrıca SCADA iletişim yöntemleri ve avantajları açıklanmıştır (8).

Gareth T., 1997 Yılında hazırladığı tezde herhangi bir SCADA sisteminde kullanılabilecek bir arayüz tasarlamış ve bunun Queensland Magnesia Pty Ltd. İçin bir uygulamasını yapmıştır (9).

Kontopoulos A. ve arkadaşları ; Bir toz alüminyum fırını için enerji verimliliğini artırmak amacıyla karmaşık, SCADA temelli bir otomatik kontrol sistemi tasarımı ve yapımı konulu bir makale yayınlamışlardır (10).

State of Oregon, Department of Environmental; 2001 yılında, çevreyi koruyan güvenilir atık madde pompalama olanaklarını sağlamak için standartları bir makale ile yayınlamıştır. Bu standartlar, pompalama istasyonları için tasarlanan standartları ve teknik kriterleri belirtmektedir (11).

M. A. Westhoff , ABD Eyaletleri arasında olan doğal gaz borularının SCADA sistemleri kullanarak işletilmesini anlatmaktadır. Bu işlemler izleme, kontrol ve analiz işlemlerinden oluşur (12).

Epicenergy Şirketi tarafından Güney Avustralya'daki doğalgaz boru hatları hakkında bilgiler verilmiş, çevresel ve kültürel miras yönetimi, boru hattı verileri, temiz enerji ve boru hattı güvenliği konularına değinilmiştir (13).

Barry C Ezel hazırladığı yüksek lisans tezinde Su tesislerindeki SCADA Sistemlerine yapılabilecek siber saldırı risk yönetimini incelemiştir (14).

1996 yılında Wilbrooss 'Samalayuca Pipeline Project' isimli projesinde 24 inc kalınlığında 72 km uzunluğundaki doğalgaz borusunu katodik koruma sistemi ile korumuştur. Akış hızı, basınç vb özellikler SCADA sistemi ile kontrol edilmiştir (15).

Zetron kablosuz SCADA sistemini uzak istasyonları ve rafineleri birleştirmek için kullanmıştır (16).

Zhu ve Nie hazırladıkları makalede; basınç düşmesi durumunda ısı transferinde oluşan değişimleri izlemek ve kontrol etmek üzere bir ağ tasarlamıştır (17).

NASA, Kennedy Uzay Merkezi için hazırladığı Yıllık Raporunda hava ve kara yardım sistemlerinin emir, kontrol ve izleme sistemi raporunu sunmuştur (18).

Alaska Highway Pipeline Inc; Alaska karayolu Boru hattı projesinde merkez ve istasyonlar arasındaki boru kontrolü işlemlerinde SCADA kullanmıştır (19).

Kaliforniya’da 1993 yılında alçak basınçlı boru hatlarının kontrolü için SCADA sistemi kurulmuştur (20)..

Shute S. yayınladığı makalede; boru hatlarında gaz basıncı, gaz akış hızı, alarm üretme ve ölçümlerde SCADA sistemi kullanımını anlatmıştır (21).

Literatürde TAPS’ın 1990-2002 yılları arasında Alaska’da yaptığı petrol boru hattı çalışmalarını kronolojik akış şeklinde veren bir ön çalışma bulunmaktadır. Buradan çalışmaları hakkında bilgi almak mümkündür.(22).

Alliance Ltd. Firması korozyon kontrol sistemi ve hatların izlenmesi için SCADA sistemini kullanmıştır (23).

Goodfellow su dağıtım sisteminde su basıncının kontrolü ve tank su seviyesinin izlenmesi için SCADA sistemini kullanmıştır (24).

Nova şirketi tarafından etelin gazının borularla taşınmasında SCADA sistemi kullanılmıştır (25)

Enbridge Technology Inc Şirketi boru hatlarının kontrolü için istasyonlar arasındaki gaz kontrolü, ısı ve sıcaklığı konularında SCADA kullanılması, SCADA ile vana, basınç, voltaj, sıcaklık izlemesi ve kontrolü hakkında bir makale yayınlamıştır (26).

Bu doktora çalışmasında; korozyonun metalik yapılar üzerindeki kötü etkisi, sebepleri, çeşitleri ve oluşma şekilleriyle incelenecektir. Kontrol sistemleri hakkında literatür taraması yapılacak, otomatik kontrolün korozyonu önlemede kullanılması üzerine dünyada yapılmış bazı çalışmalar incelenecektir. Korozyonu önleme çeşitleri, korozyonu önleme yöntemleri ve cihazları incelenecektir. Korozyonun izlenmesinin ve önlenmesinin en iyi yolu SCADA sisteminin kullanılmasıdır. Bu nedenle SCADA sistemi incelenecek ve korozyon oluşmasının SCADA sistemiyle izlenmesi ve kontrol edilmesi yolları incelenecektir. Ayrıca SCADA sisteminde kullanılabilecek bir cihaz tasarlanması ve yapımı gerçekleştirilecek ve bu cihazı

oluşturan modüller açıklanacaktır. Son olarak BOTAŞ petrol boru hatlarında kullanılması, faydaları ve zararları açıklanacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde; SCADA sistemi, gereği, yapısı, çeşitleri ile irdelenmiştir. Üçüncü bölümde; korozyon; etkisi, sebepleri, çeşitleri ve oluşma şekilleriyle verilmiştir. Dördüncü bölümde, yapılan SCADA uyumlu TR ünitesi anlatılmış ve istenen özelliklerde bir cihaz tasarımı sunulmuştur. Beşinci bölümde; yapılan SCADA uyumlu TR ünitesinin BOTAŞ Yumurtalık tank sahasında bir uygulaması yer almaktadır. Altıncı ve son bölümde; korozyonun önlenmesi için bu yaklaşımın faydaları ve zararları irdelenmiş ve öneriler sunulmuştur.



2. SCADA SİSTEMİ

2.1. SCADA Sisteminin Tanımı ve Tarihçesi

Otomatik kontrol; geri besleme kuramıyla başlamış, telemetri, programlanabilir sayısal kontrol (PLC) (Programable Logic Control) ve sonunda SCADA ile gelişmiştir.

Otomatik kontrol sistemi tarihinden seçilmiş bazı gelişmeler aşağıdadır.

1769, James Watt Buhar makinesini geliştirdi. James Watt'ın buhar makinesi İngiliz endüstrisinde bir devrim olmuştur.

1800, Eli Whitney'in değiştirilebilir parçalarla ilgili görüşü silah üretiminde kullanılmıştır.

1868, J. C. Maxwell buhar makinesinin kontrolünün matematiksel modelini formülize etti.

1913, Henry Ford otomobili üretti ve tanıttı.

1927, H.W.Bode geri besleme amplifikatörlerini analiz etti.

1932, H. Nyquist sistem kararlılığını analiz etmek için bir metot geliştirdi.

1952, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü tarafından nümerik kontrol (NC) geliştirildi.

1954, George Devol ilk endüstriyel robotu tasarladı.

1960, Devol'un tasarımına dayanılarak ilk endüstriyel robot üretildi.

1970, Değişken durumlu modeller ve optimal kontrol geliştirildi.

1980, Güçlü ve güvenilir kontrol sistemleri üretildi ve halen bu konuda çalışılıyor.
(SCADA sitemi gibi)

1990 ihraç merkezli üretim kampanyaları geliştirildi.

1994, Otomobillerde geri besleme sistemleri geniş şekilde kullanılmaya başlandı.
(Üretimde daha güvenilir ve daha güçlü sistemler talep edildi.)

Denetim sistemlerinin ilk kullanılışı 19. yüzyılın sonlarında başlamıştır. Bu yıllarda montaj hatlarının çeşitli kısımlarının otomasyonu için özel olarak tasarlanmış mekanik düzenler kullanılmıştır.

1920 yılından itibaren röleli ve kontaktörlü sistemler kullanılmaya başlanmış ve denetim sistemleri alanında daha ileri bir düzeye ulaşılmıştır. Rölelerin ömürlerinin uzun olmaması ve çalışma frekanslarının sınırlı olması gibi nedenler, anahtarlama amaçları için kullanılacak yeni elemanların aranmasına yol açmış ve 1950'li yıllarda germanyum transistörler uygulamaya girmiştir.

1968 yılında General Motors firması, Hydromatic Bölümü'nde esnek olmayan ve maliyeti yüksek röleli denetim sistemleri yerine kullanılacak bilgisayar temelli, esnek, endüstri mühendisleri tarafından kolayca programlanabilecek ve bakımı yapılabilecek bir denetim sisteminin tasarlamıştır. Ortaya çıkan cihaz, rölelerin yerini almaktan çok tekrarlı işlemler yapan makine ve elemanları kontrol etme uygulamaları ile sınırlı kaldı. Çünkü, sonradan PLC olarak tanımlanan, bu cihaz, sadece açık/kapalı kontak denetimi yapabilecek nitelikteydi.

1970'li yıllarda ayırık elemanların yerini tümleşik (entegre) devrelerin alması ve 1970-1974 yılları arasında mikroişlemci teknolojisinin gelişmesiyle temel eleman olarak mikroişlemci kullanan PLC'lerin de daha karmaşık ve esnek işlemler

yapabilme kapasiteleri geliştirilmeğe başlandı. Bu gelişmeler PLC'lerin uygulama alanlarını da genişletti.

1975-1979 yılları arasında donanım açısından yeni gelişmeler kaydedildi. Bu gelişmeler PLC'lere yüksek bellek kapasitesi, Analog denetim ve komutlandırma denetimlerinin artırılması olarak yansımış oldu.

1980 yılında "Bit-Slice" teknolojisinin geliştirilmesi sayesinde hızlı bir şekilde tarama yapılabilmesi mümkün oldu ve çok az sayıda röle kullanan (10 kadar) sistemlerde uygulanabilecek mikroişlemci temelli, düşük fiyatlı, akıllı Giriş-Çıkışla donatılmış olan ve bu yüzden işlem kapasiteleri yüksek olan cihazlar piyasaya sürüldü. Diğer önemli bir gelişme de, PLC'lerin ortak bir bus (bilgi taşıtı) sistemi ile kendi aralarında bilgi alış verişinde bulunabilmeleri oldu. Bu gelişme kontrol sistemlerinin çok büyük bir esneklik içerisinde yapılandırılabilmesini ve programlanabilmesini sağladı.

PLC üreten bazı firmalar şunlardır: Modicon, Allen-Bradley, Texas Ins, Square D Hitachi, Mitsubishi, Siemens, Moeller, Telemecanique, Micron, Taian, vs.

Günümüzdeki PLC'ler ile kontrol işlemi, SCADA görsel programlama sistemi yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Bu gelişmelere paralel olarak, üretim ortamından alınan istatistik ve diğer verileri işleyerek sistem verimliliğinin artırılması ve üretim maliyetinin düşürülmesi yönünde tedbirlerin alınması da mümkün olmuştur. PC ve PLC ile dolayısıyla SCADA ile kontrol teknolojisinin hızla gelişmeye devam edeceği görülmektedir.

İnsan makine arayüzlerinin bilgisayar uyumlu ve grafiksel olması, programlanabilir sayısal kontrol teknolojisinde üçüncü kuşağı geliştirmiştir. Buna kısaca SCADA denilmektedir (27). PLC sisteminin gelişmesi (SCADA); uzak mesafelerdeki sistemlerin de eş zamanlı olarak başarılı bir şekilde kontrol edilmesine imkan tanımıştır. Tanımından anlaşıldığı gibi SCADA sistemi danışma, kontrol ve veri toplama işlevlerini yerine getirir.

SCADA; bir cihaza veya tesise yerinden kontrolün uygun veya pratik olmadığı uzaklıklarda veya geniş bir coğrafi bölgeye yayılmış cihaz veya tesislere denetim ve kontrol uygulayan, tesisin o anki durumunu, verilen komutun yerine getirilip getirilmediğini izleme imkanı sağlayan bir sistemdir. SCADA sistemleri; bir merkez noktasından geniş coğrafi alana yayılmış elektrik iletim hatları, nükleer, termik ve hidrolik enerji üretim sistemleri, petrol ve gaz alanları, boru sistemleri, su şebekeleri, iletim, dağıtım tesisleri gibi, tesisleri kontrol eder. Ayar noktalarını değiştirme, alarmları görüntüleme, ölçü bilgilerini toplama işlevlerini güvenilir, emniyetli ve ekonomik olarak yerine getirir (27). Bunun yanında yerinden izleme ve kontrol için de SCADA sistemi kullanılması çok uygundur.

2.2. SCADA'nın Uygulama Alanları

SCADA sistemi geniş kullanım alanları olduğu gibi enerji yönetim sistemleri , dağıtım yönetim sistemleri , coğrafi bilgi sistemi vb. sistemlere de temel teşkil eder.

SCADA sisteminin başlıca kullanım alanları şunlardır ;

- Doğal gaz ve petrol boru hatları
- Su Toplama, arıtma ve dağıtım tesisleri
- Termik, nükleer veya hidrolik enerji üretim tesisleri
- Elektrik dağıtım tesisleri
- Bölgesel ısıtma tesisleri
- Trafik izleme ve kontrol sistemleri
- Kimya endüstrisi
- Atık su, kanalizasyon şebekeleri
- Petrokimya Endüstrisi
- Demirçelik Endüstrisi
- Hava kirliliği kontrolü
- Çimento endüstrisi
- Otomotiv endüstrisi

- Gıda endüstrisi
- Bina otomasyonu
- Veri iletişim sistemleri

Kısaca bir tesiste; ölçüm yapılacak yerlerin alanı km^2 ile ölçülüyor veya kilometrelerce uzakta ise, basit komutlar ve görüntülemelerle kontrol edilebilecekse ve iyi bir işletme için; sık, düzenli ve hızlı cevap süreleri gerekli ise SCADA sistemi uygulanabilir (27).

2.3. SCADA'nın İşlevleri

SCADA: danışmalı kontrol ve veri edinme kelimelerinin birleşiminden oluştuğu için danışma, kontrol veri toplama, verilerin kaydı ve depolanması olmak üzere dört ana işlevi vardır.

2.3.1. Danışma (Monitoring), olay ve alarm işleme

Durum denetimi (açık-kapalı), eşik ve limit değer denetimi (analog ölçümler), Olay ve alarmların rapor edilmesi, gruplandırılması, sınıflandırılması, trend denetimidir (27).

2.3.2. Kontrol

Kontrol edilecek cihazların (kontak, vana, sensör, ayırıcı, kesici ve diğer kontrol cihazları...) uzaktan kontrol edilmesi, kontrol elemanlarına kontrol işaretleri gönderilmesi işlemlerini yapar.

2.3.3. Veri toplama

Analog ölçümler (akım, gerilim, güç, yağ durumu, sıcaklıkları, kademe konumu vb.), durum ölçüleri (vana, röle, kesici ve ayırıcıların açık/kapalı konumları, röle

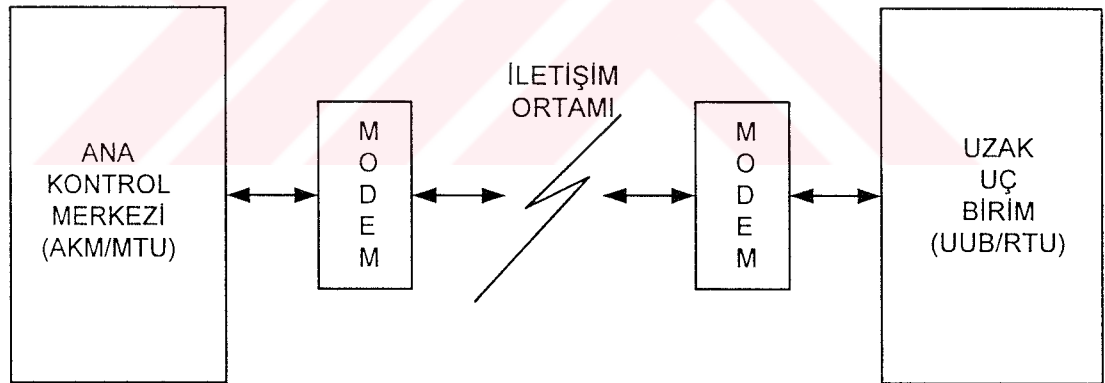
kontak konumları vb.), enerji ölçümleri (sayaç çıkışlarından alınan birim enerji işaretlerinin sayılması) işlemlerini yapar (27).

2.3.4. Verilerin kaydı ve depolanması

Danışma, kontrol ve veri toplama işlevlerinden elde edilen veriler isteğe bağlı aralıklarla ve şekilde kaydedilerek istenen sürelerde depolanır.

2.4. SCADA Sistem Yapısı

SCADA sistemi; 1 - Uzak Uç Birim (UUB), (Remote Terminal Unit (RTU)), 2- Haberleşme Sistemi ve 3- Ana Kontrol Merkezi (AKM), (Master Terminal Unit (MTU)) olmak üzere esas olarak üç kısımdan oluşur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. SCADA sistemi genel şeması

2.4.1. Uzak uç birim (UUB)

İngilizce “Remote Terminal Unit” (RTU) için Türkçe’de daha çok Uzak Uç Birim (UUB), “uzaktan algılama ünitesi” veya “bilgi toplama ve denetleme” ... çevirileri kullanılmaktadır (28).

UUB: Bulunduğu bir terminalin tüm bilgilerini (voltaj, akım, güç, sıcaklık, vana durumu, nem, akış hızı, sistem değişiklikleri, ...) toplar, denetler, kontrol eder, depolar ve seçilen belli aralıklarla, bu bilgileri kontrol merkezine belirli bir iletişim ortamı yolu ile gönderir. AKM'den gelen komutları uygular.

Bir SCADA sisteminde bir veya birkaç ana kontrol merkezi olabilirken yüzlerce uzak uç birim olabilmektedir. Bu nedenle, sistemin güvenilirliği, portatifliği ve maliyeti doğrudan UUB'lere bağlıdır.

2.4.1.1. UUB 'in görevleri

Günümüzde mikroişlemci teknolojisinin gelişmesine paralel olarak UUB'ler, esnek, çok fonksiyonlu, daha akıllı ve daha ekonomik hale gelmiştir, gün geçtikçe gelişmekte ve daha fazla kişi tarafından kullanılmaktadır.

UUB'lerin değişmeyen iki görevi (1- Bilgi toplamak ve depolamak, 2- Gerekli kumandaları gerçekleştirmek) dışında yeni özellikler de katılarak daha geniş uygulama alanlarına kavuşması sağlanmıştır.

UUB'in görevlerini sıralayacak olursak;

- 1) Bilgi toplama ve depolama
- 2) Kontrol ve kumanda
- 3) Görüntüleme (Monitoring)
- 4) Arıza yeri tespiti ve izolasyonu

2.4.1.1.1. Bilgi toplama ve depolama

UUB'lerin en önemli görevi bilgi toplamak ve depolamaktır. UUB'ler bulundukları uç birimde analog değerleri, alarm ve durum bilgilerini ve sayaç değerlerini toplarlar. Bunları bulundukları birimde ve bağlı oldukları AKM'nde kullanıma

sunarlar, belli aralıklarla ve istenilen zamanlarda depolarlar. Bu bilgileri istenilen zaman aralıklarıyla AKM'ne göndererek depolanmasına imkan tanırırlar.

Analog değerler ; örneğin boru hatlarında trafo gerilimi, referans gerilimi, katot gerilimi ve akımı bilgileri analog ölçü aletleriyle alınır, sayısala çevrilerek UUB'e iletilir.

UUB'ler bilgilerin toplanmasını ve gönderilmesini RS-232 veya RS-485 seri portlarla yapmaktadır (28).

2.4.1.1.2. Kontrol ve kumanda

İlk görev kadar önemli bir görevdir. Bir vanayı, kontağı, elektronik bir cihazı ve benzeri elemanları kontrol etmek gibi görevleri kapsar. Kontrol ve kumanda söz konusu olduğundan bu özelliği ancak yetkili kişiler kullanabilir. Bu sebeple bu kişilere kullanma seviyelerine göre şifreler verilir.

2.4.1.1.3. Görüntüleme (Monitoring)

Bir sistemi iyi bir şekilde kontrol etmek, o sistem hakkında doğru ve zamanında bilgi edinmeye bağlıdır. SCADA sisteminin bu hizmeti de sunması son yıllarda tercih edilmesini artıran sebeplerden olmuştur. Bu özellik önceki iki özellik kadar önemli olmamakla beraber özellikle verilen kontrol komutlarının sonuçlarının izlenebilmesi sebebiyle sistemin işlerliğini artıran bir özelliktir. Görüntüleme ve izleme aracı olarak bilgisayar ekranları, yazıcılar, çiziciler, panolar... kullanılır.

2.4.1.1.4. Arza yerinin tespiti ve izolasyonu

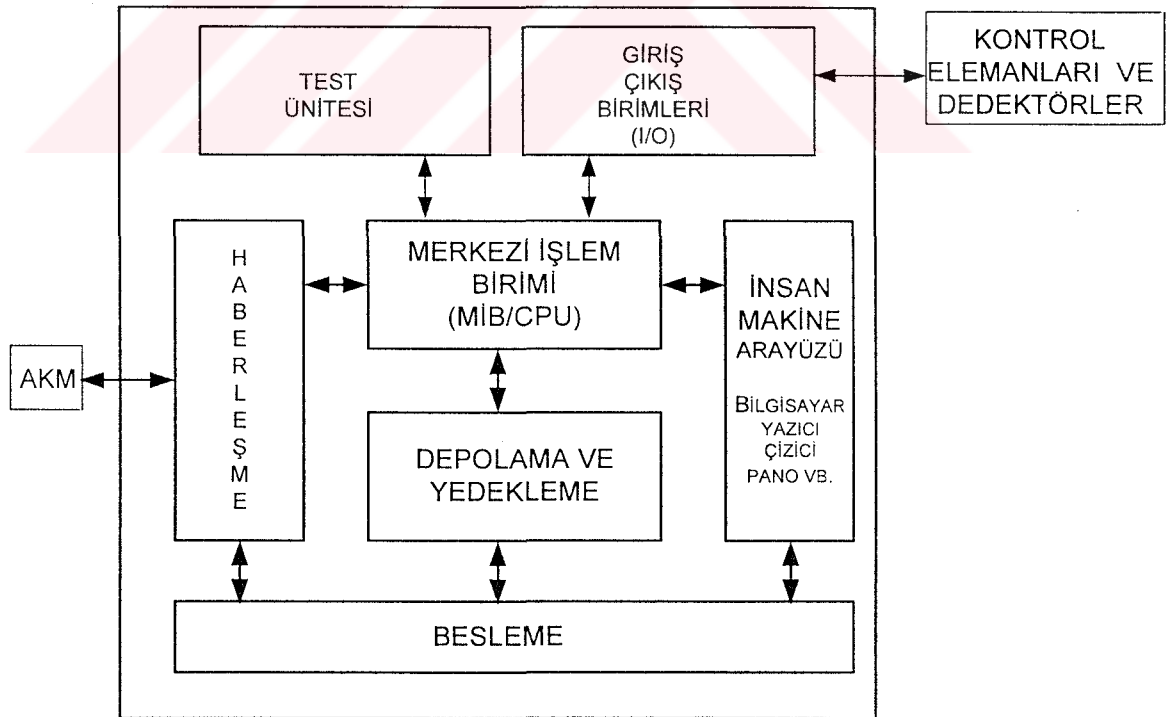
“UUB'in arıza yerinin tespiti ve izolasyonu görevi” tesis için önem taşıyan başka bir özelliktir. Ancak bu özellik çoğu SCADA sisteminde yoktur. Bunun için UUB içinde bir arıza algılama modülü bulunması gerekir. Bu birim tüm birimlerin algılama

araçlarından gelen arıza bilgilerini alır, bunu UUB'de ve AKM'nde görüntüler ve emirler doğrultusunda arızalı kısmı kapatır veya izole eder.

2.4.1.2. UUB'in ana bölümleri

Belirtilen görevleri yerine getirmek için UUB'in en az 7 bölümü bulunmalıdır.. Bu bölümleri şöyle sıralayabiliriz (Şekil 2.2) ;

- 1) İletişim ünitesi (Haberleşme ünitesi)
- 2) Merkezi işlem birimi (MİB)
- 3) Depolama ve yedekleme üniteleri
- 4) Kullanıcı arabirimi ünitesi (İnsan makine arayüz ünitesi)
- 5) Giriş/Çıkış ünitesi
- 6) Test ünitesi
- 7) Güç kaynağı ünitesi (Besleme ünitesi)



Şekil 2.2. UUB Blok Diyagramı

2.4.1.2.1. İletişim ünitesi (Haberleşme ünitesi)

UUB ile AKM ve diğer UUB'ler arasındaki iletişimden sorumludur. Bu ünite merkezi işlem biriminin emirlerini ve bilgileri haberleşme ortamı vasıtasıyla belli protokoller ile AKM'ye ve diğer UUB'lere iletir ve AKM'den gelen emir ve bilgileri bulunduğu merkezi işlem birimine iletir. Bir diğer deyişle UUB ile haberleşme ortamı arasında köprü görevi görür. Bir haberleşme ortamı birden çok olabilir. Günümüzde, bu ortamlar üzerine kurulu bir takım iletişim standartları ve bu standartların oluşturduğu iletişim protokolleri vardır (29,30).

2.4.1.2.2 Merkezi işlem birimi (MİB)

İngilizce “Central Process Unit (CPU)” olarak belirtilen bu ünite, tüm UUB'in beyni durumundadır. Mikroişlemci tabanlı bir mimari içerir. Tüm UUB'in bilgilerini saklayan veri tabanının bulunduğu hafıza birimi de bu üniteye bulunur. Bu ünitenin görevleri birkaç maddede özetlenebilir (31);

- a) Her türlü analog ve durum işaretlerini ve alarm bilgilerini giriş/çıkış ünitesinden toplamak, ayıklayıp süzmek, gereksizleri elemek (önişleme),
- b) Kontrol işlemleri için gerekli sinyalleri göndermek,
- c) Kontrol merkezinden gelen, iletişim ünitesinin aldığı ve tercüme ettiği komutlara ve sorgulamalara cevap vermek,
- d) Olayları oluş sırasına göre rapor etmek.

2.4.1.2.3. Depolama ve yedekleme ünitesi

Merkezi işlem biriminin raporladığı bilgiler bu birimde depolanır. Depolama aracı olarak hard diskler, optik diskler, kasetler, kağıt vb ortamlar kullanılır.

2.4.1.2.4. Kullanıcı arabirimi ünitesi (İnsan makine arayüz ünitesi)

UUB’de bulunan operatörlerin de istasyon seviyesinde otomatik yada el ile kontrollü olarak yapılacak işlemlerden durum bilgilerinden haberdar olması için modern birçok UUB’de kullanıcı arabirimine gerek duyulmuştur. Bunun için UUB istasyonlarında bir bilgisayar ile yazıcı ve çizicinin bulunması gerekir

2.4.1.2.5. Giriş/Çıkış ünitesi

Bulunduğu yerdeki tüm analog ve durum değişkenleri ile analog ve sayısal çıkışlar bu birim tarafından alınır, gerekli düzenlemeler (kod/dekod, AD/DA çevirme ...) yapıldıktan sonra gerekli yerlere gönderilir. Örneğin UUB ‘den gelen bilgiler kontrol elemanlarına veya detektör ve sensörlerden gelen işaretler UUB’e iletilir. Ayrıca bu birim çevre birimlerinden izolasyon görevini de yapar.

2.4.1.2.6. Test ünitesi

UUB’in görevlerini yerine getirip getirmediği bu ünite vasıtası ile gerçek zamanlı olarak izlenir UUB'in bütün üniteleri bu ünite tarafından test edilir arızalı üniteler varsa tesbit edilerek, UUB’e ve AKM’ne bildirilir. Gerekirse bu birim iletişim kanalından izole edilerek diğer birimlerin zarar görmesi engellenir.

2.4.1.2.7. Güç kaynağı ünitesi (Besleme ünitesi)

UUB’i beslemek amacıyla üretilmiş çeşitli güç kaynaklarından oluşur. Burada dikkat edilmesi gereken; güç kaynağı ünitesinin topraklamasının, bulunduğu merkezin topraklamasından bağımsız olması ve bir kesintisiz güç kaynağının bulunması gerektiğidir.

2.4.2. İletişim sistemi

Veri, komut ve haber ileten sistemdir. Verici (modem), iletişim ortamı ve alıcıdan (modem) oluşur. AKM'nde ve UUB'lerde ulaşılan önemli teknik gelişimlerin faydalı olabilmesi için, iletişimin de aynı oranda gelişim göstermesi gereklidir. Büyük hızda ve miktarlarda toplanan verilerin hızla iletilememesi halinde bir anlamı yoktur.

SCADA'nın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için ;

- a) Güvenilir
- b) Maliyeti düşük
- c) Gerekli tüm fonksiyonlara sahip
- d) Her türlü ortamda çalışabilen bir iletişim sistemine sahip olması gerekir (32).

2.4.2.1. İletişim sisteminin elemanları

AKM ve UUB'lerin birbiri ile haberleşmesi için iletişim sistemi ile donatılması gerekir. İletişim sisteminin elemanları şunlardır.

- a) İletişim ortamı
- b) Veri İletişim Cihazı (Modem)
- c) İletişimi sağlanan Cihazlar (AKM. UUB)

Bunlar Şekil 2.1'de şematik olarak gösterilmiştir.

2.4.2.2. İletişim mimarisi

İletişim mimarisi aşağıda belirtilen etkenlere göre belirlenmektedir (28);

- 1) Sistemde kullanılacak UUB'lerin sayısı
- 2) UUB'e bağlı birimler ve bu birimlere ulaşım hızı
- 3) UUB'lerin yerleşimi

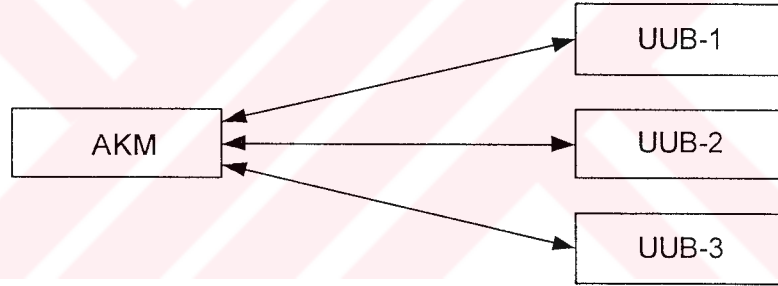
- 4) Elde bulunan haberleşme kolaylıkları
- 5) Ulaşılabilecek haberleşme teknikleri ve araçları

Yukarıdaki özellikleri sağlayabilmek için uygun AKM-UUB iletişim mimarisini de seçmek gerekir. Bu bağlantı mimarileri aşağıda Şekil 2.3 - Şekil 2.11 ile verildiği gibidir (29).

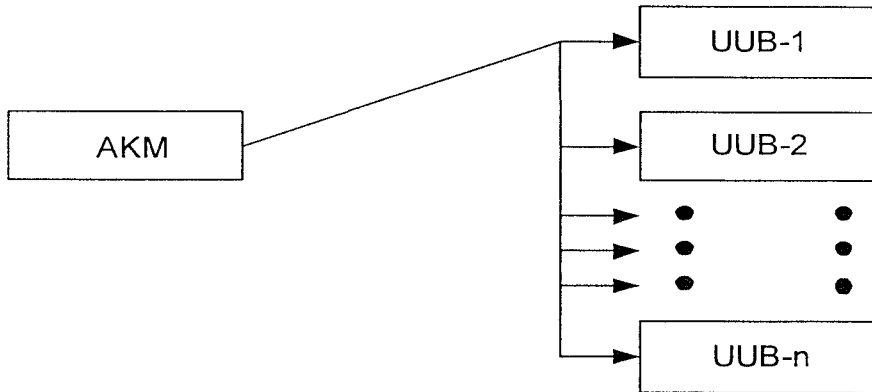
a)- Tek kontrol merkezli mimariler



Şekil 2.3. Tek AKM, tek UUB, radyal hat

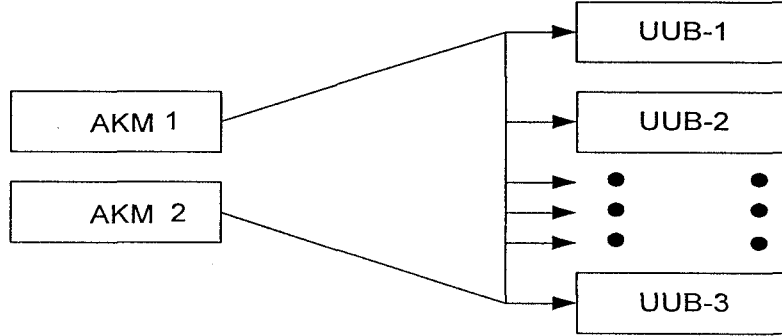


Şekil 2.4. Tek AKM çoklu UUB., radyal hat.

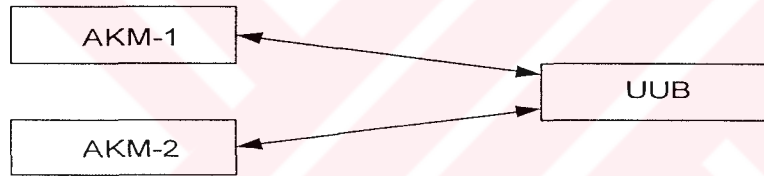


Şekil 2.5. Tek AKM, çoklu UUB, paylaşımlı hat

b)- İki kontrol merkezli mimariler

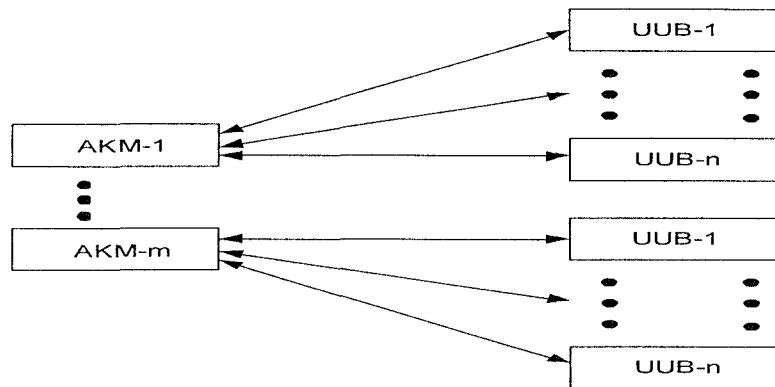


Şekil 2.6. İki AKM, çoklu UUB, döngülü paylaşımlı hat

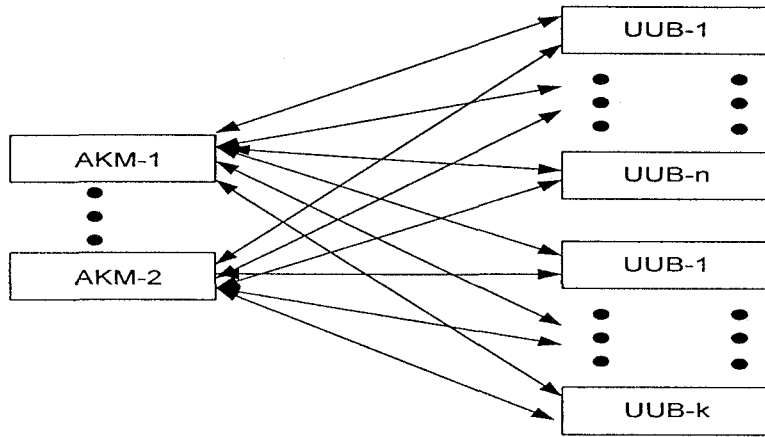


Şekil 2.7. İki AKM, tek iki portlu UUB, radyal hat

c)- Çoklu kontrol merkezli mimariler

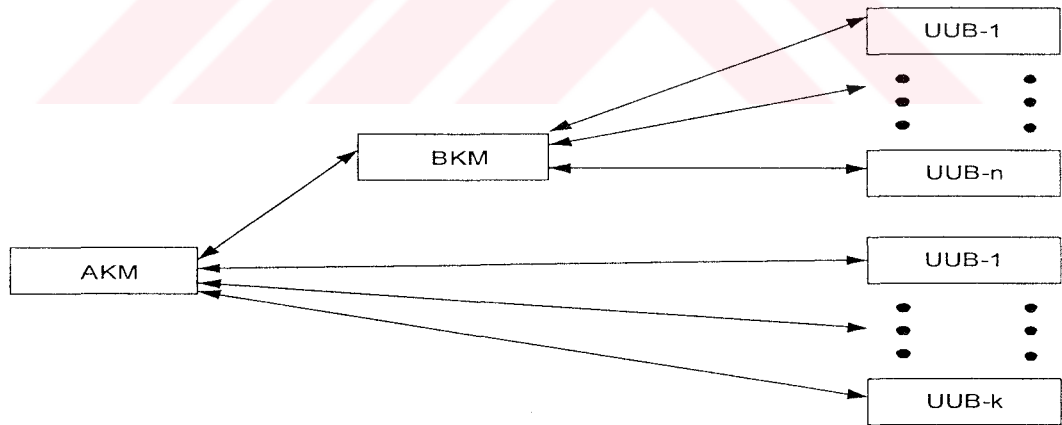


Şekil 2.8. Çoklu AKM, çoklu UUB (bir portlu)

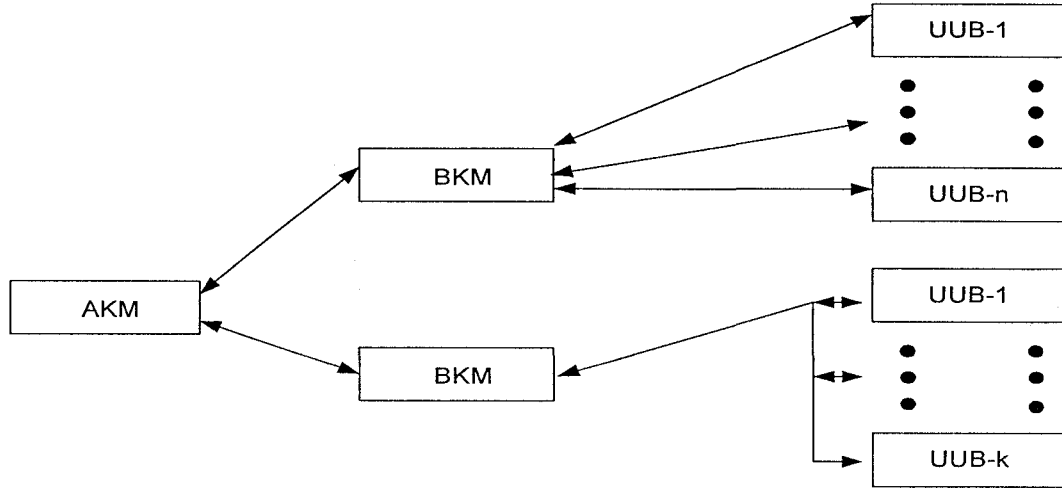


Şekil 2.9. Çoklu AKM, çoklu UUB (iki Portlu)

d)- Bileşik sistemler



Şekil 2.10. Tek AKM, tek BKM (Bölge Kontrol Merkezi), çoklu UUB



Şekil 2.11. Tek AKM, çoklu BKM (Bölge Kontrol Merkezi), çoklu UUB
(BKM'leri birbiri ile haberleşebilir)

2.4.2.3. İletişim ortamları

SCADA sisteminde haberleşme seri ve paralel olmak üzere iki şekilde yapılır. Genellikle bir iki metre mesafeler için paralel daha uzak mesafeler için daima seri iletişim kullanılır. Bunun için veri, kaynağında modüle edilir, alıcıda ise demodüle edilerek kullanılır. Modüle edilen veri, komut, haber gibi sinyaller bir iletişim ortamı ile gönderilir. Bu iletişim ortamı imkanlara ve amaca uygun olarak seçilir. İletişim ortamları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- 1) Gerilim hatları (Power Line Carrier (PLC))
- 2) Kiralanmış hatlar (PTT telefon hatları, kablolu TV hatları)
- 3) Radyo frekansı ile (mikrodalgalar, trunk radyo, uydu, GSM, ...)
- 4) Özel hat gerektirenler (fiber optik, metalik kablolu) (30)

2.4.2.3.1. Gerilim hatları (Power Line Carrier (PLC))

PLC gerilim hatları üzerinden haberleşmeyi sağlayan bir tekniktir. PLC haberleşmesi için kullanılan cihazlar bağlaştırmacı elemanları ile gerilim hattına bağlanır. Bu cihazlar bilgi sinyalini modüle ederek hatta enjekte ederler. Alıcı ise bilgiyi taşıyan frekansı filtreleyerek alır ve demodüle eder (30).

2.4.2.3.2. Kiralanmış hatlar

Kiralanmış PTT hattı ve kablolu TV hattı ülkemizde Telekomünikasyon Kurumu tarafından sağlanmaktadır. Bu hatlar başlangıçta büyük yatırımlar gerektirmemekle beraber kira bedelleri nedeniyle uzun vadede yüksek maliyet getirebilir (30)

PTT iki tip hat sağlayabilmektedir:

- a) Kiralanmış PTT Hattı (Leased Line); Bu hat kullanıcı için özel olarak ayrılmıştır. Her an kullanıma hazırdır.
- b) Otomatik Aramalı PTT Hattı (Dial-Up); Haberleşme öncesinde telefon konuşmasında olduğu gibi arama yapmak gerekir. Bu hatta santraller meşgul olduğunda veri iletişimi yapılamaz .

2.4.2.3.3. Radyo frekansı ile iletişim

Radyo dalgaları yoluyla haberleşme tekniğidir. Aşağıda SCADA sistemi için geliştirilmiş veya bu alanda çok kullanılan teknikler verilmiştir (30).

- a) Noktadan noktaya mikrodalga iletişimi,
- b) Çok adresli sistemler (Multiple Address System),
- c) Trunk radyolar,

- d) Spread spectrum radyolar,
- e) Uydu haberleşmesi,

2.4.2.3.3. Özel hatlarla iletişim

a) Metalik Kablo: Metalik kablo çok bilinen ve kullanılan bir tekniktir, iletken teknoloji gerektirmez. Ülkemizde de üretilmektedir. Metalik kablonun en büyük dezavantajı elektromanyetik ve elektrostatik etkileşime açık olmasıdır. Gürültüden etkilenmeyi en aza indirmek için ekranlı kablolar kullanılabilir. Bu kabloların iyi topraklanması gerekir (30).

b) Fiber Optik Kablo : Bu ortamlarda veriler ışık dalgalarına dönüştürülerek fiber optik kablo vasıtası ile gönderilir. Plastik ve cam olarak iki çeşidi vardır.

2.4.3- Ana kontrol merkezi (AKM)

İngilizce “Master Terminal Unit” (MTU), olarak adlandırılan bu sisteme Türkçe “Ana Kontrol Merkezi” (AKM), denilir. AKM geniş bir coğrafi alana yayılmış tesislerin, uzaktan kontrol edildiği, izlendiği ve yönetildiği yer olarak tanımlanabilir. Ana kontrol merkezlerinin SCADA sistemlerinin ve kontrol edilecek tesislerin merkezi bir yere kurulması daha uygundur.

2.4.3.1. Ana kontrol merkezinin görevleri

Ana kontrol merkezinin görevleri ;

- a) Tüm SCADA sistemine kumanda eder,
- b) Gerekli bilgileri toplar,
- c) Uygun bir programla depolar,
- d) Gelen verileri ve alarmları analiz ederek yorumlar,
- e) Bunların görüntülenmesini sağlar ve yazıcı çıktıları alır,
- f) Başka bilgisayar sistemleriyle bağlantı kurar,

g) DMS, EMS, GIS gibi uygulama programlarını çalıştırır.

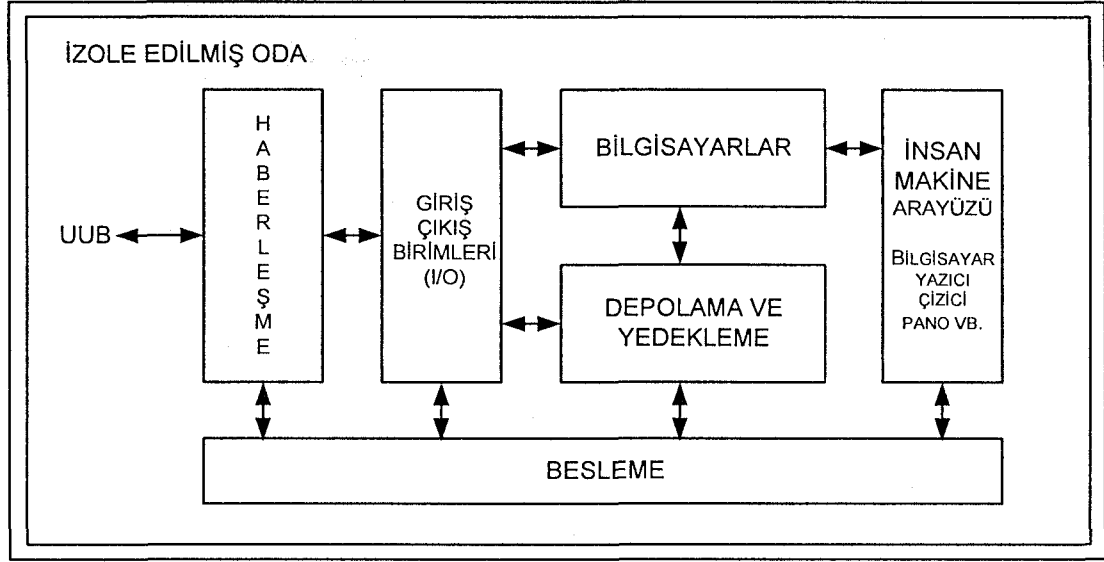
SCADA sistemi içinde, bir tane AKM olabileceği gibi, sistemin büyüklüğüne bağlı olarak birkaç tane de olabilir. Hatta çok büyük sistemlerde ana kontrol merkezlerinin altında Alt (Bölge) Kontrol Merkez'leri (BKM) de bulunabilir.

2.4.3.1. Ana kontrol merkezi mimarisi

Ana kontrol merkezi;

1. Sistem bilgisayarları,
2. Giriş/ Çıkış birimleri
3. Veri depolama birimleri
4. Mimik diyagram yada ekran projeksiyon sistemleri, İnsan makine arabirimleri (Man Machine Interface (MMI)), operatör arabirimi de denir.
5. Yazıcılar ve çiziciler,
6. Besleme ve kesintisiz güç kaynağı,
7. Yerel iletişim networkü,
8. İzole, yükseltilmiş tabanlı kumanda odası veya odaları,

gibi bileşenlerden oluşur (Şekil 2.14).



Şekil 2.12. Ana kontrol merkezi blok şeması

2.4.3.1.1. Bilgisayarlar

Bilgisayarlar, ana kontrol merkezindeki her türlü ek üniteler üzerinde, denetimi ve koordinasyonu sağlayan birimlerdir. Bu işlevleri giriş, çıkış, bellek, merkezi işlem birimi, bilgisayar işletim sistemi ve uygun yazılım programları vasıtası ile yerine getirmektedir (31).

Giriş birimi : Giriş birimi, merkezi işlem birimine dış birimlerden verilerin gelmesini sağlar. Bu birimin kontrol ettiği üniteler şunlardır; klavye, mouse, digitizer, scanner, İletişim Üniteleri (Bilgisayarın diğer bilgisayarlarla iletişim kurmasını sağlar. Bu iletişim genellikle MODEM (telefon hatları) yada veri ağlarıyla (LAN, WAN gibi) sağlanır ve depolama üniteleridir .

Çıkış birimleri : Merkezi işlem biriminden dış birimlere (yazıcılar, çiziciler, depolama birimleri, grafiksel gösterim birimleri) veri gitmesini sağlar.

Bellek : Bilgisayarın çalıştığı programların bulunduğu ve verilerin depolandığı birimdir. RAM (Rasgele Erişimli Bellek), ROM (Sadece Okunabilir Bellek), CACH (Hızlı, Tampon Bellek) olmak üzere üç çeşit bellek vardır. Bilgisayarın

içinde bulunan veri yolu bir çok üniteye gitmektedir. Bu yüzden veri yolu üzerinden hafızaya erişimin bir ünite tarafından denetlenmesi gerekir. Bilgisayarda bu işlev “bellek erişim denetleyicisi” tarafından yerine getirilmektedir (31).

Merkezi İşlem Birimi : Merkezi işlem birimi, Bilgisayarın içindeki birimlerin koordinasyonunu sağlar. Veriler üzerinde aritmetiksel ve mantıksal işlemler yapar. Farklı birimler arasında verilerin transferini sağlar (31).

Bilgisayar İşletim Sistemi: Donanımın kullanılmasını sağlayan ve kontrol eden yazılımdır. Bilgisayar işletim sistemi, bilgisayar sisteminde çalışan programların denetimini yapar. Tek görevli ve tek kullanıcı, çok görevli ve çok kullanıcı olmak üzere iki tipi vardır. Bunlardan ilki aynı anda sadece bir tek kullanıcının bilgisayarı çalıştırmasına ve bir tek programın işletilmesine izin verir, ikincisinde birden fazla kişi, birden fazla programı aynı anda işletebilmektedir. Bu sistemler genellikle (Örneğin UNIX, POSIX işletim sistemi (31)) işletim ağı tabanlıdır.. AKM’lerinde kullanılan bilgisayar sistemleri ;

- a) Kişisel bilgisayarlar (PC)
- b) Mini bilgisayarlar,
- c) Süper mini bilgisayarlar,
- d) Mainframe bilgisayarlar,

olarak sınıflandırılabilir.

a) Kişisel bilgisayarlar: Oldukça yaygın kullanım alanlarına sahip bu bilgisayarlar SCADA kontrol merkezlerinde de kullanılırlar. Genişletilebilir olma özellikleri vardır. Ana kontrol merkezlerinde alarm ve raporların alınmasında, istatistiksel analizlerde kullanılırlar. UUB’lerde iletişim ve ek ünitelerin kontrolü amacıyla kullanılırlar (31).

b) Mini bilgisayarlar : Mainframe bilgisayarlara göre daha az yer tutarlar. Ancak onlardan daha yavaşlardır. Kontrol Merkezlerinde ana bilgisayarlara veri sağlama, ek

üniteleri kontrol etme, dolayısıyla sistemin genel performansını yükseltmek amacıyla kullanılırlar.

c) Süper mini bilgisayarlar : Paralel merkezi kontrol sistemi ile donatılmışlardır. Bu yüzden yüksek hızlarda çalışabilirler. Süper mini bilgisayarlar yavaş yavaş mainframe bilgisayarların yerini almaya başlamışlardır. Bu yüzden kontrol merkezinde ana bilgisayar olarak kullanılabilirler.

d) Mainframe bilgisayarlar : Çok yüksek kapasiteli veri işleme hızına sahiptirler. Birden fazla merkezi kontrol birimleri vardır. Çok kullanıcı bir işletim sistemi içerirler. En büyük dezavantajları büyük hacimli yer işgal etmeleridir. Ayrıca özel olarak hazırlanmış mekana ihtiyaç duyarlar. Bulundukları mekanın ısıya, neme, kirli havaya karşı korunmuş olmaları gerekir. Kullandıkları enerjinin de regüle ve filtre edilmiş olması gerekir. Arıza durumunda bütün sistem durmaktadır. Mainframe bilgisayarlar kontrol merkezinde ana bilgisayar olarak kullanılmaktadır (31).

2.4.3.1.2. Haberleşme ünitesi

UUB ile AKM ve diğer UUB'ler arasındaki iletişimden sorumludur. Bu ünite daha geniş olarak iletişim konusunda anlatılmıştır.

2.4.3.1.3. Yedekleme ünitesi

Bilgisayarların raporladığı bilgiler bu birimde depolanır. Depolama aracı olarak harddiskler, optik diskler, kasetler, kağıt vb ortamlar kullanılır.

2.4.3.1.4. Kullanıcı arabirimi ünitesi

AKM'nde bulunan operatörlerin de istasyon seviyesinde otomatik yada el ile kontrollü olarak yapılacak işlemlerden durum bilgilerinden haberdar olması için kullanıcı arabirimi gereklidir. Bunun için bilgisayar ekranı, pano, projektör, yazıcı, çizici vb bulunur.

2.4.3.1.5. Giriş/Çıkış ünitesi

Bu üniteler vasıtasıyla UUB'lerden gelen veri ve haberler gerekli düzenlemeler (kod/dekod, AD/DA çevirme) yapıldıktan sonra gerekli yerlere gönderilir. Örneğin UUB 'den gelen bilgiler kontrol elemanlarına, görüntüleme araçlarına, saklama araçlarına ve diğer araçlara bilgisayarlar vasıtasıyla gönderilir. Ayrıca bu birim çevre birimlerinden izolasyon görevini de yapar.

2.4.3.1.6. Test ünitesi

AKM'nin görevlerini yerine getirip getirmediği bu ünite vasıtası ile gerçek zamanlı olarak izlenir AKM'nin bütün üniteleri bu ünite tarafından test edilir arızalı üniteler varsa tesbit edilerek, AKM'ne bildirilir. Gerekirse bu birim iletişim kanalından izole edilerek diğer birimlerin zarar görmesi engellenir.

2.4.3.1.7. Güç kaynağı ünitesi

AKM'ni beslemek amacıyla üretilmiş çeşitli güç kaynaklarından oluşur. Burada dikkat edilmesi gereken; güç kaynağı ünitesinin topraklamasının çok iyi olması ve bir kesintisiz güç kaynağının bulunması gerektiğidir.

2.4.3.8. İzole, yükseltilmiş tabanlı kumanda odası

Ana kontrol merkezi kumanda odası, tüm önemli bilgisayar ve elektronik cihazların çalıştırıldığı yerlerde olduğu gibi, statik elektriğe ve elektromagnetik dalgalara karşı, izole edilmiş olmalıdır. Ayrıca boyut, ışık, sıcaklık gibi özelliklerinin ergonomik olması gerekir.

2.4.4. Yazılım Programları

SCADA gibi büyük ve karmaşık yapıya sahip sistemler için hazırlanan SCADA yazılımları çok karmaşık ve pahalı yazılımlardır. Böyle karmaşık yazılımların hazırlanması ve geliştirilmesi yazılım mühendisleri tarafından yapılır ve bu uzun vakit (belki de yıllar) alır. Yazılım mühendisliğinin amacı kaliteli yazılım üretmektir. Yazılımın pahalı olması ve elde edilişinin geliştirilmesinin zor olması nedeniyle donanımda olduğu gibi yazılımda da kalite ve performans üstünlükleri aranmalıdır .

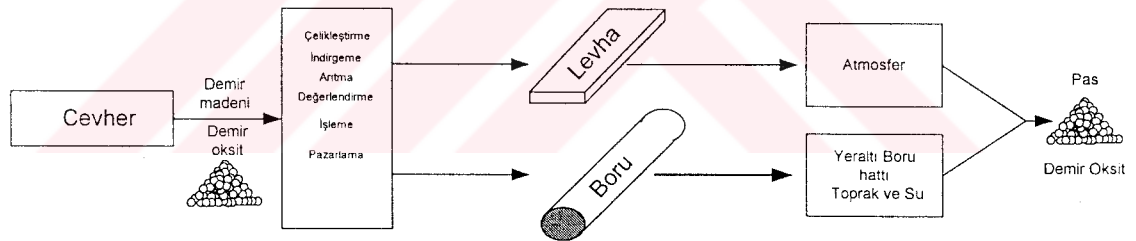
Yazılımın kalitesini belirleyen iç ve dış etkenler şunlardır (32):

- 1) Geliştirebilirlik,
- 2) Doğruluk,
- 3) Anormal durumlara karşı koyabilme,
- 4) Uyumluluk,
- 5) Yeniden kullanılabilir olma,
- 6) Verimlilik,
- 7) Taşınabilir olma,
- 8) Doğrulanabilirlik,
- 9) Modüler olma,
- 10) Okunabilir olma,
- 11) Öğrenme ve kullanma kolaylığı.

Yazılım mühendislerinin kaliteli yazılım çıkarırken bu unsurlara dikkat etmesi gerekir. Alıcının da yazılımdan sadece istenilen fonksiyonları yerine getirmesini değil bu kalite unsurlarını da sağlamasını beklemelidir. Görünürde aynı işi yapan (hatta aynı performansa sahip olan) iki programdan, bu unsurlar göz önüne alındığında, biri diğerinden çok farklı olabilir.

3. KOROZYON

Korozyon, metallerin içinde bulundukları ortam ile kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonlara girerek metalik özelliklerini kaybetmeleri olayıdır. Metallerin büyük bir kısmı su ve atmosfer etkisine dayanıklı olmayıp normal koşullar altında bile korozyona uğrayabilir. Bütün metaller doğada mineral olarak bulundukları hale dönüşmek eğilimindedir. Doğada bulunan mineraller, söz konusu metalin en düşük enerji taşıyan bileşiği yani en kararlı halidir. Bu mineraller özel metalurjik yöntemlerle ve enerji harcanarak metal haline getirilir. Ancak metallerin çoğu, element halinde termodinamik olarak kararlı değildir. Uygun bir ortamın bulunması halinde üzerinde taşımış oldukları kimyasal enerjiyi geri vererek yeniden minimum enerji taşıyan kararlı bileşikler haline dönüşmek isterler. Bu nedenle korozyon olayları enerji açığa çıkararak kendiliğinden yürür (Şekil 3.1.). Bazı soy metaller hariç teknolojik öneme sahip bütün metal ve alaşımlar korozyona uğrayabilir (34).



Şekil 3.1. Metal Dönüşümü

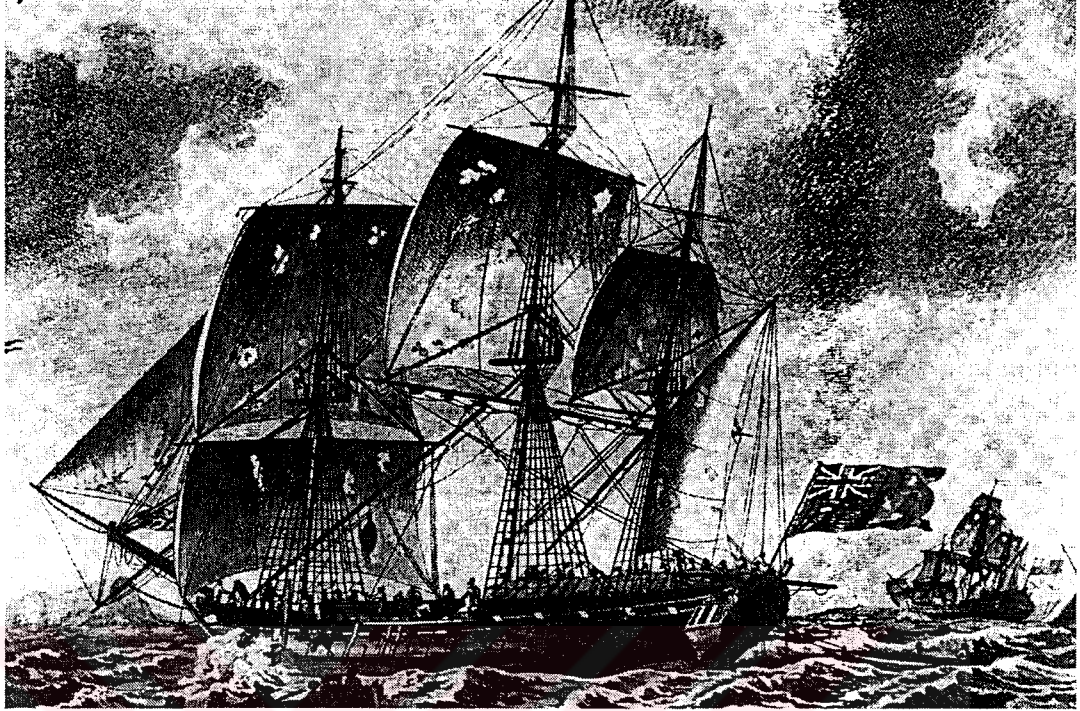
Korozyon, ilk olarak 1763 yılında parlatılmış meşe gövdeli bir İngiliz ordusu amiral gemisi için rapor edilmiş fakat o tarihlerde dikkate alınmamıştır. (Resim 3.1). Şimdi o rapor incelendiğinde oldukça teferruatlı ve korozyon çözümü için çok uygun olduğu görülüyor. Bu raporda açıkça deniz suyu içinde bakır ve demirin temas halinde olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle galvanik korozyon oluşabilir (35).

İlk olarak 1824 yılında Sir Humphry Davy demir veya çinko ile bakır çifti kullanıldığı takdirde korozyonun önleneceğini rapor etmiştir. Katodik koruma ilk olarak bu yılda bir İngiliz harp gemisi üzerinde denenmiştir. Geminin bakır kaplı gövdesi çinko

anotlarla korunmuştur. Korozyon fark edilir derecede azalmıştır. Bakır canlılar için zehirlidir. Korozyona karşı korunmuş bakır yüzey ise canlı organizmalar için zehirli değildir. Bu sebeple gemi gövdesi deniz canlıları ve yosundan oluşan bir kabuk ile kaplanmıştır. Bu görüntü katodik korumanın etkisiz kaldığı şeklinde yorumlanmış ve katodik koruma uygulamasından vazgeçilmiştir. Başarısızlığın katodik koruma uygulamasının yanlışlığından ileri gelmediği sonradan anlaşılmıştır. Bu başarısız uygulamadan yaklaşık yüz yıl sonra, 1910-1912 yıllarında binlerce kilometre uzunluğundaki boru hatları ve kablo döşenmesi korozyonu önlemek amacıyla katodik koruma uygulamalarına yeniden başlanmasını zorunlu kılmıştır (36).

Önceleri boru hatları üzerinde başlayan katodik koruma uygulamaları 1950 li yıllardan sonra, tanklar, gemiler, su depoları, baraj kapakları, iskele ayakları, betonarme demirleri ve daha bir çok metalik yapıya yaygın biçimde uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde teknolojik gelişmelere paralel olarak, özellikle yüksek performanslı yeni anotların bulunması ile katodik koruma korozyonla mücadelede en güvenilir ve en ekonomik yöntem haline gelmiştir (34).

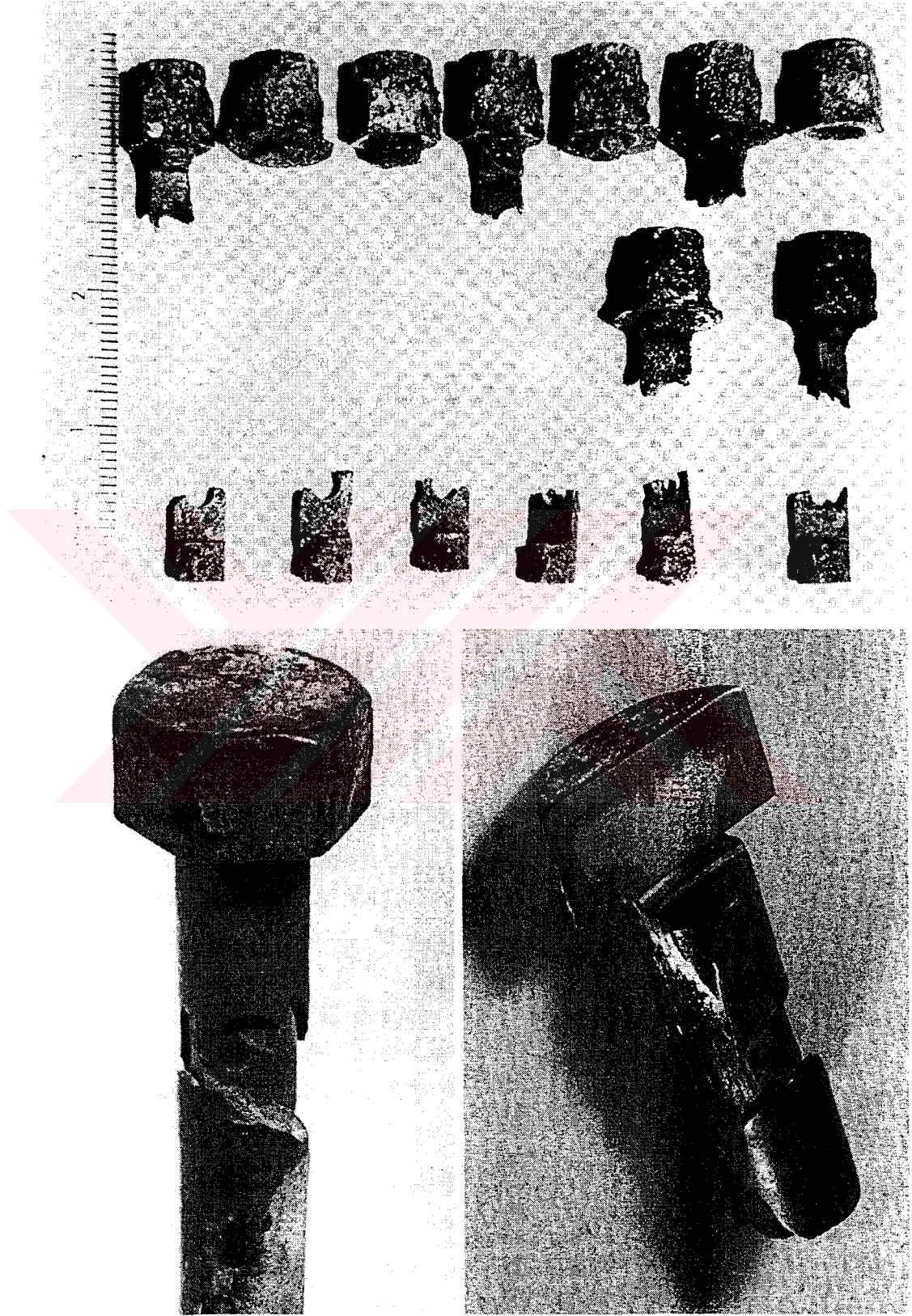
1962 yılında İngiliz Savunma Bakanlığı'nın raporu üzerine gemi gövdelerinde ve denizaltıların çelik gövdelerinde deniz suyunun neden olduğu korozyonu önlemek üzere korozyondan korunma kullanılmıştır. Ayrıca İngiliz Savaş Uçaklarının Folkland Savaşı'ndan dönüşlerinde burun kısımlarında oluşmuş atmosferik korozyon rapor edilmiş ve önlem alınmaya çalışılmıştır. (Resim 3.1, Resim 3.2) (35). Ancak ilk korozyon raporuyla önlem alınmaya çalışılması arasında 149 yıl gibi uzun ara olması üzücüdür.



Resim 3.1. İlk bimetallik korozyon olayı rapor edilen İngiliz Kraliyet Deniz Kuvvetleri Firkateyni.

3.1. Korozyon Kayıpları ve Kazaları

Korozyon kayıpları ülkelerin gayri safi milli hasılasının yaklaşık % 3,5-4,5'u kadardır. 1976 yılında Amerika Birleşik Devletindeki korozyon kaybı 70 milyar Dolar / yıl, 1982 yılında 126 milyar Dolar / yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değerin korozyonla mücadelenin henüz yetersiz olduğu ülkemizde daha büyük olması beklenebilir. Korozyon olaylarının tam olarak yok edilebildiği kabulüne dayandığı için bu değerler tam doğru olmayabilir. Gerçekte, korozyon kayıplarının ancak belli bir yüzdesini (yaklaşık % 30'unu) önleyebilmek mümkün olabilir (34).



Resim 3.2. Bazı korozyona uğramış civata ve somunlar.

Korozyonun neden olduğu en önemli kayıplardan biri çürüten veya paslanan metal aksamalar nedeniyle oluşan kazalar ve bunun sonucunda olan can ve mal kaybıdır. Korozyon nedeniyle meydana gelen malzeme ve işçilik kaybı yanında gözle görülmeyen bazı yan kayıpların olduğu da bilinmektedir. Korozyonun doğrudan neden olduğu malzeme ve işçilik kaybına, korozyon nedeniyle ortaya çıkan diğer kayıpların da dahil edilmesi gerekir. Bunlar tesisin servis dışı kalması, ürün kaybı, ürün kirlenmesi, boya ve kaplamalar, korozyon için alınan aşırı önlemlerdir.

Korozyon kayıplarını mümkün olduğunca azaltmak amacıyla teknolojik olarak uygulanabilen çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunların en önemli olanları şöyle sıralanabilir. Boya ve kaplamalar, paslanmaz çelikler, inhibitör kullanımı, anodik koruma, katodik koruma.

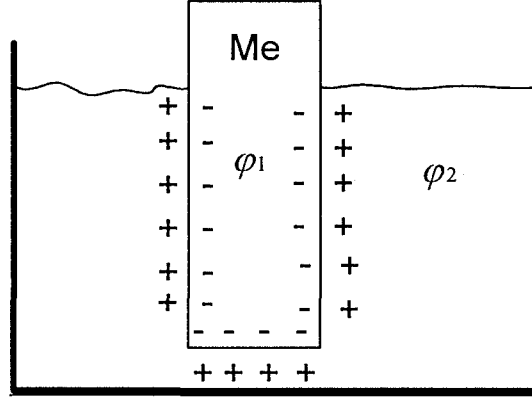
3.2.Korozyonun Elektrokimyasal İlkeleri

Korozyon; atmosfer, yeraltı, yeraltı suyu, deniz suyu gibi elektrik akımına izin veren ortamlarda bir metalden başka metale, bir ortamdan başka bir ortama veya metalin bir bölgesinden başka bir bölgesine akım akması olayıdır (34).

3.2.1. Elektrokimyasal hücreler

Bir metal çubuk, kendi iyonlarını içeren bir çözelti içine daldırılırsa, metal iyonları çözeltiye geçer. Çözelti (+), metal (-) yükle yüklenir. Ara yüzeyde bir potansiyel farkı doğar. Elektron vererek çözeltiye geçen metal iyonları ile, elektron alarak yeniden serbest metal haline geçen metal atomları $Me = Me^{n+} + ne^{-}$ dengesini oluşturur (Şekil 3.2.) (35). Denge halinde metal ile elektrolit arasında oluşan potansiyele “elektrot potansiyeli” denir. Denge halinde bulunan bir elektrodun potansiyeli sabit kalır. Ancak metal üzerinde toplanan elektronlar herhangi bir şekilde uzaklaştırılacak olursa denge bozulur. Bu durumda metal yeni elektronlar çıkararak çözünmeye devam eder. Bunun aksine metale dışardan elektron akımı söz

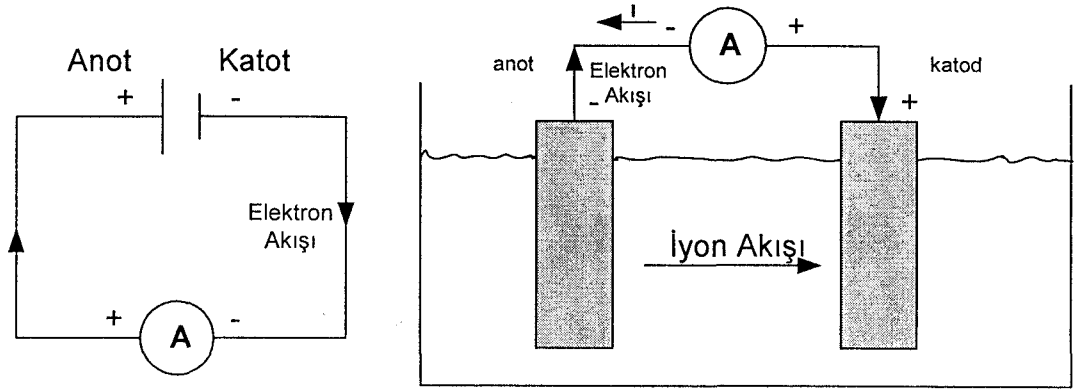
konusu olursa, bu defa çözeltide bulunan metal iyonları metal haline indirgenerek bu elektronlar kullanılır.



Şekil 3.2. Metal / elektrolit denge potansiyeli

Birbirinden farklı iki elektrot bir elektrolit içine daldırılırsa, bir elektrokimyasal hücre (galvanik hücre) meydana gelir. Elektrotlardan daha negatif potansiyelli olanı anot, diğeri katot olur. Anotta biriken elektronlar dış bağlantı iletkeni üzerinden katoda doğru akar. Böylece anot metalinin sürekli olarak çözünerek iyon haline geçmesi sağlanmış olur. Katoda giden elektronların orada bir redüksiyon reaksiyonu ile aynı anda kullanılması gerekir.

Elektrolit genellikle iyon içeren bir sulu çözeltidir. Elektrik akımı, elektrolit içinde iyonlar tarafından taşınır. Dış devreden ise, metalik iletken üzerinden elektron akımı gerçekleşir. Elektrolit içinde akım anottan katoda doğru akar. Dış devrede elektrik akımı yönü, elektron akış yönünün tersine olarak katotdan anoda doğrudur. Şekil 3.3.'de ok işaretleri elektrik akım yönünü göstermektedir. Böylece oluşan elektrokimyasal hücre bir pil olarak kabul edilebilir. Anot ve katot arasında yeterli derecede potansiyel farkı bulunduğu süre bu pil kendiliğinden akım üretebilir. Korozyon hücreleri de benzer mekanizma ile çalışır.



Şekil 3.3. Bir elektrokimyasal hücre

3.2.2. Elektrokimyasal Reaksiyonlar

Elektrokimyasal reaksiyonlar anot ve katot yüzeyinde elektron alış verişi ile birlikte yürür. Anotta yükseltgenme, katotda ise indirgenme reaksiyonu meydana gelir. Anotta oksidasyon reaksiyonu sonucu açığa çıkan elektronlar bir metalik iletken üzerinden akarak katoda gider ve orada aynı anda yürümekte olan katot reaksiyonunda kullanılır. Bu iki reaksiyon aynı anda gerçekleşir. Böylece anot ve katotdan eşdeğer miktarda akım geçer. Faraday yasasına göre, devreden 96500 kulon (1Faraday) akım geçtiğinde anot ve katotda daima 1 ekivalent gram madde kimyasal değişime uğrar.

Elektrotlarda yürüyen kimyasal reaksiyonun yürütücü kuvveti, hücreyi oluşturan elektrotların potansiyelleri arasındaki farktır. Elektrot potansiyelleri söz konusu elektrodun çözelti içinde bulunan konsantrasyonuna (daha doğrusu aktivitesine) bağlı olarak termodinamik yöntemlerle hesaplanabilir. Bu amaçla “Nernst Denklemi” kullanılır.

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln a_{Me}^{n+}$$

Burada,

E : Oksidasyon olarak elektrot potansiyeli, Volt

E° : Standard haldeki elektrot potansiyeli, Volt

R : Üniversal gaz sabiti, 8,314 J/mol.K

T : Sıcaklık, K

F : Faraday sabiti, 96500 kulon/ekivalent

a : Metal iyonu aktivitesidir

Bu bağıntıda , sıcaklık $T = 298 \text{ K}$ ve $a_{\text{Me}^{n+}} = 1$ alınırsa, $E = E^0$ elde edilir. E^0 değerine Standard elektrot potansiyeli denir. Bu değer metal iyonu aktivitesinin $a_{\text{Me}^{n+}} = 1$ olduğu hale ait elektrot potansiyelidir. Her metalin standart elektrot potansiyeli sabit bir değer olup bilinmektedir. Standart elektrot potansiyeli değerleri söz konusu metalin ne derece korozyona yatkın olduğu hakkında rölatif bir fikir verebilir. Hidrojenin standart elektrot potansiyeli sıfır kabul edilerek metallerin standart elektrot potansiyelleri büyükten küçüğe doğru sıralanırsa, aktif metalden soymetale doğru giden bir “Standart Elektrot Potansiyelleri Serisi” elde edilir. Çizelge 3.1.

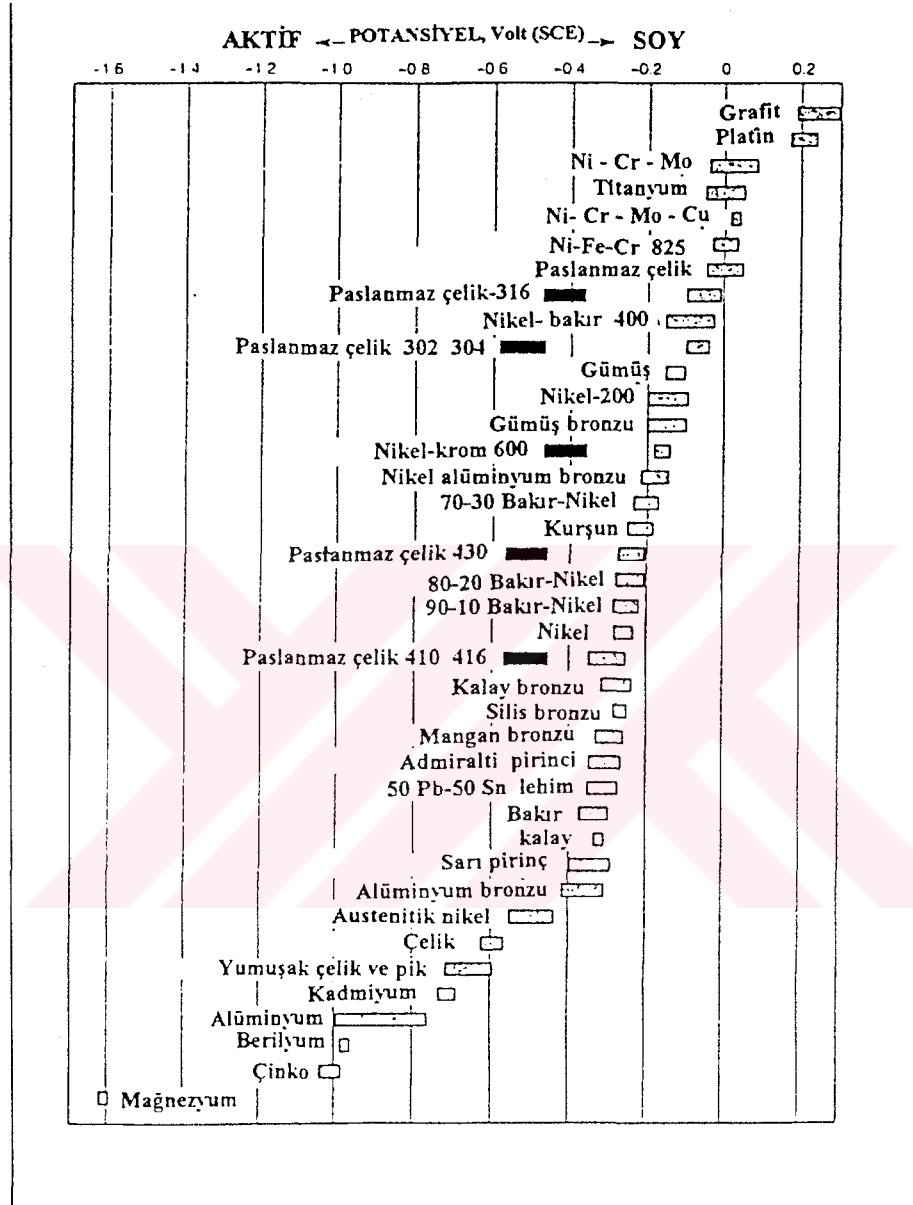
Çizelge 3.1’de verilen elektrot potansiyelleri, elektrodun oksidasyon reaksiyonu içindir. Bu potansiyel ne kadar büyük ise, elementin oksitlenme eğilimi de o derece yüksektir. Çizelgede yukarda bulunan metaller kolay oksitlenebilen aktif metallerdir. Yukarda bulunan bir metal kendinden daha aşağıda bulunan metallerin anodu olur. Hidrojenden daha yukarda bulunan metaller asit çözeltilerinde hidrojen çıkararak çözünebilirler.

Çizelge 3.1. Standard elektrot potansiyelleri serisi

Elektrot	Elektrot Reaksiyonu	Standard elektrot potansiyeli (oksidasyon), Volt
Na / Na ⁺	Na = Na ⁺ + e ⁻	+ 2,714
Mg / Mg ²⁺	Mg = Mg ²⁺ + 2e ⁻	+ 2,363
Al / Al ³⁺	Al = Al ³⁺ + 3e ⁻	+ 1,662
Mn / Mn ²⁺	Mn = Mn ²⁺ + 2e ⁻	+ 1,180
Zn / Zn ²⁺	Zn = Zn ²⁺ + 2e ⁻	+ 0,763
Cr / Cr ³⁺	Cr = Cr ³⁺ + 3e ⁻	+ 0,744
Fe / Fe ²⁺	Fe = Fe ²⁺ + 2e ⁻	+ 0,440
Cd / Cd ²⁺	Cd = Cd ²⁺ + 2e ⁻	+ 0,403
Co / Co ²⁺	Co = Co ²⁺ + 2e ⁻	+ 0,277
Ni / Ni ²⁺	Ni = Ni ²⁺ + 2e ⁻	+ 0,250
Sn / Sn ²⁺	Sn = Sn ²⁺ + 2e ⁻	+ 0,140
Pt / H ₂ / H ⁺	H ₂ = 2H ⁺ + 2e ⁻	0,000
Cu / Cu ²⁺	Cu = Cu ²⁺ + 2e ⁻	- 0,337
Pt / OH ⁻ / O ₂	4 OH ⁻ = O ₂ + 2H ₂ O + 4e ⁻	- 0,401
Cu / Cu ⁺	Cu = Cu ⁺ + e ⁻	-0,521
Pt / I ⁻ / I ₂	2 I ⁻ = I ₂ + 2e ⁻	-0,536
Pt / Fe ²⁺ / Fe ³⁺	Fe ²⁺ = Fe ³⁺ + e ⁻	-0,771
Hg / Hg ²⁺	Hg = Hg ²⁺ + 2e ⁻	- 0,780
Ag / Ag ⁺	Ag = Ag ⁺ + e ⁻	- 0,799
Pt / Br ⁻ / Br ₂	2Br ⁻ = Br ₂ + 2e ⁻	-1,066
Pt / Cl ⁻ / Cl ₂	2Cl ⁻ = Cl ₂ + 2e ⁻	-1,360
Au / Au ³⁺	Au = Au ³⁺ + 3e ⁻	- 1,500

Ancak listede verilmiş olan bu potansiyel değerlerinin iyonik konsantrasyonunun 1 molar ($a = 1$) olması haline karşı geldiği gözden uzak tutulmamalıdır. Konsantrasyon değiştikçe elektrot potansiyelleri de değişir. Bu durumda listedeki sıra da değişebilir. Diğer taraftan metal yüzeyinde oksit tabakası veya diğer korozyon ürünlerinin oluşması halinde elektrot potansiyelinde düşme meydana gelir. Pratikte listenin kullanılması halinde bu durumun da göz önüne alınması gerekir (37,38).

Gerçek korozyon ortamlarda metal hiç bir zaman kendi iyonlarını içeren bir çözelti içine daldırılmaz. Gerçek elektrolitler içinde metal iyonu konsantrasyonu çok küçüktür. Diğer taraftan metal yüzeyi genellikle ince bir oksit filmi ile kaplı haldedir. Böyle bir metalin potansiyeli listede verilmiş olan standart değerden farklı olur. Bu nedenlerle pratikte daha çok standart elektrot potansiyelleri serisi yerine galvanik seri kullanılır. Galvanik seri metaller iyi bir doğal elektrolit olan deniz suyu (veya sentetik deniz suyu) içine daldırılarak doygun kalomel elektroda karşı potansiyelleri ölçülerek elde edilir. (Çizelge 3.2).

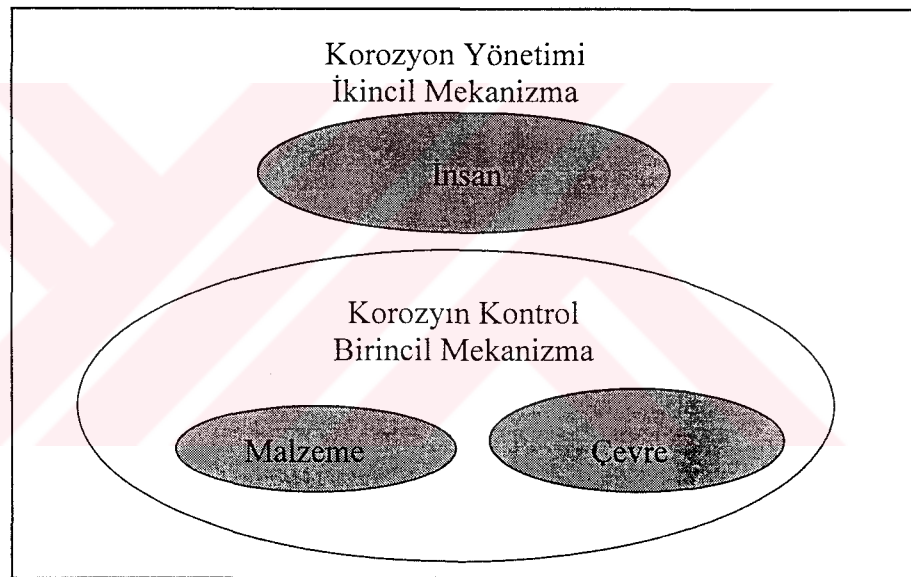
Çizelge 3.2. Bazı metal ve alaşımların galvanik serisi (25⁰C)

3.3. Korozyonu Oluşturan Nedenler

Korozyon olayları metal yüzeylerinde oluşan korozyon hücrelerinin anot ve katodunda meydana gelen elektrokimyasal reaksiyonlar ile yürür. Bir korozyon hücresinin oluşması için şu üç koşulun bir arada bulunması gerekir. 1- İyon içeren bir sulu çözelti (elektrolit), 2-Yeteri kadar negatif potansiyelli bir anot ve 3- Anottan daha pozitif potansiyelli bir katot (34, 39, 40),. Bu üç koşuldan birinin bulunmaması

halinde korozyonun oluşmayacağı kesin olarak söylenebilir. Ancak bazı halde bu üç koşulun bulunması halinde bile, eğer kinetik koşullar mevcut değilse, örneğin elektrolit direnci çok yüksek veya anot-katot arasındaki potansiyel farkı çok düşük ise, korozyon olayı pratik olarak yine de gerçekleşmeyebilir.

Korozyon yukarıdaki üç sebeple meydana gelmekle beraber, bu üç sebep aşağıdaki sebeplerden oluşur. Bu durum Şekil 3. 4'de görülen bir Venn diyagramı ile gösterilebilir. Bu korozyon kontrolünün yapılış biçiminde izlenebilecek yolların belirlenmesinde de yol gösterecektir (35).

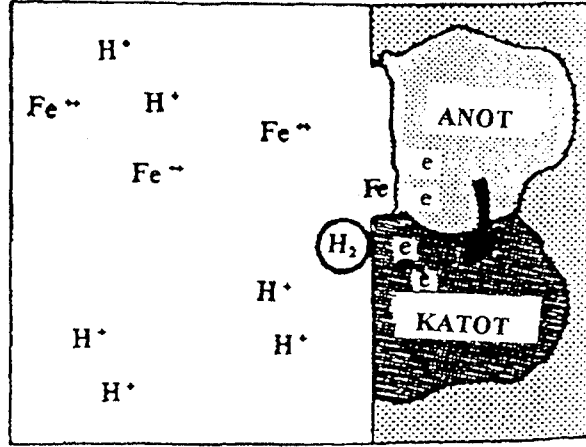


Şekil 3. 4. Korozyon yönetimini gösteren Venn Diyagramı

3.3.1. Yeraltı Korozyonunun Oluşumu

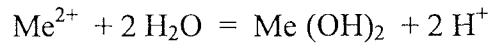
Yeraltına konulmuş olan metallerin korozyonunda zemin elektrolit rolü oynar. Zemin boşlukları içinde az veya çok su bulunur. Bu su içinde başta klorür ve sülfat tuzları olmak üzere çeşitli iyonlar çözünmüş haldedir. Ayrıca çözünmüş veya gaz halinde oksijen de bulunur. Böyle bir elektrolit içinde korozyonun yürümesi için mutlaka iki ayrı metalin bulunması şart değildir. Metal yapısında veya elektrolitte bulunan bazı farklılıklar nedeniyle meydana gelen potansiyel farkı, mikro veya makro korozyon

hücreleri oluşturabilir. Bunun sonucu olarak, metal yüzeyinin bazı bölgeleri katot, bazı bölgeleri de anot olur. Elektron akımı metal üzerinden gerçekleşir (Şekil 3.5).



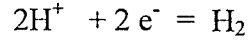
Şekil 3.5. Metal yüzeyinde bir korozyon hücresinin oluşması

Korozyon hücresinin elektroliti doğal su veya zemin olduğunda katot reaksiyonu genellikle oksijen redüksiyonu ile gerçekleşir. Korozyon olayı metalin iyon haline yükseltgenmesi ile anot bölgelerinde meydana gelir. Anotta metal iyon halinde çözeltiye geçer. Bu iyonlar alkali ortamlarda yüzeyin yakınında su ile hidroliz olarak hidroksit halinde çöker.

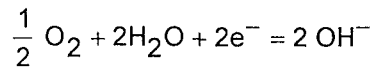


Korozyon olayında katot reaksiyonu ortam koşullarına bağlıdır. Katotda herhangi bir redüksiyon olayı meydana gelebilir. Katot reaksiyonu elektrolit ortamının pH 'ına ve çözünmüş oksijenin konsantrasyonuna bağlıdır. Doğal elektrolitler içinde yürüyen korozyon olaylarında başlıca aşağıdaki iki katot reaksiyonu söz konusu olur.

- a) Asidik ortamlarda katot reaksiyonu hidrojen iyonu indirgenmesi ve hidrojen çıkışı ile gerçekleşir.



- b) Nötral ve çözünmüş oksijenin bulunduğu ortamlarda katot reaksiyonu, su içinde çözünmüş olan oksijenin elektron alarak hidroksil iyonu haline dönüşmesi şeklinde yürür.



Doğal sular içinde pH genellikle 7'den daha yüksektir. Bu nedenle doğal sular ve zemin içindeki korozyon olayı genellikle (b) de olduğu gibi katotda oksijen redüksiyonu ile gerçekleşir. Bu durumda yeraltı ve sualtı korozyonu hızını, elektrolit içinde çözülmüş oksijen konsantrasyonu kontrol eder.

Zemin içinde bulunan bir çelik yapı çok çeşitli nedenlerle korozyona uğrayabilir. Bunlardan en önemlileri şunlardır:

- 1.Metal Yüzeyindeki Farklılıklar Nedeniyle Oluşan Korozyon
- 2.Zemin Cinsi ve Yapısının Değişmesi İle Oluşan Korozyon
3. Farklı Metallerin Bağlantısından Oluşan Korozyon
- 4.Farklı Havalanmadan İleri Gelen Korozyon

3.4. Korozyon Çeşitleri

Değişik metaller içinde bulundukları ortamın özelliklerine göre çeşitli korozyonlara uğrarlar. Başlıca korozyon tipleri 16 grup altında toplanabilir (34).

a) Üniform korozyon

Metal yüzeyinin her noktasında aynı hızla yürüyen korozyon çeşididir. Normal olarak korozyon olayının böyle yürümesi beklenir. Metal kalınlığı her noktada aynı derecede incelir.

b) Çukur korozyonu

Metal yüzeyinin bazı noktalarında çukur oluşturarak meydana gelen korozyon türüdür. Bu tip korozyon olayında anot ve katot bölgeleri birbirinden kesin olarak ayrılmıştır. Anot yüzeyin herhangi bir bölgesinde açılan çukurun içindeki dar bir bölge, katot ise çukurun çevresindeki çok geniş alandır. Korozyon sonucu çukur gittikçe büyüyerek metalin o noktadan kısa sürede delinmesine neden olur. Bu nedenle çukur korozyonu çok tehlikeli bir korozyon türü olarak kabul edilir.

c) Galvanik korozyon

İki farklı metal bir korozif ortama daldırılır ve elektriksel bir bağlantı ile birbirine bağlanırsa, bir pil oluşur. Bu metallerden potansiyeli daha negatif olan anot diğeri katot olarak korozyona uğrarlar. Korozyon hızı iki metal arasındaki potansiyel farkına bağlıdır. Bu hücrede yalnız anot olan metal korozyona uğrar.

d) Çatlak korozyonu

Metal yüzeyinde bulunan çatlak, aralık, cep veya iki bölge arasında kalan aralık gibi çözeltilinin durgun halde kaldığı bölgelere oksijen transferi güçleşir. Bunun sonucu olarak bu bölgeler anot, çatlağın çevresindeki bölgeler de katot olur.

Çatlak korozyonu yalnız metal yüzeyinde bulunan çatlakda değil, metal olmayan bir malzeme ile metal yüzeyi arasında da meydana gelebilir.

e) Kabuk altı korozyonu

Metal yüzeyinde korozyon ürünlerinin oluşturduğu veya başka bir nedenle oluşan bir kabuk (birikinti) altında meydana gelen korozyona kabuk altı korozyonu denir. Bu korozyon kabuk altının rutubetli olmasından veya yeteri kadar oksijen alamamasından kaynaklanır. Çünkü kabuk altında sıvı hareketi yoktur. Bu durum çatlak korozyonuna benzer bir ortam yaratır. Kabuğun altı anot ve kabuk çevresi katot olur. Örneğin boru yüzeyini izole etmek üzere sarılan cam pamuğu yağış nedeniyle ıslanırsa bu bölgede şiddetli bir kabuk korozyonu başlar.

f) Filiform korozyonu

Metal yüzeyinde bulunan boya veya kaplama tabakası altında yürüyen bir korozyondur. Filiform korozyonu çatlak korozyonunun bir türü olarak kabul edilebilir. Filiform korozyonu kaplamanın altında zayıf bir noktadan başlayarak, kabuk altında solucan hareketine benzer şekilde yayılır.

g) Seçimli korozyon

Bir alaşım içinde bulunan elementlerden birinin korozyona uğrayarak uzaklaşması sonucu oluşan korozyon olayıdır. Bu tip korozyona en iyi örnek, pirinç alaşımı içinde bulunan çinkonun bakırdan önce korozyona uğramasıdır. Bu korozyona ayrıca dezinsifikasyon adı verilir.

h)Taneler arası korozyon

Bir metalin kristal yapısında tanelerin sınır çizgisi boyunca meydana gelen korozyona denir. Eritilmiş bir metalin katılaşması veya katı bir metalin bir ısıtma işlemine tabi tutulması sırasında metal atomları kristalleri sınır bölgelerinde korozyon açısından bazı bozukluklar meydana gelebilir. Metal korozif bir ortam içine girdiğinde bu bölgelerde taneler arası korozyon kendini gösterir.

i) Erozyonlu korozyon

Korozif çözeltilerin metal yüzeyinden hızla akması halinde, korozyon olayı yanında erozyon da meydana gelir. Bu durum korozyon hızının da artmasına neden olur.

j) Kavitasyon

Kavitasyon, erozyonlu korozyon olayının özel bir şeklidir. Akışkanın içinde bir gaz veya buhar kabarcığının bulunması halinde, bu basınçlı gaz metal yüzeyi üzerinde bulunan herhangi bir engel nedeniyle patlayarak o noktanın yıpranmasına neden olabilir. Bu olay genellikle hidrolik türbinlerde, gemi pervanelerinde ve pompa paletlerinde ortaya çıkar.

k) Aşınmalı korozyon

Birbiri üzerinde kayan iki yüzeyin aşınması ile birlikte yürüyen korozyon olaylarına aşınmalı korozyon denir.

l) Stres korozyonu

Korozif ortamda bulunan bir metal aynı zamanda statik bir gerilme altında ise metalin çatlayarak kırılması çabuklaşır. Metal yüzeyinde bulunan herhangi bir çukur veya çatlak gerilim altında duyarlı hale gelerek korozyonun başlaması için uygun bir ortam oluşturur. Normal halde korozyon ürünleri metal yüzeyinde koruyucu bir kabuk oluşturduğu halde, stres altında iken kabuk oluşturamaz. Bunun sonucunda korozyon hızla devam ederek metalin o bölgede çatlamasına neden olur.

m) Yorulmalı korozyon

Periyodik olarak yükleme-boşaltma şeklinde etkiyen dinamik bir stres altında bulunan bir metal zamanla yorulur. Yorulmuş halde bulunan metal, normalden daha

küçük gerilimlerin etkisiyle çatlayabilir. Yorulma ve korozyonun birlikte etkimesi metalin kısa sürede çatlamasına neden olur.

Korozyon olayı yorulma etkisi ile birlikte yürürse, parçalanma olayı yalnız başına yorulma veya yalnız başına korozyon nedeniyle meydana gelen parçalanmadan daha kısa sürede gerçekleşir. Bu olay korozyonu destekleyen etkilere iyi bir örnek teşkil eder. Yorulmalı korozyon, bir korozif ortamda çekme ve basınç gerilimlerinin periyodik olarak değişmesi sonucu ortaya çıkar. Bunun sonucu olarak malzemenin çekme gerilmesinde de zayıflama olur.

n) Hidrojen kırılabilirliği

Bir korozyon reaksiyonu sonucu veya katodik koruma uygulamasında metal yüzeyinde hidrojen atomları oluşur. Bunlar metal yüzeyinde adsorbe edilir. Bu atomlardan bir kısmı $H+H=H_2$ şeklinde birleşerek hidrojen molekülü halinde atmosfere karışır. Hidrojen atomlarının bir kısmı da, metal bünyesine girerek orada bulunan boşluklara yerleşir. Daha sonra bu hidrojen atomları da molekül haline dönüşerek büyük bir hacim artışına neden olur. Molekül halindeki hidrojenin artık difüzyon özelliği yoktur. Metal içinde bulunan hidrojen molekülleri metal boşluklarında büyük bir basınç oluşturarak metalin çatlamasına neden olur.

o) Kaçak akım korozyonu

Doğru akım ile çalışan raylı taşıt araçları, doğru akım taşıyan yüksek voltaj elektrik hatları ve kaynak makineleri zemin içinde kaçak akım yayarlar. Bu kaçak akımlar çevrede bulunan metalik yapılara girerek korozyona neden olurlar. Örneğin bir yeraltı tren hattına paralel giden boru hattında kaçak akım korozyonu meydana gelebilir. Yeraltı treninde doğru akım kaynağının (+) ucu trene (-) ucu da raylara bağlanır. Trenin hareketi sırasında akım devresini tamamlayarak ray üzerinden besleme istasyonuna döner. Ancak trenin bulunduğu noktada akımın bir kısmı zemine kaçarak yakında bulunan boru hattına girer. Boru üzerinden bir süre akan

akım yeniden zemine girerek oradan trafo istasyonuna döner. Korozyon olayı akımın borulardan çıktığı bölgelerde görülür.

Dış akım kaynaklı katodik koruma sistemlerinde de kaçak akım söz konusu olur. Bu nedenle katodik koruma sistemleri çevre yapılar üzerinde interferans korozyonuna neden olabilir. Katodik koruma sistemleri akım yayıcı ve toplayıcı olarak iki yönlü çalışır. Anot yatağından çevrede bulunan metalik yapılara akım kaçağı olur. Akımın yapıya girmiş olduğu bölgeler katodik olarak korunur. Fakat akımın metali terk ederek yeniden zemine girdiği bölgelerde korozyon olayı olur.

ö) Mikrobiyolojik korozyon

Mikrobiyolojik korozyon normal korozyon olaylarından farklı yapıda olmayıp, bazı mikro canlıların korozyon reaksiyon hızını artırması şeklinde kendini gösterir. Normal korozyon olaylarının mevcut olmadığı ortamlarda mikrobiyolojik korozyon olayına nadir olarak rastlanır. Başka nedenlerle meydana gelen korozyon olaylarına ayrıca mikrobiyolojik korozyon olayları da katılarak korozyon hızını artırıcı etki yapar.

3.5. Korozyondan Korunma

Korozif bir ortam içinde bulunan metalik yapının korozyonunu önlemek veya korozyon hızını azaltmak için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar aşağıdaki başlıklar altında gruplanabilir (36).

1. Tasarım şeklini değiştirerek.
2. Çevre şartlarını değiştirerek.
3. Kaplama (boyama gibi) kullanarak.
4. Uygun malzeme seçerek.
5. Elektriksel yöntemler kullanarak.
 - a) Anodik koruma
 - b) Katodik koruma

Katodik koruma dışındaki yöntemler hem daha pahalıdır hem de korozyondan tam olarak koruyamamaktadır. Bu nedenle korozyondan korunma yöntemi olarak, uygun durumlarda daha çok katodik koruma tercih edilmektedir.

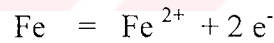
3.5.1. Katodik korumanın teorik ilkeleri

Bir yapıyı katodik korumanın iki yolu vardır. 1) Bir harici güç kaynağı kullanarak. Buna “dış akım kaynaklı katodik koruma” denilmektedir. 2) Bir galvanik çift kullanarak.

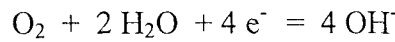
3.5.2. Katodik korumanın teorisi

Katodik koruma , korunacak metali oluşturulacak bir elektrokimyasal hücrenin katodu haline getirerek metal yüzeyindeki anodik akımların giderilmesi işlemidir. Örnek olarak nötral bir sulu çözelti içinde korozyona uğrayan bir demir metalini ele alalım. Demir yüzeyinde yürüyen anot ve katot reaksiyonları şöyledir:

Anot reaksiyonu :



Katot reaksiyonu :



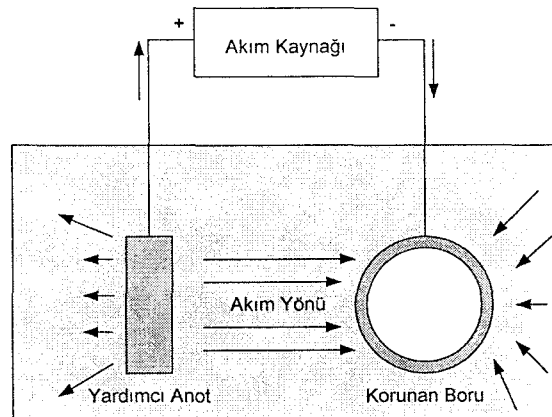
Korozyon olayı bu iki reaksiyonun bir arada yürümesi ile gerçekleşir. Elektronlar anottan katoda doğru metal üzerinden akar. Katot reaksiyonu anottan gelen bu elektronları kullanarak yürüyebilir. Eğer katotta bu elektronlar kullanılamaz ise, bu durumda anottaki oksidasyon reaksiyonu da yürüyemez. Yani katot bölgesinde yeterli oksijen bulunmazsa korozyon meydana gelmez. Diğer taraftan eğer katot reaksiyonu için gerekli elektronlar bir dış kaynaktan verilecek olursa, anot reaksiyonu ile elektron üretilmez. Bu durumda anotta yürüyen korozyon olayı da durmuş olur. Dış akım kaynaklı katodik koruma ile korozyonun önlenmesi bu elektrokimyasal ilkeye dayanır.

Metale dıştan uygulanan akım ile verilen elektronlar, metal yüzeyinde yürümekte olan anodik reaksiyonları tam olarak durdururken, katodik reaksiyonun hızını da artırır. Anot reaksiyonları artık korunmakta olan metal yüzeyinde değil, katodik koruma devresinde bulunan yardımcı anotta yürür. Korunmakta olan metal yüzeyi ise artık tam olarak katot olur.

Korozyona uğramakta olan bir metale kendinden daha aktif bir metal (galvanik anot) bağlanacak olursa, bu durumda katot reaksiyonu için gerekli olan elektronlar galvanik anot olarak bağlanan metalin kendiliğinden yürüyen yükseltgenme reaksiyonu ile karşılanır. Böylece korunan metal yüzeyindeki bütün anodik reaksiyonlar tam olarak durur. Galvanik anotlu katodik koruma da bu temel ilkeye dayanır.

3.5.3. Dış akım kaynaklı katodik koruma prensibi

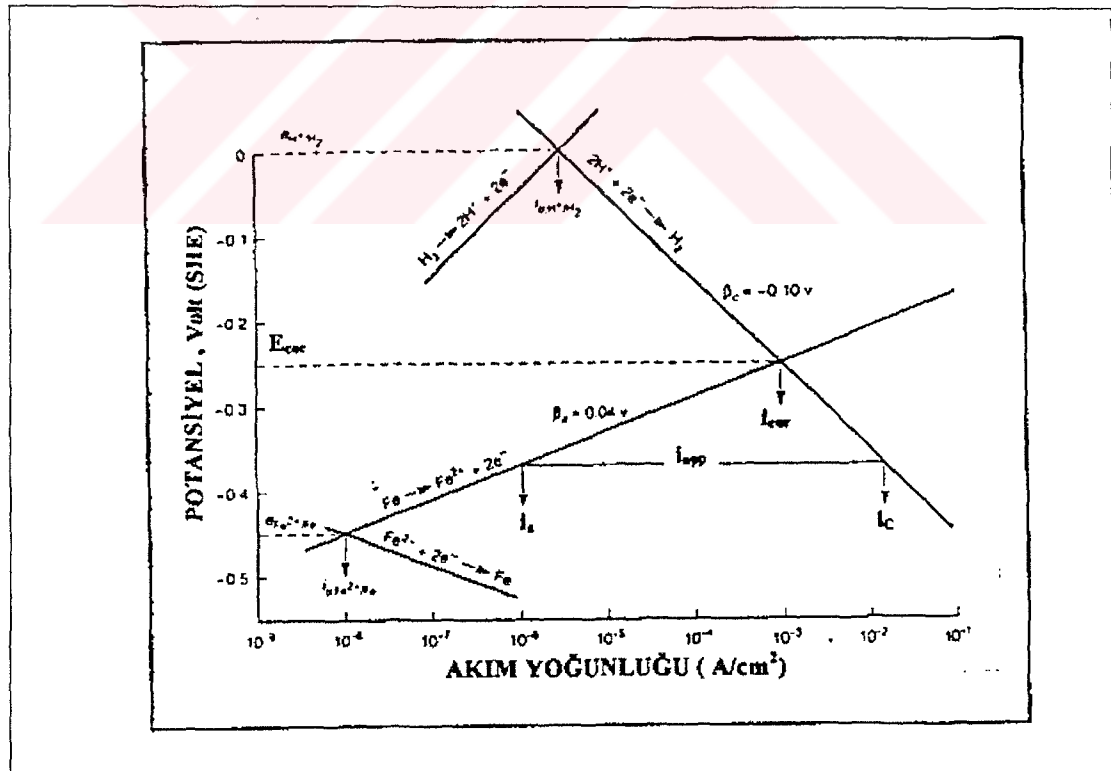
Dış akım kaynaklı katodik koruma metale dıştan bir doğru akım uygulanarak yapılır. Bir transformatör redresör sisteminden elde edilen doğru akımın (-) ucu korunacak olan metale, (+) ucu da bir yardımcı anoda bağlanır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Dış akım kaynaklı katodik koruma

Uygulanacak olan katodik koruma akımının şiddeti korunacak metalin yüzey alanına ve metalin içinde bulunduğu ortamın koroziflik derecesine bağlıdır. Katodik koruma uygulamalarında en önemli konu, korunacak yapının katodik koruma akım ihtiyacının belirlenmesidir. Metali tam olarak korumak için gerekli olan minimum akım şiddeti, katot ve anot reaksiyonlarının polarizasyon eğrileri çizilerek teorik olarak belirlenebilir. Örnek olarak demirin asidik bir çözelti içindeki korozyonunu ele alalım. Asidik bir ortamda çeliğin korozyonunda katodik reaksiyon hidrojen çıkışı, anodik reaksiyon ise demirin iyon haline geçmesi şeklinde yürür. Denge halinde çeliğin potansiyeli E_{cor} değerini alır. Korozyon hızı, anodik ve katodik polarizasyon eğrilerinin kesim noktasına karşı gelen i_{cor} dır.

Şekil 3.7’de görüldüğü üzere denge halinde demirin korozyon potansiyeli $E_{cor} = -250$ mV ve korozyon hızı da $i_{cor} = 10^{-3}$ A/cm² (1 mA/cm²) dir.



Şekil 3.7. Asitli ortamda çeliğin dış akım kaynağı ile katodik olarak korunması

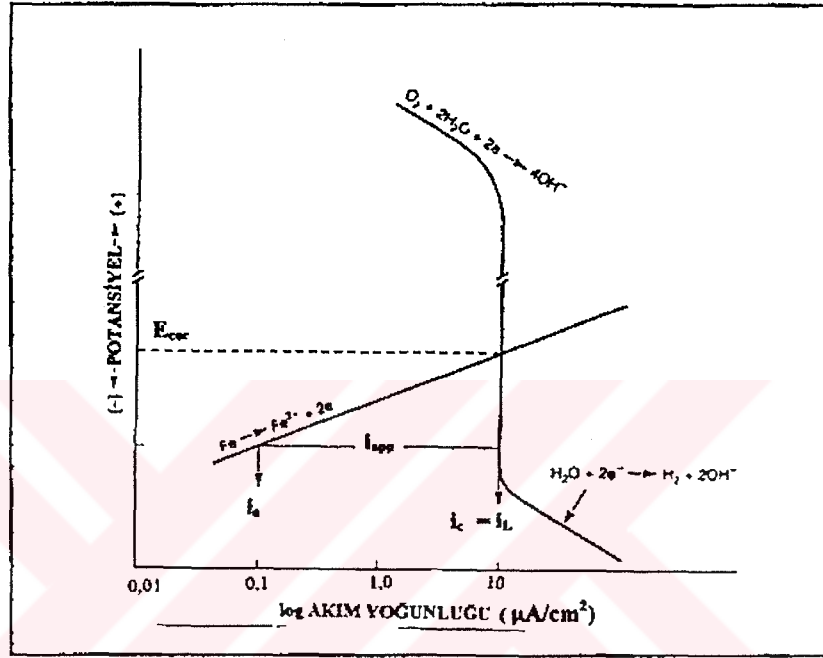
Böyle asidik ortamda korozyona uğrayan bir çeliğe katodik bir dış akım uyguladığımızı düşünelim. Katodik koruma sonucu çeliğin potansiyeli negatif yönde 120 mV artarak - 370 mV' a düşmüş olsun. Şekil 2.8'den görüleceği üzere, katodik koruma sonucu çeliğin korozyon hızı başlangıçtaki korozyon hızının binde birine, yani $1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ ye düşürülmüş olur. Bunu sağlamak için çeliğe $i_{\text{app}} = 10^4 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ kadar bir dış akım uygulanmıştır. Şekil 3.7'deki grafikte görüldüğü üzere, uygulanan dış akım ile korozyon hızının ne derece azalacağı, anodik polarizasyon eğrisinin eğimine, yani β_a değerine bağlıdır. Şekilde verilen örnekte $\beta_a = 40 \text{ mV}$ dır. Yani metal katodik yönde 40 mV polarize edildiğinde korozyon hızında onda bir oranında azalma meydana gelmektedir (34,41,42).

Bu örnekten, katodik koruma akım ihtiyacının yalnız anodik polarizasyon eğrisi ile değil, katodik polarizasyon eğrisinin eğimi ile de ilgili olduğu görülmektedir. Asitli bir ortam için verilmiş olan bu örnekte, çeliğin katodik korumasını sağlamak için $i = 10^{-2} \text{ A}/\text{cm}^2$ 'lık bir dış akım uygulanması gerekmiştir. Yani asitli ortamda bulunan 1 m^2 'lik çıplak çelik yüzeyini katodik olarak korumak için 100 A bir dış akıma ihtiyaç vardır. Bu kadar yüksek bir akım uygulanarak yapılan katodik koruma ekonomik olmaz. Bu nedenle pratikte asidik çözeltiler içinde katodik koruma uygulanması yoluna gidilmez. Eğer mutlaka gerekli ise, metal yüzeyine uygun bir kaplama yapılarak akım ihtiyacı azaltılır.

Doğal sular ve zeminler gibi nötral ortamlarda yapılan katodik koruma, yukarıdaki örnekte verilen asitli ortamlardakinden biraz farklıdır. Aradaki fark nötral çözeltiler içinde katodik reaksiyonun hidrojen çıkışı şeklinde değil de, çözülmüş oksijenin redüksiyonu ile yürümesinden kaynaklanır. Bu durumda çeliğin korozyon hızı, metal yüzeyine oksijen difüzyon hızının kontrolü altındadır. Su içinde oksijen difüzyon hızı çok yavaş olduğundan , nötral ortamlarda çeliğin korozyon hızı da oldukça düşüktür (Şekil 3.8).

Şekilde verilmiş olan örnekte, katodik koruma uygulanmadan önce çeliğin korozyon hızının $10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ olduğu görülmektedir. Bu değer genellikle hareketli sularda mümkün olur. Durgun sular içinde oksijen difüzyonu daha yavaş ve korozyon hızı

daha da küçüktür. Diğer taraftan durgun sular içinde oluşan korozyon ürünleri metal yüzeyinde çökerek kabuk oluşturur. Bu kabuk korozyon hızında büyük ölçülerde azalmalara neden olur.



Şekil 3.8. Çeliğin nötral bir ortamda dış akım kaynağı ile katodik Korunması

Oksijenin çözelti içindeki difüzyon hızı çok yavaş olduğundan oksijen redüksiyonu ile gerçekleşen katodik polarizasyon eğrileri kısa bir süre sonra bir limit akıma erişir. Bu durumda korozyon hızı da ancak limit akım yoğunluğuna kadar yükselir. Böyle bir çeliği katodik olarak korumak için , önceki örnekte olduğu gibi yine katodik yönde 120 mV polarize etmiş olduğumuzu düşünelim. Polarizasyon sonunda çeliğin korozyon hızı $0,1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ değerine düşecektir. Bunu sağlamak için katodik koruma devresine $100 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ ($1 \text{ A}/\text{m}^2$)'lik bir dış akımın uygulanması gerekecektir. Bu değer katodik reaksiyonun limit akımı ile sınırlıdır. Eğer metal yüzeyine kaplama yapılacak olursa, katodik koruma için gerekli akım ihtiyacı büyük ölçüde azalacaktır.

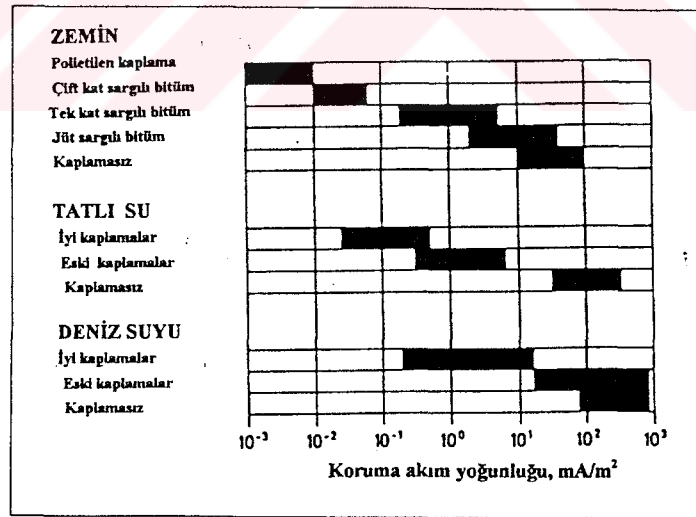
Şekilden aşırı korumanın zararlı etkisi de açık olarak görülmektedir. Eğer çelik katodik yönde gereğinden fazla polarize edilerek potansiyeli negatif yönde daha fazla artırılacak olursa , katot reaksiyonunda değişme olmaktadır. Artık katotda yalnız oksijen redüksiyonu reaksiyonu değil, suyun elektrolizi ile hidrojen çıkış reaksiyonu da gerçekleşmektedir. Aşırı koruma sonucu katotda hidrojen gazı çıkışı başlamaktadır. Katotda hidrojen gazı çıkışının bazı sakıncaları vardır. Açığa çıkan hidrojen gazı metal yüzeyinde bulunan kaplamanın soyulmasına neden olabilir. Ayrıca stres korozyonunun söz konusu olduğu ortamlarda , metal yüzeyinde açığa çıkan hidrojen atomlarının bir kısmı molekül halinde uzaklaşmak yerine atom halinde metal yapısına girerek orada hidrojen kırılabilirliğine neden olabilir. Üstelik aşırı koruma halinde katodik koruma için harcanan akım da gereksiz yere artırılmış olur.

3.5.4. Katodik koruma akım ihtiyacı

Katodik koruma projelendirmesi yapılmadan önce akım ihtiyacının ya deneysel olarak, ya da literatürde çeşitli ortamlar için verilmiş olan listelerden alınarak belirlenmesi gerekir. Katodik koruma sisteminin transformatör / redresör kapasitesi, tesis ömrü, anot kütlesi ve sayısı proje koşulları için ön görülen akım ihtiyacı değerine göre hesaplanır. Çeliğin kaplamalı ve kaplamasız olarak çeşitli ortamlarda korunması için gerekli olan yaklaşık akım ihtiyacı değerleri literatürde listeler halinde verilmiştir. Zemin içinde bulunan bir boru hattının akım ihtiyacı büyük ölçüde kaplama kalitesine ve direncine bağlıdır. Boru hattının içinde bulunduğu zeminin rezistivitesi de etkili olmakla beraber zemin direnci boru kaplama direnci yanında çok küçük kaldığından ihmal edilebilir. Bir fikir vermek üzere, Çizelge 3.3. de bazı ortamlar için Çizelge 3.4. ve Şekil 3.9.'da da değişik kaplama cinsleri için akım ihtiyacı değerleri verilmektedir.

Çizelge 3.3. Katodik koruma için yaklaşık akım ihtiyacı değerleri

Ortam Koşulları	Yaklaşık akım ihtiyacı, mA / m ²
Hareketli deniz suyu içinde çıplak çelik	100 - 160
Durgun deniz suyu içinde çıplak çelik	55 - 85
Deniz dibi çamuru içinde çıplak çelik	20 - 30
Rutubetli zemin içinde çıplak çelik	10 - 20
Zemin veya su içinde zayıf kaplamalı çelik	1 - 2
Zemin veya su içinde iyi kaplanmış çelik	0.05
Zemin veya su içinde polietilen kaplanmış çelik	0.005



Şekil 3.9. Çeşitli cins kaplamalara ait yaklaşık akım ihtiyacı değerleri

Çizelge 3.4. Çeşitli cins kaplamalı boru hatlarının kaplama direnci ve akım ihtiyacı

Kaplama kalitesi	Kaplama direnci, Ohm.m ²	Akım ihtiyacı, mA / m ²
Çok zayıf	100 –200	1,0 -2,0
Zayıf	200 -500	0,5 -1,0
Orta	500 -1000	0,1 -0,5
İyi	1000 –2000	0,05 -0,1
Çok iyi	2000 -10000	0,01 - 0,05
Mükemmel	> 10000	0,01 >

Bir fikir vermek amacıyla literatürde verilmiş olan bu değerlerin doğrudan kullanılması sakıncalıdır. Bu değerleri kullanırken aşağıdaki iki husus göz önünde bulundurulmalıdır.

1. Akım ihtiyacı değerleri listelerde çok geniş sınırlar içinde verilmiştir. Bu değerlerden en düşük olanının kullanılması emniyet açısından, en büyük değer kullanılması da ekonomik açıdan sakıncalı olabilir.
2. Kaplama cinsine göre verilmiş olan akım ihtiyacı değerlerinde, kaplamanın kalitesi ve işçilik hataları göz önüne alınmamıştır. Özellikle boruların taşınması, depolanması, hendeklere yerleştirilmesi ve kaynak bölgelerinin izolasyonu sırasında ortaya çıkacak hataların etkileri göz önüne alınarak akım ihtiyacında hesaba katılması gerekir.

Projelendirme sırasında akım ihtiyacı belirlenirken Çizelgelerde verilmiş olan bu akım ihtiyacı değerlerinin , katodik koruma ilk uygulandığında gerekli olan ve metal yüzeyi polarize olmadan önceki akım ihtiyacı olduğu gözden uzak tutulmamalıdır. Polarizasyon gerçekleşikten sonra akım ihtiyacında önemli ölçülerde düşüş görülür. Buna karşılık kaplama direnci de zamanla azalacağından akım ihtiyacında artış meydana gelir. Katodik koruma süresi içinde geçerli olan ortalama bir akım ihtiyacı değerini bu çelişik durum değerlendirilerek belirlemek gerekir.

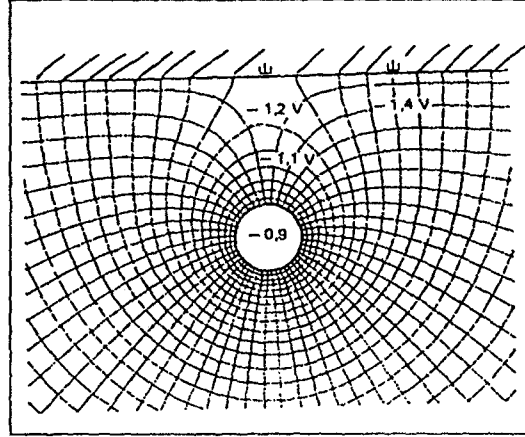
Çizelgelerde verilen bütün bu akım ihtiyacı değerleri yaklaşık bir fikir vermek içindir. Katodik koruma akım ihtiyacının belirlenmesinde en güvenilir değerler gerçek ortamlarda yapılan akım ihtiyacı deneyleri ile elde edilmelidir.

3.5.5. Katodik koruma kriterleri

Bir çelik yapının katodik olarak korunması için, metal potansiyelinin katodik yönde belli bir değere kadar polarize edilmesi gerekir. Bunu belirlemek amacıyla pratikte aşağıdaki dört farklı kriter kullanılır.

a) -850 mV kriteri

Kolaylığı nedeniyle pratikte genellikle - 850 mV kriteri kullanılmaktadır. Buna göre korunmakta olan çelik yapının doygun bakır / bakır sülfat referans elektroduna göre akım altında ölçülen potansiyeli - 850 mV veya daha negatif bir değerde olmalıdır. Eğer anaerobik bir zemin söz konusu ise, bu değer -950 mV veya daha negatif olması gerekir. Boru/zemin potansiyeli yapıya yeterli bir süre (en az dört saat) akım uygulandıktan sonra ve yapı akım altında iken ölçülür. Bu nedenle ölçüm devresinde oluşan IR omik potansiyel düşüşünün de göz önüne alınarak düzeltme yapılması gerekir. Bu durum, -850 mV kriterinin gerçeklere tam olarak uymadığı konusunda kuşklar yaratır. Özellikle yüksek rezistiviteli zeminlerde (IR) potansiyel düşüşünden kaynaklanan potansiyel farkının -200, - 300 mV' a ulaşması söz konusudur. Bu durumda zemin yüzeyine konulan referans elektrot ile ölçülen boru / zemin potansiyeli güvenilir olmaktan çıkmaktadır. Şekil 3.10'da görüldüğü üzere, boru yüzeyinde -900 mV olan potansiyel , zemin üstündeki referans elektrot ile yapılan ölçümde - 1,2 Volt olarak okunmaktadır.

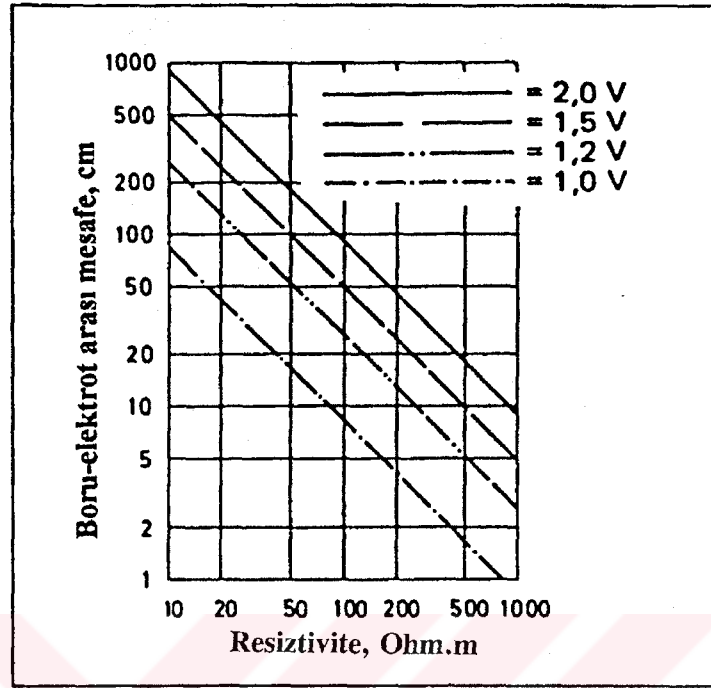


Şekil 3.10. Boru/zemin potansiyelinin referans elektrot ile boru arasındaki mesafeye bağlılığı

Pratikte referans elektrodun yeraltında bulunan borunun yüzeyine konulması mümkün olmamakta ve ölçümler şekilde görüldüğü gibi boru hattının üzerinde yer yüzünde ve yaklaşık olarak 1m uzaklıktaki referans elektrot ile yapılmaktadır.

Bu durumda , - 850 mV kriterinin sağlanması için uzaktan ölçülen potansiyel değerinin daha yüksek olması gerekmektedir. Bu değer, boru ile referans elektrodun konulduğu nokta arasındaki mesafeye ve zeminin rezistivitesine göre değişmektedir. Boru yüzeyinde potansiyel değerinin - 850 mV olması için, yeryüzünden ölçülen boru/zemin potansiyel değerinin kaç olması gerektiği Şekil 3.11’de grafikler halinde verilmektedir.

Örneğin, $\rho = 5000 \text{ Ohm.cm}$ olan bir zemin içinde bulunan bir boruda -850 mV koruma potansiyelini tutturabilmek için, boru yüzeyi ile referans elektrot arasında 50 cm mesafe varsa voltmetrede en az - 1,2 Volt, 100 cm mesafe varsa en az - 1,5 Volt okunmalıdır.



Şekil 3.11. Boru/zemin potansiyelinin boru yüzeyi ile referans elektrodu konulmuş olduğu mesafeye ve zemin rezistivitesine göre değişimi

b) 300 mV potansiyel kayması

Çelik yapının potansiyelinde katodik koruma akımı uygulanırken, statik potansiyelinden (akım uygulamadan önce ölçülen denge potansiyeli) negatif yönde 300 mV'luk bir kayma sağlanmalıdır. Bu kriter de akım altında yapılan ölçüme dayanmış olduğundan IR omik potansiyel düşüşü söz konusudur. Bu kriterin birinci kriterden farkı, statik potansiyelin -550 mV dan daha küçük olması halinde katodik korumanın -850 mV dan daha küçük bir potansiyelde gerçekleşebileceğini kabul etmesidir.

c) 100 mV polarizasyon kayması

Çelik yapıda en az 100 mV değerinde bir polarizasyon sapması sağlanmalıdır. Bu değer yapıya en az dört saat katodik yönde bir akım uygulandıktan sonra ölçülen (off) potansiyel değeri ile yapının akım uygulanmadan önceki denge potansiyeli

arasındaki fark alınarak bulunur. Bu ölçümde IR omik düşüşü bulunmaz. Teorik yönden en güvenilir kriter budur.

d) Tafel Bölgesi Başlama Noktası

Katodik korumanın gerçekleşmiş olduğu potansiyel ($E-\log i$) grafiği çizilerek Tafel lineer bölgesinin başlamış olduğu noktaya karşı gelen potansiyel olarak belirlenebilir. Bilimsel temeli çok sağlam olan bu kriteri arazi koşullarında uygulamak son derece güçtür.

Pratikte kolaylığı bakımından yukarıda açıklanan kriterlerden birinci kriter tercih edilmektedir. Ancak burada IR omik düşüşünün elimine edilmesi zorunludur. Diğer taraftan bu kriter ancak nötral veya nötrale yakın pH derecelerinde ve yüksek olmayan sıcaklıklarda güvenilir sonuçlar verebilir. Omik düşüş etkisi bulunmayışı nedeniyle - 100 mV 'luk polarizasyon kayması değeri daha güvenilir bir kriterdir. $E-\log i$ ölçümleri ile hem minimum koruma akım ihtiyacı, hem de koruma potansiyeli belirlenebilir. Ancak bir laboratuvar deneyi olan bu deneyi arazide gerçekleştirmek güçtür.

3.5.6. Boru hatlarının katodik koruması

Yeraltı boru hatlarını korozyondan korumak üzere bilinen en uygun yol, boruyu uygun bir malzeme ile kapladıktan sonra buna ek olarak katodik koruma uygulamaktır. Boruları asfalt, maden kömürü zifti veya son zamanlarda gittikçe daha çok kullanılan plastik bantlarla kaplamak suretiyle korozyon etkisi büyük ölçüde azaltılabilmektedir. Ancak yapılmış olan en mükemmel kaplamalarda bile daima elektrik akımını geçirebilen mikro gözenekler bulunmaktadır. Diğer taraftan, borunun inşaat yerine taşınması ve yerine yerleştirilmesi sırasında da çeşitli işçilik hataları sonucu boru kaplamasında yer yer bozulmalar ve delinmeler meydana gelmektedir. Eğer boruya katodik koruma uygulanmaz ise, bu mikro gözenekler ve kaplama bozuklukları korozyon açısından büyük tehlike yaratmaktadır. Çünkü bu küçük anodik bölgeler, çok geniş bir katot bölgesinin akım yükünü çekmekte ve

akım yoğunluğu bu bölgelerde çok yüksek değerlere erişmektedir. Dolayısıyla kaplanmış borulara katodik koruma uygulanması zorunlu olmaktadır (40,43).

Boru hatlarına katodik koruma uygulanmasına ilk olarak 1928 yılında R.J. KUHN tarafından Amerika Birleşik Devletlerinde başlanmıştır. 1920'li yıllarda petrol taşımacılığı önem kazanınca, o gün için yapılabilen en mükemmel kaplamalarla bile korozyonun tam olarak önlenemediği anlaşılmıştır. Uzun boru hatlarında ortaya çıkan delinmeler işletmeleri güç durumda bırakmıştır. Katodik koruma uygulanması ile boru hatlarındaki korozyon olayı, sebebi ne olursa olsun tam olarak önlenebilmiştir. Günümüzde yalnız petrol boru hatlarına değil bütün boru hatlarına katodik koruma uygulanmaktadır.

Kaplamalı boru hatlarına olduğu kadar, çıplak haldeki boru hatlarına da katodik koruma uygulanabilmektedir. Ancak bu durumda hem katodik koruma akım ihtiyacı anormal derecelerde artmakta, hem de uygulamada bazı teknik zorluklar ortaya çıkmaktadır. Kaplama yapılarak maliyet düşürülmektedir. Ancak katodik koruma uygulanacak boru hattına çok pahalı bir şekilde kaplama yapılmasına da gerek yoktur. En ekonomik çözüm orta derecede bir kaplama yapılarak akım ihtiyacı yeterli düzeye düşürüldükten sonra, ayrıca bir de katodik koruma uygulanmasıdır. Katodik korumanın diğer korozyondan korunma yöntemlerine olan bir başka üstünlüğü de, katodik korumanın korozyona uğramakta olan fakat henüz delinme aşamasına gelmemiş durumdaki boru hatlarına da uygulanabilmesidir (39).

Boru hatlarına katodik koruma uygulanmadan önce bazı ön etütlerin yapılması gerekir. Boru hattının geçeceği bölgede bulunan dere geçişleri, yol geçişleri , doğru akım ile çalışan raylı taşıma sistemleri, yüksek gerilimli elektrik hatları ve yabancı boru hatları ile kesişme noktaları belirlenmelidir. Bu noktalarda interferans etkisini gidermek için daha proje aşamasında özel önlemlerin alınması gerekir. Bunun dışında katodik korumaya ön hazırlık olarak, boru hattının içinden geçmekte olduğu zemin cinsi, yeraltı su seviyesi, rezistivite, pH değeri ve redoks potansiyeli gibi zeminin koroziyifliği hakkında fikir veren özellikleri de belirlenmelidir.

Pratikte katodik koruma uygulamalarında karşılaşılan en önemli sorun, katodik koruma akım ihtiyacının belirlenmesidir. Akım ihtiyacı borunun içinden geçtiği zemin cinsine ve boru kaplama kalitesine bağlı olarak değişir. Bu nedenle akım ihtiyacı için genel değerler vermek doğru olmaz. Literatürde bazı ortamlar için akım ihtiyacı değerleri verilmektedir. Bu değerlerin kullanılmasında dikkatli olunmalıdır. Benzer ortamlar göz önüne alınarak akım ihtiyacı tahmin edilebilir, ancak en iyisi akım ihtiyacının deneysel olarak belirlenmesidir.

3.5.6.1. Zeminlerin korozyon özellikleri

Zemin heterojen yapıda bir elektrolittir. Aynı mineralojik bileşimde olsa bile zeminler kısa mesafeler içinde özellikle dikey yönde büyük ölçülerde değişiklik gösterebilir. Zeminlerin rutubeti, içinde çözünmüş olarak bulunan tuz yüzdesi , pH derecesi, hava alabilme durumu ve fiziksel olarak sıkışma derecesi yani yoğunluğu korozyon özelliğine etki yapar. Bütün bu özelliklerin etkisini ayrı ayrı belirlemek son derece güçtür. Bu nedenle pratikte genellikle zeminlerin yalnız pH derecesi, rezistivitesi ve redoks potansiyeli değerlerinin belirlenmesi ile yetinilir.

3.5.6.1.1. Zemin Ph derecesi

pH zeminin asitlik derecesi hakkında fikir verir. Zemin pH derecesi $pH < 5$ ise zeminin asidik , $pH > 8$ olması halinde de alkali karakterde olduğu kabul edilir. Asidik karakterde zeminler içinde korozyon hızı yüksektir. Çünkü asidik ortamlarda katodik reaksiyon hidrojen çıkışı şeklinde gerçekleşir. Nötr ve alkali zeminlerde ise, korozyon hızı katot bölgesine oksijen difüzyonu kontrolü altındadır. Kalkerli zeminlerde genellikle $pH > 8$ olur. Bu tip zeminler içinde çözünmüş halde Ca^{2+} ve Mg^{2+} gibi toprak alkali metalleri bulunur. Bunlar korozyon olayına doğrudan etki yapmazlar. Ancak metal yüzeyinde çökerek metali korozyondan koruyucu bir kabuk oluşmasına neden olurlar. pH derecesinin yüksek oluşu bu çökme olayını kolaylaştırır.

3.5.6.1.2. Zemin rezistivitesi

Zemin rezistivitesi, kenarları 1 cm olan bir küp içinde bulunan zeminin karşılıklı iki yüzü arasında ölçülen direnç olarak tanımlanır. (ρ) ile gösterilir ve Ohm.cm birimi ile ifade edilir. Zemin rezistivitesi, zeminin koroziflik derecesi hakkında iyi bir fikir verir. Zemin içinde çözülmüş tuzların fazla olması rezistiviteyi düşürür. Rutubet ve sıcaklığın artması halinde de zemin rezistivitesinde azalma görülür. Doğal halde sıkışmış durumda olan zeminlerin rezistivitesi örselenmiş dolgu zeminlere göre daha düşük olur.

Zemin rezistivitesi düştükçe zeminin koroziflik özelliği artar. Düşük rezistivite, metal yüzeyinde oluşan korozyon hücrelerinin daha küçük potansiyel farklarında bile etkili olmasına ve korozyon akımının artmasına neden olur. Ancak bir zeminin ne derece korozif özellikte olduğunun yalnız rezistivite değeri ile belirlenmesi doğru olmaz. Rezistivite değerine ilave olarak, zemin pH derecesi ve havalanabilme durumunun da göz önüne alınması gerekir.

Katodik koruma etütlerinde boru hattının geçmiş olduğu zeminlerin rezistivite değerleri tayin edilerek bunlar katodik koruma akım ihtiyacının belirlenmesinde kullanılır. Zemin rezistivitesi ile zeminin koroziflik derecesi arasında bağıntı kurularak bazı pratik sınıflandırmalar yapılmıştır. Türk standardında yer almış olan sınıflandırma Çizelge 3.5. de verilmektedir.

Çizelge 3.5. Zeminlerin rezistivite değerlerine göre sınıflandırılması.
Türk standartları TS5141

<u>Zemin rezistivitesi ,Ohm.cm</u>	<u>Koroziflik derecesi</u>
$\rho < 1000$	Çok korozif
$1000 < \rho < 3000$	Korozif
$3000 < \rho < 10000$	Orta korozif
$10000 < \rho$	Korozif değil

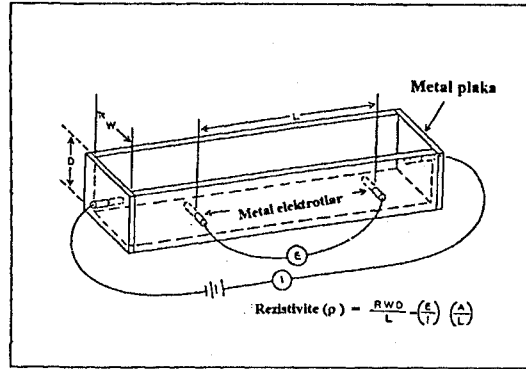
Bu sınıflandırma zeminin korozyon derecesi hakkında kaba bir fikir vermekle beraber, yeterli ve güvenilir değildir. Çünkü rezistivite dışında kalan zemin özellikleri de korozyon hızına etki yapabilir. Nitekim, bu sınıflandırmaya göre korozyon sayılmayan çok yüksek rezistiviteli zeminler içinde de bazı halde korozyon olaylarına rastlanmaktadır. Zemin yapısının ve rutubet derecesinin kısa mesafeler içinde değişmesi veya farklı havalanma korozyon hızında beklenmeyen artışlara neden olabilmektedir.

Boru hatları farklı yapıda zeminler içinden geçer. Boru hattı boyunca yer yer yüksek ve düşük rezistiviteli zeminler bulunabilir. Düşük rezistiviteli bölgeler anot, daha yüksek rezistiviteli bölgeler de katot rolü oynar. Zemin rezistivitesinin kısa mesafeler içinde değişmesi, anot-katot arasında etkili korozyon hücreleri oluşturabilir. Bu nedenle zemin rezistivitesinin mutlak değeri ile birlikte değişim oranının da göz önüne alınması gerekir.

3.5.6.1.3. Zemin rezistivitesinin ölçülmesi

Arazide boru hattının geçtiği yol boyunca 100-200 m aralıklarla zemin rezistivitesi ölçülür. Zemin cinsi ve yapısının tek düze olduğu bölgelerde rezistivite ölçümü 500-1000 m aralıklarla yapılabilir. Birbirini izleyen iki ölçümde rezistivite değerinde eğer iki kata varan bir değişim görülürse, geriye dönülüp ara noktalarda yeniden ölçüm yapılması uygun olur.

Toprak numunesi direnç kutusu içine zeminin doğal haldeki yoğunluğuna benzer şekilde sıkıştırılarak doldurulur. İki uçtan akım uygulanarak ara yerdeki potansiyel değişimi okunur. Bu ikisinden direnç hesaplanır veya doğrudan direnci okuyabilen cihazlar kullanılır (Şekil 3.12). Direnç kutusundan okunan direnç kullanılarak özgül direnç aşağıdaki bağıntı yardımı ile hesaplanır.



Şekil 3.12. Direnç kutusu ile zemin rezistivitesi ölçümü

$$\rho = R \frac{W.D}{L}$$

Burada,

ρ : Zemin özgül direnci (rezistivite), Ohm.cm

R : Zeminin ölçülen direnci , Ohm

L : Ölçü noktaları arasındaki uzaklık, cm

W,D : Dikdörtgenin kenar uzunlukları, cm'dir.

3.5.6.1.4. Redoks potansiyeli

Redoks potansiyeli bir zeminin katodik redüksiyon gücü hakkında fikir verir. Zemin içinde bulunan çözünmüş oksijen konsantrasyonu arttıkça redoks potansiyelinde de artış olur. Aksine olarak düşük oksijen içeren anaerobik zeminlerde redoks potansiyeli çok düşüktür. Bu nedenle redoks potansiyeli değerleri zeminlerin korozyon derecesi, özellikle mikrobiyolojik korozyon hakkında iyi bir fikir verir. Redoks potansiyeli değerleri ile zeminlerin korozyon derecesi arasındaki bağıntı Çizelge 3.6. da verilmektedir.

Çizelge 3.6. Redoks potansiyeli değerlerine göre zeminlerin sınıflandırılması

Redoks potansiyeli, mV	Zeminin korozi özelliği
< 100	Şiddetli korozi
100 – 200	Korozi
200 – 400	Orta korozi
400<	Az korozi

Zeminlerin redoks potansiyeli platin elektrot ile ölçülür. Deney şöyle yapılır. Platin elektrot söz konusu zemin içine daldırıldıktan sonra, bir doygun bakır/bakır sülfat referans elektrot ile aradaki potansiyel farkı ölçülür (E_p). Ayrıca bir pH metre ile aynı noktada zeminin pH derecesi de ölçülür. Bu iki değer kullanılarak redoks potansiyeli aşağıdaki bağıntı ile hesap edilir.

$$E_{\text{redoks}} = E_p + E_{\text{ref}} + 60 (\text{pH} - 7)$$

Burada

E_{redoks} : Zemin redoks potansiyeli ,mV

E_p : Platin elektrodun ölçülen potansiyeli, mV

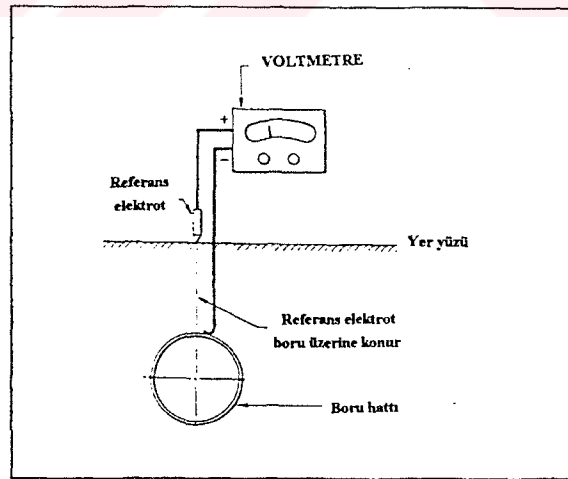
E_{ref} :Kullanılan referans elektrodun Hidrojen elektroduna göre potansiyeli, mV(Doygun Cu/CuSO₄ için 316 mV)

3.6. Potansiyel Ölçümleri

Korozyon kontrolü, kaçak akımlar, kaplama bozukluklarının belirlenmesi ve katodik koruma uygulamalarında boru / zemin potansiyeli ölçümleri büyük önem taşır. Bu ölçümler arazide doygun bakır/bakır sülfat referans elektrodu kullanılarak yapılır. Böylece boru ile çevre zemin arasındaki potansiyel farkı belirlenir.

3.6.1. Boru / Zemin potansiyelinin ölçülmesi

Boru/zemin potansiyeli yüksek iç dirençli bir voltmetre veya bir potansiyometre yardımı ile ölçülür. Voltmetrenin (-) ucu boru hattına (+) ucu da referans elektroda bağlanır. Kablonun boru hattına bağlantısı kaynak veya lehim şeklinde olmalıdır. Ancak ölçü kutuları uzağında yapılan ölçümlerde çoğu zaman bu mümkün olmaz. Bu durumda boru yüzeyindeki pas temizlenir ve bağlantı kablosu bir sivri metal uç ile boruya sıkıca bastırılarak ölçüm yapılır. Ölçüm sırasında zemin içinde IR potansiyel düşüşünü önlemek için referans elektrodun boru yüzeyinin çok yakınına konulması gerekir. Fakat yer altında bulunan bir boruda bunu sağlamak çok güçtür. Pratikte referans elektrot boru hattının tam üzerine gelecek şekilde yer yüzeyinde açılan bir çukura konulabilir (Şekil 3.13).. Eğer zemin kuru ise referans elektrodun zemine tam olarak temasını sağlayabilmek için zemin su ile ıslatılır. Böylece ölçüm devresi direnci mümkün olduğunca düşürülmüş olur. Buna rağmen, katodik koruma akımı altında ölçülen boru/zemin potansiyeli değerlerinde IR omik düşüşü tam olarak önlenemez.



Şekil 3.13. Boru / zemin potansiyelinin ölçülmesi

Eğer boru hattı katodik korumalı ise, akım altında ölçülmüş olan boru/zemin potansiyeli değeri, gerçek boru/zemin potansiyelinden daha negatif olarak bulunur. Çünkü boru yüzeyi ile referans elektrot arasındaki zeminin direnci nedeniyle

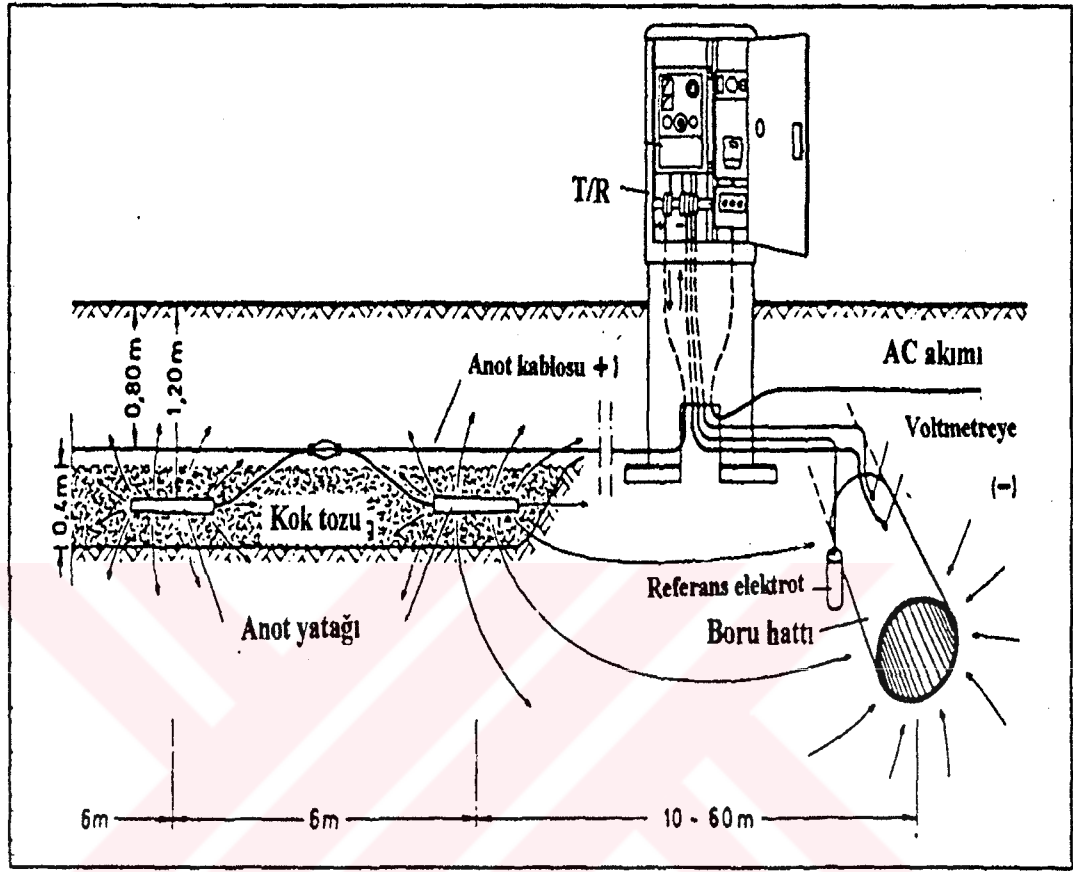
potansiyelde negatif yönde artış olur. Yani ölçülmüş olan potansiyel farkı içinde bu IR omik potansiyel düşüşü de vardır. Akım uygulanmamış boru hatlarında yapılan boru/zemin potansiyeli ölçümlerinde IR omik düşüşü söz konusu değildir.

Katodik koruma uygulanmış bir boru hattının yüzeyinde boru/zemin potansiyeli en düşük düzeydedir. Katodik korumalı bir boru çevresinde zemin içinde mesafeye göre değişen akım ve potansiyel eğrileri meydana gelir (Şekil 3.10).

Şekil 3.10'da kesik çizgiler ile çizilmiş olan eğriler eş potansiyel eğrileridir. Bunlar; boru çevresinde kaplama durumuna ve zeminin rezistivitesine göre değişen bir potansiyel gradiyentinden dolayı oluşur. Borudan uzaklaştıkça potansiyelde negatif yönde artış olur. Bu durum boru/zemin potansiyeli ölçümlerinde referans elektrodun konulacağı yerin belirlenmesinde sorun yaratır. Doğru bir ölçüm yapabilmek için referans elektrot boruya mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Pratikte, referans elektrot için en uygun nokta, yüzeyde borunun tam üzeridir.

3.7. Dış Akım Kaynaklı Katodik Koruma

Bir doğru akım kaynağından alınan yeterli şiddet ve potansiyeldeki doğru akım boru hattına uygulanarak, boru hattı katot haline getirilebilir. Doğru akım genellikle bir şebekeden alınan alternatif akım, bir transformatör-redresör ünitesinden geçirilerek elde edilir. Transformatör-redresör ünitesinden çıkan doğru akımın (+) ucu anot yatağına, (-) ucu da korunacak olan boru hattına bağlanır (Şekil 3.14).

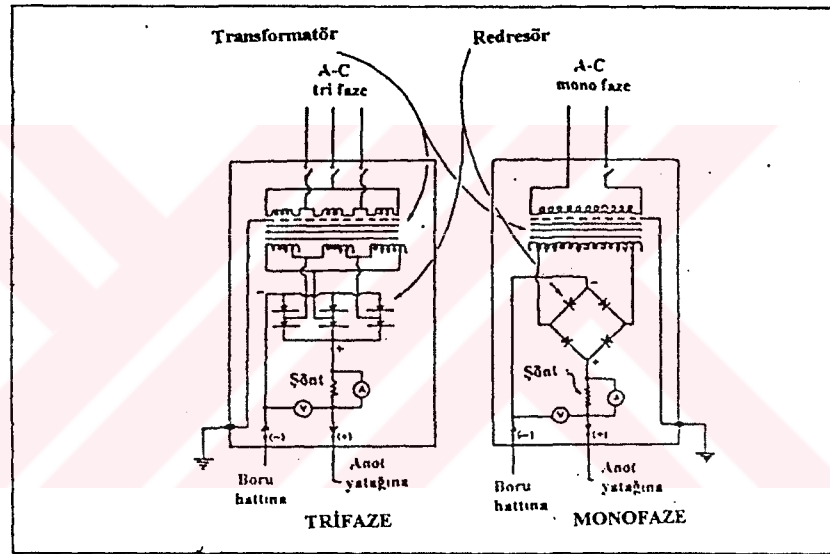


Şekil 3.14. Bir boru hattının dış akım kaynaklı katodik korunması

Dış akım kaynaklı katodik koruma sistemlerinde, galvanik anotlu katodik koruma sistemlerinden farklı olarak akım ve potansiyel istenildiği kadar artırılabilir. Bu nedenle bir anot yatağı ile çok uzun boru hatları korunabilir. Ancak aşırı korumaya neden olmaması için boru/zemin potansiyelinin akım uygulanan noktada belli bir değerin üzerine çıkarılmaması gerekir. Bir noktadan korunabilen boru uzunluğu, borunun cinsine (çapına ve boru et kalınlığına), kaplama kalitesine ve katodik koruma akım ihtiyacına bağlıdır.

3.7.1. Transformatör - Redresör üniteleri

Katodik koruma sistemlerinde kullanılan transformatör-redresör üniteleri ile şebekeden alınan üç fazlı veya bir fazlı alternatif akım önce bir transformatörden geçirilerek potansiyeli istenilen seviyelere düşürülür. Daha sonra bu düşük potansiyelli alternatif akım bir redresörden geçirilerek doğru akım haline dönüştürülür. Elde edilen doğru akım potansiyelini istenilen düzeye ayarlayabilmek için TR ünitesinde değişik potansiyel kademeleri bulunur.(Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Üç fazlı ve bir fazlı alternatif akımı doğru akıma çeviren transformatör-redresör ünitelerinin şematik görünüşü

Alternatif akımı doğru akıma çeviren redresörlerde yarı iletken olarak silisyum veya selenyum diotlar kullanılır. Bu redresörler alternatif akımı yarım dalga veya tam dalga olarak doğru akım haline çevirirler.

3.8. Dış Akım Kaynaklı Anotlar

Bir katodik koruma devresinden akım geçebilmesi için anot ve katot yüzeylerinde aynı anda ve eşdeğer miktarda kimyasal reaksiyonların yürümesi gerekir. Anot ve

katot yüzeylerinde yürüyen kimyasal reaksiyonlar katodik koruma sistemlerinin performansını belirleyen en önemli kriterlerdir.

Galvanik anotlu katodik koruma sistemlerinde anot reaksiyonu galvanik anodun çözünmesi şeklinde yürüdüğü halde, dış akım kaynaklı katodik koruma sistemlerinde anot metali ve elektrolit cinsine bağlı olarak anot yüzeyinde çeşitli reaksiyonlar meydana gelir. Anot reaksiyonu anodun verimine ve ömrüne doğrudan etki yapar. Metal cinsi ne olursa olsun, anotta daima bir oksidasyon reaksiyonu meydana gelir. Anot yüzeyinde hangi oksidasyon reaksiyonunun yürüyebileceğini ortam koşullarına bağlı olarak muhtemel reaksiyonların serbest entalpi değişimleri belirler. Ancak gaz çıkışı reaksiyonlarında metal yüzeyinde aşırı gerilim oluşabilir. Yine bunun gibi anotta meydana gelen bazı kimyasal bileşiklerin anot yüzeyinde çökmesi ile metal-elektrolit ara yüzeyinde yürümesi beklenen reaksiyonun hızı yavaşlayabilir. Bütün bunlar anot reaksiyonlarını oldukça karışık bir hale dönüştürür.

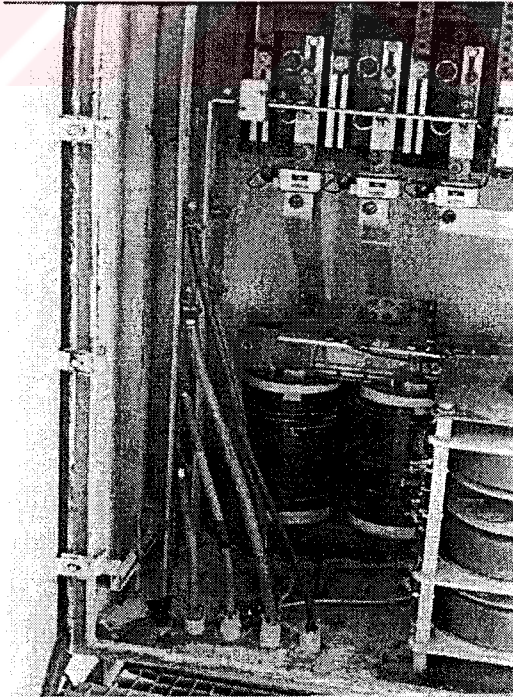
3.9. Dış Akım Kaynaklı Anot Yatakları

Anot yatakları katodik koruma sistemlerinin en önemli ünitesini oluşturur. Sistemin performansı ve ömrü doğrudan anot yatağına göre belirlenir. Bu nedenle katodik koruma projelerinde anot yatağı yerinin belirlenmesi, kullanılacak anot cinsi ve sayısının tayini ve anot yatağı direncinin hesaplanması büyük önem taşır.

4. TASARLANAN VE YAPILAN SCADA UYUMLU CİHAZ

Bu tezde; boru hatlarında ve diğer metalik yapılarda korozyonun önlenmesinde SCADA sisteminin kullanılması amacıyla bir cihaz tasarlanmış ve yapımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan ve yapılan cihaza ilişkin açıklamalar aşağıdadır.

Günümüzde kullanılan TR ünitelerinde mekanik aygıtlar yerine tristörlü güç regülasyonu yapılmaktadır (Resim 4.1.). Ancak tristörlü sistemlerde eşik gerilim seviyesine kadar güç regülasyonu yapılamamaktadır. Ayrıca güç çıkışında çok yüksek seviyede dalgalanma olmaktadır(48). Bir merkezden kumandanın mümkün olmadığı bu sistemlerde zamanında tamir ve bakım mümkün olmamaktadır. Bu tezde, kapalı döngülü bilgisayar denetimli ve PWM (Pulse Width Modulation) ile çalışan bir TR ünitesi tasarım ve yapımı gerçekleştirilmiştir. Anahtarlama elemanı olarak IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) ve denetleyici olarak PIC16F877 mikrodenetleyici kullanılmıştır. TR ünitesi bilgisayarla RS232 seri port ve modem aracılığıyla veri alışverişi yapabilmektedir.

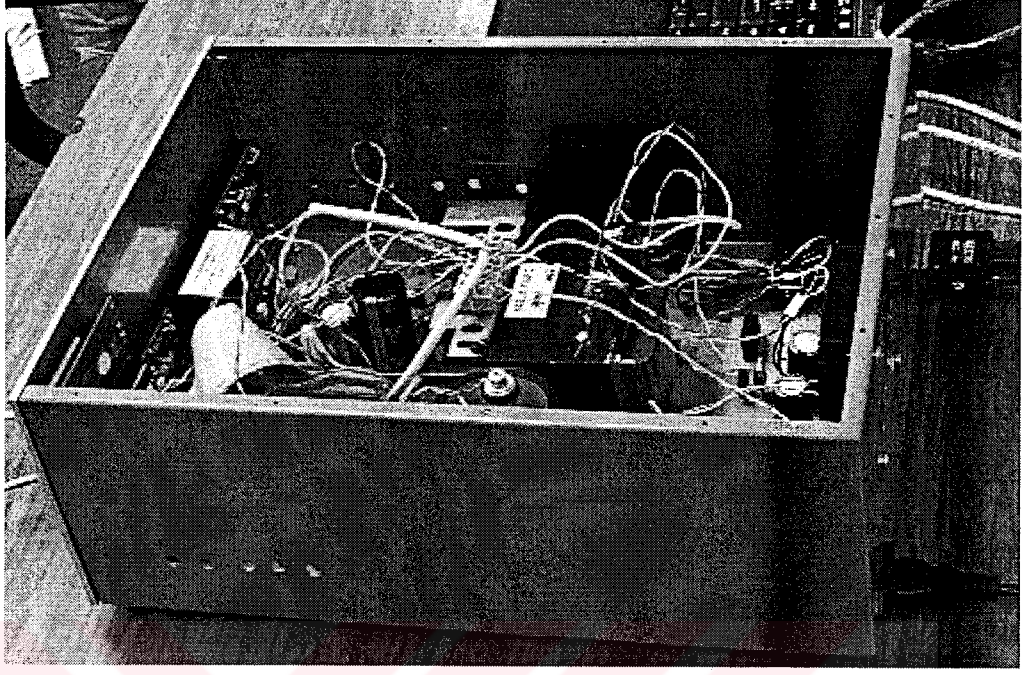


Resim 4.1. Yumurtalık İskelesi'nde varyaklı bir TR ünitesi

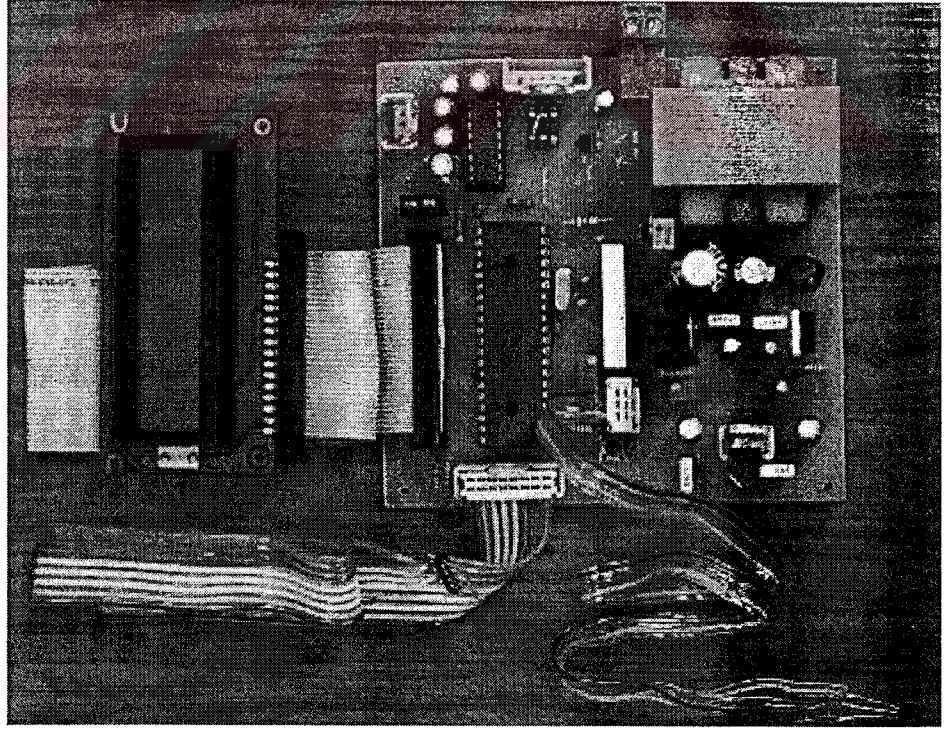
Tasarım ve yapımı gerçekleştirilen cihaz, esas itibariyle donanım ve yazılım olmak üzere iki kısımdan meydana gelmektedir (Resim 4.2.). Donanım kısmı “besleme devresi”, “kontrol devresi”, “güç çıkış devresi” ve “giriş/çıkış devresi” olmak üzere dört temel ünitelerden oluşmaktadır. Yapımı gerçekleştirilen TR ünitesinin açık hali Resim 4.3. ile ünite içindeki kontrol ve güç katları sırasıyla Resim 4.4. ve Resim 4.5. ile verilmektedir. Yazılım kısmı arayüz programı (Ek10) ve PIC programı (Ek11) olarak iki kısımda incelenebilir.



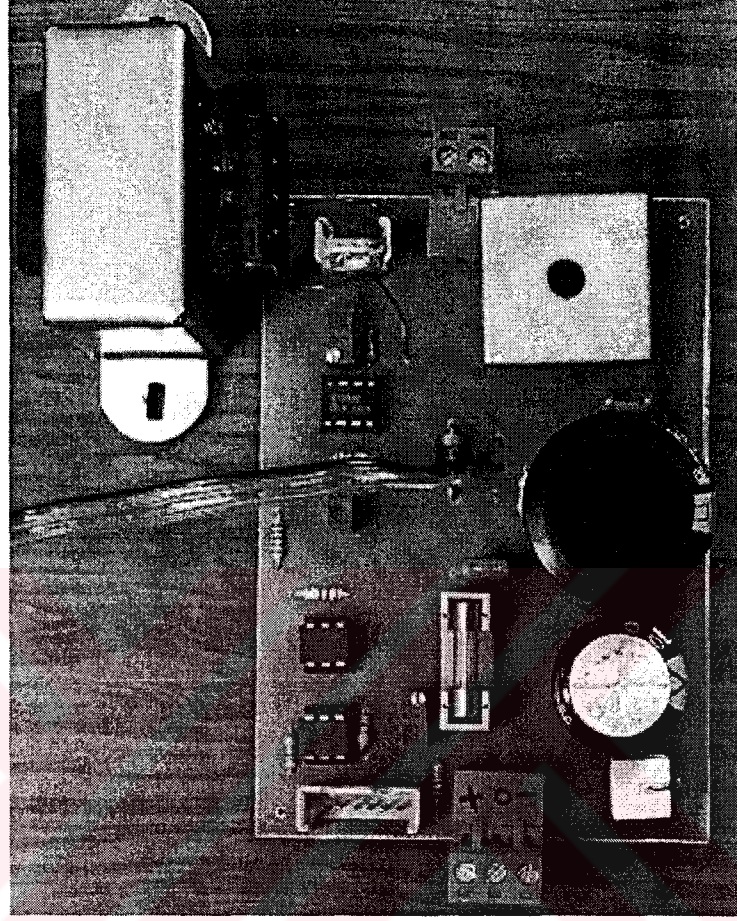
Resim 4.2. Yapımı gerçekleştirilen uzak uç birimin (UUB) bir resmi



Resim 4.3. Yapımı gerçekleştirilen TR ünitesinin açık halinin bir resmi.



Resim 4.4. Yapımı gerçekleştirilen TR ünitesi kontrol katının bir resmi.



Resim 4.5. Yapımı gerçekleştirilen TR ünitesi güç katının bir resmi.

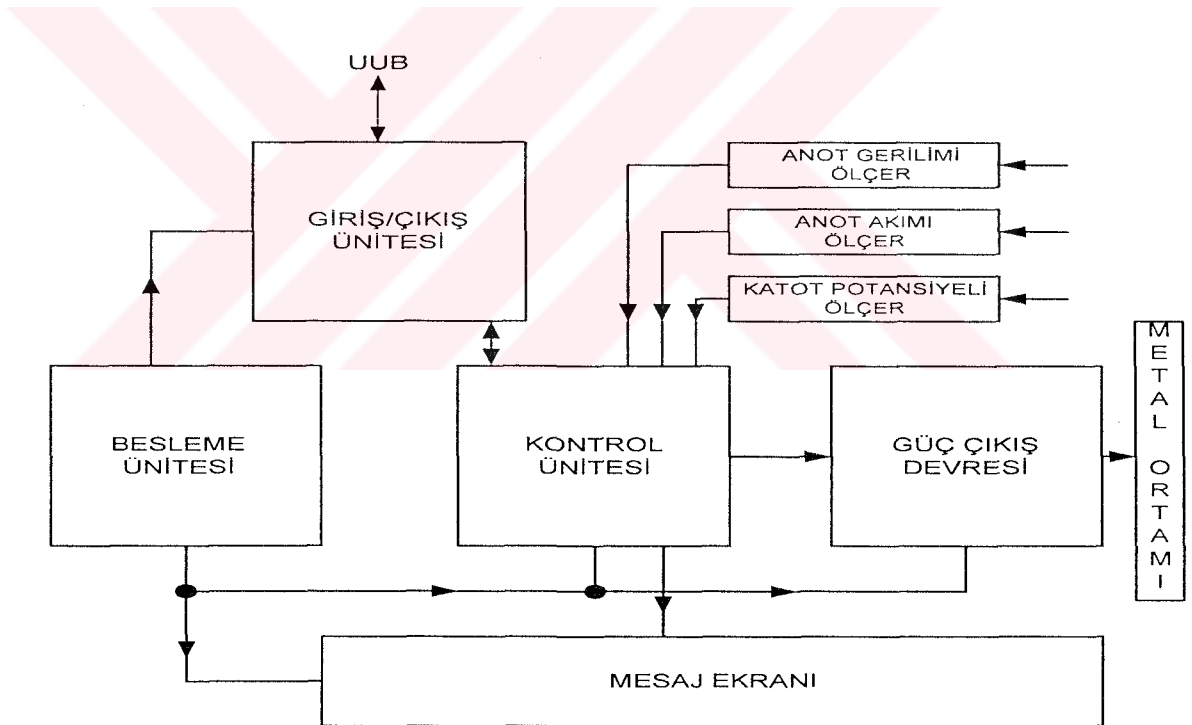
Besleme ünitesi bilinen standart devre elemanlarının kullanıldığı 15 V, 12 V, 9 V 5 V ve -5 V olmak üzere toplam beş regüle güç kaynağı ve bir 60 V güç kaynağından oluşmaktadır.

Kontrol devresi; temelini PIC 16F877 mikro denetleyicisinin oluşturduğu, diğer ünitelerin denetlendiği bir ünedir. Ayrıca bu devre güç çıkış devresi için referans akımı karşılaştırarak uygun PWM (Pulse Width Modulation) dalga genişlik modülasyonu dalgasını oluşturur ve oluşan mesajların ekranda görüntülenmesini sağlar.

Metal ortamı korozyondan korumak için trafo/redresör ünitelerinde anot yataklarına verilen gerilim, güç çıkış devresi ünitesinde üretilir. Bunun için bir IGBT sürücü devresi ve çıkıştaki dalgalı gerilimi regüle etmek üzere bir entegral alıcı devreden (Buck Converter) oluşan devre tasarlanmıştır.

Giriş/çıkış devresi; trafo/redresör ünitesindeki tüm verilerin AKM'ne iletilmesi ve AKM'den gelen verilerin ve komutların işlenerek UUB'e iletilmesi bu ünite tarafından gerçekleştirilir.

Cihazın elektronik devresine ilişkin komple blok diyagram şekil 4.1. de görülmektedir. Üniteler ayrı ayrı aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 4.1. Devrenin blok şeması

4.1. Besleme Ünitesi

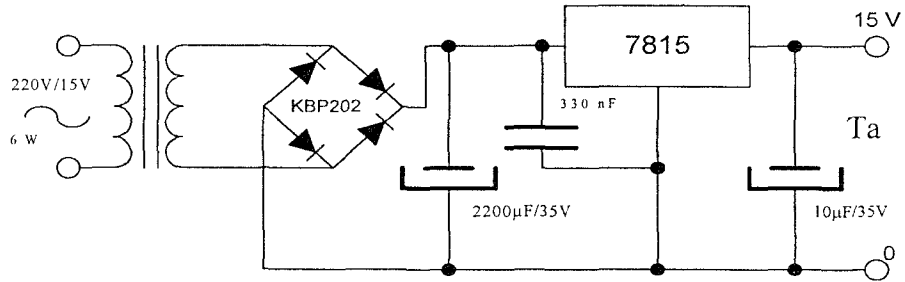
Yukarıda da sözü edildiği gibi bu ünite 15 V, 12 V, 9 V ve 5V ve -5 Voltluk regüle güç kaynaklarından ve 60 V güç kaynağından oluşmaktadır.

15 voltluk güç kaynağı IGBT besleme katı için 12 V, 9 V ekranları beslemek için -5 Volt referans gerilimi üretmek için kullanılmakta, 5 Voltluk kaynak devrenin geri kalan kısmının besleme gerilimi için kullanılmaktadır.

4.1.1. 15 Voltluk regüle güç kaynağı,

Uygulama devresi şekil 4.2. de görülen güç kaynağında pozitif gerilim regülatörü olarak 7815 elemanı kullanılmıştır. Bu eleman için gerekli DC ön gerilim 15 voltluk transformatör, bir KBP202 köprü diyot ve 2200 mf/35V 'luk şarj kondansatörü ile oluşturulan doğrultucu tarafından sağlanmaktadır.

Yapımcı firmanın 78XX serisi gerilim regülatörlerine ilişkin önerileri dikkate alınarak, şebeke geriliminde oluşabilecek parazitik etkilerin elimine edilmesi bakımından regülatör girişi 330 nF'lık, çıkışı ise 10 μ F/35 V'luk bir tantal elektrolitik kondansatörle şöntlenmiş ve 330nF'lık kondansatörün regülatör terminallerine mümkün olabildiğince yakın kuple edilmesine özen gösterilmiştir.



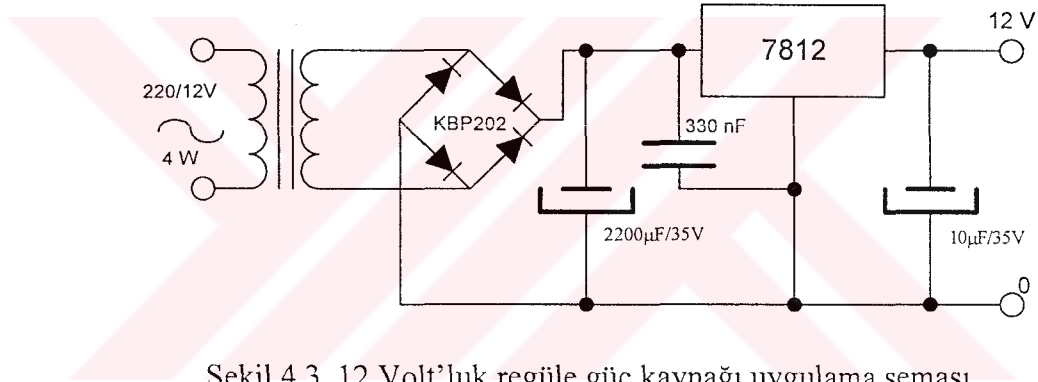
Şekil 4.2. 15 Volt'luk regüle güç kaynağı uygulama şeması

Diğer taraftan, 15 V 'luk (RMS) trafo çıkışının tam dalga doğrultularak şarj kondansatörü üzerinde oluşturacağı DC. Gerilim seviyesi yaklaşık 20 V olacağından

78XX serisinde regülasyon için öngörülen +3 V'luk gerilim payı da sağlanmış olmaktadır. Ayrıca şarj kondansatörünün anma gerilimi 35 V gibi yüksek bir değer seçilerek emniyet payı da öngörülmüştür.

4.1.2. 12 Voltluk regüle güç kaynağı

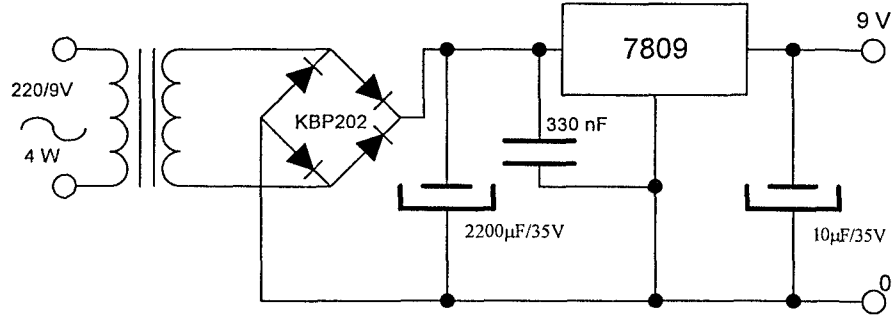
Şekil 4.2.'de incelenmiş olan kaynağın benzeri olan bu kaynağa ilişkin uygulama şeması Şekil 4.3.'de verilmiştir. Görüldüğü gibi iki devre arasındaki fark, 7815 in yerini doğal olarak, 12 voltluk pozitif gerilim regülatörü 7812'nin almış olması ile buna bağlı olarak gerekli DC öngeriliminin 15 V yerine 12 Voltluk bir transformatör ile sağlanmış olmasıdır.



Şekil 4.3. 12 Volt'luk regüle güç kaynağı uygulama şeması

4.1.3. 9 Voltluk regüle güç kaynağı

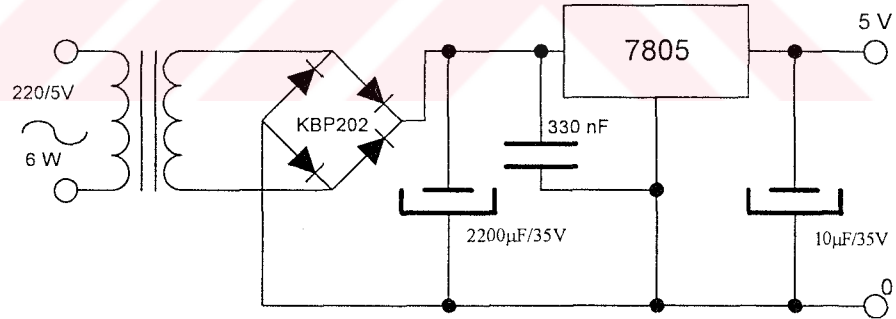
Şekil 4.2.'de incelenmiş olan kaynağın benzeri olan bu kaynağa ilişkin uygulama şeması Şekil 4.4.'de verilmiştir. Görüldüğü gibi iki devre arasındaki fark, bu defa 7815 in yerini doğal olarak, 9 voltluk pozitif gerilim regülatörü 7809'un almış olması ile buna bağlı olarak gerekli DC öngeriliminin 15 V yerine 9 Voltluk bir transformatör ile sağlanmış olmasıdır.



Şekil 4.4. 9 Volt'luk regüle güç kaynağı uygulama şeması

4.1.3. 5 Voltluk regüle güç kaynağı

Şekil 4.2'de incelenmiş olan kaynağın benzeri olan bu kaynağa ilişkin uygulama şeması Şekil 4.5'de verilmiştir. Görüldüğü gibi iki devre arasındaki fark, bu defa 7815'in yerini doğal olarak, 5 voltluk pozitif gerilim regülatörü 7805'in almış olması ile buna bağlı olarak gerekli DC öngeriliminin 15 V yerine 5 Voltluk bir transformatör ile sağlanmış olmasıdır.

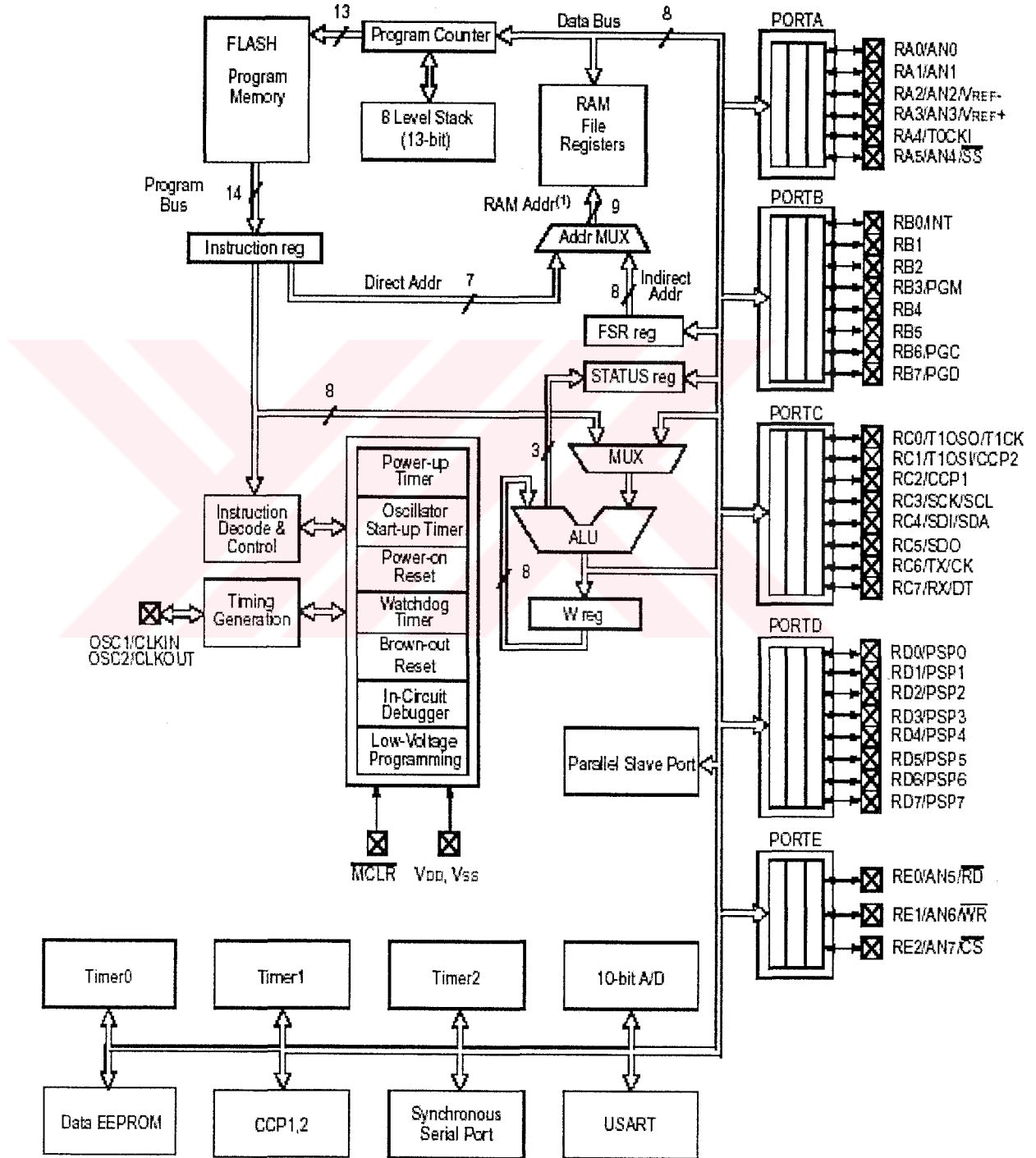


Şekil 4.5. 5 Volt'luk regüle güç kaynağı uygulama şeması

4.2. Kontrol Ünitesi

Kontrol ünitesinin temel elemanı PIC16F877 mikrodenetleyicidir. PIC16F877, dünyada kullanıma sunulmasıyla eş zamanlı olarak Türkiye'de de kullanımına sunuldu. PIC16F877, belkide en popüler PIC işlemci olan PIC16F84'ten sonra kullanıcılara yeni ve gelişmiş olanaklar sunmasıyla hemen göze çarpmaktadır.

Program belleği FLASH ROM olan F877'de yüklenen program elektriksel olarak silinip yeniden yüklenebilmektedir. Şekil 4.6'da F877'nin blok diyagramı görülmektedir (49,50).



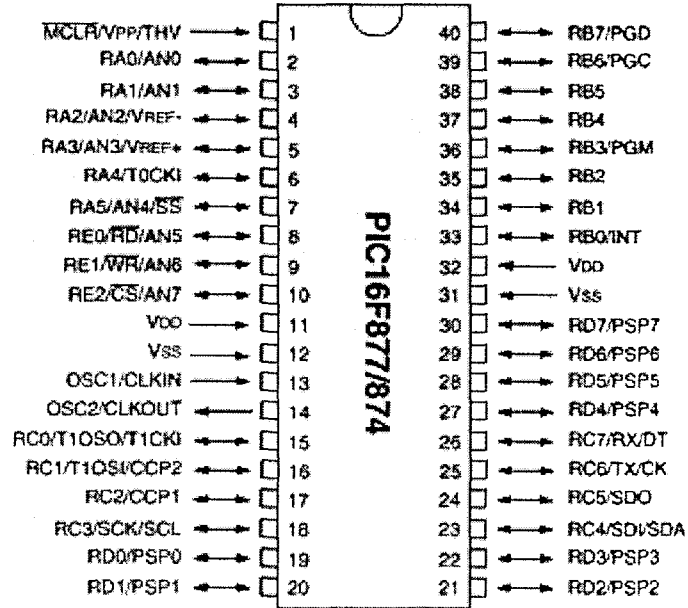
Şekil 4.6. PIC 16F877 mikrodnetleyicisinin blok diyagramı

Aşağıdaki çizelgede PIC16F877'nin bazı özellikleri yer almaktadır.

Çizelge 4.1. PIC16F877'nin özellikleri

Özellikler	PIC16F877
Çalışma Hızı	DC-20MHZ
Program Belleği	8Kx14 word Flash ROM
EEPROM Veri Belleği	256 Byte
Kullanıcı RAM	368x8 byte
Giriş Çıkış Port Sayısı	33
Timer	Timer0,Timer1,Timer2
A/D çevirici	8 Kanal 10 bit
Capture/Comp./PWM	16 bit Capture 16 bit Compare 10 bit PWM çözünürlük
Seri çevresel arayüz	SPI(Master)veI2C(Master/Slave)modunda SPI portu(senkron seri port)
Paralel slave port	8 bit harici RD,WR ve CS kontrolü
USART/SCI	9 bit adresli

Özellikle 16C6x ve 16C7x ailesinin tüm özelliklerini barındırması, 16F877'yi kod geliştirmede de ideal bir çözüm olarak gündeme getirmektedir. Şekil 4.7'de PIC16F877'nin bacak bağlantıları görülmektedir.



Şekil 4.7. PIC 16F877'nin bacak bağlantıları

4.2.1. PIC16F877'nin portları ve işlevleri

Aşağıda sırasıyla PIC16F877'nin portları ve işlevleri incelenmektedir.

PORTA: Her bir biti bağımsız olarak giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 6 bit genişliğindedir. RA0, RA1, RA2, RA3 ve RA5 bitleri analog/sayısal çevirici olarak konfigüre edilebilmektedir. Buna ek olarak RA2 ve RA3 gerilim referansı olarak da konfigüre edilebilmektedir (bu durumda bu bitler aynı anda A/D çevirici olarak kullanılamazlar).

PORTB: Her bir biti bağımsız olarak sayısal giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 8 bit genişliğindedir. B portunun her bacağı dahili bir dirençle VDD'ye bağlıdır (weak pull-up). Bu özellik varsayılan olarak etkin değildir. Ancak OPTION yazmacının 7. bitini 0 yaparak B portunun bu özelliğini etkinleştirebilirsiniz. RB4-RB7 bacakları aynı zamanda bacakların sayısal durumlarında bir değişiklik olduğunda INTCON yazmacının 0. biti olan RBIF bayrağını 1 yaparak kesme oluştururlar. Bu özellik, işlemci SLEEP konumundayken,

devreye bağılı tuş takımının her hangi bir tuşuna basıldığında işlemcinin yeniden etkinleşmesi için kullanılabilir. Bütün bunların yanı sıra RB6 ve RB7 yüksek gerilim programlama, RB3 ise düşük gerilim programlama modlarında da kullanılmaktadır. İlgili yazmaçlar ve adresleri aşağıdaki gibidir.

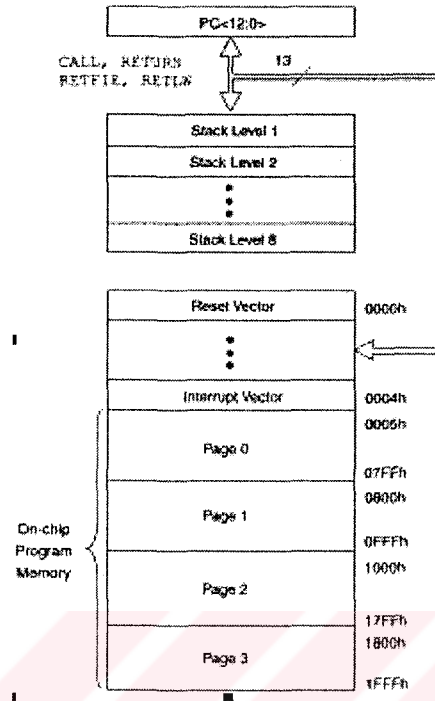
PORTC: Her bir biti bağımsız olarak sayısal giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 8 bit genişliğindedir. SPI, USART, Capture/Compare ve PWM gibi özel fonksiyonlar, ilgili yazmaçların ayarlanmasıyla bu porttan yürütülmektedir. İlgili yazmaçlar ve adresleri aşağıdaki gibidir.

PORTD: Her bir biti bağımsız olarak sayısal giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 8 bit genişliğindedir. Bütün port bacakları Schmitt Trigger girişlidir. TRISE yazmacının 4.biti olan PSPMODE bitini 1 yaparak “parallel slave mode” da kullanılabilir. Bu fonksiyon aracılığıyla 8 bit genişliğindeki her hangi bir mikroişlemci bus’ına bağlanabilir.

PORTE: Her bir biti bağımsız olarak giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 3 bit genişliğindedir. RE0, RE1 ve RE2 bacaklarında Schmitt Trigger giriş tamponları vardır. Her bir bacak analog/sayısal çevirici olarak konfigüre edilebilmektedir. Eğer PORTD parallel slave port olarak konfigüre edilirse, RE0, RE1 ve RE2 bacakları PORTD’nin bağlandığı mikroişlemci bus’ında sırasıyla READ, WRITE ve CHIP-SELECT kontrol girişleri olarak kullanılır. Bunun için TRISE uygun biçimde ayarlanmalıdır.

4.2.2. PIC 16F877’nin program ve kullanıcı RAM bellek organizasyonu

PIC16F877’de üç bellek bloğu bulunmaktadır. (Şekil 4.8). Program ve kullanıcı veri belleği ayrı bus yapısına sahiptir ve aynı anda erişilebilir. F877’de 13 bitlik bir program sayacı vardır ve 8Kx14 kelime adreslemeye yeterlidir. Reset vektörü 0x00’da kesme vektörü ise 0x04’de yer almaktadır.



Şekil 4.8. PIC 16F877'nin bellek haritası

Kullanıcı veri belleği birden fazla yazmaç bankasına bölünmüştür. Bu yazmaç bankalarında hem genel amaçlı yazmaçlar hem de özel fonksiyon yazmaçları (SFR) bulunmaktadır. Yazmaç bankasını seçmek için STATUS yazmacındaki RP1 ve RP0 bitleri kullanılmaktadır.

4.2.3. PIC 16F877'nin özel fonksiyonları

Parallel Slave Port: TRISE yazmacının PSPMODE biti 1 yapıldığında PORTD 8 bit genişliğinde mikroişlemci portu olarak kullanılabilir. Bu arada RE0, RE1 ve RE2'yi TRISE ve ADCON1 yazmaçlarında ilgili ayarları yaparak sayısal giriş olarak da tanımlamak gerekir. Böylece harici bir mikro işlemci, RE0, RE1 ve RE2'yi kontrol olarak kullanarak, 8 bitlik veri bus'ına bağlı 16F877'nin PORTD'sine hem veri yazabilir hem de okuyabilir.

USART: USART, yani senkron/asenkron alıcı-verici F877'deki iki seri giriş/çıkış modülünden biridir. Seri iletişim arayüzü (SCI: serial comm.interface) olarak da bilinen USART, monitör veya PC gibi aygıtlara tam çift yönlü asenkron bağlantıda kullanılmak üzere konfigüre edilebilmektedir. A/D veya D/A arayüzlerine, seri EEPROM'lara yarım çift yönlü senkron bağlantıda kullanılmak üzere de konfigüre edilebilir.

Master Synchronous Serial Port (MSSP): MSSP modülü, diğer çevre birimleri veya mikroişlemcilerle seri iletişimde kullanılmaktadır. Bu çevre birimleri seri EEPROM, kaydırmalı yazmaçlar (shift register), gösterge sürücüleri, A/D çeviriciler vb. olabilir. MSSP modülü aynı anda aşağıdaki iki moddan birine konfigüre edilebilir:

Capture/Compare ve PWM Modülü: Her capture/compare ve pwm modülü; 16 bitlik karşılaştırma (compare) yazmacı veya 16 bitlik PWM (darbe genişlik modülasyonu) yazmacı olarak kullanılabilir.

PWM modunda RC2/CCP1 bacağı 10 bit çözünürlükte darbe genişlik modülasyonlu bir sinyal üretecek şekilde konfigüre edilebilir. PR2 yazmacı darbe genişlik periyodunun tayininde kullanılmaktadır.

4.3. Güç Ünitesi

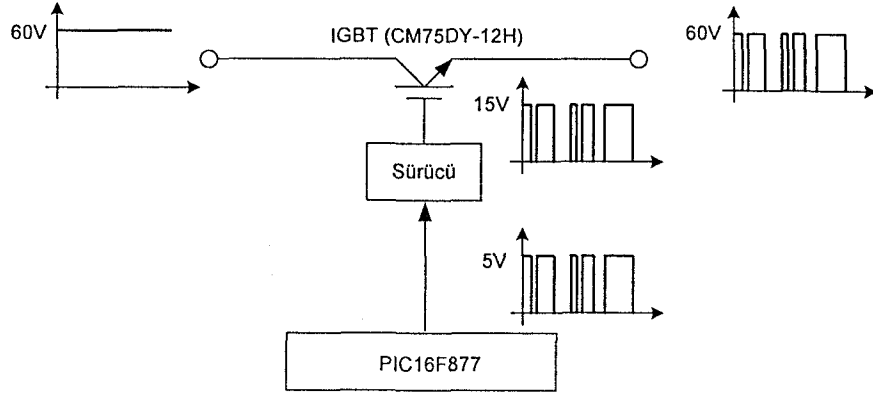
Güç ünitesi esas itibarıyla üç kısımdan meydana gelmektedir. Bunlar sırasıyla;

4.3.1. IGBT sürücü devresi

PIC16F877'nin Capture/Compare ve PWM Modülü boru zemin gerilimi ile istenen referans gerilimi karşılaştırarak uygun denetim işaretini üretir. Bu denetim işareti çıkış gerilimini artırmak veya azaltmak şeklinde olmaktadır. PIC16F877 denetim sinyalini

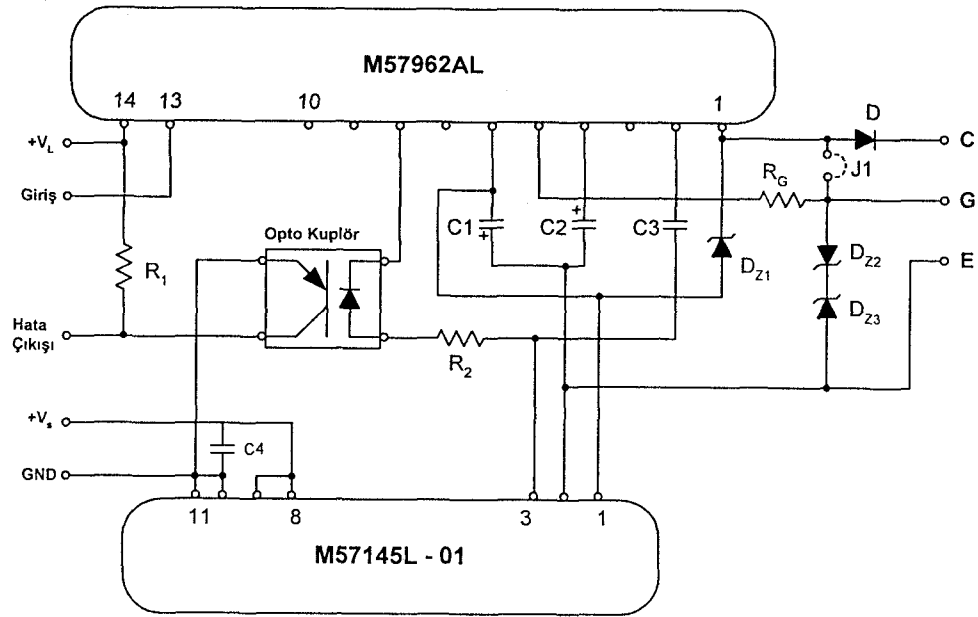
PWM işaretinin görev zamanını (duty cycle) değiştirerek IGBT sürücü devresine aktarır. IGBT sürücü devresi bir sonraki periyot için IGBT'yi yeni belirlenen süre

kadar açık ve kapalı tutar (51). Böylece Şekil 4.9'deki giriş ve çıkış sinyalleri elde edilir.



Şekil 4.9. Denetleyici devresi giriş ve çıkış sinyalleri

IGBT sürücü devresinde Mitsubishi Firması'nın ürettiği M57962AL hibrit IGBT modülü sürücüsü entegre devresi ve M57145L-01 DC den DC ye çeviren, hibrit güç kaynağı kapı sürücü entegre devresi kullanılmıştır. Burada entegre devrelerden M57962AL; n-kanal, kapı amplifikasyonlu, IGBT sürmek üzere tasarlanmış hibrit bir entegre devredir. Bu entegre devrede giriş ve çıkış izolasyonu amacıyla optokuplör kullanılmıştır. Bizim için önemli olan bir özelliği de -20°C $+60^{\circ}\text{C}$ 'de çalışabilmesi ve hata durumunda bir akım (20 mA) üretmesidir (48,52). M57145L-01 IGBT'li izole edilmiş güç kaynaklarında IGBT kapısını sürmek üzere tasarlanmış DC den DC ye çeviren bir hibrit entegre devredir. Entegre devrede giriş ve çıkış gürültüsü yalıtımı, aşırı akım koruması yanında -20°C $+85^{\circ}\text{C}$ 'de çalışabilme özellikleri vardır (53,54). Sürücü devre herhangi bir hata durumunda kendisini koruyarak hata çıkışı üretir (51). Tasarlanan ve yapılan IGBT sürücü devresi Şekil 4.10.'da görülmektedir.



Şekil 4.10. IGBT Sürücü devresi uygulama şeması

4.3.2. IGBT devresi

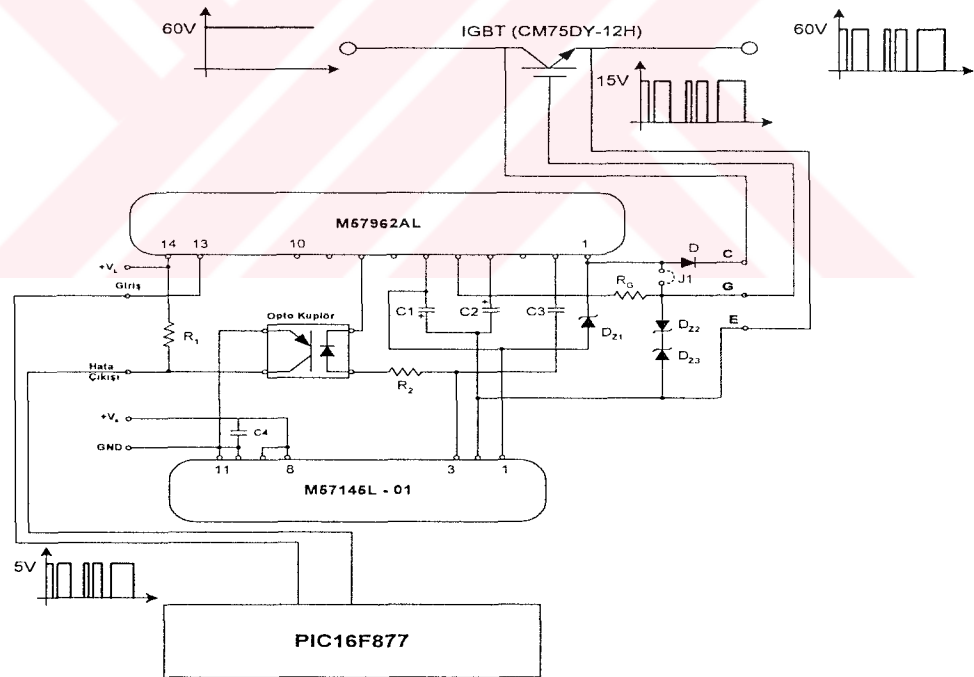
PWM işaretinin görev zamanı (duty cycle) değiştirilerek IGBT sürücü devresine aktarılması sonucu IGBT sürücü devresinde üretilen bir sonraki periyot için IGBT'yi açık ve kapalı tutma pwm sinyali IGBT elemanına uygulanır. Böylece Şekil 4.11'deki devre elde edilir. Devrenin çıkışında giriş pwm sinyaline bağlı dolayısıyla çıkışta istenilen gerilimin elde edilebileceği pwm ile aynı izde bir gerilim oluşur.

Devrede IGBT elemanı olarak CM75DY-12H transistörü kullanılmıştır. CM75DY-12H IGBT transistörünün normal şartlarda maksimum değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. CM75DY-12H Elemanına ait karakteristik değerler, $T_{\text{çalışma}} = 25^{\circ}\text{C}$

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Çalışma sıcaklığı	T_j	-40 +150	$^{\circ}\text{C}$
Depolama sıcaklığı	T_{stg}	-40 +125	$^{\circ}\text{C}$
Kollektör-Emiter Voltajı (G-E Kısa devre edilmiş)	V_{CE}	600	Volt
Kapı Emiter Voltajı (C-E Kısa devre edilmiş)	V_{GE}	20	Volt
Kollektör Akımı	I_C	75	Amper
Peak kollektor Akımı	I_{CM}	150	Amper
Emiter Akımı	I_E	75	Amper
Peak Emiter Akımı	I_{EM}	150	Amper
Maksimum Kollektör Güç Sarfıyatı ($T_C = 25^{\circ}\text{C}$, $T_j 150^{\circ}\text{C}$)	P_c	310	Watt

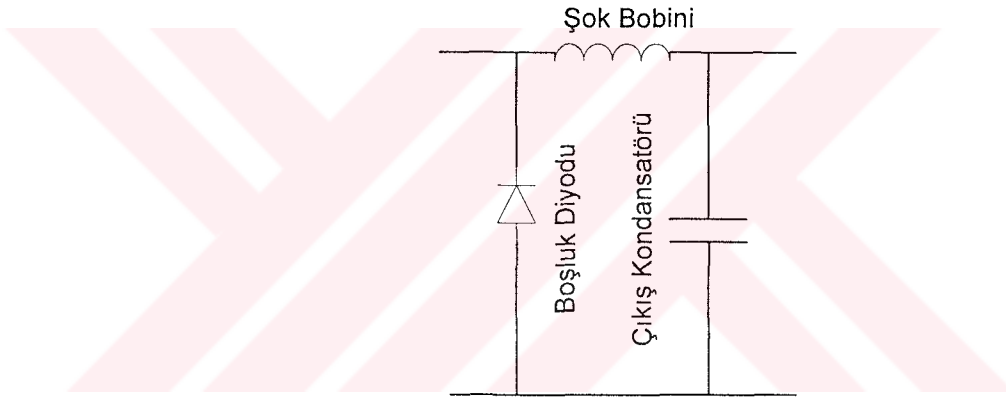
Devrenin uygulama şeması Şekil 4.11. da görülmektedir.



Şekil 4.11. Komple IGBT devresi uygulama şeması

4.3.3. Step-Down regülatör devresi

Denetleyici devre tarafından 20 KHz’de kıyılarak oluşturulan PWM sinyalinin kullanılabilmesi için analog sinyale dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem için step-down regülatör (Buck Converter) kullanılmıştır. Bu regülatör bir şok bobini, bir kondansatör ve bunların deşarjı için gereken ters besleme diyotundan oluşmaktadır. Step-down regülatörü, denetleme devresi çıkışındaki PWM sinyalini DC besleme akımına çevirerek anot-katot devresine uygulanacak hale getirir (54). Şekil 4.12.’de step-down regülatör devresi görülmektedir.



Şekil 4.12. Step-down regülatör devresi

4.4. Mesaj Ekranı, Tuş Takımı ve LCD Göstergeler

Kullanıcı arayüzünde, gece ve gündüz rahat okunabilen, geniş görüş açılı, aydınlatmalı, “dot matrix alfanümerik iki satır LCD” ve yine kullanımı rahat, toz ve neme karşı dayanıklı bir tuş takımı kullanılmıştır.

TR ünitesinin referans gerilim girişi bir tuş takımı kullanılarak belirlenmektedir. Tuş takımı artırma, azaltma ve girilen değeri aktif hale getirmek üzere üç tuşa sahiptir. Bu sırada oluşan değerler “anot gerilim ölçer”, “anot akımı ölçer” ve “boru-zemin (katot) potansiyeli ölçer” LCD ekranlarında görüntülenir. Mesaj ekranı ise yine bir LCD göstergedir. Bu LCD gösterge mikrodenetleyici tarafından herhangi bir arıza

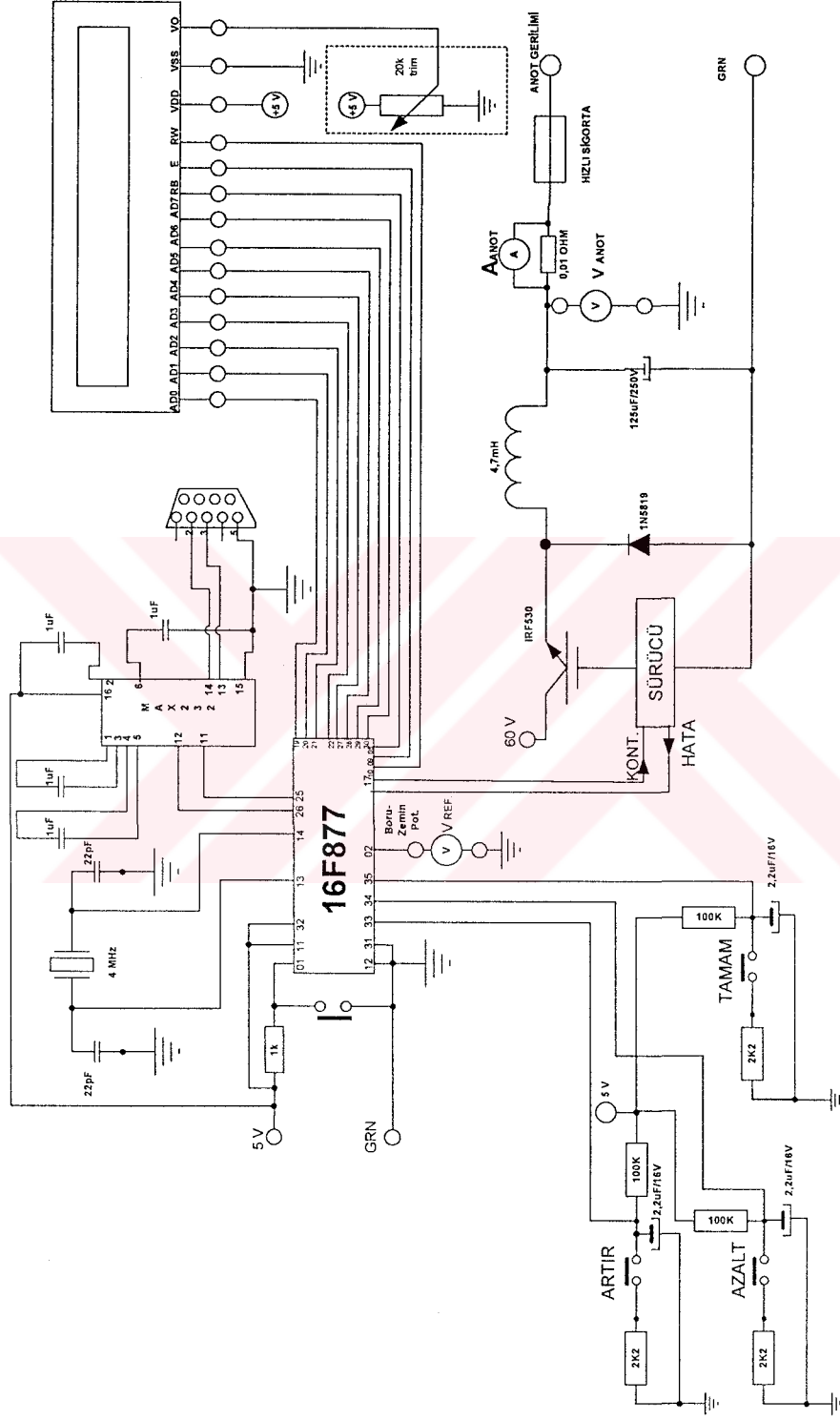
durumunda oluşturulan hata mesajını görüntülemek için kullanılır. Hata olmadığı zamanlarda ise ekranında “Sistem OK” yazısı görüntülenmektedir.

4.5. Giriş-Çıkış Ünitesi

Giriş-çıkış ünitesi TR ünitesi ile bilgisayar arasındaki iki yönlü veri iletişimini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu amaçla MAX232 (RS232) entegresi kullanılmıştır. Bu port bilgisayar ile mikrodnetleyici arasında veri iletişimini kontrol etmektedir. MAX232 seri portu doğrudan bilgisayara bağlandığında veri iletişimi 15m mesafeye kadar iyi bir şekilde yapılabilmektedir (55,56). Daha uzak mesafeler için RS232 tekrarlayıcı (repeater) üniteleri kullanılmaktadır. Çok uzun mesafelerde ise bilgisayarın seri portuna takılan radyo modemler kullanılarak veri iletişimi yapılmaktadır. Şehirlerarası veya ülkelerarası mesafelerde ise internet, radyo modem, uydu veya GSM (Global System for Mobile) modemler kullanılarak SCADA sistemleriyle veri iletişimi yapılmaktadır

4.6. Uygulama Devresi

Bu tezde, PWM (Pulse Width Modulation) ve kapalı döngü denetimi ile çalışan bir TR ünitesi yapılmış ve bilgisayarla iletişimi gerçekleştirilmiştir. Anahtarlama elemanı olarak IGBT ve denetleyici olarak PIC16F877 mikrodnetleyici kullanılmıştır. TR ünitesi bilgisayarla seri port aracılığıyla veri alışverişi yapabilmektedir. Ayrıca bilgisayar kullanılarak referans gerilim girişi belirlenebilmektedir. Veri iletişimi için RS232 seri port kullanılmıştır. Bu uygulamada yapılan TR ünitesinin çalışması laboratuvar ortamında incelenmiştir. Bu çalışmada tasarlanan ve uygulaması yapılan sistemin komple şeması Şekil 4.13.’de görülmektedir.



Şekil 4.13. Bilgisayar kontrollü TR ünitesi

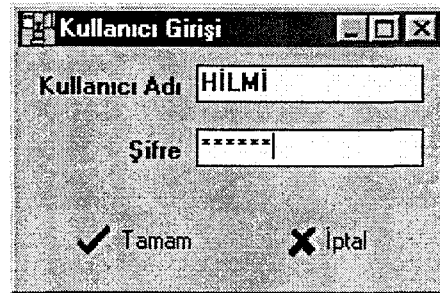
Uygulama devresi anot yatağı için maksimum 60V gerilim beslemesi yapmaktadır. Referans elektrot ile okunan gerilim seviyesinin 0,850V-1,2V aralığındaki değişimine uygun olarak anot yatağına uygulanan gerilim seviyesi ayarlanmaktadır (36). Dış akım kaynaklı katodik koruma sisteminde iyi bir koruma sağlamak için anot yatağına uygulanması gereken gerilim seviyesi çalışılan ortamın özelliklerine bağlıdır. Herhangi bir ortamda anot yatağına 60V uygulanması durumunda bile referans elektrottan, istenen referans gerilimden daha düşük değer elde edilirse uygulama devresinin maksimum gerilim seviyesinin artırılması gerekir.

4.7. Yazılım

TR ünitesinin bilgisayarla kontrolü için bir program tasarlanmış ve yapılmıştır. Bu program esas itibarı ile arayüz programı ve PIC programı olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Arayüz programı Windows ortamında Delphi Programlama Dili (Ek11) ile hazırlanmıştır ve akış şeması Şekil 4.17'deki gibidir. Tasarlanan ve yapılan program üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla “Kullanıcı Girişi”, “TR İzleme ” ve “TR Ayar” kısımlarıdır. Bu işlemlerin sonuçlarını izlemek üzere “Kullanıcı Girişi” ekranı, “TR İzleme” ekranı ve “TR Ayar Ekranı” arayüzleri tasarlanmıştır. PIC programı Asembler alt düzey dilinde yazılmıştır ve Ek12’de verilmiştir.

4.7.1. Kullanıcı girişi

Bu kısımda, sistem yöneticisi ve kullanıcı olarak iki çeşit kullanıcı girişi vardır. Kullanıcılar kullanıcı ismini ve şifresini yazarak sisteme girerler. Bu tür kullanıcılar sadece izleme yapabilirler. Eğer kullanıcı sistem yöneticisi ise sisteme girip izleme yapabildiği gibi gerekli gördüğünde müdahale de edebilir. Kişilerin kullanıcı veya sistem yöneticisi olarak tanınması veri tabanında belirlenerek sağlanmıştır. Kullanıcı giriş ekranı Şekil 4.14’de görülmektedir..



Şekil 4.14. Kullanıcı giriş ekranı

4.7.2. TR izleme

Bu kısma her iki kullanıcı da girebilir. Ancak kullanıcı yetkisizse sadece istasyonları izleyebilir. Bir acil durumda sistem yöneticisini uyarır. Eğer kullanıcı yetkili ise arızalı gördüğü istasyonu seçer “ayarla” düğmesine basarak TR ayar ekranına geçer. ve gerekli gördüğü düzeltmeleri yapabilir. TR izleme ekranı Şekil 4.15’de görülmektedir. Ekranda “referans potansiyel”, referans elektrot ile ölçülen “boru zemin potansiyeli”, “anot gerilimi” ve “anot akımı” değerlerine ait ifadeler ve istasyonun durumu görülmektedir.

TR İzleme Ekranı

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KAZALARIN ÇEVRESEL VE TEKNİK ARAŞTIRMASI A.B.D.

Arş.Gör. Hilmi IŞIK
(DOKTORA TEZİ)

KATODİK KORUMA TR ÜNİTELERİNDE MEYDANA GELEN KAZALAR VE ÜNLENMESİ

TR Adı	Referans Gerilim (V)	Anot Gerilimi (V)	Anot Akımı (A)	Durum
TR-01 (Viranşehir)	1,100	25,657	5,125	✓
TR-02 (Cizre)	1,100	26,500	12,562	⚠
TR-03 (Araban)	0,900	40,250	8,005	⚠
TR-04 (Ceyhan)	0,950	9,250	6,204	⊗
TR-05 (Silopi)	1,150	7,256	1,021	?

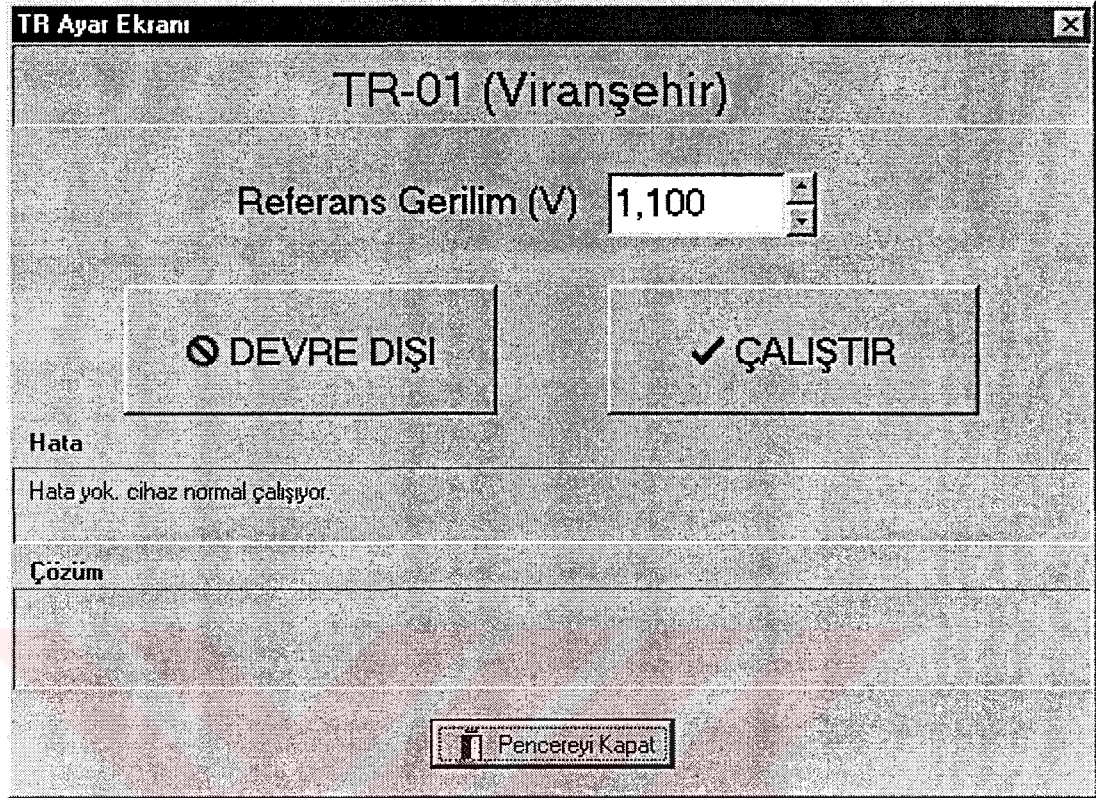
Ayarla

Kapat

Şekil 4.15. TR izleme ekranı

4.7.3. TR ayarı

Yetkili kişiler TR izleme ekranında bir istasyon seçip ayarla butonuna bastıklarında TR ayar ekranına geçebilirler. Burada referans gerilimi ayarlayarak “çalıştır” butonuna bastıklarında “katot gerilimi” buna bağlı olarak “boru zemin potansiyeli” değiştirilerek “referans gerilim”e eşitlenmeye çalışılır. Referans gerilimin ± 10 mV yakını doğru kabul edilir. TR ayar ekranı Şekil 4.16’de görülmektedir.

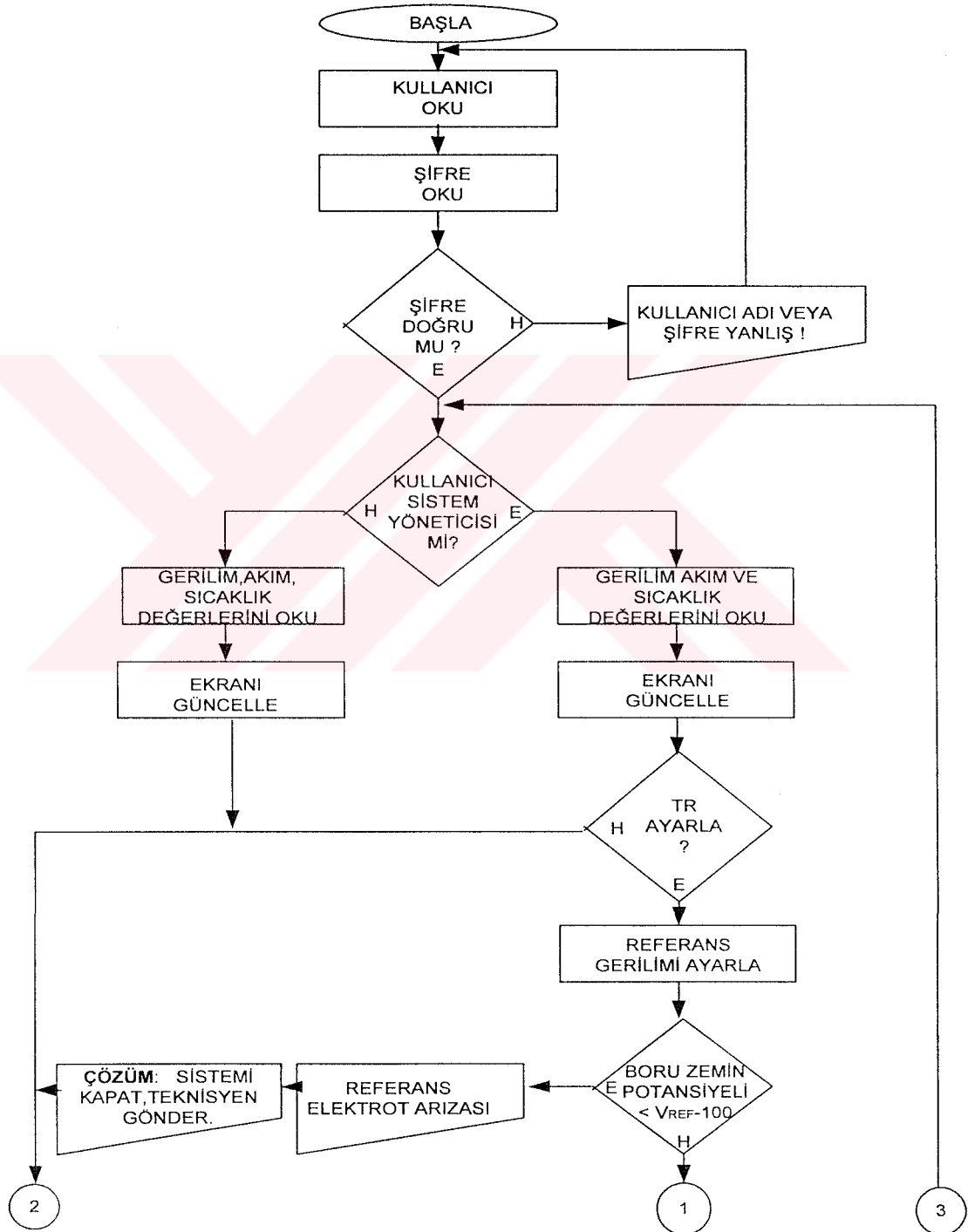


Şekil 4.16. TR ayar ekranı

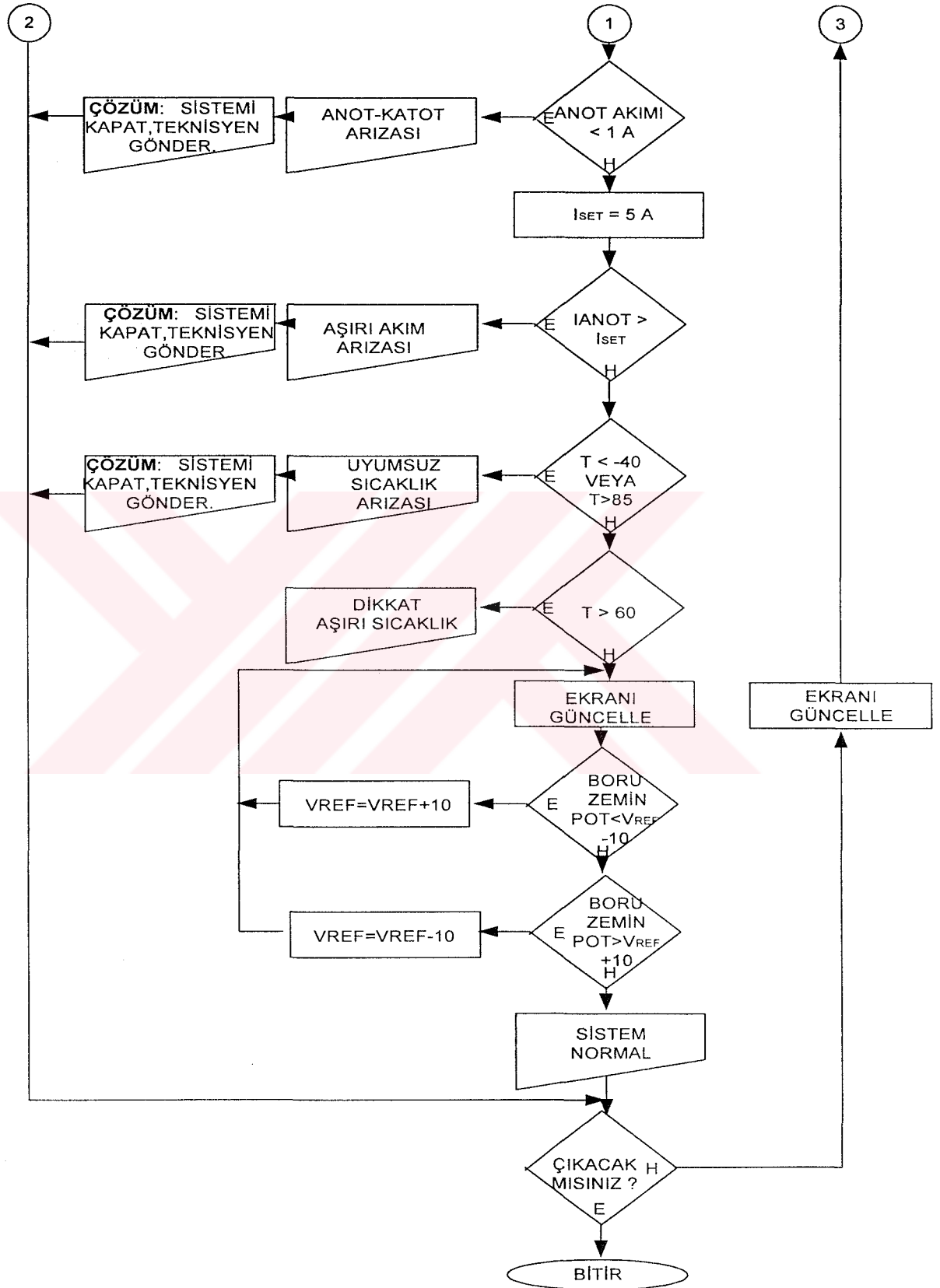
Katodik korumanın gerçekleşmesi için boru-zemin potansiyelinin $-0,8$ V, $-1,2$ V aralığında olması gerekmektedir (34). Referans giriş gerilimi belirlendikten sonra “ÇALIŞTIR” düğmesine basılarak seçilen değer aktif hale getirilmektedir. Referans gerilim ile referans elektrot kullanılarak ölçülen boru-zemin potansiyeli arasında 100 mV’dan daha fazla fark varsa sistem kendini kapatır ve hata mesajı üretir. Cihazda verilen bu referans potansiyel ile boru zemin potansiyeli karşılaştırılarak çıkış geriliminin kontrolü otomatik olarak sağlanmıştır. TR ünitesinin gerilim ve akım çıkışları gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte ve herhangi bir hata durumunda ekranda ilgili hata mesajı ve bunun çözümü görüntülenmektedir.

4.7.4. TR ünitesi arayüz programı akış şeması

Programın akış şeması Şekil 4.17.'de görülmektedir.



Şekil 4.17. Program akış şeması



Şekil 4.17. Program akış şeması “Devam”

Program kullanıcı tarafından kapatılıncaya kadar sürekli döngü halinde çalışmaktadır. Öncelikle çıkış gerilimi ve çıkış akımı değerleri okunmaktadır. Ardından istenen referans gerilim değeri okunmakta ve referans elektrot üzerinden okunan boru-zemin potansiyeli bu değere eşit (± 10 mV) olacak şekilde çıkış gerilimi ayarlanmaktadır. Bu işlemten sonra TR ünitesinde hata olup olmadığı belirlenmektedir. Eğer herhangi bir hata var ise ilgili hata mesajı bilgisayar ekranında ve cihaz ekranında görüntülenmektedir.

4.7.5. Arıza kodları ve çözümleri

Sistem, çalışma modu ve çalışma sırasında oluşan arızaların ne olduğunu kodlar aracılığıyla gösterir. TR ayar ekranının altında bulunan hatalar ve ne anlama geldikleri aşağıda gösterilmektedir.

4.7.5.1. Referans elektrot hatası

Referans elektrot ve katot arasında ölçülen potansiyelin, kullanıcı arayüzünden girilen değerden 100 mV sapması durumunda bu hata kodu, üretilir ve sistem kapatılır. Bu arızanın olası nedenleri aşağıda sıralanmıştır:

Referans elektrot kablosu bağlantı problemi

Katot kablosu (referans elektrot için) bağlantı problemi

Arızalı referans elektrodu

4.7.5.2. Anot-katot arızası

Sistemden çekilen akım 5 A'den daha küçükse ve referans elektrot potansiyeli kullanıcı arayüzünden ayarlanan değer 100 mV'luk tolerans aralığı dışında ise bu arıza kodu üretilir ve sistem kapatılır. Bu arızanın olası nedenleri aşağıda sıralanmıştır:

Anot-katot bağlantı problemi

Katot kablosu bağlantı problemi
 Çıkış sigortasının atması
 Giriş sigortasının atması
 Sisteme besleme geriliminin gelmemesi
 Ana trafo sigortasının kapalı olması
 Ana trafo şalterinin kapalı olması

4.7.5.3. Aşırı akım arızası

Sistemden çekilen akım, Iset ile ayarlanmış değerin üzerine çıkarsa sistem kapanır ve bu arıza kodunu üretir. Bu arızanın olası nedenleri aşağıda sıralanmıştır:

Sistem çıkışında bir kısa devre olabilir
 Aşırı yüklenme
 Sistemin kontrol kartı ile güç modülü arasında bir sorun var

4.7.5.4. Aşırı sıcaklık hatası

Sistemin içinde ölçülen sıcaklığın 85°C 'nin üzerinde olması durumunda bu hata mesajı üretilir. Normal çalışma koşullarında bu hata mesajının üretilmesi beklenmez. Ancak herhangi bir sebepten dolayı sistemin havalandırma tertibatı üzerindeki bir sorun bu hataya neden olabilir. Bu durumda mümkünse sistem merkezden kapatılır.

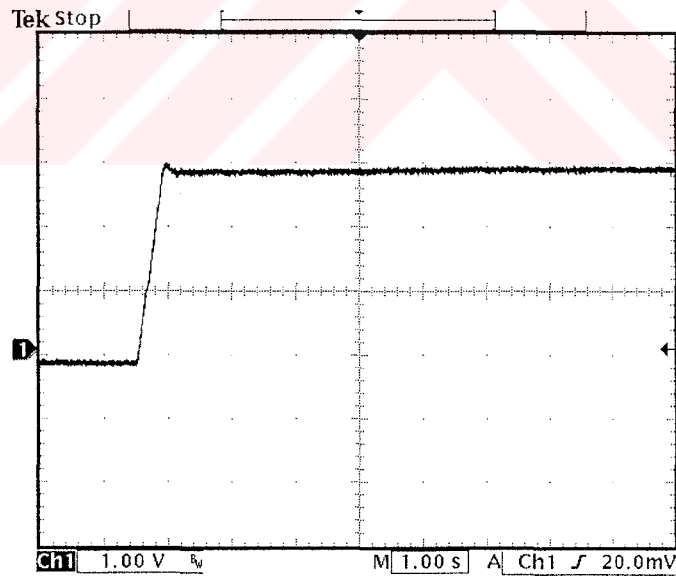
Ayrıca sistem aşağıdaki durumlarda da kapatılabilir.

1. İstasyon ekipmanının makul olmayan bir durumunun tespit edilmesi;
2. Süreç parametrelerinin belirlenen sınır değerlere ulaşması,
3. Kapatma düğmesine elle müdahale edilmesi durumlarında

Yukarıda anlatılan SCADA uyumlu trafo-redresör ünitesinin çalışmasını göstermek üzere aşağıdaki deney yapılmıştır. Bunun için TR ünitesine arazide karşılaşılabileceği gerçek durumlar dikkate alınarak yükler uygulanmış (5 Ohm'dan 200 Ohm'a kadar değişen dirençlerde boru-zemin potansiyellerine karşılık anot gerilimleri incelenmiştir.) ve yapılan cihazın bu durumlara cevabı incelenmiştir.

4.8. Deneysel Sonuçlar

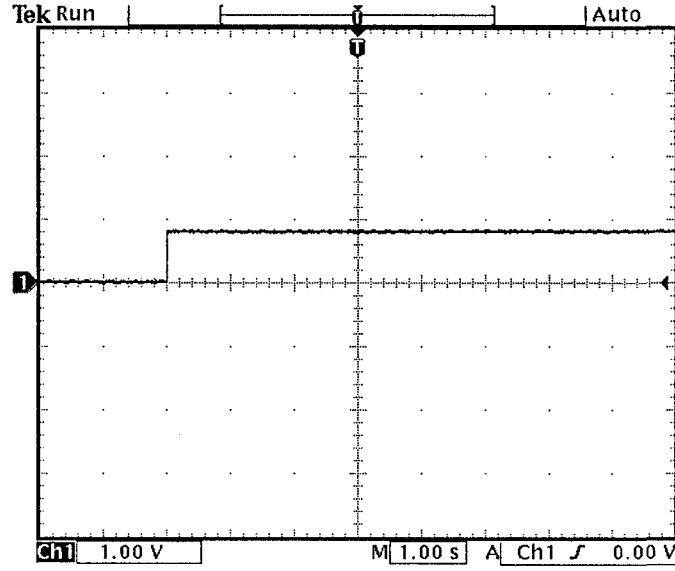
Deneysel sonuçlar çeşitli sabit yükler kullanılarak alınmıştır. Bu sabit yükler Botaş Irak-Yumurtalık, Yumurtalık-Kırıkkale hatlarında ölçülen toprak rezistivitelerinin en küçük (Ceyhan-Kırıkkale HPBH.(Ham Petrol Boru Hattı) 410 km Bala 5,75 Ohm-m) ve en büyük (Irak-Yumurtalık HPBH.151 km Anıttepe TR Ünitesi. 164 Ohm-m) olması durumuna göre seçilmiştir. Şekil 4.21 den görüldüğü gibi zemin rezistivitesinin büyük olduğu durumlarda TR ünitesinden çekilen güç küçük olacağı için daha yüksek rezistivitelere sorun olmayacaktır. Örnek olarak TR ünitesi besleme giriş gerilimi 60 V alınmış, 5Ω sabit yük altında iken mikrodnetleyici referans gerilimi katodik korumanın yapılabilmesi için gerekli olan -0,8 V –1,5 V arasında tutulmuştur. Şekil 4.18’de çıkış gerilimi, bilgisayardan girilen referans gerilime bağlı olarak 0 V ile başlamış ve 30 V olmuştur (Şekil 4.18).



Vert. 10 V / div
Horz. 1 s / div

Şekil 4.18. Çıkış gerilimi

Şekil 4.19’de ise çıkış akımının bilgisayardan girilen referans gerilime göre aldığı değer görülmektedir. Çıkış akımı, akım algılayıcı üzerinden 5A olarak ölçülmüştür.

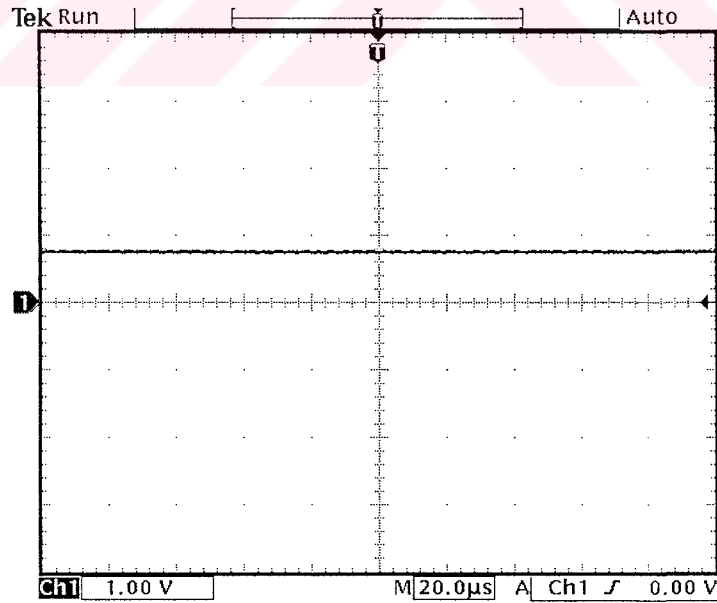


Vert. 6 A / div
Horz. 20 μ s / div

Şekil 4.19. Çıkış akımı

Mikrodenetleyiciye referans gerilim girişi 0,8 V olarak uygulanmıştır.

Şekil 4.20.'de referans gerilim girişi görülmektedir.

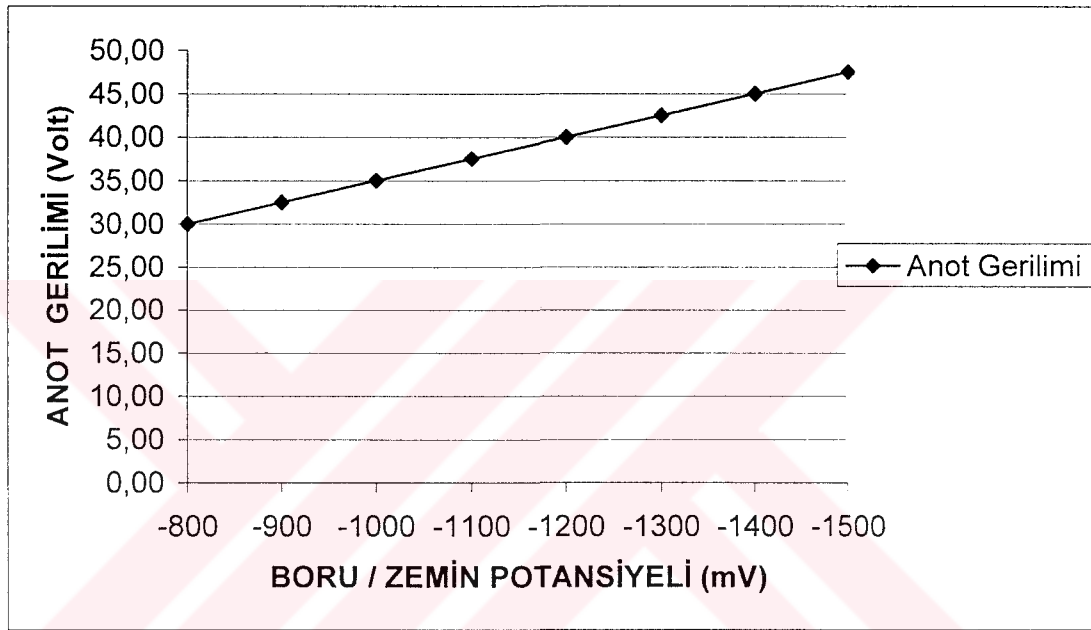


Vert. 1 V / div
Horz. 20 μ s / div

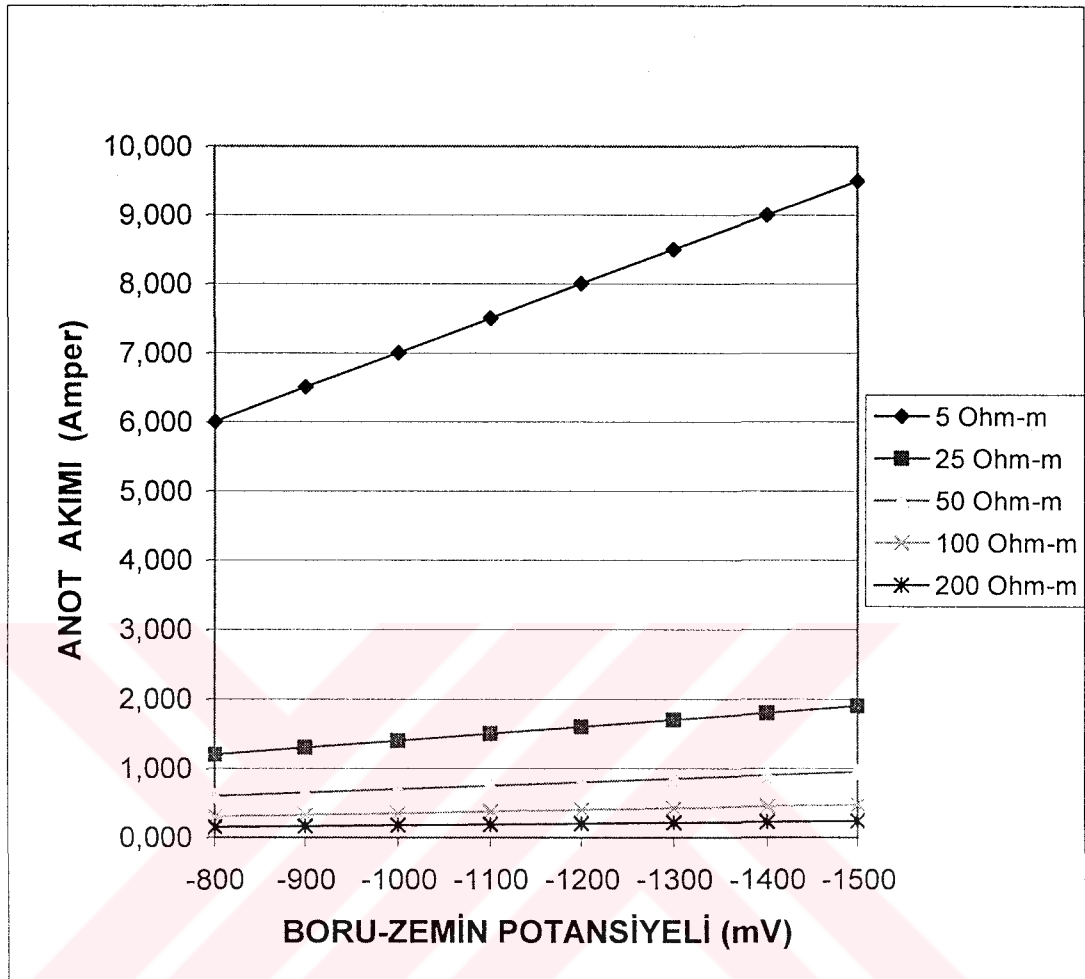
Şekil 4.20. Referans giriş gerilimi

Referans giriş gerilimi 0,8 V olarak alındığında çıkış gerilimi 30 V olarak ayarlanmış (Şekil 4.21) ve 5 Ω yük üzerindeki akım değeri 6 A olmuştur. Çıkış akım değeri,

çıkış gerilim değerinin yük direncine bölünmesiyle bulunabilmektedir. Şekil 4.22.'de bazı zemin rezistiviteleri için referans giriş gerilimlerine göre çıkış akımı değişimi görülmektedir. Referans giriş geriliminin -0,8V -1,5V aralığı için çıkış gerilimi $V_{\phi} = V_{ref} * 37,5$ olarak ifade edilebilir. Çıkış akımı değişimi ise $I_{\phi} = V_{\phi} / R$ eşitliğiyle bulunabilmektedir.

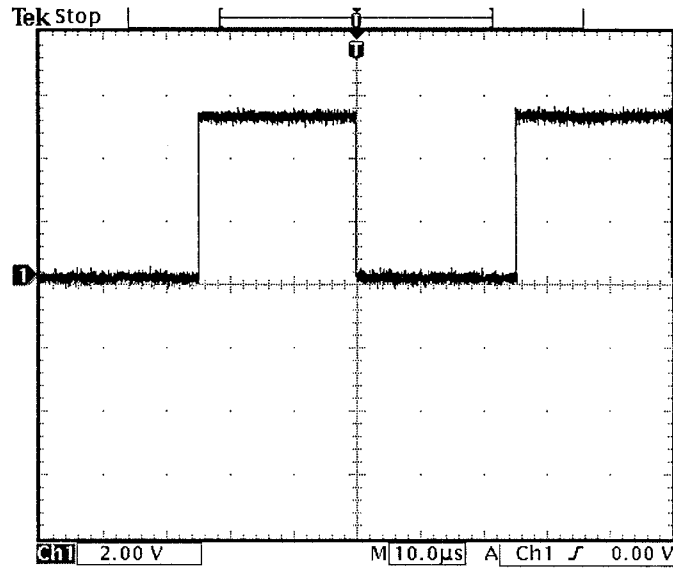


Şekil 4.21. Boru/zemin potansiyeline göre anot gerilimi değişimi grafiği



Şekil 4.22.Çeşitli zemin rezistiviteleri için boru-zemin potansiyeline göre anot akımı grafiği

Şekil 4.23.'de IGBT sürücü devre giriş sinyali görülmektedir. Sürücü devre girişi 5 V seviyesinde kare dalga olarak mikrodnetleyicinin PWM çıkışından alınmaktadır.



Vert. 5 V / div
Horz. 1 ms / div

Şekil 4.23. IGBT sürücü devre çıkış sinyali

Şekildeki 0 V ile 5 V arasındaki değişimler çıkış gerilimi üzerinde yapılan ayarlamaları göstermektedir. Referans gerilim girişinde yapılan değişikliğe bağlı olarak çıkış gerilimi değişimi için PWM sinyalinde görev zamanı ayarı otomatik olarak yapılmaktadır.

5. BOTAŞ HAM PETROL BORU HATLARI İÇİN BİR UYGULAMA

Botaş, Irak-Yumurtalık, Yumurtalık-Kırıkkale Ham petrol boru hatları, tank sahası ve iskelenin incelemesi bir proje kapsamında yapılmış ve aşağıdaki durum belirlenmiştir.

5.1. Irak-Yumurtalık Ham Petrol Boru Hatları'nın İncelenmesi

Teknolojik ömürlerini doldurmuş bu katodik koruma sistemlerinin teknolojileri çok eskimiştir. Teknolojik gelişmelerin baş döndürücü bir hızla geliştiği de dikkate alınırsa 18-20 yıl önce yapılmış ve teknolojisi 25-30 yıl önceye dayanan katodik koruma sistemlerinin bu günkü düzeyi daha iyi anlaşılacaktır. (36)

Dış akım kaynaklı Katodik koruma sistemlerinin 3 temel elemanın vardır

- TR ünitesi
- Anot cinsi
- Anot yatağı türü

Bu temel elemanlardan TR üniteleri kesintisiz çalışan elektrik ve elektronik parçalardan oluşan bir sistemdir. Yaptığımız tespitlerde aynı boru hattında veya aynı tank sahasında bile çok farklı TR üniteleri kullanıldığı görülmüştür. Bir çoğunun üzerindeki ölçü aletleri çalışmamaktadır. Böyle bir ünitenin boru hattına veya tank sahasına vereceği akımı kontrol etmek ve katodik koruma kriterlerini sağlıklı bir şekilde sağlamak pek mümkün görünmemektedir.

Sistemde kullanılan anotlar demir silikon anotlardır. Gelişmiş ülkelerde ve gelişmiş teknolojilerde son beş yıldır artık hiç kullanılmayan bu anotlar kullanım sırasında aşırı yıpranarak eriyen (korozyona uğrayan) anotlardır. Çalışma zamanları içerisinde yüzeylerinde sürekli korozyon ürünü oluşmakta ve anot giderek artan bir polarizasyona uğramaktadır. Bu durum da hem anot akımını düşürmekte hem de

enerji sarfiyatını artırmaktadır. Öyle ki belli bir zaman sonra ya anot akımı boruyu koruyamaz hale gelmekte, yada harcanan fazla enerjinin yıllık maliyeti neredeyse anot maliyetine gelmektedir. BOTAŞ'ın araştırmasını yaptığımız boru hatları ve tank sahasında her iki durum da mevcuttur (36) .

Anot yatakları anottan çıkan akımın zemine homojen bir şekilde geçişini sağlayan elektrolitik iletkenlerdir. Uygulamada bu malzemeler petrol koku veya metalurjik kok olmaktadır. BOTAŞ projelerinde metalurjik kok kullanılmıştır. Bu malzemeler üzerinden oksitleyici (yakıcı) anodik akım geçtiğinden tasarım ömürleri sonuna doğru fazla oksitlenerek akımı geçiremez hale gelmekte veya direnç oluşturarak akım maliyetini artırmaktadır. Anot yataklarının tasarımlarında zemin rezistivitesine bağlı olarak kabul edilen direnç değerleri vardır. Halen çalışmakta olan anot yataklarında bu direnç değerleri tasarım değerlerinin 5-10 katına çıkmıştır. Bu koşullarda bir kısım anot yatakları akım veremez hale gelmişler, bir kısım anot yatakları da enerjiyi çok daha pahalıya sağlar duruma gelmişlerdir.

Anot yatakları tipi olarak da yatay anot yatağı uygulanmıştır. Bu anot yataklarının en önemli dezavantajları;

Meteorolojik şartlardan etkilenmeleri

Çevre metalik yapıların korunan yapı üzerindeki interferans etkileridir.

Özellikle Güneydoğunun kurak ve sıcak geçen yaz mevsimlerinde bu anot yataklarının olumsuz etkilenmemeleri mümkün değildir. Ayrıca tank sahasında yapılan anot yataklarının da diğer metalik yapılar üzerindeki olumsuz etkisi kaçınılmazdır.

TR ünitelerindeki kontrol sistemleri el ile kontrollü yapıdadır. Bu sistemlerde hiçbir otomasyon ve bilgi depolama sistemleri yoktur. Durumun böyle olması nedeniyle;

1- Boru hattı akım ihtiyacında oluşacak değişikliklere göre TR üniteleri akımı ayarlayamamaktadır.

2- TR ünitesinde bir arıza oluştuğunda o ana kadarki datalar kaydedilmediği için arıza sebebi belirlenememekte ve kalıcı bir tamir de yapılamamaktadır.

3- Bu koşulların devam etmesi halinde boru hattı her an yetersiz korumaya veya aşırı korumaya geçebilmektedir.

4- Tank iç yüzeylerindeki katodik koruma sistemi hem teknik olarak hatalı hem de son derece yetersizdir.

Boru hattı üzerinde yaklaşık her km’de bir adet ölçü kutusu mevcuttur. Ancak bu ölçü kutuları da çok çeşitli tipte ve hepsi fazla yıpranmış durumdadır. Bu ölçü kutularındaki kablo bağlantılarının yeniden yapılması ve ölçü kutularının tamir ve bakımlarının yapılması yenilerinin yapılmasına eşdeğer durumdadır (Harita 1.1.).

Pilot bölge olarak Ceyhan-Yumurtalık Tank Sahası seçilerek yapılan uygulamada aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

5.2. Ceyhan-Yumurtalık Tank Sahasında Yapılan Ölçümler

5.2.1. D tankları katodik koruma sistemleri ölçüm değerleri

TANK : D TANKLARI
Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri
Tarih : Nisan-2002
Poz No : D 601
Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	17,5	17,5
DCA, amper	19,5	19,5
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref. elektroda göre)	-1400	-1400

Ceyhan-Yumurtalık Tank Sahası’ndan alınan D tankları için bir örnek yukarıda verilmiş olup ölçüm değerlerinin tamamı Ek 9’dadır. Bu değerlere göre Şekil 5.1 de Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tank Sahası Tank/Zemin Potansiyeli Grafiği görülmektedir.

İskelede bulunan TR üniteleri de hem teknoloji hem de yapı olarak ekonomik ömürlerini doldurmuşlardır. Bu TR ünitelerinin de yeni teknoloji ürünü olan tipleriyle değiştirilmesi uygun olacaktır. Ayrıca iskelenin de boru hatları ve tank sahasına uygulanacak uzaktan algılama ve kontrol sistemi (SCADA Sistemi) ile otomasyona bağlanması gerekmektedir.

Römorkörler de uygulanmış olan katodik koruma sistemi koruma görevini yerine getirmektedir. Ancak yine bu günkü teknolojiye kullanılması hemen hemen terkedilmiş olan çinko anot kullanılmıştır. Bu römorkörlerin havuzlanması sırasında bu anotlar yerine performansları daha yüksek olan Indium alaşımlı Alüminyum anotların kullanılması yararlı olacaktır.

Botaş Irak-Yumurtalık, Yumurtalık-Kırıkkale Ham petrol boru hatları, tank sahası ve iskelenin incelemesinde elde edilen bulgular ve öneriler aşağıda verilmiştir.

1. Sistemin tamamının teknolojisi eskidir.
2. Bu hat üzerinde, aynı boru hattında veya aynı tank sahasında bile çok farklı TR üniteleri kullanılmaktadır. Bir çoğu üzerindeki ölçü aletleri çalışmamaktadır. Böyle bir ünitenin boru hattına veya tank sahasına vereceği akımı kontrol etmek ve katodik koruma kriterlerini sağlıklı bir şekilde sağlamak pek mümkün görünmemektedir. *Bu nedenle; boru hattı akım ihtiyacında oluşacak değişikliklere göre TR üniteleri akımı ayarlayabilecek şekilde yenilenmelidir.*
3. Sistemde kullanılmış olan anotlar demir silikon anotlardır. Çalışma zamanları içerisinde yüzeylerinde sürekli korozyon ürünü oluşmakta ve anot giderek artan bir polarizasyona uğramaktadır. Bu durumda hem anot akımını düşürmekte hem de enerji sarfiyatını artırmaktadır. Öyle ki; belli bir zaman sonra ya anot akımı boruyu koruyamaz hale gelmekte, yada harcanan fazla enerjinin yıllık maliyeti neredeyse anot maliyetine gelmektedir. *Anotların tamamı titanyum anotlarla değiştirilmelidir.*

4. Anot yataklarında kullanılan malzemeler petrol koku veya metalurjik koktur. BOTAŞ tesislerinde metalurjik kok kullanılmıştır. Bu malzemeler tasarım ömürleri sonuna doğru fazla oksitlenerek akımı geçiremez hale gelmekte veya direnç oluşturarak akım maliyetini artırmaktadır. Halen çalışmakta olan anot yataklarında zemin rezistivitesine bağlı direnç değerleri tasarım değerlerinin 5-10 katına çıkmışlardır. Bu koşullarda bir kısım anot yatakları akım veremez hale gelmişler bir kısım anot yatakları da enerjiyi çok daha pahalıya sağlar duruma gelmişlerdir. *Anot yatağı malzemesi yeni teknolojiye uygun seçilmelidir.*

Anot yatakları tipi olarak, yatay anot yatağı seçilmiştir. Bu tip anot yataklarının; meteorolojik şartlardan kolay etkilenmeleri, çevre metalik yapıların bu sistemler üzerindeki interferans etkileri gibi önemli dezavantajları vardır. Özellikle Güneydoğunun kurak ve sıcak geçen yaz mevsimlerinde bu anot yataklarının olumsuz etkilenmemeleri mümkün değildir. Ayrıca tank sahasında yapılan anot yataklarının da diğer metalik yapılar üzerindeki olumsuz etkisi kaçınılmazdır. *Anot yatağı malzemesi yeni teknolojiye uygun seçilmeli ve tipleri, dikey anot yatağı olmalıdır.*

5. TR ünitelerindeki kontrol sistemleri el ile kontrollü yapıdadır. Bu sistemlerde otomasyon ve bilgi depolama sistemleri yoktur. Durumun böyle olması nedeniyle; boru hattı akım ihtiyacında oluşacak değişikliklere göre TR üniteleri akımı ayarlayamamakta, ve TR ünitesinde bir arıza oluştuğunda o ana kadar ki bilgiler kaydedilmediği için arıza sebebi belirlenememekte ve kalıcı bir tamir de yapılamamaktadır. Bu koşulların devam etmesi halinde boru hattı her an yetersiz korumaya veya aşırı korumaya geçebilecektir. Bilgiler belli zaman aralıklarıyla kaydedilmeli ve *sistem mutlaka otomasyona geçirilmelidir.*

6. Tank iç yüzeylerindeki katodik koruma sistemi son derece yetersizdir. Römorkörlerde uygulanmış olan katodik koruma sistemi koruma görevini yerine getirmektedir. Ancak bu günkü teknolojiye kullanılması hemen hemen terkedilmiş olan çinko anot kullanılmaktadır. *Bu römorkörlerin havuzlanması sırasında çinko anotlar yerine performansları daha yüksek olan Indium alaşımlı alüminyum anotların, tank iç yüzeyleri için de dual anotlu katodik koruma sisteminin kullanılması yararlı olacaktır.*

7. Botaş, Irak-Yumurtalık, Yumurtalık-Kırıkkale boru hattı üzerinde yaklaşık her km’de bir adet ölçü kutusu mevcuttur. Ancak bu ölçü kutuları çok çeşitli tipte ve fazla yıpranmış durumdadır. *Ölçü kutularının aynı tipte olmak üzere tamamının her 5 km de bir konulmak suretiyle değiştirilmesi gerekmektedir*

Yukarda detaylı olarak açıklanan bulguların devam etmesi halinde boru hattı her an yetersiz korumaya (D 602 ve BLS 3 gibi) veya aşırı korumaya (D 604 ve TSH 13 gibi) maruz kalacaktır. Bu durumda ya borular korozyona uğrayacak ya da dış akım kaynaklı koruma maliyeti gereğinden fazla olacaktır.

Bunun için boru hattına veya metalik yapıya yeni teknolojiye uygun, yukarıda verilen öneriler doğrultusunda sistem kurulması tavsiye edilir.

Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tank Sahası
Tank/Zemin Potansiyeli Ölçüm Değerleri



Şekil 5.1.: Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tank Sahası Tank/Zemin Potansiyeli Grafiği (GENEL)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Metalik yapılar (depolama alanları, taşıma ve dağıtım hatları vb.) çevresel etkilerle (toprak, su, hava, vb) korozyona uğrarlar ve bu sebeple büyük ekonomik değeri olan tesislerde kayıp ve kazaların oluşmasına sebep olurlar. Bu yapıların korozyondan korunması için boya, tasarım şekli, inhibitör, anodik koruma, katodik koruma gibi korozyondan korunma yolları vardır. Bunlar içinde en etkilisi dış akım kaynaklı katodik korumadır. Türkiye ve Dünya'daki tesislerin çoğu bu yöntemle korunmakta ancak bu tesislerin çoğunda da otomasyon bulunmamaktadır. Böyle olunca da arızalardan zamanında veya hiç haberdar olunamamakta, haberdar olursa bile arıza zamanında veya kalıcı olarak giderilememektedir. Ayrıca dış akım kaynaklı katodik koruma sistemlerinin temel elemanı olan TR ünitelerinin çoğunda halen varyak veya tristör kullanılmaktadır. Bu elemanların gürültüleri fazla, cevap verme süreleri uzun, eşik seviyeleri yüksektir. Bu sebeple korudukları tesisleri tam olarak koruyamamakta, hatta bazen zarar verebilmektedirler. Sistemleri korozyona maruz bırakmamak için yapılan katodik koruma sistemlerinin etkin bir koruma ve bunun süreklilik sağlayabilmesi gerekir. Bunun için otomasyonun mutlaka kurulması gerekmektedir. Bu amaçla SCADA sistemi kullanılabilir.

Bu tezde, SCADA uyumlu TR ünitesi, teknolojik gelişmelere paralel olarak tasarlanmış ve cihaz olarak yapılmıştır. Aynı zamanda bilgi gönderebilmesi, sistemin eşzamanlı izlenebilmesini sağlamaktadır. Arıza ve sorunlardan *anında haberdar olunmasına* ve mümkünse *merkezden arızanın giderilmesine*, bu mümkün değilse *arızalı kısmın kapatılmasına* veya *tecrit ederek sistemin korunmasına* imkan tanımaktadır. *Belli aralıklarla bilgilerin kaydedilmesine olanak sağlaması, sistemin geçmişi hakkında bilgi sahibi olunmasını* ve *kalıcı tamir ve düzeltmelerin yapılmasına olanak sunmaktadır*. Bu cihaz; boru hattının veya başka geniş alana yayılmış metalik yapının kontrol edilmesi gereği ortadan kaldırırsa da *kontrol sıklığını azaltacaktır. Arızalardan haberdar olunamaması sebebiyle oluşacak kayıp ve kazalar önlenmiş olacaktır. Arızanın giderilmesi için arıza yerine gidilmesi zorluğunu ortadan kaldıracağı için arızaların zamanında tamirini mümkün kılmakta ve sistemin daha uzun süre çalışmasını sağlamaktadır.*

Cihazın kullanılabilirliğini test etmek için deneyler yapılmıştır. Deneyler pilot bölge olarak seçilen Botaş Irak-Yumurtalık, Yumurtalık-Kırıkkale boru hatları, tank sahası ve iskele katodik koruma sistemleri dikkate alınarak 6 Ohm ile 164 Ohm arasında yükler için yapılmıştır.

Sonuçlar aşağıdadır.

- 1- TR ünitesine uygulanan referans gerilime göre boru/zemin gerilimi otomatik olarak oluşmaktadır.
- 2- Gürültü oranı %5 in altında kalmaktadır.
- 3- Eşik seviyesi 0 Volt seviyesine kadar inebilmektedir.
- 4- TR ünitesi, arızaları, merkeze aynı zamanda iletebilecek durumdadır. Belli arızalar merkezden gelecek uyarılara göre yapılan ayarlarla giderilebilmektedir. Merkezden giderilemeyen arıza durumunda o TR ünitesi merkezden kapatılabilmektedir.
- 5- Belli zaman aralıklarıyla (Bu sistemler için çok kısa bir zaman olan 3 sn aralıklarla) UUB'e bilgi göndererek TR ünitesinin eş zamanlı izlenmesine ve kayıt tutulup depolanmasına imkan sağlamaktadır.
- 6- Elektrik kesilip gelmelerinde sistem otomatik olarak çalışmaktadır.

TR ünitesinin katodik koruma amacıyla petrol boru hatlarına uygulanabilirliği için pilot bölgenin incelenmesinden elde edilen bulgular ve bunlara ilişkin sonuçlar Bölüm 5'de detaylı olarak açıklanmıştır. Pilot bölge olan Botaş Irak-Yumurtalık, Yumurtalık-Kırıkkale boru hatları, tank sahası ve iskele için tarafımızdan önerilen çözümler aşağıdadır.

Tüm sistemdeki ölçü kutularının aynı tip ve modelde olması için tamamının değiştirilmesi gerekmektedir.

Silikon anotların tamamı titanyum anotlarla değiştirilmelidir.

Anot yatağı malzemesi yeni teknolojiye uygun seçilmelidir (petrol koku...).

Anot yatağı tipleri, daha pahalı maliyetli olmasına rağmen dikey anot yatağı seçilmelidir.

Tüm sistem otomasyona geçirilmelidir

Tank iç yüzeylerindeki katodik koruma sistemlerin dual anotlu katodik koruma sistemleri ile değiştirilmesi gerekmektedir.

Botaş, Irak-Yumurtalık, Yumurtalık-Kırıkkale boru hattı üzerindeki ölçü kutularının tamamının her 5 km de bir konulmak suretiyle azaltılarak değiştirilmesi gerekmektedir

İskelede bulunan TR ünitelerinin de yine yeni teknoloji ürünü olan tipleriyle değiştirilmesi uygun olacaktır. Ayrıca iskelenin de boru hatları ve tank sahasına uygulanacak uzaktan algılama ve kontrol sistemi (SCADA) ile otomasyona bağlanması gerekmektedir.

Römorkörlerin havuzlanması sırasında kullanılan aşınmış ve teknolojileri eskimiş anotlar yerine performansları daha yüksek olan Indium alaşımlı alüminyum anotların kullanılması yararlı olacaktır.

Sistemdeki alt yapı değişiklikleri yapılmalı ve tüm sistemler teknolojik yenileriyle değiştirilmelidir.

Başlangıçta oldukça pahalıya mal olacak bu sistem sağlayacağı avantaj ve korumayla belli süre içinde kendisini amorti edecektir. Bunun yanında mal kaybı ve parasal değerle ölçülemeyecek can kaybı kazaları da önlenmiş olacaktır.

Bu tez çalışmasından sonra aşağıdaki çalışmaların yapılması tavsiye edilir.

1. Çalışmada yapımı gerçekleştirilen SCADA uyumlu TR ünitesine SCADA sistemi kontrol programı ilave edilmelidir.

2. TR ünitelerinde bulanık mantık teorisi uygulamalarının incelenmesi,
 3. SCADA sisteminde iletişimin radyo dalgaları, mikrodalga, fiberoptik kablo, GSM, uydu hattı kiralanarak veya hat satın alınarak yapılması konularının incelenmesi,
 4. İstanbul Boğazı Altgeçidi'nin korozyon korumasının incelenmesi ve planlanması,
 5. BTC Hattı'nın korozyon sisteminin incelenmesi ve yeni modellerin planlanması,
 6. Türkiye'deki boru hatlarının korozyondan korunma yönünden incelenmesi,
 7. Türkiye'deki boru hatlarının kazalar yönünden incelenmesi
- önerilir.



KAYNAKLAR

1. Futao, Z., Jing, O., Wei, D., "Pattern-based fuzzy predictive control for a chemical process with, dead time", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 13, 37-45 (2000).
2. Gustavo, L.C.M., de Abreu., José F., Ribeiro, "A self-organizing fuzzy logic controller for the active control of flexible structures using piezoelectric actuators Applied Soft Computing" *Elsevier Science B.*, 1:271–283 (2002).
3. Hsuan-Jui H., Feng-Sheng W., "Fuzzy decision-making design of chemical plant using mixed-integer hybrid differential evolution", *Computers and Chemical Engineering Elsevier Science Ltd*, 26:1649-1660 (2002).
4. "A-Pass Otayol Elektronik Ücret Toplama Sistemi, A-Pass Sistem Tanıtım Dokümanı" *ASELSAN A. Mikrodalga Ve Sistem Teknolojileri Grubu*, sh (2000).
5. "Samalayuca Pipeline Project", *Willbros*, 7- I, 235 (1996).
6. "Pipeline Integrity Management in High Consequence Areas (Hazardous Liquid Operators With 500 or More Miles of Pipeline); Final Rule " *Federal Register USA*, 75378-75390 (2000).
7. Shell, R.E., "AC induced corrosion on onshore pipelines, a case history", *Stanlow*, UK, 775-778 (1999).
8. "Trends in SCADA for Automated Water Systems" *Synchrony* 2-22 (2001).
9. Gareth, T., "Operator Interface Design for Industrial Control", *Department of Electrical and Computer Engineering University of Queensland*, 1-25 (1997).
10. Kontopoulos, A., ve arkadaşları, "A hybrid, knowledge-based system is a process control 'tool' for improved energy efficiency in alumina calcining furnaces", *Applied Thermal Engineering*, UK, 17:935-945 (1997).
11. "Standards for Design and Construction Of Wastewater Pump Stations", *Department of Environmental Quality Oregon Oregon* 360-368 (2001).
12. http://www.nts.gov/events/symp_rec/proceedings/authors/westhoff.htm (05-06-2004).
13. http://www.epic.com.au/PDFs/south_australia.pdf (11-06-2004)

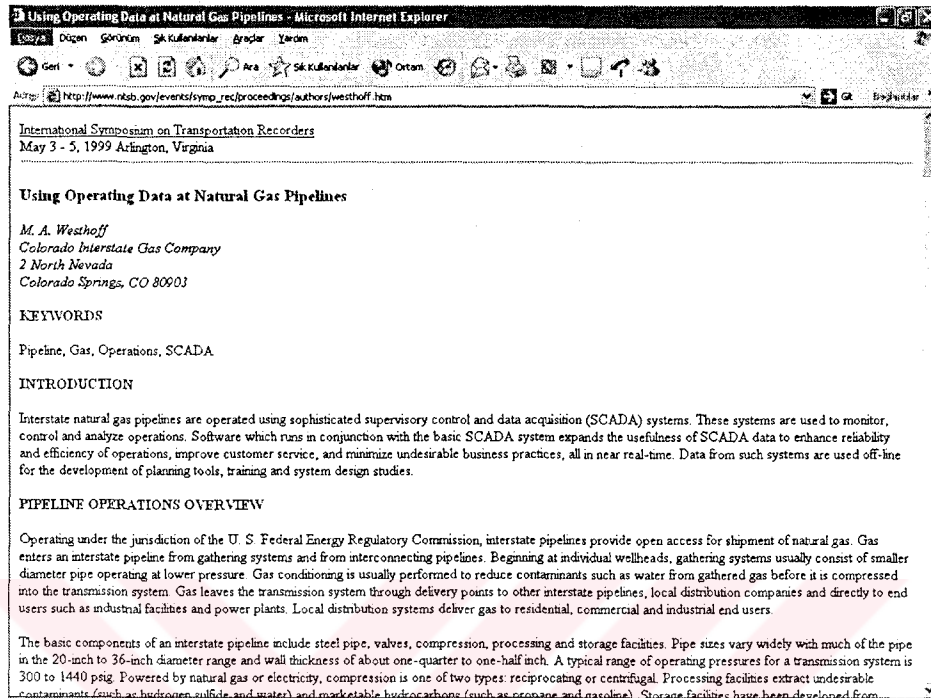
14. Ezel, C.B.C., "Risks of Cyber Attack to Supervisory Control and Data Acquisition for Water Supply", *Faculty of the School of Engineering and Applied Science University of Virginia*, 36-52 (1998).
15. Oleoducto A.M., "Houston Oil of Colombia", (*HOCOL*), *S.A., MKTG* 01\ specs\ 081 (rev. 8- 8- 00) (2002).
16. <http://www.zetron.com/pages/english/realw/7155>. (Haziran 2004).
17. Zhu, X.X., Nie, X.R., "Pressure drop considerations for heat exchanger network grassroots Design", *Computers and Chemical Engineering* 26: 1661–1676 (2002).
18. John, F., "Research and Technology Annual Report", *NASA Kennedy Space Center*, 1-12 (1999).
19. "Direct Effects of the Alaska Highway Pipeline Project" Working Paper *Alaska Highway Pipeline Inc.* 5.1.1 (2002).
20. "California Department of Forestry and Fire Protection Office of the State Fire Marshal Report to the California State Legislature, 4.6 Leak Detection Systems, An Assessment of Low-Pressure Crude Oil Pipelines and Gathering Lines", *California Department of Forestry and Fire Protection Office*, 1-75 (1997)
21. Shute, S., "Construction, Operation and Maintenance Plan", *Pipeline Solutions, Inc* 10, 22-38 (2001).
22. "Appendix A Chronological Listing of Taps Related Events From 1990 TO 2002" *TAPS*, 1-2 (2002).
23. "Alliance selects four-tiered pipe protection program", *Alliance* 69-70 (2000).
24. http://www.desc.dla.mil/DCM/Files/attachJ9_29.pdf (05-06-2004).
25. "We Care About The Safety Of Our Neighbours And Landowners", *NOVA Chemicals Corporation*, 707-709 (1992).
26. "Products & Services Catalogue 2002", *Enbridge Technology Inc.* Canada 25-27 (2002).
27. Türeli, A. "Denetimli Kontrol ve Veri Toplama Sistemi", *TÜBİTAK AEAGE*, Bursa, 1-11 (1993).
28. Ülkü, A. "Bilgi Toplama ve Denetleme Birimleri (RTU)", *TÜBİTAK AEAGE*, Bursa, 1-8 (1993).

29. Yaren, M.F., “Kontrol Merkezi, RTU Arası Haberleşme” , **TÜBİTAK AEAGE**, Bursa, 1-10 (1993).
30. Abat, N., “Haberleşme Ortamları”, **TÜBİTAK AEAGE**, Bursa, 1-9 (1993).
31. Şahin, S.E., “Kontrol Merkezi Mimarisi”, **TÜBİTAK AEAGE**, Bursa, 1-13 (1993).
32. Şenyurt, G.Ş., “Kontrol Merkezi, Yazılım Parçaları”, **TÜBİTAK AEAGE**, Bursa, 1-14 (1993).
33. Güven N., “AM/FM Sistami ve SCADA İle Entegrasyonu”, **TÜBİTAK AEAGE**, Bursa, 1-20 (1993).
34. Yalçın, H., Koç T., “Katodik Koruma”, **Palme Yayınları**, Ankara, 1-200, (1999).
35. Trethewey, K.R., Chamberlain J., “Corrosion For Science and Engineering 2 nd Edition”, **Longman Group Limited**, 1-19,240-329, 375-405 (1995).
36. Biçer, A., Koç, T., Işık, H., Akcayol, M.A., ve diğerleri, “Irak-Yumurtalık, Yumurtalık-Kırıkkale Ham Petrol Boru Hattı Rehabilitasyonu Raporu”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 2-600 (2003)
37. Koç, T., Yalçın, H., “Korozyon ve Katodik Koruma”, **Gazi Üniversitesi**, Ankara, 1-95, (1995)
38. Schweitzer A.P., “Corrosion and Corrosion Protection Handbook”, **Marcel Deccer Inc.**, New York and Basel, 1-152 (1989).
39. Yalçın H. Koç T., “Demir ve Çelik Yapıların Korozyonu ve Katodik Korunması”, **İller Bankası Genel Müdürlüğü**, Ankara, 6-28 (1991).
40. Yalçın, H., Koç, T. “Mühendisler için Korozyon ”, **Türk Mühendis ve Mimar odaları Birliği Kimya Mühendisleri Odası**, Ankara, 1-121(1998).
41. Fortuna, M.G., “Corrosion engineering”, **Mcgraw-Hill International Edition**, New York, 70-172 (1987).
42. Yalçın, H., Koç T. “Korozyon ve Katodik Koruma”, **Kortek Mühendislik & Müşavirlik Ve Tanıtım Limited Şirketi** , Ankara, 1-10 (1995).
43. Talbot, D., Talbot, J., “Corrosion science and technology”, **CRC Press LLC**, USA, 10-70 (1998).

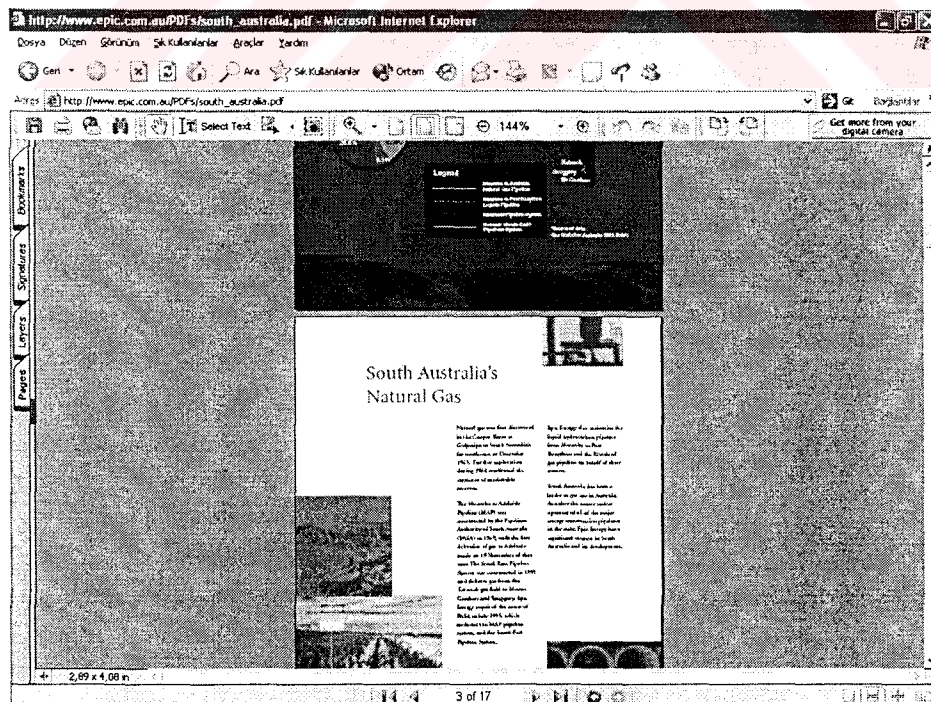
44. Mattsson, E., "Basic corrosion technology for scientists and engineers", *Swedish Corossion Institute*, Stockholm, 1-120 (1989).
45. Tsay, L.W., Chen, Y.C., Chan S.L.I., "Sulfide stress corrosion cracking and fatigue crack growth of welded TMCP API 5L X65 pipe-line steel", *International Journal of Fatigue, Elsevier*, 23: 103-113, (2001).
46. Jha Abhay, K., Murty, S.V.S.N., Diwakar, V., K. Sree Kumar, "Metallurgical analysis of failed SS 304 bolts used in flanged joints of a liquid oxidiser pipe line", *Engineering Failure Analysis Pergamon*, 10: 67-75 (2003).
47. Uhlig, H.H., "Corrosion and Corrosion Control", *John Wiley and Sons*, 1-196 (1971).
48. Işık, H., Akcayol, M.A., "SCADA Tabanlı Katodik Koruma Trafo-Redresör Terminali Tasarımı ve Uygulaması", *VIII.Uluslararası Korozyon Sempozyumu*, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 343-352 (2002).
49. "PIC16F87X Data Sheet 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers", *Microchip Technology Inc.*, 1-120 (2001).
50. <http://www.infogate.org/infogate/teknomarket/pic16f877.htm> (19-09-2003).
51. Motto, E.R., "Hybrid Circuits Simplify IGBT Module Gate Drive", *Powerex Inc. Youngwood*, Pennsylvania, USA, 1-5 (1999).
52. <http://www.hy-line.de/power/anwendung/mitsubishi2.html> (19-09-2003).
53. Mohan, N., Underland, T.M., Robbins, W.P., "Power Electronics", *Willey*, USA, 5-39 (1995).
54. Pullock, B., Williams, W., "Power Converter Circuits for Switched Reluctance Motors with the Minimum Number of Switches", *IEE Proc.*, 137(6):374-384 (1990).
55. Axelson, J., "Serial Port Complete", *Lakeview Research*, 5-12 (1998).
56. http://www.pwr.com/pages/search/search_prod_rslts.asp (06-10-2003)
57. La Fauci, J., "PLC or DCS: selection and trends", *ISA Ransactions, ELSEVIER*, 36: 21-28, (1997)
58. Ong, Y.S., Gooi, H.B., Lee, S.F., "Java-based applications for accessing power system data via intranet, extranet and internet", *Electrical Power and Energy Systems*, 23: 273-284, (2001).



EKLER

EK 1

EK 2



EK 3

Wireless SCADA Finds Home In Alaska's "Oil Capitol" - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Address <http://www.zetron.com/pages/english/res/wr2155.html>

Back Forward Stop Home Reload

Language English



ADVANTAGE

Oil/Gas Production

"Empowering public and private services around the world to enhance quality of life and business productivity"



WIRELESS SCADA FINDS HOME IN ALASKA'S "OIL CAPITOL"

"We have one RTU at the dock where we're monitoring the temperatures of pipelines for freeze protection; there's also a high pressure alarm which shuts down the loading pumps."



Kenai, Alaska, is located on the Cook Inlet, 90 miles north of Homer and 158 miles from Anchorage. During the 1950s, one of the world's major oil and gas fields was discovered near Kenai. Today, after seeing the large oil/gas fields offshore and the refineries and plants north of town, anyone visiting the area can understand how Kenai earned the title of "Oil and Gas Capitol of Alaska."

Tesororo Petroleum, an oil company based in San Antonio, Texas, has refineries around the world. In operation since 1969, the Tesoro Alaska refinery at Kenai produces an average of 60,000 barrels of oil per day. It's a complex operation, with raw crude coming into the refinery by pipeline and ship, and refined product leaving the same way. As with all modern petroleum facilities, safety and productivity are paramount. To boost efficiency and automate some of its critical processes, the refinery recently installed Zetron's ULTRAc SCADA system.

Altogether, Tesoro Alaska is running seven Model 1717 RTUs and two Model 1700 Controllers. The ULTRAc software that runs the system is installed on a PC located in one of the refinery's control rooms. Communications Technician, Jim Hall, planned and installed the equipment, which is being used to monitor and control a wide variety of processes and equipment both at the refinery and at several remote installations.

Protect the pipeline: Tesoro's main oil pipeline runs seventy miles from Kenai to Anchorage. For a good part of that distance, the pipeline runs submerged beneath the salt waters of the Cook Inlet. A TEG (Thermal Electric Generator) powered rectifier applies a voltage to the pipeline to provide cathodic protection. The rectifier is located on the shoreline at the last point before the pipeline runs underwater until it comes up on the opposite side of the bay. Ensuring that this cathodic system keeps operating is crucial to preventing serious corrosion of the pipeline.

"We have to know if the proper current and voltage is going to the pipeline," Hall said, "and we have to know if the TEG shuts down. It's powered by three huge propane tanks that they change out once or twice a year. It has a self-igniter system powered by a lithium battery for automatic restart, but if it doesn't relight before the battery runs down, someone has to fly out there and manually relight the burner."

The rectifier site is some distance from the refinery and most of the time is only accessible by boat or helicopter. The site is now being remotely monitored via a Model 1716 RTU (Remote Terminal Unit) connected to a transmitter. The Model 1716 can handle both digital and analog inputs/outputs. In this case, the analog outputs are being used to send voltage figures to a PC back at the refinery that is running the ULTRAc software. This allows real-time monitoring of the cathodic protection system. In fact, Hall noted that, by watching the voltage figures on the ULTRAc screen, he is actually able to see the potential change when the tide comes in or goes out.

Sitting on the dock of the bay: Three years ago Tesoro purchased the Kenai Pipeline facility located on the opposite side of Cook

EK 4

http://www.desc.dla.mil/DCM/Files/attachJ9_29.pdf · Microsoft Internet Explorer

Dosya Düzen Görünüm Sk Kullanicilar Arayici Yardım

Geni Ara Sk Kullanicilar Ortam

Adres http://www.desc.dla.mil/DCM/Files/attachJ9_29.pdf

Adobe PDF delivers digital books and more

118%

Goodfellow Air Force Base

UTILITY SYSTEM PRIVATIZATION

ATTACHMENT J9

Goodfellow AFB Water Distribution System

Table of Contents

GOODFELLOW AFB WATER DISTRIBUTION SYSTEM	I
J9 GOODFELLOW AFB WATER DISTRIBUTION SYSTEM	J9-1
J9.1 GOODFELLOW AFB OVERVIEW	J9-1
J9.2 WATER DISTRIBUTION SYSTEM DESCRIPTION	J9-2
J9.2.1 Water Distribution System Fixed Equipment Inventory	J9-2
J9.2.1.1 Description	J9-2
J9.2.1.2 Inventory	J9-3
J9.2.2 Water Distribution System Non-Fixed Equipment and Specialized Tools Inventory	J9-4
J9.2.3 Water Distribution System Manuals, Drawings, and Records Inventory	J9-4
J9.3 SPECIFIC SERVICE REQUIREMENTS	J9-4
J9.4 CURRENT SERVICE ARRANGEMENT	J9-6
J9.5 SECONDARY METERING	J9-6
J9.5.1 Existing Secondary Meters	J9-6
J9.5.2 Required New Secondary Meters	J9-7
J9.6 SUBMITTALS	J9-7

8.5 x 11 in

1 of 9

EK 5

HY-LINE Power Components - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Back Forward Stop Refresh Home Search Favorites History Mail Print Edit Discuss

Address http://www.hy-line.de/power/anwendung/mitsubishi2.html

Hybrid Driver	IGBT Modules		Operating Frequency
	Vces	to	
M57B60L M57B60AL	600	Up to 200	Up to 20 kHz
	1000	Up to 100	
	1200	Up to 100	
M57B62L M57B62AL	600	Up to 400	Up to 20 kHz
	1200	Up to 400	

[Zurück zum Seitenanfang](#)

Stromversorgungen Datenblätter

Power Supply	Isolation Type	Input Voltage	Output Voltage
M57120L	Non isolated	113 ~ 390 V	20 V
M57140	Isolated	18 ~ 22 V	4 x 15 V

Done Internet

EK 6

MERAKLISINA mikrodenetleyiciler dünyasından NOTLAR - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Back Forward Stop Refresh Home Search Favorites History Mail Print Edit Discuss

Address http://www.inlogate.com/intonate/teknomisike/pic16f877.htm

MERAKLISINA mikrodenetleyiciler dünyasından NOTLAR

[ÖNCEKİ SAYFAYA DÖN](#)

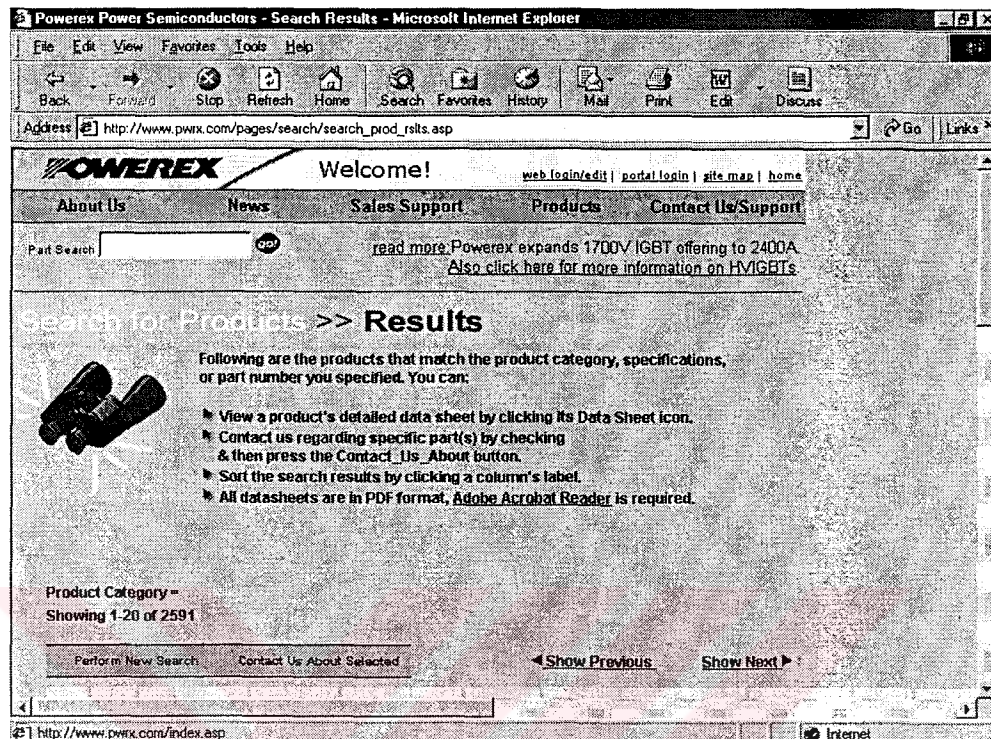
PIC 16F877'nin kullanılması

PIC16F877, dünyada kullanıma sunulmasıyla eş zamanlı olarak Türkiye'de de uygulamaya geliştiricilerin kullanımına sunuldu. PIC16F877, belki de en popüler PIC işlemci olan PIC16F84'ten sonra kullanıcılar yeni ve gelişmiş özellikler sunmasıyla hemen göze çarpmakta. Program belleği FLASH ROM olan F877'de yüklenen program F84'de olduğu gibi elektronik olarak silinip yenisiyle yüklenilmektedir. Aşağıdaki tablo'da F877 ve F84 işlemcileri arasında özellik karşılaştırması yer almaktadır.

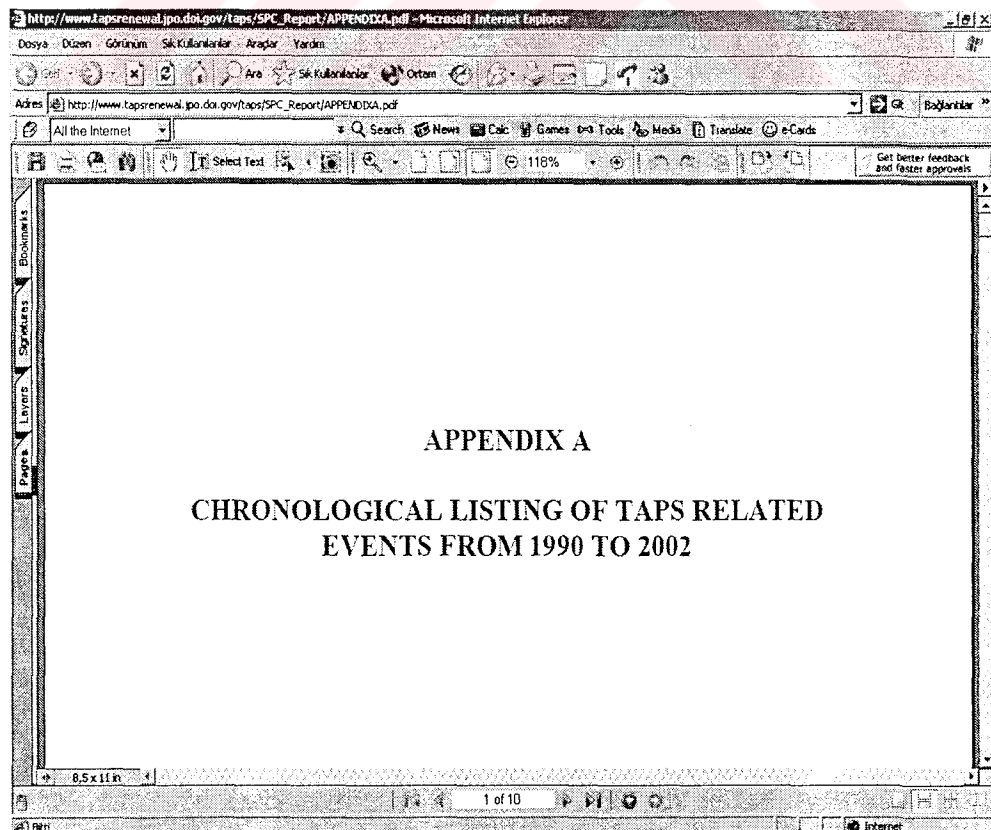
Özellikler	PIC16F877	PIC16F84
Çalışma Hızı	DC-20MHZ	DC-10MHZ
Program Belleği	8Kx14 word Flash ROM	1Kx14 word Flash ROM
EEPROM Veri Belleği	256 Byte	64 Byte
Kullanıcı RAM	368x8 byte	68x8 byte
Giriş Çıkış Port Sayısı	33	13
Timer	Timer0,Timer1,Timer2	Timer0
A/D çevirici	8 Kanal 10 bit	YOK
	16 bit Capture	
Capture/Comp. PWM	16 bit Compare	YOK

Done Internet

EK 7



EK 8.



EK 9**Ceyhan-Yumurtalık Tank Sahasında Yapılan Ölçümler****D tankları katodik koruma sistemleri ölçüm değerleri****TANK : D TANKLARI****Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri****Tarih : Nisan-2002****Poz No : D 601****Türü : Hava Soğutmalı**

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	17,5	17,5
DCA, amper	19,5	19,5
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1400	-1400

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri**Tarih : Nisan-2002****Poz No : D 602****Türü : Hava Soğutmalı**

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	10	10
DCA, amper	7,5	7,5
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-766	-766

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri
Tarih : Nisan-2002
Poz No : D 603
Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	10	10
DCA, amper	4	4
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1441	-1441

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri
Tarih : Nisan-2002
Poz No : D 604
Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışmıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	26	26
DCA, amper	18	18
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1800	-1800

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri
Tarih : Nisan-2002
Poz No : D 605
Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	14	14
DCA, amper	9	9
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1560	-1560

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri
Tarih : Nisan-2002
Poz No : D 606
Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	22	22
DCA, amper	11	11
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1160	-1160

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri
Tarih : Nisan-2002
Poz No : D 607
Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	23	23
DCA, amper	10	10
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1100	-1100

Botaş yumurtalık ham petrol terminali”T tank sahası “Katodik koruma sistemleri ölçüm değerleri

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri
Tarih : Nisan-2002
Poz No : TSH/1
Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışmıyor.	Çalışmıyor.
DCV, volt	35	35
DCA, amper	Bozuk	Bozuk
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1530	-1530

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri
Tarih : Nisan-2002
Poz No : TSH/2
Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışmıyor	
DCV, volt	Bozuk	Bozuk
DCA, amper	Bozuk	Bozuk
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1670	-1670

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri
Tarih : Nisan-2002
Poz No : TSH/3
Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışmıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	Bozuk	Bozuk
DCA, amper	Bozuk	Bozuk
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1500	-1500

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri
Tarih : Nisan-2002
Poz No : TSH/4
Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor	Çalışıyor
DCV, volt	Bozuk	Bozuk
DCA, amper	Bozuk	Bozuk
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1220	-1220

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri
Tarih : Nisan-2002
Poz No : TSH/5
Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor	Çalışıyor
DCV, volt	7	7
DCA, amper	4	4
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1380	-1380

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : TSH/6

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor	Çalışıyor
DCV, volt	6	6
DCA, amper	Bozuk	Bozuk
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1500	-1500

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : TSH/7

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor	Çalışıyor
DCV, volt	Bozuk	Bozuk
DCA, amper	4	4
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1030	-1030

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : TSH/8

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor
DCV, volt	12	12
DCA, amper	6	6
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1000	-1000

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : TSH/9

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor	Çalışıyor
DCV, volt	Bozuk	Bozuk
DCA, amper	4	4
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1350	-1350

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : TSH/10

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor	Çalışıyor
DCV, volt	22	22
DCA, amper	Bozuk	Bozuk
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1430	-1430

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : TSH/11

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	10	10
DCA, amper	4	4
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1260	-1260

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : TSH/12

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	Bozuk	Bozuk
DCA, amper	4	4
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1300	-1300

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : TSH/13

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	17	17
DCA, amper	8	8
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1820	-1820

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : TSH/14

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	10	10
DCA, amper	6	6
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1730	-1730

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : TSH/15

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	14	14
DCA, amper	Bozuk	Bozuk
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref. elektroda göre)	-1880	-1880

Botaş Yumurtalık Ham Petrol Terminali Kırıkkale Hattı Tank Sahası Katodik Koruma Sistemleri Ölçüm Değerleri

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : KRK 651

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışmıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	Bozuk	Bozuk
DCA, amper	Bozuk	Bozuk
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref. elektroda göre)	-4000	-1800

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : KRK 652

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	15	15
DCA, amper	5	5
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1400	-1400

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : KRK 653

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışmıyor	Çalışmıyor.
DCV, volt	17	17
DCA, amper	10	10
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1800	-1800

Botaş yumurtalık ham petrol terminali balast tank sahası katodik koruma sistemleri ölçüm değerleri

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : BLS 1

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışmıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	Bozuk	Bozuk
DCA, amper	Bozuk	Bozuk
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-843	-843

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri

Tarih : Nisan-2002

Poz No : BLS 2

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	23	23
DCA, amper	25	25
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-1143	-1143

Yer : Ceyhan Bölge Müdürlüğü Tesisleri, Slop Sahası

Tarih : Nisan-2002

Poz No : BLS 3

Türü : Hava Soğutmalı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışmıyor.	Çalışmıyor.
DCV, volt	Çalışmıyor.	Çalışmıyor.
DCA, amper	Çalışmıyor.	Çalışmıyor.
Tank /Zemin potansiyeli, mV, (on) (Cu/CuSO4 ref.elektroda göre)	-	-

Botaş yumurtalık ham petrol terminali yükleme iskelesi katodik koruma sistemleri ölçüm değerleri

Yer :İskele

Tarih :Nisan-2002

Poz No :IST/ 1

Türü : Hava Soğutmalı , Fanlı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor	Çalışıyor
DCV, volt	4	4
DCA, amper	40	40
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)	40,600	40,600

Yer :İskele

Tarih :Nisan-2002

Poz No :IST/ 2

Türü : Hava Soğutmalı , Fanlı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	5	5
DCA, amper	100	100
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)	20,600	20,600
Kazık/Deniz potansiyeli, mV, (Ag/AgCl ref.elektroda göre)	-1163	-1163

Yer :İskele
Tarih :Nisan-2002
Poz No :IST/ 3
Türü : Hava Soğutmalı , Fanlı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor
DCV, volt	5	5
DCA, amper	50	50
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)	20,600	20,600
Kazık/Deniz potansiyeli, mV, (Ag/AgCl ref.elektroda göre)	-1193	-1193

Yer :İskele
Tarih :Nisan-2002
Poz No :IST/ 4
Türü : Yağ Soğutmalı ,Pako Şalterli

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	15	15
DCA, amper	0	50
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)	20,600	20,600
Kazık/Deniz potansiyeli, mV, (Ag/AgCl ref.elektroda göre)	-1158	-1158

Yer :İskele
Tarih :Nisan-2002
Poz No :IST/ 5
Türü : Yağ Soğutmalı ,Pako Şalterli

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	15	15
DCA, amper	320	320
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)	25,720	25,720
Kazık/Deniz potansiyeli, mV, (Ag/AgCl ref.elektroda göre)	-1383	-1383

Yer :İskele

Tarih :Nisan-2002

Poz No :IST/ 6

Türü : Hava Soğutmalı , Varyaklı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	4,5	4,5
DCA, amper	50	50
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)	20,600	20,600
Kazık/Deniz potansiyeli, mV, (Ag/AgCl ref.elektroda göre)	-1139	-1139

Yer :İskele

Tarih :Nisan-2002

Poz No :IST/ 7

Türü : Hava Soğutmalı , Varyaklı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor	Çalışıyor
DCV, volt	10	10
DCA, amper	60	60
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)	20,600	20,600
Kazık/Deniz potansiyeli, mV, (Ag/AgCl ref.elektroda göre)	-1142	-1142

Yer :İskele

Tarih :Nisan-2002

Poz No :IST/ 8

Türü : Hava Soğutmalı , Varyaklı

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	5,5	5,5
DCA, amper	90	90
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)	20,600	20,600
Kazık/Deniz potansiyeli, mV, (Ag/AgCl ref.elektroda göre)	-1158	-1158

Yer :İskele

Tarih :Nisan-2002

Poz No :IST/ 9

Türü : Yağ Soğutmalı,Pako Şalterli

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor	Çalışıyor
DCV, volt	Bozuk	Bozuk
DCA, amper	Bozuk	Bozuk
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)	20,600	20,600
Kazık/Deniz potansiyeli, mV, (Ag/AgCl ref.elektroda göre)	-1261	-1261

Yer :İskele

Tarih :Nisan-2002

Poz No :IST/ 10

Türü : Yağ Soğutmalı,Pako Şalterli

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Ölçülemedi	
DCV, volt		
DCA, amper		
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)		
Kazık/Deniz potansiyeli, mV, (Ag/AgCl ref.elektroda göre)		

Yer :İskele

Tarih :Nisan-2002

Poz No :IST/ 11

Türü : Yağ Soğutmalı,Pako Şalterli

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor.	Çalışıyor.
DCV, volt	19	19
DCA, amper	Bozuk	Bozuk
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)	20,600	20,600
Kazık/Deniz potansiyeli, mV, (Ag/AgCl ref.elektroda göre)	-1341	-1341

Yer :İskele

Tarih :Nisan-2002

Poz No :IST/ 12

Türü : Yağ Soğutmalı,Pako Şalterli

	Mevcut durumu	Son bırakılan durumu
TR Ünitesi durumu	Çalışıyor	Çalışıyor
DCV, volt	12,5	12,5
DCA, amper	200	200
Kapasitesi; volt , amper,(sırasıyla)	25,700	25,700
Kazık/Deniz potansiyeli, mV, Ag/AgCl ref.elektroda göre)	-1535	-1535



EK 10

```
unit Unit1;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
Dialogs, StdCtrls, XComDrv, Grids, Buttons, DB, DBTables, DBGrids,  
ExtCtrls, ComCtrls, Registry;
```

```
type
```

```
TForm1 = class(TForm)
```

```
  XComm1: TXComm;
```

```
  Button1: TButton;
```

```
  Memo1: TMemo;
```

```
  StringGrid1: TStringGrid;
```

```
  ComboBox1: TComboBox;
```

```
  Button2: TButton;
```

```
  Bevel1: TBevel;
```

```
  Bevel2: TBevel;
```

```
  Label1: TLabel;
```

```
  Label2: TLabel;
```

```
  Label3: TLabel;
```

```
  Label4: TLabel;
```

```
  Label5: TLabel;
```

```
  Label6: TLabel;
```

```
  Memo2: TMemo;
```

```
  Memo3: TMemo;
```

```
  ComboBox2: TComboBox;
```

```
  Button3: TButton;
```

```
  Memo4: TMemo;
```

```
  Timer2: TTimer;
```

```
  Timer1: TTimer;
```

```
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
```

```
  procedure XComm1Data(Sender: TObject; const Received: Cardinal);
```

```
  procedure FormCreate(Sender: TObject);
```

```
  procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
```

```
  procedure Button2Click(Sender: TObject);
```

```
  procedure ComboBox2Change(Sender: TObject);
```

```
  procedure Button3Click(Sender: TObject);
```

```
  procedure Timer2Timer(Sender: TObject);
```

```
  procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
```

```
private
```

```
  { Private declarations }
```

```
public
```

```
  { Public declarations }
```

```
end;
```

```

var
  Form1: TForm1;
  sifreu,sifrey,str:string;
  i,j,k:integer;
  dg:array [1..19] of string;
  dgs:array [1..19] of byte;
  ist,istsa:byte;
  regval:tregistry;
  yonetici:boolean;

implementation

uses Unit2, Unit3, Unit4;

{$R *.dfm}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  if xcomm1.Opened=true then
    begin
      {  xcomm1.SendString('CLOSE');}
      xcomm1.SendString(#32);
      xcomm1.CloseDevice;
      button1.Caption:='Bağlantı Kur';
    end
  else
    begin
      xcomm1.OpenDevice;
      {  xcomm1.SendString('OPEN');}
      xcomm1.SendString(#13);
      button1.Caption:='Bağlantı Kes';
    end;

end;

procedure TForm1.XComm1Data(Sender: TObject; const Received: Cardinal);
begin
  xcomm1.ReadString(str);
  memo1.Lines.Text:=memo1.Lines.Text+str;
  if memo1.Lines.Count>1 then
    begin
      for i:=1 to 19 do
        dg[i]:=copy(memo1.Text,i,1);
      memo1.Lines.Delete(0);
      for i:=1 to 19 do
        begin

```

```

        if dg[i]='0' then dgs[i]:=0
        else if dg[i]='1' then dgs[i]:=1
        else if dg[i]='2' then dgs[i]:=2
        else if dg[i]='3' then dgs[i]:=3
        else if dg[i]='4' then dgs[i]:=4
        else if dg[i]='5' then dgs[i]:=5
        else if dg[i]='6' then dgs[i]:=6
        else if dg[i]='7' then dgs[i]:=7
        else if dg[i]='8' then dgs[i]:=8
        else if dg[i]='9' then dgs[i]:=9;
    end;
    ist:=dgs[1]*100+dgs[2]*10+dgs[3];
    if stringgrid1.RowCount<ist then
        stringgrid1.RowCount:=ist+1;
        stringgrid1.Cells[2,ist]:=floattostr(dgs[4]+dgs[5]/10+dgs[6]/100+dgs[7]/1000);
        stringgrid1.Cells[3,ist]:=floattostr(dgs[8]+dgs[9]/10+dgs[10]/100);
        stringgrid1.Cells[4,ist]:=inttostr(dgs[11]*100+dgs[12]*10+dgs[13]);
        stringgrid1.Cells[5,ist]:=floattostr(dgs[14]*10+dgs[15]+dgs[16]/10);
        stringgrid1.Cells[6,ist]:=floattostr(dgs[17]+dgs[18]/10+dgs[19]/100);

    memo4.Lines.Add(stringgrid1.Cells[1,ist]+#9+stringgrid1.Cells[2,ist]+#9+stringgrid
    1.Cells[3,ist]+#9+stringgrid1.Cells[4,ist]+#9+stringgrid1.Cells[5,ist]+#9+stringgrid
    1.Cells[6,ist]+#9+stringgrid1.Cells[7,ist]);
    begin
        if (strtofloat(stringgrid1.cells[2,ist])=0) and
        (strtofloat(stringgrid1.cells[3,ist])=0) and (strtofloat(stringgrid1.cells[4,ist])=0) and
        (strtofloat(stringgrid1.cells[5,ist])=0) and (strtofloat(stringgrid1.cells[6,ist])=0) then
            stringgrid1.Cells[7,ist]:='Kapalı'
        else
            stringgrid1.Cells[7,ist]:='Açık';
            if (((strtofloat(stringgrid1.cells[2,ist]))<(strtofloat(stringgrid1.cells[6,ist])-0.1))
            or ((strtofloat(stringgrid1.cells[2,ist])>(strtofloat(stringgrid1.cells[6,ist])+0.1)))) then
                if strtofloat(stringgrid1.cells[3,ist])<1
                    then stringgrid1.cells[7,ist]:='Hata'
                    else stringgrid1.cells[7,ist]:='Hata';
                if (strtofloat(stringgrid1.cells[3,ist]))>5
                    then stringgrid1.cells[7,ist]:='Hata';
                if (strtofloat(stringgrid1.Cells[4,ist]))>85 then stringgrid1.cells[7,ist]:='Hata';
            end;

        end;
    end;

    procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
    begin
        regval:=TRegistry.create;
        regval.RootKey:=HKEY_LOCAL_MACHINE;

```

```

regval.OpenKey('SOFTWARE\petrol',false);
sifreu:=regval.ReadString('pasu');
sifrey:=regval.readstring('pasy');
regval.CloseKey;
xcomm1.DeviceName:='COM'+inttostr(combobox2.ItemIndex+1);
memo1.Lines.Clear;
memo2.Lines.Clear;
memo2.Lines.LoadFromFile('c:\petrol\tr.txt');
istsa:=strtoint(memo2.Lines.Strings[0]);
stringgrid1.RowCount:=istsa+1;
memo3.Lines:=memo2.Lines;
memo3.Lines.Delete(0);
combobox1.Items:=memo3.Lines;
combobox1.ItemIndex:=0;
stringgrid1.Cells[1,0]:='TR Adı';
stringgrid1.Cells[2,0]:='Boru-Zemin Potansiyeli (-V)';
stringgrid1.Cells[3,0]:='Anot Akımı (A)';
stringgrid1.Cells[4,0]:='Sıcaklık (C)';
stringgrid1.Cells[5,0]:='Anot Gerilimi (V)';
stringgrid1.Cells[6,0]:='Referans Gerilimi (-V)';
stringgrid1.Cells[7,0]:='Durum';
for i:=1 to istsa do
begin
stringgrid1.Cells[1,i]:=combobox1.Items.Strings[i-1];
stringgrid1.Cells[2,i]:='0';
stringgrid1.Cells[3,i]:='0';
stringgrid1.Cells[4,i]:='0';
stringgrid1.Cells[5,i]:='0';
stringgrid1.Cells[6,i]:='0';
end;
k:=0;
memo4.Lines.Clear;
if fileexists('C:\petrol\rapor\' + datetostr(now) + '.xls') then
memo4.Lines.LoadFromFile('C:\petrol\rapor\' + datetostr(now) + '.xls')
else
begin
memo4.lines.add('TR Adı'+#9+'Boru-Zemin Po.(-V)'+#9+'Anot Ak.
(A)'+#9+'Sıcaklık(C)'+#9+'Anot Ger. (V)'+#9+'Ref. Ger. (-V)'+#9+'Durum');
memo4.Lines.Add("");
end;
end;

procedure TForm1.ComboBox1Change(Sender: TObject);
begin
stringgrid1.Row:=combobox1.ItemIndex+1;
end;

```

```

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
    form1.Enabled:=false;
    passworddlg.Show;
    { form2.Show;}

end;

procedure TForm1.ComboBox2Change(Sender: TObject);
begin
    xcomm1.DeviceName:='COM'+inttostr(combobox2.itemindex+1);
end;

procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
    form4.show;
end;

procedure TForm1.Timer2Timer(Sender: TObject);
begin
    memo4.Lines.SaveToFile('C:\petrol\rapor\'+'datetostr(now)+'.xls');
end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
    for i:=1 to istsa do
        begin
            if (strtofloat(stringgrid1.cells[2,i])=0) and (strtofloat(stringgrid1.cells[3,i])=0)
            and (strtofloat(stringgrid1.cells[4,i])=0) and (strtofloat(stringgrid1.cells[5,i])=0) and
            (strtofloat(stringgrid1.cells[6,i])=0) then
                stringgrid1.Cells[7,i]:='Kapalı'
            else
                stringgrid1.Cells[7,i]:='Açık';
            end;
        end;
    end;

end.

```

EK 11

```

*****
;
*****
;
*****
;
LIST P=16F877
INCLUDE "M16F877.INC"
__CONFIG __CP_OFF & __WDT_OFF & __PWRTE_ON & __XT_OSC
& __BODEN_ON & __LVP_OFF & __CPD_OFF & __DEBUG_OFF
*****
;
ORG 0X00 ; Start at the reset vector
GOTO TANIM
*****
;
PCLATH_REG EQU 0X20 ;Gerekli Registerlerin Adreslenmesi
SAY1 EQU 0X21
SAY2 EQU 0X22
SAY3 EQU 0X23
SLAVE1_B0 EQU 0X24
SLAVE2_B0 EQU 0X25
SLAVE3_B0 EQU 0X26
SLAVE4_B0 EQU 0X27
SAY4 EQU 0X28
SAKLA_W EQU 0X29
SAKLA_S EQU 0X2A
CONTROL EQU 0X2B
DIV3 EQU 0X2C
ARK EQU 0X2D
DIV2 EQU 0X2E
LCD_REG EQU 0X2F
DIV1 EQU 0X30
CALCUL EQU 0X31
ADRES EQU 0X32
VALUE EQU 0X33
DEPO1 EQU 0X34
DEPO2 EQU 0X35
REG1 EQU 0X36
REG2 EQU 0X37
REG3 EQU 0X38
HANE1 EQU 0X39
HANE2 EQU 0X3A
TAB_REG EQU 0X3B
HANE3 EQU 0X3C
HANE4 EQU 0X3D
REG4 EQU 0X3E
ON_MILYONLAR EQU 0X3F
MILYONLAR EQU 0X40

```

YUZ_BINLER	EQU 0X41
ON_BINLER	EQU 0X42
BINLER	EQU 0X43
YUZLER	EQU 0X44
ONLAR	EQU 0X45
BIRLER	EQU 0X46
SAT31	EQU 0X47
SAT32	EQU 0X48
SAT33	EQU 0X49
SAT34	EQU 0X4A
SAT35	EQU 0X4B
SAT36	EQU 0X4C
SAT37	EQU 0X4D
ELDE	EQU 0X4E
ELDE1	EQU 0X4F
SAT1	EQU 0X50
SAT2	EQU 0X51
SAT3	EQU 0X52
;-----	
SAT11	EQU 0X53
SAT12	EQU 0X54
SAT13	EQU 0X55
SAT14	EQU 0X56
SAT15	EQU 0X57
SAT16	EQU 0X58
SAT17	EQU 0X59
;-----	
SAT21	EQU 0X5A
SAT22	EQU 0X5B
SAT23	EQU 0X5C
SAT24	EQU 0X5D
SAT25	EQU 0X5E
SAT26	EQU 0X5F
SAT27	EQU 0X60
YUZ_MILYONLAR	EQU 0X61
DIV4	EQU 0X62
SPEED	EQU 0X63
UST3	EQU 0X64
UST2	EQU 0X65
UST1	EQU 0X66
OPEN_REG	EQU 0X67
MILSAN	EQU 0X68
SALISE	EQU 0X69
SANIYE	EQU 0X6A
DAKICA	EQU 0X6B
ZEMIN_REG	EQU 0X6C
;SANIYE	EQU 0X6D

```

;SANIYE      EQU 0X6E
;SANIYE      EQU 0X6F
;*****
;#DEFINE OPEN_BITOPEN_REG,0
;-----
;#DEFINE CARPAN      CONTROL,0
;#DEFINE RS232_BIT   CONTROL,1
;#DEFINE REPEAT      CONTROL,2
;#DEFINE REPEAT1     CONTROL,3
;-----
;#DEFINE R_VOLT      PORTA,0
;#DEFINE S_VOLT      PORTA,1
;#DEFINE T_VOLT      PORTA,2
;#DEFINE RW          PORTA,4
;#DEFINE R_AKIM      PORTA,5
;#DEFINE S_AKIM      PORTE,0
;#DEFINE T_AKIM      PORTE,1
;#DEFINE N_AKIM      PORTE,2
;-----
;#DEFINE ENTER       PORTB,0
;#DEFINE UP          PORTB,1
;#DEFINE DOWN        PORTB,2
;#DEFINE CLEAR       PORTB,3
;-----
;#DEFINE DATA4      PORTD,7
;#DEFINE DATA3      PORTD,6
;#DEFINE DATA2      PORTD,5
;#DEFINE DATA1      PORTD,4
;-----
;#DEFINE LED_ON      PORTD,2
;#DEFINE NC2         PORTD,1
;#DEFINE NC3         PORTD,0
;-----
;#DEFINE RX          PORTC,7
;#DEFINE TX          PORTC,6
;#DEFINE EN          PORTC,5
;#DEFINE RS          PORTC,4
;#DEFINE NC4         PORTC,3
;#DEFINE ZERO_T      PORTC,2
;#DEFINE ZERO_S      PORTC,1
;#DEFINE ZERO_R      PORTC,0
;*****
;*****
;
ORG 0004H
INTERRUPT
    MOVWF SAKLA_W
    SWAPF STATUS,W

```

```

        CLRF     STATUS
        MOVWF    SAKLA_S
        MOVF     PCLATH,W
        MOVWF    PCLATH_REG
        CLRF     PCLATH
;-----
        BTFSS    PIR1,RCIF      ;RS232 INTERRUPT?
        GOTO     TMR0_GO
;-----
RCIF_INT                                ;24 BIT DATA REGISTERLERE YAZILIYOR.
        MOVLW    0X70
        MOVWF    FSR
;-----
DEVAM1 MOVF     RCREG,W
        MOVWF    INDF
        BCF      PIR1,RCIF
        INCF     FSR,F
        MOVLW    0X7F
        SUBWF    FSR,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     WAIT_TIME
;-----
        BCF      PIR1,RCIF
        BSF      RS232_BIT
        GOTO     TRANS
;-----
TMR0_GO BTFSC   INTCON,T0IF
        GOTO     TMR0_INT
        GOTO     TRANS
;-----
TMR0_INT
        BCF      INTCON,T0IF
        INCF     MILSAN,F
        MOVLW    .14
        MOVWF    TMR0
;-----
SAN_30 MOVLW    .50
        SUBWF    MILSAN,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     TRANS
        INCF     SALISE,F
        CLRF     MILSAN
        MOVLW    .100
        SUBWF    SALISE,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     TRANS
        INCF     SANIYE,F

```

```

        CLRF      SALISE
        MOVLW     .3                ;20 sn bekle
        SUBWF     SANIYE,W
        BTFSS     STATUS,C
        GOTO      TRANS
        CLRF      MILSAN
        CLRF      SALISE
        CLRF      SANIYE
        BSF        REPEAT
        GOTO      TRANS
;*****
TRANS    MOVF     PCLATH_REG,W
        MOVWF     PCLATH
        SWAPF     SAKLA_S,W
        MOVWF     STATUS
        SWAPF     SAKLA_W,F
        SWAPF     SAKLA_W,W
        RETFIE
;*****
WAIT_TIME
        MOVLW     SLAVE1_B0,.5
        CLRF      SLAVE2_B0
WAIT_TIME1
        BTFSC     PIR1,RCIF
        GOTO      DEVAM1
        DECFSZ    SLAVE2_B0,F
        GOTO      WAIT_TIME1
        DECFSZ    SLAVE1_B0,F
        GOTO      WAIT_TIME1
        BCF       PIR1,RCIF
        BSF        RS232_BIT
        GOTO      TRANS
;-----
;*****
;*****
;*****
TANIM    BSF      PCLATH,3
        BSF      PCLATH,4
        CALL     INITIAL_CPU
;-----
        CALL     REG_RESET
;*****
;*****
        CALL     DELAY1
        BSF      PCLATH,3
        CALL     LCD_SETUP
;*****
;*****
MAIN     CALL     LCD_CLEAR_B0
        MOVLW     .00                ;PWM duty cycle oranı(0/50)

```

```

MOVWF CCPR1L
BCF CCP1CON,4
BCF CCP1CON,5
;-----
MAIN_MENU
CALL LCD_CLEAR_BO
MOVLW .00 ;PWM duty cycle oranı(0/50)
MOVWF CCPR1L
BCF CCP1CON,4
BCF CCP1CON,5
;*****
;
MOVLF TXREG,'T'
CALL IF_BEKLE_COM
;-----
;
MOVLF TXREG,'E'
CALL IF_BEKLE_COM
;-----
;
MOVLF TXREG,'S'
CALL IF_BEKLE_COM
;-----
;
MOVLF TXREG,'T'
CALL IF_BEKLE_COM
;-----
;
MOVLF TXREG,.13 ;ENTER KOMUTU GÖNDER
CALL IF_BEKLE_COM
BCF RS232_BIT
BSF INTCON,GIE
;*****
;
CALL SIS_OPEN_READ
MAIN_MENU1
BCF INTCON,T0IE
BTFSC RS232_BIT
CALL RS232_KONT1
BTFSC OPEN_BIT
GOTO MAIN_PROG0
;-----
;
MOVLW 0XC0
CALL LCD_MOD_BO
MOVF 0X70,W
CALL LCD_PRINT_BO
MOVF 0X71,W
CALL LCD_PRINT_BO
MOVF 0X72,W
CALL LCD_PRINT_BO
MOVF 0X73,W
CALL LCD_PRINT_BO
MOVF 0X74,W

```

```

CALL    LCD_PRINT_BO
MOVF    0X75,W
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVF    0X76,W
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVF    0X77,W
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVF    0X78,W
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVF    0X79,W
CALL    LCD_PRINT_BO

CALL    BORU_ZEM_READ

MOVLW   ''
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVF    BINLER,W
CALL    LCD_PRINT1_BO
MOVF    YUZLER,W
CALL    LCD_PRINT1_BO
MOVF    ONLAR,W
CALL    LCD_PRINT1_BO

BSF     PCLATH,3
CALL    KAPALI_LCD
BTFSC   ENTER
GOTO    MAIN_MENU1
MAIN_RET
CALL    LCD_CLEAR_B0
BSF     PCLATH,3
CALL    AYAR_LCD
;*****
MAIN_MENU2
CALL    ARK_TIME
BTFSS   ENTER
GOTO    MAIN_MENU2

;-----
CALL    BORU_ZEM_READ
MOVFF   SLAVE1_B0,ONLAR
MOVFF   SLAVE2_B0,YUZLER
MOVFF   SLAVE3_B0,BINLER
CLRF    BIRLER

;-----
CALL    ZEM_LCD
MAIN_MENU20
MOVLW   UST3,.1
MOVLW   UST2,.5

```

```

        MOVLFS    UST1,.0
        BTFSS     DOWN
        CALL      AYAR_DOWN_LINK
        BTFSS     UP
        CALL      AYAR_UP_LINK
        BTFSS     ENTER
        GOTO      MAIN_MENU20
        GOTO      MAIN_PROG
;*****
ZEM_LCD CALL      _C0_LCD_B0
        MOVF      BINLER,W
        CALL      LCD_PRINT1_BO
;-----
        MOVF      YUZLER,W
        CALL      LCD_PRINT1_BO
;-----
        MOVF      ONLAR,W
        CALL      LCD_PRINT1_BO
;-----
        MOVF      BIRLER,W
        CALL      LCD_PRINT1_BO
;-----
        RETURN
;*****
AYAR_UP_LINK
        CALL      AYAR_UP
;-----
        MOVFF     BINLER,SLAVE3_B0
        MOVFF     YUZLER,SLAVE2_B0
        MOVFF     ONLAR,SLAVE1_B0
;-----
        CALL      ZEM_LCD
        RETURN
;*****
AYAR_DOWN_LINK
        CALL      AYAR_DOWN
;-----
        MOVFF     BINLER,SLAVE3_B0
        MOVFF     YUZLER,SLAVE2_B0
        MOVFF     ONLAR,SLAVE1_B0
;-----
        CALL      ZEM_LCD
        RETURN
;*****
AYAR_UPSUBLF     SPEED,.255,W
        BTFSS     STATUS,Z
        INCF      SPEED,F

```

```

;-----
    SUBFF    SLAVE3_B0,UST3
    BTFSS    STATUS,Z
    GOTO     T0
;-----
    SUBFF    SLAVE2_B0,UST2
    BTFSS    STATUS,Z
    GOTO     T0
;-----
    SUBFF    SLAVE1_B0,UST1
    BTFSC    STATUS,Z
    GOTO     T3
    INCF SLAVE1_B0,F
    RETURN
;-----
T0  SUBLF    SLAVE1_B0,.9,W
    BTFSC    STATUS,Z
    GOTO     T1
    INCF SLAVE1_B0,F
    RETURN
T1  SUBLF    SLAVE2_B0,.9,W
    BTFSC    STATUS,Z
    GOTO     T2
    INCF SLAVE2_B0,F
    CLRF     SLAVE1_B0
    RETURN
;-----
T2  INCF SLAVE3_B0,F
    CLRF     SLAVE2_B0
    CLRF     SLAVE1_B0
    RETURN
;-----
T3  CLRF     SLAVE1_B0
    CLRF     SLAVE2_B0
    CLRF     SLAVE3_B0
    RETURN
;*****
;
AYAR_DOWN
    SUBLF    SPEED,.255,W
    BTFSS    STATUS,Z
    INCF SPEED,F
;-----
    SUBLF    SLAVE3_B0,.0,W
    BTFSS    STATUS,Z
    GOTO     TS1
;-----
    SUBLF    SLAVE2_B0,.0,W

```

```

        BTFSS    STATUS,Z
        GOTO     TS1
;-----
        SUBLF    SLAVE1_B0,.0,W
        BTFSC    STATUS,Z
        GOTO     TS4
        DECF     SLAVE1_B0,F
        RETURN
;-----
TS1  SUBLF    SLAVE1_B0,.0,W
        BTFSC    STATUS,Z
        GOTO     TS2
        DECF     SLAVE1_B0,F
        RETURN
TS2  SUBLF    SLAVE2_B0,.0,W
        BTFSC    STATUS,Z
        GOTO     TS3
        DECF     SLAVE2_B0,F
        MOVLFF   SLAVE1_B0,.9
        RETURN
;-----
TS3  DECF     SLAVE3_B0,F
        MOVLFF   SLAVE2_B0,.9
        MOVLFF   SLAVE1_B0,.9
        RETURN
;-----
TS4  MOVFF     SLAVE1_B0,UST1
        MOVFF     SLAVE2_B0,UST2
        MOVFF     SLAVE3_B0,UST3
        RETURN
;-----
;*****
MAIN_PROG
        CALL     BORU_ZEM_WRITE
        CALL     LCD_CLEAR_B0
;-----
MAIN_P1 BSF    PCLATH,3
        CALL     SISTEM_LCD
        BTFSS    UP
        BSF     OPEN_BIT
        BTFSS    DOWN
        BCF     OPEN_BIT
        BTFSC    ENTER
        GOTO     MAIN_P1
        CALL     SIS_OPEN_WRITE
        GOTO     MAIN_PROG0
;*****
SIS_OPEN_WRITE

```

```

        MOVLF    ADRES,.10
        MOVFF    VALUE,OPEN_REG
        CALL     EPR_WR
        RETURN

;=====
SIS_OPEN_READ
        MOVLF    ADRES,.10
        CALL     EPR_READ
        MOVFF    OPEN_REG,VALUE
        RETURN

;=====
BORU_ZEM_WRITE
        MOVLF    ADRES,.0
        MOVFF    VALUE,BINLER
        CALL     EPR_WR
        MOVFF    VALUE,YUZLER
        INCFADRES,F
        CALL     EPR_WR
        MOVFF    VALUE,ONLAR
        INCFADRES,F
        CALL     EPR_WR
        RETURN

;=====
BORU_ZEM_READ
        MOVLF    ADRES,.0
        CALL     EPR_READ
        MOVFF    BINLER,VALUE
        INCFADRES,F
        CALL     EPR_READ
        MOVFF    YUZLER,VALUE
        INCFADRES,F
        CALL     EPR_READ
        MOVFF    ONLAR,VALUE
        RETURN

;=====
MAIN_PROG0
        CALL     BORU_ZEM_READ
        CALL     REG_ORDER1
        BSF     INTCON,T0IE
        CALL     TIME_RESET
MAIN_PROG1
        BTFSC    RS232_BIT
        CALL     RS232_KONT1
        BTFSS    OPEN_BIT
        GOTO     MAIN_MENU

;-----
        BTFSS    DOWN

```

```

GOTO    MAIN_RET
BSF PCLATH,3
CALL    ACIK_LCD
CALL    ADC_R6
CALL    ADC_VAL
BCF STATUS,C
RLF DEPO1,F
RLF DEPO2,F
MOVFF   SLAVE1_B0,DEPO1
MOVFF   SLAVE2_B0,DEPO2
;-----
    MOVLFSLAVE3_B0,0XFE
    MOVLFSLAVE4_B0,0X07
    MOVF   DEPO1,W
    SUBWFSLAVE3_B0,W
    BTFSS  STATUS,C
    DECF   SLAVE4_B0,F
    SUBFF  SLAVE3_B0,SLAVE1_B0
    MOVWFSLAVE3_B0
    SUBFF  SLAVE4_B0,SLAVE2_B0
    MOVWFSLAVE4_B0
    MOVFF  DEPO1,SLAVE3_B0
    MOVFF  DEPO2,SLAVE4_B0
;-----
    CALL   ADC_CALCULATE
    BSF PCLATH,3
    CALL   ADC_LCD0
;-----
    BTFSC  REPEAT
    BSF REPEAT1
;-----
    BTFSC  REPEAT1
    CALL   BZPOT_RS232
;-----????????????????????????????????
    BSF STATUS,RP0
    MOVLFSLAVE3_B0,0X00
    BCF STATUS,RP0
    CALL   ADC_R6
    CALL   ADC_VAL
;-----
    SUBFF  DEPO2,ZEMIN_REG
;    BTFSC  STATUS,Z
;    GOTO   DEVAM
    SUBFF  DEPO2,ZEMIN_REG
;    BTFSS  STATUS,C
    CALL   INC_PROG
    SUBFF  DEPO2,ZEMIN_REG

```

```

;   BTFSC   STATUS,C
;   CALL    DEC_PROG
;-----
DEVAM
;   MOVLFF  DEPO2,.124
;   MOVFF   CCPR1L,DEPO2
;   BSF     CCP1CON,4
;   BSF     CCP1CON,5
;   BTFSS   DEPO1,0
;   BCF     CCP1CON,4
;   BTFSS   DEPO1,1
;   BCF     CCP1CON,5
;   BSF     STATUS,RP0
;   MOVLFF  ADCON1,B'10000000'
;   BCF     STATUS,RP0
;-----
;   CALL    ADC_R1
;   CALL    ADC_VAL
;   CALL    ADC_CALCULATE
;   BSF     PCLATH,3
;   CALL    ADC_LCD1
;-----
;   BTFSC   REPEAT1
;   CALL    ANOT_RS232
;-----
;   CALL    ADC_R4
;   CALL    ADC_VAL
;   CALL    ADC_CALCULATE
;   BSF     PCLATH,3
;   CALL    ADC_LCD2
;-----
;   BTFSC   REPEAT1
;   CALL    SICAK_RS232
;   BTFSC   REPEAT1
;   CALL    ANOT_GERILIMI_RS232
;-----
;   BTFSS   ENTER
;   GOTO    START
;   BTFSS   UP
;   GOTO    MAIN_MENU
;   BTFSS   DEC
;   GOTO    STOP
;-----
;   GOTO    MAIN_PROG1
;*****
INC_PROG
;   SUBLF   CCPR1L,.255,W

```

```

;   BTFSC   STATUS,Z
;   RETURN
;   INCFCCPR1L,F
;   RETURN
;*****
DEC_PROG
    SUBLF   CCPR1L,.0,W
    BTFSC   STATUS,Z
    RETURN
    DECF    CCPR1L,F
    RETURN
;*****
REG_ORDER1                                ;decimal/binary dönüşüm
    MOVFF   SLAVE4_B0,BINLER
    MOVFF   SLAVE1_B0,YUZLER
    MOVFF   SLAVE3_B0,BIRLER
    CALL    MULTIP_OP2
    MOVFF   ZEMIN_REG,SLAVE3_B0
    RETURN
;*****
MULTIP_OP2                                ;çarpma işlemi
    CLRF    SLAVE2_B0
M11 SUBLF   SLAVE4_B0,.0,W
    BTFSC   STATUS,Z
    GOTO    MULTIP_OP
    ADDLF   SLAVE2_B0,.100
    DECF    SLAVE4_B0,F
    GOTO    M11
;-----
MULTIP_OP
M12 SUBLF   SLAVE1_B0,.0,W
    BTFSC   STATUS,Z
    GOTO    M22
    ADDLF   SLAVE2_B0,.10
    DECF    SLAVE1_B0,F
    GOTO    M12
;-----
M22 ADDFF   SLAVE3_B0,SLAVE2_B0,F
    RETURN
;=====
;*****
SICAK_RS232
    MOVLF   TXREG,'S'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLF   TXREG,'I'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLF   TXREG,'C'

```

```

CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'A'
CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'K'
CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'L'
CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'I'
CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'K'
CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'='
CALL    IF_BEKLE_COM
;-----
MOVf     YUZLER,W
ADDLW    0X30
MOVWF    TXREG
CALL     IF_BEKLE_COM
;-----
MOVf     ONLAR,W
ADDLW    0X30
MOVWF    TXREG
CALL     IF_BEKLE_COM
;-----
MOVf     BIRLER,W
ADDLW    0X30
MOVWF    TXREG
CALL     IF_BEKLE_COM
;-----
MOVLf    TXREG,.13
CALL     IF_BEKLE_COM
RETURN
;*****
MOVLF    TXREG,'M'
CALL     IF_BEKLE_COM

ANOT_GERILIMI_RS232
MOVLf    TXREG,'A'
CALL     IF_BEKLE_COM
MOVLf    TXREG,'N'
CALL     IF_BEKLE_COM
MOVLf    TXREG,'O'
CALL     IF_BEKLE_COM
MOVLf    TXREG,'T'
CALL     IF_BEKLE_COM
MOVLf    TXREG,' '

```

```

CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'G'
CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'E'
CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'R'
CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'i'
CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'M'
CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'i'
CALL    IF_BEKLE_COM
MOVLf   TXREG,'='
CALL    IF_BEKLE_COM
;-----
MOVf    BINLER,W
ADDLW   0X30
MOVWF   TXREG
CALL    IF_BEKLE_COM
;-----
MOVf    YUZLER,W
ADDLW   0X30
MOVWF   TXREG
CALL    IF_BEKLE_COM
;-----
MOVf    ONLAR,W
ADDLW   0X30
MOVWF   TXREG
CALL    IF_BEKLE_COM
;-----
MOVLf   TXREG,'.'
CALL    IF_BEKLE_COM
;-----
MOVf    BIRLER,W
ADDLW   0X30
MOVWF   TXREG
CALL    IF_BEKLE_COM
;-----
MOVLf   TXREG,.13
CALL    IF_BEKLE_COM
CALL    TIME_RESET
RETURN
*****
TIME_RESET
BCF REPEAT1
BCF REPEAT

```

```

CLRf    MILSAN
CLRf    SALISE
CLRf    SANIYE
CLRf    DAKIKA
RETURN

```

```

;*****

```

```

ANOT_RS232

```

```

    MOVLF    TXREG,'A'
    CALL     IF_BEKLE_COM
    MOVLF    TXREG,'N'
    CALL     IF_BEKLE_COM
    MOVLF    TXREG,'O'
    CALL     IF_BEKLE_COM
    MOVLF    TXREG,'T'
    CALL     IF_BEKLE_COM
    MOVLF    TXREG,' '
    CALL     IF_BEKLE_COM
    MOVLF    TXREG,'A'
    CALL     IF_BEKLE_COM
    MOVLF    TXREG,'K'
    CALL     IF_BEKLE_COM
    MOVLF    TXREG,'I'
    CALL     IF_BEKLE_COM
    MOVLF    TXREG,'M'
    CALL     IF_BEKLE_COM
    MOVLF    TXREG,'I'
    CALL     IF_BEKLE_COM
    MOVLF    TXREG,'='
    CALL     IF_BEKLE_COM

```

```

;-----
    MOVF     BINLER,W
    ADDLW    0X30
    MOVWF    TXREG
    CALL     IF_BEKLE_COM

```

```

;-----
    MOVF     YUZLER,W
    ADDLW    0X30
    MOVWF    TXREG
    CALL     IF_BEKLE_COM

```

```

;-----
    MOVLF    TXREG,'.'
    CALL     IF_BEKLE_COM

```

```

;-----
    MOVF     ONLAR,W
    ADDLW    0X30
    MOVWF    TXREG
    CALL     IF_BEKLE_COM

```

```

;-----
    MOVF    BIRLER,W
    ADDLW   0X30
    MOVWF   TXREG
    CALL    IF_BEKLE_COM
;-----
    MOVLf   TXREG,.13
    CALL    IF_BEKLE_COM
    RETURN
;*****
BZPOT_RS232
    MOVLf   TXREG,'B'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'O'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'R'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'U'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,' '
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'Z'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'E'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'M'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'i'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'N'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,' '
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'P'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'O'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'T'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'A'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'N'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'S'
    CALL    IF_BEKLE_COM
    MOVLf   TXREG,'i'
    CALL    IF_BEKLE_COM

```

```

        MOVLF    TXREG,'Y'
        CALL     IF_BEKLE_COM
        MOVLF    TXREG,'E'
        CALL     IF_BEKLE_COM
        MOVLF    TXREG,'L'
        CALL     IF_BEKLE_COM
        MOVLF    TXREG,'i'
        CALL     IF_BEKLE_COM
        MOVLF    TXREG,'='
        CALL     IF_BEKLE_COM
;-----
        MOVF     BINLER,W
        ADDLW    0X30
        MOVWF    TXREG
        CALL     IF_BEKLE_COM
;-----
        MOVF     YUZLER,W
        ADDLW    0X30
        MOVWF    TXREG
        CALL     IF_BEKLE_COM
;-----
        MOVF     ONLAR,W
        ADDLW    0X30
        MOVWF    TXREG
        CALL     IF_BEKLE_COM
;-----
        MOVF     BIRLER,W
        ADDLW    0X30
        MOVWF    TXREG
        CALL     IF_BEKLE_COM
;-----
        MOVLF    TXREG,.13
        CALL     IF_BEKLE_COM
        RETURN
;*****
DIVISION2
        CLRF     HANE1
        CLRF     HANE2
        CLRF     HANE3
        CLRF     HANE4
        MOVLF    REG3,.00
        MOVLF    REG2,0X13
        MOVLF    REG1,0X88
        BCF     STATUS,C
        RLF     REG1,F
        RLF     REG2,F
        MOVLF    SAY3,0X00

```

```

        MOVLW  SAY2,0X00
        MOVLW  SAY1,0X6F
        CALL   BOLME
        GOTO   DISPLAY
;*****
BOLME  MOVF    SAY1,W
      SUBWF   REG1,W
      BTFSC   STATUS,C
      GOTO    CIK3
;-----
      MOVLW   0X00
      XORWF   REG2,W
      BTFSS   STATUS,Z
      GOTO    CIK2
;-----
      MOVLW   0X00
      XORWF   REG3,W
      BTFSS   STATUS,Z
      GOTO    CIK1
;-----
      MOVLW   0X00
      XORWF   REG4,W
      BTFSC   STATUS,Z
      RETURN
;-----
      DECF    REG4,F
;-----
CIK1  DECF    REG3,F
;-----
CIK2  DECF    REG2,F
;-----
CIK3  MOVF    SAY1,W
      SUBWF   REG1,F
;-----
      MOVF    SAY2,W
      SUBWF   REG2,W
      BTFSC   STATUS,C
      GOTO    CIK5
;-----
      MOVLW   0X00
      XORWF   REG3,W
      BTFSS   STATUS,Z
      GOTO    CIK4
;-----
      MOVLW   0X00
      XORWF   REG4,W
      BTFSC   STATUS,Z

```

```

RETURN
;-----
    DECF    REG4,F
;-----
CIK4 DECF    REG3,F
;-----
CIK5 MOVF    SAY2,W
    SUBWF    REG2,F
;-----
    MOVF    SAY3,W
    SUBWF    REG3,W
    BTFSC    STATUS,C
    GOTO     CIK6
;-----
    MOVLW    0X00
    XORWF    REG4,W
    BTFSC    STATUS,Z
    RETURN
;-----
    DECF    REG4,F
;-----
CIK6 MOVF    SAY3,W
    SUBWF    REG3,F
;-----
    MOVF    SAY4,W
    SUBWF    REG4,W
    BTFSS    STATUS,C
    RETURN
;-----
    MOVF    SAY4,W
    SUBWF    REG4,F
;-----
    INCFHANE1,F
    MOVLW    .10
    XORWF    HANE1,W
    BTFSS    STATUS,Z
    GOTO     BOLME
;-----
    INCFHANE2,F
    CLRF     HANE1
    MOVLW    .10
    XORWF    HANE2,W
    BTFSS    STATUS,Z
    GOTO     BOLME
;-----
    INCFHANE3,F
    CLRF     HANE2

```

```

        MOVLW    .10
        XORWF    HANE3,W
        BTFSS    STATUS,Z
        GOTO     BOLME
;-----
        INCF     HANE4,F
        CLRF     HANE3
        MOVLW    .10
        XORWF    HANE4,W
        BTFSS    STATUS,Z
        GOTO     BOLME
;-----
DISPLAY MOVLW    0X30
        ADDWF    HANE1,F
        ADDWF    HANE2,F
        ADDWF    HANE3,F
        ADDWF    HANE4,F
;*****
        MOVLF    LCD_REG,H'89'
        CALL     LCD_MOD_BO
        MOVFF    LCD_REG,HANE4
        CALL     LCD_PRINT_BO
        MOVFF    LCD_REG,HANE3
        CALL     LCD_PRINT_BO
        MOVFF    LCD_REG,HANE2
        CALL     LCD_PRINT_BO
        MOVFF    LCD_REG,HANE1
        CALL     LCD_PRINT_BO
        MOVLF    LCD_REG,'H'
        CALL     LCD_PRINT_BO
        MOVLF    LCD_REG,'z'
        CALL     LCD_PRINT_BO
        RETURN
;*****
ISLEM   CLRF     ON_MILYONLAR
        CLRF     MILYONLAR
        CLRF     YUZ_BINLER
        CLRF     ON_BINLER
        CLRF     BINLER
        CLRF     YUZLER
        CLRF     ONLAR
        CLRF     BIRLER
;        MOVLF    YUZ_MILYONLAR,.2
;        MOVLF    ON_MILYONLAR,.2
;        MOVLF    MILYONLAR,.2
        MOVLF    YUZ_BINLER,.0
        MOVLF    ON_BINLER,.0

```

```

        MOVLFB  BINLER,.0
        MOVLFB  YUZLER,.9
        MOVLFB  ONLAR,.9
        MOVLFB  BIRLER,.9
        MOVLFB  SAT1,.9
        MOVLFB  SAT2,.9
        MOVLFB  SAT3,.9
        CALL    CARPMA
        CALL    DISPLAY1
        RETURN
;*****
MULTIP_OP1
        CLRFB  SLAVE2_B0
M1  SUBLFB  SLAVE1_B0,.0,W
        BTFSC  STATUS,Z
        GOTO   M2
        ADDFB  SLAVE2_B0,SLAVE3_B0,F
        DECF   SLAVE1_B0,F
        SUBLFB  SLAVE2_B0,.10,W
        BTFSS  STATUS,C
        GOTO   M1
        INCFELDE,F
        SUBLFB  SLAVE2_B0,.10,F
        GOTO   M1
;-----
M2  ADDFB  SLAVE2_B0,ELDE1,F
        SUBLFB  SLAVE2_B0,.10,W
        BTFSS  STATUS,C
        RETURN
        INCFELDE,F
        SUBLFB  SLAVE2_B0,.10,F
        RETURN
;*****
IF_BEKLE_COM
        BTFSS  PIR1,TXIF
        GOTO   IF_BEKLE_COM
        BCF  PIR1,TXIF
        RETURN
;*****
CARPMA  MOVFF  SLAVE3_B0,SAT1
        MOVFF  SLAVE1_B0,BIRLER
        CLRFB  ELDE1
        CLRFB  ELDE
        CALL   MULTIP_OP1
        MOVFF  SAT11,SLAVE2_B0
;-----
        MOVFF  SLAVE1_B0,ONLAR

```

```

MOVFF  ELDE1,ELDE
CLRF   ELDE
CALL   MULTIP_OP1
MOVFF  SAT12,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF  SLAVE1_B0,YUZLER
MOVFF  ELDE1,ELDE
CLRF   ELDE
CALL   MULTIP_OP1
MOVFF  SAT13,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF  SLAVE1_B0,BINLER
MOVFF  ELDE1,ELDE
CLRF   ELDE
CALL   MULTIP_OP1
MOVFF  SAT14,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF  SLAVE1_B0,ON_BINLER
MOVFF  ELDE1,ELDE
CLRF   ELDE
CALL   MULTIP_OP1
MOVFF  SAT15,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF  SLAVE1_B0,YUZ_BINLER
MOVFF  ELDE1,ELDE
CLRF   ELDE
CALL   MULTIP_OP1
MOVFF  SAT16,SLAVE2_B0
MOVFF  SAT17,ELDE
;=====
MOVFF  SLAVE3_B0,SAT2
MOVFF  SLAVE1_B0,BIRLER
CLRF   ELDE1
CLRF   ELDE
CALL   MULTIP_OP1
MOVFF  SAT21,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF  SLAVE1_B0,ONLAR
MOVFF  ELDE1,ELDE
CLRF   ELDE
CALL   MULTIP_OP1
MOVFF  SAT22,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF  SLAVE1_B0,YUZLER
MOVFF  ELDE1,ELDE
CLRF   ELDE
CALL   MULTIP_OP1

```

```

MOVFF SAT23,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF SLAVE1_B0,BINLER
MOVFF ELDE1,ELDE
CLRF ELDE
CALL MULTIP_OP1
MOVFF SAT24,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF SLAVE1_B0,ON_BINLER
MOVFF ELDE1,ELDE
CLRF ELDE
CALL MULTIP_OP1
MOVFF SAT25,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF SLAVE1_B0,YUZ_BINLER
MOVFF ELDE1,ELDE
CLRF ELDE
CALL MULTIP_OP1
MOVFF SAT26,SLAVE2_B0
MOVFF SAT27,ELDE
;=====
MOVFF SLAVE3_B0,SAT3
MOVFF SLAVE1_B0,BIRLER
CLRF ELDE1
CLRF ELDE
CALL MULTIP_OP1
MOVFF SAT31,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF SLAVE1_B0,ONLAR
MOVFF ELDE1,ELDE
CLRF ELDE
CALL MULTIP_OP1
MOVFF SAT32,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF SLAVE1_B0,YUZLER
MOVFF ELDE1,ELDE
CLRF ELDE
CALL MULTIP_OP1
MOVFF SAT33,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF SLAVE1_B0,BINLER
MOVFF ELDE1,ELDE
CLRF ELDE
CALL MULTIP_OP1
MOVFF SAT34,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF SLAVE1_B0,ON_BINLER

```

```

MOVFF  ELDE1,ELDE
CLRF   ELDE
CALL   MULTIP_OP1
MOVFF  SAT35,SLAVE2_B0
;-----
MOVFF  SLAVE1_B0,YUZ_BINLER
MOVFF  ELDE1,ELDE
CLRF   ELDE
CALL   MULTIP_OP1
MOVFF  SAT36,SLAVE2_B0
MOVFF  SAT37,ELDE
;=====
MOVFF  BIRLER,SAT11
;-----
CLRF   ELDE
CLRF   ELDE1
ADDDFF SAT21,SAT12,F
SUBLF  SAT21,.10,W
BTFSS  STATUS,C
GOTO   GO1
INCFELDE,F
SUBLF  SAT21,.10,F
GO1 MOVFF ONLAR,SAT21
;-----
ADDDFF SAT22,SAT13,F
SUBLF  SAT22,.10,W
BTFSS  STATUS,C
GOTO   GO2
INCFELDE1,F
SUBLF  SAT22,.10,F
GO2 ADDFF SAT31,SAT22,F
SUBLF  SAT31,.10,W
BTFSS  STATUS,C
GOTO   GO3
INCFELDE1,F
SUBLF  SAT31,.10,F
GO3 ADDFF SAT31,ELDE,F
SUBLF  SAT31,.10,W
BTFSS  STATUS,C
GOTO   GO20
INCFELDE1,F
SUBLF  SAT31,.10,F
GO20 MOVFF YUZLER,SAT31
;-----
CLRF   ELDE
ADDDFF SAT23,SAT14,F
SUBLF  SAT23,.10,W

```

```

        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO30
        INCFELDE,F
        SUBLF    SAT23,.10,F
GO30    ADDFF    SAT32,SAT23,F
        SUBLF    SAT32,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO31
        INCFELDE,F
        SUBLF    SAT32,.10,F
GO31    ADDFF    SAT32,ELDE1,F
        SUBLF    SAT32,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO4
        INCFELDE,F
        SUBLF    SAT32,.10,F
GO4    MOVFF    BINLER,SAT32
;-----
        CLRF     ELDE1
        ADDFF    SAT24,SAT15,F
        SUBLF    SAT24,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO42
        INCFELDE1,F
        SUBLF    SAT24,.10,F
GO42    ADDFF    SAT33,SAT24,F
        SUBLF    SAT33,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO43
        INCFELDE1,F
        SUBLF    SAT33,.10,F
GO43    ADDFF    SAT33,ELDE,F
        SUBLF    SAT33,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO5
        INCFELDE1,F
        SUBLF    SAT33,.10,F
GO5    MOVFF    ON_BINLER,SAT33
;-----
        CLRF     ELDE
        ADDFF    SAT25,SAT16,F
        SUBLF    SAT25,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO52
        INCFELDE,F
        SUBLF    SAT25,.10,F
GO52    ADDFF    SAT34,SAT25,F

```

```

        SUBLF    SAT34,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO53
        INCFELDE,F
        SUBLF    SAT34,.10,F
GO53    ADDFF    SAT34,ELDE1,F
        SUBLF    SAT34,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO6
        INCFELDE,F
        SUBLF    SAT34,.10,F
GO6     MOVFF    YUZ_BINLER,SAT34
;-----
        CLRF     ELDE1
        ADDFF    SAT26,SAT17,F
        SUBLF    SAT26,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO62
        INCFELDE1,F
        SUBLF    SAT26,.10,F
GO62    ADDFF    SAT35,SAT26,F
        SUBLF    SAT35,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO63
        INCFELDE1,F
        SUBLF    SAT35,.10,F
GO63    ADDFF    SAT35,ELDE,F
        SUBLF    SAT35,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO7
        INCFELDE1,F
        SUBLF    SAT35,.10,F
GO7     MOVFF    MILYONLAR,SAT35
;-----
        CLRF     ELDE
        ADDFF    SAT36,SAT27,F
        SUBLF    SAT36,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO72
        INCFELDE,F
        SUBLF    SAT36,.10,F
GO72    ADDFF    SAT36,ELDE1,F
        SUBLF    SAT36,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     GO8
        INCFELDE,F
        SUBLF    SAT36,.10,F

```

```

GO8 MOVFF  ON_MILYONLAR,SAT36
;-----
    CLRF    ELDE1
    ADDFF   SAT37,ELDE,F
    SUBLF   SAT37,.10,W
    BTFSS   STATUS,C
    GOTO    GO9
    INCFELDE1,F
    SUBLF   SAT37,.10,F
GO9 MOVFF  YUZ_MILYONLAR,SAT37
    RETURN
;*****
RS232_KONT1
    BCF RS232_BIT
    SUBLF   0X70,'C',W
    BTFSC   STATUS,Z
    GOTO    CLOSE_PROG
;-----
    SUBLF   0X70,'V',W
    BTFSC   STATUS,Z
    GOTO    REF_PROG
;-----
    SUBLF   0X70,'O',W
    BTFSS   STATUS,Z
    RETURN
    SUBLF   0X71,'P',W
    BTFSS   STATUS,Z
    RETURN
    SUBLF   0X72,'E',W
    BTFSS   STATUS,Z
    RETURN
    SUBLF   0X73,'N',W
    BTFSC   STATUS,Z
    GOTO    OPEN
    RETURN
;-----
OPEN    BSF OPEN_BIT
        BSF LED_ON
        RETURN
;*****
REF_PROG
    SUBLF   0X71,'R',W
    BTFSS   STATUS,Z
    RETURN
    SUBLF   0X72,'E',W
    BTFSS   STATUS,Z
    RETURN

```

```

        SUBLF    0X73,'F',W
        BTFSS    STATUS,Z
        RETURN
        SUBLF    0X74,'-',W
        BTFSS    STATUS,Z
        RETURN

        SUBLF    0X75,0X30,W
        MOVWF    BINLER
        SUBLF    0X76,0X30,W
        MOVWF    YUZLER
        SUBLF    0X77,0X30,W
        MOVWF    ONLAR

        CALL     BORU_ZEM_WRITE
        RETURN
;*****
CLOSE_PROG
        SUBLF    0X71,'L',W
        BTFSS    STATUS,Z
        RETURN
        SUBLF    0X72,'O',W
        BTFSS    STATUS,Z
        RETURN
        SUBLF    0X73,'S',W
        BTFSS    STATUS,Z
        RETURN
        SUBLF    0X74,'E',W
        BTFSS    STATUS,Z
        RETURN
        BCF     OPEN_BIT
        BCF     LED_ON
        RETURN
;*****
DISPLAY1
        MOVLW    0X30
        ADDWF    BIRLER,F
        ADDWF    ONLAR,F
        ADDWF    YUZLER,F
        ADDWF    BINLER,F
        ADDWF    ON_BINLER,F
        ADDWF    YUZ_BINLER,F
        ADDWF    MILYONLAR,F
        ADDWF    ON_MILYONLAR,F
        ADDWF    YUZ_MILYONLAR,F
;*****
        MOVLW    LCD_REG,H'CC'

```

```

CALL    LCD_MOD_BO
; MOVFF LCD_REG,YUZ_MILYONLAR
; CALL  LCD_PRINT_BO
MOVFF   LCD_REG,ON_MILYONLAR
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVFF   LCD_REG,MILYONLAR
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVFF   LCD_REG,YUZ_BINLER
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVFF   LCD_REG,ON_BINLER
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVFF   LCD_REG,BINLER
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVFF   LCD_REG,YUZLER
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVFF   LCD_REG,ONLAR
CALL    LCD_PRINT_BO
MOVFF   LCD_REG,BIRLER
CALL    LCD_PRINT_BO
RETURN

```

```

;*****
ADC_VALMOVFF  DEPO2,ADRESH
    MOVLW 0X9E
    MOVWF FSR
    MOVF  INDF,W
    MOVWF CALCUL
    MOVFF DEPO1,CALCUL
    RETURN

```

```

;-----
ADC_CALCULATE
    CLRF  DIV4
    CLRF  DIV3
    CLRF  DIV2
    CLRF  DIV1
    MOVF  DEPO1,W
    MOVWF CALCUL

```

```

;-----
    SUBLF  DEPO2,.9,W
    BTFSC  STATUS,C
    RETURN

```

```

;-----
KON2    BTFSS  DEPO2,2
        GOTO   KON1
        MOVLW  DIV4,.1
        MOVLW  DIV3,.0
        MOVLW  DIV2,.2
        MOVLW  DIV1,.4

```

```

;-----
KON1   BTFSS   DEPO2,1
        GOTO    KON
        ADDLF   DIV4,.0
        ADDLF   DIV3,.5
        ADDLF   DIV2,.1
        ADDLF   DIV1,.2
;-----
KON BTFSS   DEPO2,0
        GOTO    KONT
        ADDLF   DIV4,.0
        ADDLF   DIV3,.2
        ADDLF   DIV2,.5
        ADDLF   DIV1,.6
        SUBLF   DIV1,.10,W
        BTFSS   STATUS,C
        GOTO    KONT
        SUBLF   DIV1,.10,F
        INCFDIV2,F
        GOTO    KONT
;-----
KONT   CALL    YUZ
        RETURN
;*****
DIVISION
        CLRF    DIV1
        CLRF    DIV2
        CLRF    DIV3
        CLRF    DIV4
;-----
YUZ SUBLF    CALCUL,.100,W
        BTFSS   STATUS,C
        GOTO    ON
        INCFDIV3,F

        SUBLF   DIV3,.10,W
        BTFSS   STATUS,C
        GOTO    YUZ1
        CLRF    DIV3
        INCFDIV4,F

YUZ1   SUBLF    CALCUL,.100,F
        GOTO    YUZ
;-----
ON   SUBLF    CALCUL,.10,W
        BTFSS   STATUS,C
        GOTO    BIR1

```

```

        INCFDIV2,F

        SUBLF    DIV2,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     ON1
        CLRF     DIV2
        INCFDIV3,F

        SUBLF    DIV3,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     ON1
        CLRF     DIV3
        INCFDIV4,F

ON1 SUBLF    CALCUL,.10,F
    GOTO     ON
;-----
BIR1 MOVF    CALCUL,W
    MOVWF    DIV1
;-----
        SUBLF    DIV1,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        GOTO     X
        INCFDIV2,F
        SUBLF    DIV1,.10,F
;-----
X  SUBLF    DIV2,.10,W
    BTFSS    STATUS,C
    RETURN
    INCFDIV3,F
    SUBLF    DIV2,.10,F

        SUBLF    DIV3,.10,W
        BTFSS    STATUS,C
        RETURN
        INCFDIV4,F
        SUBLF    DIV3,.10,F
        RETURN
;*****
ADC_R7 MOVLW  B'10111001'
    MOVWF    ADCON0                ;7.Kanalın seçimi
    GOTO     ADC_RUN
;-----
ADC_R6 MOVLW  B'10110001'
    MOVWF    ADCON0                ;6.Kanalın seçimi
    GOTO     ADC_RUN
;-----

```

```

ADC_R5 MOVLW B'10101001'
      MOVWF ADCON0          ;5.Kanalın seçimi
      GOTO   ADC_RUN
;-----
ADC_R4 MOVLW B'10100001'
      MOVWF ADCON0          ;4.Kanalın seçimi
      GOTO   ADC_RUN
;-----
ADC_R3 MOVLW B'10100001'
      MOVWF ADCON0          ;3.Kanalın seçimi
      GOTO   ADC_RUN
;-----
ADC_R2 MOVLW B'10010001'
      MOVWF ADCON0          ;2.Kanalın seçimi
      GOTO   ADC_RUN
;-----
ADC_R1 MOVLW B'10001001'
      MOVWF ADCON0          ;1.Kanalın seçimi
      GOTO   ADC_RUN
;-----
ADC_R0 MOVLW B'10000001'
      MOVWF ADCON0          ;0.Kanalın seçimi
;-----
ADC_RUNCALL    DELAY_ADC
ADC_ON BSF ADCON0,GO      ;Start A/D conversion
WAIT  BTFSC ADCON0,GO      ;Wait for conversion to complete
      GOTO   WAIT
      RETURN
;*****
REG_RESET
      CLRF   CONTROL
      CLRF   PORTB
      RETURN
;*****
;*****
;*****
EPR_WR MOVF    ADRES,W
      BSF STATUS,RP1
      BCF STATUS,RP0
      MOVWF EEADR
      BCF STATUS,RP1
      BCF STATUS,RP0
      MOVF    VALUE,W
      BSF STATUS,RP1
      MOVWF EEDATA
      BSF STATUS,RP0
      BCF EECON1,EEPGD

```

```

BSF EECON1,WREN
BCF INTCON,GIE
MOVLW H'55'
MOVWF EECON2
MOVLW H'AA'
MOVWF EECON2
BSF EECON1,WR
W1 BTFSC EECON1,WR
GOTO W1
BSF INTCON,GIE
BCF STATUS,RP0
BCF STATUS,RP1
RETURN

```

```

;-----
EPR_READ
MOVF ADRES,W
BSF STATUS,RP1
BCF STATUS,RP0
MOVWF EEADR
BSF STATUS,RP0
BCF EECON1,EEPGD
BSF EECON1,RD
R1 BTFSC EECON1,RD
GOTO R1
BCF STATUS,RP0
MOVF EEDATA,W
BCF STATUS,RP1
MOVWF VALUE
RETURN

```

```

;*****

```

```

;
DELAY_ADC
MOVLW .25 ;ADC çevriminin örneklemesinin bekleme süresi
MOVWF SAY1
DEL2 DECFSZ SAY1,F
GOTO DEL2
RETURN

```

```

;*****

```

```

;
DEL_LINK
CALL DEL
BSF PCLATH,3
RETURN

```

```

;*****

```

```

;
DELAY1 MOVLF SAY1,.7
GOTO DEL
DELAY MOVLF SAY1,.2
DEL MOVLF SAY2,0XAF
D1 CLRF SAY3

```

```

D2  DECFSZ SAY3,F
    GOTO  D2
    DECFSZ SAY2,F
    GOTO  D1
    DECFSZ SAY1,F
    GOTO  DEL
    RETURN
;*****
;WAIT_TIME
;  CALL    DELAY
;  RETURN
;*****
ARK_TIME
    CLRF    ARK
H    DECFSZ ARK,F
    GOTO    H
    RETURN
;*****
DELAY_LINK_B3
    CALL    DELAY
    BSF PCLATH,3
    RETURN
;-----
_LCD_B0
    MOVLFS LCD_REG,0
    CALL    LCD_PRINT_BO
    RETURN
;-----
_80_LCD_B0
    MOVLFS LCD_REG,0X80
    CALL    LCD_MOD_BO
    RETURN
;-----
_C0_LCD_B0
    MOVLFS LCD_REG,0XC0
    CALL    LCD_MOD_BO
    RETURN
;-----
LCD_CLEAR_BO
    MOVLFS LCD_REG,0X01
    CALL    LCD_MOD_BO
    RETURN
;-----
LCD_PRINT1_BO
    BSF PCLATH,3
    CALL    LCD_PRINT1_LINK_BO
    RETURN

```

```

;-----
LCD_PRINT_BO
    BSF PCLATH,3
    CALL LCD_PRINT_LINK_BO
    RETURN

;-----
LCD_MOD_BO
    BSF PCLATH,3
    CALL LCD_MOD_LINK_BO
    RETURN

;*****
;=====
ORG 0800H                                ;PAGE1
;=====
;*****

AKTIF_LCD
    CALL _C0_LCD
    CALL _A
    CALL _K
    CALL _T
    CALL _i
    CALL _F
    RETURN

;*****
PASIF_LCD
    CALL _C0_LCD
    CALL _P
    CALL _A
    CALL _S
    CALL _i
    CALL _F
    RETURN

;*****
SISTEM_LCD
    CALL _80_LCD
    CALL _S
    CALL _I
    CALL _S
    CALL _T
    CALL _E
    CALL _M
    CALL _BOS
    CALL _A
    CALL _K
    CALL _
    CALL _S_
    CALL _P

```

```

CALL    _A
CALL    _S
CALL    _
BTFSC   OPEN_BIT
CALL    AKTIF_LCD
BTFSS   OPEN_BIT
CALL    PASIF_LCD
BCF PCLATH,3
RETURN
;*****
;
AYAR_LCD
CALL    _80_LCD
CALL    _R
CALL    _E
CALL    _F
CALL    _E
CALL    _R
CALL    _A
CALL    _N
CALL    _S
CALL    _BOS
CALL    _P
CALL    _O
CALL    _T
CALL    _
;-----
;
BCF PCLATH,3
RETURN
;*****
;
KAPALI_LCD
CALL    _80_LCD
CALL    _S
CALL    _i
CALL    _S
CALL    _T
CALL    _E
CALL    _M
CALL    _BOS
CALL    _K
CALL    _A
CALL    _P
CALL    _A
CALL    _L
CALL    _I
BCF PCLATH,3
RETURN
;*****
;

```

```

ACIK_LCD
    CALL    _80_LCD
    CALL    _S
    CALL    _i
    CALL    _S
    CALL    _T
    CALL    _E
    CALL    _M
    CALL    _BOS
    CALL    _A
    CALL    _C
    CALL    _I
    CALL    _K
    CALL    _BOS
    CALL    _BOS
    BCF PCLATH,3
    RETURN

```

```

;*****
;

```

```

ADC_LCD0
    CALL    _C0_LCD

```

```

;-----
;

```

```

    CALL    _B
    CALL    _O
    CALL    _R
    CALL    _U
    CALL    _BOS
    CALL    _Z
    CALL    _E
    CALL    _M
    CALL    _
    CALL    _BOS
    CALL    _P
    CALL    _O
    CALL    _T
    CALL    _
    CALL    _N_

```

```

;-----
;

```

```

    CALL    ADC_L1
    CALL    _V
    BCF PCLATH,3
    RETURN

```

```

;=====
;

```

```

ADC_LCD1
    CALL    _94_LCD

```

```

;-----
;

```

```

    CALL    _A
    CALL    _N

```

```

CALL    _O
CALL    _T
CALL    _BOS
CALL    _A
CALL    _K
CALL    _I
CALL    _M
CALL    _I
CALL    _BOS
CALL    _BOS
CALL    _BOS
CALL    _BOS
CALL    _N_
;-----
CALL    ADC_L1
CALL    _A
BCF PCLATH,3
RETURN
;=====
ADC_LCD2
CALL    _D4_LCD
;-----
CALL    _A
CALL    _N
CALL    _O
CALL    _T
CALL    _BOS
CALL    _G
CALL    _E
CALL    _R
CALL    _i
CALL    _L
CALL    _i
CALL    _M
CALL    _i
CALL    _BOS
CALL    _N_
;-----
CALL    ADC_L1
CALL    _V
BCF PCLATH,3
RETURN
;=====
ADC_L1 MOVF    DIV4,W           ;YUZLER
MOVWF   BINLER
CALL    LCD_PRINT1
MOVF    DIV3,W           ;YUZLER

```

```

MOVWF YUZLER
CALL LCD_PRINT1
MOVF DIV2,W ;ONLAR
MOVWF ONLAR
CALL LCD_PRINT1
MOVF DIV1,W ;BIRLER
MOVWF BIRLER
CALL LCD_PRINT1
RETURN
*****
;
ADC_L MOVF DIV3,W ;YUZLER
MOVWF SAT3
CALL LCD_PRINT1
MOVF DIV2,W ;ONLAR
MOVWF SAT2
CALL LCD_PRINT1
MOVF DIV1,W ;BIRLER
MOVWF SAT1
CALL LCD_PRINT1
RETURN
*****
;
;
;
;
LCD_PRINT_LINK_BO
CALL LCD_PRINT
BCF PCLATH,3
RETURN

;-----
LCD_PRINT1_LINK_BO
CALL LCD_PRINT1
BCF PCLATH,3
RETURN

;-----
LCD_MOD_LINK_BO
CALL LCD_MOD
BCF PCLATH,3
RETURN

;-----
LCD_PRINT1
MOVWF LCD_REG
MOVLW 0X30
ADDWF LCD_REG,W

;-----
LCD_PRINT ;LCD'ye Char. Yazma
MOVWF LCD_REG
BCF RW
BSF RS

```

```

;-----
CALL    PD_CLR
CALL    MSB_PD
;-----
BSF EN
CALL    DELAY_CHAR
BCF EN
;-----
CALL    PD_CLR
CALL    LSB_PD
;-----
BSF EN
CALL    DELAY_CHAR
BCF EN
RETURN
;*****
LCD_MOD                                ;LCD'ye Komut. Yazma
MOVWF   LCD_REG
BCF RW
BCF RS
;-----
CALL    PD_CLR
CALL    MSB_PD
;-----
BSF EN
CALL    DELAY_KONT
BCF EN
;-----
CALL    PD_CLR
CALL    LSB_PD
;-----
BSF EN
CALL    DELAY_KONT
BCF EN
RETURN
;*****
DELAY_CHAR
MOVLW   .60
MOVWF   SAY1
DD DECFSZ SAY1,F
GOTO    DD
RETURN
;-----
DELAY_KONT
MOVLW   .15
MOVWF   SAY1
D11 MOVLW .185

```

```

        MOVWF SAY2
D22 DECFSZ SAY2,F
        GOTO D22
        DECFSZ SAY1,F
        GOTO D11
        RETURN
;*****
LCD_SETUP
        MOVLW 0X30
        CALL LCD_MOD1
;-----
        MOVLW 0X30
        CALL LCD_MOD1
;-----
        MOVLW 0X30
        CALL LCD_MOD1
;-----
        MOVLW 0X28 ;4 bit / 2 satır / 5*7 nokta font
        CALL LCD_MOD1
;-----
        MOVLW 0X08 ;Göstergeyi Kapat/İmleci Gizle/Yanıp Sönme
        CALL LCD_MOD
        MOVLW 0X01 ;Göstergeyi Temizle Kürsörü Başa Al
        CALL LCD_MOD
;        MOVLW 0X0C ;Göstergeyi Aç/İmleci Gizle/Yanıp Sönme
;        CALL LCD_MOD
        MOVLW 0X0C ;Göstergeyi Aç/İmleci Gizle/Yanıp Sön
        CALL LCD_MOD
        BCF PCLATH,3
        RETURN
;=====
MSB_PD BTFSC LCD_REG,7
        BSF PORTD,7
        BTFSC LCD_REG,6
        BSF PORTD,6
        BTFSC LCD_REG,5
        BSF PORTD,5
        BTFSC LCD_REG,4
        BSF PORTD,4
        RETURN
;*****
LSB_PD BTFSC LCD_REG,3
        BSF PORTD,7
        BTFSC LCD_REG,2
        BSF PORTD,6
        BTFSC LCD_REG,1
        BSF PORTD,5

```

```

        BTFSC    LCD_REG,0
        BSF PORTD,4
        RETURN
;*****
PD_CLR  BCF PORTD,7
        BCF PORTD,6
        BCF PORTD,5
        BCF PORTD,4
        RETURN
;*****
LCD_MOD1                ;LCD'ye Komut. Yazma
        MOVWF   LCD_REG
        BCF RW
        BCF RS
;-----
        CALL    PD_CLR
        CALL    MSB_PD
;-----
        BSF EN
        CALL    DELAY_KONT
        BCF EN
        RETURN
;*****
LCD_LEFT
        MOVLW   0X18      ;Göstergeyi sola kaydır
        CALL    LCD_MOD
        RETURN
;-----
LCD_RIGHT
        MOVLW   0X1C      ;Göstergeyi sağa kaydır
        CALL    LCD_MOD
        RETURN
;-----
LEFT     MOVLW   0X10      ;İmleci sola kaydır
        CALL    LCD_MOD
        RETURN
;-----
RIGHT    MOVLW   0X14      ;İmleci sağa kaydır
        CALL    LCD_MOD
        RETURN
;*****
_80_LCD MOVLW   LCD_REG,H'80'
        CALL    LCD_MOD
        RETURN
;-----
_D4_LCD MOVLW   LCD_REG,H'D4'
        CALL    LCD_MOD

```

```

        RETURN
;-----
_C0_LCD MOVLF  LCD_REG,H'C0'
        CALL    LCD_MOD
        RETURN
;-----
_94_LCD MOVLF  LCD_REG,H'94'
        CALL    LCD_MOD
        RETURN
;-----
LCD_CLEAR
        MOVLF   LCD_REG,H'01'
        CALL    LCD_MOD
        RETURN
;=====
_E_ MOVLF   LCD_REG,'='
        CALL    LCD_PRINT
        RETURN
;-----
_BOS  MOVLF  LCD_REG,' '
        CALL  LCD_PRINT
        RETURN
;-----
_S_ MOVLF   LCD_REG,'/'
        CALL  LCD_PRINT
        RETURN
;-----
_TO MOVLF   LCD_REG,'('
        CALL  LCD_PRINT
        RETURN
;-----
_TC MOVLF   LCD_REG,')'
        CALL  LCD_PRINT
        RETURN
;-----
_T_ MOVLF   LCD_REG,'-'
        CALL  LCD_PRINT
        RETURN
;-----
_N_ MOVLF   LCD_REG,'.'
        CALL  LCD_PRINT
        RETURN
;-----
_  MOVLF   LCD_REG,'!'
        CALL  LCD_PRINT
        RETURN

```

```

;-----
;_I  MOVLF  LCD_REG,0X27
;    CALL   LCD_PRINT
;    RETURN
;-----
;_?  MOVLF  LCD_REG,'?'
;    CALL   LCD_PRINT
;    RETURN
;-----
;_Ü  MOVLF  LCD_REG,'!'
;    CALL   LCD_PRINT
;    RETURN
;=====
;_A  MOVLF  LCD_REG,'A'
;    CALL   LCD_PRINT
;    RETURN
;-----
;_B  MOVLF  LCD_REG,'B'
;    CALL   LCD_PRINT
;    RETURN
;-----
;_C  MOVLF  LCD_REG,'C'
;    CALL   LCD_PRINT
;    RETURN
;-----
;_D  MOVLF  LCD_REG,'D'
;    CALL   LCD_PRINT
;    RETURN
;-----
;_E  MOVLF  LCD_REG,'E'
;    CALL   LCD_PRINT
;    RETURN
;-----
;_F  MOVLF  LCD_REG,'F'
;    CALL   LCD_PRINT
;    RETURN
;-----
;_G  MOVLF  LCD_REG,'G'
;    CALL   LCD_PRINT
;    RETURN
;-----
;_H  MOVLF  LCD_REG,'H'
;    CALL   LCD_PRINT
;    RETURN
;-----
;_i  MOVLF  LCD_REG,'i'
;    CALL   LCD_PRINT

```

```

RETURN
;-----
_I  MOVLFB  LCD_REG,'I'
    CALL    LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_J  MOVLFB  LCD_REG,'J'
    CALL    LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_K  MOVLFB  LCD_REG,'K'
    CALL    LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_L  MOVLFB  LCD_REG,'L'
    CALL    LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_M  MOVLFB  LCD_REG,'M'
    CALL    LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_m  MOVLFB  LCD_REG,'m'
    CALL    LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_N  MOVLFB  LCD_REG,'N'
    CALL    LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_O  MOVLFB  LCD_REG,'O'
    CALL    LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_P  MOVLFB  LCD_REG,'P'
    CALL    LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_Q  MOVLFB  LCD_REG,'Q'
    CALL    LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_R  MOVLFB  LCD_REG,'R'
    CALL    LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_r  MOVLFB  LCD_REG,'r'

```

```

        CALL    LCD_PRINT
        RETURN
;-----
_S  MOVLF    LCD_REG,'S'
    CALL     LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_T  MOVLF    LCD_REG,'T'
    CALL     LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_U  MOVLF    LCD_REG,'U'
    CALL     LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_X  MOVLF    LCD_REG,'X'
    CALL     LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_W  MOVLF    LCD_REG,'W'
    CALL     LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_V  MOVLF    LCD_REG,'V'
    CALL     LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_Y  MOVLF    LCD_REG,'Y'
    CALL     LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_Z  MOVLF    LCD_REG,'Z'
    CALL     LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_z  MOVLF    LCD_REG,'z'
    CALL     LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_0  MOVLF    LCD_REG,'0'
    CALL     LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_1  MOVLF    LCD_REG,'1'
    CALL     LCD_PRINT
    RETURN
;-----

```

```

_2  MOVLF  LCD_REG,'2'
    CALL   LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_3  MOVLF  LCD_REG,'3'
    CALL   LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_4  MOVLF  LCD_REG,'4'
    CALL   LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_5  MOVLF  LCD_REG,'5'
    CALL   LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_6  MOVLF  LCD_REG,'6'
    CALL   LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_7  MOVLF  LCD_REG,'7'
    CALL   LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_8  MOVLF  LCD_REG,'8'
    CALL   LCD_PRINT
    RETURN
;-----
_9  MOVLF  LCD_REG,'9'
    CALL   LCD_PRINT
    RETURN
;*****
DELAY2 MOVLF  SAY1,.10
      BCF PCLATH,3
      CALL   DEL_LINK
      RETURN
;*****
;=====
ORG 1800H                                ;PAGE3
;=====
;*****
INITIAL_CPU
      CLRF   PORTA
      CLRF   PORTB
      CLRF   PORTC
      CLRF   PORTD
      CLRF   PORTE

```

```

;-----
BSF STATUS,RP0
MOVLW B'00101111'
MOVWF TRISA^80H
MOVLW B'00001111'
MOVWF TRISB^80H
MOVLW B'10000011'
MOVWF TRISC^80H
MOVLW B'00000011'
MOVWF TRISD^80H
MOVLW B'00000111'
MOVWF TRISE^80H
;-----
MOVLW B'00000001'
MOVWF OPTION_REG^80H
MOVLW B'01000000'
MOVWF INTCON
MOVLW ADCON1,B'10000001'
;-----
MOVLW .254 ;Period değerinin atanması
MOVWF PR2^80H
MOVLW .129
MOVWF SPBRG^80H
MOVLW B'00100100'
MOVWF TXSTA^80H
CLRF PIE1
BSF PIE1,RCIE
BCF STATUS,RP0
;-----
MOVLW B'00000100'
MOVWF T1CON
MOVLW B'00000100' ;TMR2 prescaler,1:1-POSTcaler,1:1
MOVWF T2CON ;PIR1<1> TMR2IF'den kesme
MOVLW B'00001100' ;PWM On,These bits are the two LSBs of the
PWM duty cycle
MOVWF CCP1CON
MOVLW .00 ;PWM duty cycle oranı(0/50)
MOVWF CCPR1L
CLRF CCPR1H
BCF CCP1CON,4
BCF CCP1CON,5
;-----
MOVLW B'10000000'
MOVWF RCSTA
BSF RCSTA,CREN
BSF RCSTA,SPEN
CLRF PIR1 ; No events yet

```

```
        CLRF    PIR2
        CLRF    TXREG
;-----
        BCF    PCLATH,3
        BCF    PCLATH,4
        RETURN
;*****
ORG H'2100'
        de    00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
        de    00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
;-----
        END
```



ÖZGEÇMİŞ

1964 Yılında Erzurum'un Olur İlçesi'nde doğdu. İlk okulunu Nenehatun İlkokulu'nda, Ortaokulu Balgat Ortaokulu'nda tamamladı. Lise eğitimini 1980-1983 yılları arasında Balgat Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi, Elektrik Bölümü'nde yaptı. 1983 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü'nde üniversite eğitimine başladı. 1989 yılında mezun oldu ve MEB. fizik öğretmenliği görevine başladı. Aynı zamanda Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Bölümü'nde yüksek lisans programına başladı. 1995 yılında yüksek lisans programını bitirdi (Tez Konusu: Bir Odyometre Cihazı Tasarım ve Yapımı) ve Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması Anabilim Dalı'nda doktora yapmaya hak kazandı. Aynı yıl Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi görevine başladı ve bu görevine devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.