

GSM TABANLI KATODİK KORUMA SCADA SİSTEMİ

Mustafa ONAT ve M. Sinan ÇETİN

Bilgisayar Kontrol Programı Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi,
Marmara Üniversitesi, Göztepe, İstanbul, monat@marmara.edu.tr, musicet37@hotmail.com

(Geliş/Received: 17.08.2007; Kabul/Accepted: 17.12.2007)

ÖZET

İsale hatlarında kullanılan çelik ve ön gerilimli beton boruların katodik korumasının izlenmesi, GSM ve mikroşlemci tabanlı SCADA sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Sistem potansiyeli, boru potansiyeli ve anot akımı gibi katodik koruma parametrelerinin manüel yöntemle ölçülmesi yerine, verilerin GSM şebekesi üzerinden ölçülmesi, veritabanında tutulması ve raporlanması sağlanmıştır. Katodik koruma kriterleri, bir kontrol algoritması ile çelik ve ön gerilimli beton borulara uygulanarak, her ölçüm noktası için katodik korumanın olup olmadığı uzaktan tespit edilmiştir. Galvanik katodik koruma yöntemi ile korunan isale hattı, GSM üzerinden gerçek zamanlı olarak takip edilir hale getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Katodik koruma, anot akımı, boru potansiyeli, sistem potansiyeli, GSM/SMS, SCADA.

GSM BASED CATHODIC PROTECTION SCADA SYSTEM

ABSTRACT

Monitoring cathodic protections of steel and pre-stressed concrete cylinder pipes used in water supplies is realized by a GSM and microprocessor based SCADA system. Instead of using manual methods, automatically measuring the cathodic protection parameters such as system potential, pipe ground potential and anode current over GSM network are successfully achieved. All the relevant data are stored in a database and reported when needed. The whole water supply system is monitored in real-time via GSM. By applying the cathodic protection criteria for steel and pre-stressed concrete cylinder pipes, each measurement point is remotely determined through a control algorithm to check whether the cathodic protection is at satisfactory level.

Keywords: Cathodic protection, anode current, pipe ground potential, system potential, GSM/SMS, SCADA

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gelişen telekomünikasyon teknolojisi ile birlikte ölçüm ve izleme yöntemlerinin çeşitliliği de artmıştır. Genel olarak telemetri olarak adlandırılan teknikle, herhangi bir uzaklıkta mevcut olan sistemlerin ya da cihazların denetimi ve izlenmesi sağlanabilmektedir. Telemetri uygulamalarının özünü, uzaktan kablosuz veri iletimi ile kontrol ve gözetim oluşturur. Uzak noktalar arasında gerçekleştirilen kontrol sistemlerinde radyolink, uydu haberleşme ve GSM gibi çeşitli altyapılar [1] kullanılmakla birlikte, GSM altyapısı son zamanlarda daha çok tercih edilmektedir. İstanbul'un su ihtiyacını karşılamada, DSİ'nin birkaç yıl önce tamamladığı önemli projelerinden biri de, İsaköy-Darlık-Ömerli isale hattı projesidir. Çelik ve ön gerilimli beton borulardan oluşan isale hattında,

galvanik katodik koruma (GKK) yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmadan önce, isale hattının katodik koruma değerleri manüel olarak ölçülmüştür. Ancak, manüel ölçümlerde ölçüm noktalarına ulaşım güçlüğü, personel giderleri ve ölçüm işlemlerinin çok uzun sürmesi gibi faktörler maliyeti çok artırmaktadır. Buna ek olarak, ölçümlerin istenilen sıklıkta yapılamaması, aynı işlem sırası ve süresine dikkat edilmemesi, verilerin kaydedilmesi ve raporlanmasında insan kaynaklı hataların oluşması manüel ölçümlerin güvenilirliğini önemli oranda düşürmektedir.

Bu çalışmada, katodik koruma ölçüm noktalarının GSM üzerinden izlenmesi, her ölçümün aynı işlem sırasında ve zaman aralıklarında yapılabilmesi, güvenilir ölçüm değerlerinin alınabilmesi, ölçüm

verilerinin veri tabanında tutulması, yedeklenmesi ve grafiksel olarak raporlanması hedeflenmiştir.

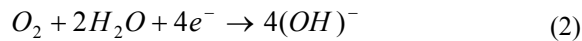
Korozyon takibinde verilerin analizi ve yorumu ile ilgili yapay sinir ağları ve uzman sistemler kullanılarak birçok uygulama geliştirilmiştir [2]. Schow ve Nicholas [3] bir isale hattına ait redresör akım/gerilim bilgilerini ve boru potansiyel değerini GPS yöntemi ile SCADA sistemine aktarmışlardır. Hoppe ve diğ. [4] tarafından yapılan benzeri bir çalışmada, normal telefon hattı kullanılarak yerel katodik koruma izleme sistemi gerçekleştirilmiştir. Ölçüm istasyonları herhangi bir zamanda kullanıcı tarafından aranarak veriler bir bilgisayara aktarılmıştır. Yine TELESCADA firmasına ait ATS-8CC uzaktan izleme ünitesi [5] benzeri bir çalışma ve bir endüstriyel ürün olarak gösterilebilir. Genel amaçlı olarak tasarlanan bu ünite veri iletişimi GSM modem ile sağlanmıştır. Yukarıda rapor edilen çalışmalar, dış akım kaynaklı katodik koruma sistemlerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışma diğerlerinden farklı olarak, galvanik katodik korumalı sisteme uygulanmıştır.

Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında katodik koruma ve ölçüm yöntemi, sahada kurulan katodik koruma ölçüm istasyonları ve SCADA merkezinde yer alan donanım ve yazılımlar tanımlanmıştır. Deneysel sonuçlar verilerek gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

2. KATODİK KORUMA ve ÖLÇÜM YÖNTEMİ (CATHODIC PROTECTION and MEASUREMENT METHOD)

Katodik koruma, korozyonun önlenmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Katodik koruma, yeryüzü, yeraltı ve su altındaki metal ya da alaşım yapılarının korozyonunu azaltabilir ya da önleyebilir.

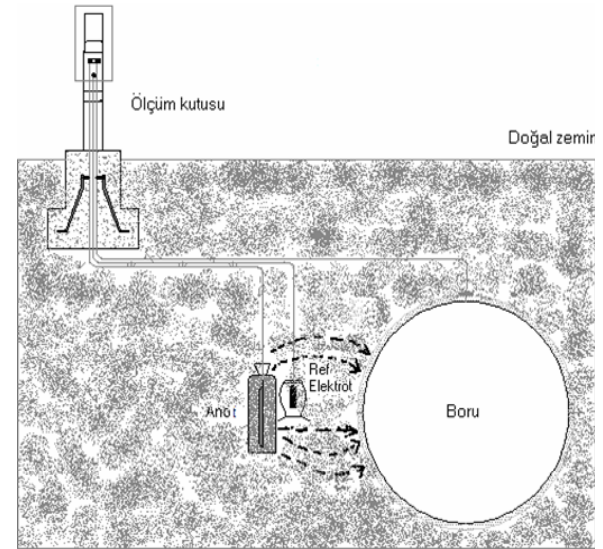
Korozyon, metalin içerisinde bulunduğu ortamın metal üzerinde gerçekleştirdiği elektro-kimyasal tahribat olarak tarif edilebilir. Korozyonun sebebi, kararsız haldeki metalin serbest elektronlarını vererek pozitif iyon oluşturması (1), bu metalle temas halinde bulunan mukabil malzemenin de negatif iyon oluşturması (2) neticesinde metal yüzeyinde pas olarak teşekkül etmesidir.



Katodik koruma konusunda, zemine gömülü boru hatlarından, petrol ve gaz depolama tanklarına, liman ve köprü ayaklarından, gemilere ve evlerde kullanılan sıcak su tesislerine kadar hemen her alanda başarılı uygulamalar mevcuttur [6-7].

GKK Sistemi ve Ölçüm Kutusu (GCP System and Measurement Box)

GKK sistemi, Şekil 1'de gösterildiği gibi, isale hattı borusu, anot, referans elektrot, ve ölçüm kutusundan oluşan ve isale hattı boyunca belirli aralıklarla tekrarlanan bir düzendir. Sistem, daha aktif bir metal ile (magnezyum anodu) korunacak metali (boru) bir elektro-kimyasal hücrenin katodu haline getirerek oksitlenmeyi önemli oranlarda azaltır. GKK ölçüm kutusu, anot, boru ve referans elektrotuna bağlı kabloların uç bağlantılarını içerir. Ölçüm kutusu içerisinde yer alan kablolardan boru ve anoda bağlı olanları katodik korumanın sağlanabilmesi için kısa devre edilir.



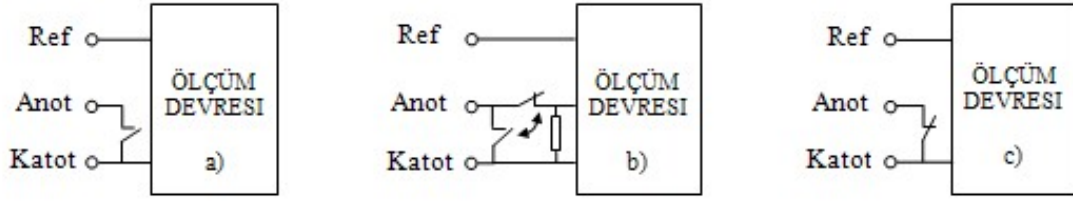
Şekil 1. Galvanik anotlu katodik koruma sistemi (Galvanic cathodic protection system)

Ölçüm Yöntemi (Measurement Method)

Manüel yöntemde anot-boru arasındaki bağlantıyı sağlayan bağlantı köprüsünün görevini otomatik ölçümde bir elektronik anahtar devresi gerçekleştirir. Ölçüm işlemine önce sistem potansiyeli ölçülerek başlanır. Sistem potansiyeli, anot-boru bağlantısı (kısa devre) varken ölçülür. İkinci olarak boru potansiyeli, elektronik anahtar yardımı ile anot-boru bağlantısı kesilerek kısa bir süre içinde ölçülür [8]. Son olarak anot akımı ise, anot-boru arasında çok küçük değerli bir direncin eklenmesi ile ölçülür. Ölçüm tamamlandıktan sonra, ölçüm esnasında kesilen anot-boru bağlantısı yeniden sağlanır.

GKK Parametrelerinin Ölçülmesi (Measurement of GCP Parameters)

GKK parametrelerinin ölçümleri Şekil 2'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. GKK parametrelerinin ölçümü: a) boru ve anot potansiyeli, b) anot akımı ve c) sistem potansiyeli
(Measurement of GCP parameters: a) pipe and anode potential, b) anode current, c) system potential)

Boşta boru potansiyeli: Anot-boru bağlantısı kesildikten sonra, ölçüm kutusundaki boru ve referans elektrodu uçlarına bir voltmetre bağlanarak ölçülür.

Anot akımı: Ölçüm kutusundaki anot-boru bağlantı köprüsü açıldıktan sonra, anot ile boru uçları arasında bir ampermetre bağlanarak ölçülür.

Anot potansiyeli: Boşta boru potansiyeline benzer şekilde anot-boru bağlantısı kesildikten sonra, anot ve referans elektrodu uçları arasında bir voltmetre bağlanarak ölçülür.

Sistem potansiyeli: Boru ile anot arasındaki bağlantı köprüsü açılmadan, referans elektrodu ve anot-boru bağlantısı uçları arasında bir voltmetre bağlanarak ölçülür [8].

Katodik Koruma Kriterleri (CP Criteria)

İsale hattının katodik korumasını sağlamak için aşağıdaki katodik koruma kriteri esas alınmıştır [8 ve 9]:

- 1- Çelik borular için, boru hattının her noktasında boşta boru potansiyelinin referans elektrotuna göre 850 mV'dan daha negatif olması,

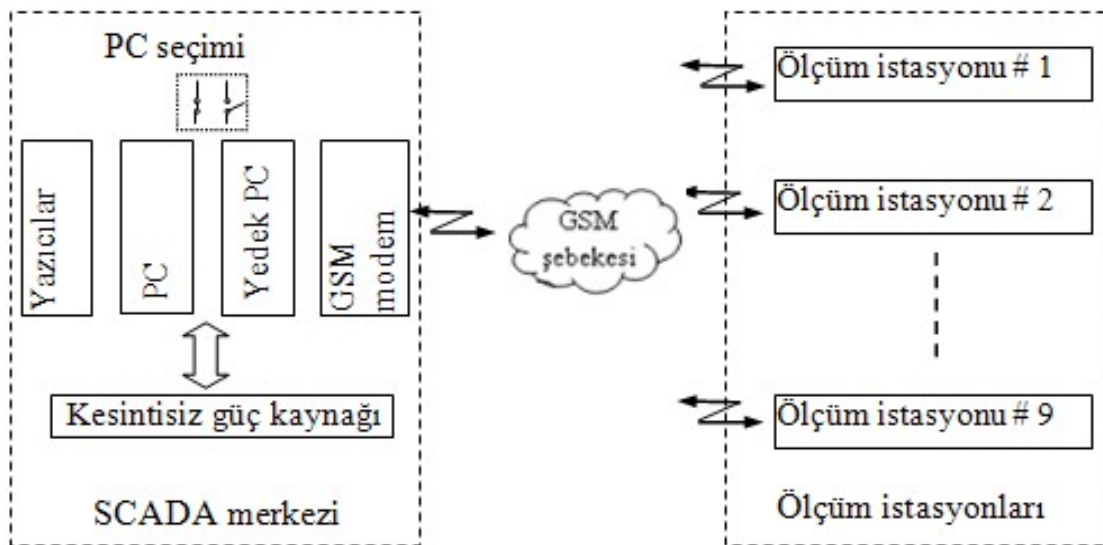
- 2- Ön gerilimli beton borularda en az 100 mV'luk bir potansiyel farkı oluşturacak şekilde katodik olarak polarize edilmesi,

- 3- Anot akımının sıfır değerine düşmemesi.

Yukarıdaki kriterlere göre bir algoritma oluşturularak, katodik korumanın olup olmadığı tespit edilmiştir.

3. SİSTEMİN TANITIMI (SYSTEM DESCRIPTION)

Katodik koruma ölçüm ve takip sistemi Şekil 3'de gösterildiği gibi, açık sahada yer alan 9 adet ölçüm istasyonu ve İSKİ Ömerli Tesisleri'nde kurulan biri yedek iki adet PC, iki adet yazıcı, bir GSM modem ve bir monitör programından (SCADA yazılımı) oluşur. Monitör programı Visal Studio 6.0 ile yazılmıştır. Monitör programı arka planında sürekli aktif olan ölçüm istasyonu animasyonu ise, Flash MX programı ile gerçekleştirilmiştir. GSM modemle [10] mikrodenetleyici arasındaki haberleşme ve komut işlemleri GSM 07.05 standardına ait SMS AT komutları ile gerçekleştirilmiştir [11].



Şekil 3. SCADA Merkezi ve ölçüm istasyonları (SCADA Center and the measurement stations)



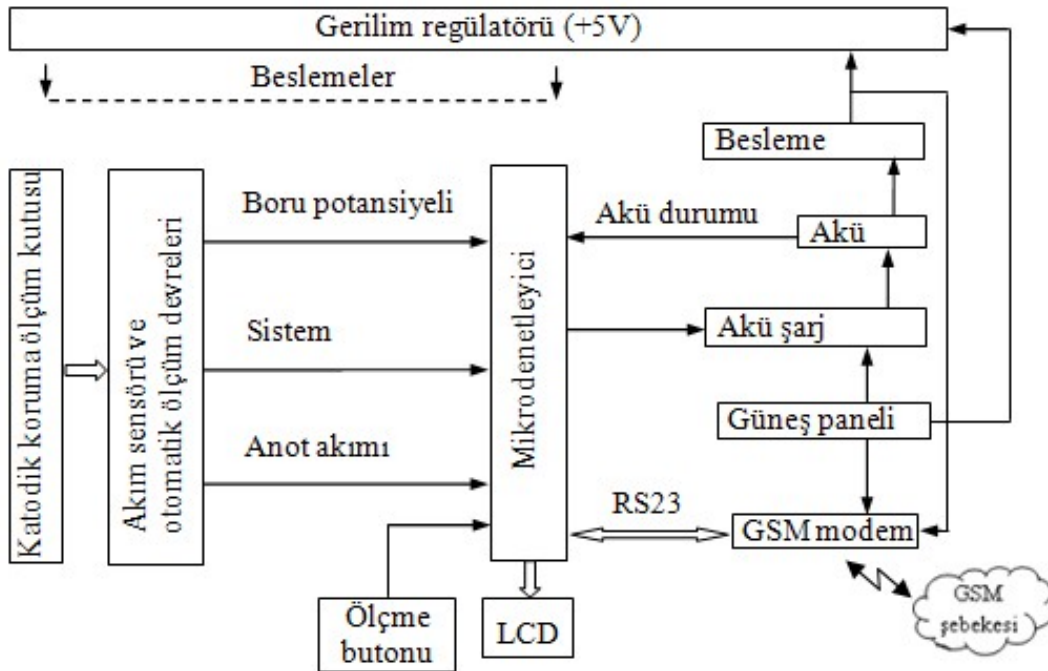
Şekil 4. Ölçüm istasyonu ve içinde yer alan ölçüm panosu (Measurement station and its measurement panel in it)

Ölçüm İstasyonları (Measurement Stations)

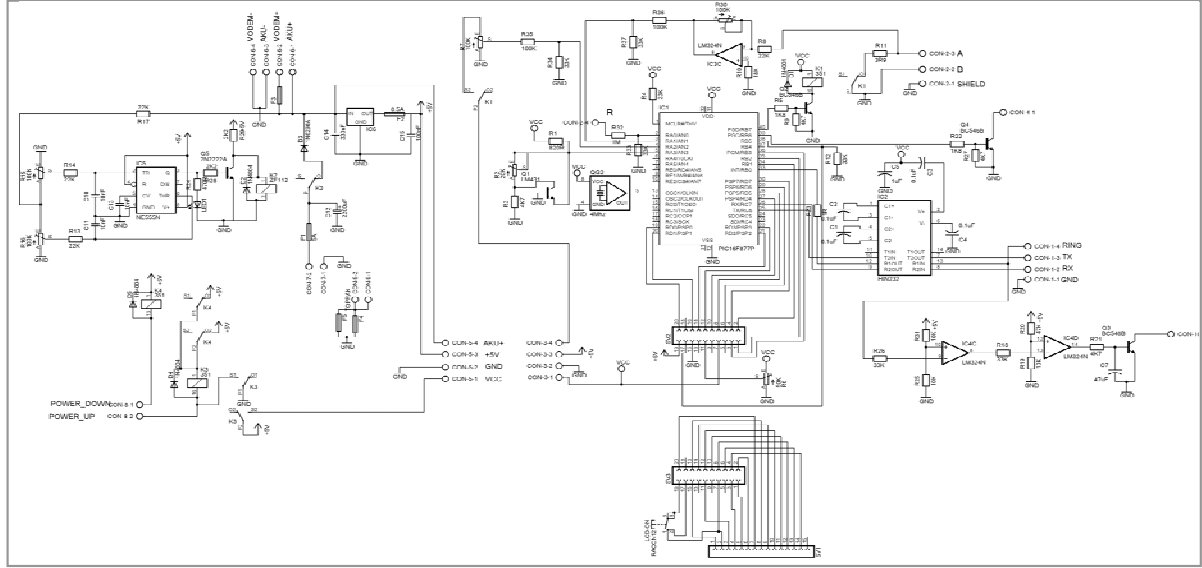
İsale hattında tesis edilen katodik koruma sistemine ait 500 m aralıklarla ölçüm kutuları yerleştirilmiştir. Ölçüm istasyonları, hat boyunca korozyondan en fazla etkileneceği düşünülen ve GSM kapsam alanında bulunan noktalara kurulmuştur. İnşa edilen bir ölçüm istasyonu ve içinde yer alan ölçüm panosu Şekil 4'de gösterilmiştir. Tüm donanım güneş panelinden elde edilen elektrik enerjisi ile beslenir.

Ölçüm istasyonları, paratoner, çit çevrimi, yalıtım ve havalandırma gibi donanımlarla dış etkenlere karşı sağlıklı bir şekilde korunmuştur. Bir ölçüm istasyonu, istasyon kulübesi, katodik koruma bağlantı kutusu, ölçüm panosu, güneş paneli (PV), mikrokontrolör tabanlı şarj kontrolör ve ölçüm ünitelerinden oluşur.

Bir ölçüm istasyonuna ait blok diyagramı Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Ölçüm istasyonu blok diyagramı (Measurement station block diagram)



Şekil 6. GKK ölçümü ana kart devre şeması
(GCP measurement main board circuit schematic)

GSM tabanlı otomatik ölçüm işlemlerine ait devre şeması Şekil 6'de gösterilmiştir.

Ana kart devresi aşağıdaki üç ana fonksiyonu yerine getirmek üzere tasarlanmıştır:

- 1- Katodik koruma değerlerinin ölçümü,
- 2- Elde edilen ölçüm değerlerinin GSM modeme aktarımı,
- 3- Akü şarj kontrolü.

Akü-Güneş Paneli Seçim Hesabı (Accumulator-PV Panel Selection Calculation)

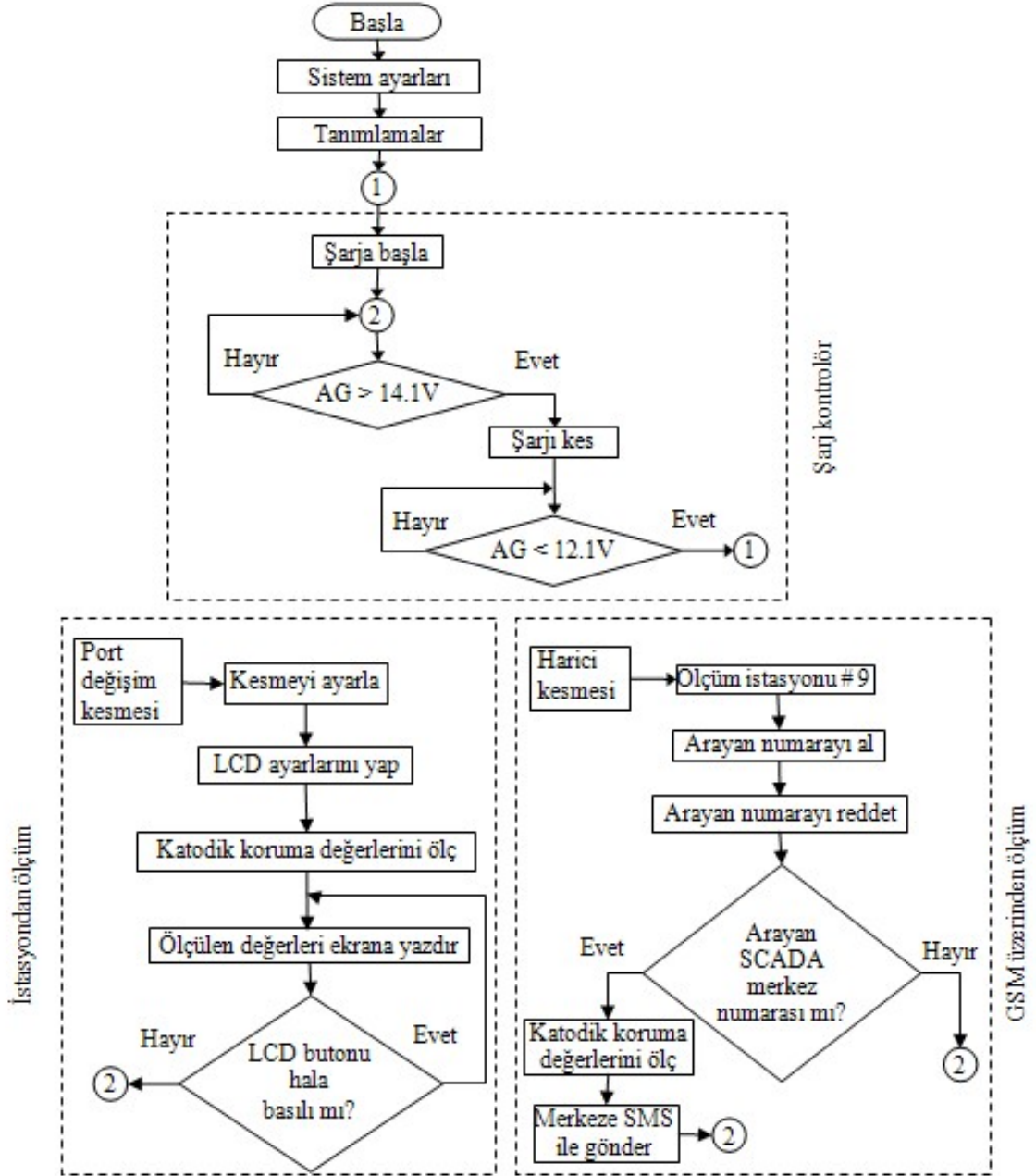
Bir ölçüm istasyonunda günlük güç ihtiyacı, 1,68 amper-saat(AH) olarak tespit edilmiştir. İstanbul için gün içerisinde güneş alma süresi yıllık ortalama olarak 2,25 saat olarak verilmiştir. Günlük amper saat ihtiyacı dikkate alınarak en kötü şartlarda akülerin güneş panellerinden takviye almadan 8 gün süre ile besleme yapabilmesi için 12V, 17AH'lık bakımsız kuru aküler tercih edilmiştir. Belirtilen verilere göre, akü-güneş paneli güç hesabı için [12] referansında önerilen yöntem kullanılarak güneş paneli ihtiyacı 20W olarak belirlenmiştir. Ölçüm işlemleri gündüz yapıldığından, günün karması ile ölçüm istasyonlarının enerjileri kesilerek akülerin daha uzun süreli besleme yapabilmesi sağlanmıştır.

Böylece, her istasyon için 20W'lık güneş paneli yerine 10W'lık olanı seçilerek maliyet düşürülmüştür.

Ölçüm ve Şarj Kontrol Algoritması (Measurement and Charging Control Algorithm)

Ölçüm ve şarj kontrol algoritması, Şekil 7'de akış diyagramı halinde gösterilmiştir. Akış diyagramında görüldüğü gibi, akü gerilimi (AG) sürekli kontrol edilmiştir. İki konumlu kontrolör tasarlanarak akü geriliminin 14.1V ile 12.1V gerilim sınırları arasında, tutulması sağlanmıştır.

Ölçüm işlemleri, gelen yetkili çağrının bir kesme [13] oluşturması ile başlatılır. Gelen çağrı yetkili değilse, işleme son verilir. Yetkili çağrı geldiğinde, katodik koruma ölçümleri için ilgili işlem koduna dallanarak ölçümler gerçekleştirilir. Ölçüm işlemleri, ölçüm istasyonundan da otomatik olarak yapılabilir. Bunun için, ölçüm panosu üzerindeki LCD butonuna basılarak, port değişim kesmesi oluşturulur [13 ve 14]. LCD butonu basılı tutulduğu sürece, ölçüm sonuçları ölçüm panosu üzerinde bulunan LCD ekranına gönderilir.



Şekil 7. GKK ölçüm ve şarj kontrol algoritması akış diyagramı
(GCP measurement and charging control algorithm flow charts)

4. MONİTOR PROGRAMI (MONITOR PROGRAM)

Monitor programı, katodik korumanın izlenmesi, gelen verilerin kaydedilmesi, analizi ve raporlanmasından sorumludur. Ölçüm istasyonlarının seçimi ve katodik koruma parametrelerinin ölçümü, otomatik ya da manuel olarak gerçekleştirilir. Gelen veriler analiz edilerek ve GKK kriter algoritması aktif edilerek, ölçüm noktasında katodik korumanın olup olmadığı tespit edilir.

SCADA yazılımı, Şekil 8'de görüldüğü gibi dört ana sayfadan meydana gelmiştir: Veri alımı, Veri raporu, Terminal bilgisi, Manuel veri alımı ve Günlük rapor. SCADA yazılımı ortamına, şifre yazıldıktan sonra girilir ve ekrana Veri alımı sayfası gelir. Yazılım, kendine ve arama zamanına ait bilgilere ulaşmak için veri tabanına bağlanır.

Veri alımı sayfasının üst kısmında, ölçülen GKK verileri, sayfanın alt kısmında, verilerin hangi istasyondan geldiği, tarihi, saati, mevkisi ve tel numarası görüntülenir. Yine sayfanın alt orta kısmında durum satırı yer alır ve aranan istasyonun numarası burada gösterilir. Tüm istasyonlar arandığında durum satırında "Günlük veri alımı

tamamlanmıştır" mesajı görüntülenir. Sayfanın sağ alt kısmında da GSM bağlantısı canlandırılmıştır.

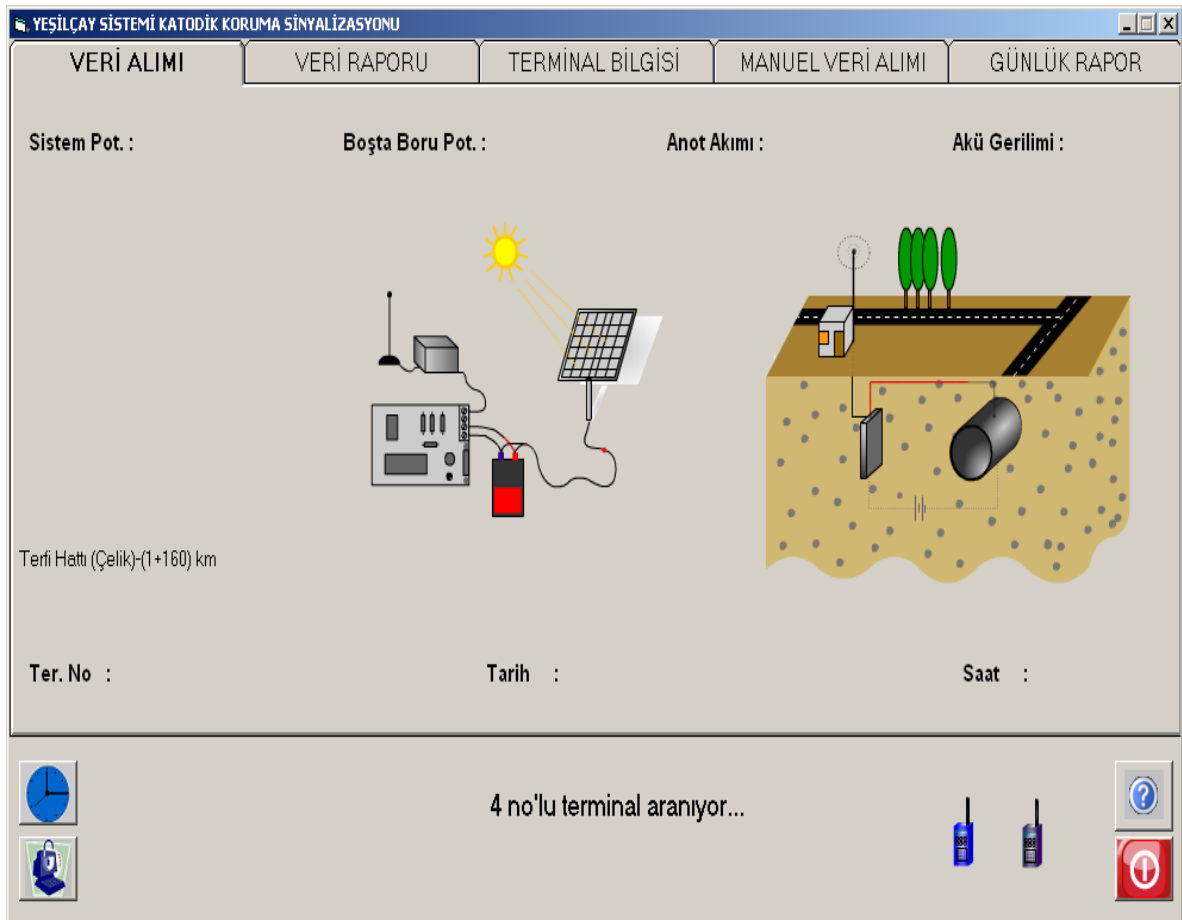
Veri raporu, terminallere ait verilerin belirtilen zaman aralıklarında haftalık, aylık ve yıllık olarak en yüksek, en düşük ve ortalama değerlerin listelenebildiği ve isteğe bağlı olarak grafiksel çıktılarının alınabildiği sayfadır.

İstasyon (terminal) bilgisi, istasyonlara ait konum bilgileri ve numaraları, otomatik arama zamanları, istasyona erişilip erişilmediği ve katodik koruma olup olmadığını gösteren sayfadır.

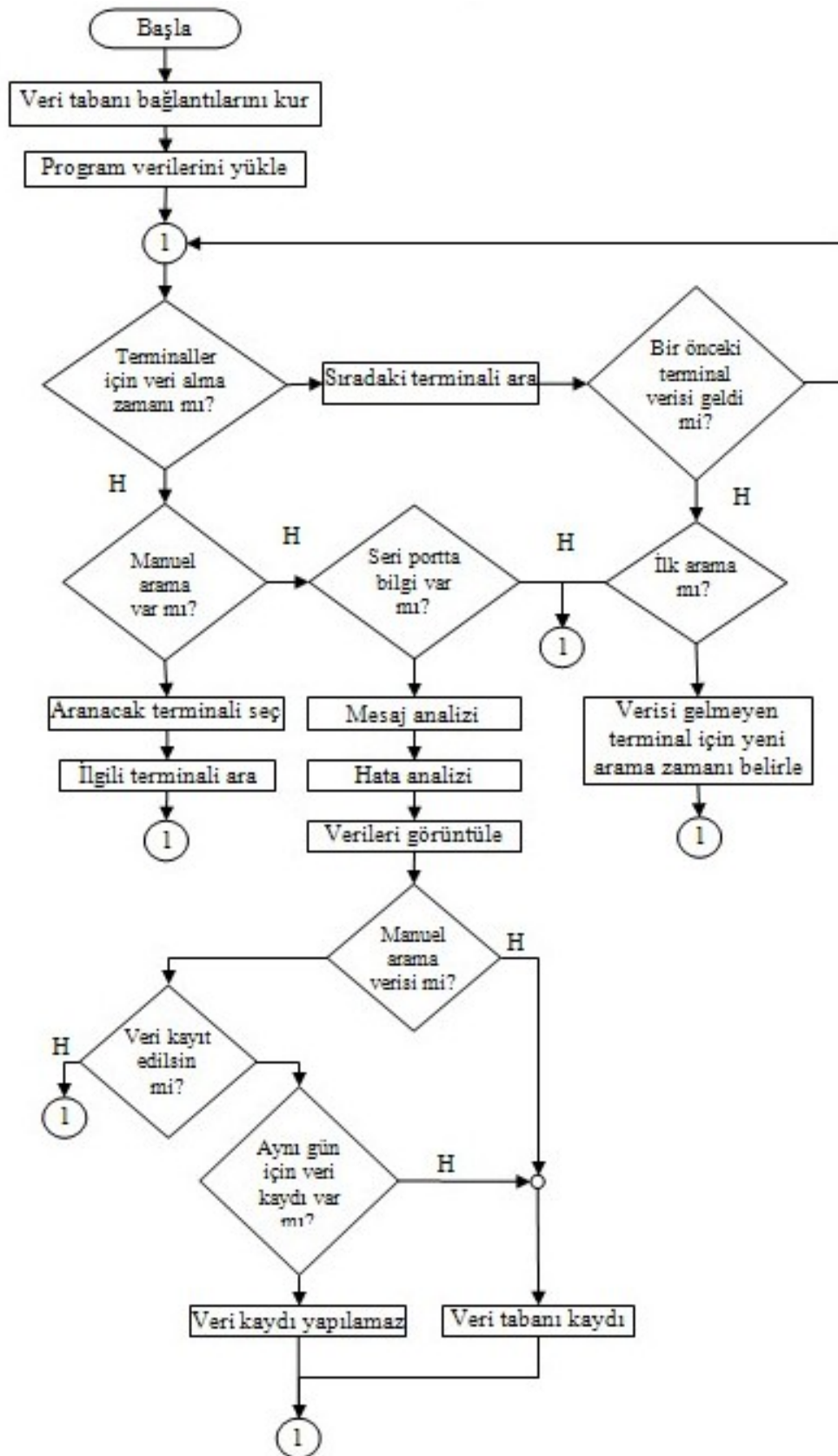
Manüel veri alımı, ulaşılmak istenen terminalin otomatik arama zamanından bağımsız olarak aranabildiği sayfadır. Arama sonucunda gelen veriler bu sayfada görüntülenir.

Günlük rapor, veri alınımının yapıldığı terminallere ait günlük verilerin listelendiği ve grafiksel çıktısının alınabildiği sayfadır.

Monitor programının çalışması Şekil 9'da akış diyagramı halinde özetlenmiştir.



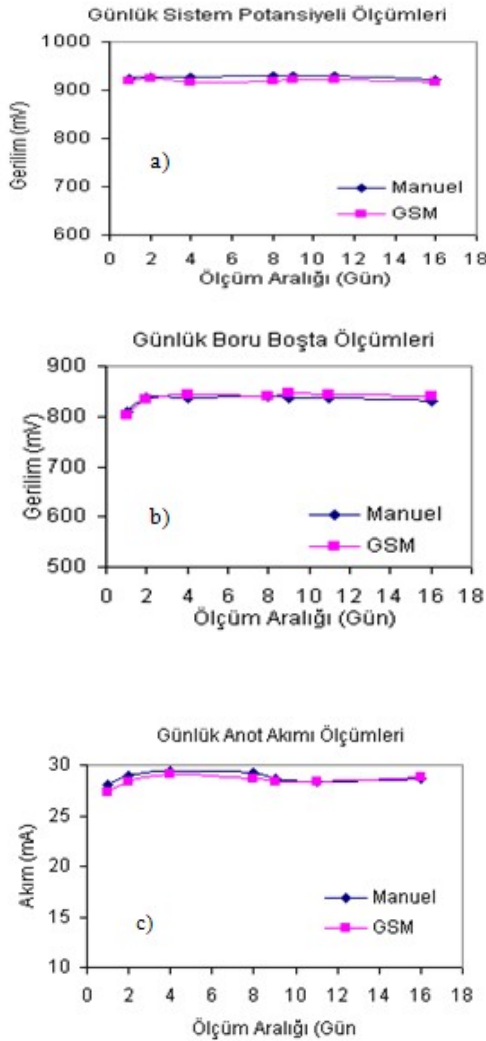
Şekil 8. Monitor programı veri alım sayfası
(The data receiving page of monitor program)



Şekil 9. Monitor programı akış diyagramı
(Monitor program flow chart)

Şekil 9'da belirtildiği gibi, bir zamanlayıcı bileşeni kullanılarak sistem saati ile istasyonların arama zamanları karşılaştırılır. Bir ölçüm istasyonunun arama zamanı ile sistem saati birbirine eşitse, ilgili istasyonun numarası için GSM modem aracılığıyla cevapsız arama yaptırılarak ölçüm istasyonundan veri isteğinde bulunulur. Aranılan ölçüm istasyonundan belirlenen bir zaman dilimi (iki dakika) içerisinde herhangi bir cevap gelmezse, istasyonun numarası daha sonra aranmak üzere geçici olarak kaydedilir.

İkinci bir zamanlayıcı bileşeni ile seri port üzerinden GSM modeme mesaj gelip gelmediği kontrol edilir. Manuel veri istemi sonunda mesaj gelmişse, verilerin kayıt işlemi kullanıcıya sorulur. Eğer kullanıcı onay verirse, aynı gün içerisinde istasyona ait veri girişi yapıp yapılmadığını kontrol edilir. Veri kaydı yapılmamışsa verileri kaydeder. Aksi takdirde, verileri veritabanına kaydetmez ve bunu kullanıcıya bir mesajla bildirir.



Şekil 10. KK ölçümleri: a) sistem potansiyeli, b) anot akımı ve c) boru potansiyeli. (CP measurements: a) system potential, b) anode current, and c) pipe potential)

5. DENEYSEL SONUÇLAR (EXPERIMENTAL RESULTS)

Tasarlanan GSM tabanlı sistemle katodik koruma verileri güvenli ve doğru bir şekilde SCADA merkezine aktarılmıştır. Akü-güneş paneli hesapları ve akü şarjları kontrolünde başarılı sonuçlar alınmıştır. Verilerin doğruluk testi için farklı zamanlarda istasyon ölçüm noktalarında manuel ölçümler yapılarak SCADA merkezinden alınan ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Sahada yapılan ölçüm çalışmalarında elde edilen veriler ve GSM üzerinden ölçülen katodik koruma verileri Şekil 10'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafiklerden görüldüğü gibi, manuel ve GSM ölçüm değerleri birbirlerine çok yakın olarak elde edilmiştir.

6. SONUÇ (CONCLUSION)

Tasarlanan GSM tabanlı ölçüm sistemi ile katodik koruma verileri hızlı ve güvenli bir şekilde SCADA merkezine aktarılmış ve katodik korumanın olup olmadığı takip edilmiştir. Tüm terminallere ait katodik koruma parametrelerinin aynı işlem sırası ve süresinde ölçülmesi, ölçüm ve kayıt işlemlerindeki hataların önüne geçilmesini sağlamıştır. Verilerin veritabanına aktarılması, işlenmesi ve raporlanması ile, isale hattı katodik korumasının izlenmesi gerçekleştirilmiştir. Böylece katodik koruma ölçüm maliyeti önemli ölçüde azaltılmıştır. Katodik koruma verilerinin grafik ortamında zamana bağlı değişim süreci izlenerek, katodik korumanın zayıflamasına karşı gerekli tedbirlerin zamanında alınabilmesi sağlanmıştır. Havanın kararması ile akülerin enerjisi kesilerek akü besleme süresi ve ömrü artırılırken, güneş paneli maliyeti yarıya yakın azaltılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Stalings, W., **Wireless Communications and Networks**, Prentice Hall, New Jersey, 2002.
2. Revie R. W., **Uhlig's Corrosion Handbook**, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2000.
3. Schow B. L., Nicholas K. W., "CP System Commissioning Aided by Use of Data Software, Field Computer, Remote Monitoring", **Pipeline & Gas Journal**, 233, 3, pp:42-48, 2006.
4. Hoppe F. J., Basu S. P., Rochers G. E., "Designing Installation and Field Experience with Real-Time Cathodic Protection Monitoring of Pipe Type-Cable Systems", **IEEE**, pp: 615-619, 1996.
5. www.Telescada.com, 2006
6. D. A. Jones, **Principles and Prevention of Corrosion**, 2nd Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1996.
7. W. Von Baeckman, W. Schwenk, and W. Prinz, **Handbook of Cathodic Corrosion Protection** –

- Theory and Practice of Electromechanical Protection Process**, 3rd ed. Houston, TX: Gulf, 1997.
8. Yalçın H., Akat O., “Ön Gerilmeli Borularda Katodik Koruma Akım ve Potansiyel Kriterleri”, **VIII. Uluslararası Korozyon Sempozyumu**, Eskişehir, 2000.
 9. Holtsbaum W.B., “Application and Misapplication of the 100-mV Criterion for Cathodic Protection, **Materials Performance**, vol42, 1, pp:30-32, 2003.
 10. Siemens AG, MC35i User Manual, 2003.
 11. GSM 07.07 Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) AT command set for GSM Mobile Equipment (ME), European Telecommunications Standards Institute (ETSI).
 12. www.polarpowerinc.com, 2005.
 13. Microchip, PIC18F452 DataSheet, www.microchip.com., 2006.
 14. Myke, Predko, **Programming and Customizing PICmicro® Microcontrollers**, McGraw-Hill Companies, Inc, USA, 2000.