

Asenkron Motorların Korunmasına Yönelik PLC Tabanlı Bir Uygulama

Aşkın BEKTAŞ, Ramazan BAYINDIR, İlhami ÇOLAK
Gazi Elektrik Makinaları ve Enerji Kontrol Grubu (GEMEC)
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada üç fazlı asenkron motorda meydana gelen arızaların tespit edilmesine ait PLC tabanlı bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Motorun çalışmasını normal sınırlar içinde sürdürdüğü durumlarda; fazlara ait akım-gerilim değerleri, motor devri ve sargı sıcaklığı gibi motora ait sayısal ve analog bilgiler Siemens S7 200 serisi PLC kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır. Seri port üzerinden haberleştirilen PLC ve bilgisayar arıza algılanması durumunda geri besleme sinyali göndererek motoru durdurulabilmektedir. Yapılan çalışma sonunda geliştirilen koruma sisteminin, geleneksel koruma rölelerine göre elektromekanik elemanlardan arındırılmış, daha hassas, bakım gerektirmeyen bir yapıya sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Asenkron motor koruma, PLC, koruma rölesi

A PLC Based Application for Induction Motor Protection

ABSTRACT

In this study, fault detection of three phase induction motor based on PLC has been implemented. The current, the voltage, the speed and the temperature values of the induction motor are observed during normal working condition. Digital and analog values of motor was measured using Siemens S7 200 PLC. The induction motor is stopped during fault detection by sending a feed back signal to PLC from computer. It has been shown that the protection system developed is more sensitive and user friendly than the classical techniques because of the electronic equipments used in the experiments rather than mechanical equipment.

Key Words: Induction motor protection, PLC, protection relay

1.GİRİŞ

Endüstride çok yaygın olarak kullanılan asenkron motorların sürekli izlenmesi ve arızalarının en aza indirilmesi büyük önem kazanmıştır. Üretim aşamasında arızalardan dolayı oluşan kesintinin en aza inmesi, hatta mümkünse sistemin hiç aksamadığı ve arıza yapmadığı kesintisiz üretim idealde istenilen bir durumdur. Dolayısıyla, sistemin sürekli denetlenmesi ve arızalara karşı gerekli önlemlerin hızla alınması zorunlu hale gelmiştir. Çünkü sistemdeki asenkron motorlardan birinin arızalanması üretimin aksamasına neden olacaktır. Bu nedenle, bu çalışmada Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) arabirimli bilgisayar tabanlı arıza tespit ve koruma rölesi olarak adlandırılabilir bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Literatür incelendiğinde; üç fazlı asenkron motorların izlenmesi, mekanik ve elektriksel arızaların tespiti için değişik yöntemler mevcuttur (1-3). Motor arızalarının tespitinde ve motorların korunmasında kullanılan klasik koruma uygulamalarında aşırı akım röleleri, sıcaklık röleleri, düşük/yüksek gerilim koruma röleleri gibi değişik tip koruma röleleri, elektromanyetik anahtarlar, kontaktörler zaman röleleri geleneksel motor ko-

ruma uygulamalarında kullanılmaktadır. Klasik koruma yöntemleri elektronik ve bilgisayar ile yapılan koruma sistemleri ile karşılaştırıldığında mekanik parçalara sahip olması arızalara karşı cevap verme süresini artırmakta ve sistemin hassasiyetini ve verimini düşürmektedir. Ayrıca ekonomik olarak düşünüldüğünde günümüzde klasik yöntemler sistemin maliyetini artırırken, sayısal sistemlerle yapılan kontrollerin maliyeti azalttığı görülmektedir (4, 5). Asenkron motorlardaki mekanik hataların belirlenmesi için literatürde çok sayıda yayına rastlamak mümkündür (6-11). Literatürde bazı çalışmalarda ise motorlardan bilgi olarak değerlendirilen, üç fazlı asenkron motorların arıza tespitini PC yardımıyla gerçekleştiren benzetim çalışmaları mevcuttur (12, 13). Referans (14)'de benzer bir çalışma olarak, asenkron motor bilgisayar kullanılarak arızaların karşı gerçek zamanlı izlenmesi sağlanmıştır. Asenkron motorlar ile ilgili tüm ölçümler yapılmış ve asenkron motorun arızalara karşı korunması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Fakat, şebekeden alınan akım ve gerilim bilgilerinin algılayıcı çıkışları bilgisayara analog/sayısal dönüştürücü bir kart yardımıyla aktarıldığından, maliyet artırılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan sincap kafesli asenkron motor 1.5 kW, 2800 d/d, $\cos\phi=0.87$, $f=50$ Hz, yıldız bağlı ve 380 V etiket özelliklerine sahiptir. Bu üç fazlı motora ait akım ve gerilim bilgileri ile motor sargı sıcaklığı PLC analog modülü kullanılarak, motor devri ise PLC sayısal modülü kullanılarak ölçülmüştür. Bu ölçümlerin sonucunda, algılayıcılardan gelen sinyaller PLC ara birim üzerinden bilgisayara aktarılmıştır. Motor normal çalıştığı durumlarda, motorun elektriksel parametreleri gerçek zamanlı olarak bilgisayar ekranında görsel bir zenginlik içinde izlenebilmekte, arıza yaptığı veya arıza yapabileceği durumda ise motor durdurularak belirlenen arıza ekrana yazdırılmaktadır.

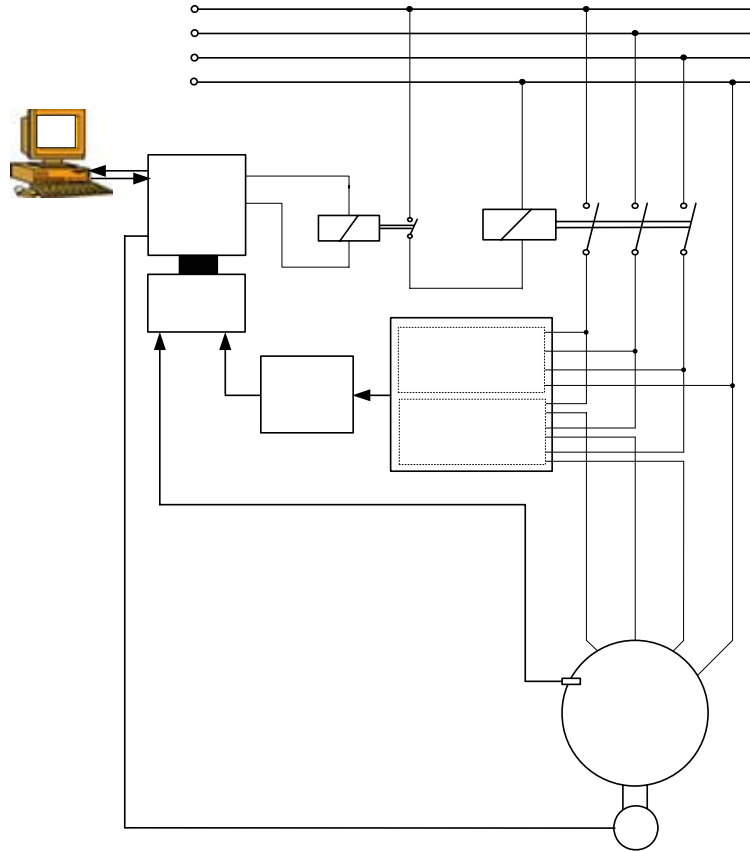
2. KONTROL DEVRESİ TASARIM VE UYGULAMASI

Deneysel çalışmada Siemens S7-200 model 24 adet sayısal giriş, 16 adet sayısal çıkış adresine sahip (24*DI 24V DC, 16*DO 24V DC) CPU 226 tercih edilmiştir. Kullanılan PLC kalıcı program hafızası 4096 word, kullanıcı veri hafızası ise 2560 word'dür. Analog değerleri okumak için Siemens S7-200 model 4 adet girişe (4AI) ve 12 bit çözünürlüğe sahip olan 2 adet EM231 analog modül kullanılmıştır. Yazılım olarak MicroWin 4.0 programı kullanılmıştır. PLC'nin çalışması için gerekli yazılım bilgisayarda hazırlanarak

RS232-RS485 PC/PPI kablosu ile PLC'ye yüklenmiştir. Hazırlanan programı bilgisayar ortamından PLC ortamına aktarırken en önemli husus PLC ile bilgisayar arasında haberleşme hızının uygun olmasıdır (15).

Şekil 1'de geliştirilen sistemin blok diyagramı verilmiştir. Şekil 1'deki bilgisayar kontrollü asenkron motor koruma uygulaması üç fazlı bir asenkron motor, ölçme devresi, alternatif akım/doğru akım (AA/DA) dönüştürme devresi, PLC ve bilgisayardan oluşmaktadır.

Sistem içerisindeki motoru çalıştırmak için PLC girişlerinden okunan bilgiler alındıktan sonra, bu bilgiler seri port yardımıyla bilgisayara iletilir. Okunan değerler belirlenen sınırlar içerisinde ise bilgisayardan geri besleme olarak PLC motoru çalıştırmak üzere bir sinyal göndererek, PLC çıkışlarına bağlı bir rölenin (d1) kontaklarını enerjilendirir. Bu röle kontakları yardımıyla motora ait kontaktör (M1) kontrol edilmektedir. Kontaktör yardımıyla asenkron motorun güç devresine 380 V uygulanmıştır. PLC'den gelen komuta göre çalışacağı için, PLC'nin sayısal çıkışı asenkron motorun güç devresini kontrol etmektedir. PLC'nin sayısal çıkışı 400 mA seviyesinde akım ürettiğinden, M1 kontaktörünü kumanda edebilmesi için küçük güçlü bir röleye (d1) ihtiyaç duymuştur.



Şekil 1. Kontrol ünitesi blok diyagramı

2.1. Donanım

Bilgisayar kontrollü asenkron motor koruma uygulaması için donanım olarak 3 adet gerilim transformatörü, 3 adet akım transformatörü, bir adet devir algılayıcı, bir adet sıcaklık algılayıcı ve arabirim olarak bir PLC kullanılmıştır.

Akım ölçümü için kullanılan akım transformatörleri devreye seri, gerilim transformatörleri ise paralel bağlanmıştır. Sargı sıcaklığının ölçümünde kullanılan LM 35 sıcaklık algılayıcısı stator sargıları içine yerleştirilmiştir (16). Devir ölçümünde kullanılan artırımlı devir algılayıcı motor miline akuple olarak bağlanmıştır. Şekil 2a'da motor miline akuple olarak bağlı olan devir algılayıcı Şekil 2b'de ise akım ve gerilim ölçümü için kullanılan ölçme kartı görülmektedir. Gerilim transformatörü 220/5 V dönüştürme oranı, akım transformatörü ise 1/1000 dönüştürme oranına sahiptir. Devir algılayıcı ise 1 devirde 360 pals üretmektedir (17). Sargı sıcaklıkları sargılar arasına yerleştirilen LM 35 sıcaklık algılayıcısı ile ölçülmektedir. LM 35'in her bir santigrat derecelik sıcaklık artışına karşılık 10 mV çıkış veren lineer bir özelliği vardır. Motorun maksimum çalışma sıcaklığı ürün katalogunda 60 °C olarak öngörülmüştür. Bu değerin üstündeki sıcaklıklarda motor durdurulur, arıza ihbarı verilir ve arıza tespiti yapılır.



Şekil 2a. Devir algılayıcı ve motora bağlantısı



Şekil 2b. Akım ve gerilim ölçme kartı

Şekil 2b'deki karttan alınan sinyaller, 3 adet akım bilgisi ve 3 adet gerilim bilgisi, Şekil 3'de verilen AA/DA dönüştürme kartına uygulanır. AA/DA kartı

üzerinde bulunan AD 536 AA-DA çeviren entegre kullanılarak, akım ve gerilim bilgileri DA bilgi haline getirilip PLC'nin analog girişlerine uygulanmıştır (18). Buradan elde edilen 6 adet bilgi, devir algılayıcıdan alınan hız bilgisi ve sıcaklık algılayıcısından alınan bilgi PLC'ye uygulanmıştır.



Şekil 3. AA/DA dönüştürme kartı

2.2. Yazılım

Ara yüz programı "Winlog" hazır scada programı ile yapılmıştır. Ara yüz programı ile kullanıcının gerekli referans değerlerini girerek asenkron motorun çalışmasını gözleyebildiği ve asenkron motora ait parametreleri kaydedebildiği görsel bir ortam oluşturulmuştur. Bu kısım girilen verilere göre seri port üzerinden PLC ile iletişim kurar. Ayrıca, aşırı akım, gerilim düşüklüğü/yüksekliği, motor sargı sıcaklığı ve devir sayısı sürekli olarak izlenebilen bir alarm ekranı bulunmaktadır. Asenkron motor çalıştığı sürece koruma amaçlı kontroller sürekli olarak yapılmakta ve bilgisayar ekranından izlenebilmektedir. Herhangi bir arıza durumunda hem motor durdurulmakta, hem de operatör bilgisayar ekranında verilen mesajlar ile arıza konusunda bilgilendirilmektedir.

PLC ile bilgisayar arasındaki haberleşme "Modbus" protokolüne göre yapılmıştır. Bu protokolle;

Channel	: 1
Configuration	: Modbus RTU
Port	: COM1
Baud Rate	: 19200
Stop Bit	: 1
Data Bit	: 8
Time out (ms)	: 1000
Query Pause (ms)	: 20

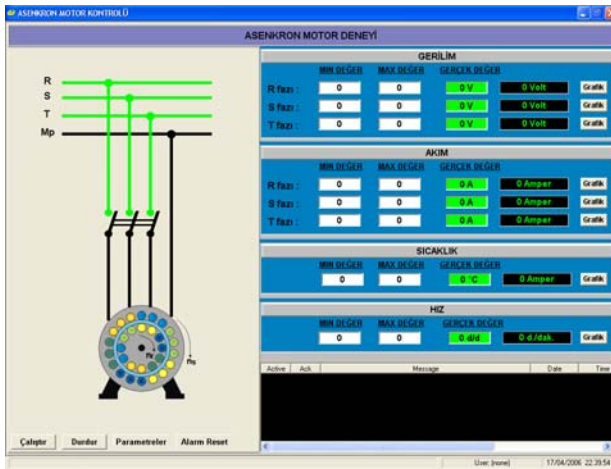
olarak belirlenmiştir.

2.2.1. Geliştirilen ara yüz programının kullanımı

Şekil 4'te bilgisayarda hazırlanan arayüz programının başlangıç sayfası görülmektedir. Asenkron motorun çalıştırılabilmesi için öncelikle gerilim, akım, sıcaklık ve hızın minimum ve maksimum değerleri girilmesi beklenir. Bu değerler girildikten sonra çalıştır

butonuna basılacak olursa, motor çalışmaya başlar. Asenkron motorun gerçek değerleri ve çalışması bilgisayar ekranında Şekil 6'da olduğu gibi görülecektir.

Ekranda görülen parametreler menüsüne girildiğinde, motor çalıştırılmaya geçmeden önce sistemden ölçülen analog olarak alınan değerlerin kalibrasyonu yapılır. Şekil 5'te verilen parametre formu açılır. Kalibrasyon yapmak için önce "SF Bul" tuşuna basılarak bara değeri alınır. Sonrasında belli bir gerilim değeri analog değerden uygulanarak, aynı değer "Kalibrasyon Gerilimi" kısmına uygulanan gerilim yazılarak "CF Bul" tuşuna basıldığında ilgili girişe ait olan kalibrasyon faktörü bulunmuş olacaktır. Bu kalibrasyon işlemi gerilimler, akımlar ve sıcaklık için ayrı ayrı yapılır.

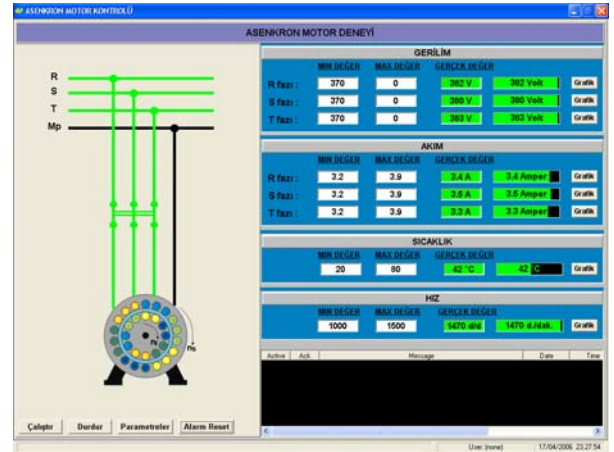


Şekil 4. Bilgisayarda hazırlanan ara yüz programı



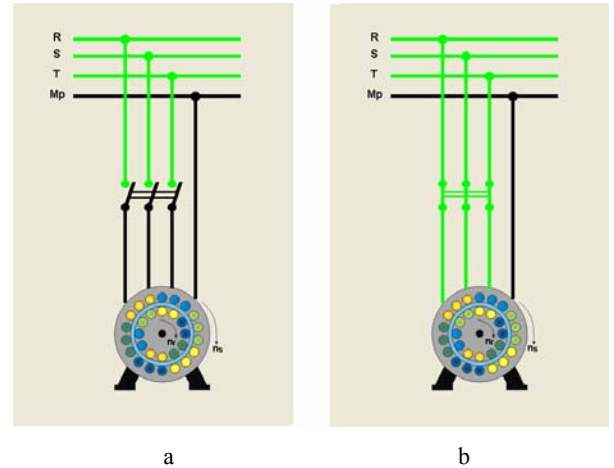
Şekil 5. Parametre formu

Asenkron motor normal çalışırken motorun çalışmasına ait ekran Şekil 6'da verilmiştir. Motordan alınan bilgiler minimum ve maksimum değerler arasında çalıştığı için motor normal olarak çalışmaktadır. Motor çalışırken motora ait arıza bilgileri kayıt altına alınmaktadır.



Şekil 6. Bilgisayarda hazırlanan ara yüz programı

Motor çalıştırılmadan önce ekranda Şekil 7a'da verilen motor görüntüsü elde edilirken, minimum ve maksimum değerler girildikten sonra, ara yüz sayfasından "Çalıştır" tuşuna basıldığında motor çalışacak ve Şekil 7b'deki konumu alacaktır. Motorun çalışmasını durdurmak için "Durdur" tuşuna basılması yeterli olacaktır.



Şekil 7. Asenkron motorun çalışmasının izlenmesi

Sistemde meydana gelen alarmlar Şekil 8'de görüldüğü gibi ara yüz sayfasında hemen görülebilmektedir. Herhangi bir alarm geldiğinde motor duracaktır. Motorun durmasının sebebi ise, alarm kısmında alarmın oluştuğu tarih ve saatle birlikte kaydedilecektir.

Active	Ack	Message	Date	T
x	----	R Fazına Ait Bobinde Kısa Devre Olabilir	24/03/2006	00
x	----	S Fazına Ait Bobinde Kısa Devre Olabilir	24/03/2006	00
x	----	R Fazında, Gerilim Üst sınırı Aşıldı	24/03/2006	00
x	----	S Fazında, Gerilim Üst sınırı Aşıldı	24/03/2006	00

Şekil 8. Alarmlar

Böylece kullanıcı, motorun hangi arızadan dolayı ne zaman durduğu ara yüz sayfasından kontrol edebilecektir. Motor arıza nedeniyle durdurulduğunda, okunan ve hesaplanan en son veriler (akım ve gerilimlere ait ani değerler de dahil), arıza nedeni, tarih

saat kaydedilerek "Arıza.txt" dosyasına kaydedilir. Bu dosyadan motorun daha önce yaptığı arızalar hakkında bilgi edinilebilir. "Arıza.txt" dosyası PC hafızasına kaydedilerek "WordPad" veya "Microsoft Word" programı içinde okunabilir.

Kullanıcı istediği zaman motorun akım, gerilim, sıcaklık ve hız değerlerini grafiksel olarak da izleme imkanına sahiptir. Hangi değerın grafiği görüntülenmek isteniyorsa, o değerın yanında olan "Grafik" tuşuna basıldığında, ilgili kısma ait sayısal değerler grafiksel olarak gösterilir. Hatanın oluştuğu tarih ve saat grafikte ayrıntılı olarak gözlenebilmektedir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada bir asenkron motorun akım, gerilim, devir sayısı ve motor sargı sıcaklığının PC yardımıyla sürekli izlenmesi, arızalara karşı korunması ve arıza tespiti başarı ile gerçekleştirilmiştir. Motora ait bilgiler klasik koruma tekniklerine göre daha hızlı okunup değerlendirilmiştir. Motor akım, gerilim, sıcaklık ve devir bilgilerinin okunması ve tüm hesaplamalar dahil kendi komut satırı içinde yazılan programın uzunluğuna göre verileri denetlemektedir. Bilgisayara ise verileri 100 ms'de bir göndermektedir. Bilgisayarın ekranı ise bu verileri 1 sn aralıklarla güncellemektedir. Yazılım ve donanımda yapılacak olan gerekli düzenlemelerle istenilen büyüklükte ve sayıda sincap kafesli asenkron motorun izlenmesi ve korunması mümkündür. Ayrıca gerçekleştirilen uygulama teknik eğitimde, eğitim aracı olarak ta kullanılabilir.

4. KAYNAKLAR

1. Siddique, A., Yadava, G.S., Singh, B., "A review of stator fault monitoring techniques of induction motors", IEEE Transactions on Energy Conversion, 20 (1), 2005, 106-114.
2. Zhongming, Y., Bin, W., "A review on induction motor online fault diagnosis", The 3rd International Power Electronics and Motion Control Conference, PIEMC 2000, 3, 15-18 Aug. 2000, Beijing, 1353-1358.
3. Benbouzid, M.E.H., "Bibliography on induction motors faults detection and diagnosis", IEEE Transactions on Energy Conversion, 14 (4), 1999, 1065-1074.
4. Farag, W.A. and Kamel, M.I., "Microprocessor-based protection system for three-phase induction motors", Electric Machines and Power Systems, 27, 1999, 453-464.
5. Çunkaş, M., Akkaya, R., Öztürk, A. "Protection of AC motors by means of microcontrollers", 10th Mediterranean Electrotechnical Conference, Melecon 2000, Nicosia, Cyprus, 3, 1093-1096.
6. Tandon, N., Yadava, G.S., Ramakrishna, K.M., "A comparison of some condition monitoring techniques for the detection of defect in induction motor ball bearings", Mechanical Systems and Signal Processing, 21(1), January 2007, Pages 244-256.
7. Schoen, R.R., Habetler, T.G., Kamran, F. and Bartheld R.G., "Motor bearing damage detection using stator current monitoring", IEEE Trans. on Ind. Application, 31, 1995, 1274-1279.
8. Filippetti, F., Franceschini, G., Tassoni, C. and Vas P., "AI techniques in induction machines diagnosis including the speed ripple effect", Conf. Rec. IEEE-IAS Annu. Meeting, San Diego, California, 1996, 655-662.
9. Thomson, W.T. and Stewart, I.D., "On-line current monitoring for fault diagnosis in inverter fed induction motors", Proc. IEE Third Int. Conf. Power Electronics and Variable-Speed Drives, London, UK, October 1998, 432-435.
10. Thomson, W.T., Rankin, D. and Dorrell, D.G., "On-line current monitoring to diagnose airgap eccentricity in large three-phase induction motors-Industrial case histories verify the predictions", IEEE Trans. on Energy Conversion, vol. 14, December 1999, 1372-1378.
11. Thomson, W.T. and Fenger, M., "Current signature analysis to detect induction motor faults", "IEEE Ind. Applicat. Mag.", vol. 7, July/Aug. 2001, 26-34.
12. Liang, B., Payne, B.S., Ball, A.D. and Iwnicki, S.D., "Simulation and fault detection of three-phase induction motors", Mathematics and Computers in Simulation, 61 (1), 2002, 1-15.
13. Li'an, C. and Peiming, Z., "Simulation of motor faults and protections based on MATLAB", Proceedings of the Fifth International Conference on Electrical Machines and Systems, ICEMS 2001, 1, Shenyang, China, 2001, 452 - 455.
14. Çolak, İ., Çelik, H., Sefa, İ. and Demirbaş, Ş., "On line protection system for induction motors" Energy Conversion and Management, 46 (17), 2005, 2773-2786.
15. Ateş, H. ve Bayındır, R., "PLC kontrollü sürtünme kaynak cihazı tasarımı ve uygulaması", Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi, Yıl 5(2002), Sayı 3-4, 97-104.
16. "Precision Centigrade Temperature Sensor (LM 35) Data Sheet", National Semiconductor, November 2000, <http://www.national.com>
17. "Shaft Type Rotary Encoder Data Sheet (ENB series)", 2005, Korea, www.autonics.com
18. "Integrated Circuit True RMS-to-DC Converter Data Sheet (AD 536A)", Analog Devices Inc., 1999. <http://www.analog.com>