

SENKRON MOTORDA DEĞİŞİK ÇALIŞMA DURUMLARININ GÖZLENMESİ

İlhami ÇOLAK¹ Ramazan BAYINDIR² Alper GÖRGÜN³ Hüseyin KUNDAKOĞLU⁴

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü 06500
Beşevler/ANKARA

¹e-posta: icolak@gazi.edu.tr

²e-posta: bayindir@gazi.edu.tr

³e-posta: alpergorgun01@gmail.com

⁴e-posta: acarmail303@gmail.com

Anahtar sözcükler: Senkron motor, mikrodenetleyici, endüktif çalışma, kapasitif çalışma, omik çalışma

ABSTRACT

In this study, different working conditions of synchronous motor are illustrated by changing its excitation current. Therefore, motor working parameters such as current, voltage, frequency power factor and working condition can be changed by means of a potentiometer and illustrated on LCD easily. In addition, the developed study can be used an educational tool for synchronous motor education in electrical machinery laboratory.

1.GİRİŞ

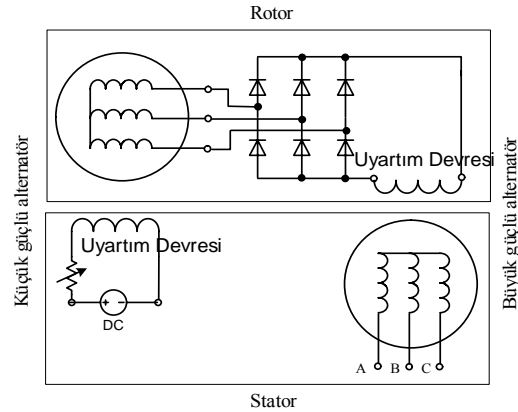
Senkron makina alternatör olarak çalıştırıldığı gibi, eğer kutuplar bir doğru akım kaynağından beslenip, endüvi sargılarına da alternatif bir gerilim uygulanırsa bu kez senkron motor olarak çalışır.

Senkron motorların uyarım akımlarının değiştirilmesi ile motorun omik, kapasitif veya endüktif olarak çalıştırılması sağlanabilmektedir. Ayrıca senkron motorun şebekeden çektiği reaktif gücün miktarı da uyarım akımı ile ayarlanabilmektedir [1].

Senkron motorların kutupları için gerekli olan doğru akım genellikle bilezik ve fırça tertibatı ile harici bir kaynaktan sağlanır. Ancak bilezik ve fırça tertibatı hareketli kısımlar olduklarından, enerji aktarılması esnasında bazı problemler ortaya çıkacaktır. Bunları elektrik arkları, fırçalardaki güç kayıpları, sürtünmeden dolayı oluşan mekanik problemler, yalıtım problemleri, fiziki alandaki büyüme gibi sıralamak mümkündür. Fırça ve bilezik tertibatı olmaksızın yapılan düzenekler mevcuttur [2].

Yarıiletken teknolojisindeki ve mikro elektronik alanındaki gelişmeler karmaşık kontrol tekniklerinin kolayca uygulanmasını mümkün kılmıştır. Bu gelişmeler endüstriyel otomasyonda ve motor kontrolle-

rinde önemli rol oynamıştır [3-6]. Örneğin, anahtarlama sinyali olarak Darbe genişlik modülasyon (DGM) sinyali üretmek için daha önceleri analog devreler kullanılırken, günümüzde bu işlem denetleyiciler ile daha kolay yapılabilmektedir. Aynı zamanda denetleyicilerle yapılan kontrol ile DGM frekansı yüksek değerlere çıkartılmıştır. Böylece kontrol edilen sistem kolay ve hassas bir şekilde kontrol edilebilmektedir [7].



Şekil.1 Fırça ve bilezik olmadan senkron motora yol vermek

Senkron motorun omik, endüktif ve kapasitif olarak çalıştırılması ve değişik kontrol uygulamaları ile ilgili literatürde bir çok çalışmaya rastlamak mümkündür [8-10]. Genel olarak senkron motorun çalıştırılmasında karşılaşılan problemlere bakıldığında, güvenilirlik, doğruluk, basitlik ve görsellik ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmada senkron motorun endüktif, kapasitif ve omik olarak çalıştırılması ile bu üç çalışma halinde motora ait akım, gerilim, frekans ve faz farkı büyüklükleri ölçülerek LCD ekranda kullanıcıya gösterilmiştir. Yapılan çalışma ile motora ait

parametrelerin zamanla değişimini bir ekran üzerinden kontrol edebilen kullanıcı, aynı zamanda motorun çalışma bölgesini değiştirerek aradaki akım, gerilim ve güç katsayısı ilişkilerini anlık olarak gözleyebilmektedir. Motorun uyarım akımı mikrodenetleyici tabanlı bir potansiyometre yardımıyla değiştirilebilmektedir. Bu amaçla öncelikle bir faza ait akım ve gerilim bilgileri ölçme devreleri yardımı ile denetleyiciye uygulanacak hale getirilmiştir. Ayrıca güç katsayısını ve frekansı ölçebilmek için sıfır geçiş anahtarları yardımıyla akım ve gerilimin sıfır geçiş anları tespit edilmiştir. Daha sonra bu bilgiler PIC 18F452 mikrodenetleyicisine aktarılarak motorun akım, gerilim, frekans ve güç katsayısı LCD ekran üzerinde gösterilmiştir.

2. UYARTIM AKIMININDAKİ DEĞİŞİKLİĞİN SENKRON MOTOR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Senkron motorlarda yük sabit tutulup uyarım akımı değiştirilecek olursa motorun çalışma durumu endüktif, omik ve kapasitif olarak değiştirilebilir. Omik çalışma durumunda iken uyarım akımı artırılır ise motor kapasitif, azaltılır ise motor endüktif çalışır.

Her üç çalışma şeklinde de aktif güç sabit kalır.

$$V_s \cdot I_y \cdot \cos\phi = V_s \cdot I_{y1} \cdot \cos\phi_1 = V_s \cdot I_{y2} \cdot \cos\phi_2 = V_s \cdot I_{y3} \cdot \cos\phi_3$$

Burada;

V_s = Şebekenin faz gerilimini

I_y = Herhangi bir yükte şebekeden çekilen faz akımını

I_{y1} = Senkron motorun omik çalışma durumunda çektiği faz akımını

$\cos\phi_1$ = Senkron motorun omik çalışma durumunda güç katsayısını

I_{y2} = Senkron motorun endüktif çalışma durumunda çektiği faz akımını

$\cos\phi_2$ = Senkron motorun endüktif çalışma durumunda güç katsayısını

I_{y3} = Senkron motorun kapasitif çalışma durumunda çektiği faz akımını

$\cos\phi_3$ = Senkron motorun kapasitif çalışma durumunda güç katsayısını

ifade etmektedir.

Uyarım akımı ayarlanarak senkron motorun şebekeden çektiği akım ve güç katsayısı değiştirilebilir. Omik çalışma durumunda senkron motorun şebekeden çektiği akım en küçük değerindedir. Senkron motorun omik, endüktif veya kapasitif çalışma durumlarında şebekeden çektiği akımın aktif bileşeni daima sabit kalır. Çünkü motor üzerindeki mekanik kayıplar sabittir.

$$I_{y1a} = I_{y2a} = I_{y3a} = \dots = I_{yna}$$

Burada;

I_{y1a} = Omik çalışma durumunda senkron motorun çektiği aktif akımını

I_{y2a} = Endüktif çalışma durumunda senkron motorun çektiği aktif akımını

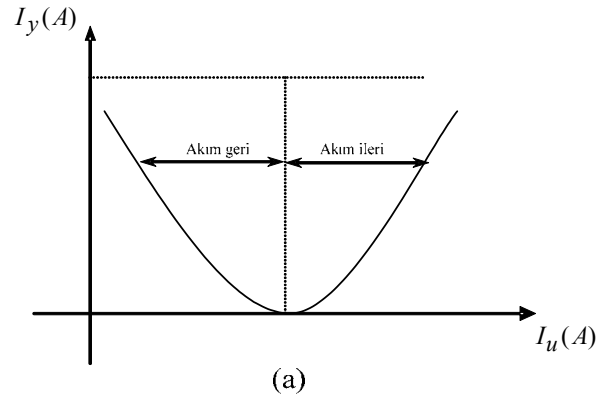
I_{y3a} = Kapasitif çalışma durumunda senkron motorun çektiği aktif akımını

ifade etmektedir.

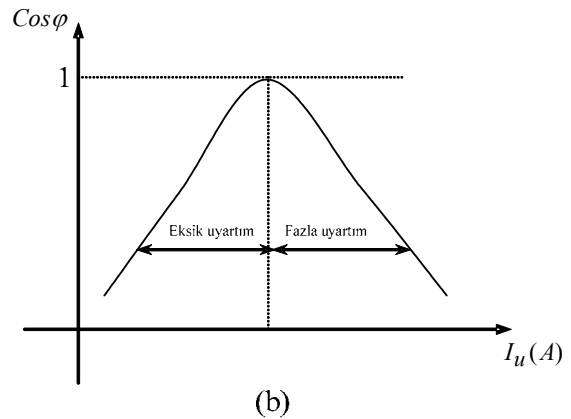
Şebeke gerilimi sabit iken senkron motorun yükü sabit tutulduğunda, yük akımının değişmesi güç katsayısını değiştirir. Motorun yükü sabit tutulup uyarım akımı değiştirilirse, motorun yük akımı değişir. Ancak uyarım akımına bağlı kalmaksızın yük akımının aktif bileşeni, $I_y \cos\phi$, sabit kalır. Güç katsayısının en büyük değerinde; yani omik çalışma durumunda $\cos\phi=1$ iken şebekeden çekilen akım en küçük değerindedir.

Sabit yük ve sabit gerilimde çalışan bir senkron motorun uyarım akımı ile yük akımı arasındaki değişimi veren eğrilere V eğrileri denir. Aynı şartlarda, yük akımının değişimi ile güç katsayısının değişimi ters orantılıdır [2].

Belirli bir yükte en küçük yük akımını oluşturan uyarım akımının bulunduğu nokta, motorun omik çalışma noktasıdır. Bu uyarım akımından daha küçük uyarım akımlarında, senkron motor endüktif, bu uyarımdan daha büyük uyarım akımlarında ise senkron motor kapasitif çalışır. Şekiller 2 ve 3'de bir senkron motorda yük akımının ve güç katsayısının uyarım akımı ile değişim eğrileri görülmektedir.



Şekil.2 Yük akımı ve uyarım akımı değişimi

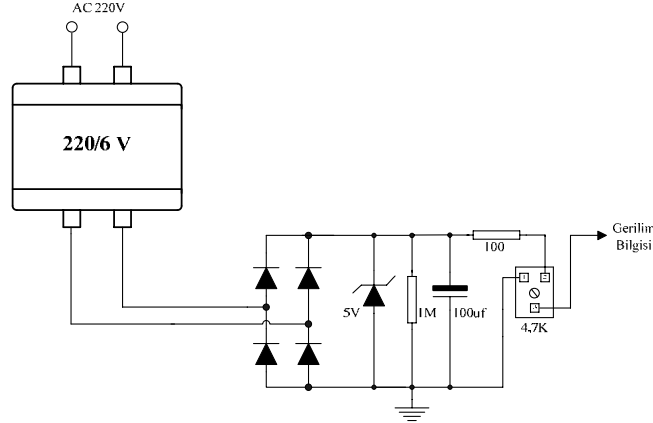


Şekil.3 Güç katsayısı ve uyarım akımı değişimi

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Senkron motorun endüktif, kapasitif ve omik bölgede çalışmasının denetim ve kontrolü için sisteme ait akım, gerilim, frekans ve güç katsayısı büyüklüklerinin bilinmesi gerekmektedir. Tasarlanan sistem temel olarak, bu değişkenleri anlık olarak ölçme ve değerlendirme üzerine kurulmuştur.

Şekil.4’de gerilim okuma kartı görülmektedir. Gerilim okuma kartı senkron motora uygulanan faz nötr arası



Şekil.4 Gerilim okuma kartı

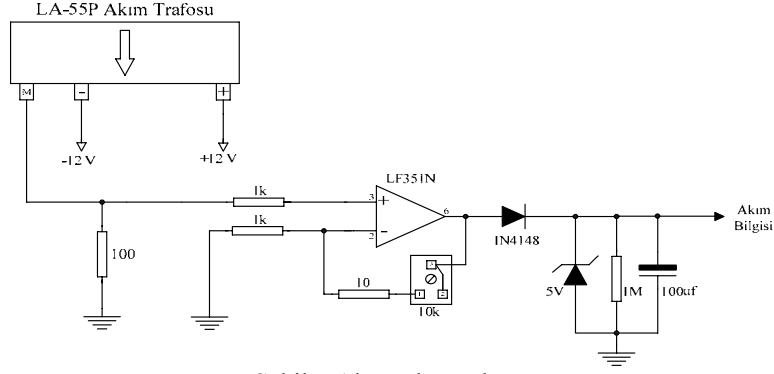
Mikrodenetleyiciye giden gerilimi kalibre edebilmek için bir trimpot ve mikrodenetleyiciyi gerilim yükselmelerinden korumak amacıyla devreye bir zener diyot bağlanmıştır. Mikrodenetleyicinin RA0 portuna bağlı Analog/Dijital dönüştürücü (ADC) modül sayesinde ölçülen gerilim değeri analog dijital dönüşüm yaptırılarak kullanıcıya LCD modül üzerinden gösterilmiştir.

Şekil.5’de akım okuma kartı verilmiştir. Akım okuma devresinde LEM firmasının üretmiş olduğu LA 55-P tipi akım trafosu kullanılmıştır. Akım trafosunun dönüştürme oranı 1/1000 dir. Senkron motorun normal çalışma şartlarında çekeceği akım, trafonun dönüştürme oranına kıyasla çok küçük olacağı için, mikrodenetleyiciye gönderilecek olan bilgideki hassasiyet çok zayıf olacaktır. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için opampli bir evirmeyen yükselteç devresi tasarlanmıştır. Akım trafosu çıkışından elde edilen düşük genlikli alternatif gerilim opamp devresinde yükseltilmekte, doğrultma ve filtreleme devresinden geçtikten sonra mikrodenetleyiciye

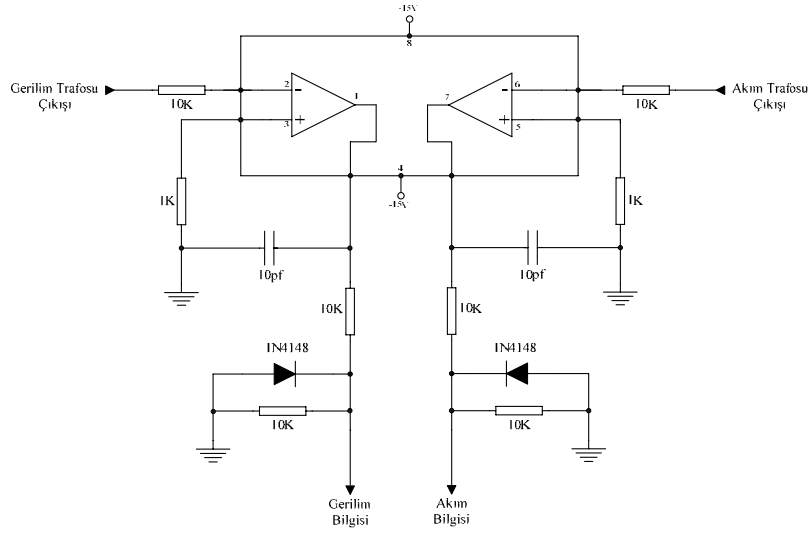
gerilim değerini doğru gerilime dönüştürmek ve mikrodenetleyicinin okuyabileceği bir gerilim değerine ayarlamak üzere tasarlanmıştır. Transformatörün primerine RST fazlarından herhangi biri ile nötr hattı bağlanarak çıkış gerilimi dönüştürme oranı doğrultusunda düşürülmüştür. Düşürülen bu alternatif gerilim doğrultma ve filtreleme işleminden geçtikten sonra mikrodenetleyiciye uygulanmıştır.

uygulanmaktadır. Ayrıca opampın kazanç değerini ayarlamak ve mikrodenetleyiciyi gerilim yükselmelerinden korumak amacıyla bir zener diyot devreye eklenmiştir. Mikrodenetleyicinin RA1 portuna bağlı ADC modül sayesinde ölçülen akım değeri, analog dijital dönüşüm yaptırılarak kullanıcıya LCD modül üzerinden gösterilmiştir.

Faz farkı ve frekans bilgisini elde etmek için ise yine opamp kullanılarak Şekil.6’daki devre tasarlanmış, akım ve gerilim trafosunun çıkışından elde edilen sinüsoidal gerilimin sıfır noktasından geçtiği anda opampın Lojik 1 çıkış sinyali vermesi sağlanmıştır. Elde edilen bu lojik çıkış bilgilerinden herhangi biri işlemciye gelince TMR0 sayıcısını çalıştırmış, sonradan gelen çıkış ise TMR0 sayıcısını durdurmuştur. Aradan geçen süre esas alınarak Cosφ değeri hesaplanmıştır. Yine akım ya da gerilim bilgisinden herhangi birinin sıfır noktasından geçtiği aralıklar referans alınıp sayılarak frekans değeri hesaplanmıştır. Güç katsayısı ve frekans değerleri de LCD modül aracılığı ile gösterilmiştir.



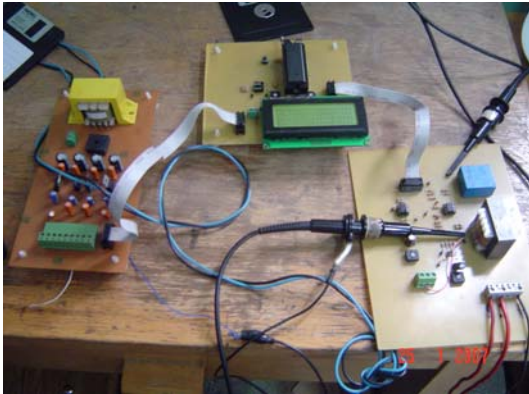
Şekil.5 Akım okuma kartı



Şekil.6 Sıfır geçiş anahtarı

Kontrol kartı sisteme ait büyüklüklerin ölçülüp gösterilmesinin yanı sıra senkron motora endüktif, kapasitif veya omik çalıştırma seçeneklerini de sunmakta ve böylelikle kullanıcının deneysel amaçlı uygulamalar yapmasına da imkan tanımaktadır.

Ürettiği PWM sinyalleri ile IGBT devresinin kontrolünü yaparak uyarım akımını ayarlamakta ve sistemin çalışma durumunu belirlemektedir. Şekiller 7 ve 8'de hazırlanan deney seti ve PIC anakart devresine ait fotoğraflar verilmiştir.



Şekil.7 Deney seti görünüşü



Şekil.8 PIC anakart devresi ve LCD

4. SONUÇ

Bu çalışma üretim amacı çok fonksiyonlu lojik uygulamaların hızlı ve ucuz bir şekilde yapılması olan PIC 18F452 mikrodeneleyicisi ile gerçekleştirilmiştir. Bilgisayarda hazırlanan yazılım Microchip firması

tarafından geliştirilmiş PIC serisi 18F452 mikrodeneleyicisine yüklenerek, senkron motor çalıştırılmıştır. Kapladığı alan, giriş-çıkış terminallerinin kullanılabilmesi ve hassasiyet boyutunda klasik ölçme ve

kumanda sistemine göre PIC ile yapılan sistemin sağladığı avantajlar görülmüştür. Ayrıca, yazılımın değiştirilmesi, fiyat, çevre birimleri, kolay programlama, kullanım esnekliği ve ucuzluğu gibi üstün özelliklere sahip olması, pratikliği ve sürenin değiştirilerek yazılımın yüklenebilmesi kolaylığından dolayı, bu çalışmada PIC kullanımı uygulama çalışmalarını oldukça kolaylaştırmıştır.

Yapılan çalışma ile senkron motorun endüktif, kapasitif ve omik olarak çalıştırılması bu çalışma durumlarındaki motora ait akım, gerilim, frekans ve faz farkı büyüklükleri ölçülerek LCD ekranda kullanıcıya gösterilmiştir. Bu ve buna benzer motor kontrol uygulamalarının daha basit ve güvenilir şekilde mikrodenetleyici ile yapılabileceği gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Schaefer, R.C., Excitation control of the synchronous motor, IEEE TRAN. ON INDUSTRY APPLICATIONS, 35(3), pp. 694-702, May-June 1999.
- [2] Çolak, İ., Senkron Makinalar, SEÇKİN YAYINCILIK, 2003, Ankara.
- [3] Çolak, İ., Bayındır R., Klasik yol verme metodlarının denetleyici yardımıyla gerçekleştirilmesi, FIRAT ÜNİVERSİTESİ FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ, 17(1), s. 10-18, 2005.
- [4] Bose, B.K., Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, PROCEEDINGS OF THE IECON '93., Vol.1, pp. 14-16, 15-19 Nov 1993.

İlhami ÇOLAK Şubat 1962 yılında Kayseri-Develi'de doğdu. 1995 yılında Enerji Tesisleri Eğitimi Anabilim Dalına Yrd. Doç. Dr. ve Ana Bilim Dalı Başkanı olarak atandı. 1999 yılında Doçent Dr. ünvanını aldı. 14 Ekim 2005 tarihinde Profesör ünvanını aldı. Ekim 2006 tarihinde Gazi Üniversitesi, Elektrik Eğitimi Bölüm Başkanlığına atandı. Prof. Dr. İlhami ÇOLAK'ın 9 SCI, 1 EI, 8 EI giren konferans makalesi, 12 uluslararası konferans makalesi, 9 Türkçe makalesi, 7 ulusal konferans makalesi ve 3 ders kitabı olmak üzere toplam 49 yayını bulunmaktadır.

Ramazan BAYINDIR, 2002 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü Enerji Tesisleri Anabilim Dalında Öğretim Görevlisi olarak atandı ve halen bu görevini sürdürmektedir. İlgi ve çalışma alanları bulanık mantık, kumanda sistemleri, senkron makinalar, güç sistemleri, PLC ve PIC uygulamaları olan Dr. Ramazan BAYINDIR'ın 6 SCI, 1 EI, 13 uluslararası konferans makalesi, 11 Türkçe makalesi, 8 ulusal konferans makalesi ve 1 ders kitabı olmak üzere toplam 40 yayını bulunmaktadır.

- [5] Çolak, İ., Bayındır R. and Demirbaş Ş., "Use of PIC for Industrial Application", 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNICAL AND PHYSICAL PROBLEMS IN POWER ENGINEERING, pp. 655-658, 2004, Tebriz-Iran.
- [6] Çolak, İ., Bayındır R. and Demirbaş Ş., Sefa İ., and Bal G., "Microcontroller based protection of induction motors" TPE-2006 3RD CONFERENCE ON TECHNICAL AND PHYSICAL PROBLEMS IN POWER ENGINEERING, pp. 164-167, May 29-31, 2006, Gazi Üniversitesi, Ankara-Turkey.
- [7] Çolak, İ., Bayındır R., "A novel dynamic reactive power compensator based on PIC", ELECTRIC POWER COMPONENTS & SYSTEMS, 33(8), pp. 861-876, August 2005.
- [8] Abido, M.A., & Abdel-Magid, Y.L., 'A fuzzy basis function network for generator excitation control', IEEE PROCEEDINGS OF THE SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS, 3, pp. 1445-1450, 1997.
- [9] Handschin, E., Hoffmann, W., Reyer, F., Stephanblome, T., Schlucking, U., Westermann, D., & Ahmed, S.S. "A new method of excitation control based on fuzzy set theory" IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, 9(1), pp. 533-539, 1994.
- [10] Çolak, İ., Bayındır, R., & Bay, O.F., "Reactive power compensation using a fuzzy logic controlled synchronous motor", ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, 44 (13), pp. 2059-2215, 2003.

Alper GÖRGÜN, Şubat 1981'de Adana'da doğdu. 2000 yılında Çukurova Elektrik Teknik Lisesinden birincilikle mezun oldu. 2001 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümünü kazandı. 2006 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümünden, "Yürüyen Dalga Tip Ultrasonik Motorun Bilgisayar Destekli Otomasyonu" konulu tezi, Dr. Ramazan BAYINDIR'ın danışmanlığında hazırlayarak, bölüm üçüncülüğü derecesi ile mezun oldu. İlgi alanları mikroişlemcili sistem tasarımı, otomasyon sistemleri tasarımı, PLC programlama ve web tabanlı güvenlik sistemleri tasarımıdır.

Hüseyin KUNDAKOĞLU, Nisan 1983'de Kilis'te doğdu. 2002 yılında Kilis Anadolu Teknik Lisesinden birincilikle mezun oldu. Aynı yıl Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği Bölümünü kazandı. Hedefi, tamamıyla kendi başına doğru ve hızlı kararlar verebilen, insansız makinaların beyin kısımlarını tasarlamak olup, bu yöndeki çalışmalarına devam etmektedir. C++, C++Builder, C#, ASP.Net yazılımları yapabilen, PIC, ATMEL ve PSOC mikrodenetleyicileri programlayabilen Hüseyin KUNDAKOĞLU halen Elektrik Bölümü 4. sınıf öğrencisidir.