

PLC TABANLI PID DENETİMLİ MESAFE ÖLÇÜM SİSTEMİNİN TASARIMI VE UYGULAMASI

Ramazan BAYINDIR¹

Erdal BEKİROĞLU²

Serkan TOKSOY¹

¹Elektrik Eğitimi Böl., Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500 Beşevler, Ankara

²Elektrik ve Elektronik Müh., Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Abant İzzet Baysal
Üniversitesi, 14280 Bolu

¹e-posta: bayindir@gazi.edu.tr

²bekiroglu_e@ibu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Hız denetimi, Konum denetimi, PLC, PID

ABSTRACT

In this study, PLC based PID controlled and computer interfaced a speed and position control system has been presented. PLC has been used to process and send data taken from the incremental encoder. An electronics drive interface circuit has been designed to provide communication between computer and PLC. User interface software has been developed by using Visual BASIC program to process and visualize the data. PID algorithm built by software has been used to achieve precise control. System has been designed user friendly to be monitored and used easily. Hence, it can be used for educational purposes. It has been shown that the developed system can be used effectively in the speed and position control applications.

1. GİRİŞ

Günümüzde pozisyon bilgisi ve ölçüm gerektiren birçok endüstriyel alan mevcuttur. Bu sistemler, mikrodenetleyici, mikroişlemci veya bilgisayar kontrollü yapılmaktadır. Gerekli bilgileri bu kontrol ünitelerine aktarmak için ultrasonik, kızılötesi yada manyetik pozisyon algılayıcıları kullanılabilir. Ultrasonik ve kızılötesi pozisyon algılayıcıları, ortam kirliliğinden etkilendikleri için genelde kullanışlı değildir. Bunların yerine sisteme kolayca monte edilebilen manyetik pozisyon algılayıcıları tercih sebebidir [1-5].

Bu çalışmada PLC tabanlı, bilgisayar ara yüzü ve artırılmış bir pozisyon algılayıcı bilgilerin işlenmesinde kullanılarak açı ve mesafe ölçen bir sistem gerçekleştirilmiştir. İkinci bölümde, Programlanabilir Lojik Kontrolörün (PLC) yapısı ve çalışmada kullanılan PLC tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde, deneysel çalışma ayrıntılı olarak incelenmiştir. Sonuç ve değerlendirme bölümü ile çalışma sonlandırılmıştır. Görsel olması nedeniyle sunulan sistemin eğitim

amaçlı uygulamalarda kullanılabilme avantajı da vardır.

2. PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖR (PLC)

Programlanabilir Lojik Kontrolör (Programmable Lojik Controller, PLC) endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçeklemeye uygun yapıda giriş / çıkış birimleri ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan bir endüstriyel bilgisayardır. Başlangıçta, röleli kumanda sistemlerinin yerine kullanılmak üzere düşünülmüş ve ilk ticari PLC 1969 yılında Modicon firması tarafından geliştirilmiştir. O yıllarda röleli kumanda devreleri yerine kullanılmak üzere geliştirilen bu aygıt yalnız temel lojik işlem komutları ile işlem yapabilmekteydi. İlk ticari PLC'nin endüstride başarı ile uygulamasından sonra Allen Bradley, General Electric, GEC, Siemens, Westinghouse gibi firmalar orta maliyette yüksek performanslı PLC'ler üretmişlerdir.

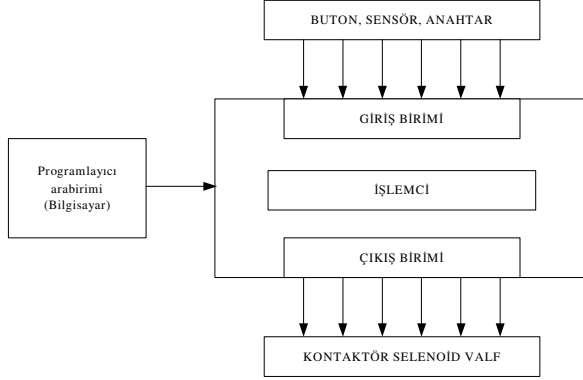
Günümüzde üretilen PLC'ler ise lojik temelli işlemlerin dışında ek olarak aritmetik ve özel matematiksel işlemlerin yapılmasını sağlayan komutlar içermektedir. Komut kümesinin gelişmesi ile daha karmaşık kumanda ve kontrol işlemleri yapılabilmektedir. PLC'lerin en yaygın olarak kullanıldığı alanlar endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda devreleridir. Bilindiği gibi kumanda devreleri yardımcı röle, kontaktör, zaman rölesi ve sayıcı gibi elemanlarla gerçekleştirilen devrelerdir. Günümüzde bu tür devrelerin yerini aynı işlevi sağlayan PLC'li kumanda sistemleri almıştır.

PLC'ler endüstriyel otomasyon sistemlerinde doğrudan kullanıma uygun özel giriş ve çıkış birimleri ile donatılmışlardır. Girişe basınç, seviye, sıcaklık algılayıcıları ve buton gibi iki değerli lojik bilgisi taşıyan elemanlar, çıkışa ise kontaktör, selenoid valf

gibi kumanda devre elemanlarının sürücü elemanları doğrudan bağlanabilir [6, 7].

Şekil 1’de görüldüğü gibi bir PLC temel olarak;

- Bir sayısal işlemci bellek,
- Giriş ve çıkış birimleri,
- Programlayıcı birimi,
- Besleme güç kaynağı gibi temel kısımlardan oluşmaktadır.



Şekil-1. PLC'nin basit yapısı.

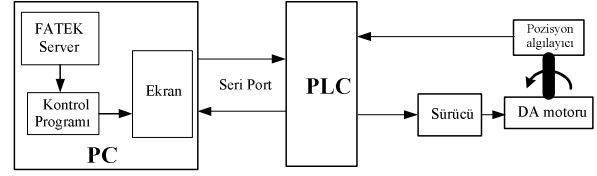
Çalışmada FATEK, FBs-24MA tipi PLC kullanılmıştır. Küçük boyutları ve güçlü komut seti ile FBs-24MA'yı, küçük otomasyon projelerinin her dalında kullanabilir. Fatek FB2-24MA serisi, 220V AC/24VDC dahili kaynakla çalışmaktadır. Bazı uygulama alanları bina otomasyonu, hidrolik presler, trafik lambaları, otomatik kapılar, asansörler, ısı kontrolü gereken fırınlar, karıştırıcılar, şişeleme makineleri, paketleme makineleri, pompalar, hidrolik pnömatik kaldırma platformları gibi birçok dalda kullanılır.

PLC seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli etken, CPU'larının işlem yapabilme hızları ve bellek kapasiteleridir. CPU ne kadar güçlü ise, işletilecek program o kadar geniş ve programın işletme süresi de o kadar hızlıdır.

Fatek FBs-24MA modeli, işlemci süresi 0,33 μs ve hafıza kapasitesi 20 KWord olarak verilmiştir. Diğer bir deyişle $1/0.33 \mu s = 3.03 \text{ MHz}$ 'dir. Yani 1 sn.de 3.030.000 işlem yapabilir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Şekil 2’de istenen sistemin blok şeması görülmektedir. Bu sistemde hareketi sağlamak için DA motoru, pozisyon bilgisini almak için artımlı tip pozisyon algılayıcı, bu sistemi kontrol etmek amacı ile PLC ve Visual Basic ile yazılmış bir PC programı kullanılmıştır. Haberleşme seri haberleşme ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil-2. Sistemin blok diyagramı

3.1. Pozisyon Bilgisinin Sağlanması

Pozisyon bilgisinin mekanik bir sistemden alınması için, pozisyon algılayıcının sisteme akuple edilmesi gerekmektedir. Burada kullanılan mekanik sistemin tur sayısı; eğer bilgi sayıcı ile işlenecekse, pozisyon algılayıcının çözünürlük oranına göre uygun oranda seçilmelidir.

Motor milinin 1 tam dönüşünde d mm hareket eden bir sisteme, çözünürlüğü $1/a$ olan bir pozisyon algılayıcının motor miline direkt akuple edilmesi durumunda, sistemin ölçüm hassasiyeti d/a mm olacaktır. Diğer taraftan eğer pozisyon algılayıcı motor miline direkt değil de dönüştürme oranı 4/1 olan mekanik bir sistem ile motor miline akuple edilirse, bu durumda ölçüm hassasiyeti $4d/a$ mm olur. Genel olarak

$$g = \frac{k.d}{a} \quad (1)$$

formülü ile hesaplanabilir. Burada g sistemin çözünürlüğü yani motorun 1 turunda PLC'ye aktarılacak darbe sayısını, k kullanılan mekanik dönüştürme oranını, d sistemin normalde motorun 1 turda aldığı mesafeyi (mm), a kullanılan pozisyon algılayıcının çözünürlük oranını temsil etmektedir.

Bu oranlar hesaplanırken pozisyon algılayıcının maksimum cevap frekansı, dönme hızı ve kullanılacak PLC'nin giriş algılama hızı da dikkate alınmalıdır. Bu değerler, kullanılacak elemana göre değişiklik göstereceğinden, elemanların kendi kataloglarından öğrenilebilir.

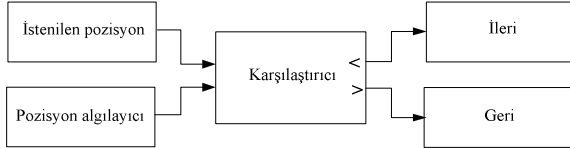
Maksimum cevap frekansı 500 kHz, çözünürlüğü 1/1000 olan bir pozisyon algılayıcı, yakalama frekansı 550 kHz olan bir PLC'ye bağlanmak istenirse, bu durumda kullanılacak mekanik sistemin hızı 30000 d/d'yı geçmemelidir. Bu değer PLC'nin yakalama frekansından düşük olduğu için uygundur. PLC'nin yakalama frekansı pozisyon algılayıcının maksimum yakalama frekansından küçükse, hesaplama PLC'nin yakalama frekansına göre yapılmalıdır.

$$n = \frac{a}{f_{\max}} \cdot 60 \text{ d/d} \quad (2)$$

Burada n , mekanik sistemin çıkabileceği maksimum devir sayısı, a pozisyon algılayıcının çözünürlüğü, f_{\max}

pozisyon algılayıcının maksimum cevap frekansı veya PLC'nin yakalama frekansını temsil eder.

Şekil 3'de yön tayininin nasıl yapıldığına ait blok diyagram verilmiştir. İstenilen pozisyon ve pozisyon algılayıcıdan gelen sinyaller bir karşılaştırıcıdan geçirilerek istenilen pozisyona gidilebilmesi için DA motorunun ileri veya geri yönde sürülmesine karar verilerek istenilen pozisyona ulaşılabilir.



Şekil-3. Yön tayini

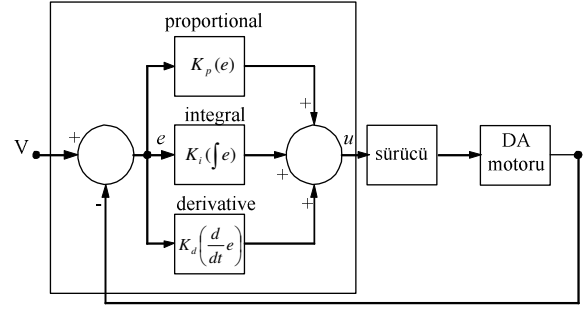
3.2. PID Kontrol

Gerçekleştirilen ölçüm sisteminde pozisyon bilgisinin sağlanması için kullanılan enkoder, birbirinden 90° faz farkı ile bir turda 360 darbe üretir. Bu enkoder sayesinde motorun hareketi için PLC'ye pozisyon bilgisi verir. Bu bilgi PLC'de yön ve konum bilgisi olarak PID denetleyicisinde işlenerek istenilen pozisyon bilgisi ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırmanın sonucu olarak aşağıdaki gibi bir e hatası üretir [7].

$$e = x_{istenen} - x_{ölçülen} \quad (3)$$

Bu hata değeri, PID kontrol denkleminde kullanılarak hatayı en az seviyede tutmak için gerekli PWM değerinin üretilmesini sağlar. Burada K_p orantı kazancı, K_i integral zaman sabiti (K_p/K_i), K_d türev denetim organ kazancıdır.

$$u = K_p e + K_i \int e dt + K_d \left(\frac{d}{dt} e \right) \quad (4)$$



Şekil-4. PID kontrol

3.3. Yazılım

Mesafe ve açı ölçüm sistemleri, günümüzde birçok alanda yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Eski ölçüm metotlarına nazaran daha kesin ve hatasız ölçüm yapmanın yanında gereken mesafenin elle ölçülmesi yerine bir klavyeden girmek, zamanda da tasarruf sağlar. PC için yazılan program aracılığı ile, istenilen ölçümlerin gerçekleştirilmesi ve izlenmesi sağlanır. Ayrıca istenildiğinde PLC'ye bağlanacak bir HMI (Human Machine Interface) ile de mesafe ve açı ölçümü yapılabilir.

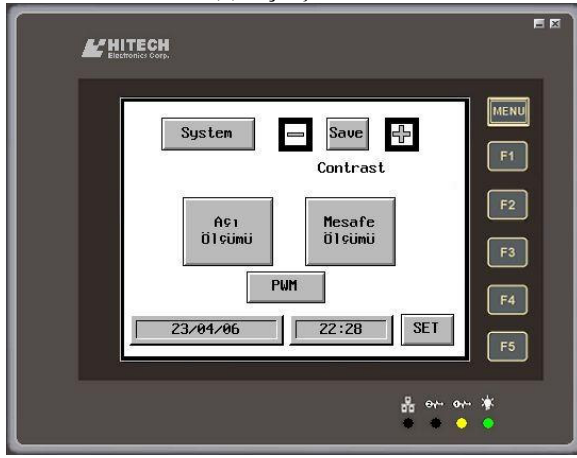
Klavyeden veya HMI'den girilen bir değer, bağlı olan pozisyon algılayıcı ile karşılaştırılacak, girilen değer o anki değerden küçükse motoru ileriye, büyükse motoru geri döndürecektir. İstenen değere ulaşıldığında motor duracaktır. Ancak PLC ile HMI'nın algılama süreleri aynı değildir. HMI, PLC'ye göre işlemler daha yavaş yapmaktadır. Bu nedenle ölçülen değere gelindiğinde motor hemen duramaz ve belirlenen değeri aşar. Bunu önlemek için verilen değerle ölçülen değer arasında bir hesaplama yaptırarak değere yaklaştığını ve motorun yavaşlaması gerektiğini HMI'ya bildirmemiz gerekir. Bu noktadan itibaren motorun cinsine göre PWM, rampa yada frekans ayarı ile yavaşlatmamız gerekmektedir. Şekil 5a, b, c, d'de açılış ekranı ve HMI menüleri ayrı ayrı verilmiştir.



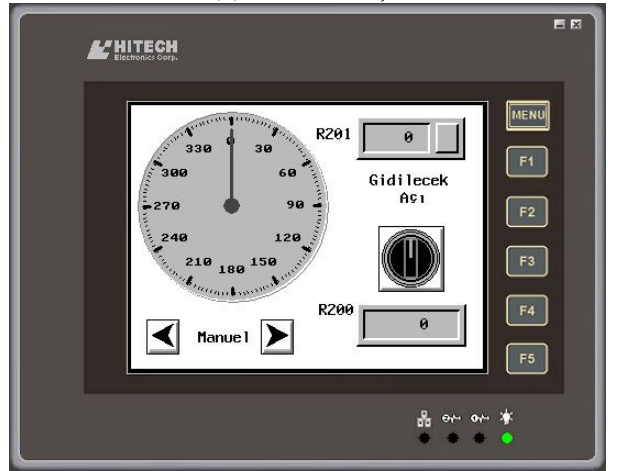
(a) Açılış Ekranı



(b) Menü Yerleşimi



(c) Seçim Ekranı



(d) Açı Ölçüm Ekranı

Şekil-5. HMI açılış ekranı ve diğer menü görüntüleri

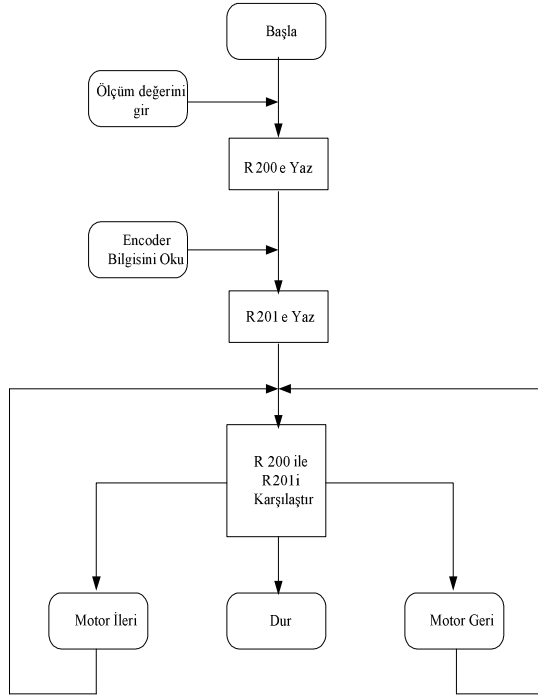
Şekil 6'de yapılan programa ait blok diyagram verilmiştir. Ayrıca çalışmanın nasıl gerçekleştirildiği ayrıntılı olarak aşağıdaki gibidir. Aynı sistem, mesafe ölçümü için de aynıdır.

- 0.Networkte PLCnin X2 girişinden açı bilgisi, X0 girişinden de yön bilgisi alınarak U/D sayıcıya gönderilir ve bu değer R200 registerine yazılır.
- 1.Networkte R200 registeri ile, dışarıdan değer girilen R201 registeri karşılaştırılarak motora nasıl bir yön verileceği tayin edilir.
- 2.Networkte, 1.networkte tayin edilen yön bilgisine göre PLCnin çıkışı aktif edilir. Burada kullanılan Y9 kontağı, gerekli PWM sinyalinin üretmek için 10. Networkteki PMW üreticinin kontağıdır. M16 yardımcı kontağı ise bu PWM'in gerektiği zaman çalıştırılmasını sağlar.
- PWM için gerekli mesafe yine HMI yada PC üzerinden girilir.,

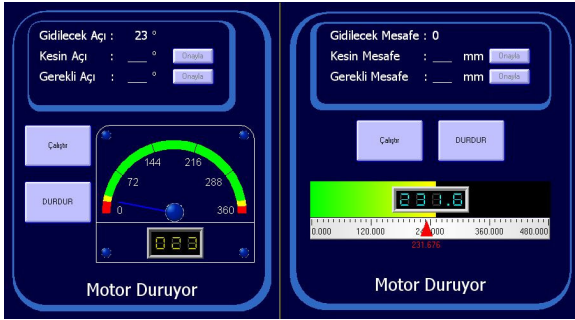
- Açı eşit konuma geldiğinde 3 ve 4. networkte siste durdurulur.

Şekil 7'de gerçekleştirilen yazılım ekranı görülmektedir. Kesin açı ve kesin mesafe, gidilecek noktaların tam pozisyonunu göstermektedir. Gerekli açı ve gerekli mesafe bölümleri ise, istenilen miktarı göstermektedir. Girilen bilgiler, PLC'ye seri port aracılığı ile aktarılır. PLC'de işlenen veriler, tekrar seri port aracılığı ile yazılıma geri döndürülür. Giden ve gelen verilerin alınıp değerlendirilmesi için, 10 ms'lik kesme rutinleri kullanılmıştır. Herhangi bir nedenden dolayı istenilen pozisyon aşılsa, yazılım, gerekli hesaplamaları yaparak PLC'ye yeni değerleri gönderir. Bu sayede hata en az seviyede tutulur.

Şekil 8'de gerçekleştirilen deney setine ait bir fotoğraf verilmiştir. Fotoğrafta PC, PLC, sürücü devre ve açı ve mesafe ölçmek için kullanılan deney düzeneği görülmektedir.



Şekil-6. Çalışmaya ait blok diyagramı



Şekil-7. Bilgisayar ara yüzü



Şekil-8. Hazırlanan deney seti

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Gerçekleştirilen sistemin amacı, üretilen pozisyon bilgisi ile istenilen bir noktanın belirlenmesidir. Bu sayede yapılacak ölçüm, en az hata ile gerçekleştirilmiş olur. Pozisyon bilgisinin elde edilmesi amacı ile sistemde 360 darbelik pozisyon algılayıcı kullanılmıştır. Bu sayede bir yandan sistemin maliyeti düşürülmüş, diğer yandan ise gerekli hassasiyet sağlanmıştır. Sistemde işlenen bilgilerin girilmesi ve konumun görsel olarak kullanıcıya aktarılması amacı ile PC programı kullanılmıştır. Bu şekilde hem kullanım esnekliği hem de istenildiğinde eğitim amaçlı kullanılabilme özelliği kazandırılmıştır. Seri port üzerinden gönderilen bilgiler, uygun bilgisayarlarda işlenerek sisteme iletilmiş ve PLC'nin davranışları bu program sayesinde gözlenmiştir. Sistem istenildiğinde HMI (Human Machine Interface) ile de kontrol edilebilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Reininger T., Welker F., Zeppelin MV., Sensors in position control applications for industrial automation, SENSORS & ACTUATORS A, Vol. 129 (2006), 270-274.
- [2] Karagiannis V., Manassis C., Bargiotas D., Position sensors based on the delay line principle, SENSORS & ACTUATORS A, Vol. 106 (2003), 183-186.
- [3] Payne D., Accurate measurement of angle position at high angular velocities, SENSORS & ACTUATORS A, Vol. 129 (2006), 239-242.
- [4] Kejik P., Kluser C., Bischofberger R., Popovic RS., A low cost inductive proximity sensor for industrial applications, SENSORS & ACTUATORS A, Vol. 110 (2004), 93-97.
- [5] Mekid S., Olejniczak O., High precision linear slide. Part II: control and Measurements, INTERNATIONAL JOURNAL OF MACHINE TOOLS & MANUFACTURE, 40 (2000) 1051-1064.
- [6] Soygüder S., Alli H., Programlanabilir mantıksal denetleyici Kullanılarak PID yöntemi ile robot hız denetimi, FIRAT ÜNİVERSİTESİ FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ, Vol. 18 (2006), 113-121.
- [7] Ateş H., Bayındır R., PLC kontrollü sürtünme kaynak cihazı tasarımı ve uygulaması", ZONGULDAK KARAELMAS ÜNİVERSİTESİ, TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ, TEKNOLOJİ DERGİSİ, Yıl 5, 2002, Sayı 3-4, 97-104.

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 uygulamaları, 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.

Erdal BEKİROĞLU, 1973 yılında Hasankeyf'te doğdu. Lisans öğrenimini 1994 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Bölümünde tamamladı. Yüksek Lisans ve Doktora Derecelerini sırasıyla 1998 ve 2003 yıllarında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Anabilim Dalından aldı. 1996-2003 yılları arasında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Bölümü Elektrik Makinaları Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı. Ocak 2004 tarihinden beri Abant İzzet Baysal Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Elektrik Makinaları Anabilim Dalında Yardımcı Doçent olarak görev yapmaktadır. İlgi ve çalışma alanları; elektrik makinaları kuramı ve denetimi, özel elektrik motorlarının sürme ve denetimi, ultrasonik motorlar ve sayısal sinyal işlemcileridir.

Serkan TOKSOY, 1982'de Ankara'da doğdu. 1999 yılında Gazi Endüstri Meslek Lisesi Elektrik Bölümü'nden 1.likle mezun oldu. 2001 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü'nü kazandı. İlgi ve çalışma alanları kumanda sistemleri, PLC uygulamaları ve otomasyon olan Serkan TOKSOY halen Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü'nde eğitimine devam etmektedir.