

Asenkron Motorlar için Denetleyici Tabanlı Yol Verme ve Koruma Rölesinin Gerçekleştirilmesi

Ramazan BAYINDIR*, Şevki DEMİRBAŞ*, Erdal IRMAK*, Erdal BEKİROĞLU**
*Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

**Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
14280 BOLU

ÖZET

Bu çalışmada üç fazlı asenkron motorlar için koruma ve yıldız-üçgen yol verme rölesi PIC 16F877 denetleyicisi ile gerçekleştirilmiştir. Röle ile faz sırası, faz kopukluğu, düşük/yüksek gerilim kontrolü yapıldıktan sonra üç fazlı motora yıldız-üçgen yol verilmiştir. Klasik yol verme ve koruma röleleri ile karşılaştırıldığında, tasarlanan röle ile kullanılan eleman sayısı azalmış, fiziki yapı küçülmüş ve bağlantı karmaşası ortadan kaldırılmıştır. Ayrıca sayısal bir yol verme sistemi ve koruma rölesi sayesinde sistemin güvenilirliği artırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asenkron motor, koruma rölesi, yıldız-üçgen yol verme, mikrodenetleyici

Design and Implementation of Microcontroller Based Starting and Protection Relay for Induction Motors

ABSTRACT

In this study, a digital protection and wye-delta starting relay based on PIC 16F877 microcontroller has been implemented for three-phase induction motors. The relay checks the phase sequence, phase loss and low/over voltage conditions before the motors started with wye-delta method. The relay developed in this study has superior features when compared to the conventional starting and protection relays. For instance, the numbers of components in the starting system are decreased, the dimension of relay is reduced and the complexity of connection is removed. Moreover, reliability of the system is increased by means of using a digital starting and protection relay.

Key Words: Induction motor, protection relay, wye-delta starting, microcontroller

1. GİRİŞ

Üç fazlı asenkron motor sargıları 220 V veya 380 V değerindeki gerilime göre sarılırlar. Özel durumlarda sargılara uygulanacak gerilim farklı değerlerde olabilir. Sargılara uygulanan bu gerilim, sargı empedanslarının küçük olması nedeniyle kalkınma anında çok fazla akım çekilmesine neden olur. Motor, ilk kalkınma anında rotor dönmediği için sekonderi kısa devre edilmiş bir trafo gibi çalışır. Dolayısıyla rotor devresinden ve buna bağlı olarak stator devresinden kalkınma anında yaklaşık olarak tam yük akımının 4-8 katı kadar bir akım çekilir. Kalkınma torkları ise tam yük torkunun 2-3.5 katı kadardır (1). Bundan dolayı asenkron motorlar genellikle boşa çalıştırılıp, anma hız değerlerine ulaşıldıktan sonra yüklenirler. Asenkron motorların kalkınma anında fazla akım çekmesi kumanda devresinde kullanılacak elemanlar ve iletkenlerin maliyetini artıracığından, bazı yöntemler yardımıyla kalkınma akımı belirli değerlerde tutulur. Bu yöntemlerin ana prensibi, stator sargılarına düşük gerilim uygulamaktır. Bilhassa büyük güçlü asenkron motorlara direkt olarak yol verildiğinde, ilk kalkınmada

çekecekleri büyük kalkınma akımları enerji iletim hatlarında düşen gerilimin artmasına sebep olur. Dolayısıyla bu hattan beslenen alıcılar iletim hattında meydana gelen gerilim düşümünden etkilenirler. Yol verme yöntemlerinin tamamında, motora yol verebilmek için zaman rölesi ve kontaktörden oluşan bir kumanda devresi kurulur. Motor ise kontaktörün kontakları kullanılarak oluşturulan güç devresine bağlanır (2, 3).

Geleneksel yol verme yöntemlerinde, kumanda devresinde anahtar olarak kontaktör kullanılır. Kontaktör kontakları aşındığı için belirli zaman sonra mekanik arızalar meydana gelebilmektedir. Kontak noktaları tamamıyla aşınmış ise kontaklar değiştirilmelidir. Kontaktörler manyetik nüvelerinde zamanla toz birikmesi sonucu gürültülü çalışabilir. Bu nedenlerden dolayı, bu tip sistemler sürekli bakım gerektirir. Kullanılan kontaktör, zaman rölesi ve yol verme dirençlerinden dolayı güç kaybı da oldukça fazladır (4).

Elektrik motorlarının kullanılmasındaki temel amaç, mekanik enerji elde ederek bunu farklı çalışma alanlarına uygulamaktır. Bu nedenle, kumanda devresinin tasarlanmasında, öncelikle motorun korunmasına

dikkat edilmektedir. Çünkü motorda meydana gelen bir arıza tüm sistemin durmasına neden olmaktadır. Motor arızalarını önlemek için başvurulan temel tedbirlerden birisi, stator sargılarının ısı artışına karşı korunmasıdır. Bu ısı artışı genellikle aşırı akım çekilmesinden kaynaklanmaktadır. Aşırı akım çekilmesine neden olan temel etkenler yüksek veya düşük gerilim, iki faza kalma, sık kalkınma ve rotor sıkışması şeklinde sıralanabilir.

Motora ait stator sargıları için müsaade edilen ısı değeri aşıldığında, sargıların bir eleman yardımı ile devreden çıkarılması gerekir. Bunun için, değişik sebeplerden dolayı meydana gelen ısı artışı tespit edilerek motora enerji veren kontaktör devre dışı bırakılmalıdır. Bu işlem, arıza çeşidine uygun koruma röleleri tarafından yapılır. Ancak, sadece koruma rölesi kullanılması yetersiz kalmaktadır. İlave olarak, mutlaka bir kontaktör kullanılmalı ve kontaktörün bobini, koruma rölesinin kapalı kontağına seri olarak bağlanmalıdır.

Koruma rölesi, devredeki akım, gerilim, sıcaklık gibi motor sargısında ısı artışına sebep olabilecek değişimleri sürekli olarak kontrol eden, istenmeyen durumlar oluştuğunda ise röle üzerinde kumanda devresine seri bağlı olan kapalı kontağını açmak suretiyle motoru istenmeyen durumlardan koruyan devre elemanıdır (5).

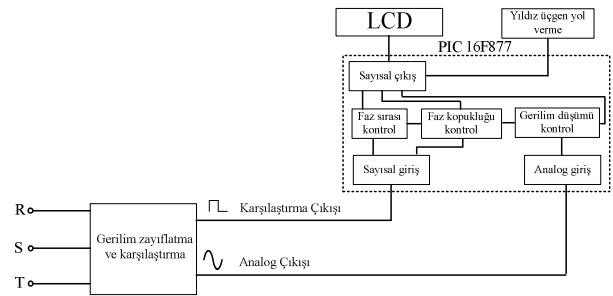
Denetleyicilerin endüstride kullanım alanlarının artması beraberinde rekabeti de getirmiş ve birçok firma kendi ürettiği ürünleri piyasaya sürmeye başlamıştır. Bunlardan birisi de, Microchip firmasının ürünü olan çevresel arabirim denetleyicisidir (Peripheral Interface Controller: PIC). PIC denetleyicileri, yapılarının basit olması, maliyetinin düşük olması ve kolay programlanabilmesinden dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir. Literatürde PIC denetleyicisi kullanılarak gerçekleştirilen çeşitli çalışmalar mevcuttur. PIC serisi denetleyiciler, üretim amacı çok fonksiyonlu lojik uygulamalarının hızlı ve ucuz bir denetleyici ile yazılım yoluyla karşılanmasını sağlamaktadır (6). Ayrıca sayısal olarak akım, gerilim, güç katsayısı ölçme işlemi ve reaktif güç kompanzasyonu uygulamaları da denetleyici tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir (7, 8). Çolak ve arkadaşları, PIC 16F877 kullanarak senkron motor uyarım akımını değiştirerek güç katsayısını ayarlamışlardır (8). Ateş ve Bayındır, PIC16F84 denetleyici ile sürtünme kaynak makinesinin kontrolünü gerçekleştirmişlerdir (9). Kapıdere ve arkadaşları, dört sıcaklık algılayıcı termohipoterm tıp cihazı tasarlamış ve uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Bu uygulamada dört termokupul kullanılarak termohipoterm cihazın değişik noktalarındaki sıcaklıklar PIC 16F877 denetleyicisinin analog sayısal dönüştürücü modülü kullanılarak ölçülmüş, sıcaklık değerleri sayısal değerlere dönüştürülmüş ve sistemin sıcaklık kararlılığı test edilmiştir (10). Gedikpınar ve Çavaş, denetleyici kullanarak telefon hatları aracılığı ile sulama sistemin kontrolünü başarılı bir şekilde gerçekleştirmişlerdir (11).

Bu çalışmada üç fazlı bir sisteme ait faz gerilimleri, faz sırası, faz kopukluğu tespit edilerek asenkron

motora yıldız-üçgen yol verilmesi için bir röle tasarlanmıştır. Gerçekleştirilen sistemde zaman rölesi kullanılmamıştır. Sistem denetleyici tabanlı olduğu için, kumanda devresinin yürüttüğü tüm işlemler yazılım ile gerçekleştirilmiş, donanım olarak sadece motorun çalıştırılabilmesi için gerekli olan kontaktörler kullanılmıştır. Zaman rölesi ihtiyacının karşılanması için, yazılım içerisinde çeşitli gecikme döngüleri oluşturulmuştur. Büyüklüklerin ölçülmesinde ve faz sırasının belirlenmesinde PIC 16F877 denetleyicisi kullanılmıştır. Ölçülen büyüklükler ve faz sırası bilgileri denetleyici ile uyumlu çalışan Liquid Crystal Display (LCD) ile görüntülenmiştir. Bütün endüstri dallarında temel amaç, otomasyonu sağlayarak üretimi artırmak ve maliyeti düşürmektir. Yapılan bu çalışma, kuruluş maliyeti açısından kontaktörlü sistemlere göre pahalı olmasına karşılık, işletme maliyeti düşüktür. Yapılan deneysel çalışma ile buna benzer motor kontrol uygulamalarının daha basit ve güvenilir şekilde denetleyici ile gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir.

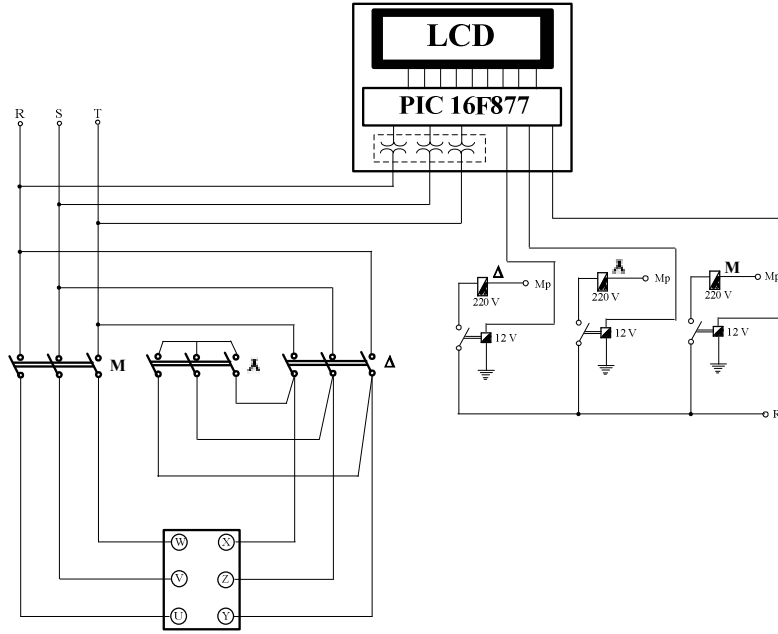
2. UYGULAMA ÇALIŞMALARI

Tasarlanan ve uygulaması gerçekleştirilen röle ile üç fazlı sistemin faz sırası tespit edilmiş, faz gerilimleri ölçülmüş ve bu değerler LCD ekranında gösterilmiştir. Bu amaçla geliştirilen devrenin blok diyagramı, Şekil.1'de verilmiştir. Uygulama, gerilim zayıflatma-karşılaştırma devresi, LCD ve denetleyiciden oluşmaktadır. Hazırlanan yazılım ile faz sırası, faz kopukluğu, gerilim düşüklüğü/yüksekliği kontrolü yapıldıktan sonra asenkron motora otomatik olarak yıldız-üçgen yol verilmektedir. Asenkron motor çalıştığı sürece koruma amaçlı kontroller sürekli olarak yapılmakta ve herhangi bir arıza durumunda hem motor durdurulmakta, hem de LCD'de görüntülenen mesajlar ile arıza konusunda operatöre bilgi verilmektedir.



Şekil 1. Geliştirilen devrenin blok diyagramı

Kullanılan motorun güç devresine bağlantısı, Şekil.2'de verilmiştir. Bu şekilden de görüleceği üzere üç faz, transformatör yardımı ile PIC 16F877 denetleyiciye uygulanmakta ve gerekli kontroller yapıldıktan sonra motorun yıldız-üçgen çalıştırılabilmesi için dış devreye üç adet sayısal bilgi gönderilmektedir. Dış devrede, 12 V besleme gerilimine sahip röleler kullanılmıştır. Bu röleler, denetleyiciden aldıkları sinyal ile 220 V gerilim altında çalışan kontaktör bobinini enerjilendirmekte ve böylece motora yol verilmesini sağlamaktadırlar.



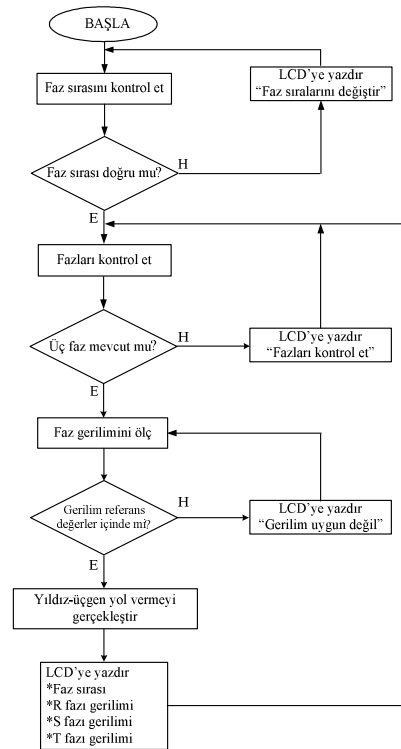
Şekil.2 Üç fazlı asenkron motor güç devresinin denetleyiciye bağlanması

2.1. Yıldız-Üçgen Yol Vermenin Gerçekleştirilmesi

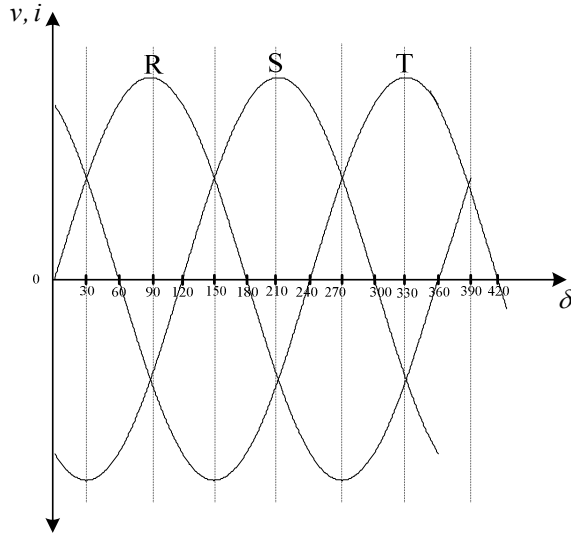
Yıldız-üçgen yol verme işlemi, geliştirilen yazılım ile denetlenmiştir. Yazılıma ait akış diyagramı Şekil.3'de görülmektedir. Verilen akış diyagramına uygun olarak öncelikle faz sırası, faz kopukluğu kontrolü ve gerilim düşümü denetimi yapılmaktadır. Eğer bu şartlar sağlanıyorsa, yol verme işlemi gerçekleşmektedir. Aksi takdirde, ortaya çıkan hata durumu LCD üzerinden operatöre bildirilmektedir. Böylece, operatör ilgili hata mesajına uygun tedbirleri alarak çalışmayı yeniden başlatmaktadır.

2.1.1. PIC 16F877 denetleyici ile faz sırasının belirlenmesi

Üç fazlı sisteme ait gerilim eğrisi, Şekil.4'de verilmiştir. Birinci fazın sıfır olduğu yer başlangıç kabul edildiğinde, bu noktadan itibaren 180 dereceye kadar birinci faz pozitif değerler almaktadır. Başlangıç noktasında negatif olan ikinci faz, 120 derece sonra pozitif değerler almaya başlamakta ve 300 dereceye kadar bu şekilde devam etmektedir. Başlangıç noktasında pozitif durumda iken, 60 derece sonra negatif değerler almaya başlayan üçüncü faz ise, 240 dereceden itibaren pozitif değerler almaya başlamakta ve 420 derece sonra yeniden negatif değerler almaktadır.



Şekil.3 Sistemin akış diyagramı



Şekil.4 Üç fazlı sisteme ait gerilim eğrisi

Üç fazlı sistem takip edilirse birinci faza ait pozitif darbenin sıfıra indiği yerde ikinci fazın pozitif darbede olduğu, ikinci faz pozitif darbesinin sıfıra indiği yerde üçüncü fazın pozitif darbede olduğu görülür. Fazların bu şekilde birbirlerini takip eden sırada pozitif değer almaları takip edilerek, faz sırasının doğruluğu veya yanlışlığı tespit edilmektedir.

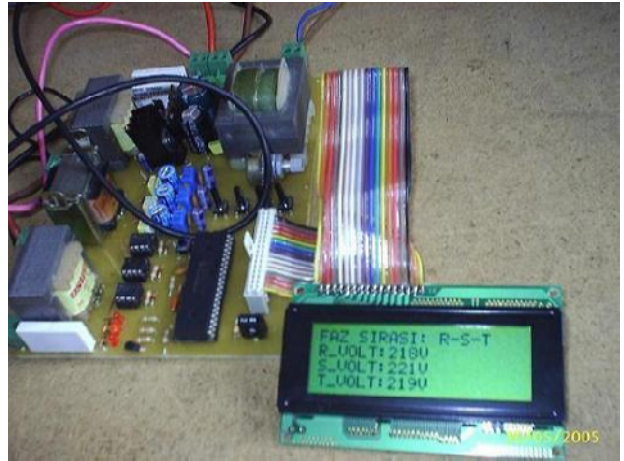
Şekil.5'de, faz sırasının denetlenmesi anında çekilmiş, LCD görüntüsüne ait bir fotoğraf verilmiştir. Bu fotoğraftan da anlaşılacağı gibi, faz sırasında oluşan hatalar sistem tarafından başarılı bir şekilde tespit edilmektedir. Bunu sağlamak için izlenen yöntem şu şekildedir: R fazının sıfır geçişi bir seviyesinden sıfır seviyesine indiği anda, S fazının sıfır geçişi bir seviyesinde ve S fazının sıfır geçişi sıfır seviyesine indiği anda, T fazının sıfır geçişi de bir seviyesinde ise ekrana "R-S-T" yazdırılır. S fazının sıfır geçişi sıfır seviyesinde, T fazının sıfır geçişi de bir seviyesinde ve T fazın sıfır geçişi sıfır seviyesine indiği anda, S fazın sıfır geçişi de bir seviyesinde ise ekrana "R-T-S" yazdırılır. Diğer durumlarda ekrana "FAZ SIRASI ?-?-?" yazdırılır ve hata bilgisi görüntülenir.



Şekil.5 Faz sırası hatasının kullanıcıya bildirilmesi

2.1.2. PIC 16F877 denetleyici ile üç faz geriliminin ölçülmesi

PIC 16F877 analog giriş bacağına gelen sinyalleri referans gerilimi ile karşılaştırarak giriş geriliminin değerini tespit eder. PIC 16F877 on bitlik hassasiyette analog sayısal dönüşüm yapmaktadır. Yazılım içerisinde, PIC analog girişine uygulanan üç faz gerilimini ölçmek için RA0, RA1 ve RA2 analog giriş olarak ve $V_{DD}-V_{SS}$ gerilimleri referans gerilimi olarak tanımlanmıştır. Denetleyici ile birinci faza ait gerilimi bulabilmek için faza ait gerilim zayıflatma-karşılaştırma devresi kullanılmıştır. Eğrinin başlangıç ve bitişi, karşılaştırma sinyal girişinden tespit edilmiştir. Eğrinin başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar faza ait analog girişten dönüşümler yapılmış ve bu dönüşümlerin ortalaması hesaplanarak gerilim değeri bulunmuştur. İkinci ve üçüncü fazlar için kendilerine ait gerilim zayıflatma-karşılaştırma devreleri kullanılmıştır. Şekil. 6'da, faz gerilimlerinin ölçülme anını gösteren bir fotoğraf verilmiştir.



Şekil.6 Üç faz geriliminin ölçülmesi

2.1.3. Yıldız-üçgen yol verme

Devrenin yıldız-üçgen çalışma aşamasına geçmesi için, kart üzerinde bulunan ENTER tuşuna basılır. Program başladığı anda PIC'in giriş/çıkış bacakları tanımlanır. LCD işlemcisinin hazır olmasını takiben, LCD kurulur. Devrenin kontrole başlaması için ENTER tuşu beklenir. Tuş onaylandıktan sonra yıldız üçgen geçiş süresinin belirlenmesi için PIC 16F877'nin RA3 analog kanalından pot ile ayarlanmış gerilim değeri okunur. Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra, yıldız ve motor olarak tanımlanmış sayısal port çıkışları Lojik 1 yapılır. Motor ve yıldız röleleri enerjilenir ve böylece motora yıldız yol verilmiş olur. Yazılım içerisinde tanımlanmış sürenin sonunda, yıldız çıkışı Lojik 0 ve üçgen çıkışı Lojik 1 olur. Böylece yıldız üçgen geçişi tamamlanmış olur. Herhangi bir fazdaki düşük/yüksek gerilim yada herhangi bir fazın kablosu koptuğunda rölenin enerjisi kesilir, motor yeniden çalışma için bekleme alınır ve ilgili hata mesajı LCD'de görüntülenir.

Gerilim hatalarının tespiti ve gerilim seviyelerinin izlenmesi için analog RA0, RA1, RA2. kanallardan sırasıyla yapılan ölçümler ekrana yazdırılır. Eğer düşük veya yüksek değerde, %10'luk bir hata varsa açma sinyali gönderilir ve motor otomatik olarak durdurulur. Hatalar giderildikten sonra, program tekrar yıldız çalışma aşamasından başlatılır. Şekil.7'de, motorun yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçiş anındaki LCD ekran görüntüsü verilmiştir. Şekil.8'de ise deneyde kullanılan motor ve rölenin bağlantısını gösteren bir fotoğraf verilmiştir.



Şekil.7 Yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçiş anı



Şekil.8 Gerçekleştirilen yol verme devresi

3. SONUÇ

Bu çalışmada, PIC 16F877 denetleyicisi kullanılarak üç fazlı motora yıldız-üçgen yol verilmiş, faz sırası, faz kopukluğu ve düşük/yüksek gerilim kontrolleri yapılmıştır. Faz sırasının tespiti için, üç fazlı sisteme ait gerilim eğrisi karşılaştırma devresi üzerinden takip edilmiş ve faz sırasının denetimi gerçekleştirilmiştir. Faz sıraları LCD'de gösterilmiştir. Faz kopukluğu kontrolünde ise, üç fazlı sisteme ait herhangi bir fazın

kesilmesi ya da kopması halinde devrede meydana gelen arıza LCD yardımıyla operatöre bildirilmiştir.

Tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilen kontrol devresinde, kullanılan harici eleman sayısı azaltılmış, bağlantı karışıklığı ortadan kaldırılmış ve maliyet düşürülmüştür. PIC denetleyicisi gibi basit yapılı ancak çok işlevli ve yüksek hızlı bir donanımın kullanılması sayesinde, hem devrenin fiziksel boyutu küçültülmüş, hem de daha sade ve anlaşılır bir denetim yapısı oluşturulmuştur. Sistemde, sayısal bir kontrol yönteminin kullanılması ile güvenilirlik artırılmıştır. Klasik kumanda ile karşılaştırıldığında, küçük akımlar ile büyük akım ve gerilimler PIC sayesinde kontrol edilmiştir. Ayrıca bir kumanda devresine ihtiyaç duyulmamıştır.

İleride yapılacak çalışmalarda, dış devrede motor kontrolü için kullanılan kontaktörler kaldırılabilir. Böylece, sistemi tamamen mekanik elemanlardan arındırmak ve daha hassas, bakım gerektirmeyen tek bir röle haline getirmek mümkün olabilir.

4. KAYNAKLAR

1. Çolak, İ., Asenkron Makinalar, Nobel Yayıncılık, 2001, Ankara.
2. Türkmen, Y., Gençtan, C., Kumanda Devreleri 1, Yeniyo Matbaası, 1998, İzmir.
3. Türkmen, Y., Gençtan, C., Kumanda Devreleri 2, Yeniyo Matbaası, 1998, İzmir.
4. Alerich, W.N., Electric Motor Control, Delmar Publishers, 1988, New York.
5. Çolak, İ., Bayındır, R., Elektrik Kumanda Devreleri, Seçkin Yayıncılık, 2004, Ankara.
6. Gümüşkaya, H., Mikroişlemciler ve 8051 Ailesi, Alfa Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti., 1998, İstanbul.
7. Çolak İ., Bayındır R., Sefa İ., "Experimental Study on Reactive Power Compensation Using A Fuzzy Logic Controlled Synchronous Motor", Energy Conversion and Management, 45 (15-16), 2371-2391, September 2004.
8. Çolak, İ., Bayındır, R., "Güç Katsayısının Bir Mikrodenetleyici Kullanarak Ölçümü", Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19(1-2), 50-58, 2003.
9. Bayındır, R., Ateş, H., "PIC Kontrollü Sürtünme Kaynak Makinesi Tasarımı ve Uygulaması", Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi, 6 (3-4), 107-114, 2003.
10. Kapıdere, M., Ahıska, R., Güler, İ., "Dört Sıcaklık Algılayıcılı ve Mikrodenetleyicili Termohipoterm Sistemi", 3rd International Advanced Technologies Symposium, 90-97, August 18-20, 2003, Ankara.
11. Gedikpınar, M., Çavaş, M., "PIC Mikrodenetleyici Kullanılarak Telefon Hatları Aracıyla ile Sulama Sistemlerinin Kontrolü", Politeknik Dergisi, 8 (3), 249-254, 2005.