



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2010, Volume: 5, Number: 2, Article Number: 1A0077

**ENGINEERING SCIENCES**

Received: September 2009

Accepted: March 2010

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

**İlhan Garip**

Turkey General Directorate of

Radio and Television

milhangarip@hotmail.com

Ankara-Turkey

**GENERATÖRLERİN PARALEL BAĞLANMASINDA FAZ SIRASININ MİKRODENETLEYİCİ  
TABANLI TESPİTİ VE OTOMATİK OLARAK DÜZELTİLMESİ**

**ÖZET**

Bu çalışmada generatörlerin paralel bağlanması esnasında, faz sıralarının doğruluğunun ölçülmesi ve otomatik olarak düzeltilmesi mikrodnetleyici tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Kare dalgaya dönüştürülen bu sinyaller, PIC16F877 mikrodnetleyicisi içerisinde C programlama dilinde yazılmış olan program tarafından değerlendirilmiştir. Sinyaller arasındaki açı farkı  $120^{\circ}$  ise A rölesi, açı farkı  $0^{\circ}$  ise B rölesi devreye alınarak faz sıraları düzeltilmektedir. A ve B rölelerinin kontrol ettikleri A veya B kontaktörü üzerinden sistemin faz sıralarının doğruluğu sağlanmaktadır. Burada fazların A kontaktöründeki bağlantısı B kontaktöründe fazların ikisinin yeri değiştirilerek bağlanmıştır. Mikrodnetleyici yaptığı ölçüme göre devreye A veya B rölesini almaktadır. Deneysel sonuçlar gerçekleştirilen sistemin doğruluğunu ve uygulanabilirliğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Faz Sırası Doğruluğu, Paralel Bağlama,  
Faz Açısı Eşitliği, Mikrodnetleyici, Generatör

**MICROCONTROLLER BASED DETERMINATION AND AUTO-CORRECTION OF PHASE ORDER  
FOR PARALLEL CONNECTION OF GENERATORS**

**ABSTRACT**

In this study, the measurements of the accuracy of phase sequence and automatic correction of it have been performed using a microcontroller during the parallel connection of the generators. The signals have been evaluated by a program written in C programming language which is inserted into the PIC16F877 Microcontroller. The phase lines are corrected by switching on relay A when the angle difference between the signals is  $120^{\circ}$  electrical, or by switching on relay B when the angle difference between the signals is  $0^{\circ}$  electrical. Using A or B contactors which are controlled by A and B relays, the accuracy of phase lines of the system is provided. Here, the places of the phase connections of A contactor are changed on B contactor. The microcontroller takes A or B relay into the circuit with respect to the measurement it made. The experiment results have demonstrated the accuracy and applicability of the system.

**Keywords:** Equality of Phase Orders, Parallel Connection,  
Phase Angle Equation, Microcontroller, Generators

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Elektrik güç sistemlerinde kurulu generatörlerin, tüm alıcıların gereksinim duyduğu elektrik enerjisi ihtiyaçlarını sağlayabilmesi için birbirleri veya şebeke ile paralel bağlı çalışması gerekmektedir. Generatörlerin paralel bağlanabilmesi için gerilim, frekans, faz açısı ve faz sırası gibi temel kriterlerin sağlanması gerekmektedir. Generatörlerin paralel bağlanmasında temel kriterlerden birisi olan faz sıralarının doğruluğunun sağlanması döner alan yönlerinin aynı olması ile gerçekleşir [1]. Döner alan yönleri farklı sistemlerin paralel bağlanması sonucu sistemde gerilim dalgalanmaları ve akım darbeleri görülür. Bu istenilmeyen bir durumdur. Sistem, alıcılar ve paralel bağlanan generatör bundan büyük oranda zarar görürler. Bu durumu önleyebilmek için paralel bağlanacak generatörlerin faz sırası doğruluğunun sağlanmasına dikkat edilmelidir. Paralel bağlanacak generatör fazları arasındaki açısal fark  $0^\circ$  derece olduğunda döner alan yönleri aynı,  $120^\circ$  derece olduğunda ise döner alan yönleri farklıdır [2]. Döner alan yönleri farklı sistemlerde paralel bağlanacak alternatörün iki fazının yeri değiştirilerek faz sırası doğruluğu (Döner alan yönleri eşitlenir) sağlanır. Kurulu güç sistemlerinde generatör dönüş yönü değiştirilemeyeceğinden paralel bağlanacak generatörün fazlarından ikisinin yeri bir defaya mahsus olmak üzere değiştirilir. Ancak eğitim çalışmalarında ve taşınabilir setlerde (jeneratör vs. gibi) bu ölçüm her defasında yapılmalıdır. Bu zaruretten dolayı çeşitli otomatik faz sırası düzeltme ve ölçme sistemleri geliştirilmiştir. Generatörler gerilim dalgalanması ve akım darbelerinden dolayı önemli zararlara uğrarlar. Büyük sistemlerde faz sırası doğruluğu ilk kurulum anında bir defa yapılarak sağlanır [3]. Konu ile ilgili yapılan literatür taramasında çeşitli çalışmalar gözlemlenmiştir. Bu çalışmaların birisinde şebeke geriliminde en küçük sapmalar bile generatörde aşırı gerilime neden olmasından dolayı, paralel bağlantı koruma devrelerine gereksinim duyulmuştur. Koruma devreleri tasarlanırken şebekenin durumu, generatörün büyüklüğü ve tipi (senkron veya asenkron olması), geri besleme hata düzeyi dikkate alınmıştır [4]. Diğer bir çalışmada ise generatör milinden alınan hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştürürken uyartım sargısı akımı ile de çıkış gerilim değeri ayarlanır. Generatör miline uygulanan hareket enerjisi ise elektriki frekansın değerini (kutup sargıları sabit olduğundan) belirler. Frekansta arzu edilen sapma değerinin paralel bağlanacağı sistemle tam uyusabilmesi için yaklaşık olarak  $0^\circ$  (derece) olmalıdır [5]. Senkron generatörün sayısal sinyal işlemci (DSP), ile gerçek zamanlı ölçme, izleme ve ayarlama işlemlerinin yapıldığı çalışmada ise sistemde yük açısı, terminal gerilimi ve akımı, faz açısı, reaktif ve aktif güçler ölçülmektedir [6]. "Güç laboratuvarında motor generatör istasyonlarının ölçülmesi için düzenek" adlı çalışmada üniversite öğrencilerine ait güç laboratuvarında bağımsız olarak motor-generatör istasyonlarını ölçebilmeleri için bir sistem geliştirilmiştir. Kullanılan metotla çeşitli elektriksel ve mekaniksel değerler öğrencilerin deneyleri süresince ölçülerek ve ekranda gösterilerek tanımlanmıştır [7]. Başka bir çalışmada ise paralel bağlanacak generatörlerin döner alan yönlerinin analog ölçülmesi ve yapılan ölçümlerin mikrodenetleyici ile karşılaştırılması sonucu faz sırası doğruluğunun kontrol edilen röleler vasıtasıyla otomatik olarak sağlanmıştır [8 ve 13].

Çalışmada mikrodenetleyici tabanlı otomatik faz sırası düzeltme sistemi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan mikrodenetleyicinin kontrol parametreleri C programlama dilinde yazılmış program ile sağlanmıştır.

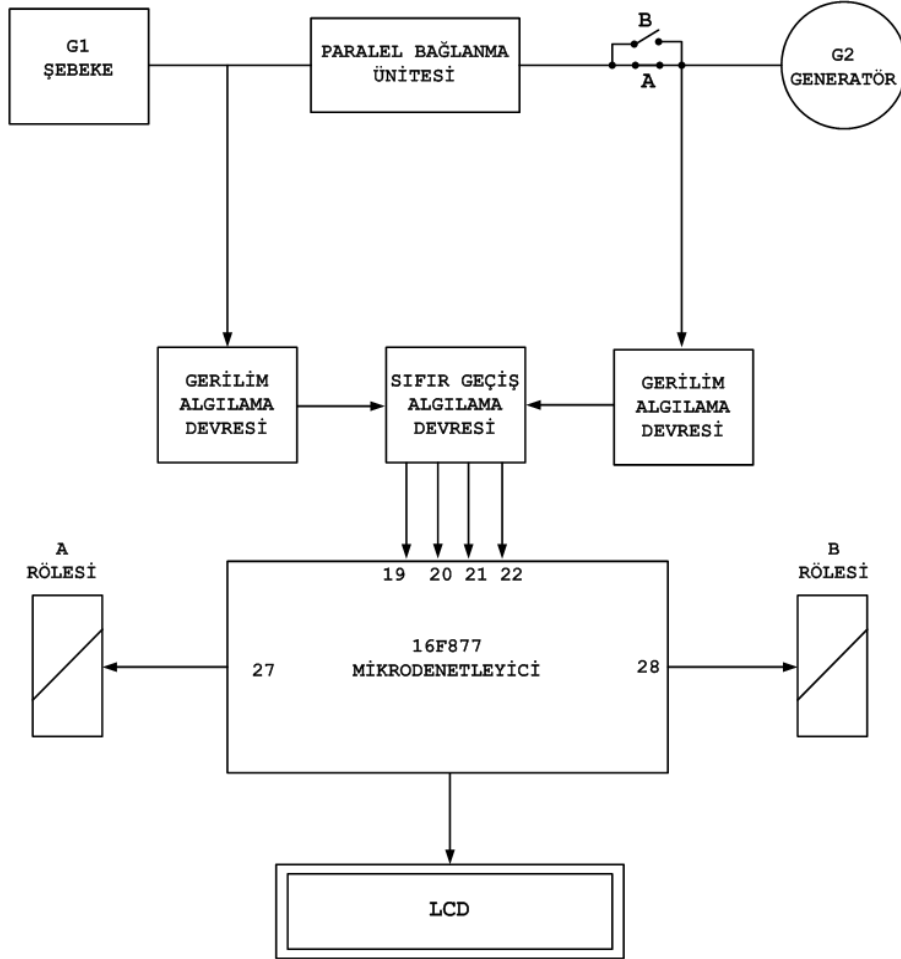
Hazırlanan bu yazılım ve tasarlanan sistemin, PROTEUS programı ile simülasyon çalışmaları yapılmıştır[9]. Simülasyon çalışmaları başarı ile tamamlanan sistemin daha sonra tasarım ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sistem temel olarak ölçme ve yapılan ölçüm sonucunda A veya B rölesi yardımı ile paralel bağlanacak sistem fazlarının yerlerini değiştirme esasına göre çalışmaktadır. Geliştirilen bu sistemin çalışma prensibi bağlanacak sistemlerin fazlarını karşılıklı olarak ölçer ve ölçüm sonucuna göre devreye alınacak röleyi seçme esasına dayalıdır. Burada kullanılan sistem hem endüstriyel boyutta, hem de mühendislik eğitiminde kullanılabilir.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (SIGNIFICANCE OF RESEARCH)

Çok fazlı sistemlerden elektrik enerjisi sağlayan alıcıların ve elektrik üretiminde kullanılan generatörlerin birbirleri ve sistemle paralel bağlanması esnasında faz sıralarının düzeltilmesi ve sürekli olarak aynı kalması ( $R_1-R_2$ ,  $S_1-S_2$ ,  $T_1-T_2$ ) mikrodenetleyici tabanlı olarak bir sistem gerçekleştirilmiştir. Paralel bağlanan sistemlerin karşılıklı ikişer fazına ait (generatör-generatör, generatör-şebeke) gerilim sinyalleri tasarlanan bir ölçme devresi yardımıyla sıfır geçiş algılama devrelerinin girişlerine uygun düzeye dönüştürülmüştür. Sıfır geçiş algılama devrelerinin girişlerine uygulanan sinüsoidal gerilim sinyalleri kare dalgaya dönüştürülerek mikrodenetleyicinin sayısal giriş kanallarına uygulanmıştır. Mikrodenetleyicide C programlama dilinde hazırlanan yazılım yardımıyla paralel bağlanan sistemlere ait faz açısı bilgileri hesaplanmakta ve mikrodenetleyiciye bağlı A veya B rölesi devreye alınarak faz sırası düzeltildikten sonra paralel bağlanma gerçekleştirilmektedir. Tasarlanan faz sırası düzeltme devresinde paralel bağlanacak generatöre ait fazlar A kontaktörüne R-S-T olarak B kontaktörüne ise R-T-S olarak girilmekte ve mikrodenetleyici faz farkını  $120^\circ$  ölçüyorsa A,  $0^\circ$  derece ölçüyorsa B kontaktörünü devreye alarak faz sırasının doğruluğunu sağlamaktadır. Gerçekleştirilen mikrodenetleyici tabanlı faz sırası düzeltme devresi her durumda paralel bağlanma esnasında hatalı fazların bağlanmasını engellemektedir. Sistem güvenliğini otomatik olarak sağlamaktadır.

## 3. GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEM (SYSTEM IMPLEMENTATION)

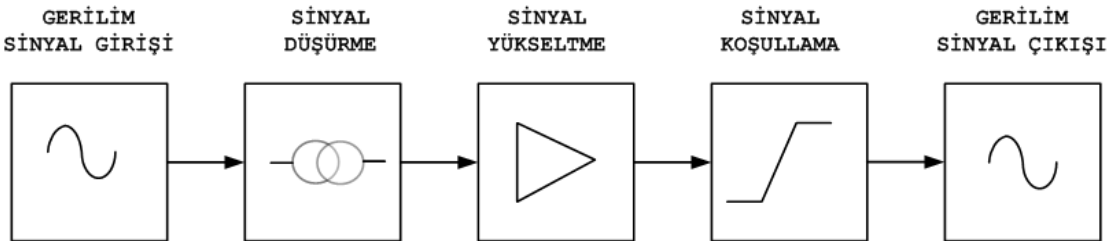
Bu çalışmada, faz sırası doğruluğu mikrodenetleyici tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sisteme ait blok diyagram Şekil 1'de verilmiştir. Bu blok diyagram; gerilim sinyallerini uygun düzeye dönüştüren bir gerilim algılama devresi, sıfır geçiş algılama devresi ve mikrodenetleyici devresinden oluşmaktadır. Tasarlanarak, uygulamaları gerçekleştirilen bu devrelere ait bilgiler ve devre şekilleri aşağıdaki alt başlıklarda detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 1. Gerçekleştirilen sistemin blok diyagramı  
(Figure 1. Block diagram of the system implemented)

### 3.1. Gerilim Algılama Devresi (Voltage Sensing Circuit)

Paralel bağlanacak sistemlerin (generatör-generatör, Şebeke-generatör) gerilimlerini sıfır geçiş algılama devresinin girişine uygun seviyeye sinüs sinyali olarak dönüştürmek amacıyla gerilim algılama devresi tasarlanmıştır. Tasarlanan gerilim algılama devresi Şekil 2’de görülmektedir.

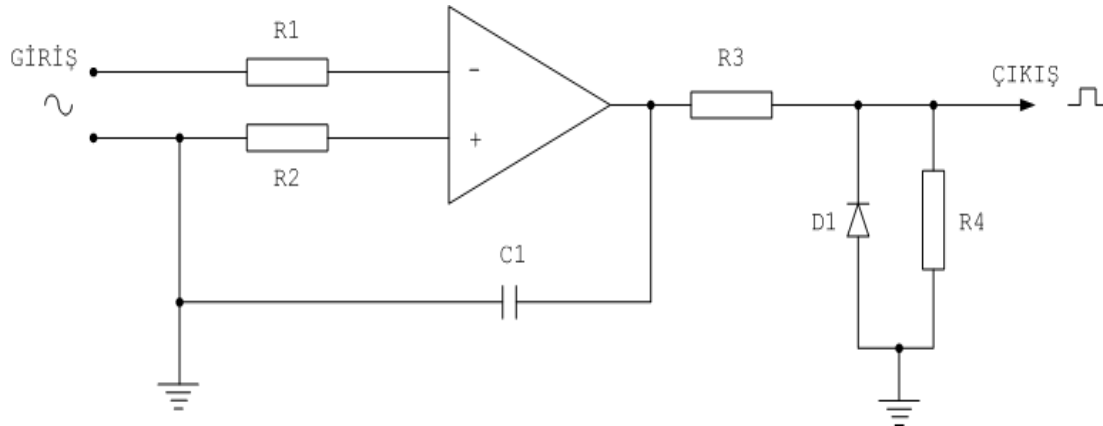


Şekil 2. Gerilim algılama devresi blok diyagramı  
(Figure 2. Block diagram of voltage sensing circuit)

Tasarlanan bu devrede, ölçüm yapılacak sistemin gerilim sinyalleri, gerilim transformatörleri yardımıyla uygun seviyeye düşürülmektedir. Bu amaçla 250/13.5 Volt gerilim transformatörleri kullanılmıştır. Uygun seviyeye düşürülen gerilim sinyalleri yükseltme devrelerinin girişlerine uygulanarak gerekli kazançlar elde edildikten sonra girişte yaşanabilecek herhangi bir yükselmeyi sınırlamak için sinyal koşullama devrelerinin girişlerine uygulanmaktadır. Güç sistemlerinde yaşanabilecek ani salınımlara karşı giriş değerleri bu devre üzerinde sınırlanmaktadır. Bu devre sistemin kararlılığını sağladığı gibi kısa süreli ani değişimlere hızlı tepki vermesini engellemek amacıyla yönelik olarak ta kullanılmıştır. Gerilim algılama devresinin çıkışından alınan sinüsoidal gerilim sinyalleri sıfır geçiş algılama devresine uygulanmaktadır [10 ve 14].

### 3.2. Sıfır Geçiş Algılama Devresi (Zero Crossing Detection Circuits)

Gerilim algılama devresinden alınan sinüsoidal gerilim sinyallerinin sıfırdan geçtiği anları tespit edebilmek amacıyla bir sıfır geçiş algılama devresi tasarlanmıştır. Sıfır geçiş algılama devresinin görevi gerilim sinyallerinin sıfırdan geçtiği anda lojik 1 sinyali vermesidir. Şekil 3'te bir faz için sıfır geçiş algılama devresi görülmektedir. Bu devre çıkışından elde edilen sinyal mikrodenetleyicinin sayısal kanalına uygulanarak frekans ve faz açısı bilgileri elde edilmektedir [11 ve 15].

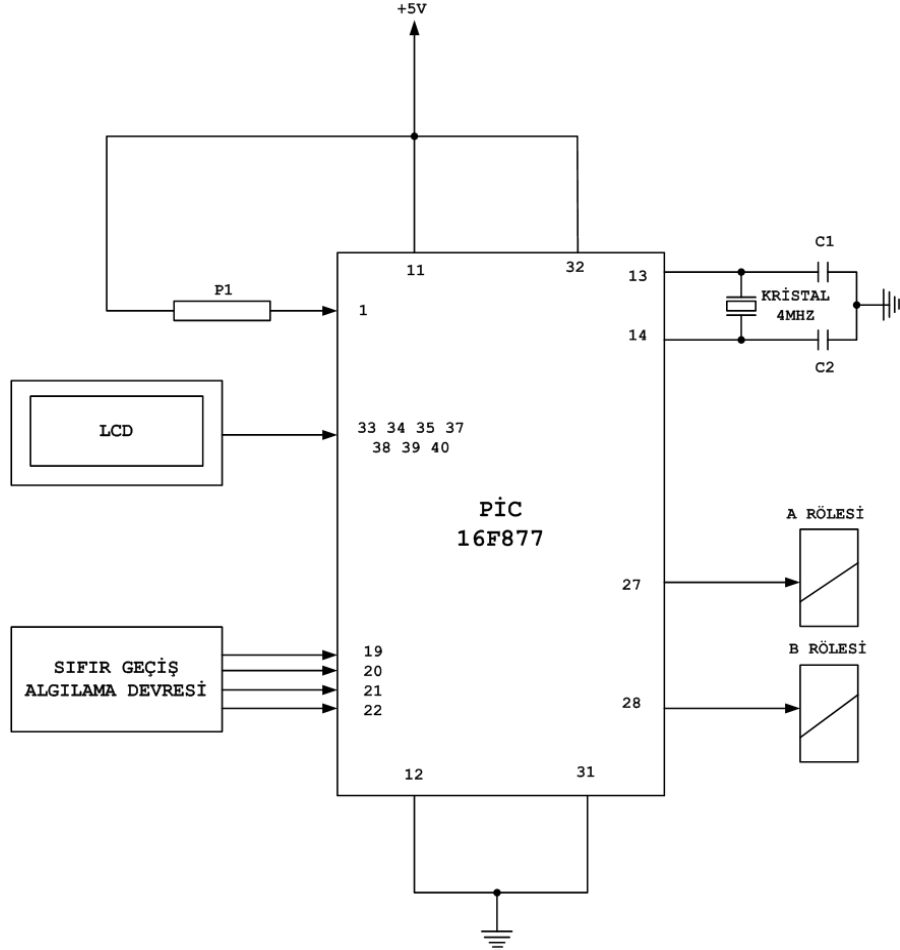


Şekil 3. Sıfır geçiş algılama devresi  
(Figure 3. Zero crossing detection circuit)

### 3.3. Mikrodenetleyici Devresi (Microcontroller Circuit)

Sıfır geçiş algılama devresinden alınan generatör ve şebeke fazlarına ait  $R_1-R_2, S_1-S_2$  sinyalleri mikrodenetleyicinin 19, 20, 21 ve 22 nolu sayısal girişlerine uygulanır. Fazlar arasındaki açısal fark tespit edilir. Fazlar arasında açısal fark  $120^\circ$  ise 28 nolu çıkıştan B,  $0^\circ$  ise 27 nolu çıkıştan A röleleri devreye alınarak faz sıraları düzeltilir. İşlemler gerçekleştirilirken sisteme ait bilgiler LCD ekrana yazdırılır. Şekil 4'te şeması verilen mikrodenetleyici devresinde PIC 16F877 [13 ve 16] mikrodenetleyicisi, 2 adet röle ve LCD kullanılmıştır. PIC 16F877 mikrodenetleyicisi 40 pinlidir. Bunlardan 33 pin giriş/çıkış, diğer 7 pin mikrodenetleyicinin çalıştırılması için kullanılmaktadır. PIC 16F877 üzerinde 368 byte'lık RAM ve 256 byte EEPROM veri belleği vardır. 3 adet

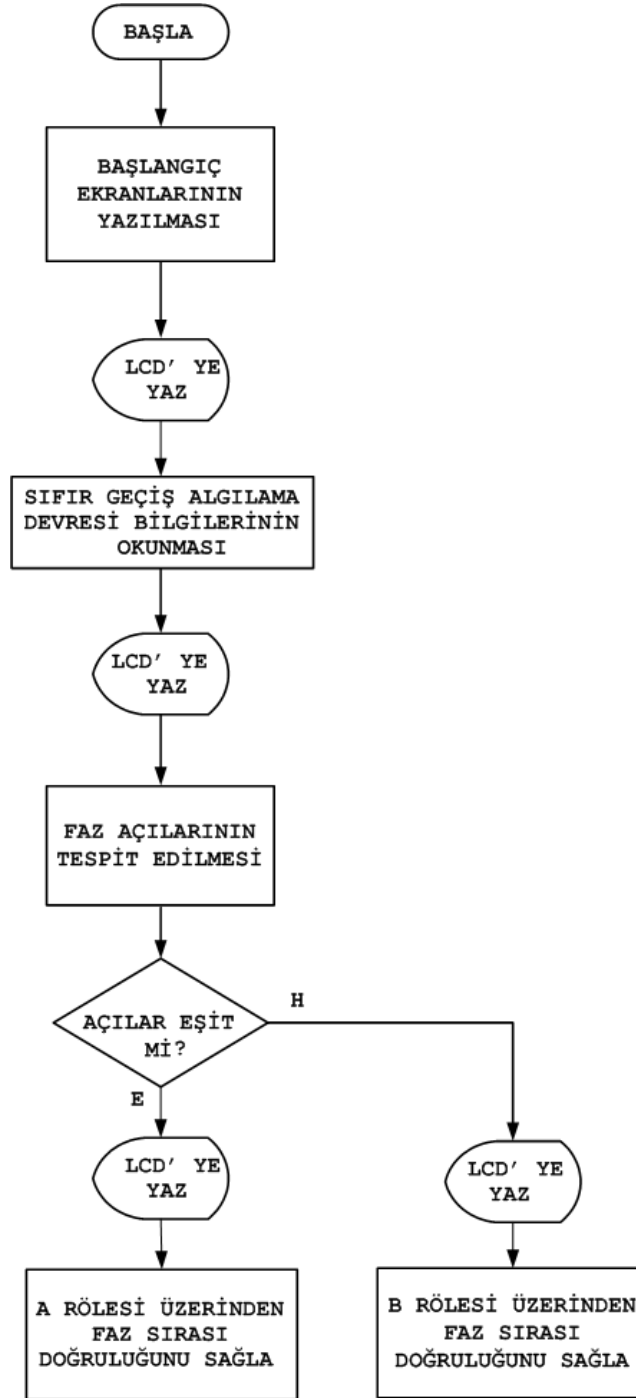
zamanlayıcı/sayıcı, 2 adet algılama/karşılaştırma/DGM, 1 adet seri iletişim portu ve 8 adet 8/10 bitlik A/D konvertör modülüne sahiptir. Tasarlanan sistemde mikrodenetleyici kullanılmasıyla çevresel arabirimler, bir tümleşik aygıt içinde birleştirildiğinden sistem hızı ve güvenilirliği artmış, maliyet azalmıştır. Aynı zamanda kullanım kolaylığı sağlanmış ve karmaşık yapı ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 4. Mikrodenetleyici devresi  
(Figure 4. Microcontroller circuit)

#### 4. SİSTEMİN ÇALIŞMASI (OPERATION OF THE SYSTEM)

C programlama [12] dilinde hazırlanan mikrodenetleyici yazılımının akış diyagramı Şekil 5'te verilmiştir. Yazılımda başlangıç olarak; mikrodenetleyicinin kullanılacak pinleri, kullanılacak sayıcı, vs. tanımlamaları yapılmıştır. Bir sonraki aşamada sıfır geçiş algılama devresinden elde edilen sinyaller kullanılarak faz açısı bilgilerinin elde edilmesi için gerekli işlemler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Mikrodnetleyici yazılımının akış diyagramı  
(Figure 5. Flow chart of microcontroller's software)

Sıfır geçiş algılama devresinden alınan şebeke ve generatör fazlarına ait dört adet kare dalga sinyal mikrodnetleyicinin dijital girişine uygulanmıştır. Şebeke ve generatör arasındaki faz açısını ölçmek için PIC 16F877 içerisinde bulunan TIMER1 zamanlayıcısı kullanılmıştır.

TIMER1 zamanlayıcısı PIC 16F877 içerisinde bulunan 16 bitlik bir zamanlayıcıdır. Bu zamanlayıcı birimi kullanarak ölçme işlemi hassaslaştırılmıştır. Şebeke gerilim bilgisi lojik 1 olduğu anda TIMER1 zamanlayıcısı çalıştırılmaya başlanmıştır, generatör gerilim bilgisi lojik 1 olduğunda ise TIMER1 zamanlayıcısı durdurulmuştur. TIMER1 zamanlayıcısının çalışmaya başladığı andan durduğu ana kadar geçen zaman faz açısı bilgisi olarak bir değişikende saklanmıştır.

Elde edilen faz açısı bilgileri arasında fark var ve bu değer  $120^{\circ}$  ise A rölesi devreye alınmakta bu fark  $0^{\circ}$  ise B rölesi mikrodenetleyici tarafından devreye alınmaktadır. Paralel bağlanma esnasında faz sırası doğruluğunun kontaktörler aracılığı ile düzeltilmesi için A kontaktörüne göre B kontaktörünün bağlantısında iki fazın yeri değiştirilmiştir.

##### 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDIES)

Gerçekleştirilen mikrodenetleyici tabanlı faz sırası düzeltme devresi laboratuvar ortamında kurulan bir şebeke-generatör paralel bağlanma ünitesi yardımıyla test edilmiştir. Generatörün şebekeye paralel bağlanabilmesi için mikrodenetleyici tabanlı olarak geliştirilen bir otomatik paralel bağlanma ünitesinden faydalanılmıştır. Hazırlanan deney düzeneğine ait görünüm Şekil 6'da verilmiştir. Gerçekleştirilen mikrodenetleyici tabanlı faz sırası düzeltme devresi bu deney düzeneğine bağlanarak sistem çalıştırılmıştır.

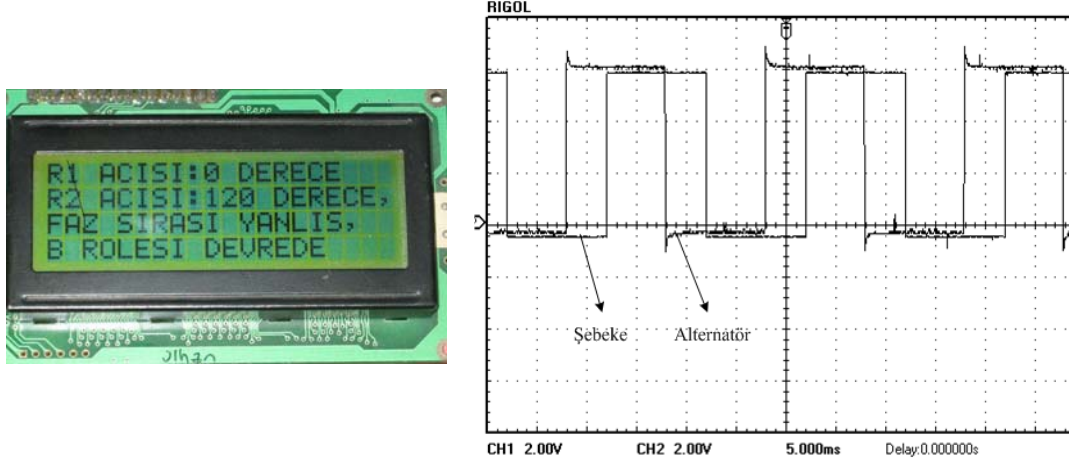


Şekil 6. Deney setine ait fotoğraf  
(Figure 6. Photograph of experimental setup)

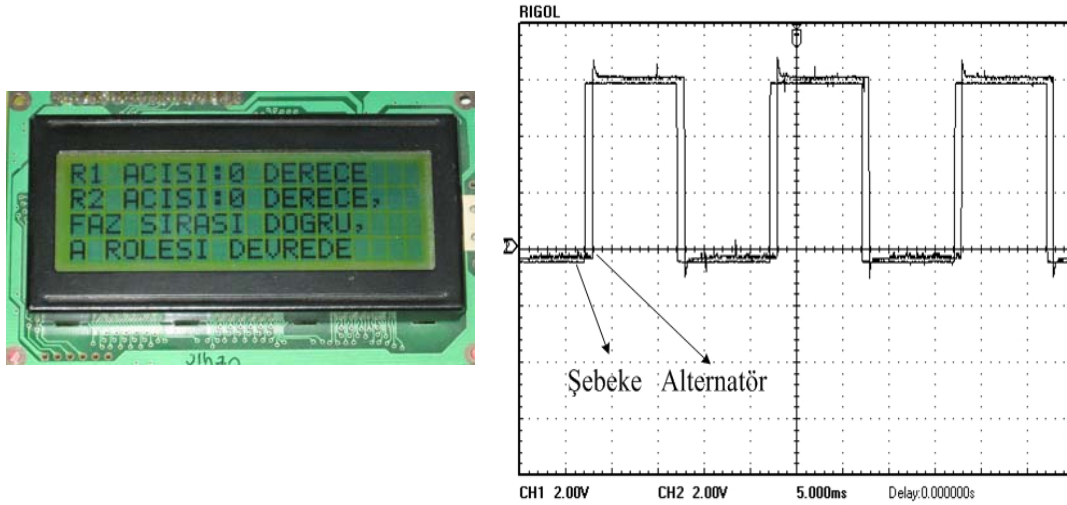
Generatör ve şebekenin aynı adlı ikişer fazlarına ait sinyaller gerilim algılama devresinin girişlerine uygulanarak gerçekleştirilen sistemin tepkisi incelenmiş ve LCD görüntüleri ile birlikte osiloskop görüntüleri Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 7'de ise açısız farkın  $120^{\circ}$  elektriki olduğu andaki LCD bilgisi ve osiloskop görüntüsü elde edilmiştir. Şekil 8'de şebeke ve generatör gerilim sinyallerinin açısız farkının  $0^{\circ}$  elektriki olduğu andaki LCD bilgisi ve osiloskop görüntüsü verilmiştir. Bu anlarda şebeke ve generatör gerilim sinyalleri



paralel bağlanma için gerekli olan tüm şartlar sağlamıştır Açısal fark  $0^{\circ}$  ise A,  $120^{\circ}$  ise B Paralel bağlanma rolesinin enerjilenmesi ile birlikte generatör ve şebekenin bir birine paralel bağlanması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. Açısal fark  $120^{\circ}$  iken LCD bilgisi ve osiloskop görüntüsü  
(Figure 7. Screenshot of oscilloscope and information of LCD with  $120^{\circ}$  electrical phase angle)



Şekil 8. Açısal fark  $0^{\circ}$  iken LCD bilgisi ve osiloskop görüntüsü  
(Figure 8. Screenshot of oscilloscope and information of LCD with  $0^{\circ}$  electrical phase angle)

##### 5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada bir generatörün şebekeye paralel bağlanması esnasında gerekli olan faz sırası doğruluğunun tespit edilmesi mikrodenetleyici tabanlı olarak gerçekleştirilen devre yardımı ile sağlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, generatör ve şebekeye ait gerilim sinyalleri sıfır geçiş algılama devresi yardımı ile kare dalgaya dönüştürülmüş ve aralarındaki

fark ölçümlenerek mikrodenetleyici tarafında A veya B rölesi devreye alınarak senkronizasyon anında paralel bağlanma doğru faz sırası ile gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler C programlama dilinde hazırlanan yazılım ile yapılmıştır. Sistemin tasarımı ve uygulaması yapılmadan önce PROTEUS programı ile kullanılacak devrelerin simülasyon çalışmaları tamamlanmıştır. Simülasyonları gerçekleştirilen devreler daha sonra uygulamalı olarak yapılmış ve hazır bulunan bir deney seti üzerinde cihazın çalışması görülmüştür. Devrede kullanılan donanım yapısının kolay elde edilebilir olması nedeniyle, endüstriyel amaçlı benzer tekniklerin kullanıldığı sistemler için bir alternatif oluşturmuştur. Ayrıca geliştirilen bu sistem mühendislik eğitimi için iyi bir araç olacaktır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Sefa, İ., Demirtaş, M., Garip, İ. ve Çolak, İ., (2008). Alternatörlerin Paralel Bağlanma Deney Setinin Eğitim Amaçlı Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi. 23(3), 729-739.
2. Çolak, İ., (2003). Senkron Makineler. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
3. Eberly, W.T. and Schaefer C.R., (2002). Voltage Versus Var/Power-Factor Regulation on Synchronous Generators. IEEE Transaction on Industry Applications. 38(6), 1682-1687.
4. Mozina J.C., (2000). "Interconnection Protection of IPP Generators at Commercial Industrial Facilities" Manager Application Engineering, Protection & Protection Systems IEE 2000, e-mail: marketing@beckwiththelectric.com
5. Montero, L.R.R., Mota, W.S., and Gemerts, M.W., (1999). "Monitoring and Control System Based On Microcomputer For Synchronous Generator", IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 14, No: 4, 1424-1429.
6. Working Group on Generator Synchronizing, "Generator Synchronizing Industry Survey Results IEEE Power system Relaying Committee Report", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.11, No. 1, January 1996 Walsh P.J.,
7. Lin H.C., (2004). "Remote Power System Harmonics Measurement and Monitor via the Internet", Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, Department of Automation Engineering, Chien Kuo Technology University, Taiwan Singapore, 475-479.
8. Bayındır, R., Çolak, İ., Garip, İ. ve Bayhan, S., (2009). Alternatörler İçin Mikrodenetleyici Tabanlı Faz Sırası Doğruluğu ve Faz Kopukluğu Uyarı Sistemi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi. 24(1), 105-117.
9. Bayhan, S. ve Demirbaş, Ş., (2009). Mikrodenetleyici Tabanlı Multimetre Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 471-475.
10. Kobayashi, T. and Yokoyama, A., (1996). An adaptive neuro-control system of synchronous generator for powersystem stabilization, IEEE Transaction on . 11(3), 621-630.
11. Liu, W., Ding, R., and Wang, Z., (1993). Integrated Optimal Control of Speed, Excitation and Load Sharing of Paralel Operating Diesel Generator Sets. IEEE 2nd International Conference on Advances in Power System Control. 142-146.
12. Demirbaş, Ş., Irmak, E., Bayhan, S. ve Çolak, İ., (2008). Mikrodenetleyici İle Rotoru Sargılı Asenkron Motor Rotor Direncinin



- Değiştirilerek Tork ve hız Kontrolü. Gazi.Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi. 23(4), 801-809.
13. Teng, J.H., Chan, S.Y., and Lee, J.C., (2000). A labview based virtual instrument for power analyzers. International conference on power system technology. 1(5), 179-184.
  14. Godhwani, A. ve Basler, M.J., (1996). A digital excitation control system for use on brushless excited synchronous generators., IEEE Transaction on Energy Conversion.11(3), 616-620.
  15. Wenhua, L., Ding, R., Zhonghong, W., (1993). Integrated Optimal Control of Speed, Excitation and Load Sharing of Parallel Operating Diesel Generator Sets, IEE 2nd International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management. 1(5), 142-146.
  16. LaMeres, B.J., Nehrir, M.H., (2004). Design And Implementation Of A Fuzzy Logic-Based Voltage Controller For Voltage Regulation Of A Synchronous Generator. IEEE Computer Applications in Power, 19 (4)2117-2118.
  17. Wenhua, L., Ding ,R., Zhonghong, W., (1993). Integrated Optimal Control of Speed, Excitation and Load Sharing of Parallel Operating Diesel Generator Sets. IEE 2nd International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management. 1(5),142-146.
  18. El Fadil, H. and Giri, F., (2006) Robuts Control of Motor Velocity Through DC-DC Buck Power Converter. IEEE Industrial Electronics. 3(10), 1563-1568.
  19. Tasi-Fu, W. and Yu-Kai, C., (1998). Modeling PWM DC/DC converters out of basic converter units. IEEE Transactions on Power Electronics. 13(5), 870-881.