



ISSN:1306-3111
e-Journal of New World Sciences Academy
2009, Volume: 4, Number: 4, Article Number: 2A0031

TECHNOLOGICAL APPLIED SCIENCES

Received: November 2008
Accepted: June 2009
Series : 2A
ISSN : 1308-7223
© 2009 www.newwsa.com

İlhan Garip
Sertaç Bayhan
İlhami Çolak
Gazi University
icolak@gazi.edu.tr
Ankara-Turkey

ALTERNATÖRLERİN PARALEL BAĞLANMA ŞARTLARINDAN GERİLİM EŞİTLİĞİNİN MİKRODENETLEYİCİ İLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Alternatörlerin şebekeye paralel bağlanması sırasında gerekli olan dört şarttan bir tanesi alternatör ve şebeke gerilimlerinin eşitliğidir. Bu çalışmada, gerilim eşitliği mikrodenetleyici tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Alternatör ve şebekeye ait gerilim sinyalleri AA/AA sinyal algılama devresine uygulanarak, AA/DA konvertör devresinin girişine uygun düzeye dönüştürülmüştür. Konvertör devresinden alınan DA sinyaller PIC16F877 mikrodenetleyicisinin analog giriş kanallarına uygulanmıştır. C programlama dilinde hazırlanan yazılım yardımıyla, alternatör uyarım akımı otomatik olarak ayarlanarak gerilim eşitliği sağlanmıştır. Deneysel sonuçlar, gerçekleştirilen sistem yardımıyla alternatör ve şebeke gerilim değerlerinin hatasız şekilde otomatik olarak eşitlendiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Paralel Bağlama, Gerilim Eşitliği, Senkronizasyon, Güç Sistemleri, Mikrodenetleyici

PROVIDING EQUALITY OF VOLTAGES BASED ON MICROCONTROLLER FOR PARALLEL CONNECTION OF ALTERNATORS

ABSTRACT

One of the four conditions that is required during connecting alternators to utility in parallel is the equality of alternator and utility voltages. In this study, the equality of voltages for the parallel connection of alternators have been achieved using microcontroller. The study provides automatic control of excitation voltage of alternator for the equality of voltages. Waveforms of alternating voltages are converted into DC wave using the AC/DC converter after being perceived by the AC/AC signal sensing circuit. These signals are matched in order to arrange the voltage of alternators exciting coil with changing it's duty ratio until alternator signal is equal to the reference signal by the PIC16F877 microcontroller and the program written in C programming language. When the utility and alternator signals are equal to each other, the equality of voltages is provided.

Keywords: Parallel Connection, Equality of Voltage, Synchronization, Power Systems, Microcontroller



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji ihtiyacının tamamını karşılayabilecek güçte alternatör üretilememesi, işletmede devamlılığın sağlanması ve tüm alıcıların beslenmesini sağlamak için alternatörler kendi aralarında veya şebeke ile paralel bağlanırlar. Bir alternatörün başka bir alternatöre veya şebekeye paralel bağlanması işleminde en önemli unsur, akım darbesi ve gerilim dalgalanması oluşturmamaktır. Bu nedenle alternatörler paralel bağlanırken paralel bağlanma şartları yerine getirilmelidir [1].

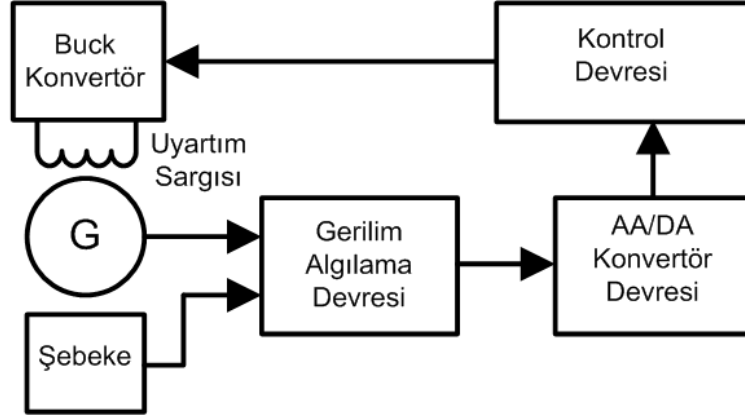
Alıcı sistemlerini besleyen enerji gruplarında yük değişimleri sürekli olduğundan verimliliği sağlayabilmek önemlidir. Alternatörlerin devreye alıp çıkarılmasını, yükün değişimine göre sağlamak bir zorunluluk olmuştur. Alternatörlerin paralel bağlantısının gerçekleştirilmesinde frekans, faz sırası, faz açıları ve gerilim eşitlikleri voltmetreler, lambalar ve senkronoskoplar ile tespit edilmektedir [2]. Paralel bağlanacak alternatörlerin benzer karakteristik özellikleri taşıyor olmaları gereklidir. Faz sıraları, frekansları ve faz açıları eşit olmalı veya aralarındaki farkın en az olması şartı vardır. Alternatörlerin uç gerilimleri eşit veya farklarının uluslararası standartlara uygun olması gerekliliği vardır [3]. Teknolojik gelişmeler doğrultusunda, paralel bağlanma sistemlerinde otomasyon önem kazanmıştır. Otomatik paralel bağlanma sistemlerinde, geleneksel yöntemlerde olduğu gibi faz sırası, faz açısı, frekans ve gerilim eşitliğinin sağlanması şartları yerine getirilmektedir. Bu şartlar, mikrodenetleyici, mikroişlemci ya da bilgisayar kontrollü olarak otomatik sağlanmaktadır [4]. Otomatik paralel bağlanma sistemlerinde, gerilim ve akım bilgilerini değerlendirilmesi ve rölelerin kontrolü mikrodenetleyici ile sayısal olarak yapılmaktadır. Bunların yanında, sistem parametrelerinin değişiminin alternatör üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sabit reaktif yük için generatör uyarıtım akımı ile sistem geriliminin değişimi incelenmiştir [5]. LABVIEW tabanlı yazılım programı kullanarak sistem parametreleri ile güç harmoniklerinin internet aracılığı ile uzaktan gözlemlenmesi ve ölçümü de gerçekleştirilmiştir [6]. Bir başka çalışmada, senkron generatörün uyarıtım akımı mikro işlemci ile kontrol edilerek çıkış gerilimi sabit tutulmuştur. Bu işlem, PID algoritmalarından faydalanarak tasarlanan sayısal uyarıtım sistemi ile gerçekleştirilmiştir [7]. Paralel bağlanma sistemlerinde güvenliğin sağlanabilmesi için faz kopukluk ve kontrol sistemleri geliştirilmiştir [8]. Diğer bir çalışmada, paralel bağlı dizel generatör setlerinin hız, uyarıtım ve yük paylaşımı yardımı ile kontrol parametreleri hesaplanmış ve doğrultucu sistemi beslenmiştir [9]. Bu tür motor-generatör setlerinde ölçümlerin yapılmasını sağlayan sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler, öğrencilerinin yaptığı deneylerin sonuçları olan çeşitli elektriksel ve mekaniksel değerleri ekranda görebilmelerini sağlamıştır [10]. Diğer çalışmada ise, bulanık mantık tabanlı bir denetleyici ile senkron generatörün çıkış gerilim ayarının nasıl yapılacağı anlatılmaktadır [11].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Gerçekleştirilen bu çalışmada, paralel bağlanma kriterlerinden gerilim eşitliğinin sağlanması mikrodenetleyici kullanılarak otomatik olarak yapılmıştır. C programlama dilinde hazırlanan yazılım ve PI kontrol tekniği yardımı ile alternatör uyarıtım sargı geriliminin kontrol edilmesi sağlanmıştır. Gerçekleştirilen sistem farklı devre yapılarının bir araya getirilmesiyle elde edilmiş ve bu sayede esnek bir yapı ortaya çıkmıştır. Bu sistem yardımıyla, kullanıcı hatalarından kaynaklanan yanlış paralel bağlanma riskleri ortadan kaldırıldığı gibi basit ve düşük maliyetli bir sistem oluşturulmuştur.

3. UYGULAMA DEVRELERİ (APPLICATION CIRCUITS)

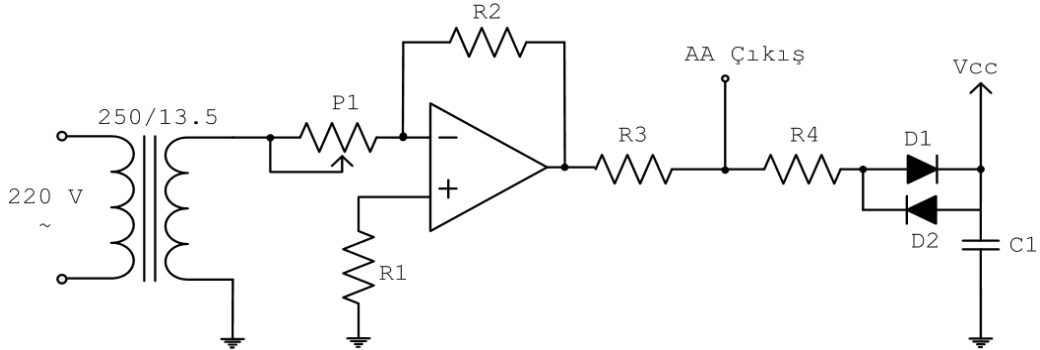
Gerçekleştirilen gerilim eşitliği kontrol devresinin blok diyagramı Şekil 1 de verilmiştir. Bu blok diyagram; gerilim algılama devresi, AA/DA konvertör devresi, kontrol devresi ve buck konvertör devresinden oluşmaktadır. Tasarım ve uygulamaları gerçekleştirilen bu devrelere ait bilgiler aşağıdaki alt başlıklarda detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 1. Gerilim eşitliği kontrol sisteminin blok diyagramı
(Figure 1. Block diagram of equality of voltage system)

3.1. Gerilim Algılama Devresi (Voltage Sensing Circuit)

Şebeke ve alternatör gerilim değerlerini AA/DA konvertör devresinin girişine uygun düzeye düşürmek ve sinyallerin kararlılığını sağlamak amacıyla bir gerilim algılama devresi tasarlanmıştır. Tasarlanan devrenin bir faz için devre şeması Şekil 2'de verilmiştir.



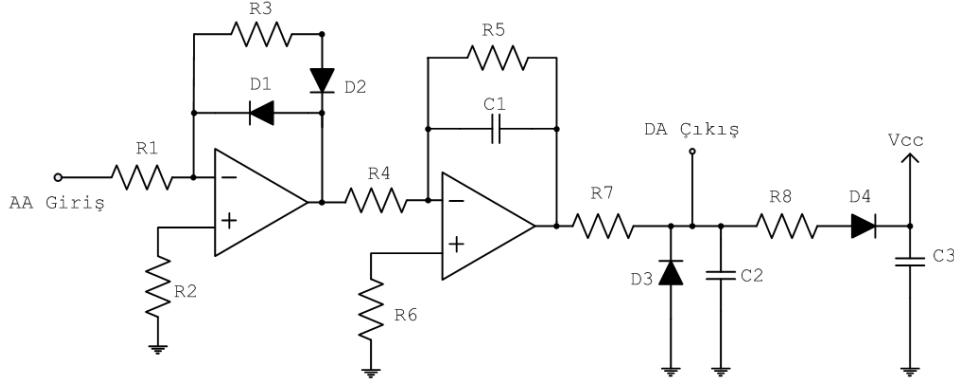
Şekil 2. Gerilim algılama devresi
(Figure 2. Voltage sensing circuit)

Tasarlanan gerilim algılama devresinde, şebeke ve alternatöre ait gerilim bilgileri, her faza bağlanan 250/13,5 volt gerilim transformatörleri yardımıyla uygun seviyeye düşürülmektedir. 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. Bu devre sistemin kararlılığını sağladığı gibi kısa süreli ani değişimlere hızlı tepki vermesini engellemek amacıyla yönelik olarak ta kullanılmıştır. Sinyal koşullama devresinin çıkışından alınan sinüsoidal gerilim sinyalleri AA/DA konvertör devresinin girişlerine uygulanmaktadır [12].

3.2. AA/DA Konvertör Devresi (AC/DC Converter Circuit)

Gerilim algılama devresinden alınan alternatif akım (AA) sinyallerini, doğru akım (DA) sinyallere dönüştürmek amacıyla AA/DA

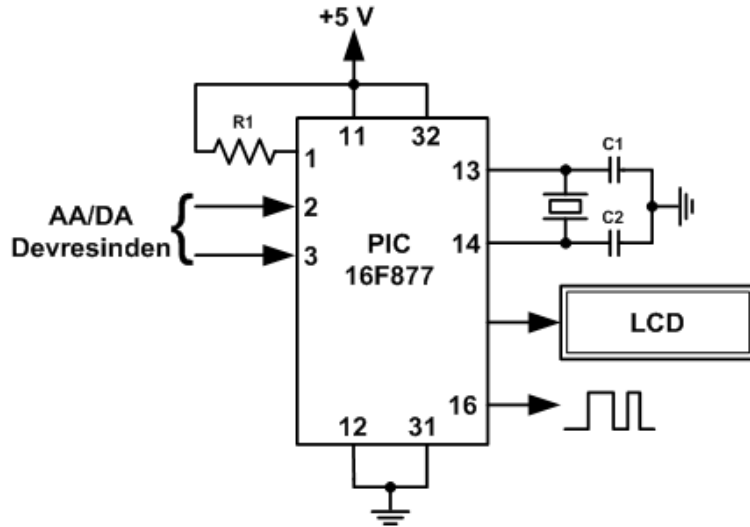
konvertör devresi tasarlanmıştır. Tasarlanan devre, LM358 entegresi, lineer potansiyometreler, direnç ve kondansatörlerden oluşmaktadır. Tasarımı yapılan devrenin bir faz için devre şeması Şekil 3' de görülmektedir.



Şekil 3. AA/DA konvertör devresi
(Figure 3 AC/DC converter circuit)

3.3. Kontrol Devresi (Control Circuit)

AA/DA konvertör devresinden gelen şebekeye ait DA sinyali referans, alternatöre ait sinyalde değişken kabul eden ve bu değerler arasındaki farkı alternatör uyarım gerilimini artırıp düşürerek şebeke ve alternatör uç gerilimlerini eşitleyen ve değerleri LCD ekranda gösteren devredir. Şekil 4'te görülen kontrol devresi PIC 16F877 mikrodenetleyicisi, çevre birimleri ve LCD ekrandan oluşmaktadır.

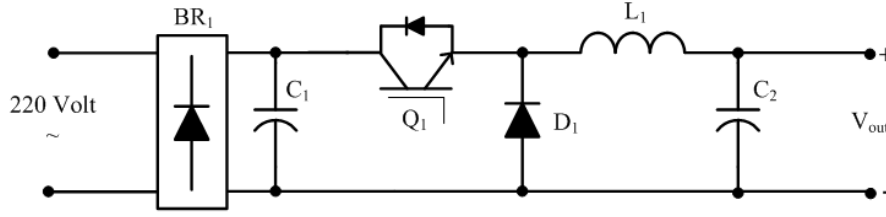


Şekil 4. Kontrol devresi
(Figure 4. Control circuit)

3.4. Buck Konvertör Devresi (Buck Converter Circuit)

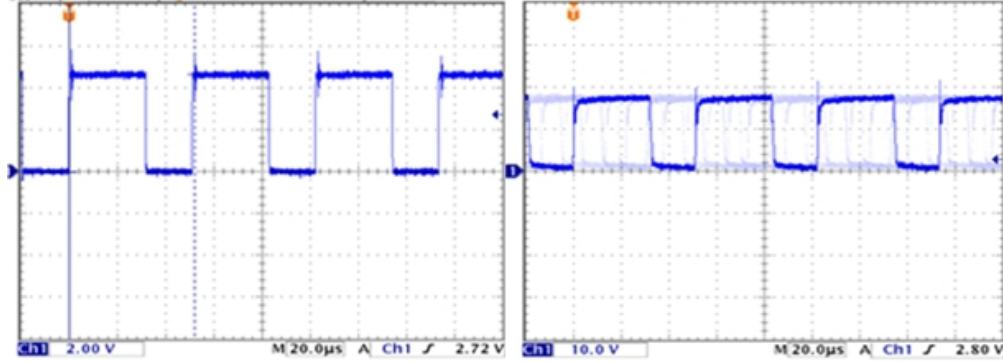
Alternatörün uyarım sargısına uygulanan gerilim seviyesini kontrol devresinden aldığı PWM sinyalinin görev çevrimine göre ayarlamak için buck konvertör devresi tasarlanmıştır [13,14]. Buck konvertör devresinde yer alan eleman değerleri, alternatör uyarım sargısının akım ve gerilim değerleri göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Şekil 5'de devre şeması verilen buck konvertör devresi; IGBT, kondansatör grubu ve bobinden oluşmaktadır. Buck konvertör devresinde yer alan IGBT'nin sürülebilmesi için mikrodenetleyici

tarafından üretilen PWM sinyalinin uygun düzeye çıkarılması gerekmektedir. Bu amaçla IGBT sürme devresi tasarlanmıştır.



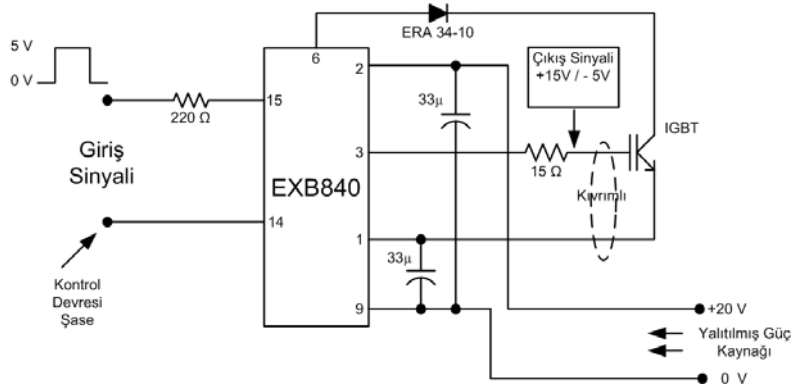
Şekil 5. Buck konvertör devresi
(Figure 5. Buck converter circuit)

Şekil 6'da mikrodnetleyici tarafından üretilen PWM sinyali ile IGBT sürme devresinin çıkışından alınan IGBT sürme sinyali verilmiştir. Bu sinyaller incelendiğinde mikrodnetleyici çıkış sinyali 5 volt seviyesinde iken, IGBT sürme devresi çıkışının 18 volt seviyesinde olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Mikrodnetleyici ve IGBT sürücüsü PWM sinyalleri
(Figure 6. PWM waveforms for IGBT driver and microcontroller)

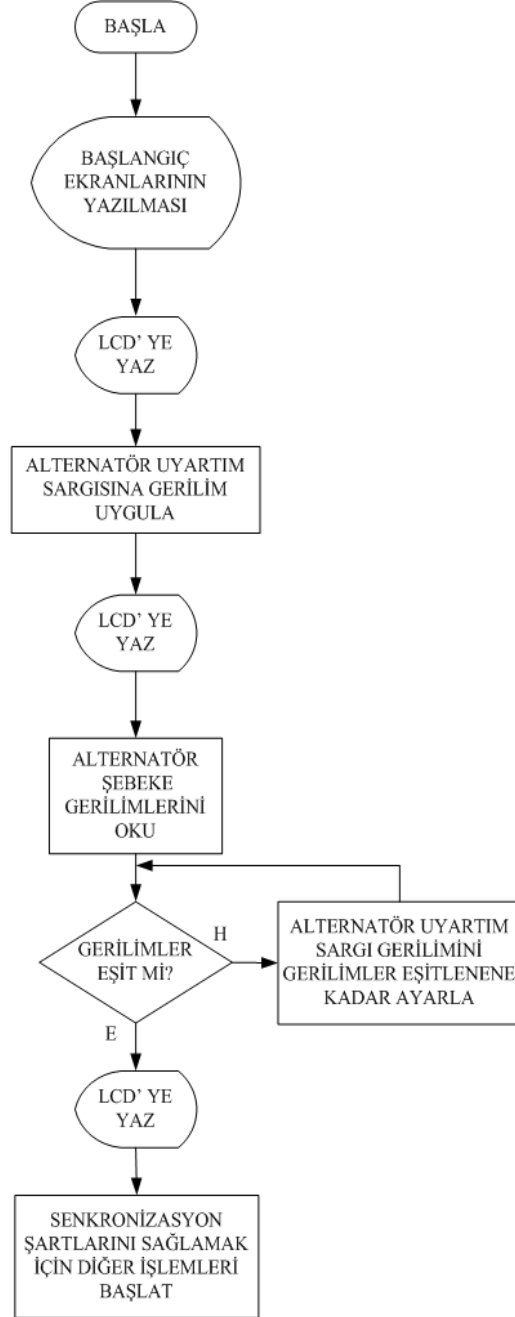
Ayrıca IGBT'yi yalıtılmış bir kaynaktan sürmek gerekmektedir. Aksi takdirde DA gerilim sürücü üzerinden kısa devre olmaktadır. Bu çalışmada kullanılan IGBT sürücü devresi Şekil 7.'de verilmiştir.



Şekil 7. IGBT sürücü devre şeması
(Figure 7. IGBT drive circuit)

4. MİKRODENETLEYİCİ YAZILIMI VE SİSTEMİN ÇALIŞMASI (MICROCONTROLLER SOFTWARE AND SYSTEM WORKING)

Alternatörlerin birbirleri ve şebeke ile paralel bağlanmasında temel kriterlerden olan gerilim eşitliğinin sağlanması C programlama dilinde hazırlanmış yazılım yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Kontrol devresinin çalışmasını sağlayan bu yazılımın akış diyagramı Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Sistemin akış diyagramı
(Figure 8. Flowchart of the system)

Program başlatıldıktan sonra PWM sinyalinin görev çevrimi artırılmaya başlanır. Böylece alternatörün uyarım sargısına buck konvertör tarafından kontrollü bir DA gerilim uygulanır. Uyarım sargısına uygulanan DA gerilim alternatörün uç gerilimi üretmesini sağlar. Üretilen bu gerilimler ile şebeke gerilimleri, gerilim algılama devresi ve AA/DA konvertör devresi aracılığı ile mikrodenetleyicinin analog girişlerine uygun DA sinyal seviyesine dönüştürülür. Program tarafından, mikrodenetleyicinin analog girişlerine uygulanan DA sinyallerinin büyüklükleri karşılaştırılarak gerilim eşitliği kontrol edilir. Gerilimler eşit değilse, mikrodenetleyicinin ürettiği PWM sinyalinin görev çevrimi değiştirilerek, alternatör uyarım sargısı gerilimini kontrol eden

buck konvertör sürücüsü için sürme sinyali üretilir ve gerilim eşitliği sağlanıncaya kadar alternatör uyartım sargısına uygulanan gerilim artırılır veya azaltılır. Gerilim eşitliği sağlandıktan sonra, bilgiler LCD ekranda yazdırılır ve paralel bağlanma işlemi için sonraki işleme geçilir. Gerilim eşitliğinin sağlanması işlemi PI denetim tekniğinden faydalanılmıştır. PI denetimin görevi, şebeke gerilimi ile alternatör gerilimi arasındaki hatayı en aza indirmektir. Hata sinyali PI denetleyiciye girdiğinde oransal kazanç (k_p) ve hata sinyalinin integrali alınarak integral etki kazancı (k_i) ile çarpılmaktadır. PI tipi kontrol, oransal ve integral kontrol etkilerinin birleştirilmesinden meydana gelir [15].

PI denetleyici çıkışı:

$$V_d(t) = k_p \omega_e(t) + k_i \int_0^t \omega_e(t) dt$$

şeklinde ifade edilir. Burada;

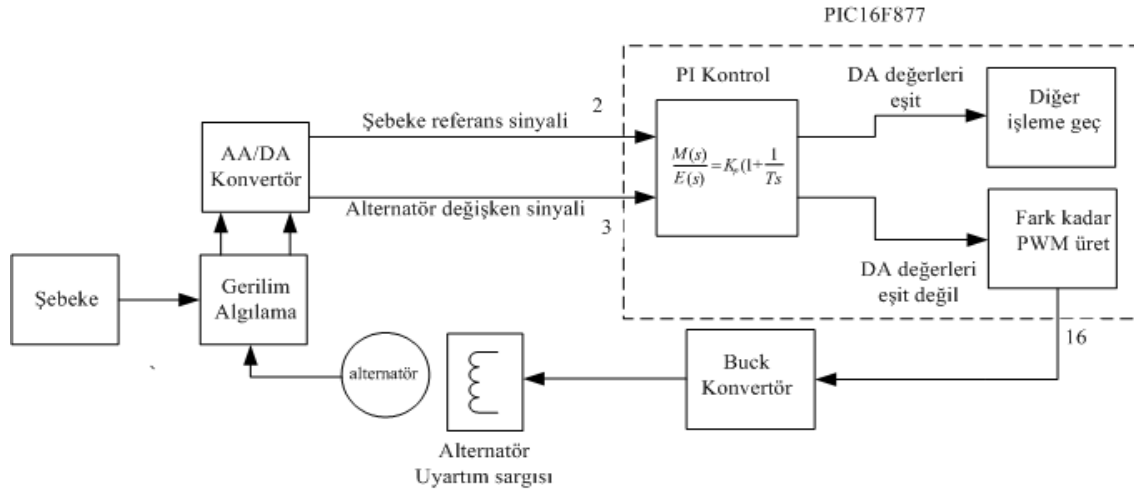
$V_d(t)$: PI denetleyici çıkışı

k_p : Oransal kazanç katsayısı

$\omega_e(t)$: Hata

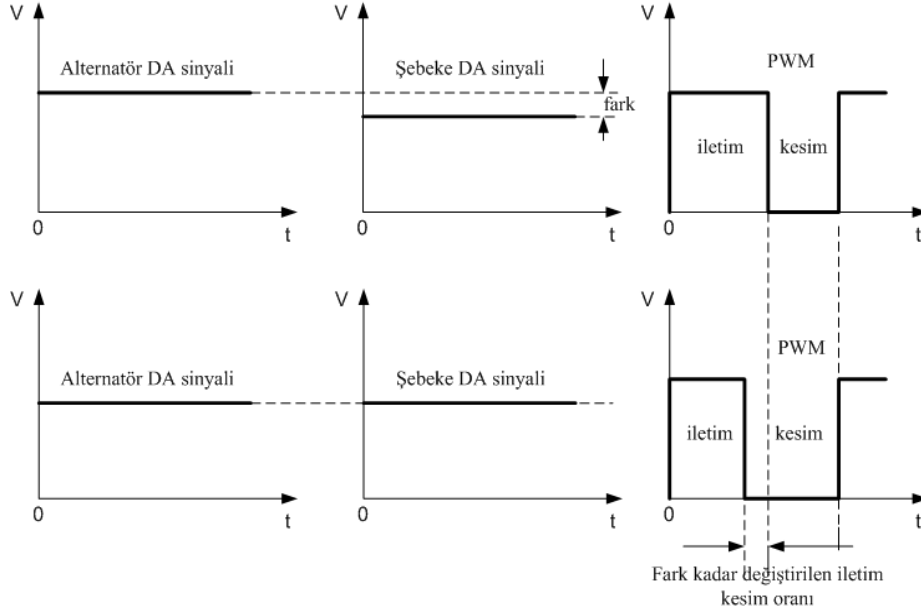
k_i : İntegral kazanç katsayısı

olarak verilmiştir. PI parametrelerinin seçiminde çok sayıda deney tekrarlanmış ve en iyi sonuç $k_p=0.97$ ve $k_i=0.075$ değerlerinde elde edilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada kullanılan PI denetim organının blok şeması Şekil 9'da görüldüğü gibidir.



Şekil 9. PI denetim blok diyagramı
(Figure 9. PI control block diagram)

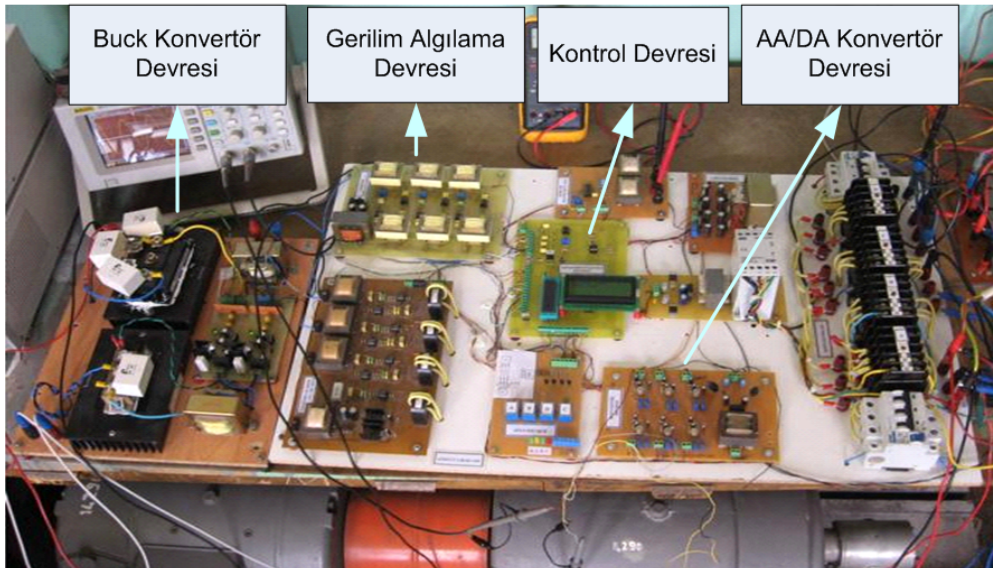
Hatada bir basamak değişim karşısında PI denetim organı çıkışındaki değişim Şekil 10'da verilmiştir. Oransal etkiye integral etki ilavesi, oransal etkinin tek başına kullanılması halinde sistemde ortaya çıkan kalıcı durum hatasını ortadan kaldırmaktadır. İntegrasyon işlemi kalıcı durum hatasını ortadan kaldırmakla beraber, aynı bağıl kararlılık koşullarında sistemin cevap hızı düşer. İntegral etki kazancını artırmak suretiyle cevap hızı artmakla beraber, kazanç değerinin çok fazla artırılması sistemi kararsızlığa götürebilir.



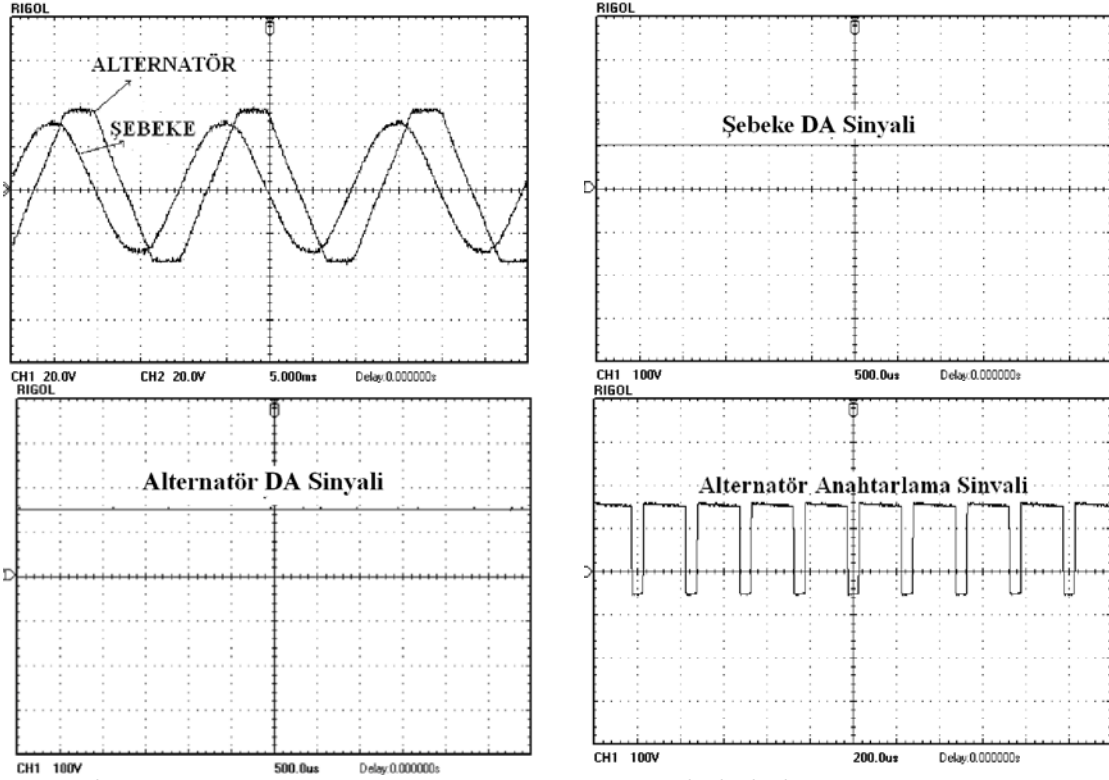
Şekil 10. Gerilim eşitliğinin sağlanması
(Figure 10. Providing the equality of voltages)

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDIES)

Gerçekleştirilen deney setine ait görünüm Şekil 11’de görülmektedir. Sistem çalıştırılarak, değişik çalışma durumları için tepkisi incelenmiştir. Şekil 12’de alternatör uyarım sargısına uygulanan gerilim değerinin yüksek olması sonucu alternatör aşırı uyartıma girmiş ve uç gerilimleri Şekil 12’de görüldüğü gibi şebekeden daha büyük olmuş ve doyuma ulaşmıştır. Mikrodenetleyici devresi tarafından gerilim eşitliğinde yaşanan bu bozulma tespit edilerek PWM sinyalinin görev çevrimi, şebeke ve alternatör uç gerilimleri eşitleninceye kadar azaltılır.

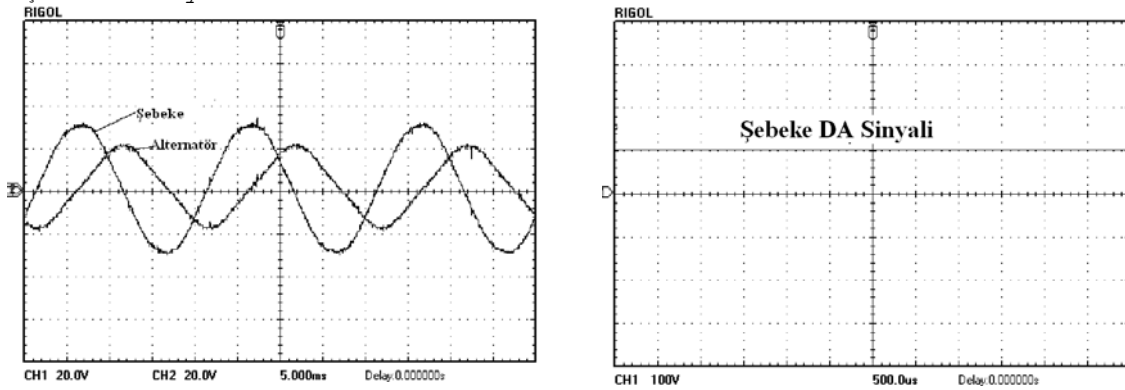


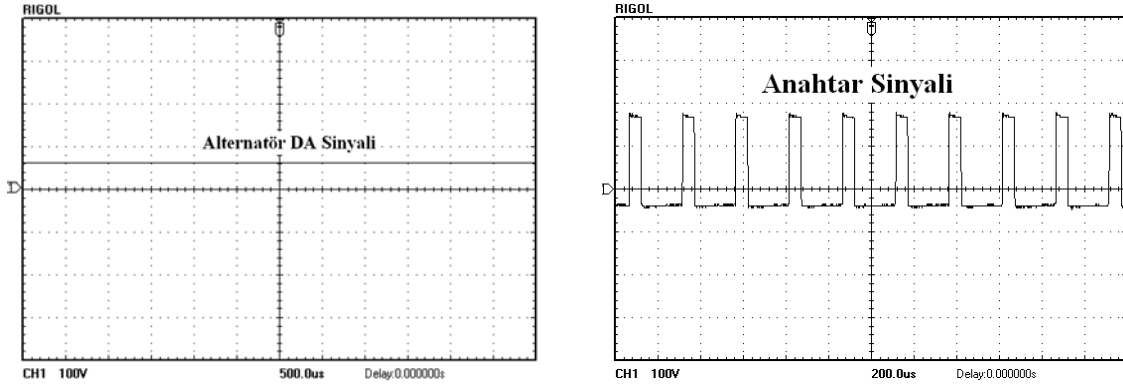
Şekil 11. Gerçekleştirilen sistemin fotoğrafı
(Figure 11. Photograph of the system implemented)



Şekil 12. Alternatör uyarım sargısı geriliminin aşırı olma durumu
(Figure 12. The situation of alternators exciting coil over voltage)

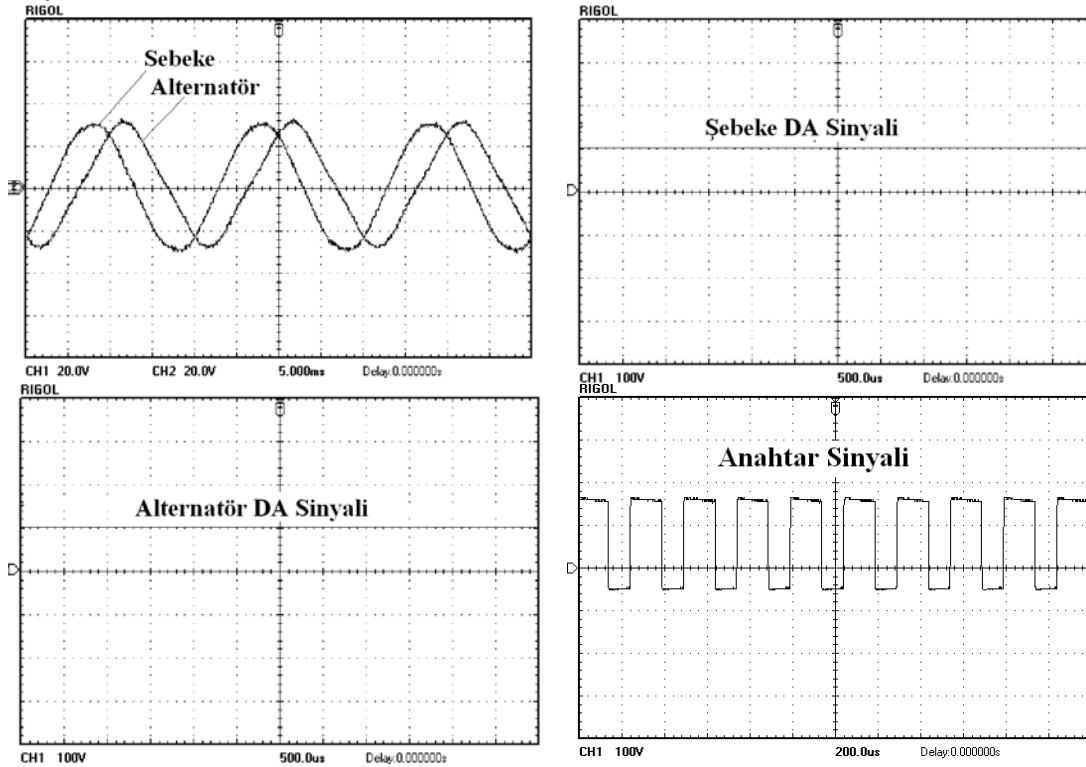
Şekil 13'de ise alternatör uyarım sargısı geriliminin düşük olması durumu görülmektedir. Burada alternatör AA sinyali şebeke sinyalinden daha küçüktür. Bu durumda alternatör gerilimi şebeke geriliminden düşük olmaktadır. Analog kanallardan okunan değerler hazırlanan yazılım yardımıyla değerlendirilerek mikrodenetleyici tarafından üretilen PWM sinyalinin görev çevrimini uç gerilimleri eşitleninceye kadar artırılır.





Şekil 13. Alternatör uyarım sargısı geriliminin düşük olma durumu
(Figure 13. The situation of alternators exciting coil lower voltage)

Şekil 14'de ise gerilim eşitliğinin sağlandığı durumda sinyallerin durumları görülmektedir. Burada şebeke ve alternatör gerilimleri birbirine eşittir. Gerilimler arasındaki farkın sıfır olması nedeniyle gerilim eşitliği sağlanmakta ve böylece program senkronizasyon şartlarını sağlamak için diğer işlemleri başlatmaktadır.



Şekil 14. Alternatör ve şebeke sinyallerinin eşit olma durumu
(Figure 14. The situation of the equality of alternator and utility signals)

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME (RESULT AND CONCLUSION)

Yapılan bu çalışmada şebeke ile alternatör paralel bağlanırken uç gerilimlerinin eşitlenmesi mikrodenetleyici yardımıyla otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Paralel bağlanma şartlarından gerilim eşitliği, PI denetim tekniği ve C programlama dilinde hazırlanan yazılım tarafından sağlanmıştır. Deney seti üzerinde gerilim eşitliği sağlanırken ve sağlandıktan sonraki bütün işlemler LCD ekranda takip edilmiştir. Sistemin benzetim çalışmaları PROTEUS programı ile



gerçekleştirilmiştir. Benzetim çalışmaları gerçekleştirilen devrelerin daha sonra tasarım ve uygulamaları yapılmıştır. Laboratuvarında kurulu paralel bağlanma deney seti üzerinde, gerilim eşitliğinin nasıl sağlandığı görülmüştür.

Sistemde, mikrodenetleyici kullanıldığı için maliyet düşürülerek, deneyde kullanılan harici eleman sayısı azaltılmıştır. Gerçekleştirilen kontrol devresi, sistem parametre ölçümlerinin otomatik ve tam değerinde yapılmasını sağlamıştır. Böylece kullanıcı hataları ortadan kaldırılarak paralel bağlanma sisteminin güvenilirliği artırılmıştır. Ayrıca, gerilim eşitliğinin sağlanmasını gerçekleştiren bu sistem, eğitim alanı ve endüstriyel uygulamalar için yeni bir alternatif oluşturmasının yanında mevcut sistemlere de kolayca adapte edilebilmektedir.

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. Kobayashi, T. and Yokoyama, A., (1996). An adaptive neuro-control system of synchronous generator for powersystem stabilization, IEEE Transaction on . 11(3), 621-630.
5. 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.
6. 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.
7. Godhwani, A. and 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.
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. Wenhua, L., Ding, R., and 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.
10. LaMeres, B.J. and 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.
11. Wenhua, L., Ding, R., and 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.
12. Bayhan, S. ve Demirbaş Ş., (2009). Mikrodenetleyici Tabanlı Multimetre Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 471-475.



13. El Fadıl, H. and Giri, F., (2006) Robuts Control of Motor Velocity Through DC-DC Buck Power Converter. IEEE Industrial Electronics. 3(10), 1563-1568.
14. 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.
15. Demirbaş, Ş., Irmak, E., Bayhan, S. ve Çolak, İ., (2008). Mikrodenetleyici İle Rotoru Sargılı Asenkron Motor Rotor Direncinin Değiştirilerek Tork ve hız Kontrolü. Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi. 23(4), 801-809.