

Mikrodenetleyici Tabanlı Bir Elektrofüzyon Kaynak Makinesi Uygulaması

Çetin GENÇER¹, Serkan GÜRKAN²

¹Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü, 23117 Elazığ

²Kara Kuvvetleri Astsubay Meslek Yüksek Okulu Elektronik Bilimleri, 10100 Balıkesir

cetingencer@gmail.com, serkangurkan@mynet.com

Özet

Bu çalışmada; mikrodenetleyici tabanlı bir elektrofüzyon kaynak makinesi uygulaması yapılmıştır. Çalışmanın amacı; kaynak elemanının ihtiyaç duyduğu gerilim değerinin istenilen aralıkta kontrol edilmesidir. Daha güvenli ve kaliteli bir kaynak işlemi gerçekleştirmek için ise sisteme; barkod etiketi okuma, kaynak işlem parametreleri hafızası, ortam ve cihaz içi sıcaklıkların ölçümü, gerçek etkin değer (Vrms) ölçümü, gerçek zaman saati gibi özellikler eklenmiştir. Yapılan çeşitli testler sonucunda tasarlanan elektrofüzyon kaynak makinesinin; piyasadaki diğer elektrofüzyon kaynak makinelerine göre çok daha düşük maliyetli, yüksek çıkış gerilimi kararlılığına sahip olduğu ve elektrofüzyon ekleme elemanlarının kaynatılmasında sorunsuz olarak çalışabileceği kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrofüzyon kaynağı, Polietilen, Mikrodenetleyici, Gerçek etkin değer, Faz açısı kontrolü

The Application of A Microcontroller Based Electro Fusion Welder Machine

Abstract

The application of a microcontroller based electro fusion welder has been carried out in this paper. The purpose of this paper is to check the voltage rate in a required interval which the welder component needs. In order to make safer and better quality welding, such features as bar code reader, welding processing parameters memory, measurement of medium and in-device temperature, real effective value measurement, and real time clock have been added to the system. Electro fusion welder, which has been designed after various tests, is thought to be cheaper than the ones in the market, to possess the resolution of high output voltage and to operate efficiently in welding electro fusion supplementary parts.

Key Words: Electro fusion welder, Polyethylene, Microcontroller, Real Active Value, Phase Angle Control

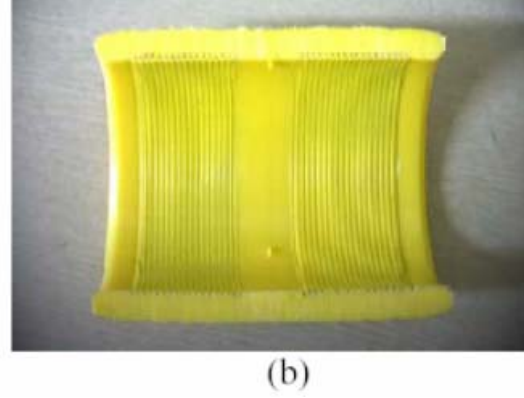
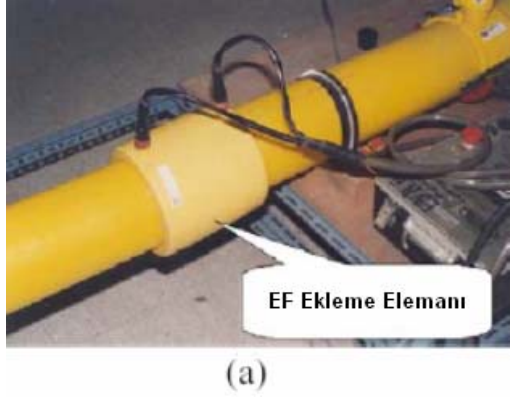
1. Giriş

Tesisat teknolojisinde sıvı ve gaz taşımak için kullanılan boruların uzun ömürlü ve dayanıklı olması istenilen bir özelliktir. Gaz ve su iletim hatlarında plastik ve metal iletim hatları yaygın olarak kullanılmaktadır. Metal iletim hatları (ilk bakışta dayanıklı gibi görünse de) bakım maliyeti ve zaman içerisinde çabuk aşınması ve yenileme gereksinimleri gibi sebeplerden dolayı sorun teşkil etmektedir. Plastik tabanlı iletim hatları ise bir çok avantajı beraberinde getirmektedir.

1933 yılında polietilen (PE) malzemenin bulunması ile termoplastik malzemeler de tanınmaya başlamıştır. Bu plastik malzemenin çok yönlü olması, değişik alanlarda kullanılmasına olanak sağlamıştır. [1].

Günümüz modern teknolojisinde PE'den imal edilen borular; doğalgazın taşınmasında ve dağıtılmasında, içme ve kullanma suyu şebekelerinde, pis su ve kanalizasyon şebekelerinde, tarımsal sulamada, drenaj projelerinde, geçici isale hatlarında, spor sahalarının sulanmasında, yangın söndürme sistemlerinde, telekomünikasyon kablolu sistemlerinde, tehlikeli atıkların taşınmasında, denizcilik ve balıkçılıkta, marinalarda, güç ünitelerinde, petrokimya sanayinde, çimento sanayinde, kimya endüstrisinde kullanılmaktadır [1,2].

PE'nin en çok kullanıldığı alanların başında ise tesisat teknolojisi gelmektedir. PE'den imal edilen iletim hatlarını avantajlı hale getiren; kullanım ömrü, sızdırmazlık, kontrollü ve kolay ekleme işlemi, aşınmama, kimyasal direnç, malzeme yorulmaması, esneklik, sismik direnç, üretim kolaylığı, dayanıklılık, hidrolik verimlilik, ısı direnç gibi özelliklerinin çok iyi düzeyde olmasıdır. PE iletim hatlarını birbirine eklemek için de yine PE malzemenin imal edilen elektrofüzyon (EF) ekleme elemanları kullanılır (Şekil 1.a).



Şekil 1: a) EF Ekleme Düzeneği (EF Coupling Equipment) b) EF Ekleme Elemanının Kesiti (EF Coupler Sectional Area) [3].

Şekil 1.b'den de görüldüğü üzere bir EF ekleme elemanı; PE dış katman, bobin ve PE iç katmandan oluşmaktadır. Üretici tarafından belirlenen bir süre boyunca, belirlenen bir gerilim EF ekleme elemanına uygulandığında iç katmanda bulunan PE malzeme eriyerek iki borunun birleşim noktasındaki boşlukların dolmasını sağlar. Yine firma tarafından belirlenen soğuma süresinin ardından birleştirme (kaynak işlemi) gerçekleştirilmiş olur.

PE boruların kaynaklarında yaygın olarak üç çeşit kaynak yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar; sıcak eleman alın kaynağı (Butt füzyon), sıcak eleman manşon kaynağı (Soket füzyon) ve EF kaynağıdır [4,5].

Elektrofüzyon kaynağı hata payı en az olan, güvenilir bir yöntemdir. Çünkü ek işleminde insan unsuru en aza indirilmiştir. Elektrofüzyon kaynağında iyi bir kaynak işlemi için öncelikle polietilen borular temizlenip kaynağa hazır hale getirilir. Ardından EF ekleme elemanı ile borunun veya boruların bağlantısı yapılır ve firmanın belirlediği enerji uygulanarak kaynak işlemi başlatılır. Bu yöntem, insandan kaynaklanan hataları en aza indirmesi nedeniyle en çok tercih edilen yöntemdir [6].

Piyasada EF ile eklenecek boruları eklemek maksadı ile değişik özelliklere sahip EF kaynak makineleri bulunmaktadır.

2. Mikrodenetleyici Tabanlı EF Kaynak Makinesi Uygulaması

2.1. Mikrodenetleyici Tabanlı EF Kaynak Makinesi Devresinin Özellikleri

EF kaynak makinelerinde asıl hedef, EF ekleme elemanına kaynak süresince kararlı bir gerilim uygulamaktır. Kaynak işlemi esnasında cihazın sıfırlanmaması ve kaynağın isteğimiz dışında sonlanması arzu edilmeyen durumlardır. Bu mahsuru önlemek için güç devreleri ile kontrol devrelerinin birbirinden yalıtılması çok önemlidir. Bunun yanı sıra kaynak makinesinin hem kullanıcıya hem de kaynak makinesini imal edene ek kolaylıklar sağlaması gerekmektedir.

EF kaynak makinelerinde bulunması gereken ortak özellikler [7-9] ve kullanıcıya sağlanabilecek kolaylıklar göz önünde

bulundurularak geliştirilen EF kaynak makinesinin özellikleri aşağıda sıralandığı gibidir.

- 180-250V AC-50 Hz çalışma gerilimi
- Yumuşak başlangıç (Soft Start)
- 3,5 kW çıkış gücü
- 6-48V AC ayarlı çıkış gerilimi
- 100 Ampere kadar çıkış akımı
- -10°C ila +50°C arası sıcaklıklarda çalışma özelliği
- 80A çıkış akımı verebilme özelliği
- Barkod etiketi okuma
- Kaynak esnasında, akımın kesilmesi durumunda otomatik kaynak sonlandırma.
- Gerçek etkin değer (True RMS) geribildiriminde sayesinde kararlı çıkış gerilimi
- Kaynak işlemlerini kaydetme (toplam 1024 kayıt)
- RS232 arabirimi ile bilgisayar bağlantısı
- Cihaz içi ve dış ortam sıcaklığı ölçme
- Gerçek zaman saati (RTC)
- Güç birimleri ile kontrol birimleri arasında optik yalıtım

2.2. Mikrodenetleyici Tabanlı EF Kaynak Makinesinin Tasarım Aşamaları

Tasarlanan EF Kaynak makinesinin özelliklerinden yola çıkılarak oluşturulan blok şema Şekil 2'de verilmiştir. Tasarımın ilk aşamasında sistemi oluşturan yan bileşenler çalışır hale getirilmiştir. Barkod okuyucu, sıcaklık ölçüm ünitesi, saat devresi, sıfır geçiş dedektörü, güç sürücüsü ve gerçek etkin değer ölçüm devresi ayrı ayrı çalışır hale getirildikten sonra, bir bütün olarak çalışabilmeleri için merkezi kontrol birimi ile bağlantıları gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Merkezi Kontrol Birimi

Merkezi kontrol birimi PIC 16F877 mikrodenetleyicisinden oluşan ve sistemin beyni olarak nitelendirilebilecek birimdir. Sistemin tüm özellikleri ve işlemleri PIC Basic Pro

programlama dilinde yazılan program ile kontrol edilmektedir. EF kaynak makinesini oluşturan tüm birimlerin bağlantısı mikrodnetleyiciye ulaşmaktadır. Bu sayede hem kontrollere tek noktadan yapılmakta hem de sistemde meydana gelen arıza veya problemlere anında müdahale edilebilmektedir.

Merkezi ünite en önemli nokta işlemleri kontrol edecek yazılımdır. Yazılım geliştirilmesinde ise ilk aşama bir akış şeması oluşturmaktır. Tasarlanan merkezi kontrol biriminde işlemleri yürüten program kodları Şekil 3'te yer alan akış şemasından faydalanılarak yazılmıştır. Akış şemasında kullanılan alt programlar ve akış şemaları yeri geldikçe açıklanacaktır.

2.2.2. Gerçek Etkin Değer Ölçüm Birimi

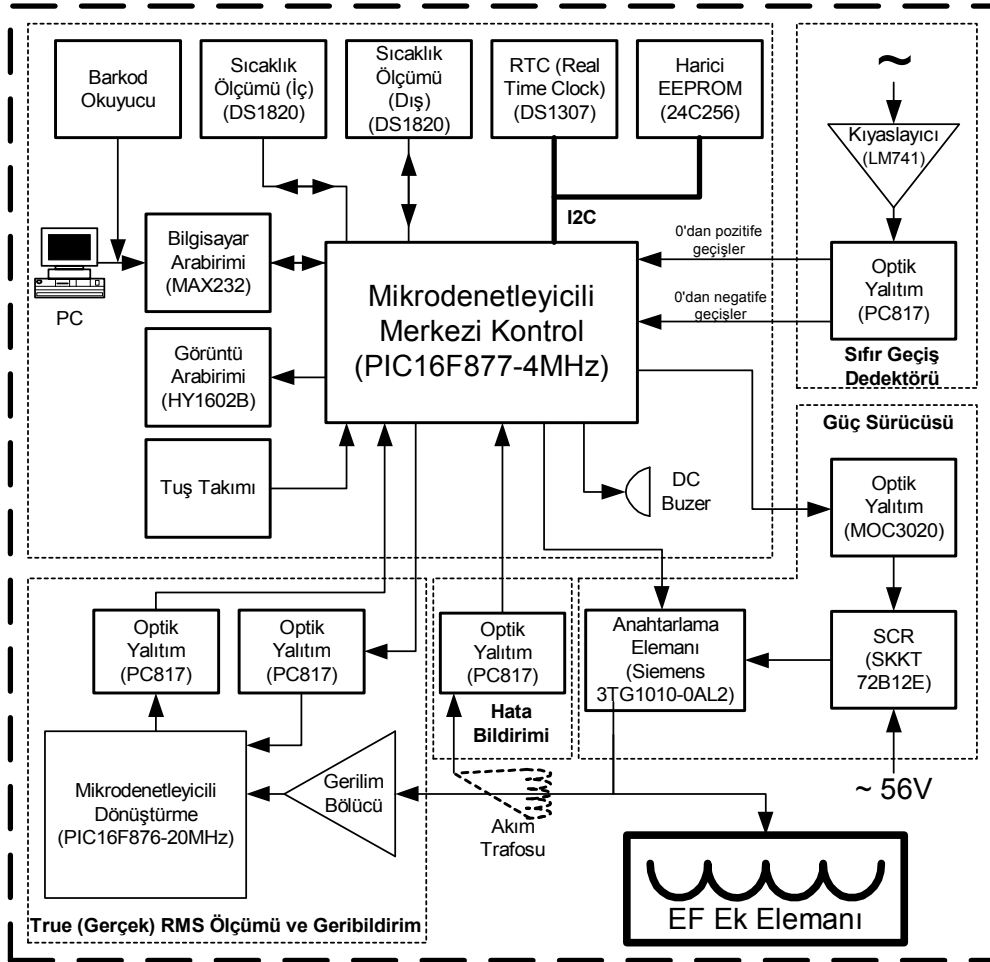
Bu çalışmada gerçek etkin değerlerin ölçümü için mikrodnetleyici tabanlı bir ölçüm düzeneği öngörülmüştür. Tasarımda PIC 16F876 tabanlı bir etkin değer ölçüm düzeneği geliştirilmiş, ölçüm düzeneği ile merkezi kontrol ünitesi optik olarak bağlantı kurulmuştur. Bu bağlantı sayesinde yüksek gerilimli

sinyallerin merkezi kontrol birimine ulaşması önlenmiş, böylelikle meydana gelebilecek sıfırlama ve hataların önüne geçilmiştir.

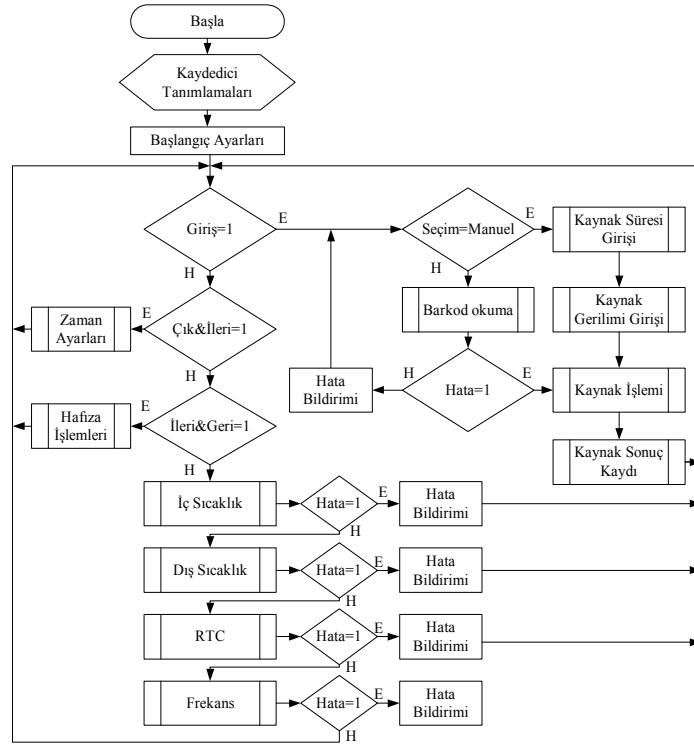
Tasarlanan EF kaynak makinesinde, EF ekleme elemanına uygulanan kaynak geriliminin kararlı halde tutulmasında en önemli görev gerçek etkin değeri ölçüm birimidir. Çünkü

kaynak geriliminin olması gereken değer; merkezi kontrol biriminden PIC 16F876'ya seri olarak gönderildikten sonra, EF ekleme elemanı üzerindeki kaynak geriliminin gerçek etkin değeri sürekli ölçülür. Eğer kaynak gerilimi olması gereken değerden yüksek veya alçak ise merkezi kontrol birimi ile bağlantı kurularak bu durum düzeltilir. Böylelikle kaynak gerilimi kararlı bir halde tutulmuş olur.

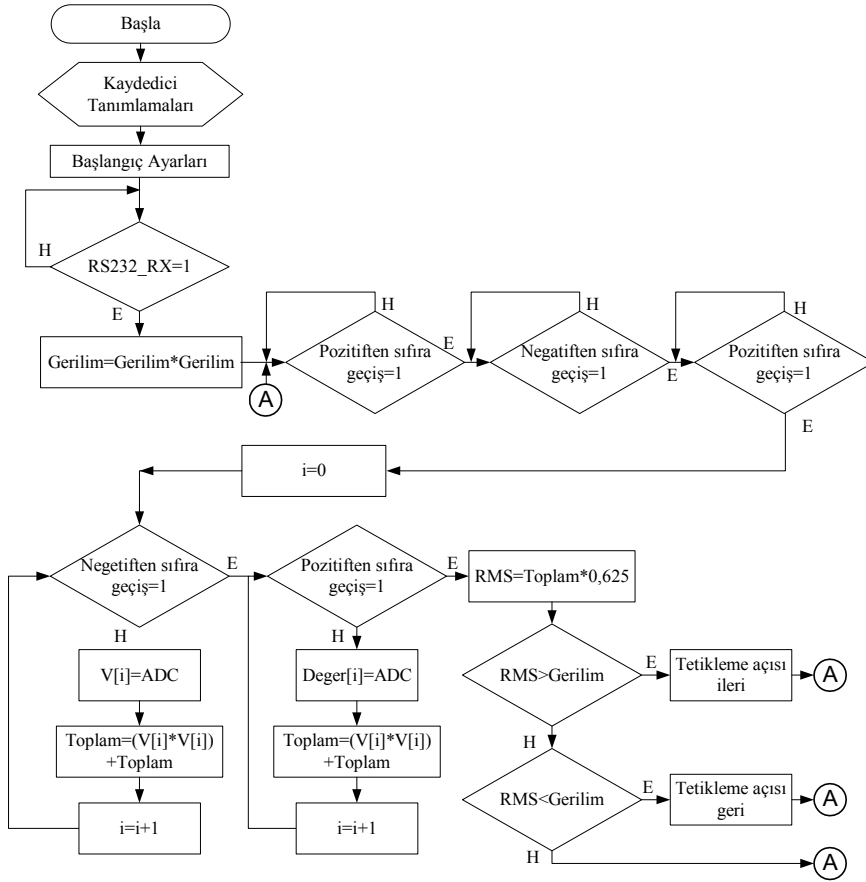
Gerçek etkin değer ölçmek için kullanılan matematiksel işlemlerin tamamı PIC 16F876 tarafından gerçekleştirilmektedir. Proton programlama dili kullanılarak geliştirilen yazılımda Şekil 4'teki akış diyagramından faydalanılmıştır.



Şekil 2: Mikrodnetleyici Tabanlı EF Kaynak Makinesi Devresinin Blok Şeması



Şekil 3: Merkezi Kontrol Birimine Ait Programın Akış Diyagramı



Şekil 4: Mikrodenetleyici Tabanlı Gerçek Etkin Değer Ölçüm Düzeneği İçin Geliştirilen Programın Akış Şeması

2.2.3. Sıfır Geçiş Dedektörü Birimi

Güç kontrolünde faz açısının kontrolüne dayanan bir işlem gerçekleştirildiğinde şebeke sinyalinin fazı ile aynı fazda kontrol darbeleri gönderilmek istenir. Şehir şebekesi ile aynı fazda yapılan bir kontrolde tesadüfi durumlar ortadan kalkar ve yüke aktarılan güç ilişkisi parametreler tahmin edilebilir.

Geliştirilen EF kaynak makinesinde de şehir şebekesindeki sinyalin sıfır geçişlerini algılamak için bir sıfır geçiş dedektörü kullanılmıştır. Bu birim sayesinde hem tristör modülüne gönderilecek tetikleme sinyalleri için bir referans elde edilmiş, hem de şebeke frekansı ölçülerek kaynak makinesinin belli frekans sınırlarında çalışması sağlanmıştır.

2.2.4. Güç Sürücü Birimi

Güç kontrol sistemlerinde en önemli husus kontrol sinyallerini en hızlı şekilde güç sürücüsüne iletmek ve yüke ihtiyacı olan enerjiyi sağlamaktır. Ayrıca yüksek güç gereksinimi olan sistemlerde güç sürücüleri ile kontrol birimini de birbirinden ayıltmak önemli bir noktadır.

Tasarlanan EF kaynak makinesinde kontrol sinyallerini en hızlı şekilde aktarmak ve güç sürücüsü ile merkezi kontrol birimi arasında optik yalıtım sağlamak maksadı ile opto diyak kullanılmıştır. Kontrol darbelerini alarak EF ekleme elamanına aktarmak için ise Semikron firmasının SKKT72B12 tristör modülü kullanılmıştır. Güç sürücüsünün 56V AC gerilim gereksinimi ise 3,5 KVA'lık toroidal transformatör ile sağlanmaktadır.

Kaynak işlemi esnasında, kaynak kablosunun yerinden çıkması durumunda bu durumun anında kullanıcıya bildirilmesi gerekir. Böyle bir işlemi gerçekleştirmek için akım trafosu kullanılmıştır.

Tasarlanan güç sürücü devresinde kontrol mantığı, tristörün tetikleme açılarının değiştirilmesine dayanır.

2.2.5. Diğer Çevre Birimleri

Kullanıcıya kolaylıklar sağlamak için tasarlanan EF kaynak makinesine bazı çevresel birimler eklenmiştir. Bu özelliklerin en önemlisi barkod okuyucu özelliğidir. Barkod etiketlerini okuma özelliği sayesinde kaynak makinesine girilmesi gereken gerilim, süre gibi değerler otomatik olarak okutulabilir.

Görüntüleme biriminde 2 satır 16 karakterlik bir LCD kullanılmıştır. Tasarlanan EF kaynak makinesinde sesli ikazlar için bir DC buzzer, gerçek zaman saati olarak bir DS1307 tümleşik devresi kullanılmıştır. DS1307 elektrik kesintilerinden etkilenmeyen ve 3V'luk bir pil ile 10 yıl boyunca sayım yapabilen bir tümleşik devre elemanıdır. [10] Yapılan kaynakların sonuçlarını ve parametrelerini kaydedebilmek için ise 256K'lık bir EEPROM kullanılmıştır. EEPROM içerisine; kaynağın yapıldığı tarih ve saat, kaynak gerilimi, kaynak süresi, kaynak barkodla veya manuel giriş ile

yapılma durumu, kaynağın başarılı tamamlanma veya yarıda kesilme durumu gibi veriler kaydedilmiştir.

Tasarlanan EF kaynak makinesinde cihaz içi ve cihaz dışı sıcaklıkları ölçmek maksadı ile DS1820 sıcaklık sensörleri bulunmaktadır. DS1820 tek hattan haberleşen (one wire communication) ve -55°C işa +125°C arasındaki sıcaklıkları ölçebilen bir sıcaklık sensördür [11].

3. Deneysel Sonuçlar

Geliştirilen gerçek etkin değer ölçüm düzeneği ile yapılan ölçümlerin doğruluğunu kontrol etmek için bir takım deneyler yapılmıştır. Düzeneğin ölçüm girişine, etkin değeri önceden bilinen sinyaller uygulanmış ve geliştirilen düzeneğin ölçtüğü değer bilgisayarda görüntülenmiştir. Deneyler sonucunda düzeneğe uygulanan gerilim değeri arttıkça, ölçüm hatalarının azaldığı görülmüştür. Tasarlanan EF kaynak makinesinin çıkış geriliminin 6-48 V olduğu düşünüldüğünde ölçümlerde ortalama % 0,5'lik bir hata oranı meydana gelmektedir. Bu hata oranı ise EF kaynak makinelerinde kabul edilebilir seviyelerdedir. Bu deneye ilişkin sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Hata oranının, giriş gerilimine bağlı olarak değişimini gösteren grafik ise Şekil 5'te verilmiştir.

Kaynak makinelerinde aranan önemli özelliklerin başında dengeli kaynak gerilimi üretilebilme özelliği gelir. Tasarlanan EF kaynak makinesi ile yapılan 30V, 1000 saniyelik bir kaynak esnasında, EF ekleme elemanından alınan sinyaller Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6 (a) ve Şekil 6 (b)'deki birinci kanal sinyalleri incelendiğinde kaynak işleminin 250. ve 776. saniyelerinde 30V'luk kaynak geriliminin hemen hemen korunduğu görülmektedir. Bu sonuç, tasarlanan kaynak makinesinin kararlı bir çıkış gerilimi ürettiğini gösterir.

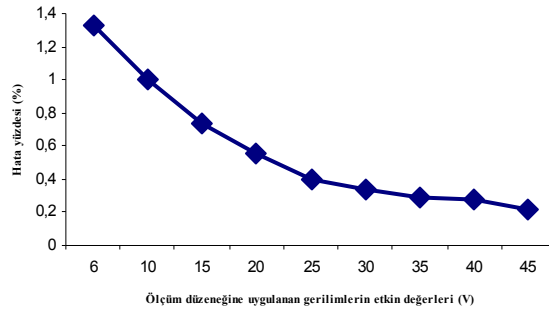
3. Sonuç

Bu çalışmada mikrodenetleyici tabanlı bir EF kaynak makinesinin uygulaması yapılmıştır. Uygulama sonucunda; düşük maliyetli, kararlı çıkış gerilimi üretebilen, kullanıcıya kolaylıklar sağlayan bir kaynak makinesi üretilmiştir (Şekil 7).

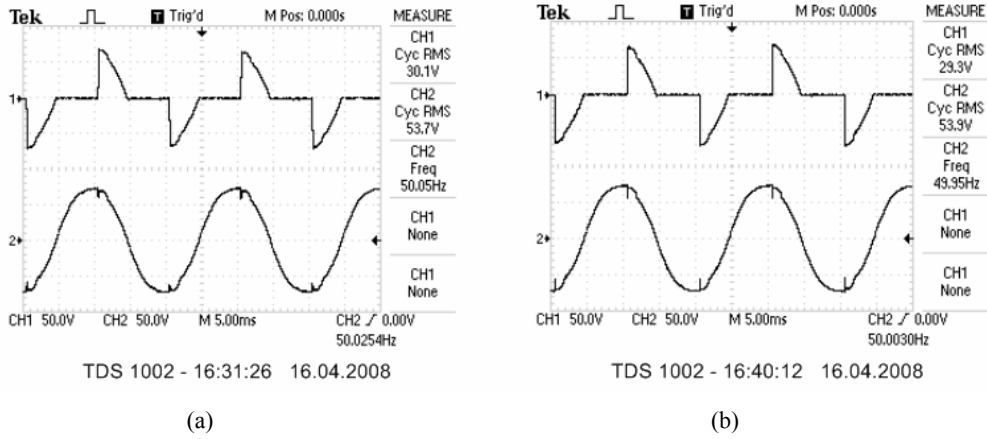
Yüksek güç tüketimi gerektiren birimler ile sayısal kontrollerin ve işlemlerin birbirinden optik olarak yalıtılması ile sıfırlama ve hatalı kaynak problemlerinin önüne geçilmiştir. Öngörülen etkin değer ölçüm sistemi ile ortalama % 0,5'lik hata oranına sahip ölçümler yapılabilmektedir. Ölçülen bu değerler merkezi kontrol birimine geri beslenerek kararlı bir çıkış gerilimi elde edilmiştir. Barkod etiketi okuma özelliği sayesinde, el ile hatalı değer girilerek yapılan kaynakların önüne geçilmiştir. Barkod cihazının kontrolünde tamamıyla yarıiletken elemanlar kullanılmıştır. Sürekli sıcaklık ölçümleri yapılarak kaynak makinesinin hatalı kaynak yaptırması önlenmiştir.

Tablo 1: Mikrodenetleyici tabanlı gerçek etkin değer ölçüm düzeneği örnek ölçüm sonuçları

Ölçüm düzeneğinin girişine uygulanan sinyalin etkin değeri (V)	Ölçüm düzeneği ile ölçülen değer (V)	Hata yüzdesi (%)
6,00	6,08	1,33
10,00	10,10	1,00
15,00	15,11	0,73
20,00	20,11	0,55
25,00	25,10	0,40
30,00	30,10	0,33
35,00	35,10	0,28
40,00	40,11	0,27
45,00	45,10	0,22



Şekil 5: Mikrodenetleyici Tabanlı Gerçek Etkin Değer Ölçüm Düzeneğinde Ölçümlerin Hata Oranının Grafiksel Gösterimi



Şekil 6: 35V, 1000 sn'lik Bir Kaynak Esnasında EF Ekleme Elemanı Üzerinden Elde Edilen Sinyaller
(a) Kaynağın 250. Saniyesinde Alınan Sinyaller (b) Kaynağın 776. Saniyesinde Alınan Sinyaller



Şekil 7: EF Kaynak Makinesinde Kullanılan Devre Kartları

4. Kaynaklar

- [1] “**Handbook of Polyethylene Pipe**”, The Plastics Pipe Institute, United States, 2007.
- [2] “**Plastik Piping Systems**”, George Fischer Inc., Sweden, 1994.
- [3] Shin, H. J., Jang, Y. H., Kwan, J. R. and Lee, H. D. “Ultrasonic Array Approach for The Evaluation of Electrofusion Joints of Polyethylene Gas Piping”, **Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation**, Vol 12, 30-36, 2003.
- [4] Bowman, J., “A Review of the Electrofusion Joining Process for Polyethylene Pipe System”, **Polymer Engineering and Science**, Vol 37, No 4, pp.674-691, 1997.
- [5] Shin, H. J., Song, S. J., Song, T. K., 1999. “Digital Phased Array Ultrasonic Inspection System with Dynamic Focusing”, **AIP Conference Proceedings**, edited by **D. O. Thompson and D. E. Chimenti**, vol. 19A, 1087-1093, 1999.
- [6] Özarpa, C. ve Albayrak, F., “Polietilen Doğal Gaz Borularının Elektrofüzyon Kaynağı ve Kaynak Parametrelerinin Kaliteye Etkisi”, **TMMOB Doğalgaz ve Enerji Yönetimi Sempozyumu**, Gaziantep, 128-135, Eylül 2001.
- [7] <http://www.weltech.info/tr/Elektro-Fuzyon-Kaynak-Makinesi.htm#b>
- [8] <http://www.huerner.de/content/category/6/7/12/lang,en/>
- [10] <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf>
- [11] <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18S20.pdf>