

# Fotovoltaik Beslemeli Bulanık Mantık Denetimli Senkron Alçaltıcı Tip Dönüştürücünün Gerçekleştirilmesi

Ömer Faruk BAY<sup>a</sup>, Ali UYSAL<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Ankara, TR

<sup>b</sup> Karabük Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Teknik Programlar Bölümü, Karabük, TR

## ÖZET

Bu çalışmada, elektrolizle hidrojen üretmek için bulanık mantık denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücünün gerçekleştirilmesi sunulmaktadır. Enerji kaynağı olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Önerilen alçaltıcı tip dönüştürücüde değişken yük ve değişken giriş gerilimlerinde sabit çıkış akımı elde etmek hedeflenmektedir. Sistemde kullanılan anahtarlama elemanlarının denetiminde Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM) tekniği kullanılmaktadır. Denetim algoritması olarak ise bulanık mantık denetleyici (BMD) kullanılmaktadır. Önerilen denetim algoritmasının etkinliğini göstermek için, sistemde hem bulanık mantık denetleyici hem de PI denetleyici ayrı ayrı kullanılarak değişken giriş gerilimlerinde, değişken yüklerde ve elektroliz ortamında testler yapılmaktadır. Deneysel çalışma sonuçlarına göre bulanık mantık denetleyicinin cevap verme süresinin daha hızlı, aşım oranının daha düşük ve kalıcı durum hatasının PI denetleyiciye göre çok daha az miktarda gerçekleştiği görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Elektroliz, Senkron Alçaltıcı Tip Dönüştürücü, Bulanık Mantık Denetleyici.

## Implementation of a Photovoltaic Sourced Fuzzy Logic Controlled Synchronous Buck Converter

### ABSTRACT

In this study, a fuzzy logic controlled synchronous buck converter design has been realized to produce hydrogen with electrolysis. Electrical energy obtained from solar panels which is one of the renewable energy sources is used as energy sources. The aim of the proposed buck converter is to obtain constant output current at variable loads and variable input voltages. PWM technique is used for controlling of switches on the system. Fuzzy Logic Controller is used as control algorithm. Proposed system has been tested at variable loads and variable supply voltages using both PI controller and fuzzy logic controller to show the effectiveness of the fuzzy control algorithm. According to the experimental results, fuzzy logic controller has faster response time and has lower overshoot and less steady state error than PI controller.

**Keywords:** Electrolysis, Synchronous Buck Converter, Fuzzy Logic Controller

### 1. GİRİŞ

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının sağladığı enerji seviyesi gün içerisinde ve mevsimlere göre değişkenlik gösterdiğinden, bu kaynaklardan üretilen enerjinin depolanması büyük önem taşımaktadır. Enerjinin depolanması için kullanılan en yaygın yöntem enerjii elektriksel olarak akülerde depolamaktır. Yüksek güçlerde ise bu çok yüksek maliyetli ve verimli olmayan bir yöntemdir. Dolayısıyla enerjinin farklı şekillerde depolanması ve kullanılması için çözüm üretmek gerekmektedir. Son dönemlerde önerilen çözümlerden birisi ise elektrik enerjisinden suyun elektrolizi yoluyla hidrojen elde etmek ve hidrojeni sıkıştırarak depolamaktır(1).

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisi yardımıyla sabit akımda suyun elektrolizini yaparak

hidrojen elde etmekte kullanılacak bir DA-DA dönüştürücü devrenin tasarımı yapılmaktadır. DA-DA dönüştürücü Matlab Simulink programı kullanılarak benzetimi yapılmakta ve benzetim sonuçları doğrultusunda tasarımı gerçekleştirilmektedir. Elektroliz işlemi için değişken giriş gerilimi(12V-35V) ve değişken yük değerlerinde çalışabilen, çıkış akımı 20A'e kadar ayarlanabilen bulanık denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücü tasarlanmaktadır. Bu dönüştürücünün denetiminde bulanık denetim algoritması kullanılmaktadır. Devrenin prototipi yapılarak değişken yük ve değişken giriş gerilimlerinde denenmiştir. Elde edilen sonuçlar Picoscope ile ölçülmüş ve ölçülen değerler karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışma sonuçlarına göre bulanık mantık denetleyicinin cevap verme süresinin daha hızlı, aşım oranının daha düşük ve kalıcı durum hatasının PI denetleyiciye göre çok daha az miktarda gerçekleştiği görülmüştür.

### 2. ELEKTROLİZ

Suyun doğru akım kullanılarak hidrojen ve oksijene ayrılması işlemine elektroliz denilmektedir.

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: omerbay@gazi.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2012.15.1, 35-42

Elektroliz hidrojen üretimi için en basit yöntem olarak bilinmektedir. İlke olarak, bir elektroliz hücresi içinde, genelde düzlem bir metal veya karbon plakalar olan, iki elektrot ve bunların içine daldırıldığı, elektrolit olarak adlandırılan iletken bir sıvı bulunmaktadır. Doğru akım kaynağı bu elektrotlara bağlandığında akım, iletken sıvı içinde, pozitif elektrottan (anot), negatif elektroda (katot) doğru akacaktır. Bunun sonucu olarak da, elektrolit içindeki su, katottan çıkan hidrojen ve anottan çıkan oksijene ayrışacaktır. Burada yalnız suyun ayrışmasına karşılık, su iyi bir iletken olmadığı için elektrolitin içine iletkenliği artırıcı olarak genelde potasyum hidroksit gibi bir madde eklenmektedir (2).

Suyun elektrolizi için, normal basınç ve sıcaklıkta, ideal olarak 1.23 volt yeterlidir. Tepkimenin yavaş olması ve başka nedenlerle, elektroliz işleminde daha yüksek gerilimler de kullanılmaktadır. Hidrojen üretim hızı, geçen akım şiddeti ile orantılı olduğundan, ekonomik nedenlerle sabit ve yüksek akım yoğunlukları tercih edilmektedir. Bundan dolayı pratikte, suyun ayrıştırılması için hücre başına uygulanan gerilim genelde 2 volt dolayındadır. İdeal şartlarda her metreküp oksijen için 2.8 kwh elektrik enerjisi yeterli olmaktadır. Uygulamada kullanılan elektrik enerjisi miktarı bir metreküp hidrojen üretimi için 3.9-4.6 kwh arasında değişmektedir. Pratikte kullanılan elektroliz hücrelerinde, nikel kaplı çelik elektrotlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada elektroliz yoluyla hidrojen üretiminde kullanılmak üzere 20 Ampere kadar ayarlanabilen ve sabit akım verebilen bir sistem geliştirilmektedir.

### 3. GÜNEŞ-HİDROJEN SİSTEMİNİN ÖNEMİ

Ülkemiz fosil yakıt rezervleri açısından oldukça fakir bir ülke konumunda olup, her yıl enerji gereksini-

vereceği zararın boyutları sanılanın çok üzerinde olmaktadır (2).

Petrol ve doğal gaz yönünden de oldukça sınırlı rezerve sahip olan Türkiye, bütün bunlara karşın güneş, rüzgâr ve biokütle gibi doğal, temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları açısından son derece zengindir. Bu durumda, yeni gelişmekte olan güneş-hidrojen sistemi teknolojisi üzerinde zaman geçirilmeden gerekli çalışmaların yapılması önem taşımaktadır.

#### 3.1. Fotovoltaik Sistemler

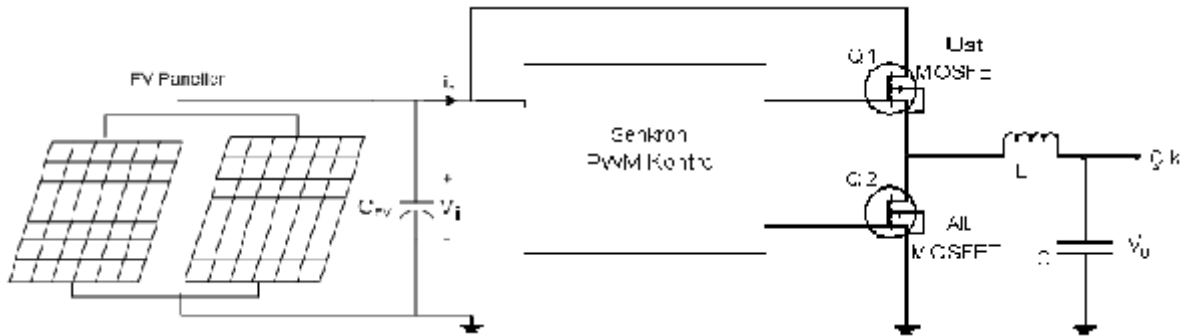
FV sistemler güneşten gelen enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Güneş panelleri, FV hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşmuş, sistemin enerji ihtiyacını karşılayan, güneş enerjisini DA gerilime dönüştüren ve belli bir güçte üretilen elemanlardır. FV sistem, bir evin ihtiyaçlarını karşılayabileceği gibi çok yüksek güçlü olarak tasarlanıp bir güç istasyonu olarak da kullanılabilir.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmada, ülkemizin ortalama yıllık güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti de  $1311 \text{ kW} / \text{m}^2$  dir (3).

### 4. AKIM AYARLI BULANIK MANTIK DENETİMLİ SENKRON ALÇALTICI TİP DÖNÜŞTÜRÜCÜ

#### 4.1. Senkron Alçaltıcı Tip Dönüştürücü

Değişken yük ve değişken giriş gerilimlerinde sabit çıkış akımı sağlamak amacıyla sistemde senkron alçaltıcı tip dönüştürücü kullanılmaktadır. Dönüştürücü 180 watt'lık iki tane paralel bağlanmış güneş paneli ile beslenmektedir. Tasarlanan alçaltıcı tip dönüştürücünün genel yapısı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Senkron Alçaltıcı Tip Dönüştürücü Devresi

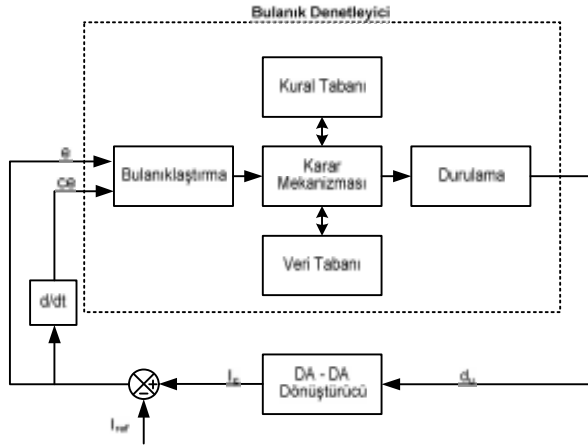
minin %50'den fazlasını ithal etmek zorundadır. Türkiye'deki fosil yakıt rezervlerine bir göz atılacak olursa, neredeyse linyit rezervlerinin yarısını oluşturan Elbistan ve diğer benzer havzalar kalite açısından oldukça düşük sayılabilecek durumdadır. Buradaki linyitlerin kalorileri çok düşük, küllük ve nem miktarları oldukça yüksektir. Enerji olarak yakılan miktar değil, üretilen kalori önem taşıdığından, bu rezervler kalori yönünden değerlendirildiğinde, Türkiye'de bugünkü üretimle 70-80 yıl yetecek kömür bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Düşük kalorisinin yanı sıra, yukarıda belirtilen kirletici özellikler de dikkate alındığında, bunların çevreye

Q1 anahtarı iletimdeyken kaynaktan gelen enerji endüktans akımını sabit bir eğimle artırırken, anahtarın kesime sokulmasıyla endüktans akımı senkron mosfet üzerinden serbest döngü yapmaya başlar. Bunun için bu mosfetin kapısına gerilim uygulanması gereklidir. Kapı geriliminin olmaması durumunda akım diyot üzerinden dolaşır ve gerilim düşümü daha yüksek olur(4,5,6).

#### 4.2. Senkron Alçaltıcı Tip Dönüştürücünün Bulanık Denetimi

Sistemin cevap verme süresinin hızlı, aşım oranının düşük ve kalıcı durum hatasının en az olması

İçin bulanık mantık denetim algoritması tercih edilmektedir. Bulanık mantık denetleyicide, akım hatası ve hatadaki değişim giriş değişkenleri olarak, görev saykılındaki değişim ise çıkış değişkeni olarak belirlenmiştir. Giriş ve çıkış değişkenlerinin üyelik fonksiyonları üçgen ve yamuk olarak seçilmiştir. Çıkarım metodu olarak max – min metodu, kullanılmaktadır. Durulama metodu olarak ise ağırlıklı ortalama metodu tercih edilmiştir. Bulanık mantık denetleyici için kodlar PIC BASIC dilinde yazılmıştır. DA-DA dönüştürücü için bulanık denetim blok şeması Şekil 2’de verilmektedir. Programda tuş takımından girilen referans bilgisi ile akım algılayıcısından alınan gerçek akım bilgisinin farkını hata, hata ile eski hatanın farkı hatanın değişimi olarak belirlenmektedir.



Şekil 2. DA-DA dönüştürücü için bulanık denetim blok şeması

Bulanık mantık denetleyicisi kural tablosu Çizelge 1’de verilmektedir. Bu kural tablosu C.C. Lee (7,8) tarafından geliştirilen sistematik yaklaşım ile elde edilmiştir. Bulanık mantık denetleyicisi, giriş değişkenlerinin aldıkları değerler ve kural tabanının kompozisyonunu yaparak bir çıkarım elde etmektedir. Bu çıkarım

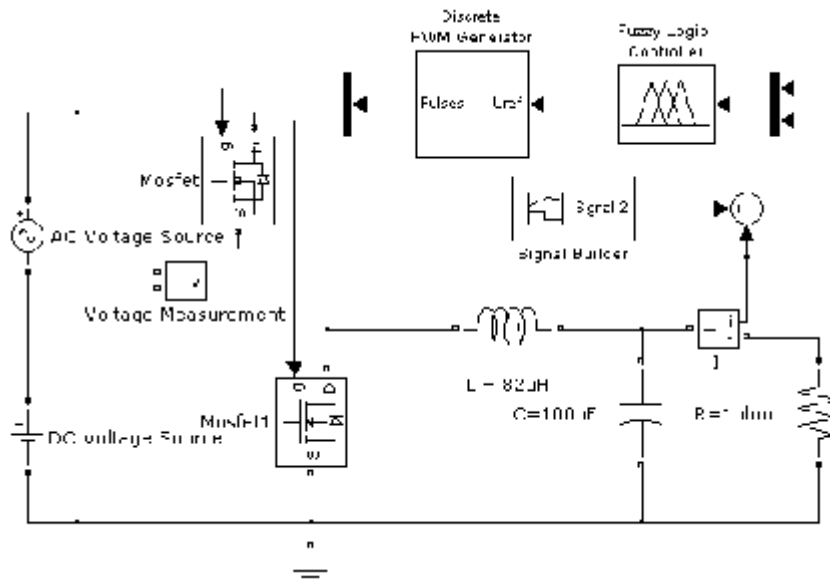
görev saykılındaki değişim miktarıdır. Elde edilen değer mosfet sürücü devre tarafından DA-DA dönüştürücü devrenin güç elemanlarına uygulanmaktadır.

Çizelge 1. Bulanık mantık denetleyicisi kural tablosu

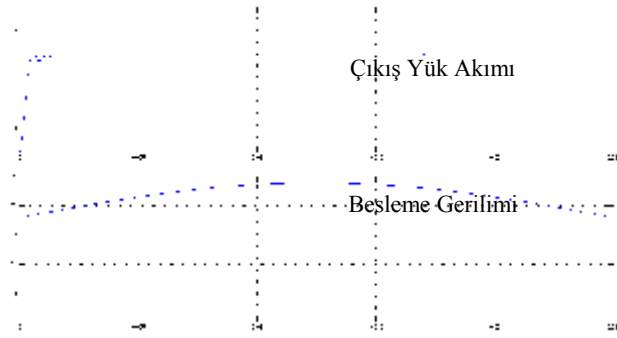
		Hatadaki Değişim ( ce )				
		NB	NB	SF	PO	PB
Hata ( e )	NB	NB	NB	NO	NO	SF
	NO	NB	NO	NO	SF	PO
	SF	NO	NO	SF	PO	PO
	PO	NO	SF	PO	PO	PB
	PB	SF	PO	PO	PB	PB

Şekil 3’de bulanık mantık denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücünün MATLAB- Simulink’ te hazırlanan devresi görülmektedir. Referans bilgisi ile ölçülen akımın farkı hata olarak, hatanın türevi ise hatadaki değişim olarak bulanık mantık denetleyicisine uygulanmaktadır. Bulanık mantık denetleyicisinin çıkış bilgisi darbe genişlik modülasyonu üreticinin girişine uygulanmaktadır. Darbe genişlik modülasyonu üretici Q1 ve Q2 mosfetleri için gerekli olan anahtarlama sinyallerini üretmektedir.

Bulanık mantık denetleyicisine referans olarak 4A akım değeri girilmektedir. Değişken besleme geriliminde elde edilen çıkış akımının grafiği Şekil 4’de görülmektedir. Benzetim çalıştırıldığında bulanık mantık denetleyici çıkış akımını referans akım değeri olan 4A’ye sabitlemektedir. Besleme gerilimi değişikliğinde çıkış akımı referans değerinde sabit kalmaktadır.



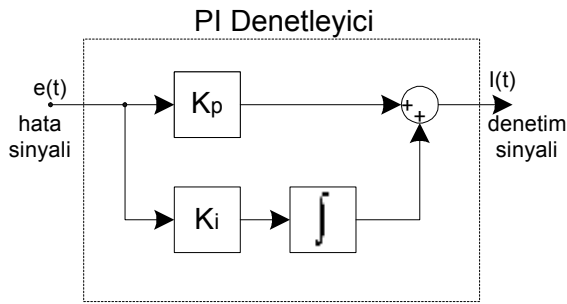
Şekil 3. Bulanık mantık denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücünün Matlab Simulink modeli



Şekil 4. Değişken besleme geriliminde BM denetimli sistemin çıkış akım grafiği

#### 4.3. Senkron Alçaltıcı Tip Dönüştürücünün PI Denetimi

Önerilen bulanık mantık denetleyicisinin etkinliğini göstermek için sistem aynı zamanda PI denetleyici ile de denetlenmektedir. PI denetleyicide DA-DA dönüştürücünün çıkış akım bilgisi geri beslenerek referans değerle karşılaştırılarak hata elde edilmekte ve hata kullanılarak PI algoritması gerçekleştirilmektedir. Şekil 5’de genel bir PI denetleyicinin blok diyagramı verilmiştir(9).



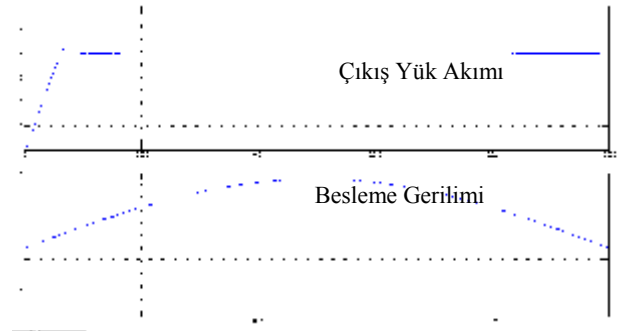
Şekil 5. PI denetleyici blok diyagramı

PI denetim sistemindeki çıkış değişkeni Eşitlik 1’deki gibi elde edilmektedir.

$$U = K_p e + K_i \int e dt \quad (1)$$

Dönüştürücünün çıkış akımını ayarlamak için PWM sinyalinin görev zamanı kullanılmaktadır. Burada U çıkış değeri görev zamanı olarak alınmıştır.

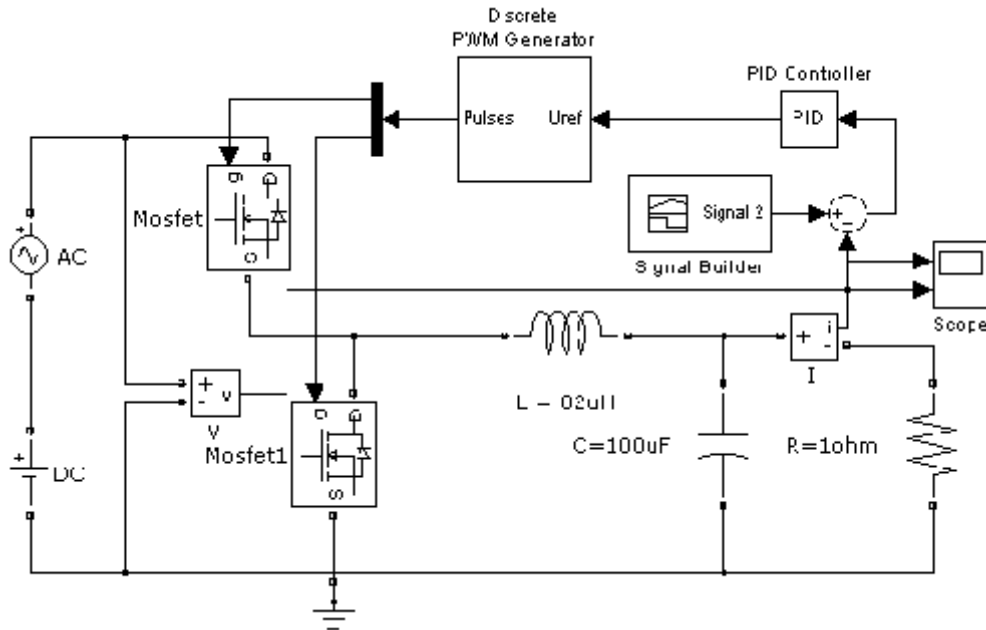
Şekil 6’da PI denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücünün MATLAB- Simulink’ te hazırlanan devresi görülmektedir. Devrede referans bilgisi ile ölçülen akımın farkı hata olarak PI denetleyiciye uygulanmıştır. PI denetleyicinin çıkış bilgisi darbe genlik modülasyonu (PWM) üreticinin girişine uygulanmıştır. PI denetleyiciye referans olarak 4A akım değeri girilmiştir. Benzetim sonucu Şekil 7’de görülmektedir



Şekil 7. Değişken besleme geriliminde PI denetimli sistemin çıkış akım grafiği

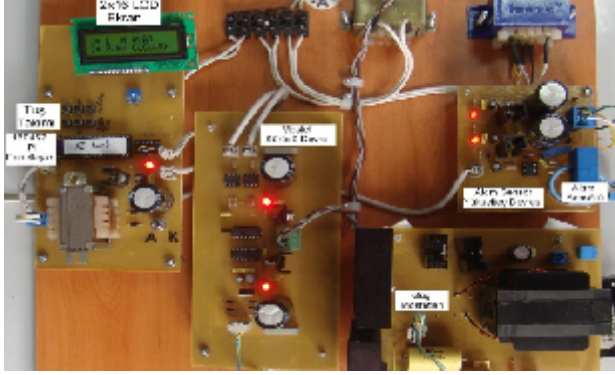
#### 5. AKIM AYARLI BULANIK MANTIK DENETİMLİ SENKRON ALÇALTICI TİP DÖNÜŞTÜRÜCÜ’NÜN UYGULAMA ÇALIŞMASI

Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamanın resmi



Şekil 6. Matlab Simulink’te hazırlanan PI denetimli senkron buck dönüştürücü devre şeması

Şekil 8’de görülmektedir. Ekran olarak 2x16 karakter LCD kullanılmıştır. LCD ekranda ölçülen ve ayarlanan akım değerleri görüntülenmektedir.



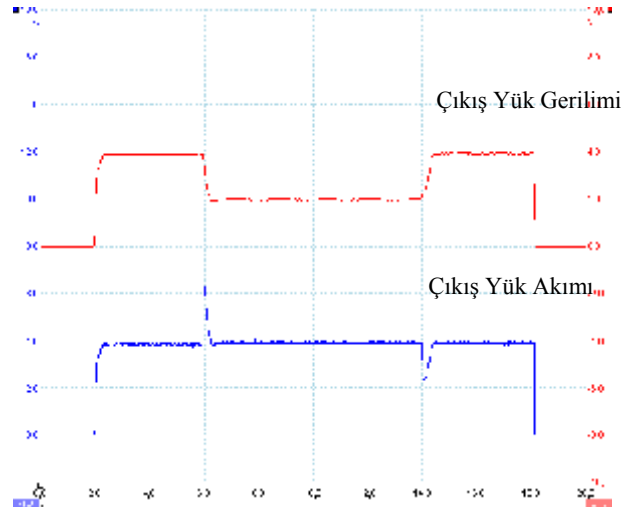
Şekil 8. Gerçekleştirilen Senkron Alçaltıcı Tip Dönüştürücü Devrenin Resmi

Akım algılayıcı, DA-DA dönüştürücünün çıkış akımı algılamakta ve mikro denetleyicinin ölçebileceği analog gerilim değerine dönüştürmektedir. Akım algılayıcı olarak LA 55-P akım algılayıcısı kullanılmıştır. Tuş takımı, istenen akım değerini ayarlamak ve sistemi çalıştırıp durdurmak için kullanılmaktadır. LA 55-P akım algılayıcısı simetrik 12V besleme ile çalışmakta ve 50A RMS akım değeri ölçebilmektedir. Mikro denetleyici, akım algılayıcısından alınan akım bilgisini sabit tutmak amacıyla, seçilen denetim algoritması mantığına uygun olarak senkron alçaltıcı tip dönüştürücü için PWM sinyali üretmektedir. Mikro denetleyici olarak Microchip firmasının PIC18F452 mikro denetleyicisi seçilmiştir. MOSFET sürücüsü, Mikro denetleyici’ den gelen anahtarlama bilgisini MOSFET’leri tetiklemek için uygun hale getirmektedir. MOSFET sürücüsü olarak senkron alçaltıcı tip dönüştürücü yapısına uygun olan IR2110 tümleşik devresi kullanılmıştır. Paralel bağlı iki adet 180 watt’lık güneş panelleri, DA-DA dönüştürücü için gerekli olan besleme gerilimini sağlamaktadır. DA-DA dönüştürücü, güneş panelinden elde edilen enerjiyi mikro denetleyici denetiminde elektroliz için uygun değere düşürmektedir. DA-DA dönüştürücü olarak senkron alçaltıcı tip dönüştürücü kullanılmıştır.

### 5.1. Deneysel Çalışma Sonuçları

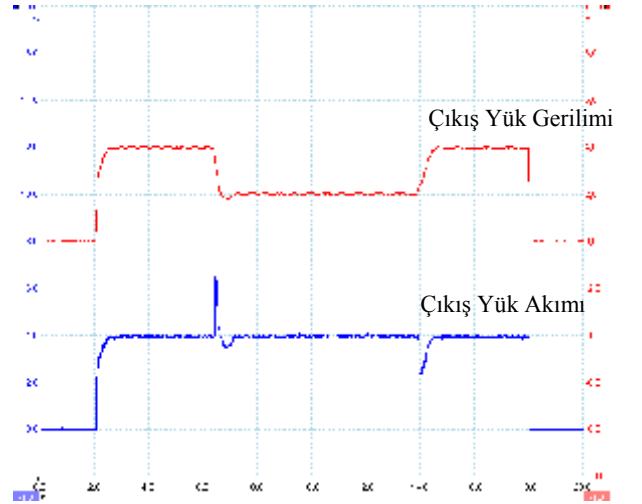
Gerçekleştirilen sistem üzerindeki deneysel çalışmalarda bulanık mantık denetleyicisi ve PI denetleyicisinin performanslarını belirlemek için yapılan ölçümler Şekil 9-Şekil 14 de verilmektedir. Ölçümler PICO Automotive 3000 osiloskopu ile yapılmıştır.

Gerçekleştirilen sistemin en kötü çevre şartlarında dahi etkinliğini göstermek için DA-DA dönüştürücü önce anlık olarak değeri değiştirilebilen dirençle yüklenmiştir. 4A’lık referans akımında yük direncinde anlık olarak değişiklik yapıldığında bulanık mantık denetleyicisi ile denetlenen dönüştürücünün çıkış gerilim ve akımının grafiği Şekil 9’daki gibi elde edilmiştir.



Şekil 9. BMD’li sistemin değişken yük durumunda çıkış gerilim ve akım grafiği.

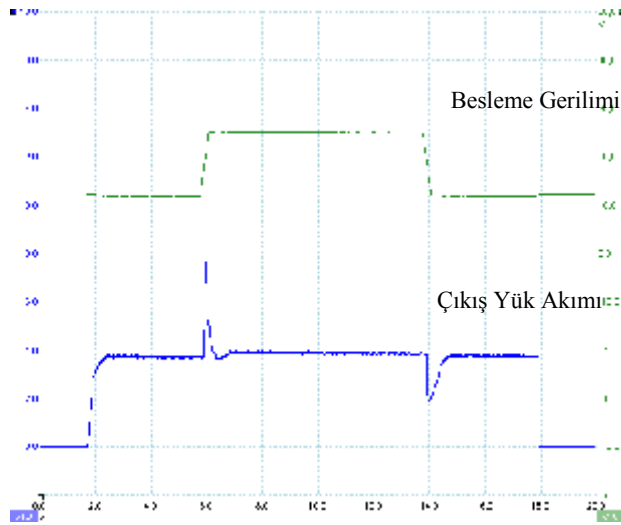
Aynı çevre şartlarında dönüştürücü PI denetleyici ile denlendiğinde ise, 4A’lık referans akımda yük direnci anlık değiştirildiğinde dönüştürücünün çıkış gerilim ve akım grafiği Şekil 10’da görüldüğü gibi elde edilmiştir.



Şekil 10. PI denetimli sistemin değişken yük durumunda çıkış gerilim ve akım grafiği.

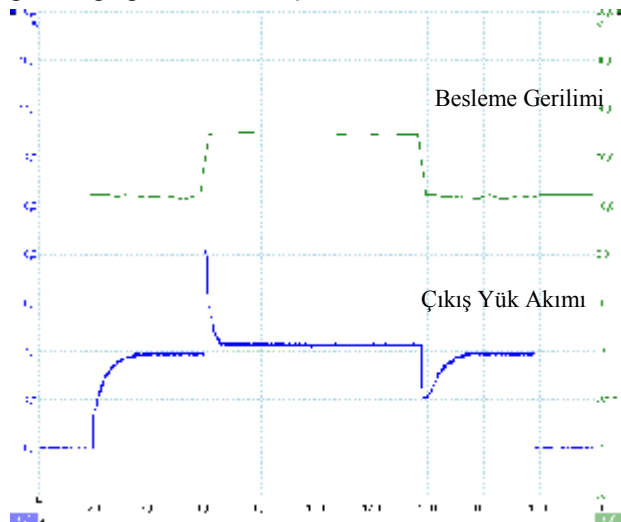
Güneş paneli gerilimi ışınım arttıkça artmakta, ışınım azaldıkça ise azalmaktadır. Işınım sabit olduğunda ise sıcaklık da sabit ise yaklaşık olarak sabit kalmaktadır. Sıcaklığın panel gerilimine etkisi çok azdır. Besleme gerilimindeki değişikliğe karşı sistemin cevabını görebilmek için dönüştürücü bu defa güneş paneli yerine ayarlı bir gerilim kaynağı ile beslenmiştir. Eğer güneş paneli kullanılsaydı besleme gerilimi hem anlık olarak değişmeyecekti, hem de testin gün boyunca yapılması gerekecekti.

Dönüştürücü sabit yük ile yüklü, referans akım değeri 4A ve besleme geriliminin 12V-24V-12V basamak değişimi yapıldığında bulanık mantık denetleyicili sistemin çıkış akım eğrisi Şekil 11’de görüldüğü gibi elde edilmiştir.



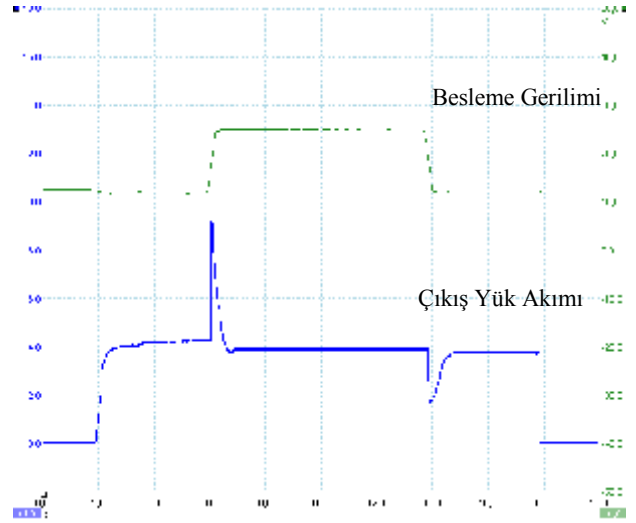
Şekil 11. BMD'li sistemin değişken besleme gerilimindeki çıkış akım grafiği.

Aynı çevre şartlarında deney PI denetleyicili sistem için tekrarlanmıştır. Dönüştürücü sabit yük ile yüklü, referans akım değeri 4A ve besleme geriliminin 12V-24V-12V basamak değişimi yapıldığında PI denetleyicili sistemin çıkış akım eğrisi Şekil 12'de görüldüğü gibi elde edilmiştir



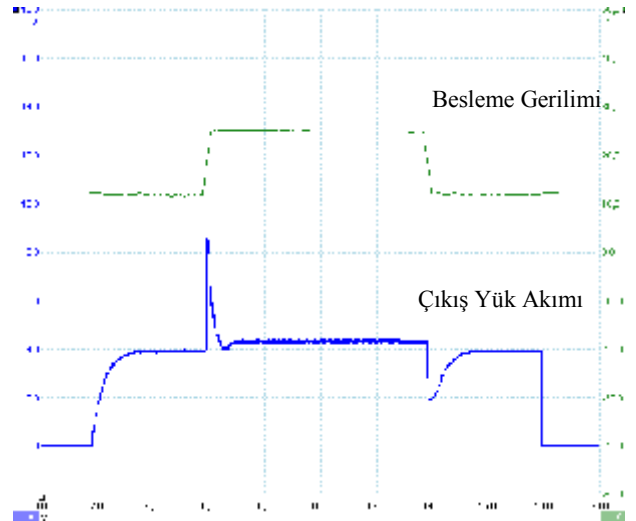
Şekil 12. PI denetimli sistemin değişken besleme gerilimindeki çıkış akım grafiği.

Sistem de yük olarak bu defa elektroliz ortamı kullanıldığında değişken besleme geriliminde deney yine tekrarlanmış ve referans akım değeri 4A ve besleme geriliminin 12V-24V-12V basamak değişimi yapıldığında bulanık mantık denetleyicili sistemin çıkış akım eğrisi Şekil 13'de görüldüğü gibi elde edilmiştir



Şekil 13. BMD'li sistemin elektroliz ortamında değişken besleme geriliminde çıkış akım grafiği.

Aynı çevre şartlarında deney PI denetleyicili sistem için tekrarlanmıştır. Devreye elektroliz düzeneği bağlı, referans akım değeri 4A ve besleme geriliminin 12V-24V-12V basamak değişimi yapıldığında PI denetleyicili sistemin çıkış akım eğrisi Şekil 14'de görüldüğü gibi elde edilmiştir. PI denetimli sistemde kalıcı durum hatası olduğu görülmektedir. BMD'li sistemde kalıcı durum hatası gözlenmemiştir



Şekil 14. PI denetimli sistemin elektroliz ortamında değişken besleme geriliminde çıkış akım grafiği

Şekil 9'dan Şekil 14'e kadar olan grafikler incelendiğinde; Bulanık mantık denetleyicili sistemin, PI denetleyicili sistemden hem dinamik cevap hem de aşım miktarı bakımından daha iyi bir performansa sahip olduğu görülmektedir.

## 6. SONUÇ

Bu çalışmada elektroliz yoluyla hidrojen üretmek için bulanık mantık denetimli senkron alçaltıcı tip dönüştürücü tasarımı gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışma sonucunda çıkış yük değişimlerinde ve giriş besleme gerilimi değişikliklerinde bulanık mantık denetleyicinin çıkış akımını istenen değerde sabitlediği görülmektedir. Bulanık mantık denetleyicinin etkinliğini göstermek için sistem aynı zamanda PI denetleyici ile de denetlenmiştir. Bulanık mantık denetleyici ile PI denetleyici karşılaştırıldığında bulanık mantık denetleyicinin cevap verme süresinde daha hızlı, aşım oranının daha az olduğu görülmektedir. PI denetleyici farklı giriş gerilimi değerlerinde kalıcı durum hatası vermektedir. Elektroliz işleminde kullanılmak için bulanık mantık denetleyici alçaltıcı tip dönüştürücüde istenilen performansı göstermektedir. Bulanık mantık denetimli DA-DA dönüştürücü elektroliz sistemine sabit akım sağladığından sabit hidrojen çıkışı temin edilebilmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

- 1) Yılkıran, N., "Türkiye'nin Alternatif Enerji Kaynakları ve Kullanım Potansiyeli", Yüksek Lisan Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü, Ankara, 1-3, 2004.
- 2) Türk, İ., E., "Hidrojen Enerjisi", *Temiz Enerji Vakfı Yayınları*, Ankara, 2-24, (2001).
- 3) 41 İnternet: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, www.eie.gov.tr (2011).
- 4) Uysal, A., Bay, Ö.F., "Elektroliz Yapmak İçin PI Denetimli Senkron Buck Dönüştürücü Tasarımı" 5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (İATS'09), Karabük, 186-190, 2009.
- 5) Tuncay, N. Gökaşan., M. Boğosyan, S., Güç Elektroniği Çeviriciler, Uygulamalar ve Tasarım. Literatür Yayıncılık, 176-185, 2007
- 6) Abut, N., Güç Elektroniği Güç Yarı İletkenleri ve Dönüştürücüler, Birsen Yayınevi, 309-312, 2004.
- 7) Lee, C. C., "Fuzzy Logic in Control System: Fuzzy Logic Controller - Part 1", IEEE Transaction On Systems, Man, And Cybernetics, 20 (2): 404-418, (1990).
- 8) Lee, C., C., "Fuzzy Logic in Control System: Fuzzy Logic Controller - Part 2", IEEE Transaction On Systems, Man, And Cybernetics, 20, 2, 419-435, (1990).
- 9) Liping, G., Hung, J.Y., Nelms, R.M., "PID Controller Modifications To Improve Steady-State Performance Of Digital Controllers For Buck And Boost Converters", Seventeenth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, APEC 2002., Dallas, 381-388 (2002).