

# PI Denetleyicili DC/DC Dönüştürücü Çıkış Geriliminin Labview Kullanılarak İncelenmesi

## Analyzing of PI Controlled DC/DC Converter Output Voltage Using Labview

Metin Demirtaş<sup>1</sup> Gülsüm Gezer<sup>2</sup>

1. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir  
mdtas@balikesir.edu.tr

2. Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir  
ggezer@balikesir.edu.tr

### Özetçe

Bu çalışmada, DC/DC Buck dönüştürücü için PI denetleyicili geri beslemeli denetim gerçekleştirilmiştir. Dönüştürücünün çıkış gerilimi sinyali LabVIEW programı kullanılarak bilgisayar ekranında görüntülenmiştir. Bir kart üzerinde RS232 konnektörü, bir mikrodenetleyici (PIC 16F877) ve 2 adet DC/DC dönüştürücü devresi bulunmaktadır. Sistemin çalışması için gerekli anahtarlama sinyalleri mikrodenetleyici tarafından üretilmektedir. Dönüştürücünün çıkışındaki gerilim işaretleri LabVIEWTM programıyla ortak kullanılan DAQ kartı üzerinden bilgisayar ekranına aktarılmaktadır. Ekranına aktarılan bu veriler aynı zamanda Excel dosyası olarak ta kaydedilebilmekte ve istenen parametrelere göre grafikler çizdirilebilmektedir. Bu uygulama ile giriş gerilim seviyesindeki artış ya da azalmaya bağlı olarak dönüştürücünün anahtarlama sinyalinin iletim ve kesim oranları değiştirilerek çıkış gerilimi ayarlanmaktadır. Dönüştürücü çıkışındaki gerilimin yük değişimlerinden etkilenmemesi için PI denetleyici kullanılmıştır. Çıkıştaki gerilim sinyallerinin Fourier analizi de bilgisayarda yüklü olan Labview programıyla on-line veya off-line olarak izlenebilmektedir.

### Abstract:

In this study, feedback control is carried out for DC/DC buck converter by using PI controller. The output voltage signal of the converter is shown on the screen of the computer by using LabVIEW program. There are RS232 connector, microcontroller (PIC16F877) and two buck converter on the board. The needed switching signals to run the system are produced by means of microcontroller. The output voltage signals of the converter are transferred to the screen of the computer over DAQ used with LabVIEW. This data is recorded can also be recorded as Excel file. The graphics can be drawn as regard to wanted parameters. The output voltage can be tuned according to increase or decrease at the output voltage of the converter by changing the rate of on-off time of the switching signal. PI controller is used to not be effected from the load changing of the output voltage of the converter. The fourier analysis of the output voltage of the converter can be tracked by LabVIEW program as on-line or off-line.

### 1. Giriş

DC/DC dönüştürücüler gerilim seviyesini bir değerden başka bir değere getiren ve anahtarlama mantığı ile çalışan elektrikli sürücü devrelerinde yaygın olarak kullanılan anahtarlama bir güç katıdır. AC/DC motor hız denetim üniteleri, kesintisiz güç kaynakları, akü şarj üniteleri, anahtarlama güç kaynakları gibi cihazlar besledikleri yükün ihtiyacı olan elektrik gücünü sağlayan önemli endüstriyel güç elektroniği uygulamalarıdır. Çeşitli elektrik ve elektronik cihazların kullanımında değişik DC gerilim seviyelerine ihtiyaç vardır. Geleneksel doğru akım güç kaynakları ağır ve pahalı elektronik elemanlar gerektirirken, DC/DC dönüştürücüler yüksek frekanslarda anahtarlama ünitelerinden dolayı daha hafif ve ucuz elemanlar gerektirirler. Böylece günümüzde hafif, taşınabilir, yüksek performanslı DC/DC kaynaklarına olan ihtiyaç bu dönüştürücünün kullanımının gerekliliğini hızla artırmıştır. Yüksek verim ve küçük ebatlarından dolayı günümüzde çok popülerdir [1]. Bu cihazların temel çalışma prensibi bir pasif filtrenin çıkış geriliminin kontrol edilmesine dayanır. Çok değişik tiplerde DC/DC dönüştürücüler yapılmaktadır. Hepsinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Bazı dönüştürücüler gerilimi artırmakta, bazıları gerilimi düşürmekte, bazıları ise gerilimi hem artırmakta hem de düşürmektedir.

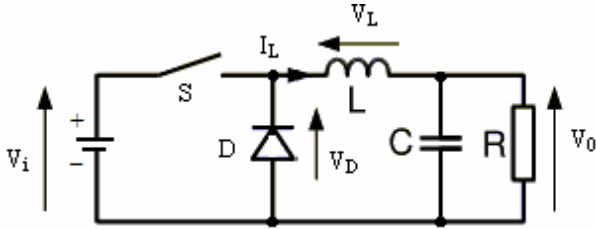
Çıkıştaki yük arttığında gerilim düşümü nedeniyle çıkış gerilimi de düşmektedir. Geri besleme ile PI denetleyici iletim aralığı süresini otomatik olarak artırarak bu gerilim düşümünü gidermektedir.

LabVIEWTM (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) veri elde etmede kullanılan birçok yazılımın özelliklerini ortak tek bir pakette toplayan geliştirilmiş grafiksel bir yazılımdır. LabVIEWTM programı veri elde etmede, elde edilen verilerin incelenmesinde ve izlenmesinde de kullanılmaktadır [2]. Yapılan uygulamada DC/DC Buck dönüştürücü (gerilim düşürücü) ve PI denetleyici kullanılmıştır

### 2. Buck Dönüştürücü

Buck dönüştürücü DC giriş gerilimini daha düşük seviyeli DC gerilime dönüştüren anahtarlama bir devredir. Gerilim bölücü devrelerde fazla miktarlarda enerji kaybı olmaktadır. Gerilim bölücülerde, çıkış gerilimi giriş gerilimine bağlı olarak değiştiği içinde çıkışı regüle edilemez. Buck dönüştürücülerde verim %96'lara kadar çıkmaktadır. Buck

dönüştürücünün çalışması, bir bobin ve bobini denetleyen iki anahtardan oluşmaktadır. Şekil 1'de gösterilen S anahtarı kapatıldığında bobin kaynağa bağlanır ve bobinde bir enerji depolanır. Anahtar açılınca, bobinde birikmiş olan enerji yük ve serbest geçiş diyodu üzerinden deşarj olur. S anahtarının on-off süresi değiştirilerek çıkış gerilim istenen seviyede ayarlanabilir. Buck dönüştürücünün temel yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Buck dönüştürücünün akım ve gerilimleri

Buck dönüştürücünün sürekli ve süreksiz olmak üzere iki çalışma durumu vardır. Komütasyon süresince bobinden geçen akım sıfıra düşmüyorsa, buck dönüştürücü sürekli moda çalışmaktadır. Eğer bobinden geçen akım periyodun bir kısmında sıfıra düşüyorsa, dönüştürücü süreksiz moda çalışmaktadır. Genellikle sürekli moda çalışmalar tercih edilir.

## 2.1 Sürekli çalışma modu

Şekil 1'deki S anahtarı kapandığında bobin üzerindeki gerilim düşümü

$$V_L = V_i - V_0 \quad (1)$$

olur. Bobinden geçen akım doğrusal olarak artar. Diyot, gerilim kaynağı tarafından ters kutuplandığında, içinden akım akmaz. Anahtar açıldığında, diyot iletim yönünde kutuplanır. Bobin üzerindeki gerilim düşümü

$$V_L = -V_0 \quad (2)$$

olur (Diyottaki gerilim düşümü ihmal edilmiştir).  $I_L$  akımı azalır. Bobinde depolanan enerji

$$E = \frac{1}{2} L I_L^2 \quad (3)$$

ile ifade edilir.

Bu yüzden anahtarın kapalı kaldığı süre içerisinde bobinde biriken enerjide bir artış görülür (akım arttığı için). Anahtarın açık kaldığı sürede de bir azalma gözükür. L dönüştürücünün girişinden çıkışına enerji aktarmak için kullanılmaktadır.  $V_L$  gerilimi  $I_L$  akımının değişiminden hesaplanabilir.

$$V_L = L \frac{dI_L}{dt} \quad (4)$$

Anahtarın kapalı olduğu durumda  $V_L = V_i - V_0$ 'a, açık olması durumunda ise  $V_L = -V_0$ 'dır. Anahtarın kapalı olması durumunda akımdaki artış

$$\Delta I_{L_{on}} = \int_0^{t_{on}} \frac{V_L}{L} dt = \frac{(V_i - V_0)t_{on}}{L} \quad (5)$$

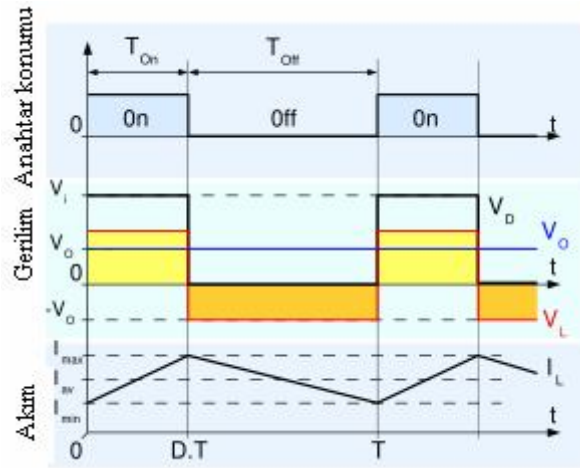
olur. Anahtarın açık olması durumunda ise akımdaki azalma

$$\Delta I_{L_{off}} = \int_0^{t_{off}} \frac{V_L}{L} dt = -\frac{V_0.t_{off}}{L} \quad (6)$$

şeklinde olur. Dönüştürücünün sürekli halde çalıştığı göz önüne alınırsa,  $I_L$  akımı  $t=0$ 'da ve  $t=T$  anında birbirine eşittir. Bu yüzden

$$\Delta I_{L_{on}} + \Delta I_{L_{off}} = 0 \quad (7)$$

olur. Bu durum Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Buck dönüştürücünün sürekli çalışma modu

Yukarıdaki denklemleri yeniden düzenlersek,

$$\frac{(V_i - V_0)t_{on}}{L} - \frac{V_0.t_{off}}{L} = 0 \quad (8)$$

olur. Şekil 2'den görüldüğü gibi,  $t_{on} = D.T$  ve  $t_{off} = T - D.T$ 'dir. Burada, D görev süresi (Duty cycle) olarak tanımlanmıştır. Değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir.

$t_{on}$  ve  $t_{off}$  denklem (8)'de yerlerine yazılırsa

$$(V_i - V_0).D.T - V_0.(T - D.T) = 0 \quad (9)$$

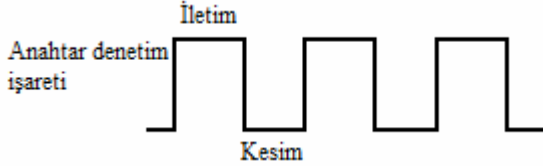
elde edilir. Yukarıdaki denklemler yeniden düzenlenirse,

$V_0 = D.V_i$  veya  $D = V_0 / V_i = t_{on} / T$  olarak bulunur.

Bu yüzden  $V_0 \leq V_i$ 'dir. Buda dönüştürücünün azaltan yada düşüren dönüştürücü olarak tanımlanmasını sağlamıştır [3].

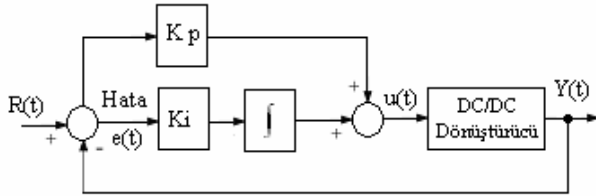
### 3. Sistemin PI ile Denetimi

DC-DC dönüştürücülerde güç anahtarlarının durumu genellikle PWM (Pulse Width Modulation-Darbe genişlik modülasyonu ile belirlenmektedir. Bu çalışmada da PWM yöntemi kullanılmıştır. Anahtarın iletimde yada kesimde olduğunu belirleyen anahtar denetim işareti PWM portu vasıtası ile üretilmektedir. Darbe genişlik modülasyon işareti Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM)

Sistemin PI ile denetim blok diyagramı şekil 4'te gösterilmiştir. Bu blok diyagramından da görüldüğü gibi PI denetleyicinin yapısını oransal kazanç ve integral alıcı devrelerin birleşiminden oluşmaktadır [4].



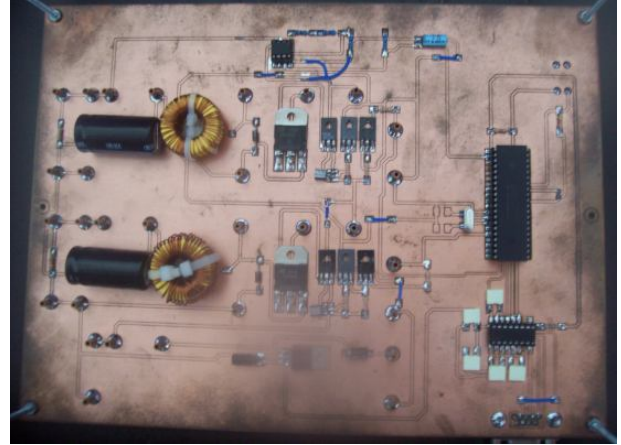
Şekil 4. PI Denetleyicinin Blok Diyagramı

PI denetimde dönüştürücünün çıkış gerilimini arzu edilen referans değerine  $R(t)$  ulaştırmak için hata hesaplanır. PI denetleyicileri oluşturan kısımların her biri birer katsayı ile çarpılırlar. Bu katsayılar ( $K_p$ ,  $K_i$ ) her sistem için ayrı değerler almaktadırlar.

PI denetleyiciyi oluşturan birimlerden oransal ve integral kazançlarının her biri sistemin çalışmasına farklı şekillerde etkilemektedir. Oransal denetleyici etkisi sistem cevabının yükseliş zamanının azalmasına etki eder ancak sürekli rejim hatasını ortadan kaldırmada etkili olamaz. İntegral denetleyicinin etkisi, sistemin sürekli hal hatasını ortadan kaldırır fakat geçici rejim cevabında yi sonuç vermeyebilir.

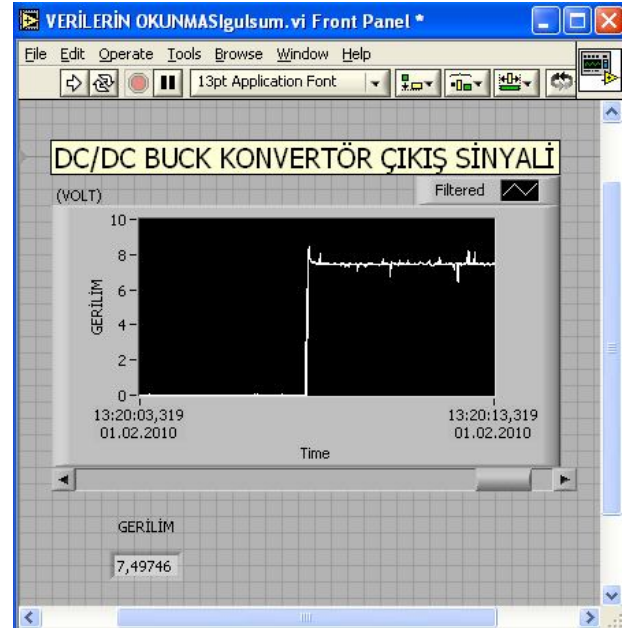
### 4. DC/DC Dönüştürücünün Yapısı

Kullanılan deney modülünün genel yapısı Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu deney modülü PIC 16F877PIC ve iki adet buck dönüştürücüden oluşmaktadır. Düzenekte iki adet PWM çıkışı üretilmektedir. Kapalı çevrim denetim sistemi üzerinde çalışma yapılacaksa PWM1 çıkışı, açık çevrim denetim sistemi üzerinde çalışma yapılacaksa PWM2 çıkışı kullanılmaktadır. Modül üzerinde bulunan delikli pinler vasıtasıyla akım ve gerilim işaretleri doğrudan devre üzerinden ölçülebilmektedir. Bu modülün 11-12 ve 23-24 nolu uçlarına değişik yükler bağlayarak (DC motor, R-L yük vb.) açık çevrim yada kapalı çevrim denetimi yapılabilmektedir. Yapılan uygulamada PI denetleyici uygulaması gerçekleştirilmiş ve çıkış sinyalleri izlenmiştir. Modülün devre eleman bağlantı şekli Şekil 5'te verilmiştir [3].



Şekil 5. Deney modülünün donanım yüzü.

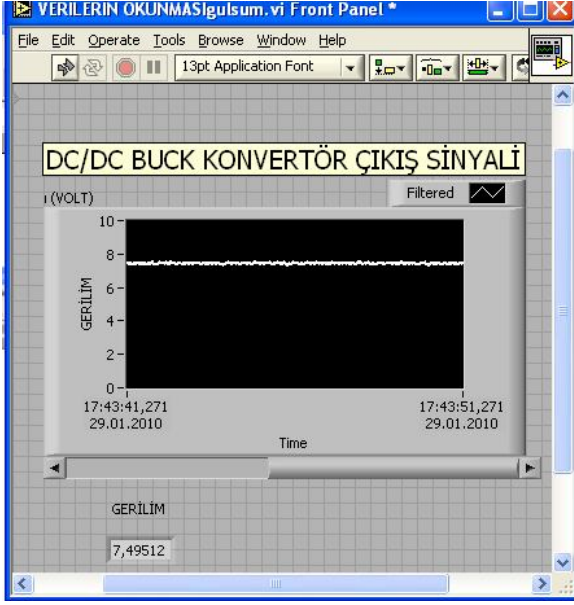
Deneysel çalışmada elde edilen çıkış geriliminin değişiminin başlangıç anının LabVIEW'deki görüntüsü Şekil 6'de gösterilmiştir. Gerilimin değeri ise GERİLİM göstergesinde anlık ve sayısal olarak okunmaktadır. LabVIEW ekranı çalıştırıldıktan sonra sistem çalıştırıldığı için ekran çıkış gerilimi ilk yarıda sıfır olarak görünmektedir. Bu kısımdan sistemin yükselme zamanı rahatlıkla incelenebilmektedir.



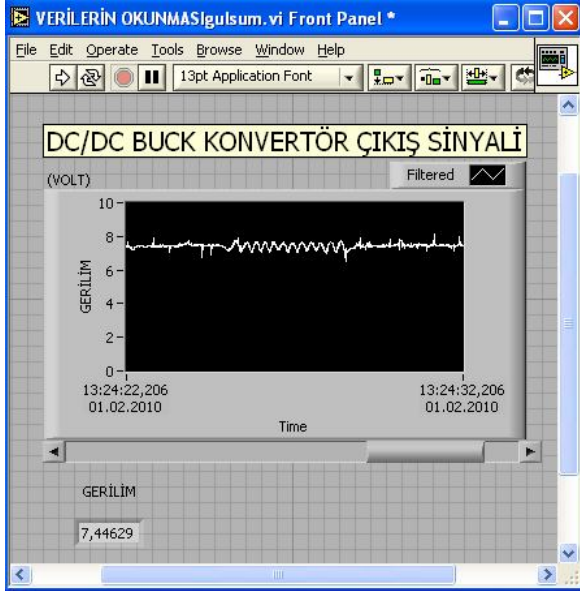
Şekil 67. Çıkış geriliminin başlangıç anının görüntüsü

Şekil 7'de ise sistemin sürekli çalışma anından bir bölüm ekrana getirilmiştir. Yine burada da sayısal değer çok küçük miktarlarda değişim göstermektedir. Şekil 8'deki görüntünün ilk başlangıç kısmı, motorun miline elle sabit bir yük uygulanmış haldeki, çıkış gerilim değişimini göstermektedir. Görüntünün orta kısmı ise motor milin tutulup bırakılması şeklinde periyodik bir değişim gösteren bozucu yüke karşı vermiş olduğu tepkiyi göstermektedir. Dolayısıyla salınım şeklinde gözükmektedir. Bozucu yük geldiğinde gerilim kendini toparladığı ve o anda mil serbest bırakıldığı içinde gerilimde tekrar bir artış olmaktadır. Bu nedenle çıkış gerilimi bozucuya paralel olarak dalgalanmaktadır.

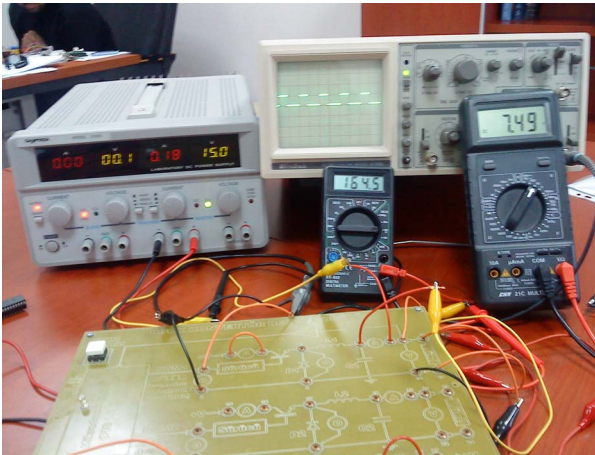




Şekil 7. Çıkış geriliminin sürekli haldeki görüntüsü



Şekil 8. Çıkış geriliminde bozucu etkinin görüntüsü



Şekil 9. Denei düzeneğinin görüntüsü

Çalışmada kullanılan devre ve ölçü aletlerine ait veriler Şekil 8'de gösterilmiştir. Denei düzeneği ile yapılan çalışmada, referans çıkış gerilimi 7.5 volta ayarlanmıştır. Kaynak giriş gerilimi ise 15 volta ayarlanmıştır. Devreye yük olarak  $1k\Omega$ 'luk direnç ve ona paralel bağlı 12 voltluk bir DC motor bağlanmıştır. Tasarlanmış devrede, geri beslemeli olarak çalışan üst kısımdaki DC/DC dönüştürücü kullanılmıştır. Dolayısıyla PWM1 çıkışı kullanılmıştır. Devrenin çalışması esnasında, motor miline müdahale edilerek devreden çekilen akımın ve gerilim düşümünün artması sağlanmıştır. Çıkış geriliminin düşmesi anında, PI denetleyicinin devreye girerek PWM'in iletim süresini artırarak çıkış gerilimi istenen referans değere getirdiği gözlemlenmiştir. Şekilde kaynak geriliminin 15 volt, devreden çekilen akımın 164.5 mA, çıkış geriliminin 7.49 volt olduğu görülmektedir.

## 5. Sonuç

Sonuç olarak bu çalışmada PI denetleyicili PIC tabanlı DC/DC azaltan dönüştürücü çıkışındaki işaretlerin değişimi LabVIEW ile incelenmiştir. Yapılan çalışma ile veriler bilgisayar ekranında görüntülenebilmekte ve aynı zamanda Excel dosyasına da kaydedilebilmektedir. Ayrıca devre üzerinde açık çevrim ve kapalı çevrim denetim yapılabilmekte, akım ve gerilim bilgilerini ölçü aletlerinde izlenebilmektedir. Çeşitli motorlar (step, DC motor v.b.)yük olarak bağlanıp, farklı denetim yöntemlerine göre sistemin tepki işaretleri incelenebilmektedir. Omik, endüktif veya kapasitif yükler bağlayarak bu yüklerin davranışları da gözlemlenebilir. Bu çalışma DC/DC dönüştürücü çıkış sinyallerinin değişimi, çeşitli denetleyicilerin geliştirilerek tepkisinin incelenmesi ve geliştirilmesi için araştırmacılara yeni bakış açıları oluşturabilir.

Bu devre eğitim amaçlı tasarlanmış olduğundan, üzerinden akım ve gerilim ölçümleri kolaylıkla alınabilmektedir. Tasarlanan denetleyiciler devre üzerindeki PIC vasıtasıyla kolaylıkla uygulanabilmektedir. Bu çalışmada yapılan uygulama, bir DC motorun yük olarak kullanılması, PIC'in geri beslemeli bir sistemle kullanılması ve denetleyici olarak kullanılması, LabVIEW'in bir osiloskop ve bilgisayar gibi bu devre ile uyumlu olarak kullanılması bu konuda yapılmış olan çalışmalar açısından bir yeniliktir.

## 6. Kaynakça

- [1] Su J. H., Chen J. J., and Wu D. S., "Learning Feedback Controller Design of Switching Converters Via Matlab/Simulink", *IEEE Transactions on Education*, Vol. 45, No. 4, p.:307-315, November 2002.
- [2] Demirtaş M., Altun Y., "Labview Kullanılarak Dönen Ters Sarkacın Gerçek Zamanlı Kapan Kip Kontrolü", 5. Uluslararası İleri teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs, 496-501, 2009
- [3] Coşkun ., Terzioğlu H., "Hız Performans Eğrisi Kullanılarak Kazanç (PID) Parametrelerinin Belirlenmesi", *Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi Cilt 6, Sayı:3-2007*.
- [4] Demirtaş M., Öner P. A., "Eğitim Amaçlı Mikrodenetleyici Tabanlı DC/DC Dönüştürücü Kart Tasarımı" TOK08, İstanbul, 2008.