

PI kontrolcü tabanlı yeni bir kontrol yapısının yükseltici DA-DA çevirici için tasarımı

Faruk Yalçın*

13.07.2016 Geliş/Received, 25.08.2016 Kabul/Accepted

doi: 10.16984/saufenbilder.47764

ÖZ

Bu çalışmada, yükseltici tip DA-DA çeviricinin kontrolü için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşımda PI kontrolcü tabanlı kontrol yapısını destekleyen, çevirici giriş gerilimi ve referans çevirici çıkış gerilimine dayalı açık çevrim kontrol kuralı geliştirilmiştir. Kontrol kuralı ile yükseltici DA-DA çevirici için açık çevrim PWM (Pulse Width Modulation – Darbe Genişlik Modülasyonu) anahtarlama oranı belirlenmiştir. Kontrol kuralı, klasik PI kontrolcüyü destekleyerek, istenen çevirici çıkış geriliminin farklı sistem parametrelerinde sağlıklı ve etkili bir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır. Önerilen yaklaşım MATLAB-Simulink ortamında simülasyon olarak test edilmiştir. Elde edilen simülasyon sonuçları, önerilen yaklaşımın farklı giriş gerilimi, referans çıkış gerilimi ve yük şartlarında yükseltici DA-DA çevirici çıkış geriliminin kaliteli bir şekilde elde edilmesini sağladığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: yükseltici çevirici, DA-DA çevirici, PI kontrolcü, PWM

Design of a new PI controller based control structure for DC-DC boost converter

ABSTRACT

In this paper, a new approach is proposed for control of DC-DC boost converter. In the proposed approach, open-loop control law based on the converter input voltage and the reference converter output voltage that supports the control structure based on PI controller is developed. Open loop PWM (Pulse Width Modulation) switching duty ratio is derived for the DC-DC boost converter by the control law. The control law provides to obtain the converter output voltage in a healthy and efficient manner with various system parameters through supporting the conventional PI controller. The proposed approach has been tested in MATLAB-Simulink environment as simulation. The obtained simulation results have shown that the proposed approach has provided to obtain high quality output voltage of the boost converter in different input voltage, reference output voltage and load conditions.

Keywords: boost converter, DC-DC converter, PI controller, PWM

* Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya - farukyalcin@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gelişen teknoloji ile birlikte elektrik enerjisinin farklı formlarına ihtiyaç sürekli artmaktadır. Güç elektroniği alanındaki ilerlemeye bağlı olarak bu amaçla birçok çevirici geliştirilmiştir. DA-DA çeviriciler giriş doğru gerilimini farklı seviyede çıkış doğru gerilimine dönüştüren güç elektroniği çeviricileri olarak doğru gerilim ayarına ihtiyaç duyulan birçok endüstriyel uygulamada sıklıkla kullanılmaktadır [1-3].

Yükseltici DA-DA çeviriciler giriş doğru gerilimini daha yüksek seviyede çıkış doğru gerilimine dönüştüren çeviricilerdir [4]. Diğer tip DA-DA çeviriciler olan alçaltıcı ve alçaltıcı-yükseltici DA-DA çeviriciler de olduğu gibi [5,6], yükseltici çeviricide doğru gerilim dönüşümü çevirici PWM anahtarlama oranına bağlıdır. İdeal olarak, çevirici giriş ve çıkış gerilimi arasındaki ilişki sistem parametrelerinden bağımsız anahtarlama oranına bağlı cebirsel olarak elde edilebilir. Ancak pratikte, ideal olmayan çevirici elemanları (pasif elemanlar ve anahtarlama elemanları) ve çeviricinin kesintili akım modunda çalışması durumu, çeviricinin ilgili çalışma noktası için belli bir anahtarlama oranının belirlenmesini olanaksız kılar [7]. Bu sebeple çeviriciye ait anahtarlama oranının elde edilmesi için, referans ve gerçek çıkış gerilimlerine dayalı bir geri beslemeli kontrol yapısının kullanılması zorunludur [8].

Yükseltici DA-DA çeviricinin kontrolü için literatürde çok farklı kontrolcü tipinin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Tasarlanan kontrolcü, çevirici referans ve gerçek çıkış gerilimi arasındaki hatayı sürekli kontrol eder ve istenen sistem cevabı parametrelerini sağlayacak şekilde çevirici çalışma hatasını düzeltir. Klasik PI ve PID kontrolcü türlerinin kullanıldığı geri beslemeli kontrol yapısı yükseltici çevirici kontrolünde sıklıkla uygulanmaktadır [9-12]. PI ve PID kontrolcülerin çevirici cevabı açısından yeterli olmadığı öngörülen birçok çalışmada, yükseltici çevirici kontrolü için modern kontrol tekniklerinden olan Kayan Kip Kontrolcü tabanlı kontrol tekniği başarılı bir şekilde uygulanmıştır [13,14]. Mevcut literatürde bahsi geçen kontrolcülerin tasarımı, yükseltici çeviricinin belli çalışma noktaları için elde edilen matematiksel model için tasarlanmaktadır. Dolayısıyla sistem çalışma parametrelerinin herhangi birinde oluşacak değişikliğin, çeviriciye ait matematiksel modeli değiştireceği aşikârdır. Bu sebeple, bu durumda sistem cevabı performansının tasarlanan kontrolcü parametreleriyle elde edilmesi mümkün değildir. Yükseltici çevirici performansı açısından çeviricinin referans çıkış gerilim değerini hatasız bir şekilde çevirici çıkışında üretmesi ile beraber, referans çıkış gerilimi değerinin istenen sistem cevabı performansını sağlaması oldukça önemlidir. Bu

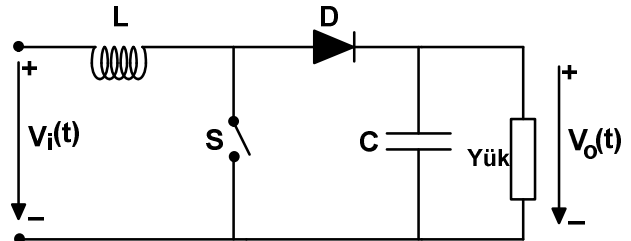
sebeple bahsi geçen kontrolcü türlerinin tek başına kullanıldığı çevirici kontrol yapıları, kontrolcü parametrelerinin belli bir çalışma noktası için elde edildiği çalışma noktaları dışında istenen çevirici performansını sağlayamayacağı aşikârdır.

Bu çalışmada yükseltici DA-DA çevirici için PI kontrolcü tabanlı yeni bir kontrol yapısı önerilmiştir. Bu yapıda, çevirici çalışmasını belirleyecek anahtarlama oranı, PI kontrolcü ile birlikte önerilen açık çevrim kontrol kuralı ile belirlenmektedir. Açık çevrim kontrol kuralı, PI kontrolcüyü destekleyerek kontrolcünün çevirici çalışma hatasını hızlı bir şekilde gidermesine yardımcı olur ve sistem cevabının hızlandırılması görevini üstlenir. Böylece kontrol kuralı, çeviricinin belli bir çalışma noktası için elde edilen kontrolcü parametrelerinin farklı çalışma noktalarında değiştirilmesi zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Kontrol kuralı, çevirici giriş gerilimi ve referans çıkış gerilimine bağlı cebirsel olarak elde edilen anahtarlama oranı değeridir, böylelikle kolay ve hızlı bir şekilde elde edilmesi çevirici kontrol yapısına ilave karmaşıklık ve tasarım zorluğu getirmemektedir. Yükseltici DA-DA çevirici kontrolü için önerilen yaklaşım, MATLAB-Simulink ortamında simülasyon olarak test edilmiştir. Farklı çevirici çalışma noktaları için elde edilen simülasyon sonuçları, önerilen açık çevrim kontrol kuralı destekli kontrol yapısının sağlam ve etkili çevirici çalışmasını sağladığını göstermiştir.

2. ÖNERİLEN ÇEVİRİCİ KONTROL YAPISININ TASARIMI (DESIGN OF THE PROPOSED CONVERTER CONTROL STRUCTURE)

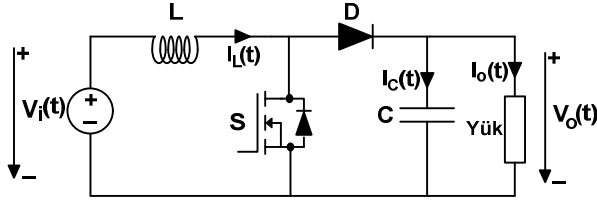
2.1. Açık Çevrim Kontrol Kuralı (Open Loop Control Law)

Yükseltici tip DA-DA çeviriciye ait topoloji Şekil 1' de verilmiştir [15]. Burada $V_i(t)$, $V_o(t)$, L , C , D ve S sırasıyla giriş doğru gerilimini, çıkış doğru gerilimini, bobini, kapasiteyi, diyot ile tek yönlü iletme geçebilen ve hem iletim hem de kesime götürülmesi kontrol edilebilen herhangi bir güç elektroniği anahtarlama elemanını göstermektedir.



Şekil 1. Yükseltici DA-DA çevirici topolojisi (The topology of the DC-DC boost converter)

Bu çalışmada S anahtarı için MOSFET elemanı kullanılmıştır. Kontrollü eleman olarak MOSFET kullanılan yükseltici DA-DA çevirici devresi Şekil 2' de gösterilmiştir. $I_L(t)$, $I_C(t)$ ve $I_o(t)$ sırasıyla bobin akımı, kapasite akımı ve yük akımını ifade etmektedir.



Şekil 2. Anahtarlama elemanı olarak MOSFET kullanılan yükseltici DA-DA çevirici devresi (The DC-DC boost converter circuit using MOSFET as switching device)

Yükseltici DA-DA çeviricinin çalışması Şekil 2' de verilen devre üzerinden açıklanabilir. S anahtarı ilettime sokulduğunda D diyotu doğru kutuplanmadığından kapalı durumdadır. Bu durumda çevirici doğru giriş gerilimi sadece bobini besleyerek bobini enerjilendirir. S anahtarı kesime sokulduğunda diyot doğru kutuplanarak ilettime geçer. Böylece hem giriş doğru gerilimi hem de daha önceden enerjilendirilmiş olan bobin, kapasite ve yükü besler. Böylece S anahtarına ait anahtarlama oranına bağlı olarak çevirici çıkışında giriş doğru gerilim değerinden daha büyük değerde bir doğru gerilim elde edilir [16]. Bobin akımının kesintisiz olduğu ve çevirici elemanlarının ideal olduğu kabulü ile çevirici giriş gerilimi ve çevirici çıkış gerilimi arasındaki ilişki aşağıdaki gibi verilebilir [17];

$$V_o(t) = \frac{1}{1-d(t)} V_i(t) \quad (1)$$

Burada $d(t)$, S anahtarına ait PWM anahtarlama oranını göstermekte olup anahtarın iletimde olduğu sürenin anahtarlama periyoduna oranı ile tanımlanır;

$$d(t) = \frac{t_{on}}{T} \quad (2)$$

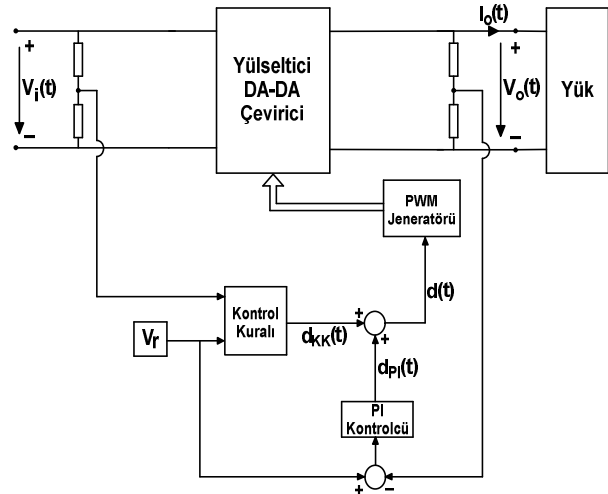
Yukarıda bahsedilen ideal şartlar için çevirici kontrolünü sağlayacak açık çevrim kontrol anahtarlama oranı Denklem (1)' den elde edilebilir ve kontrol kuralı olarak ifade edilip aşağıdaki şekilde verilebilir;

$$d_{KK}(t) = \frac{V_r - V_i(t)}{V_r} \quad (3)$$

Burada V_r çevirici çıkışında elde edilmek istenen doğru gerilim referans değeridir.

2.2. Önerilen Geri Beslemeli Çevirici Kontrol Yapısı (The Proposed Closed-Loop Converter Control Structure)

Daha önceden açıklandığı üzere, elde edilen açık çevrim kontrol kuralı pratikte istenen çevirici çıkış gerilim değerinin elde edilmesi için yeterli değildir. Zira pratikte farklı yük değerleri için bobin akımının kesintiye uğrama durumu ve çevirici elemanlarının ideal olmaması sebebiyle istenen çevirici çıkış gerilimini sağlayacak anahtarlama oranı değeri açık çevrim kontrol kuralı ile elde edilen anahtarlama oranı değerinden farklı olacaktır. Bu sebeple referans ve gerçek çıkış gerilim değeri arasındaki hatayı giderecek gerçek çevirici anahtarlama oranı geri beslemeli kontrolcü üzerinden elde edilmelidir. Bu çalışmada geri beslemeli kontrolcü olarak PI kontrolcü kullanılmıştır. Yükseltici DA-DA çeviricinin kontrolü için önerilen geri beslemeli kontrol yapısı Şekil 3' te verilmiştir.



Şekil 3. Yükseltici DA-DA çevirici için önerilen geri beslemeli kontrol yapısı (The proposed closed-loop control structure for the DC-DC boost converter)

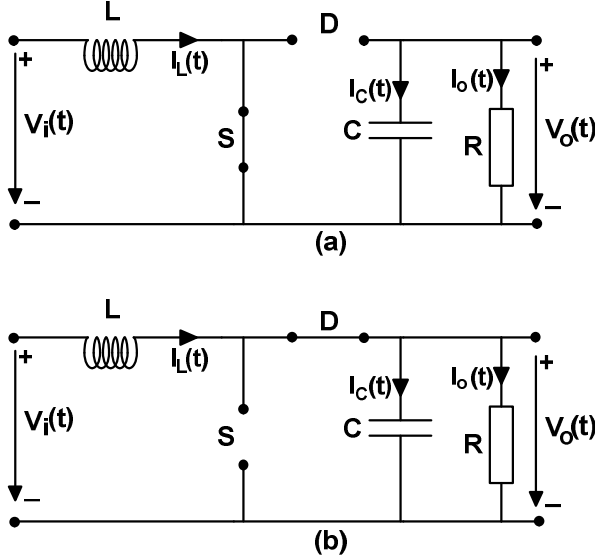
Şekil 3' ten görüldüğü üzere PI kontrolcü, referans gerilim değeri ve gerçek çevirici çıkış gerilimi arasındaki hatadan bir geri beslemeli anahtarlama oranı $d_{PI}(t)$ ' yi üretmektedir. Denklem (3)' te verilen kontrol kuralı ile elde edilen açık çevrim anahtarlama oranı $d_{KK}(t)$, PI kontrolcü ile elde edilen geri beslemeli anahtarlama oranı $d_{PI}(t)$ ' yi destekleyerek çevirici çalışmasını sağlayacak gerçek anahtarlama oranı $d(t)$ üretilmektedir.

$$d(t) = d_{KK}(t) + d_{PI}(t) \quad (4)$$

Şekil 3' ten görüldüğü üzere PWM Jeneratörü, Denklem (4) ile elde edilen çevirici çalışma oranına ait S anahtarı kontrol sinyalini üretmektedir.

2.3. PI Kontrolcü İçin Çevirici Matematiksel Modelinin Çıkarılması (Deriving of the Converter Mathematical Model for the PI Controller)

PI kontrolcü, Şekil 2' de verilen çevirici devresi üzerinden elde edilen matematiksel model ile elde edilebilir. Şekil 4' te çevirici matematiksel modelinin elde edildiği çevirici eşdeğer devresi gösterilmektedir.



Şekil 4. Çevirici eşdeğer devresi: a) S anahtarı iletimde – Durum-1, b) S anahtarı kesimde – Durum-2 (Equivalent circuit of the converter: a) Switch S is on – Case-1, b) Switch S is off – Case-2)

S anahtarının iletimde olduğu Durum-1 için Şekil 4(a)' da verilen çevirici eşdeğer devresine ait dinamik ifadeler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$L \frac{dI_L(t)}{dt} = V_i(t) \quad (5)$$

$$C \frac{dV_o(t)}{dt} = -\frac{V_o(t)}{R} \quad (6)$$

S anahtarının kesimde olduğu Durum-2 için Şekil 4(b)' de verilen çevirici eşdeğer devresine ait dinamik ifadeler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$L \frac{dI_L(t)}{dt} = V_i(t) - V_o(t) \quad (7)$$

$$C \frac{dV_o(t)}{dt} = I_L(t) - \frac{V_o(t)}{R} \quad (8)$$

Denklem (5)-(8)' den durum uzayı eşitlikleri Durum-1 ve Durum-2 için sırasıyla aşağıdaki gibi elde edilir,

PI kontrolcü tabanlı yeni bir kontrol yapısının yükseltici DA-DA çevirici için tasarımı

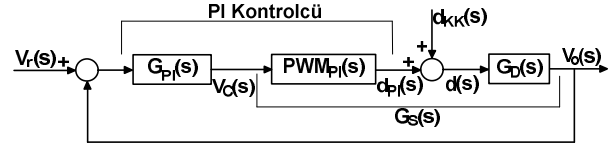
$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} I_L(t) \\ V_o(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -1/RC \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L(t) \\ V_o(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix} V_i(t) \quad (9)$$

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} I_L(t) \\ V_o(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1/L \\ 1/C & -1/RC \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L(t) \\ V_o(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix} V_i(t) \quad (10)$$

Böylelikle yükseltici DA-DA çeviriciye ait ortalama durum uzayı modeli Denklem (9) ve (10)' dan aşağıdaki şekilde elde edilir,

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} I_L(t) \\ V_o(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -(1-d)/L \\ (1-d)/C & -1/RC \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L(t) \\ V_o(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix} V_i(t) \quad (11)$$

Şekil 3' te verilen geri beslemeli kontrol yapısından faydalanarak sisteme ait geri beslemeli kontrol blok diyagramı Şekil 5' teki gibi elde edilir.



Şekil 5. Sisteme ait geri beslemeli kontrol blok diyagramı (The closed-loop control block diagram of the system)

Şekil 5' ten ve Denklem (11)' den faydalanarak $V_o(s)$ ve $d(s)$ arasındaki transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir.

$$G_D(s) = \frac{V_o(s)}{d(s)} = \frac{V_i(s)(1-d)/d}{s^2 LC + s \frac{L}{R} + (1-d)^2} \quad (12)$$

Şekil 5' ten görüldüğü üzere kontrol kuralı anahtarlama oranı olan $d_{KK}(s)$, çevirici çalışma anahtarlama oranı $d(s)$ ' e etki etmektedir. Kontrol kuralı anahtarlama oranı $d_{KK}(s)$ ' i sıfır kabul ederek (kontrol kuralının çevirici çalışmasını desteklemediği kabulü ile),

$$d_{PI}(s) = d(s) \quad (13)$$

eşitliği göz önüne alınabilir. $PWM_{PI}(s)$, PWM safhasına ait $d_{PI}(s)$ ile PI kontrol sinyali $V_C(s)$ arasındaki transfer fonksiyonu olup aşağıdaki gibi elde edilir,

$$PWM_{PI}(s) = \frac{d(s)}{V_C(s)} = \frac{1}{V_{PWM}} \quad (14)$$

Burada V_{PWM} , PI kontrolcüyeye ait PWM dönüşümdeki rampa genliğidir. Böylelikle PI kontrolcünün tasarımı

için kullanılan çevirici sistemine ait transfer fonksiyonu $G_s(s)$ aşağıdaki şekilde elde edilir,

$$G_s(s) = \frac{V_o(s)}{V_c(s)} = \frac{V_i(s)}{V_{PWM}} \frac{(1-d)/d}{s^2LC + s\frac{L}{R} + (1-d)^2} \quad (15)$$

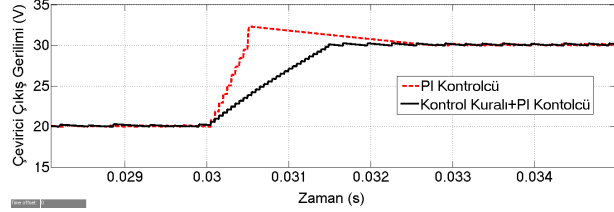
PI kontrolcü dinamik bir yapıya sahiptir ve belli bir cevap zamanı süresinde sistem hatasını düzeltme eğilimine gider. Ancak cebirsel yapısından görüldüğü üzere kontrol kuralı statik bir yapıya sahiptir ve anlık cevap verebilir. Daha önceden belirtildiği üzere kontrol kuralı sistem hatası ile eş zamanlı olarak gerçek çevirici çalışma anahtarlama oranına çok yakın bir anahtarlama oranı üretir. Dolayısıyla kontrol kuralı, PI kontrolcünün çevirici çalışmasını kontrol kuralı ile elde edilen anahtarlama oranı değerinden itibaren kompanze etmesini sağlar. Böylelikle kontrol kuralı öncelikle sistem cevabının hızını artırır ve ardından PI kontrolcü çevirici çalışma hatasını düzeltme görevini üstlenerek etkin ve kaliteli bir çevirici çalışması elde edilir.

3. SONUÇLAR (RESULTS)

Önerilen yükseltici DA-DA çevirici kontrolü yapısı farklı sistem çalışma şartları için MATLAB-Simulink ortamında simülasyon olarak çalıştırılmış, doğruluğu ve etkinliğini göstermek için elde edilen sonuçlar klasik PI kontrolcü tabanlı yükseltici DA-DA çevirici çalışma sonuçları ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Karşılaştırma çalışmaları 3 farklı çalışma koşulu için yapılmıştır: referans çıkış doğru gerilimi değişimi, giriş doğru gerilimi değişimi ve yük değişimi.

Simülasyon çalışmaları için anahtarlama frekansı 10 kHz olarak seçilmiştir. Çevirici bobini endüktansı $L=1\mu\text{H}$ ve çevirici kapasitesi kapasitansı $C=3000\mu\text{F}$ olarak belirlenmiştir. PI kontrolcü parametreleri tüm çalışma durumları için sabit tutulmuş ve belirli bir çalışma noktası için elde edilen analog PI katsayı değerleri $K_p=3$ ve $K_i=0.08$ kullanılmıştır.

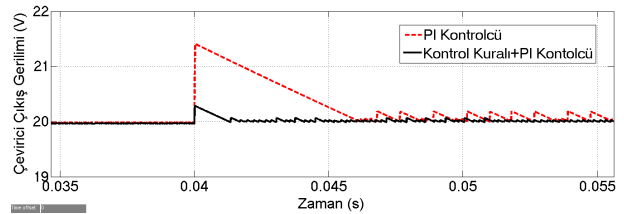
Birinci çalışma koşulunda, yükseltici DA-DA çevirici çalışması devam ederken referans çıkış doğru gerilimi değişmektedir. Çevirici giriş doğru gerilimi ve yük sabit tutulmaktadır. Giriş doğru gerilimi $V_i=10\text{V}$ ve $R=10\Omega$ 'dur. Referans çıkış doğru gerilimi $V_r=20\text{V}$ değerinden $V_r=30\text{V}$ değerine çıkarılmaktadır. Birinci çalışma koşulu için önerilen kontrol kuralı destekli PI kontrolcü tabanlı kontrol yapısı ile kontrol edilen yükseltici DA-DA çevirici çalışması ile klasik PI kontrolcü tabanlı kontrol edilen çevirici çalışmasına ait sonuçlar Şekil 6' da birlikte verilmiştir.



Şekil 6. Referans çıkış doğru gerilimindeki değişim için karşılaştırmalı çevirici çalışma sonuçları (The comparative converter operation results for the change of the reference output direct voltage)

Şekil 6' dan görüldüğü üzere önerilen kontrol kuralı destekli PI kontrolcü içeren çevirici, sadece PI kontrolcü ile kontrol edilen çeviriciye göre yeni referans çıkış gerilim değerine daha hızlı bir cevap zamanı içinde ulaşmıştır. Ayrıca, önerilen yaklaşımda, klasik PI kontrolcü içeren yapıda görülen çıkış gerilimindeki aşım oluşmamıştır.

İkinci çalışma koşulunda, referans çıkış doğru gerilim değeri ile yük sabit iken giriş doğru gerilim değeri değiştirilmiştir. Referans çıkış gerilim değeri $V_r=20\text{V}$ ve yük $R=10\Omega$ değerindedir. Çevirici giriş doğru gerilim değeri $V_i=10\text{V}$ değerinden $V_i=15\text{V}$ değerine çıkarılmıştır. İkinci çalışma koşulu için önerilen kontrol kuralı destekli PI kontrolcü tabanlı kontrol yapısı ile kontrol edilen yükseltici DA-DA çevirici çalışması ile klasik PI kontrolcü tabanlı kontrol edilen çevirici çalışmasına ait sonuçlar Şekil 7' de birlikte verilmiştir.

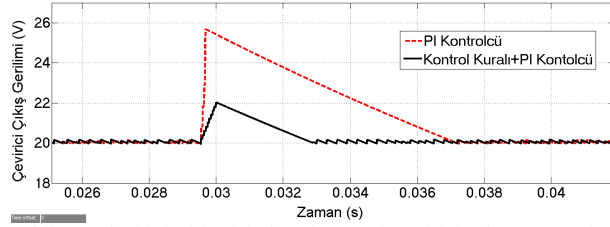


Şekil 7. Giriş doğru gerilimindeki değişim için karşılaştırmalı çevirici çalışma sonuçları (The comparative converter operation results for the change of the input direct voltage)

Şekil 7' den görüldüğü üzere giriş doğru gerilimindeki ani artış hem önerilen kontrol kuralı destekli PI kontrolcü içeren çeviricide hem de sadece PI kontrolcü ile kontrol edilen çeviricide çıkış doğru gerilim değerinde ani artış değerine neden olmuştur. Ancak önerilen yaklaşım ile kontrol edilen çevirici mevcut referans çıkış gerilim değerine daha az aşım değeri ile daha hızlı bir cevap zamanı içinde ulaşmıştır.

Üçüncü çalışma koşulunda ise, referans çıkış doğru gerilim değeri ile giriş doğru gerilimi sabit iken yük değeri değiştirilmiştir. Referans çıkış gerilim değeri $V_r=20\text{V}$ ve giriş doğru gerilim değeri $V_i=10\text{V}$ değerindedir. Yük değeri $R=10\Omega$ değerinden $R=40\Omega$ değerine çıkarılmıştır. Üçüncü çalışma koşulu için önerilen kontrol kuralı destekli PI kontrolcü tabanlı

kontrol yapısı ile kontrol edilen yükseltici DA-DA çevirici çalışması ile klasik PI kontrolcü tabanlı kontrol edilen çevirici çalışmasına ait sonuçlar Şekil 8’ de birlikte verilmiştir.



Şekil 8. Yükteki değişim için karşılaştırmalı çevirici çalışma sonuçları (The comparative converter operation results for the change of the load)

Şekil 8’ den görüldüğü üzere yük değerindeki ani artış hem önerilen kontrol kuralı destekli PI kontrolcü içeren çeviricide hem de sadece PI kontrolcü ile kontrol edilen çeviricide çıkış doğru gerilim değerinde ani artış değerine neden olmuştur. Ancak önerilen yaklaşım ile kontrol edilen çevirici mevcut referans çıkış gerilim değerine daha az aşım değeri ile daha hızlı bir cevap zamanı içinde ulaşmıştır.

Üç farklı çalışma koşulu için yapılan simülasyon sonuçlarından görüldüğü üzere, önerilen kontrol kuralı yaklaşımı PI kontrolcü içeren geri beslemeli kontrol yapısını destekleyerek yükseltici DA-DA çevirici çalışmasını etkili bir şekilde iyileştirmiştir ve klasik PI kontrolcü içeren sisteme göre daha kaliteli çıkış gerilimi elde edilmesini sağlamıştır.

4. TARTIŞMA (CONCLUSION)

Bu çalışmada, yükseltici DA-DA çevirici kontrolü için klasik PI kontrolcü içeren kontrol yapısından farklı olarak PI kontrolcüyü destekleyen açık çevrim kontrol kuralı tabanlı yeni bir kontrol sistemi önerilmiştir. Önerilen açık çevrim kontrol kuralı ile referans çıkış doğru gerilimi ve çevirici giriş gerilimine bağlı elde edilen cebirsel anahtarlama oranı ile PI kontrolcünün farklı çalışma parametrelerinde daha etkin ve kaliteli bir yükseltici DA-DA çevirici çalışması elde edilmesi amaçlanmıştır. Simülasyon olarak yapılan çalışmalardan elde edilen karşılaştırmalı sonuçlar, önerilen yaklaşımın klasik PI kontrolcü tabanlı kontrol yapısına göre çevirici çalışmasını daha da iyileştirdiğini göstermiştir.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

[1] K. C. Wu, H. H. Wu, ve C. L. Wei, “Analysis ve design of mixed-mode operation for noninverting buck-boost DC-DC converters,” IEEE Trans. Circuits ve Systems II-Express Briefs, cilt 62, no. 12, pp. 1194–1198, Dec. 2015.

- [2] V. A. K. Prabhala, P. Fajri, V. S. P. Gouribhatla, B. P. Baddipadiga, ve M. Ferdowsi, “A DC-DC converter with high voltage gain ve two input boost stages,” IEEE Trans. Power Electronics, cilt 31, no. 6, pp. 4206–4215, June 2016.
- [3] H. Zhang, M. Zhao, ve X. Wu, “Zero-current switching method for dc-dc buck converter in portable application,” Electronics Letters, cilt 51, no. 23, pp. 1913–1914, Nov. 2015.
- [4] H. Fathabadi, “Novel high efficiency DC/DC boost converter for using in photovoltaic systems,” Solar Energy, cilt 125, pp. 22–31, Feb. 2016.
- [5] T. J. An, G. C. Ahn, ve S. H. Lee, “High-efficiency low-noise pulse-width modulation DC-DC buck converter based on multi-partition switching for mobile system-on-a-chip applications,” IET Power Electronics, cilt 9, no. 3, pp. 559–567, Mar. 2016.
- [6] V. V. S. K. Bhajana ve P. Drabek, “A new non-isolated ZCS bidirectional buck-boost DC-DC converter for energy storage applications in electric vehicles,” Arabian Journal for Science ve Engineering, cilt 40, no. 12, pp. 3595–3605, Dec. 2015.
- [7] M. Hejri ve H. Mokhtari, “Hybrid predictive control of a DC-DC boost converter in both continuous ve discontinuous current modes of operation,” Optimal Control Applications ve Methods, cilt 32, no. 3, pp. 270–284, May/June 2011.
- [8] C. Y. Chan, “Analysis ve experimental study of an output feedback controller for a high-order boost dc-dc converter,” IET Power Electronics, cilt 6, no. 7, pp. 1279–1287, Aug. 2013.
- [9] H. Sira-Ramirez, “Nonlinear P-I controller design for switchmode DC-to-DC power converters,” IEEE Trans. Circuits ve Systems, cilt 38, no. 4, pp. 410–417, Apr. 1991.
- [10] M. R. Dave ve K. C. Dave, “Analysis of boost converter using PI control algorithms,” International Journal of Engineering Trends ve Technology, cilt 3, no. 2, pp. 71–73, Sept. 2014.
- [11] S. Arulselvi, G. Uma, ve M. Chidambaram, “Design of PID controller for boost converter with RHS zero,” in Proc. IPEMC, 2004, pp. 532–537.
- [12] A. Amirahmadi, M. Rafiei, K. Tehrani, G. Griva, ve I. Batarseh, “Optimum design of integer ve fractional-order PID controllers for boost converter using SPEA look-up tables,” Journal of Power Electronics, cilt 15, no. 1, pp. 160–176, Jan. 2015.

- [13] I. Yazici ve E. K. Yaylaci, “Fast ve robust voltage control of DC-DC boost converter by using fast terminal sliding mode controller,” IET Power Electronics, cilt 9, no. 1, pp. 120–125, Jan. 2016.
- [14] S. Singh, D. Fulwani, ve V. Kumar, “Robust sliding-mode control of dc/dc boost converter feeding a constant power load,” IET Power Electronics, cilt 8, no. 7, pp. 1230–1237, July 2015.
- [15] I. Yazici, “Robust voltage-mode controller for DC-DC boost converter,” IET Power Electronics, cilt 8, no. 3, pp. 342–349, Mar. 2015.
- [16] T. J. Liang, H. H. Liang, S. M. Chen, J. F. Chen, ve L. S. Yang, “Analysis, design, ve implementation of a bidirectional double-boost DC–DC converter,” IEEE Trans. Industry Applications, cilt 50, no. 6, pp. 3955–3962, Nov./Dec. 2014.
- [17] R. Silva-Ortigoza, G. Silva-Ortigoza, V. M. Hernandez-Guzman, G. Saldana-Gonzalez, M. Marcelino-Aranda, ve M. Marciano-Melcho, “Modelling, simulation ve construction of a dc/dc boost power converter: a school experimental system,” European Journal of Physics, cilt 33, no. 3, pp. 647–655, May 2012.