

Buck-Boost Dönüştürücü Tasarımı, Modellenmesi ve Kontrolü

Abuzer ÇALIŞKAN, Sencer ÜNAL, Ahmet ORHAN
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi
Fırat Üniversitesi
acaliskan@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 24.05.2017; Kabul/Accepted: 03.07.2017)

Özet

Bu makalede, da-da Buck-Boost dönüştürücü tasarımı, modellenmesi ve kontrolü incelenmiştir. Bu amaçla Buck-Boost konverterin dinamik eşitlikleri ele alınarak Matlab/simulink modeli gerçekleştirilmiştir. Farklı referans çıkış gerilim değerlerine bağlı olarak dönüştürücünün cevapları detaylı olarak incelenmiştir. Bu farklı durumlara bağlı simülasyon sonuçları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: da-da Buck-boost dönüştürücü, Matlab/Simulink modelleme

Buck-Boost Converter Design, Modeling and Control

Abstract

In this article, Buck-Boost converter design, modeling, and control have been examined. For this purpose, the Matlab / simulink model has been realized by considering the dynamic equations of the Buck-Boost converter. Depending on the different reference output voltages, the converter's responses have been examined in detail. Simulation results based on these different situations are presented.

Keywords: dc-dc Buck-boost converter, Matlab/Simulink modeling

1. Giriş

Anahtarlamalı güç kaynakları günümüzde özellikle elektrikli araçlar, yenilenebilir enerji sistemleri, bilgisayar, televizyon, cep telefonu ve birçok elektrikli ev aletlerinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Anahtarlamalı güç kaynaklarının diğer klasik güç kaynaklarına göre avantajı oldukça hafif, daha küçük ve dolayısıyla daha az yer kaplamalarıdır.

Da-da dönüştürücüler bir doğrultucu, batarya ya da güneş pilinin çıkışındaki regülesiz da gerilimi regüleli da gerileme dönüştürülmesinde kullanılan yapılardır [1].

Buck-boost dönüştürücü genel olarak izoleli ve izolesiz olarak iki farklı yapıda olabilir. Ancak izolesiz yapı daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Buck-boost dönüştürücünün çıkış gerilim değeri görev periyodunun değerine bağlı olarak giriş gerilim değerinden daha büyük ya da daha küçük olabilir. Bunun yanında çıkış geriliminin polaritesi giriş geriliminin polaritesinin tersidir.

Da-da dönüştürücüler yük ve giriş gerilimi değişse bile çıkışta sabit da çıkış gerilimi sağlamalıdır[2]. Doğrusal olmayan ve zamanla değişen yapılarından dolayı bu dönüştürücülerin kontrolü zordur [3].

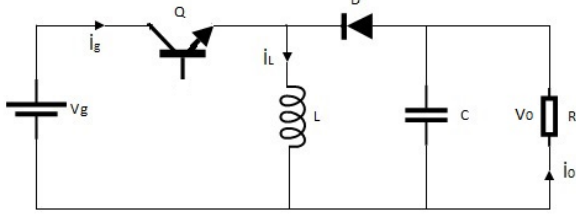
Buck-boost dönüştürücü iki farklı moda çalışabilir. Eğer indüktans akımını I_L sıfıra düşmüyorsa dönüştürücü sürekli iletim modunda çalışmaktadır. Aksi takdirde, sürekli olmayan çalışma modunda çalışmaktadır [4].

Buck-boost dönüştürücülerin verimi yüksektir. Çıkışa kısa devre koruması yerleştirmek kolaydır. Ancak giriş akımı kesiklidir ve Q anahtarından yüksek tepe akımları akar [5].

Tek yarı iletken anahtardan oluşan buck-boost dönüştürücü devresi kullanmak devreyi daha basit ve kompakt yapar. Aynı zamanda görev periyodu ayarlanarak istenen çıkış gerilimi elde edilebilir [6].

2. Buck-Boost Dönüştürücü

Buck-boost dönüştürücüye ait devre şeması Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Buck-boost dönüştürücü devresi

Buck-boost devresini analiz etmek için Q anahtarının iletimde olduğu (Q_{on}) ve Q anahtarının kesimde olduğu (Q_{off}) iki durumu göz önüne almak gerekir.

Anahtarın görev periyodu d ise;

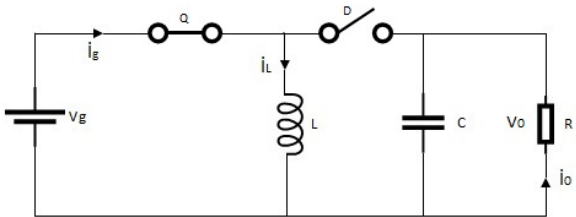
$$d = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{T_s} \quad (1)$$

Burada t_{on} ve t_{off} sırasıyla anahtarın iletimde ve kesimde kalma süreleridir. T_s ise anahtarlama periyodudur.

İdeal koşullarda konverterin çıkış gerilimi;

$$V_o = \frac{d}{1-d} * V_g$$

olarak değişir. Burada d görev periyodu 0-1 aralığında değişir. Farklı d değerleri için farklı çıkış gerilim değerleri elde edilebilir. Çıkış gerilimi; $d < 0.5$ ise buck (düşürücü), $d > 0.5$ olursa boost (yükseltici) olur. Buck-Boost dönüştürücünün çıkışı biraz fazla dalgalı olduğundan akım da kesintilidir [7].



Şekil 2. Buck-boost dönüştürücü devresinde Q anahtarın iletimde olma durumu

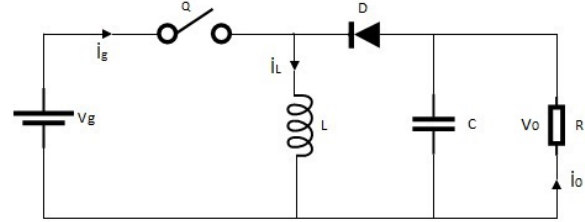
Anahtar iletimde iken (Q_{on}) Şekil 2’deki durum oluşacaktır. Bu durumda Q anahtarı iletimdedir, D diyodu ise ters gerilime maruz kaldığı için kesimdedir. Giriş kaynak akımı Q anahtarı ve indüktans üzerinden artarak akar.

Bu durumda;

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_g}{L} \quad (2)$$

$$\frac{dV_C}{dt} = -\frac{V_o}{RC} \quad (3)$$

Anahtar kesimde iken (Q_{off}) Şekil 3’deki durum oluşacaktır. Bu durumda Q anahtarı kesimdedir. İndüktanstan akan akım C, D ve yük üzerinden akar. İndüktansta depolanan enerji bu şekilde yüke aktarılmış olur.



Şekil 3. Buck-boost dönüştürücü devresinde Q anahtarın kesimde olma durumu

Bu durumda;

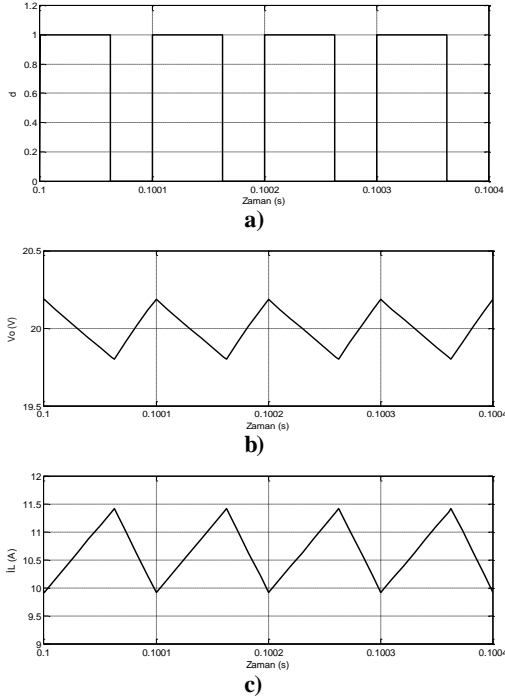
$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_C}{L} \quad (4)$$

$$\frac{dV_C}{dt} = -\frac{i_L}{C} - \frac{V_C}{RC} \quad (5)$$

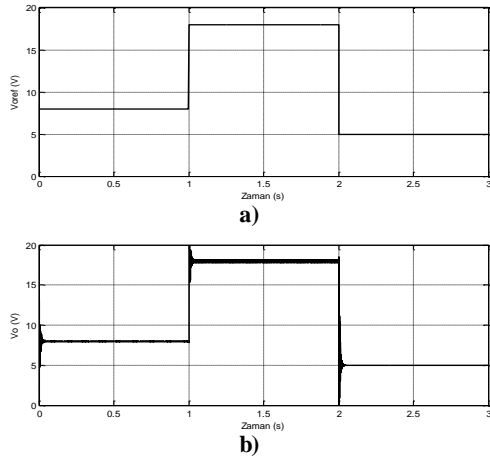
Denklem (2-5) arasındaki eşitlikler görev periyodu göz önüne alınarak birleştirilirse aşağıdaki eşitlikler elde edilebilir.

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_g}{L} \cdot d + \frac{V_C}{L} \cdot (1-d) \quad (6)$$

$$\frac{dV_C}{dt} = -(1-d) \cdot \frac{i_L}{C} - \frac{V_C}{RC} \quad (7)$$



Şekil 6. Buck-boost dönüştürücüde $V_{ref}=20$ V için
a) Görev periyodunun zamana göre değişimi
b) Çıkış gerilimin zamana göre değişimi
c) İndüktans akımının değişimi



Şekil 7. Buck-boost dönüştürücüde farklı V_{ref} için
a) Referans gerilimin zamana göre değişimi
b) Çıkış gerilimin zamana göre değişimi

6. Sonuçlar

Bu çalışmada da-da Buck-Boost dönüştürücü tasarımı, modellenmesi ve kontrolü incelenmiştir. Farklı referans gerilimlere göre istenen çıkış gerilimini sağlayan kontrollü da-da Buck-Boost dönüştürücünün Matlab/Simulink modeli gerçekleştirilmiş ve bu duruma ilişkin sonuçlar detaylı olarak sunulmuştur.

7. Kaynaklar

1. D. Abhinav and Kanchan Pal. "Design of Buck-Boost Converter for Constant Voltage Applications and Its Transient Response Due To Parametric Variation of PI Controller.", International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology 3.6 , 2014.
2. H. Güldemir, "Modeling and Sliding Mode Control of Dc-Dc Buck-Boost Converter", 6. International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 475-480, 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.
3. S. Buso, "Design of Robust Voltage Controller for a Buck-Boost Converter Using μ -Synthesis", IEEE Transactions on Control Systems Technology. 7(2): 222–229, 1999.
4. M. J. P. Garcia, G. Gutierrez, J. E. Normey-Rico, C. de Prada, "Integrated Design & Control of a Buck Boost Converter", Revista Controle & Automação, 20(3):, 2009.
5. M. H. Rashid, "Power Electronics Devices, Circuits and Applications", Pearson Education, 2014.
6. S. Subhajit, T. Tanya, D. Vijayakumar, "Design and simulation of speed controller using ac-dc buck boost converter for dc motor drive with soft starter", 978-1-4673-6150-7/13/\$31.00, 2013 IEEE
7. J. Chen, and Y. J. Bao. "Characteristics analysis and comparison of buck boost circuit and Cuk circuit." Power Electronics Systems and Applications (PESA), 2013 5th International Conference on. IEEE, 2013.