

Kısmi Güç İle Düzenleme Yapan Yeni Bir DA/DA Dönüştürücü Tasarımı

Hüseyin KÖSE^{1,2}, M. Timur AYDEMİR²

¹O.E.S. Ltd. Şti. ANKARA

huseyinkose@gess.com.tr

²Gazi Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Böl.

aydemirmt@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 23.03.2018; Kabul/Accepted: 03.09.2018)

Özet

Kısmi güç işleyen dönüştürücüler son dönemlerde batarya şarj devreleri, güneş enerjisi sistemleri ve uydu güç sistemleri için önerilmektedir. Bu devrelerin üstünlüğü, tam güç yerine kısmi güç kullanarak sistem verimini yükseltmek, daha küçük anma değerli yarıiletkenler kullanmak ve maliyeti düşürmektir. Literatürde bu amaçla önerilmiş çeşitli yapılar bulunmakla birlikte, hem yükseltme hem de düşürme işlevini bir arada yerine getirebilen örneklere pek rastlanmamaktadır. Bu çalışmada, yükseltme ve düşürme işlemini birlikte gerçekleştirebilecek bir yapı önerilmektedir. Önerilen yapının MATLAB SIMULINK ortamında gerçekleştirilen benzetimi olumlu sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: DA-DA regülatör; Kısmi güç işleyen DA-DA dönüştürücüler; Yükselten-düşüren DA-DA dönüştürücü.

A New Partial Power Processing DC-DC Converter Design

Abstract

Partial power processing converters have been recently proposed for battery charge regulators, solar power systems and satellite power systems. The advantage of these systems are increased efficiency, reduced semiconductor ratings and reduced cost due to using only part of the power in state of the full power. There are several topologies suggested in the literature but it is not common to see converters with step down and step up capabilities at the same time. In this paper a converter structure which can provide both step-up and step-down capabilities is proposed. Results obtained by MATLAB SIMULON simulation prove the operation concept.

Keywords: DC-DC regulator; Partial power processing DC-DC converters; Step up-down converter

1. Giriş

Tam güç yerine kısmi güç işleyen DA-DA dönüştürücüler son dönemlerde batarya dengeleme ve yenilenebilir enerji uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır [1, 2, 3, 4]. Tam güç yerine kısmi güç kullanımı maliyeti daha düşük, sistem verimi daha yüksek, yarıiletkenlerinin anma değerleri daha düşük güç kaynaklarının elde edilmesini sağlar. Burada sözü edilen yeni bir dönüştürücü topolojisi olmayıp, mevcut topolojilerin kaynakla yük arasında farklı biçimlerde bağlanmasıdır.

Günümüzde akü şarj redresörü firmalar ürettikleri yüksek güçlü redresörlerde regüle edilmiş yük gerilimi elde edebilmek amacıyla, akü hattı ve yük arasında çok verimsiz olan

kademeli diyotlu düşürücü modüller kullanılmaktadırlar. Bu modüller güç kaybı açısından verimsiz oldukları için çok fazla ısı açığa çıkarır ve bu nedenle büyük alüminyum soğutucu ve fanlarla desteklenirler. Kısmi güç işleyen DA-DA dönüştürücüler bu uygulamalar için ideal bir seçenek oluşturmaktadır. Ancak literatür incelendiğinde, önerilen devrelerin ya yalnızca yükseltme ya da yalnızca düşürme işlemi yapabildiği görülmektedir[5]. Bu çalışmada ise her iki yönde de düzeltme yapabilen bir dönüştürücü yapısı önerilmektedir. Önerilen topoloji ve yöntem bu tip uygulamalar için ve yüksek güçlü DA-DA regülatör uygulamaları için etkili bir çözüm sunmaktadır.

2. DA/DA Kısmi Güç Dönüştürücüleri

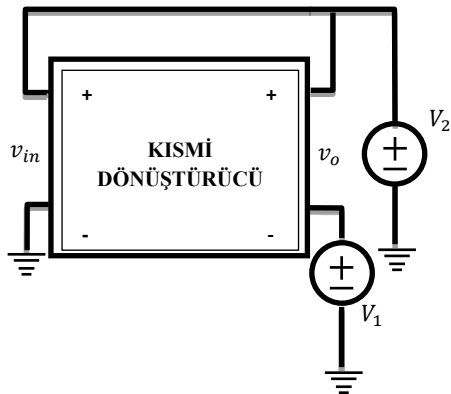
Şekil 1’de tam gücü işleyen normal bir DA-DA dönüştürücü yapısı gösterilmektedir.



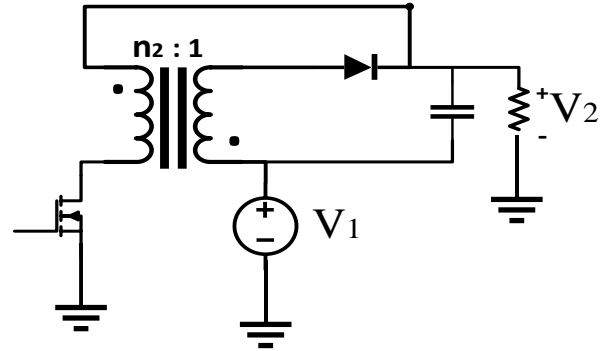
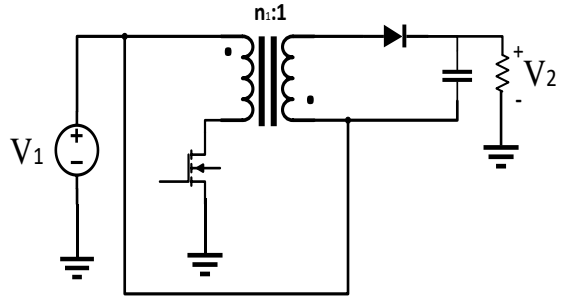
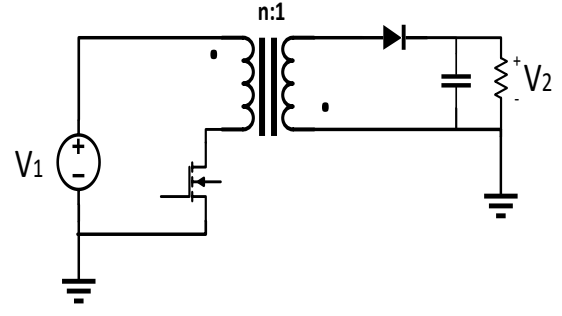
Şekil1. Tam güç işleyen dönüştürücü yapısı

Şekil 2’de ise kısmi güç işleyen iki farklı yapı gösterilmektedir. Şekilde, kaynak ve yük gerilimleri V_1 ve V_2 , giriş ve çıkış gerilimleri ise v_{in} ve v_o ile gösterilmiştir.

Tam güç işleyen DA-DA dönüştürücüler düzeltme yetenekleri, anahtar stresleri ve verimleri açısından kısmi güç işleyen DA-DA dönüştürücülere göre daha üstündür [1]. Kısmi güç dönüşümü yapan dönüştürücülerde kayıplar tam güçtekilerin %80’ine kadar düşebilmektedir. Bu makalede incelenen dönüştürücü yapıları Şekil 3’te verilmektedir.

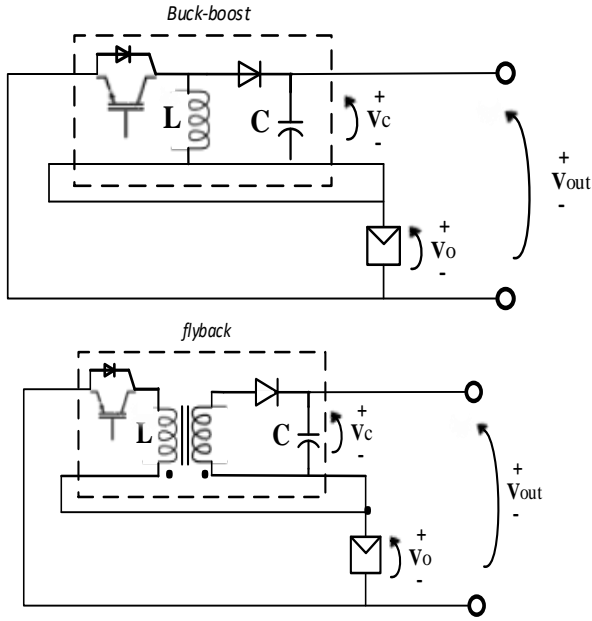


Şekil 2. Kısmi güç işleyen DA-DA dönüştürücü yapıları



Şekil 3. Tam güç ve kısmi güç işleyen flyback topolojiler[1]

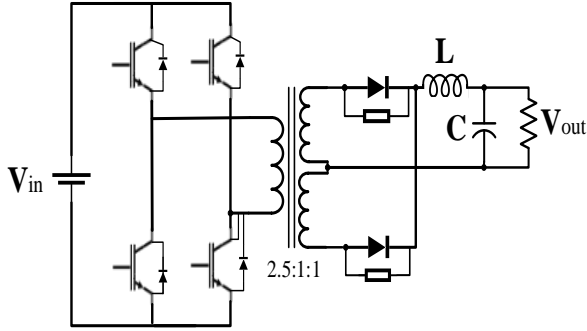
Kısmi güç işleme kavramının en güzel uygulamalarından biri güneş enerjisi sistemleridir [5]. Bu makalede fotovoltaik sistemler için geliştirilmiş kısmi güç işleme kavramı matematiksel olarak incelemiş ve önerilen yöntem ile geleneksel yükseltendönüştürücüler verim açısından kıyaslanmıştır. Şekil 4’te makalede incelenen yapılar gösterilmektedir.



Şekil 4. Kısmi güç işleyen topolojiler[5]

3. Batarya Şarj Redresörlerinde Kullanılan Klasik Yapı

Batarya şarj redresörü uygulamalarında kullanılabilen klasik orta uçlu DA-DA dönüştürücü devresi Şekil 5'te gösterilmektedir. Devreye seri bağlı diyotlardan da anlaşılacağı üzere transformatördaki enerji akışı tek yönlüdür.



Şekil 5. Klasik orta uçlu da/da dönüştürücü devresi.

Örnek olarak girişi 180 V DA ve çıkışı 220 V DA, 100 A bir dönüştürücü tasarlanacak olursa, kullanılması gereken elemanlar aşağıdaki gibi olacaktır:

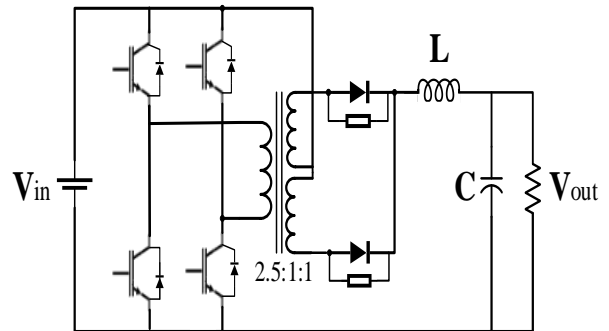
- 180 V DA/220 V DA – 125 A/100 A bir yüksek frekans çekirdekli transformatör
- 4 adet 125 A IGBT
- 2 adet 100 A hızlı diyot,

- Uygun tasarlanmış L/C süzgeç.

Ekleme işleminin de yapılabileceği klasik bir dönüştürücü yapısı ise Şekil 6'da verilmektedir. Regülatör devresi olarak adlandırılmadığı temel sebep enerjinin tamamını dönüştürmek yerine sadece ihtiyaç olan enerjiyi fazladan ekleme yoluna gitmesidir. Örneğin, giriş gerilimi 180 V DA olduğu bir durumda çıkışta 220V A/100A elde etmenin iki yolu vardır.

1. 180 V girişi 220 V çıkışı olan 100 A kapasiteli bir DA-DA dönüştürücü tasarlamak.

- Transformatörün sarım oranı 1/1.25 gibi bir oran olacaktır.
- Primerde kullanılan yarıiletkenler ve sekonderde bulunan hızlı diyotlar 100 A'e göre seçilecektir.
- Transformatörün primer ve sekonder gerilimleri 220 V DA'ya göre tasarlanacağından, tasarlanacak transformatör büyük olacaktır. Burada sarılacak iletkenin 100 A taşıyacak kesitte olduğunda dikkate alınırsa oluşacak büyüklük tahmin edilebilir.
- Yüksek frekanslı ferritlerin pencere küçüklüğü dikkate alınacak olursa bu büyüklükte bir transformatörün yapılma zorluğu anlaşılabilir.



Şekil 6. Klasik da/da dönüştürücü bağlantı yardımıyla oluşturulan ekleme yapabilen regülatör devresi.

2. 180 V DA giriş kaynağına ihtiyaç olan 40 V DA ekleme yaparak çıkışa 220 V DA/100 A olarak aktaran regülatör devresi tasarlamak.

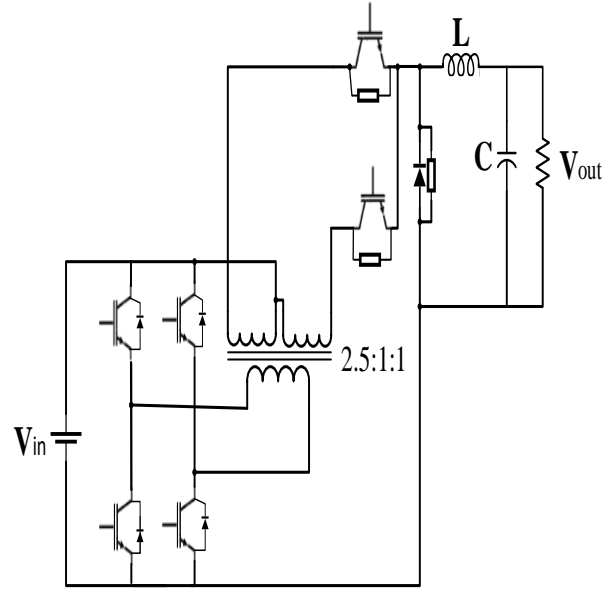
- Burada transformatör Sarım oranı $2.5/1(180/40)$ gibi bir oran olacaktır.
- Transformatör primer gerilimi ve sarım sayısı aynıdır fakat primer akımı $100/2.5=40$ A olacağından transformatör primer gücü ve boyutu $1/(2.5)$ oranında düşük olacaktır.
- Transformatör sekonder gerilimi $1/(2.5)$ oranında düşük olacaktır. Transformatör sekonder akımı yine 100 A olacaktır. Yani sekonder gücü ve boyutu $1/(2.5)$ oranında düşük olacaktır.
- Gücü ve boyutu $1/(2.5)$ oranında düşük olan bir transformatör ihtiyacı olacaktır.
- Primer akımı 40 A olacağından primerde kullanılan 4 adet yarıiletkenin akım değeri $1/(2.5)$ oranında düşük olacaktır.
- Sekonderde kullanılan hızlı diyotlar aynı olacaktır.
- Yüksek frekanslı ferritler ile, $1/(2.5)$ oranında bir transformatörün yapılması daha kolay olacaktır. Bu sayede daha yüksek akımlarda transformatör tasarımı mümkün hale gelecek ve daha yüksek güçlerde DA-DA regülatör tasarımı mümkün olacaktır.

Görüldüğü üzere ikinci yol ile tasarım yapmak daha kolay ve mümkün hale gelmektedir. Üstelik transformatör, yarıiletken (IGBT) kayıpları dikkate alınacak olursa verimde artış olacağı açıkça görünmektedir. Fakat ikinci devre sadece ekleme yapmak üzere tasarlanmış bir devredir.

Batarya şarj redresörlerinde yaygın olarak karşılaşılan durum şarj geriliminin 260 V, deşarj sonu geriliminin 180 V, çıkışta istenen gerilimin ise $220 \text{ V} \pm \%1-2$ olmasıdır. Dolayısıyla, giriş gerilimini gerektiğinde yükseltecek ve gerektiğinde düşürebilecek bir yapıya ihtiyaç vardır. Bir sonraki bölümde kısmi güç kullanarak bu işlemi gerçekleştirebilecek bir yapı önerilmektedir.

4. Önerilen Yöntem Ve Yeni Topoloji

Bu çalışmada önerilen kısmi güç işleyen dönüştürücü yapısı Şekil 7'de gösterilmektedir.



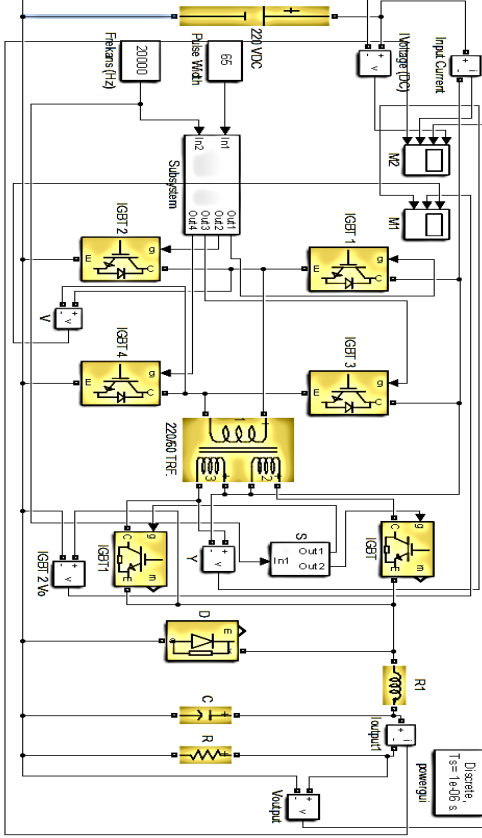
Şekil 7. Önerilen ekleme ve çıkarma yapabilen regülatör devresi.

Görüldüğü üzere devre Şekil 6'da bulunan devreye benzemektedir sadece hızlı diyotlar IGBT'ler ile değiştirilmiş ve bir boşluk diyotu eklenmiştir. Önerilen devre özel anahtarlama algoritmaları ve kontrol teknikleri gerektirmektedir. Sekonderde bulunan anahtarların anahtarlama enerjisinin yönüne göre değişmektedir. Burada önemli olan transformatör sekonderinin boşluksuz bir şekilde sürekli ve simetrik olarak anahtarlama ihtiyacıdır. Aksi takdirde çok büyük gerilim sıçramaları olacaktır. Sıfır geçiş zamanlarında ihtiyaç duyulan ölü bölgelerde bunu engellemek için boşluk diyotu eklenmiştir. Bu devrede transformatör akım transformatörü mantığı ile kullanılmaktadır. Böylece DA akımı AA akıma dönüştürerek iki yönlü aktarımı mümkün hale gelmektedir.

- Giriş gerilimi 180 V iken 40 V DA ekleme yaparak çıkış gerilimi 220 V DA elde edilir. Eklenen güç sadece $40 \text{ V} \times 100 \text{ A} = 400 \text{ W}$ olacaktır.
- Giriş gerilimi 260 V DA iken 40 V DA çıkarma yaparak çıkış gerilimi 220 V DA elde edilir. Çıkartılan güç sadece $40 \text{ V} \times 100 \text{ A} = 400 \text{ W}$ olacaktır.

5. Benzetim Çalışması Sonuçları

Önerilen devrenin Matlab Simulink benzetim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kullanılan devre yapısı Şekil 8’de gösterilmektedir.



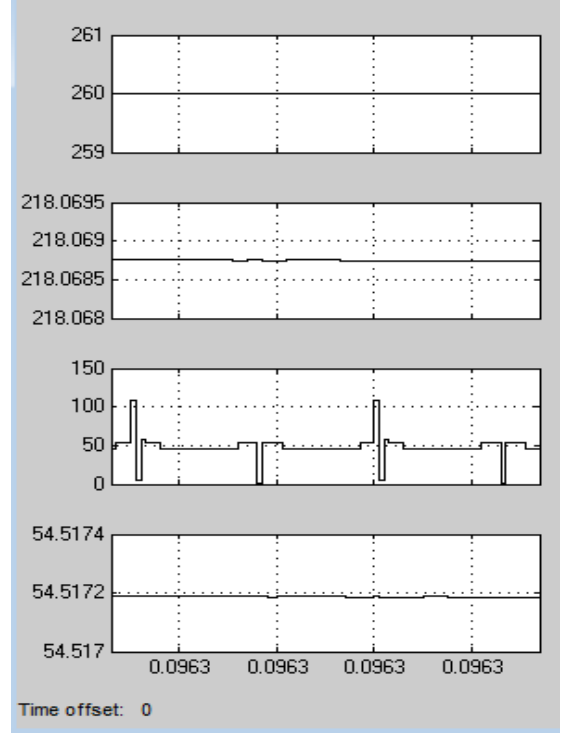
Şekil 8. Önerilen ekleme ve çıkarma yapabilen regülatör devresi Simulink benzetimi

Durum1: Çıkarma bölgesi çalışma deneyi; giriş 260 V, çıkış 260 V-40 V=220 V DA, yük 4 Ω. Sonuçlar Şekil 9 ve Şekil 10’da verilmektedir.

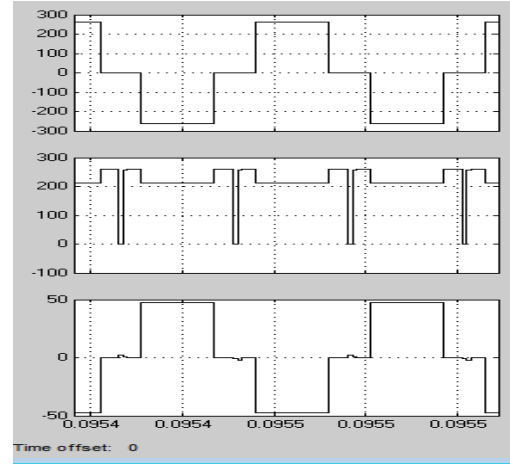
Durum2: Ekleme bölgesi çalışma deneyi; giriş 180 V DA, çıkış 180 V+40 V=220 V DA, yük 4 Ω. Sonuçlar Şekil 11 ve Şekil 12’de verilmektedir.

Durum1 ve durum2 için gerçekleştirilen benzetim çalışmalarına ait sonuçlar aşağıda verilmiştir. Ölçümlerde giriş gerilimi, giriş akımı, çıkış gerilimi, çıkış akımı görülebilmektedir. Ayrıca transformatördeki enerji akışını, akım ve gerilim değişimlerini görebilmek amacı ile primer

gerilimi, sekonder gerilimi ve doğrultulmuş gerilim ölçümleri de verilmiştir.



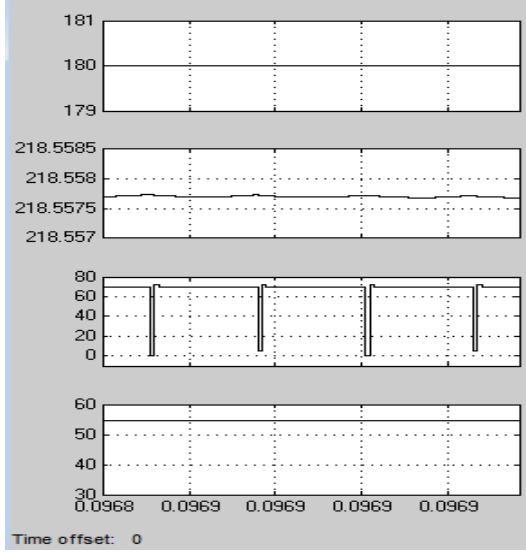
Şekil 9. Düşürme bölgesinde çalışma. (Yukarıdan aşağıya: Giriş gerilimi, çıkış gerilimi, giriş akımı, çıkış akımı)



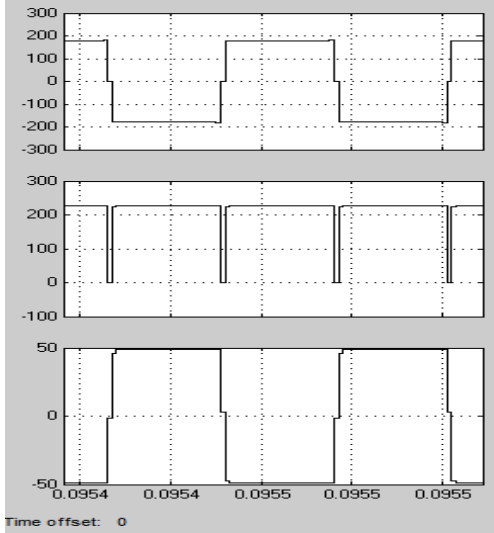
Şekil 10. Düşürme bölgesinde çalışma. (Yukarıdan aşağıya: Primer gerilimi, doğrultulmuş gerilim, sekonder gerilimi)

Şekil 9 ve Şekil 10’da görüldüğü üzere 260 volt olan giriş gerilimi dönüştürücü sayesinde 218 volt D.A. gerilime düşürülmüştür. Bunu gerçekleştirmek için giriş gerilimine seri olarak -40v bir gerilim eklenmesi yapılmıştır. Doğrultulmuş gerilimde sıfıra giden bölgeler

pozitif ve negatif alternans geçişlerindeki serbest döngü ölü bölgelerini göstermektedir.



Şekil 11. Ekleme bölgesinde çalışma. (Yukarıdan aşağıya: Giriş gerilimi, çıkış gerilimi, giriş akımı, çıkış akımı)



Şekil 12. Ekleme bölgesinde çalışma. (Yukarıdan aşağıya: Primer gerilimi, doğrultulmuş gerilim, sekonder gerilimi)

Şekil 11 ve Şekil 12’de görüldüğü üzere 180 volt olan giriş gerilimi dönüştürücü sayesinde 218 volt D.A. gerilime yükseltilmiştir. Bunu

gerçekleştirmek için giriş gerilimine seri olarak +40v bir gerilim eklemesi yapılmıştır. Doğrultulmuş gerilimde sıfıra giden bölgeler pozitif ve negatif alternans geçişlerindeki serbest döngü ölü bölgelerini göstermektedir.

6. Sonuç

Kısmi güç kullanarak düzeltme yapan DA-DA dönüştürücüleri son yıllarda batarya şarj devreleri ve güneş enerjisi sistemleri için kullanılmaya başlanmıştır. Ancak literatürde önerilen devreler genel olarak yalnızca düşürme veya yükseltme yapabilmektedir. Bu bildiride her iki yönde de düzeltme yapabilen bir yapı önerilmektedir. Önerilen devrenin çalıştığı MATLAB Simulink kullanılarak gösterilmiştir.

7. Kaynaklar

1. Junjian Zhao; Yeates, K.; Yehui Han, "Analysis of high efficiency DA-DA converter processing partial input/output power," *IEEE 14th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL)*, 2013, vol., no., pp.1,8, 23-26 June 2013.
2. H. Zhou, J. Zhao, and Y. Han, "PV balancers: concept, architectures, and realization", *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)* 2012, pp. 3749-3755.
3. M. Kasper, D. Bortis, T. Friedli, and J. W. Kolar, "Classification and comparative evaluation of PV panel integrated DC-DC converter concepts." In *Power Electronics and Motion Control Conference (ECCE)*, 2012 15th International (pp. LS1e-4). IEEE.
4. P. S. Shenoy, B. Johnson, and P. Krein, "Differential power processing architecture for increased energy production and reliability of photovoltaic system", *Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)* 2012, pp.1987-1994
5. Jonatan Rafael Rakoski Zientarski, José Renes Pinheiro, Mário Lúcio da Silva Martins, Hélio Leães Hey, "Understanding The Partial Power Processing Concept: A Case Study Of Buck-Boost DA-DA Series Regulator" *IEEE 13th Brazilian Power Electronics Conference and 1st Southern Power Electronics Conference (COBEP/SPEC)*, 2015, vol., no., pp.1,6, 2015.