

Gerçek bir PV Sistem için Akü Şarj Devresi Tasarımı

Ayetül GELEN^{1*}, Mehdi AYIK¹

¹Elektrik Elektronik Mühendisliği, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye

*Sorumlu yazar: ayetul.gelen@btu.edu.tr

Özet – Fotovoltaik piller; güneş ışınlarını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken malzemelerdir. Fotovoltaik sistemler; güneş panelleri, şarj kontrol cihazları, güç elektroniği dönüştürücüleri ve enerji depolama elemanlarından oluşmaktadır. Güneş enerjisi kesikli bir enerji olduğundan dolayı ışımanın olmadığı zamanlarda yükün enerji talebini karşılayabilmek için akü vb. enerji depolama elemanları kullanılmalıdır. Aküler ise sabit bir gerilimle beslenmelidir. Bu çalışmada, tasarlanacak şarj devresinin performansını araştırmak için laboratuvardaki 21 V açık devre gerilimine ve 0.22 A kısa devre akımına sahip PV panel ve 12 V'luk akü kullanılmıştır. PV panelin çıkış gerilimini, parametrelerine uygun şekilde aküyü şarj edebilecek regüleli bir değere dönüştürmek için mikroişlemci ile sürülen, MOSFET'li, DC-DC düşürücü konvertör tasarlanmıştır. Gölgeleme vb. etkenler de dikkate alınarak, ortalama 18 V'luk PV panel çıkış gerilimi ve 0.72'lik görev sayıklı için konvertör parametreleri 133 mH ve 10000 µF olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre devre çizim programında devre simüle edilerek farklı yük değerlerine göre performansı incelenmiş ve doğrulanmıştır. Tasarımı yapılan devre ile başlangıç gerilimi 9.5 V olan akü gerilimi; 15 dakikalık şarj sonunda 10.6 V'a, 30 dakikalık şarj sonunda ise 11.03 V'a dolmuştur. Sonuç olarak; simülasyonda doğrulanarak devresi gerçekleştirilen DC-DC konvertör ile PV temelli sistemde akü şarjı güvenli bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Akü şarjı, DC-DC düşürücü konvertör, PV sistem, Yenilenebilir enerji, Deneysel çalışma

I. GİRİŞ

Güneş enerjisi kesikli bir enerji türü olup fotovoltaik piller (PV) vasıtasıyla doğrudan elektrik enerjine dönüştürülebilmektedir. Gece veya kapalı havalarda yetersiz aydınlanma nedeniyle PV'ler yük tarafından talep edilen elektrik enerjisini yeterli miktarda sağlayamamaktadır. Bu sebeple; bu tür durumlarda enerji arzının devamı için normal çalışma durumlarında, üzerinde elektrik enerjisi depolayabilen akü, batarya vb. elemanlar kullanılmalıdır [1], [2]. Aküler elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depo edebilen, ihtiyaç duyulduğunda depoladığı enerjiyi elektrik enerjisi olarak çıkışına aktarabilen cihazlardır. En sık kullanılan standart akü gerilimi 12 V'tur. Ancak güneş panellerinin açık devre gerilimleri ara devrelerdeki kayıpları karşılamak, gerilim dengesizliklerinde yeterli genlikte çıkış sağlayabilmek vb. nedenlerle 12 V'tan daha yüksek bir değer verecek şekilde düzenlenirler [2], [3].

Güneş panellerinin değişken çıkış gerilimi regüle edilmeden aküye besleme yapılırsa aşırı yüklenmeye neden olarak akünün kullanım ömrünü azaltacaktır. Bunları önlemek adına sabit gerilimli besleme için şarj devreleri kullanılır. Şarj devreleri aynı zamanda akü şarj olduğu zaman sisteme enerji aktarımının kesilmesini sağlarlar. Bu iki temel özellik sayesinde akülerin güvenli bir şekilde kullanımı sağlanmaktadır [4].

Yapılan bir çalışmada Pspice'ta simülasyon ve deneysel olarak bir PV sistem için şarj kontrol devresi tasarlanmıştır. DC-DC düşürücü konvertörü işlemci olarak PIC kontrol etmektedir [3]. Sansare vd. [5] PV sistem için Matlab ortamında MOSFET kullanarak oluşturulan DC-DC yükseltici konvertörü PWM tekniği ile kurşun-asit batarya şarjını incelemiştir. İşlemci olarak PIC kullanılmış olup sadece simülasyon sonuçları verilmiştir. Çalışmanın

sonucunda kullanılan bataryanın özelliklerine uygun bir şarj prosedürünün başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Diğer bir çalışmada ise PV sistemlerdeki kurşun-asit bataryaların şarjı için "akım ayna devresi" kullanılmıştır. Bu devre, sabit gerilim altında bataryanın hızlı şarjı esnasında yüksek değerli akım taşıyabilmek için tasarlanmıştır. Simülasyonlar Multisim'de yapılmış olup deneysel çalışmalar ile doğrulanmıştır [6]. Yine PV içeren bir sistemdeki kurşun-asit bataryanın şarjı için "toplu şarj modunda" maksimum güç noktası izleme algoritması ve denetleyici olarak ta Atmega328 kullanılmıştır. PV tabanlı akü şarj cihazı sadece deneysel olarak DC-DC düşürücü konvertör ile gerçekleştirilerek gerçek zamanlı senaryoda test edilmiştir [7].

Fotovoltaik sistemler; güneş panelleri, şarj kontrol cihazları, güç elektroniği dönüştürücüleri ve enerji depolama elemanlarından oluşmaktadır [4]. Bu çalışmada, bir PV güç sisteminde gerçek bir sistemin parametrelerine bağlı kalınarak PSim ortamında DC-DC düşürücü konvertör modellenmiş ve deneysel çalışmaları gerçekleştirilmiştir. denetleyici olarak Arduino platformu kullanılmış olup kontrol tekniği olarak sabit gerilim modunda PWM tercih edilmiştir. Elde edilen sonuçlar özellikle PV çıkış gerilimindeki değişimlerin konvertör çıkış katında meydana getirdiği kısıtlamaları göz önüne sermiştir.

II. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmanın motivasyonu bölüm laboratuvarında bulunan ve şarj devresi problemleri olan güneş enerjisi seti için uygun bir devre tasarlamaktır. Doğal olarak set içerisindeki güneş panelinin özellikleri; belirleyici hususlar oluşturmuştur. Kullanılan panelin teknik özellikleri; gücü 10 W, açık devre gerilim 21 V ve kısa devre akımı 120 mA

şeklinde olup 2 adettir. Güneş ışığını taklit etmek için açılabilir 1000 W'lık projektör kullanılmıştır. PV panel ve projektörün görseli Şekil 1'de verilmiştir [8].



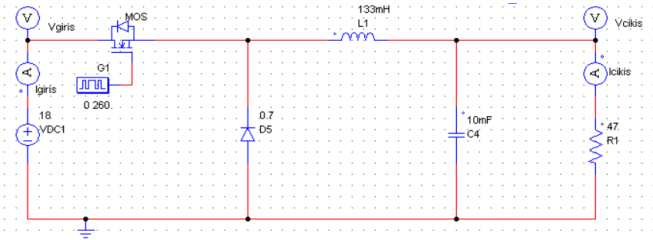
Şekil 1 Güneş paneli ve projektör [8]

PV panelden elde edilecek gerilim ile 12 V'luk akü şarj edilecektir. Panel çıkış açık devre gerilimi yük altında 21 V'un altına inmektedir. Bu sebeple; PV panel çıkış gerilimi ortalama 18 V olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre mevcut sistemin çalışabilmesi için ortalama 18 V'u 12 V'luk akü gerilimine regüleli bir şekilde dönüştürmek için güç elektroniği dönüştürücülerinden DC-DC düşürücü konvertör tasarlanmıştır. Ancak uygulama esnasındaki kablo vb. üzerinde harcanacak güçler de dikkate alınarak konvertör çıkışı 13 V olarak ayarlanmıştır. Bu konvertörlerin kontrol parametresi eşitlik 2.1 ile tanımlanmaktadır. λ ; konvertör bünyesindeki statik anahtarın tetikleme zamanlarını ifade eden denetleyici parametresidir. t_{on} ; statik anahtarın iletimde kalma süresi olup T ise toplam periyottur [9].

$$\lambda = \frac{t_{on}}{T} = \frac{V_{çıkış}}{V_{giriş}} = \frac{I_{giriş}}{I_{çıkış}} \quad (2.1)$$

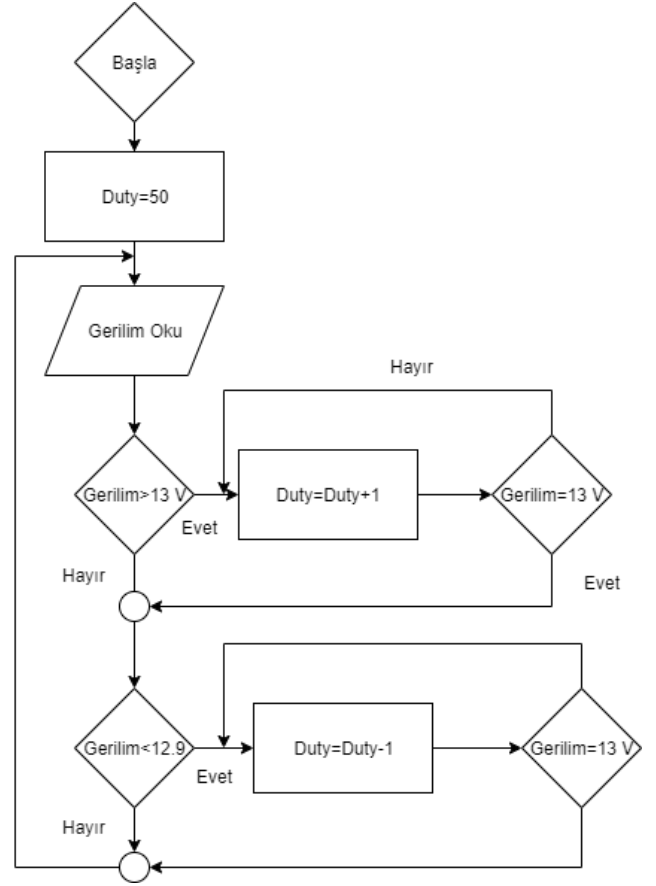
DC-DC düşürücü konvertör devre için yapılan hesaplamalar aşağıdaki şekildedir. Eşitlik 1'e göre;

$\lambda = \frac{13 V}{18 V} = \% 72$ olarak bulunur. Güneş panelleri paralel bağlanarak akım değeri artırılmıştır. Panel çıkış akımı ortalama 200 mA olduğuna göre konvertörün çıkış akım değeri de yaklaşık 278 mA olarak bulunur. Çıkış katındaki direnç değeri ohm kanunundan $R=V/I=13/(277 \text{ mA}) = 47 \Omega$ 'dur. Sürekli akım modunda çalışacak olan konvertörün indüktör ve kondansatör değerleri sırasıyla 133 mH ve 10000 μF 'tır. Bu değerlere göre bilgisayar ortamında analiz edilen devre Şekil 2'de verilmiştir.



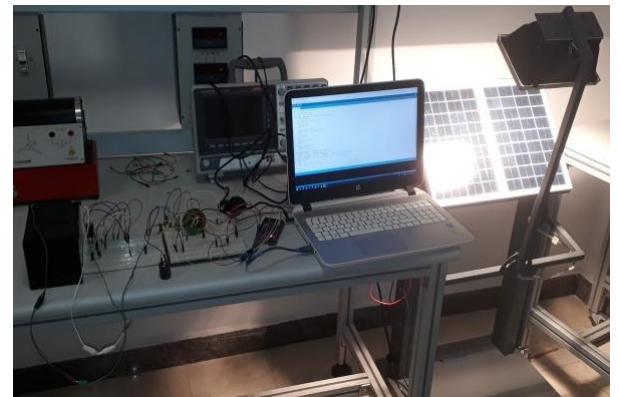
Şekil 2 DC-DC düşürücü konvertör

Şarj devresinin kontrolü PWM tekniği ile yapılarak üretilen akım sabit tutulmuştur. Konvertör çıkış gerilimi akünün gerilim değerine eşitlendiğinde de akım kesilmektedir. Sistemin çalışma algoritması da Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3 Algoritma

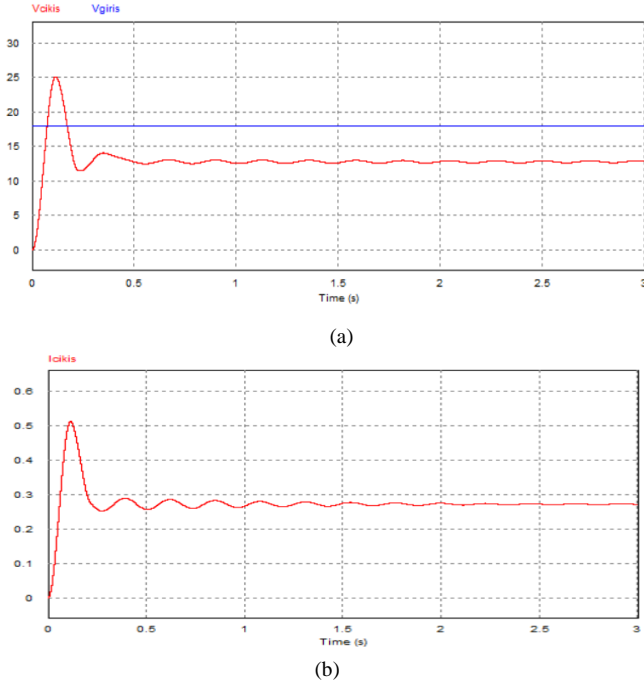
Son olarak Şekil 4'te verilen laboratuvar ortamında tüm sistem kurularak deneysel sonuçlar elde edilmiştir. Bobin için kullanılan toroid ferrit malzemeden yapılmış ve R49x32x19 (mm) değerlerine sahip olup 133 mH değeri 0,55 kesitteki bakır tel ile 98 sarım yapılarak elde edilmiştir. FET olarak IRFZ44N n-kanal güç MOSFET'i, sürücü olarak TC4427 entegresi ve diyot olarak da 1N4007 kullanılmıştır. Sürücü ile işlemci arasındaki izolasyon için transistör çıkışlı optokuplör olan CNY17 tercih edilmiştir.



Şekil 4 Sistem prototipi

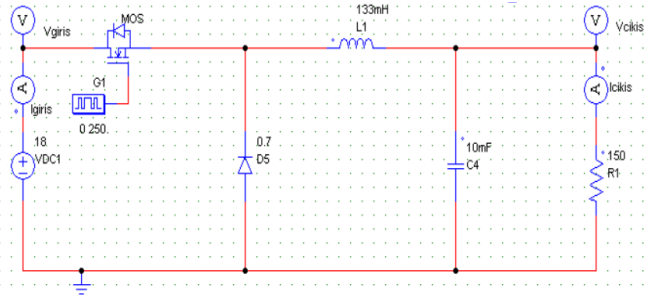
III. BULGULAR

İlk olarak Şekil 2'deki devreye ait çıkış gerilimi ve çıkış akımı grafikleri sırasıyla Şekil 5.a ve 5.b'de gösterilmiştir. Şekillerden de görüldüğü üzere hesaplanan değerler elde edilmiştir.

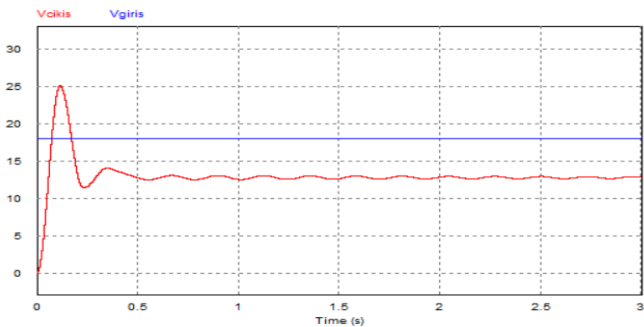


Şekil 5 (a) Giriş ve çıkış gerilimi (b) Çıkış akımı

Devreyi gerçekleştirirken PV'nin enerji vermeye başlaması ile birlikte 47Ω 'luk direncin PV çıkış gerilimini 13 V 'ta sınırladığı görülmüştür. Direnç değeri PV çıkış gerilimini $18\text{-}19 \text{ V}$ 'a yükselene kadar artırılarak yeni değer 150Ω (wattlı direnç) olarak elde edilmiştir. Bu güncellemeye göre devre ve simülasyon sonuçları ise sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir. Konvertörün giriş ve çıkış gerilimleri olması gereken duruma gelmiştir. Ancak bu durumda da doğal olarak çıkış akımı azalmıştır. Bu durum şarj işleminin hızlı olmamasını da beraberinde getirecektir.



Şekil 6 Güncellenmiş DC-DC düşürücü konvertör



Şekil 7 Giriş ve çıkış gerilimi

Devrenin son haliyle 13.2 V 'luk gerilim ve 90 mA 'lık akım ile akü beslendiğinde 9.5 V olan akünün başlangıç

gerilimi 15 dakika sonra 10.6 V , 30 dakika sonra 11.03 V olarak ölçülmüştür.

IV. TARTIŞMA

Şarj süresi incelendiğinde yaklaşık 15 dakikada 1 V 'luk bir artış görülmektedir. Şarj sürecini hızlandırmak için yarıiletken anahtar farklı kontrol teknikleri ile kontrol edilebilir. Ancak bu uygulama devreyi karmaşıklaştıracaktır. Yada düşürücü konvertörün çıkış katına akım yükseltici devreler tasarlanabilir. Ancak bu tip devrelerde çıkış katında taş dirençler kullanılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. 0.25 W 'lık dirençler yüksek akımdan dolayı zarar görecektir. Bu çalışmada da temel bir BC237 npn transistörleri ile darlington yapısı simülasyonda denenmiş ve 90 mA 'lık akım değeri 200 mA 'e rahatlıkla çıkarılmıştır.

V. SONUÇ

Yenilenebilir enerji kaynaklarından PV sistemler güneşin durumuna göre çıkışlarında değişken bir DC gerilim vermektedirler. Ancak elektriksel yükler kararlı bir beslemeye ihtiyaç duyarlar. Bu çalışmada; simülasyonda doğrulanarak devresi gerçekleştirilen 18 V 'u ortalama 13 V 'a düşüren DC-DC düşürücü konvertör ile PV temelli gerçek bir sistemde akü şarjı güvenli bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri verilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] M. Lokeshreddy, P. J. R. Kumar, S. A. M. Chandra, T. S. Babu and N. Rajasekar, "Comparative study on charge controller techniques for solar PV system," *Elsevier Energy Procedia*, vol. 117, pp. 1070-1077, 2017.
- [2] M. Atasorkun, Rüzgar ve güneş enerjisi için akıllı şarj kontrol ünitesi tasarımı," Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, Türkiye, 2015.
- [3] E. Kurak, V. Erdemir ve B. Dursun, "PV sistemin için maksimum güç noktası izleyicisi tasarımı ve uygulaması," *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, vol. 4, pp. 581-592, 2016.
- [4] M. R. Patel, *Wind and Solar Power Systems*, Florida, USA: CRC Press, 1999.
- [5] V. A. Sansare, N. N. Kasar and A. A. Gaikwad, "Design of standalone PV charging system for lead acid battery using controlled boost converter," in *Proc. IEEE ICCTCEEC'17*, 2017, p. 589.
- [6] N. Parvez, A. Das and S. B. Santra, "Current mirror circuit based Low cost lead acid battery charger for solar PV, in *Proc. IEEE IICPE'18*, 2018.
- [7] D. Mohapatra, S. Padhee and J. Jena, "Design of solar powered battery charger: an experimental verification," in *Proc. IEEE SCEEC'S'18*, 2018.
- [8] (2019) Yıldırım Elektronik web sitesi. [Online]. Available: <http://www.yildirimelektronik.com>.
- [9] M. H. Rashid, *Güç Elektroniği, Yarıiletken Elemanlar, Devreler ve Uygulamaları*, 4. basımdan çeviri, Ankara, Türkiye: Nobel Akademik Yayıncılık, 2015.