



DA-DA Dönüştürücülerin Maksimum Güç Noktası İzleme Sistemlerinde Kullanımı

Operation of DC-DC Converters in Maximum Power Point Tracking Systems

Mustafa Engin BAŞOĞLU¹, Bekir ÇAKIR²

¹Elektrik Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi
mengin.basoglu@kocaeli.edu.tr

²Elektrik Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi
bcakir@kocaeli.edu.tr

Özet

Maksimum güç noktası izleme sistemleri genel olarak güç dönüştürücü devresi ve güneş panelinin maksimum güç noktasında (MGN) çalışmasını sağlayan kontrol algoritmasından meydana gelir. Kontrol algoritmaları, MGN takip işleminin hızını, gücün MGN' de yaptığı salınımı ve diğer atmosferik şartlara uyumluluğu gibi kriterleri belirler. Güç dönüştürücüsünün türü ise farklı ışınım ve yük değerlerine göre MGN takibi performansını belirler. Bu çalışmada temel DA-DA dönüştürücü topolojilerinin farklı güneş ışınımı ve yük durumları için MGN takibi performansları incelenmiştir ve benzetim sonuçlarına göre düşürücü-yükseltici dönüştürücünün prensip olarak MGN takibi konusunda en ideal dönüştürücü olduğu tespit edilmiştir.

Abstract

Maximum power tracking systems are generally combined of power converter circuit and a control algorithm which carries out MPPT. On the one hand, type of control algorithm determine response time of the MPPT, fluctuations of voltage and current at MPP and compatibility to other environmental changes. On the other hand, type of power converter determine the performances of MPPT under varied solar irradiance and loading conditions. In this study, basic DC-DC converter topologies are analyzed in terms of efficiency of MPPT and buck-boost converters are the most suitable converter in terms of MPPT that simulation results show.

1. Giriş

Artan enerji talebi, fosil kökenli yakıt türlerinin sınırlı bir rezerve sahip olması ve iklim değişikliği gibi gerekçelere dayalı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimine ciddi oranda katkı sağlaması, gelişmiş ülkelerin enerji konusunda ilk hedefleri arasına girmiştir [1].

Güneş enerjisi, kaynağı sınırsız, temiz ve kullanımı her geçen gün artan, popüler bir enerji kaynağıdır. Ülkemiz bulunduğu coğrafya gereği, güneşlenme süresi ve şiddeti açısından oldukça elverişli bir konumda olmasına rağmen, güneşten elektrik üretimi konusunda geç kalmıştır. Ancak, son yıllarda yapılan yasal düzenlemeler sonucunda, güneş enerjisinden elektrik üretimi yapan tesislerin toplam kurulu gücü Haziran 2014 itibariyle 8.5 MVA' ya ulaşmış ve 600MVA' lık tesisin önümüzdeki bir kaç yılında tamamlanacağı açıklanmıştır [2].

Fotovoltaik elektrik üretim sistemlerinin en verimsiz elemanı güneş panelleridir. Güneş panelleri ticari olarak %18 civarı güç dönüşüm verimine sahip olup düşük ışınım ve uyumsuz yüklenme durumlarında bu değer azalmaktadır. Güneş panelleri büyük güçlü sistemlerde ya da düşük güçlü ada modu uygulamalarda evirici ile 220V/50 Hz'e çevrilip kullanılmakla beraber, bazı durumlarda ise enerjinin fazla olan kısmı bataryalara depolanmaktadır [3].

Bataryalı fotovoltaik sistemlerde DA-DA dönüştürücü kullanımı oldukça önemlidir. Burada güneş paneli dizisinin gerilimi ile batarya gerilimine göre uygun topoloji belirlenir. Fakat her dönüştürücünün MGN takip özelliği aynı değildir. Bu sebeple en iyi topolojinin seçimi, güneş paneli ve batarya nominal geriliminin seçimine bağlıdır [4-7].

Bu çalışmada, temel DA-DA dönüştürücülerin maksimum güç noktası olarak kullanımı incelenmiştir. Düşürücü, yükseltici ve düşürücü-yükseltici dönüştürücülerin farklı yük ve güneş ışınımı koşulları için MGN performansları, MATLAB' da benzetim yapılarak belirlenmiş ve MGN verimlilikleri karşılaştırılmıştır.

2. MGN Denetimli DA-DA Dönüştürücüler

MGN denetimli DA-DA dönüştürücülerin kullanımı bataryalı fotovoltaik sistemler için çok önemlidir. Güneş panellerinin en yüksek güç noktasında çalıştırılabilmesi bu dönüştürücülerin performansına bağlıdır. DA-DA dönüştürücülerin MGN takibi performansları ise çevresel koşullara, yük direncinin veya batarya geriliminin değerine bağlıdır. Prensip olarak tüm DA-

DA dönüştürücüler MGN denetimi amacıyla kullanılabilir. Burada, izolesiz temel dönüştürücü topolojileri olan düşürücü, yükseltici ve düşürücü-yükseltici DA-DA dönüştürücülerin analizine yer verilecektir. Tüm analizlerde, DA-DA dönüştürücülerin giriş gerilimi, güneş paneli gerilimi olup, dönüştürücü girişi, güneş paneli eşdeğer direnci olarak nitelendirilecektir.

2.1. MGN Denetimli Düşürücü Dönüştürücü

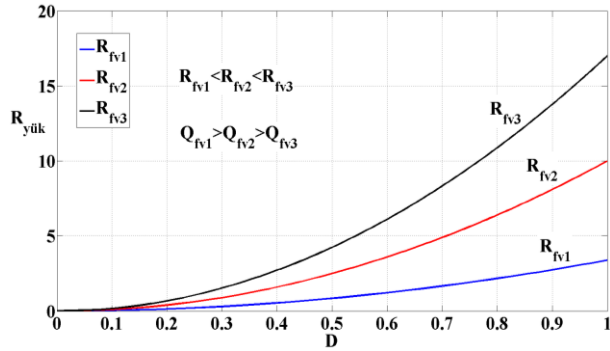
Genel itibariyle düşürücü DA-DA dönüştürücüler, yüksek gerilimli güneş paneli dizilerinin, düşük gerilimli batarya sistemlerini şarj etmesi amacıyla kullanılır. Güneş paneli eşdeğer direnci; R_{FV} , güneş paneli gerilimi V_{FV} ve güneş paneli akımı I_{FV} olmak üzere;

$$R_{FV} = \frac{V_{FV}}{I_{FV}} = \frac{V_g}{I_g} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir ve yük direncinin sabit olması halinde düşürücü dönüştürücünün çıkış ve giriş gerilimi arasındaki genel bağıntı kullanılarak;

$$R_{FV} = \frac{R_{yük}}{D^2} \quad (2)$$

elde edilir. Burada, yükün sabit olması halinde D, dönüştürücü güç anahtarının sürme sinyalinin doluluk boşluk oranına bağlı olarak panel gerilimi ve akımı ayarlanarak MGN denetimi yapılır. Düşürücü dönüştürücünün MGN takibi performansına ilişkin üç farklı güneş ışınımı durumu için $R_{yük}$ -D değişimi Şekil 1' de verilmiştir. Burada, güneş paneli eşdeğer direnci, farklı ışınım koşullarını temsil eden bir büyüklüktür. Şekil 1' de görüldüğü üzere güneş ışınımı şiddeti arttıkça, eşdeğer panel direnci azalmakta ve yük direncinin alabileceği en yüksek değer azalmaktadır. Doluluk boşluk oranının %0-100 aralığında teorik olarak değişebildiği varsayımı yapılsa da uygulamada bu oran daha dar bir aralıkta yapılabilmekte ve yük direncinin alabileceği değer sınırlanmaktadır.



Şekil 1. Düşürücü dönüştürücünün sabit ışınım durumunda $R_{yük}$ -D değişimi

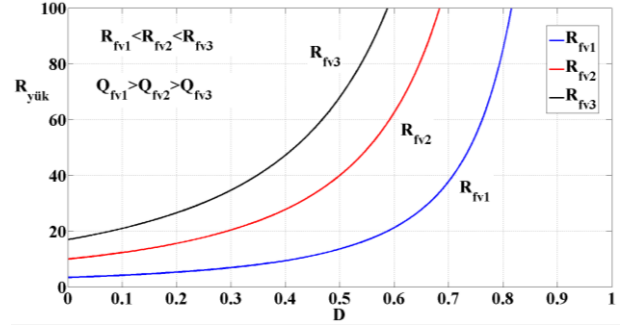
2.2. MGN Denetimli Yükseltici Dönüştürücü

Yükseltici dönüştürücülerin MGN denetimi amacıyla kullanılması düşürücü dönüştürücülere göre daha yaygındır. Bunun sebebi, bu dönüştürücünün uygulama kolaylığı ve kontrol devresinin tasarım basitliği şeklinde özetlenebilir.

Düşürücü dönüştürücü kısmında belirtilen (1) nolu denklem geçerli olmak üzere, yük direncinin sabit olması durumunda;

$$R_{FV} = R_{yük} (1 - D)^2 \quad (3)$$

bağıntısı geçerlidir. Bu dönüştürücü için $R_{yük}$ -D değişimi, Şekil 2' de verilmiştir. Yükseltici tip dönüştürücülerde, yük direncinin çok küçülmesi MGN işlemini olumsuz etkilemektedir. Şekil 2' de görüldüğü üzere, güneş ışınımı şiddeti arttıkça yük direncinin alabileceği minimum değer azalmakta ve MGN takibinin gerçekleşmesi daha yüksek bir oranda mümkün olmaktadır.



Şekil 2. Düşürücü Dönüştürücünün $R_{yük}$ -D değişimi

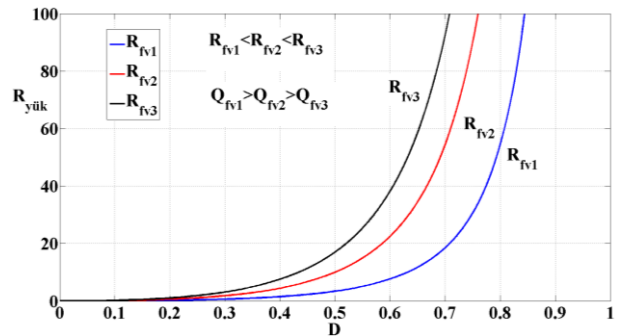
2.3. MGN Denetimli Düşürücü-Yükseltici Dönüştürücü

Düşürücü-yükseltici DA-DA dönüştürücüler, gerilim dönüşümü açısından yükseltici ve düşürücü dönüştürücü özelliklerinin tek topolojide birleştirilmiş halidir. Temel düşürücü-yükseltici dönüştürücünün tek dezavantajı, negatif çıkışlı olmasıdır. Diğer yandan MGN takibi açısından teorik olarak değerlendirildiğinde çevresel parametrelerin ve yük direnci değerine bakılmaksızın MGN takibi sağlanır. Şekil 3' de verildiği üzere yük direncinin minimum değeri teorik olarak sıfırdan sonsuza kadar değişebilmektedir. Fakat, bu dönüştürücü türünün boşta çalışma özelliği olmadığı için her koşulda minimum akım çeken bir yük bağlanmalıdır.

Düşürücü-yükseltici dönüştürücü için eşdeğer panel direnci bağıntısı;

$$R_{FV} = R_{yük} \frac{1 - D^2}{D^2} \quad (4)$$

şeklinde ifade edilir.

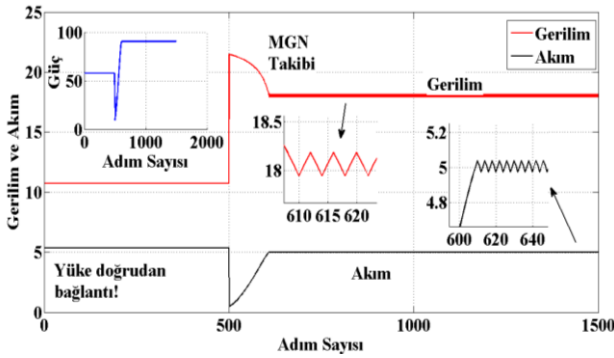


Şekil 3. Düşürücü yükseltici dönüştürücünün $R_{yük}$ -D değişimi

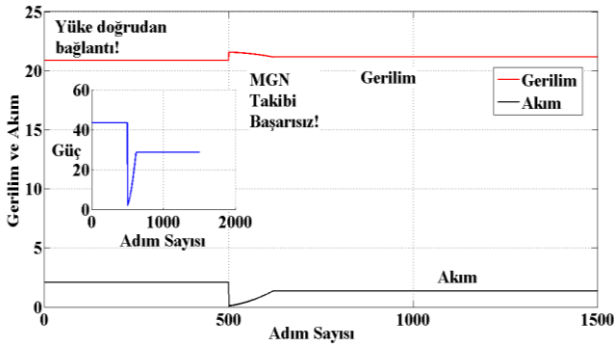
3. Benzetim Sonuçları

Temel DA-DA dönüştürücülerin MGN takibi verimliliği, MATLAB programı aracılığıyla standart test koşulları ($1000W/m^2$ $25^\circ C$ A.M. 1.5) referans alınarak yapılan benzetim sonuçları ile belirlenmiştir. Referans alınan güneş paneli 90W gücünde, 17.5V MGN gerilimi ve 5.4A MGN akımına sahiptir. Benzetim sonuçları iki farklı yük durumu için Şekil 4 - Şekil 9' da verilmiştir.

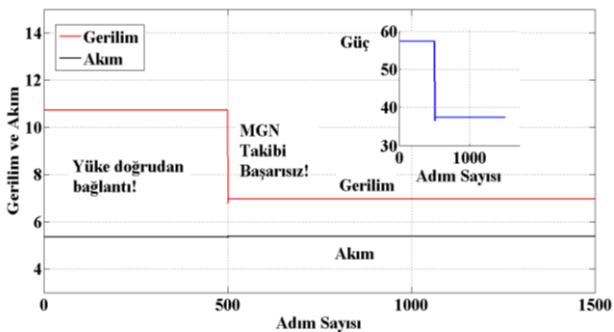
MGN denetimli DA-DA dönüştürücü analizinde, düşürücü dönüştürücünün çıkışına düşük değerli direnç bağlanması durumunda MGN takibi konusunda başarılı olduğu belirtilmiştir. Şekil 4' de verilen güneş paneli akım ve gerilim değişimlerinde 500. adım sayısından sonra MGN takibi başlamış ve MGN' ye erişildiğinde gerilim ve akım değerleri katalog değerlerine ulaşmıştır. Şekil 5' de ise 10Ω yük durumunda MGN takibinin başarısız olduğu görülmektedir. Bu değer MGN takibi için uyumsuz bir direnç değeridir.



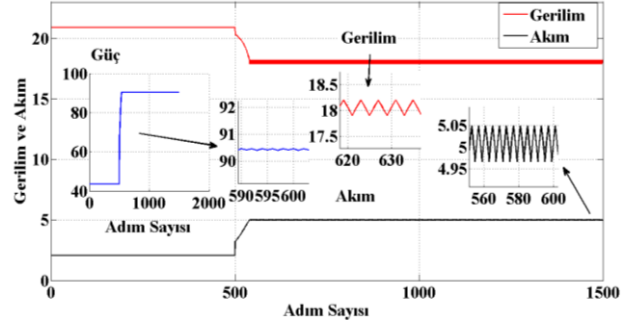
Şekil 4. Düşürücü dönüştürücü $R_{yük}=2\Omega$



Şekil 5. Düşürücü dönüştürücü $R_{yük}=10\Omega$



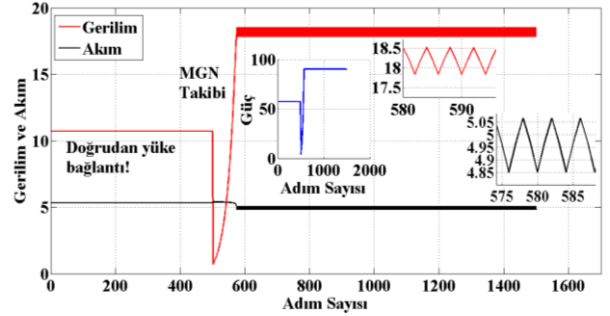
Şekil 6. Yükseltici dönüştürücü $R_{yük}=2\Omega$



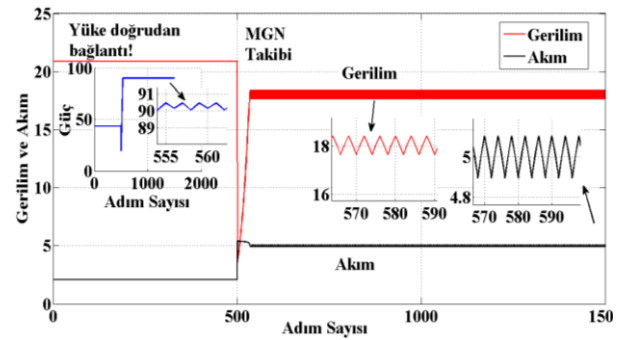
Şekil 7. Yükseltici dönüştürücü $R_{yük}=10\Omega$

Yükseltici dönüştürücünün MGN performansı, düşürücü dönüştürücüye göre zıt özelliktedir. Güneş paneli eşdeğer direnci, MGN gerilimi ve akımından hesaplanıp, bu değer altında yük dirençleri olması halinde MGN takibinin başarısız olacağı analiz kısmında belirtilmişti. Şekil 6' da bu durum verilmiştir. Yük direncinin değeri artırıldığında ise MGN takibi mükemmel bir şekilde sağlanmış ve Şekil 7' de bu durum görülmektedir.

Düşürücü-yükseltici DA-DA dönüştürücü kullanılması durumunda ise yük direncinin değerine bakılmaksızın MGN denetimi sağlanabilmektedir. Şekil 8 ve Şekil 9' da düşürücü-yükseltici dönüştürücü için benzetim sonuçları verilmiştir.



Şekil 8. Düşürücü-yükseltici dönüştürücü $R_{yük}=2\Omega$



Şekil 9. Düşürücü-yükseltici dönüştürücü $R_{yük}=10\Omega$

MGN verimliliği, P_{eski} , MGN denetimi başlamadan önceki panel gücü, P_{yeni} , MGN denetiminden sonra panel gücü, P_{mgn} MGN' de panel gücü olmak üzere MGN takibi verimliliği;

$$\eta_{mgn} = \frac{P_{yeni} - P_{eski}}{P_{mgn} - P_{eski}} \quad (5)$$

şeklinde hesaplanabilir. Altı farklı benzetim çalışmasının sonuçlarına göre MGN takibi verimliliği Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Düşürücü dönüştürücünün çıkışına yüksek değerli direnç bağlanması ve yükseltici dönüştürücünün çıkışına düşük değerli direnç bağlanması durumlarında MGN verimliliği negatif olup MGN takibi, sistemi olumsuz etkilemiştir. Diğer yandan, düşürücü-yükseltici dönüştürücü kullanılması halinde yük değerine göre MGN verimliliği değişmekte ve MGN takibinin önemi yüksek değerli yük direnci durumunda daha çok ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 1. MGN Takip Verimleri

Şekil	$P_{yeni}(W)$	$P_{eski}(W)$	η_{mgn}
4	57.35	90.42	%36.5
5	43.43	28.6	- %17.1
6	57.35	37.42	- %22.4
7	43.43	90.25	%51.8
8	57.35	89.86	%35.9
9	43.43	90.13	%51.8

4. Sonuçlar

Fotovoltaik güç sistemlerinde MGN takibi verimliliği, güneş panelinden yüke aktarılacak enerjinin sürekliliği bakımından önemli bir parametredir. Bu verimliliğin, güneş ışınımı şiddeti, sıcaklık ve yük direnci gibi parametrelere bağlılığı sistemin kararsız çalışmasına, MGN takibi konusunda yetersiz kalmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple uygun DA-DA dönüştürücü topolojisinin seçimi önemlidir. Yapılan teorik analiz ve benzetim sonuçlarına göre düşürücü ve yükseltici DA-DA dönüştürücüler MGN takibinde bazı kısıtlara sahiptir. Fakat, düşürücü-yükseltici dönüştürücü

topolojisi çevre şartlarına bağlı olmaksızın minimum yüklenme akımı çok düşük olacak şekilde yaklaşık her yük koşulunda MGN takibi gerçekleştirebilmektedir.

5. Kaynaklar

- [1] Varınca K. B., Gönüllü M. T., " Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma " *I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 2006, 270-275.
- [2] www.enerjienstitüsü.com.tr (Ziyaret Tarihi: 15 Haziran 2014)
- [3] Başoğlu M. E., "Güneş Enerjisi Sistemlerinde Kullanılan DA-DA Dönüştürücü Analizi ve Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [4] Enrique J. M, Durán E, Sidrach-de Cardona M, Andújar J, "Theoretical assesment of the maximum power point tracking efficiency of photovoltaic facilities with different converter topologies" *Solar Energy* 81, 31-38, 2007.
- [5] Taghvaei M. H., Radzi M. A. M., Moosavain S. M. , Hizam H, Hamiruce Marhaban M. "A current and future study on non-isolated DC-DC converters for photovoltaic applications" *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 17, 216-227, 2013.
- [6] Coelho R. F., Concer F. M., Martins D. C. " A simplified analysis of DC-DC converters applied as maximum power point tracker in photovoltaic systems" *2nd IEEE Int Symp on Power Electronics for Distribution Generation Systems*, 2010, 29-34.
- [7] Bennett T, Zilouchian A, Messenger R, (2012) Photovoltaic model and converter topology considerations for MPPT purposes. *Solar Energy* 86: 2029-2040.