

Değiştir ve Gözlemlenme Metodu ve Geliştirilmiş Bir Maksimum Güç Noktası Takibi Metodunun Karşılaştırılması Analizi

Süleyman Emre DAĞTEKE¹, Sencer ÜNAL²

¹Bingöl Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Müh. Böl. Bingöl / Türkiye

²Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Elazığ / Türkiye
sdagteke@gmail.com, sencerunal@gmail.com

(Geliş/Received: 01.12.2014; Kabul/Accepted: 04.03.2015)

Özet

Fotovoltaik (PV) güç sistemlerinde maksimum güç noktasının (MGN) hızlı ve doğru takip edilmesi büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle bir maksimum güç noktası takibi (MGNT) metodu geliştirilmiştir. Geliştirilen metotta, beta metodunun hızlı geçici durum yanıtı ve üç nokta gücünü karşılaştırma metodunun sürekli durumdaki düşük güç dalgalanma özelliği bir araya getirilmiştir. Bu metot ile değiştir ve gözlemlenme metodunun Matlab / Simulink simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlar, 52W'lık bir PV panel kullanılarak 25°C sıcaklık ve 1000W/m² ışınım şiddeti altında 52W'lık bir yük beslenerek gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu simülasyonlardan elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında önerilen metodun MGN'ye daha hızlı ulaştığı ve MGN'de daha az güç dalgalanması ile MGNT gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Maksimum Güç Noktası Takibi, Değiştir ve Gözlemlenme Metodu, Beta Metodu, Üç Nokta Güçlerini Karşılaştırma Metodu.

A Comparative Analysis of Perturb and Observed Method and A Improved Maximum Power Point Tracking Method

Abstract

Quickly and accurately tracking of Maximum power point (MPP) in photovoltaic (PV) power systems has great significance. Therefore, a maximum power point tracking (MPPT) method has been developed. In the developed method, fast transient response feature of beta method and low power fluctuations feature in the steady-state of the three-point method were combined. Simulations of this method and perturb and observed method in Matlab / Simulink were carried out. Simulations, using 52W PV panel, were used by feeding of 52W load at 25°C temperature and 1000W/m² radiation intensity. When results obtained from the used simulations were compared, MPP of the proposed method was more quickly achieved and observed performing the maximum power point tracking with less power fluctuation at MPP.

Keywords: Maximum Power Point Tracking, Perturb and Observe Method, Beta Method, Three Point Weight Comparison Method.

1. Giriş

Büyüyen enerji talebi ve çevrenin korunmasına yönelik ilginin artması, geleneksel enerji kaynaklarının azalması olasılığı ile birleşince yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi her geçen gün artmaktadır. Güneş enerjisinin; temiz, yenilenebilir, tükenmez olması gibi birçok avantaja sahip olması gelişen en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından olmasını sağlamıştır [1,2].

PV güç üretimi güneş enerjisini kullanmanın en önemli yollarından biridir. PV güç sistemlerinde ışınım şiddeti ve sıcaklık sistemin çıkış gücünü önemli derecede etkilemektedir [2].

PV panelin çıkış gerilimi ve akımı arasında doğrusal olmayan bir ilişki vardır. Bu ilişki teoride ve uygulamada PV panel için MGNT'nin önemini göstermektedir. Tüm PV sistemin maksimum verimlilikte ve maksimum güçte çalıştığı I-V ve P-V eğrisinde tek bir MGN vardır [2,3]. MGN'nin konumu bilinmez fakat hesaplama modelleri veya tarama algoritmaları ile bulunabilir. MGNT, PV panelin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlamak için kullanılmaktadır [3,7].

Değiştir ve gözlemlenme metodu literatürde oldukça fazla yer tutan metotlardan biridir. Bu metodun basit yapısı ve az sayıda ölçüme ihtiyaç duyması gibi avantajları olmasına rağmen,

güçteki değişime göre çıkış gerilimini sürekli arttırıp azaltarak değiştirmesi ve bunun MGN etrafında osilasyonlara sebep olarak güç kayıplarını arttırması, MGN' yi izleme doğruluğu ve izleme hızı arasındaki uyumun devam etmesi için izleme adımlarının belirlenmesinin zorluğu, izleme adımlarının küçük seçilmesi durumunda sistemin yavaşlaması, izleme adımlarının büyük seçilmesi durumunda da osilasyonların artması bu metodun dezavantajlarını oluşturmaktadır [2,9].

Beta metoduna literatürde izleme adımlarının ayarlanabilmesi ile hızlıca MGN' ye yaklaşabilen bir metod olarak yer verilmiştir. Bu avantajının yanında metodun MGN' yi yakalayamayıp MGN' ne çevresinde oluşturduğu osilasyonlar da dezavantaj olarak belirtilmiştir [7,9].

Beta metodunun MGN çevresinde oluşturduğu osilasyon problemi, üç nokta gücünü karşılaştırma metodu ile hibrit bir çalışma sağlanarak giderilmiştir. Beta metodunun MGN' ye hızlı yakınsama özelliğinin ve üç nokta gücünü karşılaştırma metodunun MGN' de düşük osilasyon yapması özelliğinin yer aldığı bir metod elde edilmiştir. Böylece MGNT daha hızlı gerçekleştirilmiştir.

Değiştir ve gözleme metodu ile geliştirilen MGNT metodunun Matlab/Simulink ortamında simülasyonları yapılarak, geçici ve sürekli durum yanıtları karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilen simülasyon ile MGN' ye ulaşma süreleri ve MGN' deki güçte meydana gelen osilasyon değerlendirilmiştir.

2. Fotovoltaik Panelin Modellenmesi

Burada PV panel temel akım denklemleri kullanılarak modellenmiştir. PV panelin ürettiği akım ışınım şiddetinin lineerliğine bağlıdır ve denklem (1)' den anlaşılacağı gibi sıcaklık değişimlerinden etkilenmektedir.

$$I_{pv} = (I_{pv,n} + K_I \Delta T) \frac{G}{G_n} \quad (1)$$

Burada I_{pv} PV panelin ürettiği akım, K_I açık devre akım katsayısı, G panel yüzeyindeki ışınım şiddeti, G_n nominal ışınım şiddeti (25°C ve 1000W/m^2), $I_{pv,n}$ nominal ışınım şiddetinde PV panelin ürettiği akım, T gerçek sıcaklık, T_n nominal sıcaklık, ΔT sıcaklık farkı ($\Delta T = T - T_n$)' dir. Nominal saturasyon akımı aşağıdaki denklem (2) ve (3)' den elde edilmektedir.

$$V_t = N_s k T / q \quad (2)$$

$$I_0 = \frac{I_{sc,n} + K_I \Delta T}{\exp\left(\frac{V_{oc,n} + K_V \Delta T}{\alpha V_t}\right) - 1} \quad (3)$$

Burada N_s seri hücre sayısı, k Boltzmann sabiti (1.38×10^{-23} C), q elektron yükü (1.602×10^{-19} C), K_V açık devre gerilim katsayısı, $I_{sc,n}$ nominal kısa devre akımı, $V_{oc,n}$ nominal açık devre gerilimi, V_t seri hücre gerilimi, I_0 ters saturasyon veya sızıntı akımıdır.

PV panel çıkışından alınacak akım ise denklem (4) ile elde edilmektedir.

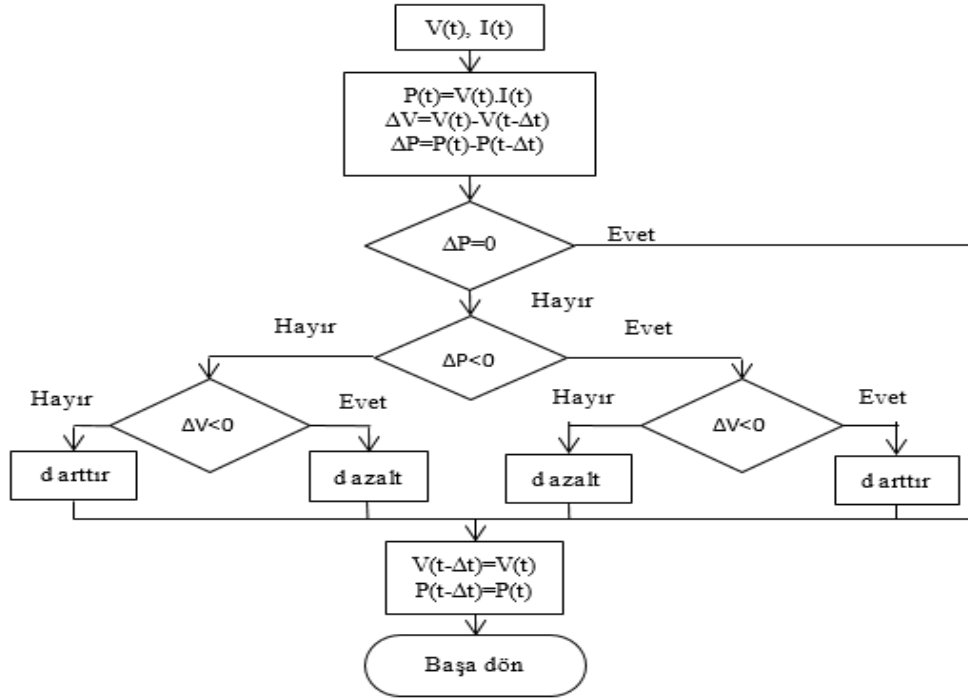
$$I = I_{pv} - I_0 \left[\exp\left(\frac{V}{V_t \alpha}\right) - 1 \right] \quad (4)$$

Burada α diyot sabiti olup, genellikle 1 ile 1.5 arasında seçilmektedir. I ise PV panel çıkışından alınan akım değeridir [4,5].

3. MGNT Teknikleri

3.1. Değiştir ve Gözleme Metodu

Değiştir ve gözleme metodu PV panelin çıkış terminal geriliminin artış ve azalışına göre periyodik olarak çalışmaktadır. Mevcut görev periyodunda sağlanan güç ile bir önceki görev periyodunda sağlanan güç karşılaştırılmaktadır. Eğer çalışma gerilimi değişir ve güç artarsa kontrol sistemi çalışma noktasını o yönde değiştirir, aksi halde çalışma noktası ters yönde değiştirilmektedir. Gelecek görev döngülerinde de algoritma aynı şekilde çalışacaktır [1,3]. Bu metoda ait akış diyagramı Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Değiştir ve gözlemle metodu akış diyagramı

3.2. Geliştirilen MGNT Metot

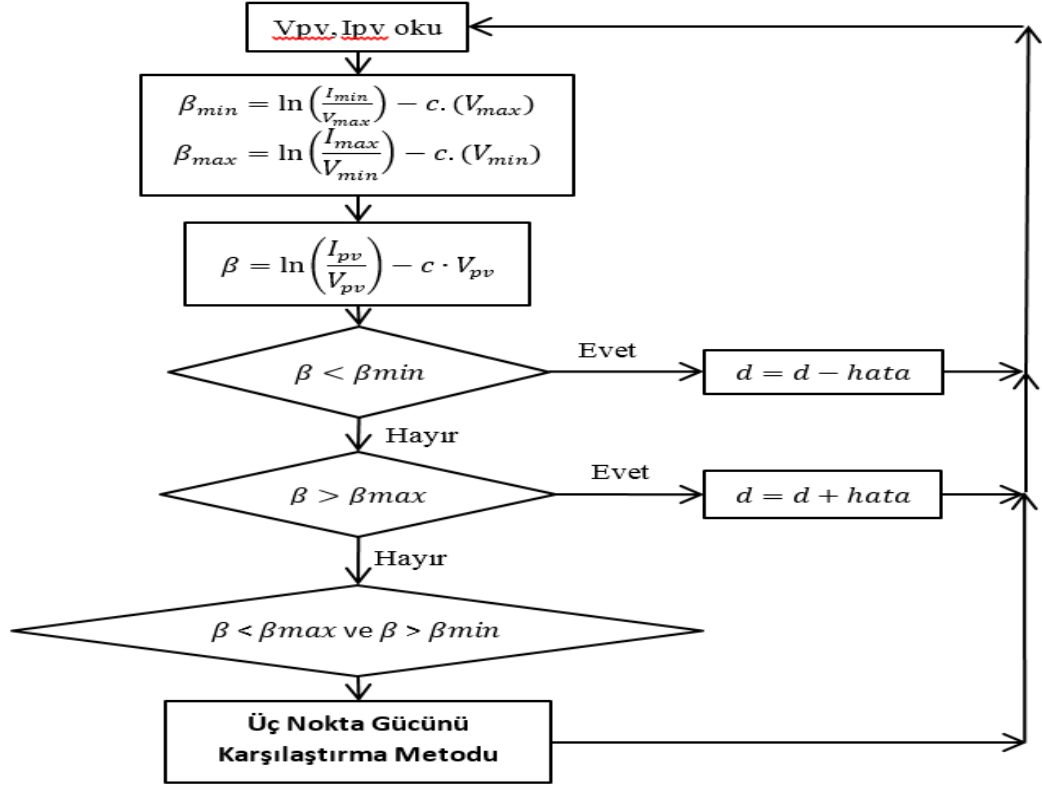
Bu çalışmada beta ve üç nokta gücünü karşılaştırma metotlarının üstün yönleri alınarak geliştirilen bir MGNT metodu önerilmektedir. Beta metot, ara değişken β ile maksimum güç noktasına yaklaşmaktadır [6].

$$c = \frac{q}{\eta \cdot k \cdot T \cdot N_s} \quad (5)$$

$$\beta = \ln\left(\frac{I_{PV}}{V_{PV}}\right) - c \cdot V_{PV} \quad (6)$$

Burada c; elektron sabitine (q), panel kalite faktörüne (η), Boltzmann sabitine (k), sıcaklığa (T°K) ve seri PV hücre sayısına (N_s) bağlı sabittir. Çalışma durumu değişirken, optimum noktada β değeri hemen hemen sabit kalmaktadır. Böylece β değeri panelin akım ve gerilimi kullanılarak sürekli hesaplanmakta ve sabit bir referans ile kapalı döngüye sokulmaktadır [1,6]. β değeri ışınım şiddetinden bağımsızdır, fakat sıcaklığa bağlıdır [1,6,7,8]. Dizinin MGN' ye yaklaşması için dar bir bant aralığında kalan β değeri gözlenmektedir. β ' nın izlenmesiyle çalışma noktası hızlı bir şekilde büyük çalışma adımları kullanılarak hareket

etmektedir. MGN' ye ulaşıldığında çalışma adımları küçülmektedir. Diğer taraftan geleneksel MGNT teknikleri tam MGN izlemek için kullanılırken beta metodu MGN' ye yaklaşmaktadır [9]. Beta metodu MGN' de üç nokta gücünü karşılaştırma metoduna göre güç değişiminde daha fazla osilasyon oluşturmaktadır. Üç nokta gücünü karşılaştırma metodu, değiştir ve gözlemle metodundan geliştirilmiş bir tekniktir. Değiştir ve gözlemle metodunda şu anki çalışma noktası ile bir sonraki çalışma noktasının güç değişimleri gözlemlenmekte ve karşılaştırılmaktadır, böylece PV panel terminal geriliminin artırılmasına veya azaltılmasına karar verilmektedir. Üç nokta gücünü karşılaştırma metodu ise periyodik olarak PV dizi terminal gerilimini değiştirmekte ve PV çıkış gücü takip etmektedir. P-V eğrisi üzerinde üç noktanın güçleri karşılaştırılır. Üç nokta gücünü karşılaştırma metodu güneş ışınları çok hızlı değiştiği zaman çalışma noktasındaki hızlı değişimi önlemek için önerilmektedir. MGNT' yi güneş ışınları sabitken doğru bir şekilde gerçekleştirir ve güç kaybı düşüktür [10]. Bu iki yöntemin üstün yanlarının alınmasıyla bir metot geliştirilmiş ve bu metoda ait algoritma Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2. Geliştirilmiş MGNT metodu

Geliştirilmiş bu metotta DC/DC buck-boost konvertere uygulanan görev periyodu değeri d , β eşitliği ile kontrol edilmektedir. β , β_{min} değerinden küçükse d azaltılmakta, β_{max} değerinden büyükse d artırılmaktadır. Eğer β değeri β_{min} ile β_{max} arasında ise üç nokta gücünü karşılaştırma metodu uygulanmaktadır. Bu sayede güçteki dalgalanmalar azaltılarak konverter çıkışında oluşan osilasyonların genliği düşürülmüştür. Geliştirilen metotla MGN' ye daha kısa sürede ulaşılmıştır.

β_{max} ve β_{min} değerlerini hesaplamak için ışınım şiddeti değişimlerinde P-V eğrisi üzerinde muhtemel MGN' lerin yer alacağı gerilim aralığı için V_{max} ve V_{min} değerleri belirlenir. Bu gerilim değerlerindeki I_{max} ve I_{min} değerleri denklem (7) ve (8)' de hesaplanmıştır.

$$I_{min} = I_{pv} - I_0 \left[\exp\left(\frac{V_{max}}{V_{ta}}\right) - 1 \right] \quad (7)$$

$$I_{max} = I_{pv} - I_0 \left[\exp\left(\frac{V_{min}}{V_{ta}}\right) - 1 \right] \quad (8)$$

Bu akım değerleri yardımı ile hesaplanan β_{max} ve β_{min} değerleri denklem (9) ve (10)' da verilmektedir.

$$\beta_{min} = \ln\left(\frac{I_{min}}{V_{max}}\right) - c \cdot (V_{max}) \quad (9)$$

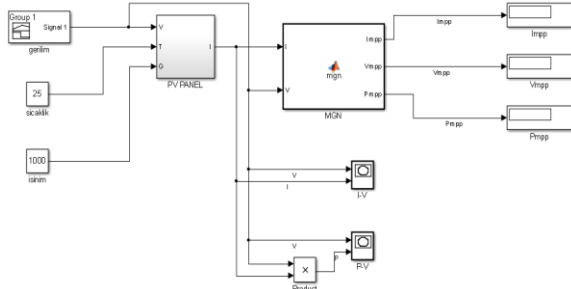
$$\beta_{max} = \ln\left(\frac{I_{max}}{V_{min}}\right) - c \cdot (V_{min}) \quad (10)$$

4. Simülasyon Sonuçları

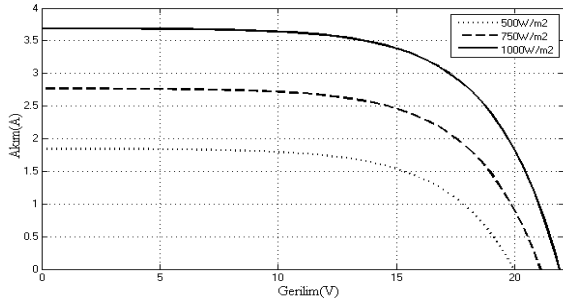
Denklem (1)-(4)' de yer alan temel matematiksel ifadeler kullanılarak 52W gücünde PV panelin Matlab/Simulink modeli gerçekleştirilmiştir. Simülasyonda PV panelin MGN akımı, gerilimi ve gücü gerilim tarama algoritması yardımıyla hesaplanmıştır. Kurulan sistem Şekil 3' de verilmektedir.

Şekil 3' de gösterilen simülasyon modelinde gerilim tarama algoritması yardımıyla 25°C sıcaklık ve 1000 W/m² ışınım değerindeki maksimum güç noktası gerilimi 16.35V, maksimum güç noktası akımı 3.189A ve maksimum güç noktası gücü 52W olarak bulunmuştur. 25°C sıcaklık ve 750 W/m² ışınım

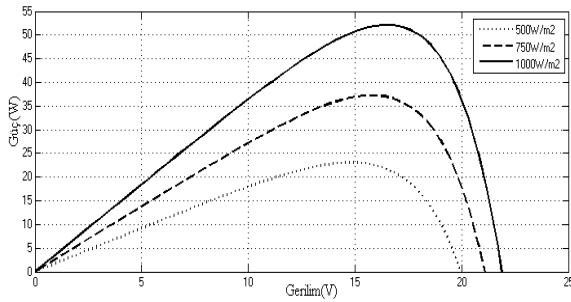
değerlerindeki maksimum güç noktası gerilimi, akımı ve gücü sırasıyla 15.91V, 2.34 A, 37.24 W' dır. 25°C sıcaklık ve 500 W/m² ışınım değerlerindeki maksimum güç noktası gerilimi, akımı ve gücü sırasıyla 15.03V, 1.535A ve 23.06W' dır. Bu panele ait I-V ve P-V eğrileri de Şekil 4 ve Şekil 5' de verilmiştir. Bu eğriler sırasıyla 1000W/m², 750 W/m² ve 500 W/m² ışınım değerleri için azalan şekilde verilmiştir.



Şekil 3. PV panelin modellenmesi ve MGN değerlerinin bulunması.



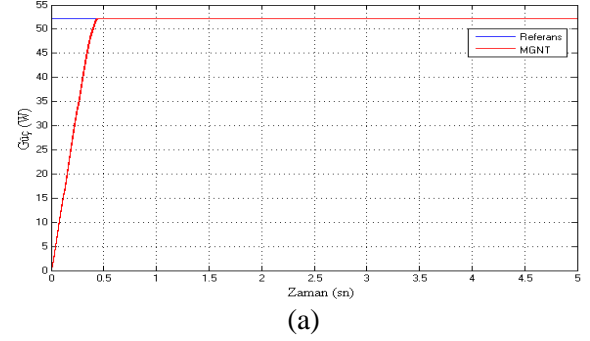
Şekil 4: I-V eğrisi



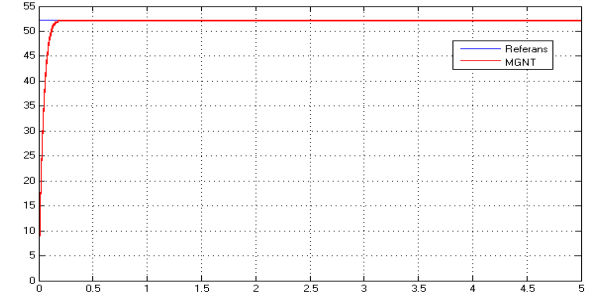
Şekil 5: P-V eğrisi

PV panel DC/DC buck-boost konverter üzerinden yükü beslemektedir. Her iki metodun simülasyonunda aynı ışınım şiddeti ve sıcaklık değerleri kullanılmıştır. İki algoritmanın MGNT için elde edilen simülasyon sonuçları Şekil 6' da gösterilmiştir. Burada mavi ile gösterilen sinyal MGNT için ideal durumu veren referans güç sinyalini, kırmızı ile gösterilen sinyal ise

algoritmaların PV panelden elde ettiği güç sinyallerini göstermektedir.

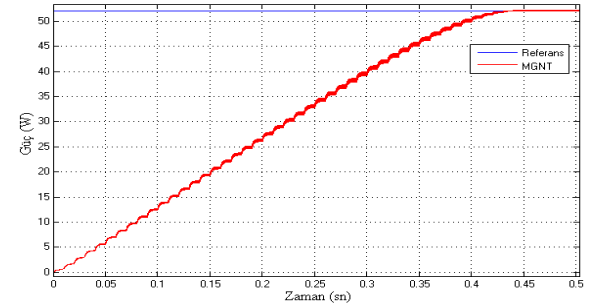


(a)

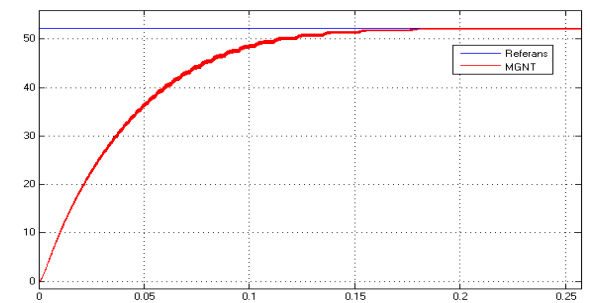


(b)

Şekil 6: İki algoritmaya ait güç-zaman grafikleri; (a) değiştir ve gözlemlenme yöntemi, (b) geliştirilmiş MGNT yöntemi



(a)



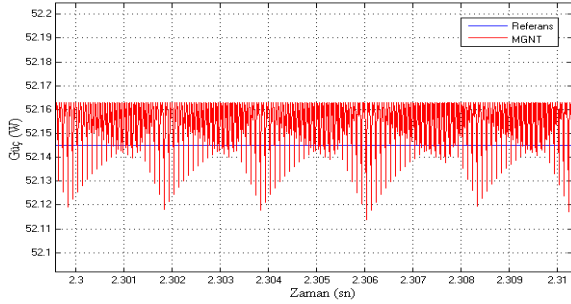
(b)

Şekil 7: Uygulanan algoritmaların geçici durum yanıtı; (a) değiştir ve gözlemlenme yöntemi, (b) geliştirilmiş MGNT yöntemi

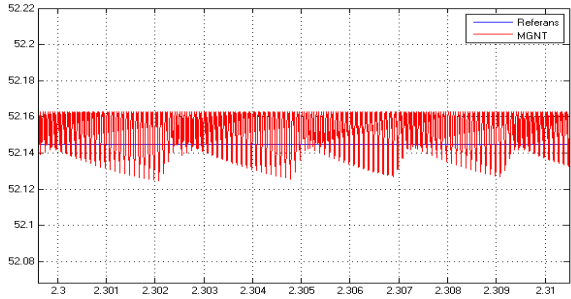
Şekil 7' de değiştir ve gözlemlenme yöntemi ile geliştirilmiş MGNT metoduna ait 0W güç

değerinden 25°C sıcaklık ve 1000W/m² ışınım şiddetindeki MGN' ye ulaşma hızları verilmiştir. Buradan geliştirilmiş metodunun yaklaşık 0.18 sn' de, değiştir ve gözlemler metodunun ise yaklaşık 0.43 sn' de MGN ulaştığı görülmektedir. Sonuçlardan görüldüğü üzere 2 yönteminde referans sinyali düzgün bir şekilde takip ettiği görülmektedir. Ancak geliştirilen metodun MGN' yi daha hızlı yakalayıp takip ettiği görülmektedir.

Şekil 8' de değiştir ve gözlemler metodu ile geliştirilen metodun sürekli durum yanıtları görülmektedir. Değiştir ve gözlemler metodunun önerilen metoda göre MGN' de aynı zaman diliminde daha sık ve daha fazla sayıda osilasyon yaptığı görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 8: Uygulanan algoritmaların sürekli durum yanıtları; (a) değiştir ve gözlemler metodu, (b) geliştirilen MGNT metodu

5. Sonuçlar

Bu çalışmada MGN' ye yaklaşan beta metodu ile maksimum güç noktasını takip eden üç nokta gücünü karşılaştırma metodunun pozitif yönlerinin bir araya getirildiği bir metod önerilmiştir. Bu metodun performansını değerlendirebilmek amacıyla elde edilen sonuçlar geleneksel değiştir ve gözlemler metodunun sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada, her iki metodun simülasyon

modelleri oluşturulmuş ve simülasyon modellerinden PV panel çıkış güç değişimleri elde edilmiştir.

Geliştirilen metodun değerlendirmek için değiştir ve gözlemler metodunun kullanılma sebebi, bu metodun literatürde en çok kullanılan ve en iyi sonuç veren yöntemlerden biri olmasıdır. Geliştirilen metoda ait yapılan simülasyondan önemli derecede iyi sonuçlar elde edilmiştir. Geçici ve sürekli durum yanıtları bakımından yapılan karşılaştırmada, önerilen geliştirilmiş MGNT metodunun, değiştir ve gözlemler metoduna göre daha hızlı ve daha doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Önerilen metod sayesinde hızlı ışınım ve sıcaklık değişimlerinde PV panel çıkışı daha kısa bir sürede MGN' ye ulaşacak ve MGN' de daha az osilasyon ile MGNT' yi gerçekleştirecektir.

6. Kaynaklar

1. Brito, M.,A.,G., Sampaio, L.,P., Junior, L.,G., Canesin, C.,A., (2011). "Evaluation of MPPT Techniques for Photovoltaic Applications", Industrial Electronics (ISIE), 1039 – 1044.
2. Qin, S., Wang, M., Chen, T., Yao, X., "Comparative Analysis of Incremental Conductance and Perturb-and-Observation Methods to Implement MPPT in Photovoltaic System", (2011). ICECE, 5792 – 5795.
3. Faranda, R., Leva, S., Maugeri, V., "MPPT techniques for PV Systems: energetic and cost comparison", (2008). Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 1-6.
4. Villalva, M.G., Gazoli, J.R., Filho, E.R., (2009). "Modeling and Circuit-Based Simulation of Photovoltaic Arrays", Power Electronics Conference, 1244-1254.
5. Başaran, K., Çetin, N.S., Çelik, H., "Rüzgar –Güneş Hibrit Güç Sistemi Tasarımı ve Uygulaması", (2011). 6th International Advanced Technologies Symposium, 114-119.
6. Brito, M.,A.,G., Sampaio, L., Luigi G., Jr., e Melo, G.,A., Canesin, C.,A., (2011). "Comparative Analysis of MPPT Techniques for PV Applications", ICCEP, 99-104.

7. Desai, H.,P., and Patel, H.,K., (2007). “Maximum Power Point Algorithm in PV Generation: An Overview”, International Conference on Power Electronics and Drive Systems, 624 – 630.
8. Jain, S., Agarwal, V., (2004). “A New Algorithm for Rapid Tracking of Approximate Maximum Power Point in Photovoltaic Systems”, IEEE Power Electronics Letters, 16-19.
9. Ali, A.N.A., Saied, M.H., Mostafa, M.Z., Abdel-Moneim, T.M., (2012). “A Survey of Maximum PPT techniques of PV Systems”, Energytech, 1-17.
10. Walker, S. S. W., Sooriyaarachchi, N.K., Liyanage, N.D.B., Abeynayake, P.A.G.S., Abeyratne, S.G., (2011). “Comparative Analysis of Speed of Convergence of MPPT Techniques”, 6th International Conference on Industrial and Information Systems ICIIIS, 522-526.