

Hızlı Çevresel Değişimler İçin Maksimum Güç Noktası Takibi Metotlarının Karşılaştırmalı Analizi

Comparative Analysis of Maximum Power Point Tracking Methods for Rapid Environmental Changes

Süleyman Emre DAĞTEKE
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bingöl Üniversitesi
Bingöl, Türkiye
sdagteke@gmail.com

Sencer ÜNAL
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Fırat Üniversitesi
Elazığ, Türkiye
sencerunal@gmail.com

Özetçe—Artan enerji talebi yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini her geçen gün arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisi önemli bir yere sahiptir. PV panellerin verimlerinin artırılması ile ilgili çalışmalar son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Maksimum güç noktası takibi (MGNT) teknikleri ile ilgili çalışmalar da bu çalışmalar içinde yer almaktadır. MGNT teknikleri ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmış ve çok sayıda MGNT tekniği kullanılmıştır. Yapılan bu çalışma ile Matlab / Simulink simülasyonları gerçekleştirilmiş ve en önemli MGNT teknikleri incelenmiştir. PV panel, da/da düşürücü-yükseltici dönüştürücü ve MGNT bloğu Matlab / Simulink ortamında modellenmiştir. Hızlı çevresel değişimler için simülasyonu gerçekleştirebilmek amacıyla PV panele ışınım ve sıcaklık değerleri girilmiştir. Her bir MGNT metodu için simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler—*Maksimum Güç Noktası Takibi, Artan İletkenlik Metodu, Değiştir ve Gözlemlen Metodu, Beta Metodu.*

Abstract—Growing demand for energy increases the importance of renewable energy sources every day. In renewable energy sources, solar energy has an important place. Studies related to increasing the efficiency of the PV panels have gained great importance in recent years. Studies related maximum power point tracking (MPPT) techniques are also included in this study. Large number of studies have been made regarding techniques MPPT and large numbers of MPPT techniques has been used. In this study, MATLAB / Simulink simulations have been carried out and the most important MPPT techniques have been analyzed. PV panel, dc/dc buck-boost converter and MPPT block were modeled in Matlab / Simulink. Insolation and temperature values in order to perform the simulation for rapid environmental changes have been entered to PV panels. Simulations were

performed for each MPPT method and the simulation results were compared.

Keywords—*Maximum Power Point Tracking, Incremental Conductance Method, Perturb and Observe Method, Beta Method.*

I. GİRİŞ

PV güç üretimi güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmenin en önemli yollarından biridir. PV güç sistemlerinde ışınım şiddeti ve sıcaklık sistemin çıkış gücünü önemli derecede etkilemektedir [1]. 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 maksimum güç noktası (MGN) vardır [1,2]. MGN' nin konumu bilinmez, fakat hesaplama modelleri veya tarama algoritmaları ile bulunabilir. MGNT, PV panelin MGN' de çalışmasını sağlamak için kullanılmaktadır [2].

Faranda, Leva ve Maugeri yaptıkları çalışmada PV güç üretiminin iki ana probleminin varlığından bahsetmiştir: birincisi PV panellerin enerji dönüşüm veriminin özellikle düşük ışınım şiddetinde çok düşük olması, ikincisi ise PV panelden elde edilen elektrik enerjisi miktarının atmosfer şartları ile sürekli değişmesi. Değiştir ve gözlemlen metodu ve artan iletkenlik metotlarının yaygın olarak literatürde kullanıldığını belirtmişlerdir [2].

Paz ve Ordonez tepe tırmanma tekniği, değiştir ve gözlemlen metodu ve artan iletkenlik algoritmalarının düşük maliyetleri, yüksek verimlilikleri, yeteri derecede güvenilir olmaları ve PV panellerle ilgili ayrıntılı bilgiye

ihtiyaç duymamalarından dolayı MGNT algoritmaları arasında üstünlük kazanmalarını sağladığı, ancak bu metotların sürekli durumda güç kayıplarına sahip olduğu belirtilmiştir [3].

Brito, Sampaio, Junior ve Canesin çalışmalarında, PV panellerin enerji dönüşüm veriminin halen düşük ve uygulamada ilk kurulum maliyetinin halen yüksek olduğunu, bu nedenle PV panelden maksimum verimi elde etmek için MGNT tekniklerinin kullanılmasının gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca basamak fonksiyonu şeklinde değişen bir güç sinyali için MGNT simülasyonunu ve deneysel kurulumunu gerçekleştirmişlerdir. Fakat ani bir ışınım şiddeti ve sıcaklık değişiminin olabileceği bir durum göz önüne alınmamıştır [4].

Jain ve Agarwal çalışmalarında değiştir ve gözlemler metodu, artan iletkenlik metodu ve dalgalanma temelli metoden yaygın kullanılan MGNT metotlarından birkaçı olarak tanımlamışlardır. Yaptıkları çalışmada basamak fonksiyonu şeklinde değişen ışınım ve sıcaklık değişiminin olduğu durum incelenmiş, fakat ani yükseliş ve düşüşlere sahip ışınım ve sıcaklık değişimlerinin olması durumlarındaki sonuçlar değerlendirilmemiştir [5].

Yaptığımız çalışmada literatürde oldukça fazla değinilen artan iletkenlik metodu, değiştir ve gözlemler metodu ve beta metotlarının Matlab / Simulink simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Metotlarının hızlı çevresel değişimlere verdiği yanıtları daha doğru bir şekilde görebilmek için ani ışınım şiddeti ve sıcaklık değişimlerinin meydana geldiği giriş sinyalleri kullanılmıştır. MGNT metotları ile bu ışınım şiddeti ve sıcaklık değişimlerinde da/da düşürücü-yükseltici dönüştürücüye uygulanan PWM sinyalinin görev periyodu kontrol edilerek MGNT gerçekleştirilmiştir. Dönüştürücü çıkışına bağlanan yüke aktarılan güçteki değişim gözlemlenmiştir.

II. MGNT METOTLARI

A. Artan İletkenlik Metodu

Artan iletkenlik algoritması MGN' de (1)' in gerçekleştirilmesinin gözlenmesine dayanmaktadır.

$$\left(\frac{dI_{PV}}{dV_{PV}}\right) + \left(\frac{I_{PV}}{V_{PV}}\right) = 0 \quad (1)$$

I_{PV} ve V_{PV} , PV panelin sırayla akım ve gerilimidir. PV'nin P-V eğrisinde çalışma noktası MGN' nin sağındaysa (2) sağlanmalıdır.

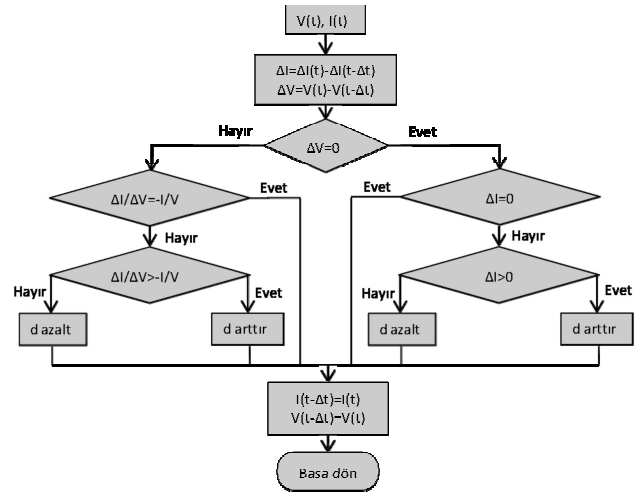
$$\left(\frac{dI_{PV}}{dV_{PV}}\right) + \left(\frac{I_{PV}}{V_{PV}}\right) < 0 \quad (2)$$

Eğer çalışma noktası MGN' nin solundaysa (3) sağlanmalıdır.

$$\left(\frac{dI_{PV}}{dV_{PV}}\right) + \left(\frac{I_{PV}}{V_{PV}}\right) > 0 \quad (3)$$

MGN' de anlık iletkenlik I_{PV}/V_{PV} , artan iletkenlik dI_{PV}/dV_{PV} ' nin karşılaştırılmasıyla izlenebilir [2,7,9]. $\left(\frac{dI_{PV}}{dV_{PV}}\right) + \left(\frac{I_{PV}}{V_{PV}}\right)$ denkleminin işareti, MGNT' nin yol açtığı değişimin doğru yönünü işaret eder. MGN' ye ulaşıldığı zaman, PV' nin çalışması bu yönde sağlanmaktadır ve dI_{PV} ' de bir değişim olmadıkça çıkış geriliminin değişimi durmaktadır. Bu durumda algoritma yeni MGN' yi izlemek için PV panel gerilimi V_{PV} ' yi arttırmakta veya azaltmaktadır [2].

Bu metodun akış şeması Şekil 1' de verilmektedir.



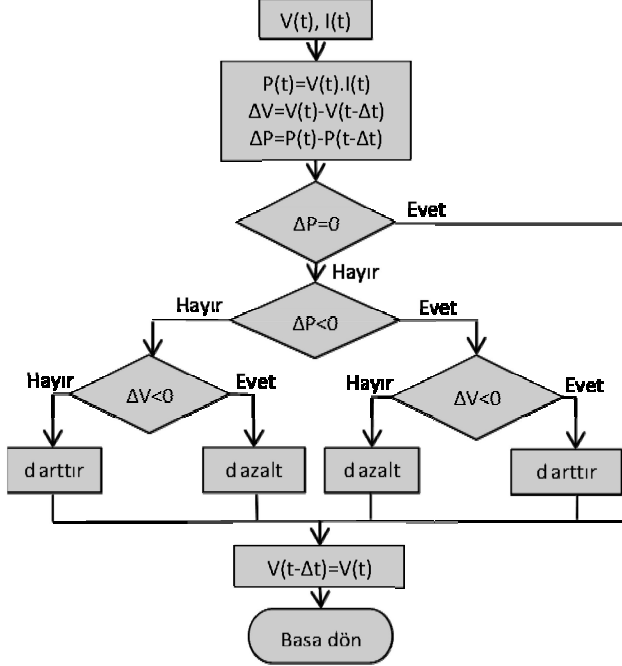
Şekil 1. Artan iletkenlik metodu akış şeması

B. Değiştir ve Gözlemler Metodu

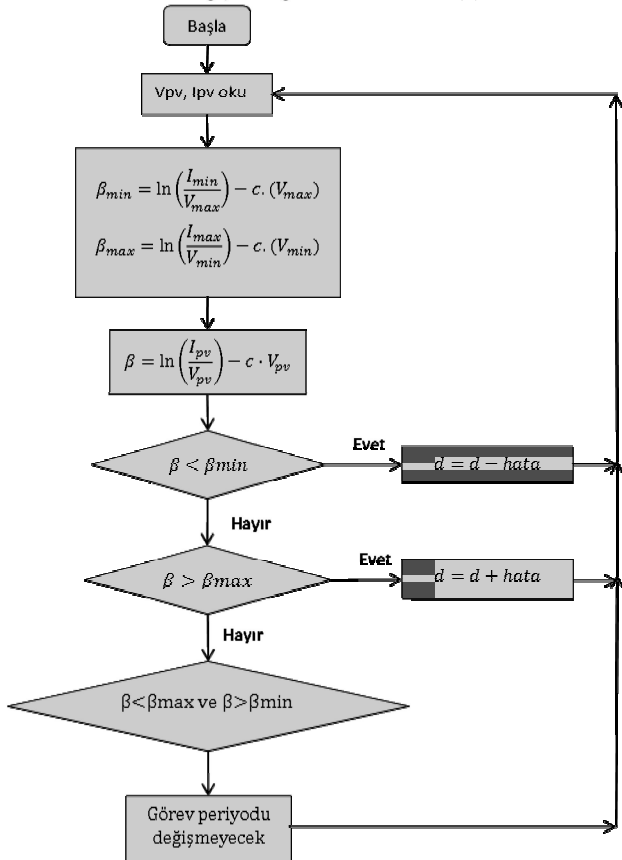
Değiştir ve gözlemler metodu PV panel terminal geriliminin periyodik olarak artırılması ve azaltılmasıyla çalışmakta ve önceki görev periyodunun sağladığı değişim ile PV çıkış gücü karşılaştırılmaktadır. Eğer PV panel çalışma gerilimi değişir ve güç artarsa, kontrol sistemi PV panel çalışma noktasını aynı yönde hareket ettirir. Aksi halde çalışma noktası karşıt yönde hareket edecektir. Gelecek görev periyodunda da algoritma aynı şekilde çalışacaktır [1,2,4-6].

Değiştir ve gözlemler metodunda yaygın bir problem PV terminal geriliminin her MGNT görev periyodunda değişmesidir. MGN' ye ulaşılması durumunda da devam eden bu değişim MGN' den uzak bir noktaya çalışma noktasını kaydırır. Bu nedenle MGN' ye ulaşıldığında, PV sistemde güç kayıplarına sebep olan MGN etrafında osilasyonlar oluşacaktır. Bu, hızlı çevresel değişimlerde de gerçekleşmekle birlikte, özellikle sabit ve yavaş değişen atmosfer şartları için doğrudur [1-3,6-8]. Bu metodun avantajları; önceden bilinen bir PV güç karakteristik eğrisine ihtiyaç duymaması, basit bir metot olması ve az sayıda ölçüm parametresine ihtiyaç duymasındır [4,8]. Değiştir ve gözlemler metodunun akış

şeması Şekil 2' de verilmektedir. Değiştir ve gözlemler metodu MGN' ye ulaşmak için iyi bir metottur ve PV panelden bağımsızdır [4,6,9].



Şekil 2. Değiştir ve gözlemler metodu akış şeması



Şekil 3. Beta metodunun akış şeması

C. Beta Metodu

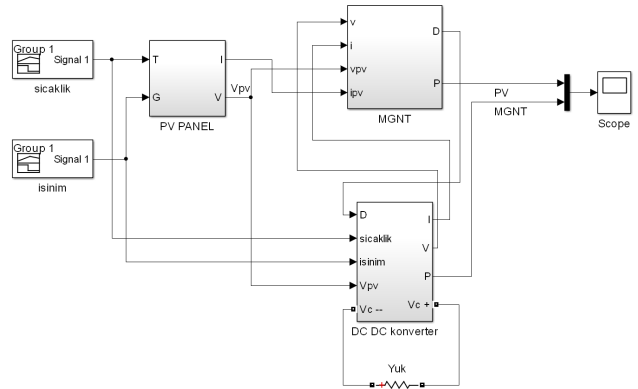
Beta metodu bir değişken olan β eşitliğiyle maksimum güç noktasına yaklaşmaktadır.

$$\beta = \ln\left(\frac{I_{PV}}{V_{PV}}\right) - c.V_{PV} \quad (4)$$

Denklem (4)' de $c = q/(AkTN_s)$; elektron yüküne, PV kalite faktörüne, boltzmann sabitine, sıcaklığa ve seri fotovoltaik hücre sayısına bağlı bir sabittir. Çalışma noktası değiştiği gibi optimum noktada β değeri hemen hemen sabit kalır. Böylece β panelin akımı ve gerilimi kullanılarak sürekli hesaplanır ve sabit referans ile kapalı döngü içine sokulabilir. β izlenmesiyle çalışma noktası, büyük iterasyon adımları kullanılarak MGN' ye çok yakın bir çalışma noktasına hızlıca ulaşmaktadır. Beta metodunun akış şeması Şekil 3' de verilmektedir. Bu metod hızlı ve doğru izleme avantajına sahiptir. Beta algoritması birkaç iterasyon ile asıl maksimum güç noktasına çok yakın bir noktaya çalışma noktasını ulaştırır. Sonuç olarak beta metodu maksimum güç noktasına yaklaşırken, geleneksel MGNT metotları gerçek MGN' yi takip etmek için kullanılmaktadır [4,5,8,9,10].

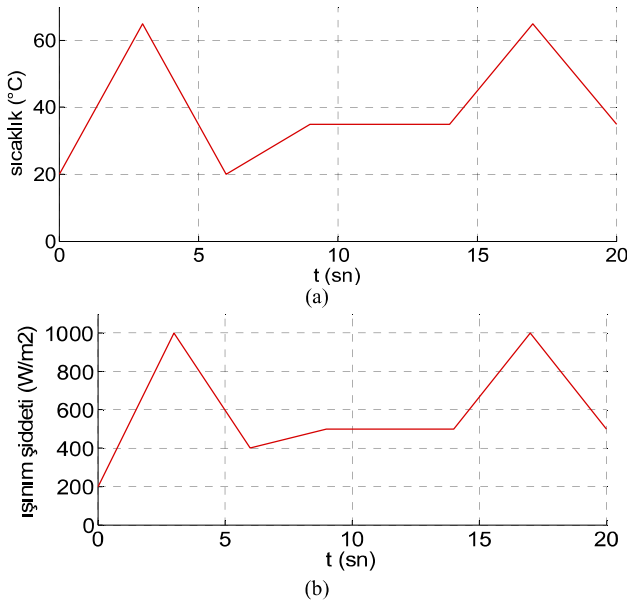
III. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Bu çalışmada açıklanan MGNT metotlarının simülasyonları bu bölümde gerçekleştirilmiştir. Sistem giriş verisi olarak aynı ışınım şiddeti ve sıcaklık değişimleri kullanılmıştır. Şekil 4' de metotların simülasyonlarını gerçekleştirmek için kurulan Matlab / Simulink modeli görülmektedir.



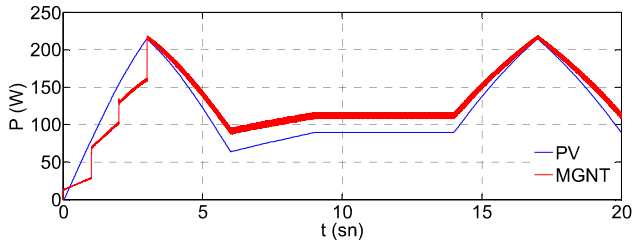
Şekil 4. MGNT için Matlab / Simulink modeli

Şekil 5' de ışınım şiddeti ve sıcaklık değişimlerine ait giriş sinyalleri görülmektedir. Bu sinyaller giriş verisi olarak kullanılmış ve her bir metodun simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

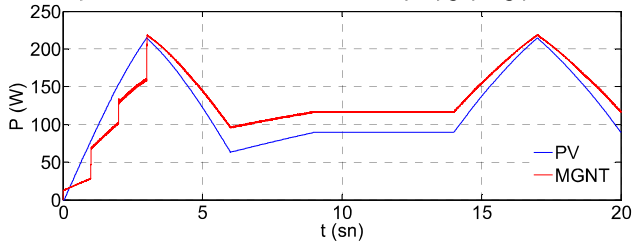


Şekil 5. Giriş sinyalleri: (a) sıcaklık değişimi, (b) ışınım şiddeti değişimi

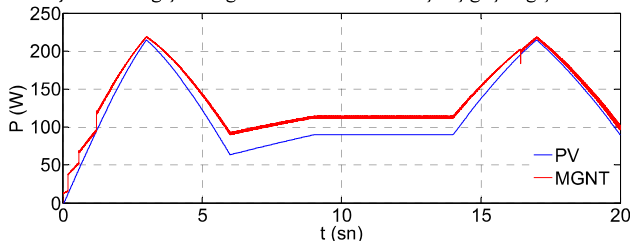
Artan iletkenlik metodu, değiştir ve gözlemle metodu ve beta metodunun simülasyonları gerçekleştirilerek sırasıyla Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8’ de verilen çıkış güç değişimleri gözlemlenmiştir.



Şekil 6. Artan iletkenlik metoduna ait çıkış güç değişimi



Şekil 7. Değiştir ve gözlemle metoduna ait çıkış güç değişimi



Şekil 8. Beta metoduna ait çıkış güç değişimi

IV. SONUÇLAR

Bir PV MGNT sisteminde, sıcaklık ve ışınım şiddetinin oluşturduğu hızlı çevresel değişimler karşısında sistemin

davranışlarını simule edebilmek amacıyla bir Matlab / Simulink modeli gerçekleştirilmiştir. Bu model sayesinde farklı çalışma koşulları altında en çok kullanılan MGNT yöntemlerinin davranışlarının analizi kolaylıkla incelenebilmektedir. Modelden edilen simülasyon sonuçlarında her bir MGNT metoduna ait çıkış gücü ile PV çıkış gücü değişimleri aynı grafikler üzerinde gösterilerek, MGNT metotları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda beta metodunun hızlı çevresel değişimlere daha doğru yanıt verdiği, 20 sn süresince PV çıkış gücünün üzerinde bir çıkış gücü sağlamasıyla görülmüştür. Değiştir ve gözlemle metodunun diğer iki metoda göre özellikle 3. sn’ den sonra daha az osilasyon yaparak MGNT gerçekleştirdiği görülmektedir. Bu metodun hızlı çevresel değişimlere yavaş yanıt vermesine karşın sürekli durumda beta metoduna göre daha doğru bir MGNT gerçekleştirdiğini göstermektedir. Artan iletkenlik metodunun ise hem yavaş hızlı çevresel değişimlere yanıt vermesi, hem de sürekli durumda daha fazla osilasyon oluşturmasıyla diğer iki metoda göre daha kötü bir MGNT gerçekleştirdiği görülmüştür. Gerçekleştirilen Matlab / Simulink modeli ile literatürde yer alan diğer MGNT metotlarının da analizi kolaylıkla yapılabilmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] S. Qin, M. Wang, T. Chen, X. Yao, “Comparative Analysis of Incremental Conductance and Perturb-and-Observation Methods to Implement MPPT in Photovoltaic System”, *International Conference on Electrical and Control Engineering (ICECE)*, s. 5792-5795, 2011.
- [2] R. Faranda, S. Leva, V. Mageri, “MPPT techniques for PV Systems: energetic and cost comparison”, *Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century IEEE*, s. 1-6, 2008.
- [3] F. Paz, M. Ordonez, “Zero Oscillation and Irradiance Slope Tracking for Photovoltaic MPPT”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2014, s. 1-10.
- [4] M.A.G. de Brito, L. P. Sampaio, L.G. Junior, C.A. Canesin, “Evaluation of MPPT Techniques for Photovoltaic Applications”, *IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, s. 1039-1044, 2011.
- [5] S. Jain, V. Agarwal, “A New Algorithm for Rapid Tracking of Approximate Maximum Power Point in Photovoltaic Systems”, *Power Electronics Letters*, s. 16-19, 2004.
- [6] M.A.G. Brito, L.P. Sampaio, G. Jr. Luigi, Guilherme A. Melo, C.A. Canesin, “Comparative Analysis of MPPT Techniques for PV Applications”, *International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP)*, s. 99-104, 2011.
- [7] S.S.W. Walker, N.K. Sooriyaarachchi, N.D.B. Liyanage, P.A.G.S. Abeynayake, S.G. Abeyratne, “Comparative Analysis of Speed of Convergence of MPPT Techniques”, *6th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS)*, s. 522-526, 2011.
- [8] H.P. Desai, H.K. Patel, “Maximum Power Point Algorithm in PV Generation: An Overview”, *Power Electronics and Drive Systems*, s. 624-630, 2007.
- [9] A.N.A. Ali, M.H. Saied, M.Z. Mostafa, T.M. Abdel-Moneim, “A Survey of Maximum PPT techniques of PV Systems”, *IEEE*, s. 1-17, 2012.
- [10] S. Jain, V. Agarwal, “New current control based MPPT technique for single stage grid connected PV systems”, *Energy Conversion and Management*, s. 625-644, 2006.