

Fotovoltaik Sistemlerde Değiştir Gözle ve Artan İletkenlik Algoritmalarının Karşılaştırılması

Comparison of P&O and Incremental Conductance Algorithms for Photovoltaic Systems

Yunus Emre KESKİN¹, Mustafa Engin BAŞOĞLU², İbrahim Gürsu TEKDEMİR³, Bekir ÇAKIR⁴

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

¹yunusemre.keskin@kocaeli.edu.tr, ²mengin.basoglu@kocaeli.edu.tr,

³gursu.tekdemir@kocaeli.edu.tr ⁴bcakir@kocaeli.edu.tr

Özet

Güneş enerjisinden elektrik üretirken, güneşten maksimum oranda faydalanmak için güneşi sadece mekanik olarak takip eden sistemler yeterli olmamakta, bunun yanı sıra elektronik takip yapan maksimum güç noktası izleyici (MGNI) yöntemleri de kullanılmaktadır. Bu çalışmada literatürde en çok karşılaşılan MGNI yöntemlerinden değiştir gözle (D&G) ve artan iletkenlik (Aİ) algoritmaları MATLAB programında benzetimi yapılarak ve bir yükseltici DA-DA dönüştürücü devresi kullanılarak farklı ışınım durumları için karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Artan İletkenlik Algoritması, Değiştir Gözle Algoritması, Maksimum Güç Noktası İzleme

Abstract

When producing electricity from solar energy, since mechanical tracking systems are not sufficient for gaining maximum power, maximum power point tracking (MPPT) methods that makes electronic tracking are also used. In this study, Perturbation and Observation (P&O) and Incremental Conductance (IC) algorithms, which are some of the most common MPPT methods in the literature, are simulated on MATLAB and compared for different radiation conditions by using a boost DC-DC converter circuit.

Keywords: Incremental Conductance Algorithm, Perturbation and Observation Algorithm, Maximum Power Point Tracking

1. Giriş

Güneş enerjisinden elektrik üretimi, son yıllarda sıkça konuşulan yenilenebilir enerji kaynağı uygulamalarının oldukça popüler olan bir çeşididir. Sınırsız olması, işletme maliyetinin düşük olması ve çevre kirliliğine yol açmaması gibi birçok iyi nedenden dolayı elektrik üretiminde tercih edilen ve ilerleyen teknolojiler sayesinde de her geçen gün daha verimli hale gelen bir elektrik enerjisi kaynağıdır.

Güneş enerjisini daha verimli kullanmak için bir çok MGNI yöntemi geliştirilmiştir. Maksimum güç noktası izleme yöntemleri üzerine yapılan bir çok çalışmada, literatürde yer

alan yöntemler MATLAB Simulink ortamında karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve yöntemlerin birbirlerine olan üstünlüklerine değinilmiştir. Yöntemlerin maliyeti konusunda, bütün yöntemleri aynı anda gerçekleştirmenin zor olduğu gerekçesiyle herhangi bir kıyaslama yapılmamıştır [1-3].

Değiştir gözle ve artan iletkenlik algoritmaları üzerine yapılan çalışmalarda, bu iki yöntem kıyaslanmış ve benzetim sonuçlarına göre artan iletkenlik algoritmasının maksimum güç noktasında gereksiz salınımlar yaptığı ve bu noktaya geç ulaştığı ve çok fazla işlem gerektirdiği, değiştir gözle algoritmasının ise maksimum güç noktasına daha hızlı ulaştığı, çevresel değişimlerde toparlanma süresinin kısa olduğu ve daha az işlem gerektirdiği söylenmiştir [4,5].

Bu çalışmada değiştir gözle algoritması ve artan iletkenlik algoritması MATLAB programında benzetimleri yapılarak ve farklı ışınım durumları için bir yükseltici DA-DA devresi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

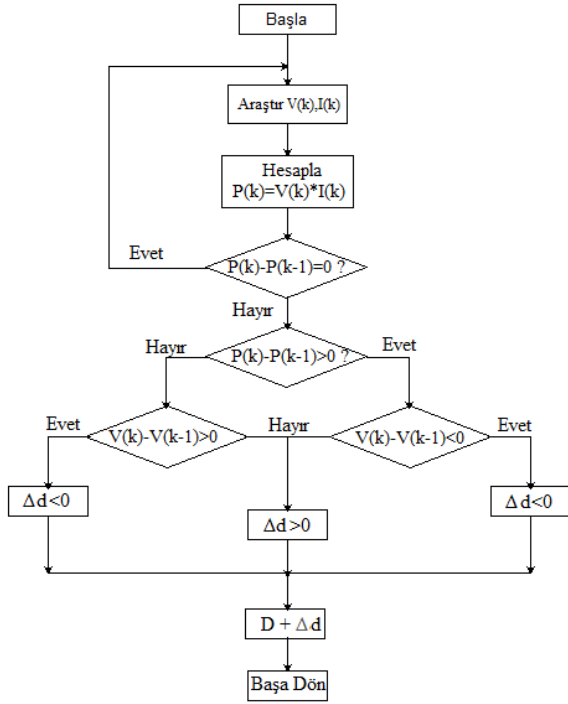
2. Fotovoltaik Sistemlerde Maksimum Güç Noktası İzleme Algoritmaları

2.1. Değiştir Gözle Algoritması

Değiştir gözle algoritması literatürde en çok karşılaşılan ve diğer yöntemlere göre daha basit olan bir MGNI yöntemidir. Bu yöntemde öncelikle panel gerilimi ve akımı ölçülerek ilk durumdaki panel gücü hesaplanır. İkinci adımda gerilimdeki veya yarı iletken anahtarın doluluk boşluk oranındaki küçük değişimler göz önüne alınarak panelin gücü yeniden hesaplanır. Elde edilen bu iki güç değeri arasında fark yok ise algoritma başa dönerek yeniden güç hesapları yapar. Eğer aradaki fark sıfırdan büyük veya sıfırdan küçük ise bu sefer algoritma panel geriliminin değişimine bakar. İki gerilim değeri arasındaki farka göre, yarı iletken anahtarın doluluk boşluk oranı değiştirilerek maksimum güç noktası takibi yapılmış olur.

D&G yöntemi, hızla değişen atmosferik koşullarda, örneğin parçalı bulutlu havalarda, bazı sapmalar gösterebilir. Bunun sebebi güç eğrisindeki ani değişimlerde yöntemin hareket yönünü bir önceki durum için seçmiş olması ve eğri değiştiğinde seçilen yönün geçerliliğini yitirmesidir. Bu yöntemde maksimum güç noktası tam olarak izlenememekte ancak

maksimum güç noktasına yakın bir yerde salınım yapması sağlanabilmektedir [6].



Şekil 1. Değiştir gözle algoritması akış diyagramı

2.2. Artan İletkenlik Algoritması

Bir fotovoltaik sistem için çıkış gücünün gerilime göre türevi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(IV)}{dV} = I + V \frac{dI}{dV} = I + V \frac{\Delta I}{\Delta V} \quad (1)$$

Denklem (1)'in çözümü yapılsa, maksimum güç noktasında sıfıra eşit olacağı, pozitif değerlerde maksimum güç noktasının solunda ve negatif değerlerde maksimum güç noktasının sağında yer alacağı söylenebilir. Bu bilgiler doğrultusunda denklemler aşağıdaki şekilde yazılabilir.

Maksimum güç noktasında:

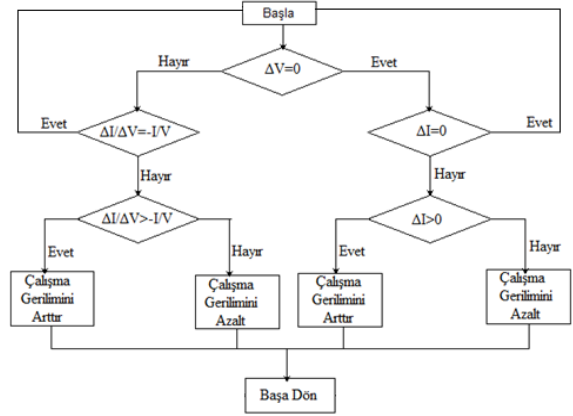
$$\frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{-I}{V} \quad (2)$$

Maksimum güç noktasının solunda:

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} > \frac{-I}{V} \quad (3)$$

Maksimum güç noktasının sağında:

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} < \frac{-I}{V} \quad (4)$$

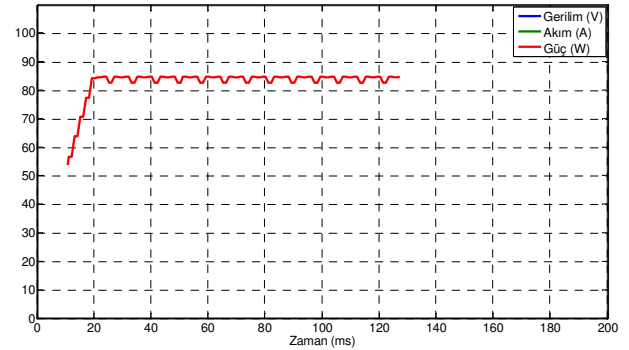


Şekil 2. Artan İletkenlik algoritması akış diyagramı

Artan iletkenlik algoritmasında maksimum güç noktası, gerilim ve akım değerlerinin bir önceki gerilim ve akım değerleri ile karşılaştırılmasıyla bulunur [7]. Artan iletkenlik yöntemine ait akış diyagramı Şekil 2’de verilmiştir.

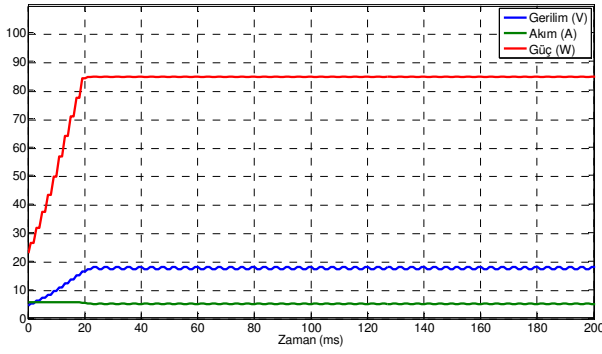
3. MATLAB Benzetim Sonuçları

Algoritmaları MATLAB programında benzetim yaparak karşılaştırmak için mevcut güneş panelinin akım gerilim karakteristiği üzerinden 2000 adet akım ve 2000 adet gerilim örneği alınmıştır. Hem değiştir gözle hem de artan iletkenlik algoritmaları MATLAB programında m-file kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 3. D&G algoritması MATLAB benzetim sonucu

Değiştir gözle algoritması için MATLAB benzetim sonucu Şekil 3’de, artan iletkenlik algoritması için ise Şekil 4’de verilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında değiştir gözle algoritmasının maksimum noktada sürekli olarak kalamadığı ve sürekli olarak salınım yaptığı görülmektedir. Artan iletkenlik algoritması ise maksimum güç noktasını sürekli olarak takip etmiş ve değiştir gözle algoritmasına göre daha iyi performans sergilemiştir.



Şekil 4. Aİ algoritması MATLAB benzetim sonucu

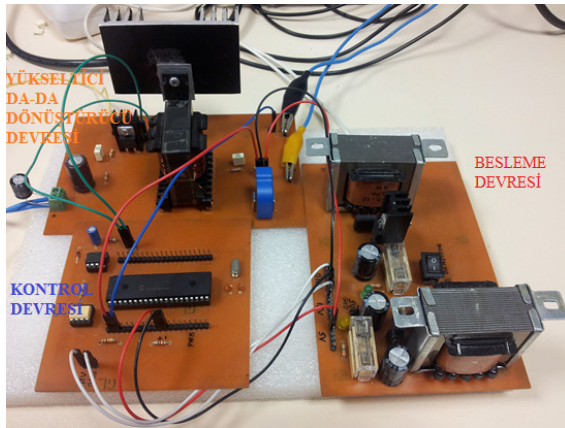
4. Uygulama Sonuçları

Uygulama devreleri, yükseltici DA-DA dönüştürücü devre, kontrol devresi ve besleme devresinden oluşmaktadır. Panelden elde edilen gerilim ve akım, yükseltici DA-DA dönüştürücü devrenin girişine uygulanmış, kontrol devresi ile yarı iletkenin doluluk boşluk oranı ayarlanmış ve besleme devresi ile de kontrol devresinin beslemesi sağlanmıştır. Yüke aktarılan güç, yükseltici devrenin çıkışından sağlanmıştır.

Uygulamada maksimum güç noktası aranan, çıkış gücü 90 W olan, polykristal cinsi güneş paneli kullanılmıştır. Panele ait görsel Şekil 5’de, uygulama devreleri ise Şekil 6’da verilmiştir.



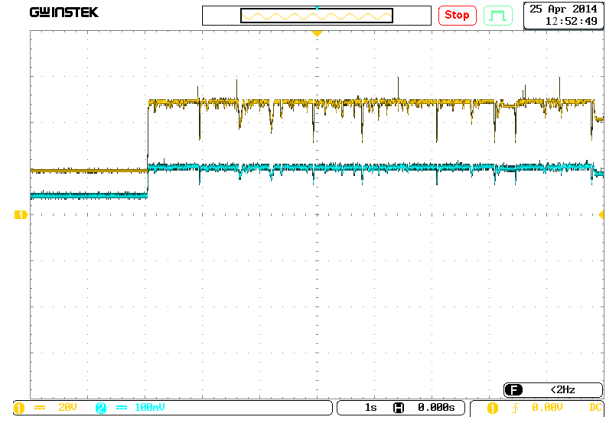
Şekil 5. Uygulamada kullanılan güneş paneli



Şekil 6. Uygulama devreleri

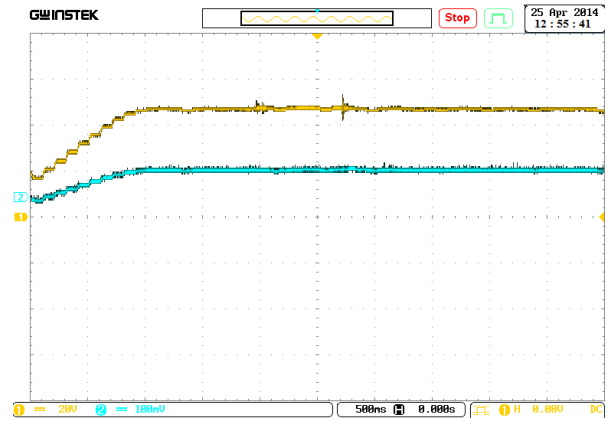
Algoritmalar farklı ışınım koşullarında ölçümler alınarak karşılaştırılmıştır. Uygulama sonuçlarında izlenen gerilim ve akım değişimleri yükseltici DA-DA dönüştürücü devresinin çıkışına bağlanan yük üzerinden okunmuştur.

İlk durumda değiştir gözle algoritması için, algoritmanın çevrim süresi 1 ms olarak ayarlanmış, yükseltici DA-DA dönüştürücü devresinin çıkışına 46 Ω yük bağlanmış ve algoritmanın maksimum güç noktasındaki gerilim ve akım değişimleri izlenmiştir. 1000 W/m² sabit ışınım ve 25 °C ortam sıcaklığı altında alınan gerilim ve akım sonuçları Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. D&G algoritması, çevrim süresi 1 ms.

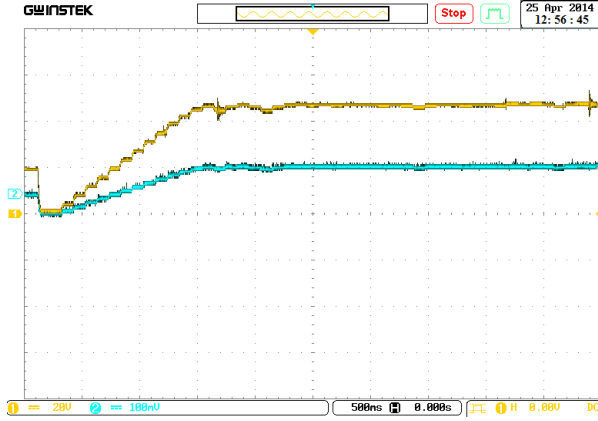
Çıkış yüküne bağlanan akım probu için çevirme oranı 100 mV için 1 A’dır. Yani grafiklerdeki mavi çizgiler akımı temsil etmekte ve her dikey kare 1 A’i göstermektedir. Gerilim için ise Volt/div 20 V olup sarı çizgiler için her bir dikey kare 20 V’u göstermektedir.



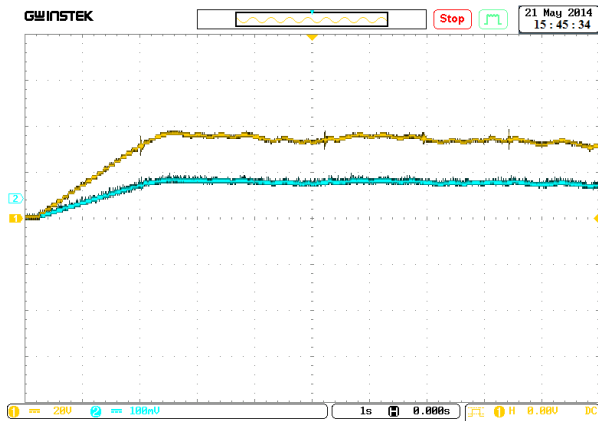
Şekil 8. D&G algoritması, 1000 W/m² ışıma durumu

Algoritmanın çevrim süresinin kısa tutulması devreden alınan gerilim ve akım bilgilerinin doğruluğunu olumsuz yönde etkilemiş ve Şekil 7’de görüldüğü gibi algoritmanın maksimum güç noktasında ciddi salınımlar yaptığı tespit edilmiştir. Bu durumu düzeltmek için çevrim süresi 100 ms’ye çıkarılmıştır. Bu durumdaki osiloskop görüntüsü Şekil 8’de yer almaktadır. Çevrim süresi 100 ms’ye çıkarıldıktan sonra algoritmanın maksimum noktayı daha doğru bir şekilde izlediği görülmektedir.

Aynı ışıma, yük ve sıcaklık koşulları altında artan iletkenlik algoritması için alınan sonuçlar Şekil 9’da verilmiştir. Sonuçlar kıyaslandığında değiştir gözle algoritmasının maksimum güç noktasına daha hızlı ulaştığı ve artan iletkenlik algoritmasıyla hemen aynı seviyede bir karakteristik çizdiği söylenebilir.



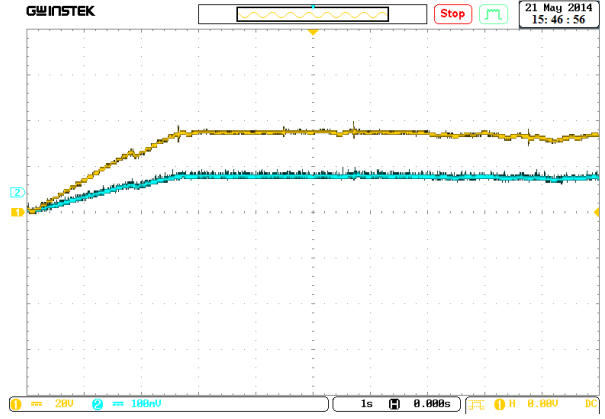
Şekil 9. AI algoritması, 1000 W/m² ışıma durumu



Şekil 10. D&G algoritması, 600 W/m² ışıma durumu

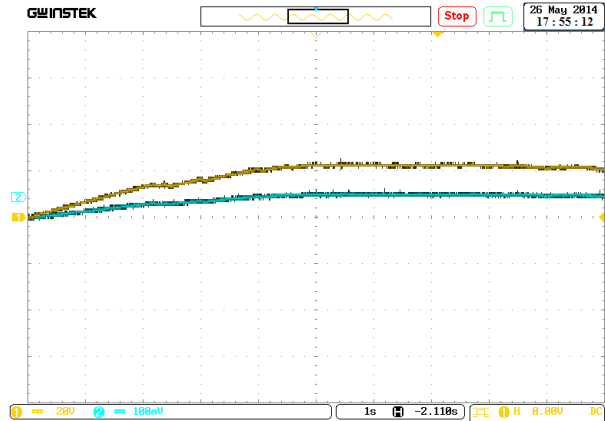
Algoritmaların düşük ışıma durumlarındaki performanslarını test etmek için 600 W/m² ışıma altında sonuçlar alınmıştır. Değiştir gözle algoritmasına ait ölçüm sonucu Şekil 10’da, artan iletkenlik algoritmasına ait ölçüm sonucu ise Şekil 11’de verilmiştir.

Algoritmaların 150 W/m²’lik düşük ışımadaki performanslarına ilişkin sonuçlar, değiştir gözle algoritması için Şekil 12’de, artan iletkenlik algoritması için de Şekil 13’de verilmiştir.

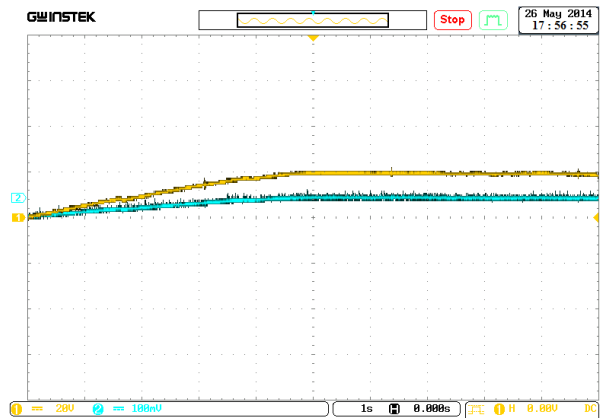


Şekil 11. AI algoritması, 600 W/m² ışıma durumu

Şekillerden anlaşılabileceği üzere ışıma değeri düştükçe değiştir gözle algoritması maksimum noktayı takip etmekte zorlanmaya başlanmıştır. Ancak artan iletkenlik algoritması ışıma değerlerinin düşmesine rağmen maksimum güç noktasını takip etmeyi sürdürmüştür. Maksimum noktayı yakalama süreleri için hemen her koşulda değiştir gözle algoritması daha hızlıdır denilebilir.



Şekil 12. D&G algoritması, 150 W/m² ışıma durumu



Şekil 13. AI algoritması, 150 W/m² ışıma durumu

5. Sonuçlar

Algoritmalarla ait farklı çevre koşulları için yükseltici DA-DA dönüştürücü devresinin çıkışına ait gerilim ve akım karakteristikleri karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır. Alınan sonuçlara göre yüksek ışımalarda iki algoritmanın da performansı birbirine yakındır. Ancak düşük ışımalarda artan iletkenlik algoritmasının diğer algoritmaya göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Maksimum güç noktasını yakalama süreleri kıyaslandığında değiştir gözle algoritmasının daha başarılı olduğu izlenmiştir.

6. Kaynaklar

- [1] Esham T., Chapman P. L., Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques, Energy Conversion, 2007, 22, 439-449.
- [2] Faranda R., Leva S., Maugeri V., MPPT techniques for PV systems: energetic and cost comparison, Power and Energy Society, DOI: 10.1109/PES.2008.4596156.
- [3] Reisi A. R., Moradi M. H., Jamasb S., Classification and comparison of maximum power point tracking techniques for photovoltaic system: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 19, 433-443.
- [4] Abouobaida H., Cherkaoui M., Comparative study of maximum power point trackers for fast changing environmental conditions, Int. Conference on Multimedia Computing and Systems, Tangier, 10-12 May 2012.
- [5] Petreus D., Moga D., Rusu A., Patarau T., Daraban S., A maximum power point tracker for a photovoltaic system under changing luminosity conditions, International Symposium on Industrial Electronics, Bari, 4-7 July 2010.
- [6] Jie D., Chun-jiang Z., Yan-bang L., Comparison of duty ratio perturbation and observation and reference voltage perturbation and observation methods applied in MPPT, Power Electronics and Motion Control Conference, China, 2-5 June 2012.
- [7] Safari A., Mekhilef S., Incremental conductance MPPT method for PV systems, 24th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Niagara Falls, ON, 8-11 May 2011.