

Güneş Enerji Sistemleri için Bir Eğitim Aracı

*¹Serhat DUMAN, ²Nuran YÖRÜKEREN, ³İsmail H. ALTAŞ

*¹Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Türkiye

²Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye

³Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye

Özet

Güneş enerjisi çevrim sistemleri yenilenebilir ya da alternatif enerji kaynakları içerisinde önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, güneş enerji çevrim sistemleri için MATLAB/GUI tabanlı bir eğitim seti hazırlanmıştır. Bu eğitim setinde bir diyotlu ve iki diyotlu güneş pili modelleri düşünülmüştür. Kullanıcı, güneş pilinin tüm parametrelerini girerek farklı sıcaklık ve güneş ışınımı gibi çevresel koşullar altında benzetim çalışmaları yapabilmektedir. Ayrıca güneş pilinin bu koşullar altındaki karakteristik eğrilerini görebilmektedir. Ek olarak, güneş enerjisi sisteminin gölgeli koşullar altındaki çalışmasını ve maksimum güç noktası takip algoritmalarını inceleyebilmektedir. Bu amaçlanan eğitim aracı araştırmacılar ve öğrenciler için kendi sistemlerinin tasarımını yapmada basit ve doğru bir güneş pili simülatörü olarak yararlı olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi, MATLAB/GUI, eğitim seti

Abstract

Solar energy conversion systems have a significant place within the renewable or alternative energy sources. In this study, an educational tool based on MATLAB/GUI environment has been prepared to solar energy conversion systems. One diode, two diode of solar cell models are considered in this educational tool. User can perform simulation studies under environmental conditions such as temperature and solar irradiation. Also, user can see the characteristic curves of the solar cell under these conditions. In addition to, user can analyze the operation under shading conditions of the solar energy system and maximum power point tracking algorithms. It is expected that this proposed educational tool will be effective for students and researchers to design their system as simple and accurate a solar cell simulator.

Key words: Renewable energy sources, solar energy, MATLAB/GUI, educational tool

1. Giriş

Temiz enerji veya yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılan enerji kaynaklarından güneş enerjisi çevrim sistemleri doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülebildiklerinden dolayı alternatif bir enerji kaynağı olarak enerji üretiminde kullanımı giderek artmaktadır [1-2]. Özellikle uzun vadedeki ekonomik getirisinden dolayı bu kaynaklar çevre dostu temiz enerji kaynaklarından biri olarak da belirtilmektedir [3]. Güneş enerjisi çevrim sistemlerinde kullanılan fotovoltaiik (FV) modüller verimleri düşük kurulum maliyetleri yüksek olduğu için sürekli olarak uygun çalışma şartlarının belirlenmesi gerekmektedir [4-5]. FV modüllerin güneş ışınım şiddeti ve sıcaklık gibi

*Corresponding author: Address: Faculty of Technology, Department of Electrical and Electronics Engineering Duzce University, Duzce TURKEY. E-mail address: serhatduman@duzce.edu.tr, Phone: +903805421133 Fax: +905421134

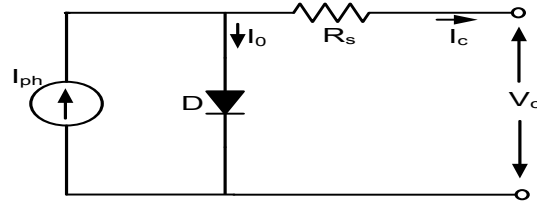
değişen çevresel şartlara bağımlı olarak üreteceği akım ve gerilim değerleri değişmektedir. Bu koşullar altında akım ve gerilim büyüklüklerinin eğrileri arasında doğrusal olmayan Akım-Gerilim (I-V), Güç-Gerilim (P-V), Güç-Akım (P-I) karakteristiklerini gösteren bir yapı bulunmaktadır. Bu durum araştırmacıları güneş enerjisi sistemlerinin modellenmesi, benzetimi ve analizi çalışmalarına yönlendirmiştir.

Altaş ve Sharaf FV hücrelerin basit devre eşitliklerini kullanarak Matlab/Simulink paket programında FV dizi benzetim modelini oluşturmuşlardır. Farklı yük tipleri, güneş ışınım şiddeti ve sıcaklık gibi değişen çevresel koşullar düşünülerek geliştirilen FV sistemin analizi yapılmıştır [4]. Altın ve Yıldırımoglu Labview/Matlab paket programı tabanlı bir FV simülatör tasarımı yapmışlardır. Çalışmalarında kullanıcı üretici firmanın katalog bilgilerini, çevresel şartları simülatörde gerekli yerlere girer. Simülatör kullanıcıya FV sistemin üretebileceği maksimum akım, gerilim, güç değerlerini ve bu değerler doğrultusunda modelin I-V, P-V eğrilerini analiz etmesine olanak sunar. Yazarlar bir başka çalışmalarında aynı paket programlarını kullanarak şebeke bağlantılı FV sistem simülatörü tasarımını amaçlamışlardır. Bu çalışmalarında ise kullanıcı tasarımını yapmak istediği FV sisteme ait bilgileri belirtilen yerlere girerek istenilen koşullar altında analiz çalışmalarını yapabilmektedir. Ayrıca analiz süresince FV sisteme ait karakteristik özelliklerin eğrilerini ve şebekeye bağlantı noktasındaki akım, gerilim eğrilerini de inceleyebilmektedir [5-6]. Belhaouas ve ark. çalışmalarında bir FV hücre veya modülün güneş ışınım şiddeti, sıcaklık ve havanın kısmi bulutluluk durumu gibi çevresel koşullara bağımlı olarak değişen elektriksel davranışı ve karakteristiğini Matlab/Simulink paket programında hazırladıkları ara yüz çalışması ile analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında iki diyotlu FV sistem modelini kullanmışlar, ayrıca girilen model parametrelerine bağımlı olarak modele ait I-V ve P-V karakteristik eğrilerin incelenmesini sağlamışlardır [7]. Lee ve ark. FV sistemlerin doğrusal olmayan ve karmaşık bir matematiksel yapıya sahip olduklarını, bu durumu standart test koşullarındaki FV modülün katalog bilgilerinden sadece akım, gerilim eğrilerini kullanarak önerdikleri basit yapıdaki modelle geliştirdiklerini belirtmişlerdir. Bu modeli gerçek hava koşulları altında ölçülen değerlerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Benzetim çalışmasından ve deneysel sonuçlardan elde edilen değerleri Labview tabanlı hazırladıkları simülatör programında analiz etme olanağını kullanıcıya sunmuşlardır [8].

Bu çalışmada güneş enerjisi sistemlerinin analizi için MATLAB/GUI tabanlı bir eğitim simülatörü hazırlanmıştır. Bu eğitim simülatörü güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan bir ve iki diyot modelli FV modüllerin analizini, FV sistemlerinde maksimum güç noktasını aramada kullanılan algoritmalarından değiştir-gözetle ve artan iletkenlik algoritmalarının analizlerini, ayrıca çevre şartlarının gölgeli olduğu durumlarda FV sistemlerin detaylı bir şekilde analizinin yapılmasını kullanıcıya olanak sağlamaktadır.

2. Güneş Enerjisi Sisteminin Modellenmesi

Güneş enerjisi çevrim sistemlerinde kullanılan güneş pilleri belirlenen yüzey alanı içerisine seri ya da paralel bağlanarak oluşturulan FV modülün üreteceği gücün artması sağlanmaktadır. Bu çalışmada bir diyot ve iki diyot güneş pillerinin modellenmesi yapılarak Şekil 1 ve Şekil 2’de bu modellere ait elektriksel devre yapıları gösterilmektedir [4,9-11].



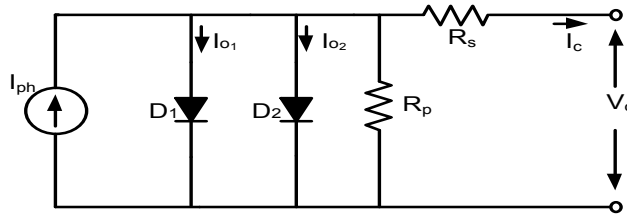
Şekil 1. Bir diyot güneş pili elektriksel devre modeli

Şekil 1’de gösterilen bir diyot güneş pili modeline ait matematiksel eşitlikler aşağıdaki gibi ifade edilmektedir [4,9].

$$V_c = \frac{nkTc}{q} \ln \left(\frac{I_{ph} + I_o - I_c}{I_o} \right) - R_s I_c \quad (1)$$

$$I_c = I_{ph} - I_o \left(e^{\frac{q(V_c + R_s I_c)}{nkTc}} - 1 \right) \quad (2)$$

Burada n güneş pilinde kullanılan malzemeye göre değişen idealite faktörü, I_{ph} foton akımı, k boltzman sabiti, q elektron yükü, I_o diyotun ters doyum akımı, R_s güneş pilinin seri direnci, I_c güneş pili çıkış akımı, V_c güneş pili çıkış gerilimi olarak ifade edilir.



Şekil 2. İki diyot güneş pili elektriksel devre modeli

Şekil 2’de gösterilen iki diyot güneş pili modeline ait matematiksel eşitlikler denklem (3) ve (4) gösterilmektedir [10,11].

$$I_c = I_{ph} - I_{o1} - I_{o2} - I_p \quad (3)$$

$$I_c = I_{ph} - I_{o1} \left(e^{\frac{V_c + I_c R_s}{a_1 V_{T1}}} - 1 \right) - I_{o2} \left(e^{\frac{V_c + I_c R_s}{a_2 V_{T2}}} - 1 \right) - \left(\frac{V_c + I_c R_s}{R_p} \right) \quad (4)$$

Burada I_{ph} foton akımı, V_{T1} ve $V_{T2} = (N_s k T_c / q)$ D_1 ve D_2 diyotlarının termal gerilimi, I_{o1} ve I_{o2} D_1 ve D_2 diyotlarının ters doyum akımları, R_s güneş pilinin seri direnci, R_p güneş pilinin paralel direnci, a_1 ve a_2 güneş pilinde kullanılan malzemeye göre değişen diyot idealite faktörleri, I_c güneş pili çıkış akımı, V_c güneş pili çıkış gerilimi olarak ifade edilir.

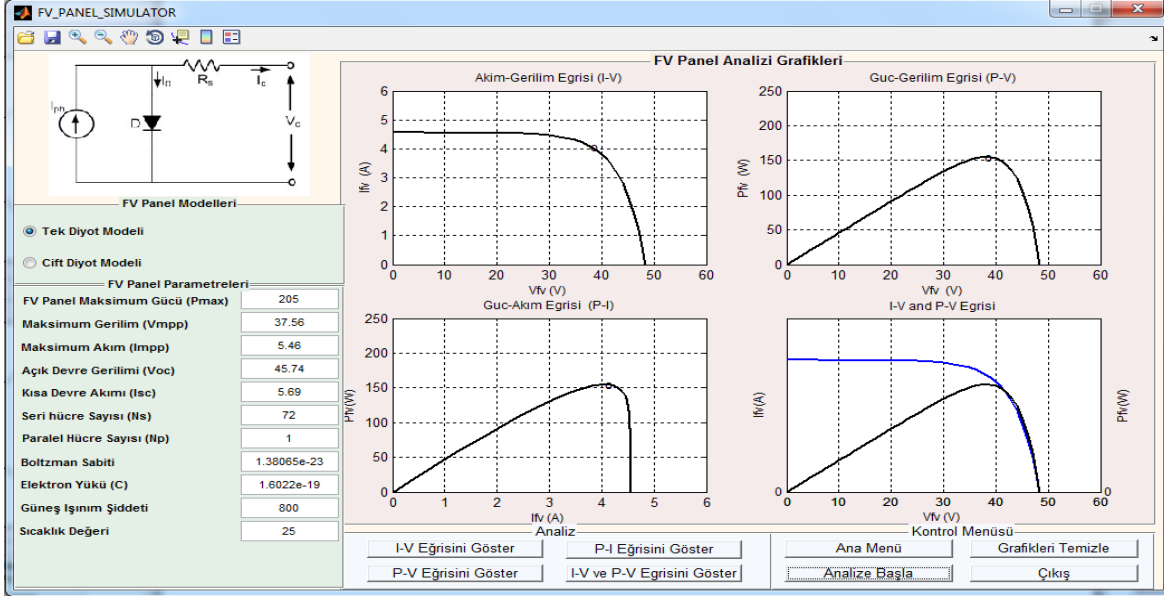
3. Güneş Enerjisi Sistemi İçin Tasarlanan Simülâtör

Güneş enerjisi çevrim sistemleri için tasarımı yapılan eğitim simülâtörü MATLAB/GUI paket programı kullanılarak hazırlanmıştır. Kullanıcı, hazırlanan simülâtörü GUI yardımı ile açtığında Şekil 3'deki arayüz ile karşılaşmaktadırlar.



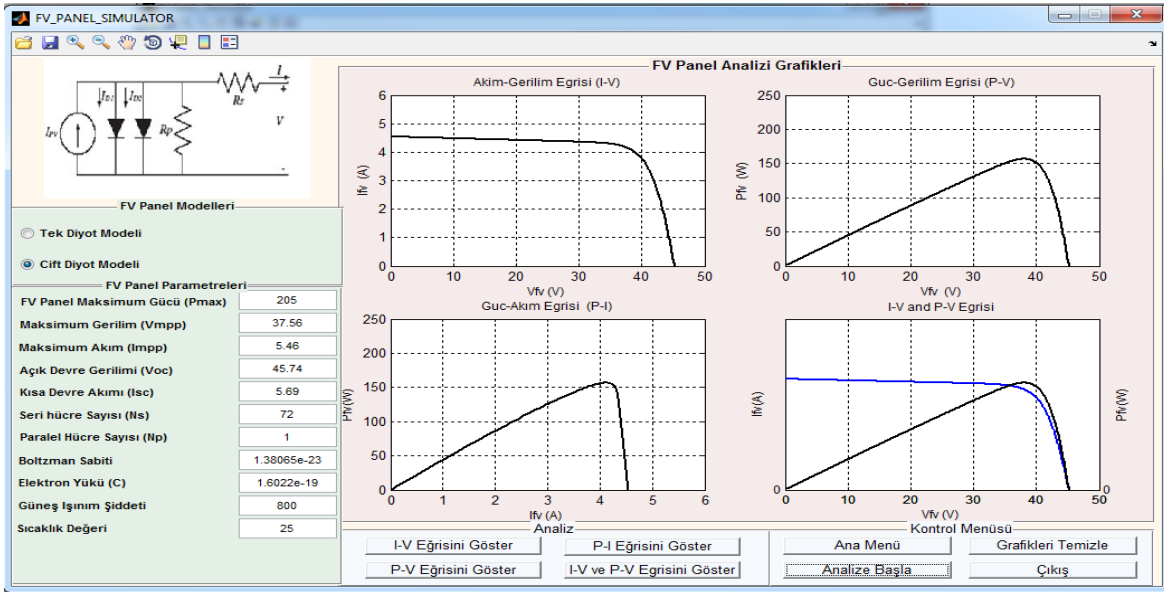
Şekil 3. MATLAB/GUI'de tasarımı yapılan güneş enerjisi simülâtörü

Tasarımı yapılan arayüz, FV panel analizi, maksimum güç noktası takip (MGNT) algoritmalarının analizi, gölgeli hava koşulları altında FV panel analizini yapmayı kullanıcıya olanak sağlamaktadır. Kullanıcı öncelikli olarak FV panel analizi yapmaya karar verip ilgili butona bastığında Şekil 4'deki gibi arayüz açılmaktadır. Burada analizini yapmak istediği güneş pili modelini ve bu modele ait gerekli parametreleri, hangi çevresel koşullar altında analiz yapmak istiyorsa arayüzde belirtilen yerlere girerek analize başla butonuna bastığında Şekil 4 ve 5'deki gibi iki farklı güneş pili modelinin analizini gerçekleştirebilmektedir. Burada belirtilen güneş pilinin I-V, P-V, P-I ve I-V, P-V karakteristiklerinin eğrilerini gösteren dört pencere açılmaktadır. Açılan pencerelerde çevresel koşullara bağımlı olarak değişen bu karakteristiklerin değişimini görebilmektedir. Eğer kullanıcı analiz bölümünde değişimler ile ilgili butona basarsa butona ait karakteristik eğriyi detaylı bir şekilde inceleyebilmektedir. Ayrıca kullanıcı grafikleri temizle butonuna basarak eğrilerin temizlenmesini ve farklı çevresel koşullar için yeni karakteristik eğrilerin çizilmesini sağlar.



Şekil 4. FV panel analizi arayüzü (bir diyot modeli için)

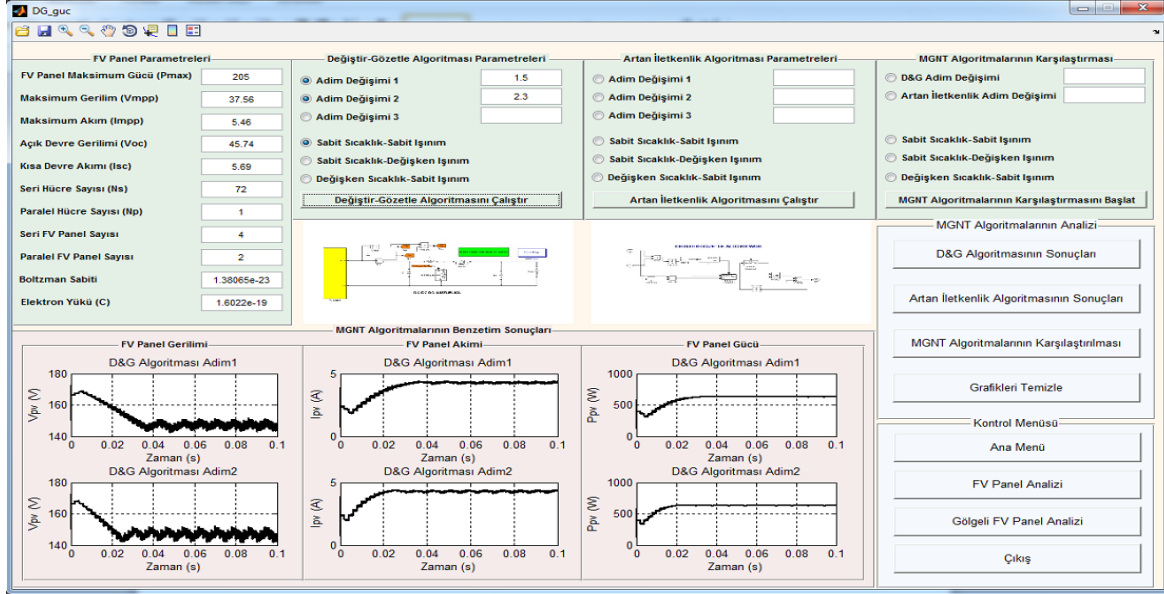
Şekil 4 ve 5’de görüldüğü gibi kontrol menüsü adı altında ek olarak çıkış ve ana menü butonları bulunmaktadır. Kullanıcı bu butonları kullanarak isterse simülatör programından çıkabilmekte isterse Şekil 3’deki ana menü olarak adlandırılan arayüze dönebilmektedir.



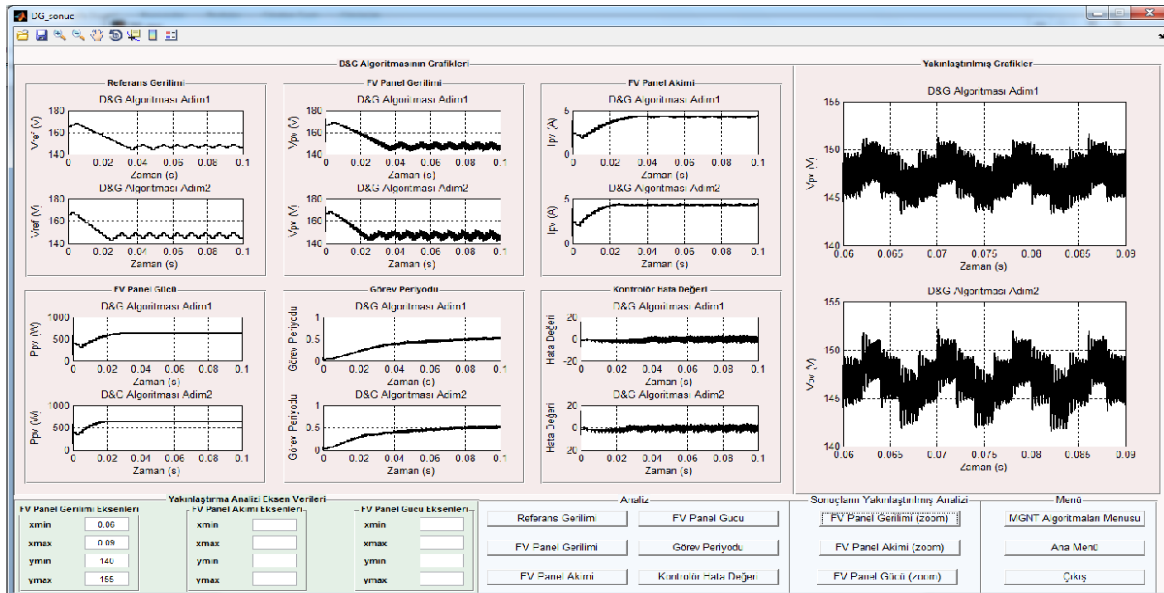
Şekil 5. FV panel analizi arayüzü (iki diyot modeli için)

Şekil 3’deki arayüzden MGNT algoritmalarının analizi butonuna basıldığında kullanıcının gerekli analizleri yapabilmesi için Şekil 6’daki arayüz açılmaktadır. Bu arayüzde kullanıcı tarafından analizi yapılacak FV panelin parametrelerinin girileceği, MGNT algoritmalarından değistir-

gözetle ve artan iletkenlik algoritmalarının ayrı ayrı, bununla birlikte iki algoritmanın aynı koşullar altında incelenebileceği bölümler bulunmaktadır.



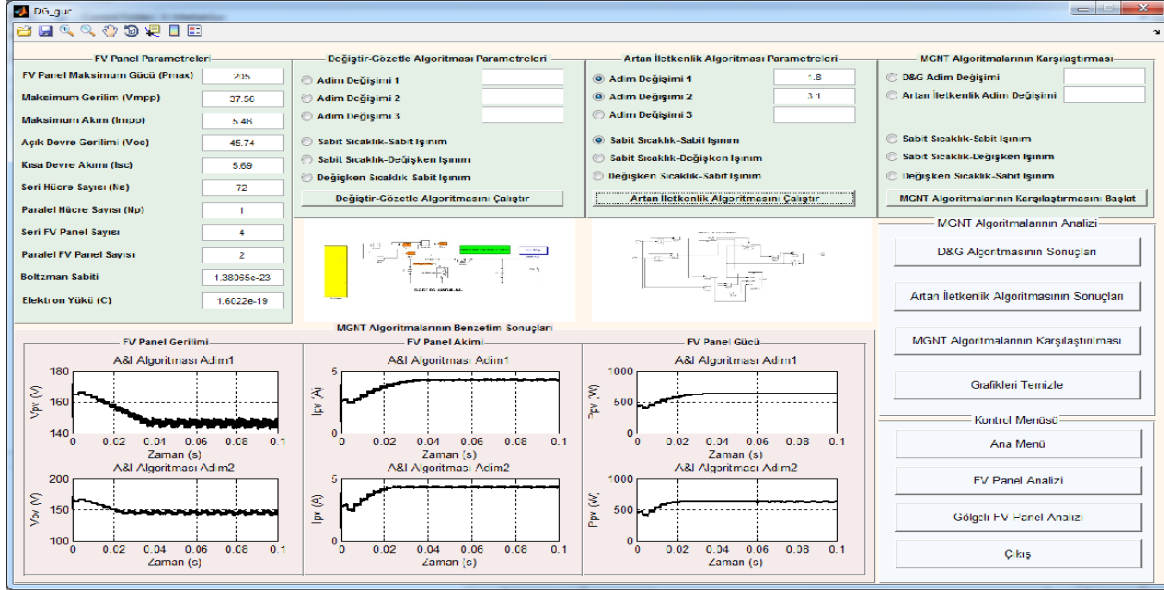
Şekil 6. MGNT algoritmalarının arayüzü (değiştir-gözetle algoritması için)



Şekil 7. MGNT algoritmalarının arayüzü (değiştir-gözetle algoritması detaylı analizi için)

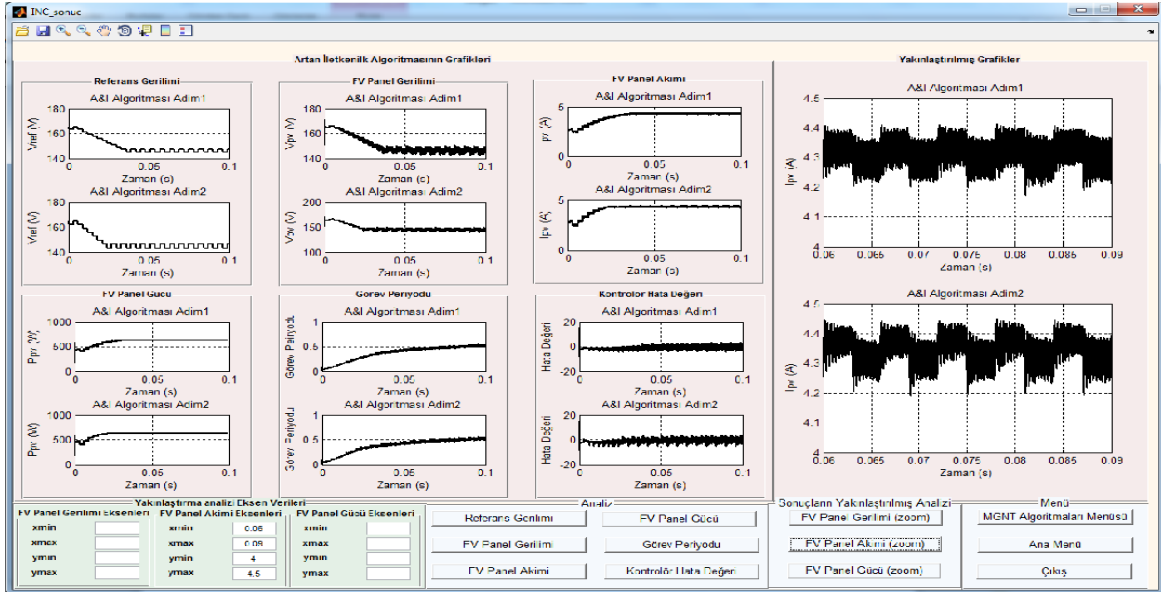
Şekil 6'daki arayüzde FV panele ait gerekli parametreler girilmesi, MGNT algoritması olarak değiştir-gözetle algoritması, Şekil 8'de artan iletkenlik algoritması ve Şekil 10'da iki algoritmanın karşılaştırılması bölümlerinin seçilmesi gösterilmektedir. Seçilen bölümlere ait çalıştır butonuna basıldığında benzetim çalışmaları sonucunda elde edilen FV panelin akım, gerilim ve güç grafikleri inceleneceği grafik penceresine geldiği Şekil 6,8 ve 10'da

gösterilmektedir. Arayüz bu seçili alanların benzetim çalışmaları sonucunda elde edilen grafiklerin detaylı analiz edebilmesi için kullanıcıya olanak sağlamaktadır.

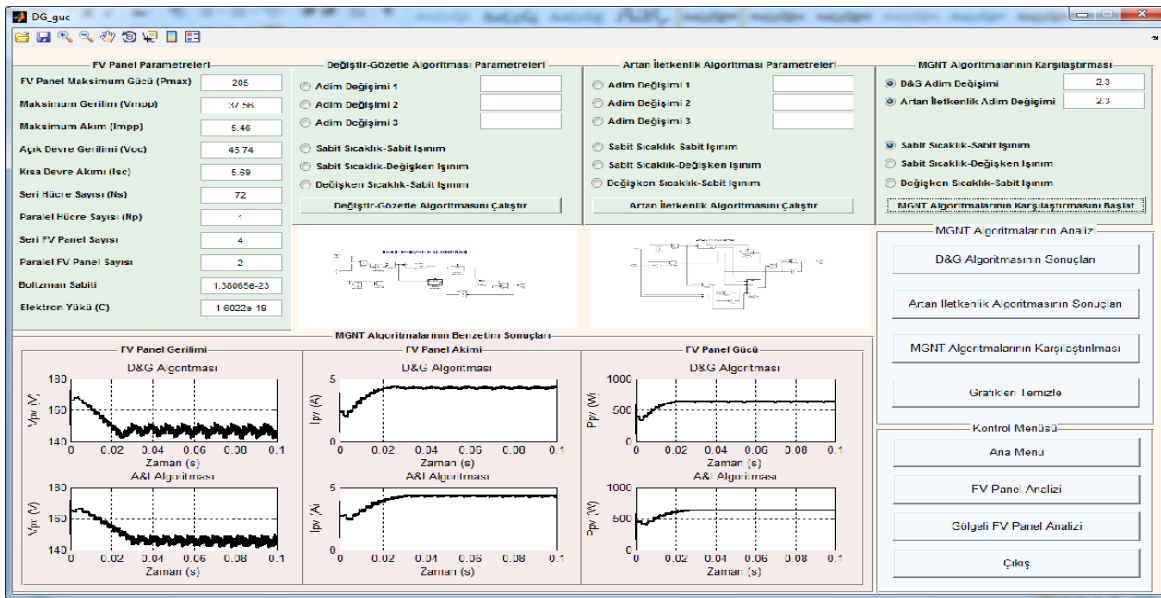


Şekil 8. MGNT algoritmalarının arayüzü (artan iletkenlik algoritması için)

Şekil 6,8 ve 10'da detaylı analiz çalışmalarını gerçekleştirebilmek için D&G algoritmasının sonuçları, artan iletkenlik algoritmasının sonuçları ve MGNT algoritmalarının karşılaştırılması butonlarına basıldığında sırasıyla Şekil 7, 9 ve 11'deki arayüzler açılmaktadır. Bu arayüzlerde benzetim çalışmalarından elde edilen FV panele ait akım, gerilim, güç, kontrolör hata değeri ve kontrolör çıkışı görev periyodu değişim eğrileri detaylı bir şekilde incelenebilmektedir. Ayrıca panele ait akım, gerilim ve güç eğrilerinin yakınlştırılmış analizi de gerçekleştirilebilmektedir. Kullanıcı arayüzde hangi eğri için yakınlştırılmış analiz yapacaksa ona ait eksen verilerini istediği şekilde girerek analiz çalışmalarını yapabilmektedir. Şekil 7 için gerilim, Şekil 9 için akım, Şekil 11 için ise FV panele ait güç grafiklerinin eksen verilerinin girildiği ve bu eksen bilgilerine göre yakınlştırılmış eğrilerin analizinin yapıldığı arayüz çalışmaları gösterilmektedir. Şekil 7,9 ve 11'de görüldüğü gibi MGNT algoritmaları menüsü butonu Şekil 6'daki arayüze, ana menü butonu Şekil 3'deki arayüze dönüşmesi ve çıkış butonu ise eğitim simülatöründen çıkılması konusunda kullanıcıya olanak sağlamaktadır. Kullanıcı Şekil 6'daki arayüze dönmüş ise kontrol menüsü alanından ana menü butonu ile Şekil 3'deki arayüze, FV panel analizi butonu ile Şekil 4'deki arayüze, gölgeli FV panel analizi butonu ile Şekil 12'deki arayüze dönebilmektedir. Kullanıcı ister Şekil 3'deki arayüzdeki gölgeli FV panel analizi butonuna ister Şekil 6'daki butona bastığında karşısına gölgeli durumdaki FV panel analizini gerçekleştirebilmesi için Şekil 12'deki arayüz açılmaktadır.

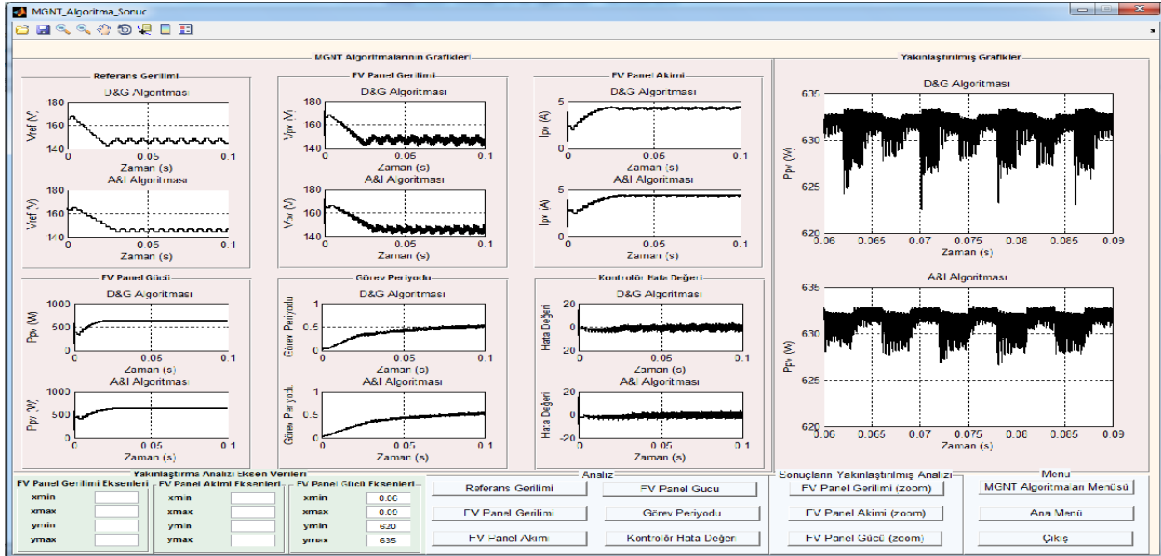


Şekil 9. MGNT algoritmalarının arayüzü (artan iletkenlik algoritması detaylı analizi için)

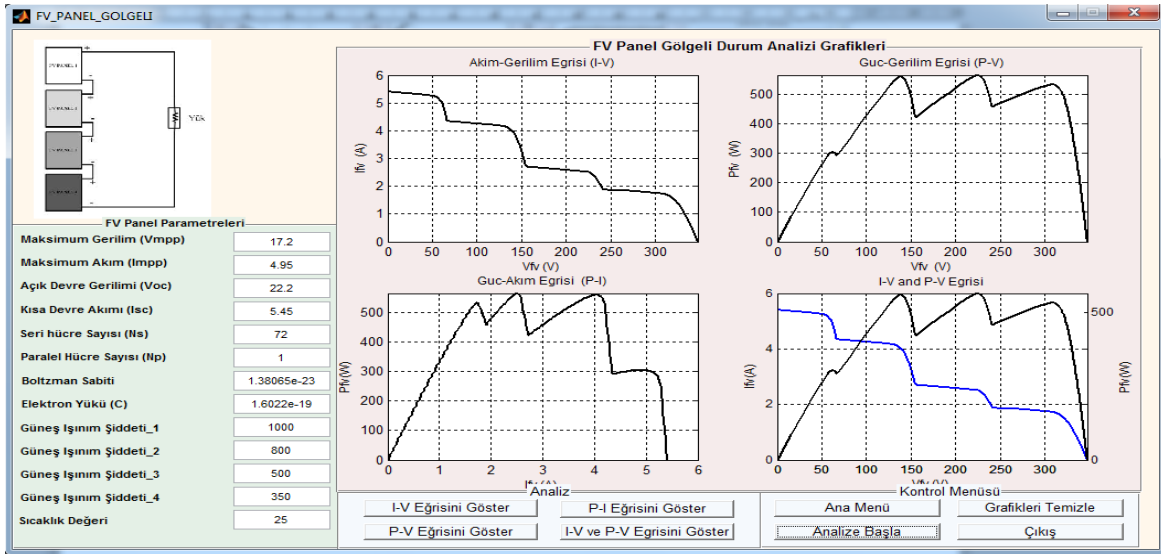


Şekil 10. MGNT algoritmalarının arayüzü (MGNT algoritmalarının karşılaştırılması)

Şekil 12'deki arayüzde seri FV panel dizisinin parçalı gölgeleme sonucu dizinin I-V, P-V, P-I ve I-V, P-V karakteristiklerinin incelenmesi gerçekleştirilebilmektedir. FV dizisi üzerinde parçalı gölgeleme meydana geldiğinde bir tane genel, bir veya daha fazla yerel maksimum güç noktası oluştuğunu bu noktaların güneş ışınım şiddeti değerlerini değiştirerek farklı yerlerde meydana geldiğini, kullanıcı rahatlıkla arayüz üzerinde inceleyebilmektedir.



Şekil 11. MGNT algoritmalarının arayüzü (MGNT algoritmalarının detaylı analizi için)



Şekil 12. Gölgele FV panel analizi arayüzü

4. Sonuçlar

Bu çalışmada güneş enerjisi çevrim sistemlerinin analizi için bir MATLAB/GUI tabanlı arayüz önerilmiştir. Alternatif enerji kaynakları ya da yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi çevrim sistemleri analizi ve modellenmesi doğrusal olmayan karakteristik bir yapıya sahip olduğu için zor olmaktadır. Hazırlanan arayüz ile kullanıcı FV panel analizi, MGNT algoritmalarının analizini ve parçalı gölgeleme durumundaki FV panel dizisinin analizini gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca bu arayüzde analizi yapılmak istenen FV panelin parametreleri istenilen şekilde girilmesi kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. Sonuç olarak hazırlanan güneş

enerjisi simülâtörünün bu alanda çalışma yapan öğrenci ve araştırmacılara yararlı olması beklenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyonu Birimi tarafından desteklenen 2012/067 numaralı proje kapsamında yapılmıştır.

5. Kaynaklar

- [1] Bayindir R, Colak I, Kaplan O, Can C, MATLAB/GUI based simulation for photovoltaic systems, 2011 International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2011.
- [2] Yavuz A, Başol D, Ertay MM, Yücedağ İ, Güneş pili modelleri eğitim seti. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 2013; 2/2, 14-21.
- [3] Ishaque K, Salam Z, Shamsudin A, Amjad M, A direct control based maximum power point tracking method for photovoltaic system under partial shading conditions using particle swarm optimization algorithm. Applied Energy, 2012; 99, 414-422.
- [4] Altas IH, Sharaf AM, A Photovoltaic array simulation model for Matlab-Simulink GUI environment, International Conference on Clean Power, 2007, 341-345.
- [5] Altın N, Yıldırımöğlü T, Labview/Matlab tabanlı maksimum güç noktasını takip edebilen fotovoltaiik sistem simülâtörü, Politeknik Dergisi, 2011; 14/4, 271-280.
- [6] Altın N, Yıldırımöğlü T, LabVIEW/MATLAB based simulator for grid connected PV system, 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2013, 1316-1321.
- [7] Belhaouas AN, Cheikh MSA, Larbes C, Suitable Matlab-Simulink simulator for PV system based on a two diode model under shading conditions, 3rd International Conference on Systems and Control, 2013.
- [8] Lee JP, Min BD, Kim TJ, Kim JH, Ryu MH, Baek JW, Yoo DW, Yoo JY, Development of a photovoltaic simulator with novel simulation method of photovoltaic characteristics, 31st International Telecommunications Energy Conference (INTELEC 2009), 2009.
- [9] Walker G, Evaluating MPPT converter topologies using a MATLAB PV model. Journal of Electrical & Electronics Engineering, Australia, 2001; 21/1, 49-56.
- [10] Ishaque K, Salam Z, Taheri H, Simple, fast and accurate two-diode model for photovoltaic modules. Solar Energy Materials & Solar Cell, 2011; 95, 586-594.
- [11] Ishaque K, Salam Z, Syafaruddin, A comprehensive MATLAB Simulink PV system simulator with partial shading capability based on two-diode model. Solar Energy, 2011; 85, 2217-2227.