

# Maksimum Güç Noktasını Değiştir ve Gözle Algoritması ile Takip Edebilen Fotovoltaik Sistem Tasarımı

**Seyit YILDIRIM**

Ege Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bornova İzmir

## ÖZET

Bu çalışmada, dilimize “Değiştir ve Gözle (D&G)” olarak geçmiş “Perturb and Observation” algoritması kullanılarak bir güneş panelinin maksimum güç noktasında çalışması Simulink ortamında sağlanmıştır. Tasarlanan fotovoltaik sistem, bir güneş paneli, boost dönüştürücü ve MPPT kontrol sisteminden oluşmaktadır. Tasarlanan sistem farklı yük, farklı ışınım ve farklı sıcaklık değerlerinde test edilip D&G algoritmasının maksimum güç noktasını yaklaşık olarak takip ettiği görülmüş ilgili benzetim sonuçlarında bu durum gösterilmiştir.

## 1. GİRİŞ

Dünya üzerinde artan enerji talebinden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep son yıllarda gittikçe artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi çevre dostu, doğada bol miktarda bulunan, tükenmeyen, güvenilir, gürültüsüz, yakıt masrafı olmayan bir enerji kaynağıdır. Bu avantajlarından dolayı gelecekte enerji üretiminde büyük bir paya sahip olacağı öngörülmektedir. Güneş enerjisi fotovoltaik modüller (FV) elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Mevcut teknoloji ile modül verimi maksimum %35 seviyesine getirilebilmektedir. FV modüllerden daha fazla güç elde etmek ve yatırımdan en yüksek faydayı sağlamak amacıyla geliştirilen bir diğer yol ise güneşin pozisyonu takip edilerek güneş ışınlarının FV modül üzerine dik açı ( $90^\circ$ ) ile düşmesini sağlamaktır. Böylece gün içinde güneş enerjisinden daha fazla faydalanılabilir ve enerji dönüşüm verimi artırılabilir.

Ayrıca FV modüllerin ürettiği çıkış gücü, güneş ışınımı seviyesi ve modülün sıcaklığı gibi farklı parametrelere bağlı olarak da değişmektedir. Bu nedenle FV modülleri, sabit ışınım ve sıcaklık koşulları altında doğrusal olmayan Akım-Gerilim (I-V) ve/veya Güç-Gerilim (P-V) karakteristiği göstermektedirler. Belirli atmosferik koşullar altında belirli bir yükü besleyen bir FV modül için tek bir maksimum güç değeri bulunmaktadır. Modülün sürekli bu güç değerinde çalışması sağlanarak güneş enerjisi üretim sisteminin verimi artırılabilir. FV modüllerinin besledikleri sistemlere maksimum güç aktardığı bu çalışma noktasına Maksimum Güç Noktası (MPP) denilmektedir. FV modüller tarafından beslenen sistemlerin MPP’de çalışması, modüller ile beslenen sistem/sistemler arasında ara yüz oluşturan dönüştürücülerin uygun

biçimde denetlenmesi ile sağlanabilir. Böylece, modül çalışma noktası değişen ışınım, sıcaklık, yük gibi parametrelere göre sürekli denetlenerek yüke her an üretilebilen maksimum gücün aktarımı sağlanabilir.

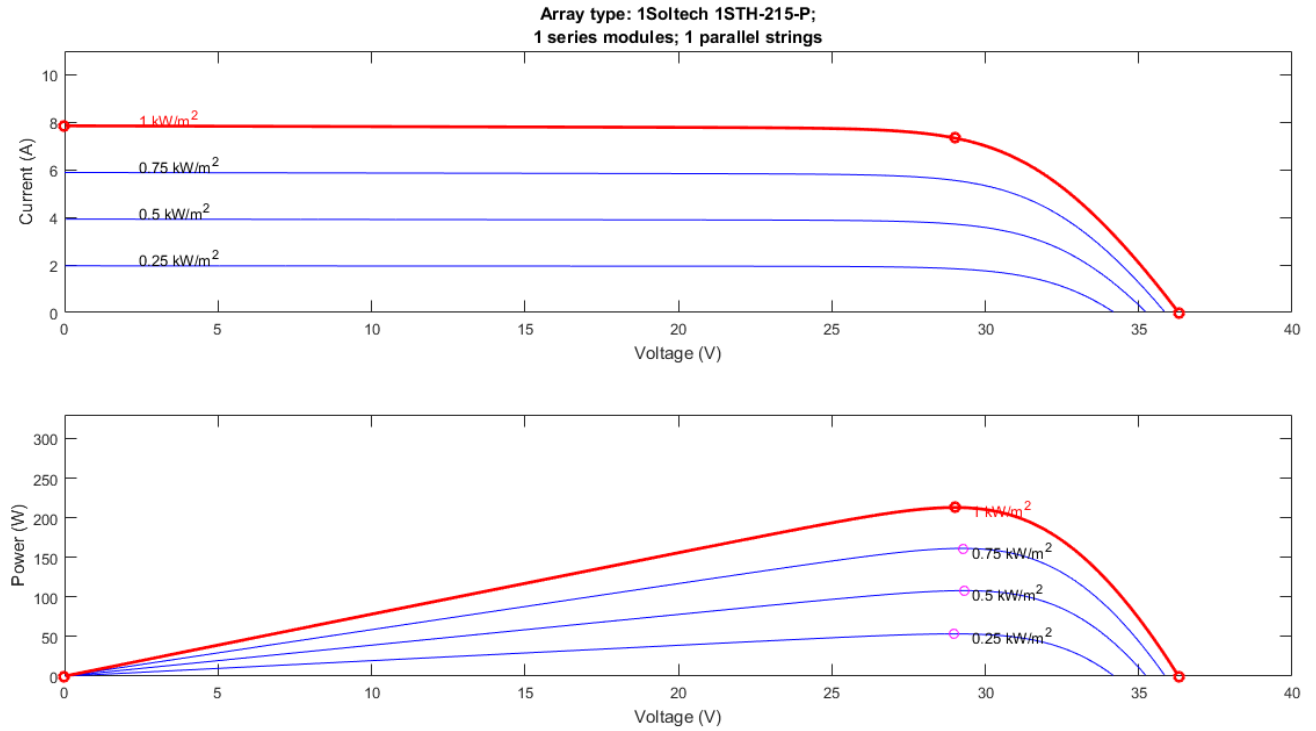
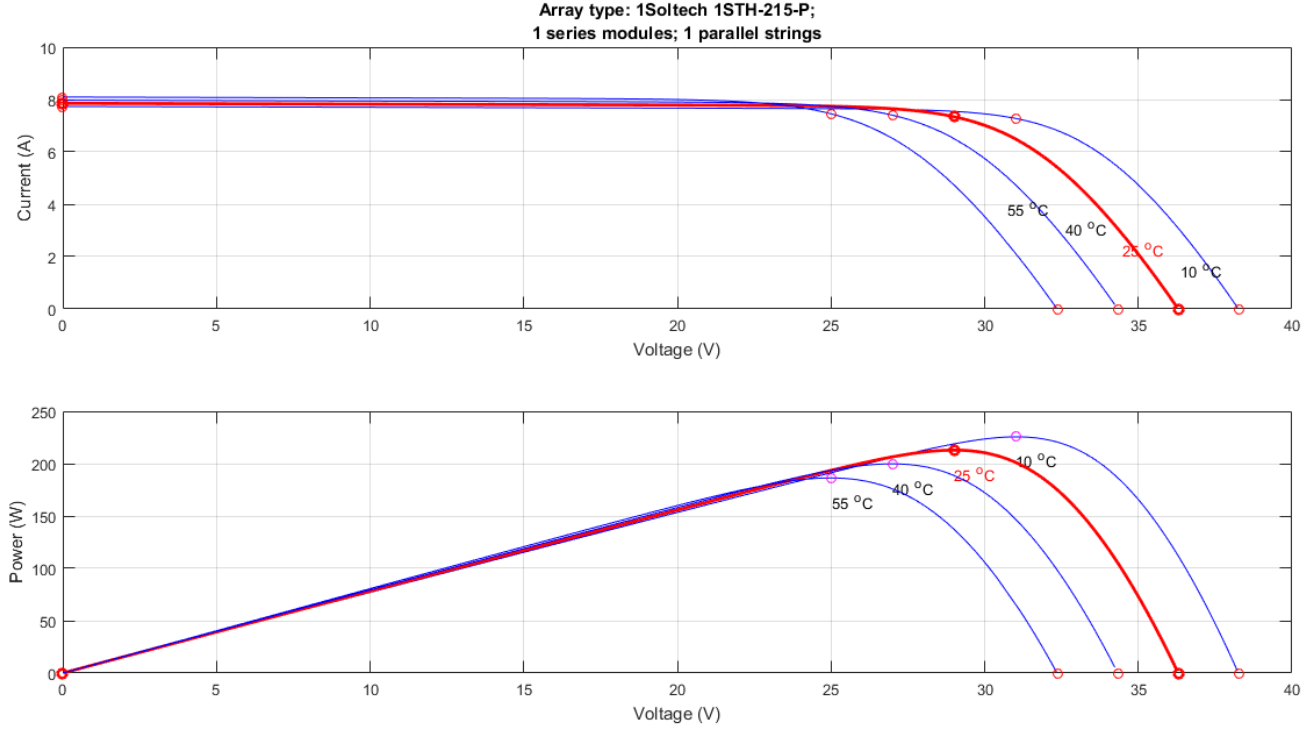
Güneş enerjisi üretim sisteminde her an maksimum verimin elde edilebilmesi için dönüştürücü devresinin modül çıkışını sürekli olarak takip etmesi ve sistemi MPP' de tutması istenmektedir. Dönüştürücünün MPP'yi en iyi şekilde takip edebilmesi kullanılan maksimum güç noktası takip (MPPT) yöntemine bağlı olarak değişmektedir. Literatürde uygulama zorluğu, maliyet, mikroişlemci kullanımı, karmaşıklık ve MPP'yi yakalayabilme hızı gibi tasarım özellikleri dikkate alınarak pasif ve aktif yöntemler olarak sınıflandırılabilen yöntemler geliştirilmiştir. Pasif yöntemler ışınım seviyesi, panel sıcaklığı, kısa-devre akımı, açık-devre gerilimi ve modül ile ilgili diğer bazı parametrelerin doğrudan veya matematiksel eşitliklerden faydalanılarak tahmin edilmesine dayanmaktadır. Kullanılan parametreler seçilen modül için önceden hesaplanır ve elde edilen parametreler kullanılarak MPP tespit edilmeye çalışılır. Bu yöntemlerin uygulanmaları basit olsa da, modülün yaşlanmasına bağlı olarak zamanla karakteristik özelliklerinin değişebilmesi, önceden belirlenen parametrelerin gerçek sonuçlar vermemesi gibi nedenler ile MPPT işlemi tam olarak yapılamayabilir. Aktif yöntemlerde ise FV modüllerin karakteristik özelliklerinin dikkate alınmadığı, modülden bağımsız olarak modül ve/veya dönüştürücü devresinin çıkış akımı, gerilimi veya gücü gibi parametrelerinin sürekli olarak takip edilmesi ile MPPT işlemi gerçekleştirilir. Aktif yöntemler modülden bağımsız olarak MPPT gerçekleştirdiği için pasif yöntemlere göre daha çok tercih edilir.

Değiştir-gözle (D&G), artan-iletkenlik, bulanık mantık denetim, yapay sinir ağları, tablodan okuma, pilot hücrenin kullanılması, sabit akım metodu, sabit gerilim metodu, sadece akım ve gerilim metodu, parazitik kapasitans, dalgalanma korelasyon kontrol yöntemi gibi bazı MPPT yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler içerisinde maliyetlerinin düşük ve uygulanmasının kolay olması gibi avantajları nedeniyle D&G ve artan-iletkenlik yöntemlerinin kullanımı daha yaygındır.

Bu çalışmada, Simulink programı kullanılarak boost dönüştürücü ile maksimum güç noktasını izleyebilen bir FV sistem tasarlanmıştır. Boost dönüştürücü Simulink ortamında modellenmiştir. MPPT için D&G algoritması bir Matlab fonksiyonu olarak yazılmıştır. Tasarlanan sistem Soltech firması tarafından üretilen 1STH215P panelinin verileri kullanılarak test edilmiştir. Benzetim çalışmalarından elde edilen sonuçlar yük miktarı, ışınım seviyesi veya sıcaklık gibi parametrelerin değişmesi durumlarında MPPT işleminin başarı ile gerçekleştirilebildiğini göstermiştir. [1]

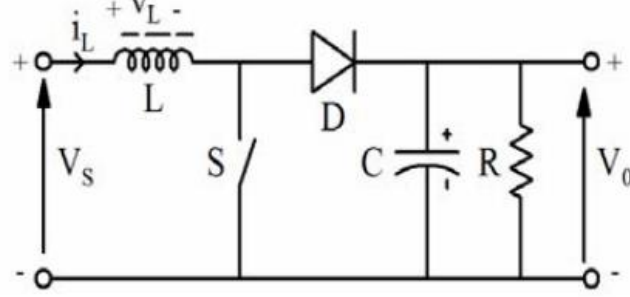
## 2. FV modül

Matlab 2015b sürümünde Simulink ortamında PV modül hazır olarak bulunmaktadır. Bu modülden istenilen PV modül markası ve modeli seçilebilmektedir. Bu çalışmada Soltech firması tarafından üretilen 1STH215P panelinin verileri kullanılmıştır. Bu modüle ait bazı karakteristik grafikler Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilmiştir.



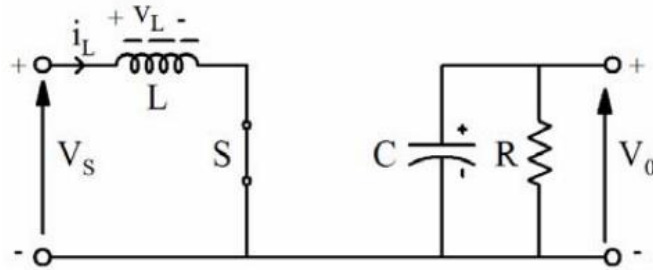
### 3. Boost Dönüştürücü

İdeal bir yükseltici tip dönüştürücü yapısı Şekil 3'te görüldüğü gibi yarı iletken anahtar, diyot, bobin ve kapasite elemanlarından oluşmaktadır.



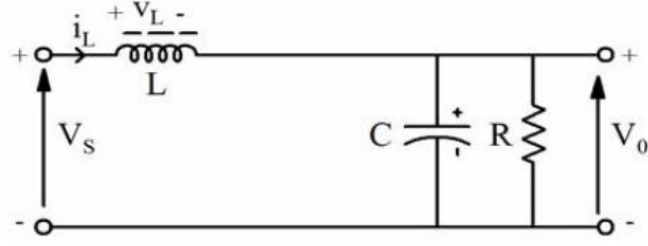
Şekil 3 - İdeal boost dönüştürücü

Şekil 3'te gösterilen devrenin kontrol mekanizması, yarı iletken güç anahtarının ilettime ve kesime götürülmesine göre gerçekleştirilmektedir. Anahtar ilettime götürüldüğünde bobin içerisinde geçen akım artar ve bobin üzerinde enerji depolanmaya başlar. Anahtar kesime götürüldüğü anda, bobin içerisinde geçmekte olan şarj akımı D diyotu üzerinden C kapasitesine ve yüke doğru akmaya başlar. Bobin, enerjisini deşarj eder ve bobin üzerindeki gerilimin polaritesinin yönü gerilim kaynağının polaritesi ile aynı olur ve D diyotu üzerinden yüke bağlanır. Böylece çıkış geriliminin seviyesi yükseltilmiş olur. Böylece D diyotu da kesime gider ve devre Şekil 4'de görüldüğü gibi iki farklı parçaya bölünür. RC devresinin zaman sabitinin anahtarlama periyodundan çok büyük olduğu sürece çıkış gerilimi sabit kalır.



Şekil 4 - Anahtar iletimde iken eşdeğer devre

Yarıiletken anahtarın kesim durumunu gösteren devre Şekil 5'te gösterilmektedir. Bu durumda yük kaynak üzerinden beslenir. [2]



Şekil 5 - Anahtar iletimde değilken eşdeğer devre

#### 4. Değiştir ve Gözle Algoritması (D&G)

FV modüller tarafından beslenen yüklere her an üretilebilecek maksimum seviyede güç aktarılabilmesi ancak modül çıkışının sürekli olarak takip edilmesi ile mümkündür. Bu nedenle birçok MPPT yöntemi geliştirilmiş ve uygulanmıştır. D&G yöntemi MPPT amacıyla tasarlanan ve yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. D&G yönteminde modüle bağlı kalınmaksızın çıkış gücü sürekli olarak takip edilir. Referans sinyalin değişimi ile güçte meydana gelen değişim arasında ilişki kurulur ve bir sonraki değişimin yönü hakkında karar verilir. Şekil 6 D&G algoritmasının akış diyagramını göstermektedir.



Şekil 6 - D&G algoritması akış diyagramı

FV modüllerin farklı parametrelerden etkilenen ve doğrusal olmayan I-V karakteristiklerinde her şart için tek bir MPP bulunmaktadır. Tasarlanan MPPT algoritması ile dönüştürücü yük akım ve gerilimini dolayısıyla FV panelden çekilen güç miktarını değiştirmekte ve sistemin MPP’de çalışmasını sağlamaktadır. Şekil 1 ve Şekil 2 çeşitli şartlar altında FV modülünün güç gerilim/akım grafiklerini göstermektedir. Bu eğrilere göre, referans sinyalin değişim yönünü çalışma noktasının MPP’ye göre konumu belirler. Çalışma noktası MPP’nin sağında ise referans gerilim artırılarak, solunda ise azaltılarak çalışma noktasının MPP’ye ulaşması sağlanır. Tablo 1’de referans sinyalin anlık olarak değişimi ile çıkış gücünün anlık değişimi arasındaki ilişki görülmektedir.

No	Referans	Güçteki değişim	Değişimin yönü
1	+	+	+
2	+	-	-
3	-	+	-
4	-	-	+

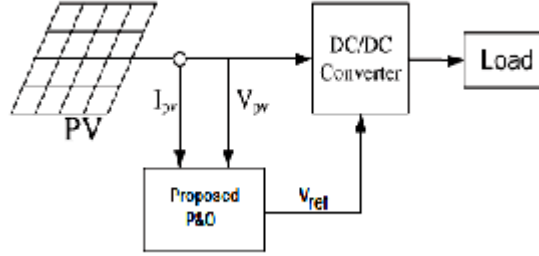
*Tablo 1 Referans sinyalin anlık değişimine bağlı olarak çıkış gücünün değişimi*

Görüldüğü gibi bu ilişki 4 durum ile ifade edilebilir. Referans sinyalin anlık olarak artırılması/azaltılması çalışma noktası MPP’ye ulaşmaya kadar periyodik olarak devam eder. Tablo 1’e göre ifade edilen 4 durumdan 1 ve 4 nolu durumlarda çalışma noktasının MPP’nin sağında, 2 ve 3 nolu durumlar ise MPP’nin solunda olduğu söylenebilir.

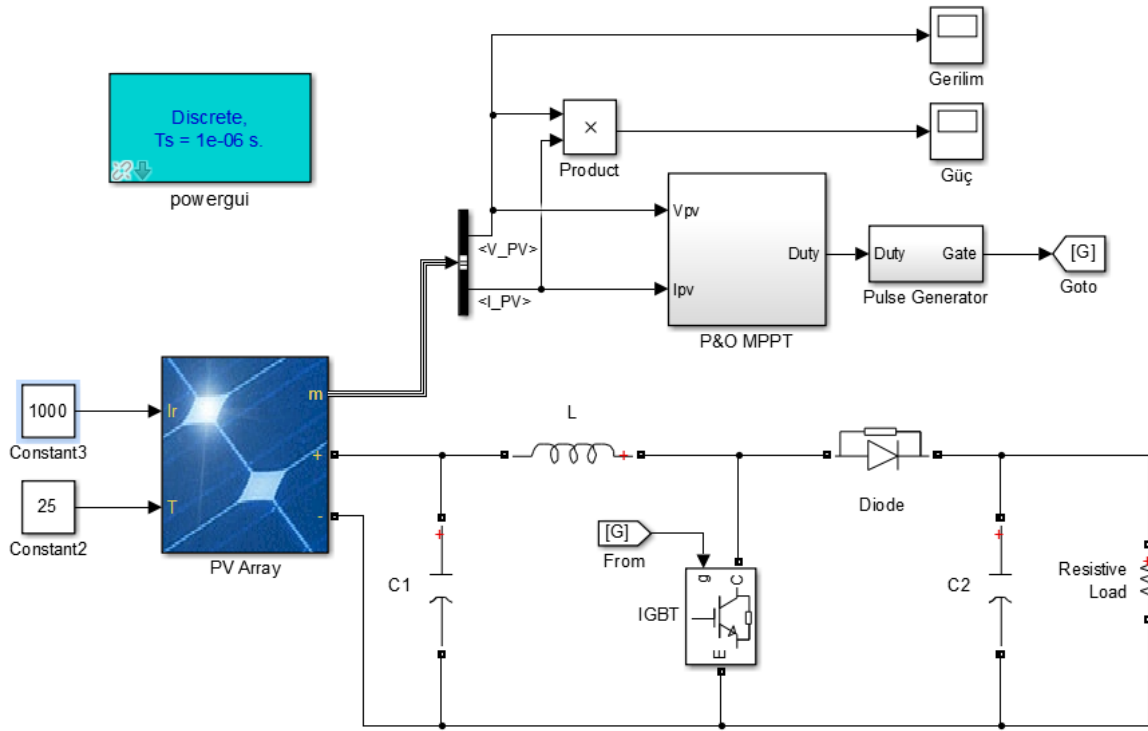
D&G yöntemi uygulanması basit, düşük maliyetli, karmaşık olmayan, az sayıda parametre (modül akımı ve gerilimi) ölçümünün yeterli olduğu bir yöntem olmasına karşın, MPP etrafında salınım yapması gibi bir dezavantaja da sahiptir. Değişken adım aralığı kullanılarak MPP etrafında meydana gelen bu salınım azaltılabilir. Ayrıca bu salınımların azaltılması amacıyla D&G yönteminde bir sonraki adım büyüklüğünün bulanık mantık denetleyici ile tespit edilmesi, çalışmanın sabit gerilim yöntemi ile belirlenen noktadan başlatılması gibi iyileştirici değişikliklerde yapılmıştır.

## 5. FV Sistem Simülâtörünün Tasarımı

Tasarlanacak sistemin temel yapısı Şekil 7’da verilmiştir. Bu yapı Simulink ortamında Şekil 8’deki gibi kurulmuştur.



Şekil 7 - Tasarlanacak FV sistemin temel yapısı [3]



Şekil 8 – Tasarlanan Sistemin Simulink Görüntüsü

Şekil 8’de görülen “P&O MPPT” Matlab fonksiyonu Şekil 6’daki akış diyagramı doğrultusunda oluşturulmuş olup aşağıdaki kodlar ile çalışmaktadır.

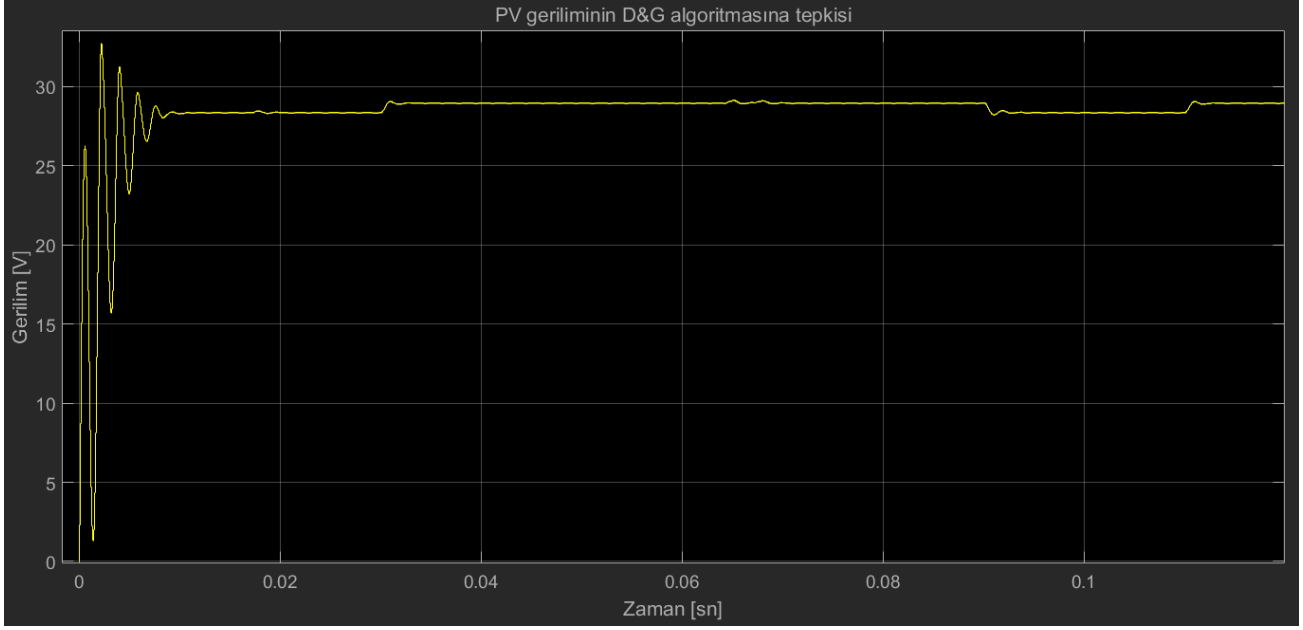
```

function D = PO(V, I, T)
persistent Vprev Iprev Dprev n
if isempty(Vprev)
    Vprev=20;
end
if isempty(Iprev)
    Iprev=0;
end
if isempty(Dprev)
    Dprev=0.5;
end
if isempty(n)
    n=1;
end
D=Dprev;
deltaD=0.005;
Ppv=V*I;
Pprev=Vprev*Iprev;
dP=Ppv-Pprev;
dV=V-Vprev;
if (T>n*0.02)
    n=n+1;
if (dP<0)
    if (dV<0)
        D=D-deltaD;
    else
        D=D+deltaD;
    end
else
    if (dV<0)
        D=D+deltaD;
    else
        D=D-deltaD;
    end
end
Dprev=D;
Vprev=V;
Iprev=I;
end
if (D<0.1)
    D=0.1;
else
    if (D>0.9)
        D=0.9;
    else
        end
end
end
end

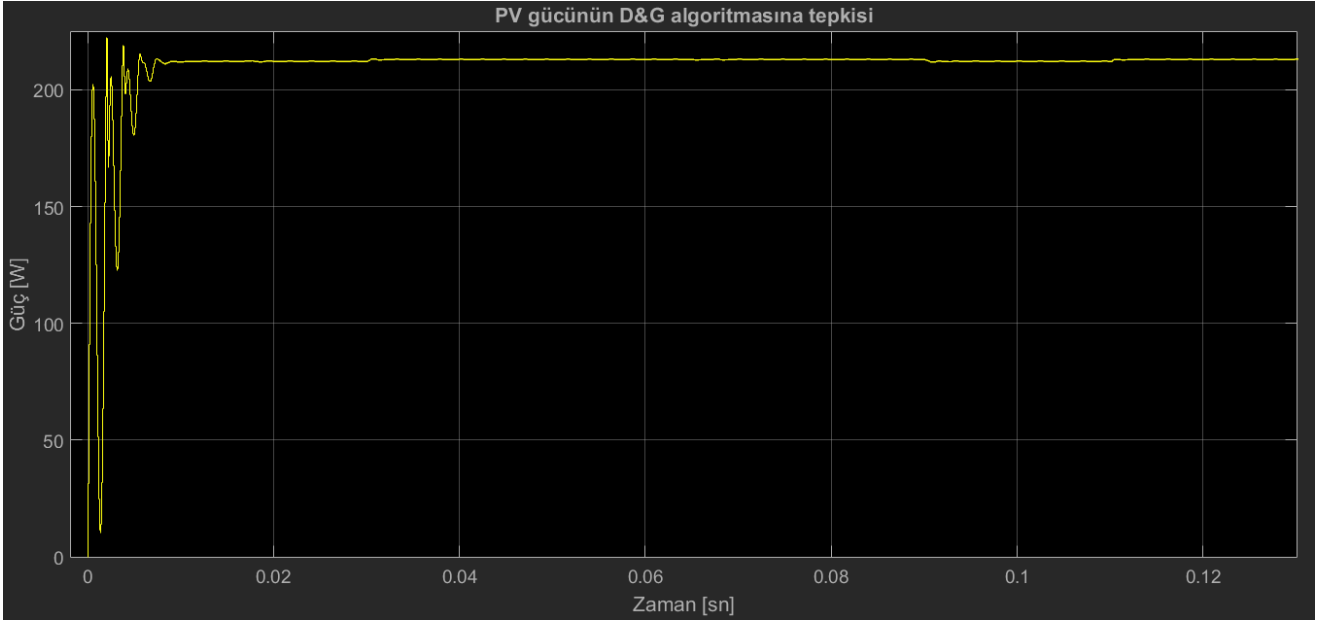
```

Seçilen modülün 1000 Watt/m<sup>2</sup> ışınım altında 25 C<sup>o</sup> sıcaklıkta maksimum güç noktasındaki gerilimi 29 Volt, çıkış gücü 213 Watt 'tır. Yük direnci 15 Ohm iken D&G algoritması test edilmiştir. Şekil 9'da PV gerilimin D&G algoritması sonucu değişimi görülmektedir. Şekil 10'da ise PV modülün çalışma gücünün D&G algoritması sonucu değişimi görülmektedir.



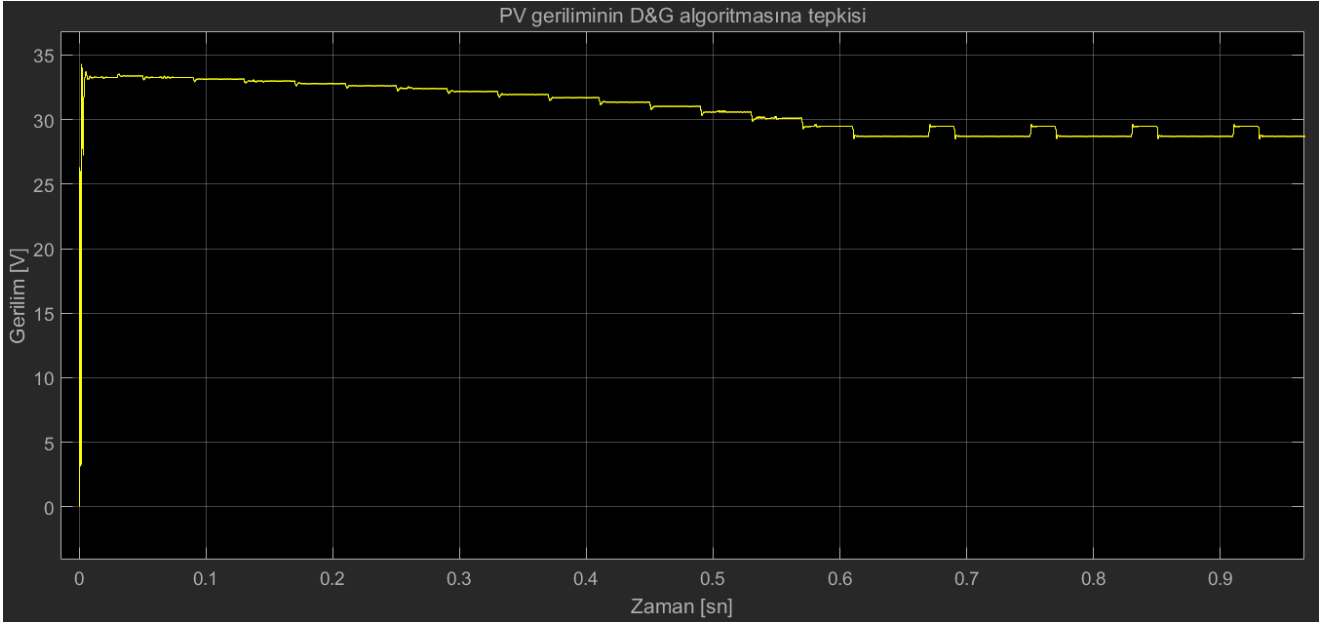


Şekil 9 - PV geriliminin 15 Ohm yük direncinde D&G algoritmasına tepkisi

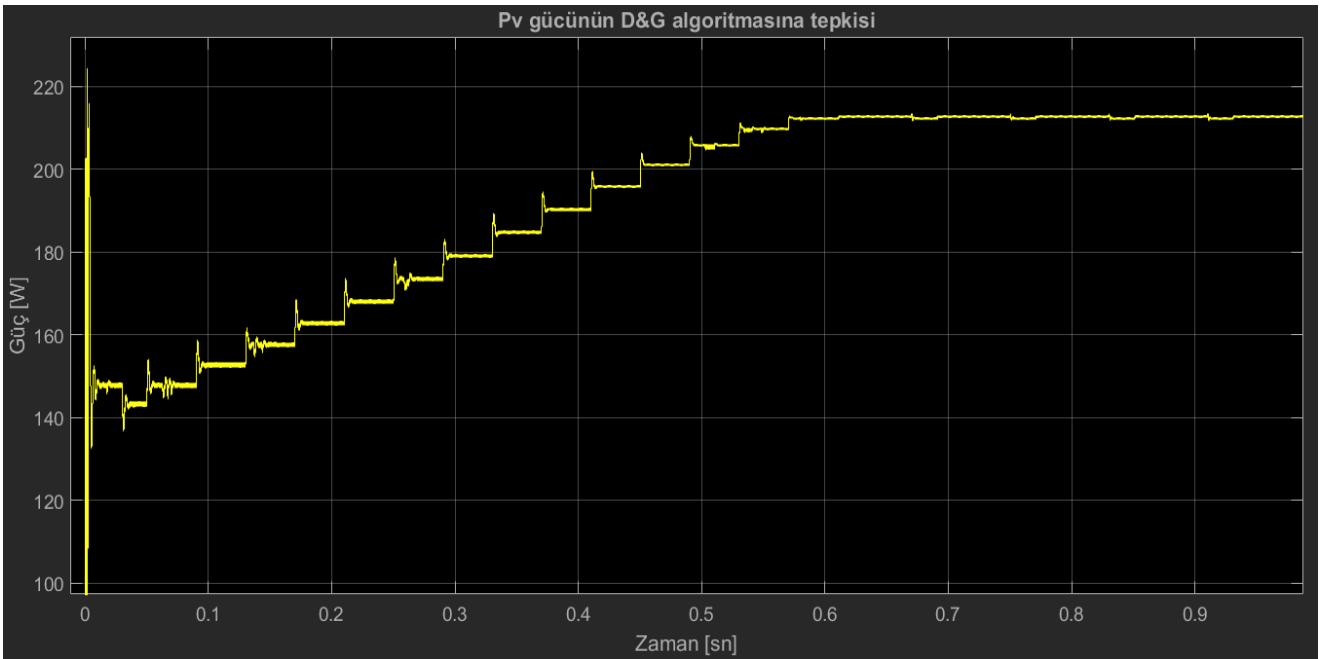


Şekil 10 - PV gücünün 15 Ohm yük direncinde D&G algoritmasına tepkisi

Şekil 9 ve Şekil 10 incelendiğinde tasarlanan sistemin belirtilen şartlar altında maksimum güç noktasını yakalama süresi 10 ms sürmektedir. Grafikler üzerinde D&G algoritmasından kaynaklanan dalgalanma söz konusudur. Bu dalgalanmanın genliği kod parçasındaki *deltaD* ile orantılıdır. Aynı şartlar altında yük direnci 30 Ohm yapıldığı takdirde PV geriliminin ve PV gücünün D&G algoritmasına tepkisi Şekil 11 ve Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 11 - PV geriliminin 30 Ohm yük direncinde D&G algoritmasına tepkisi



Yapılan diğer testler ve sonuçları Tablo 2’de raporlanmıştır.

Tablo 2 - Farklı Test koşullarında D&G algoritmasının performansı

Işınım [W/m <sup>2</sup> ]	Sıcaklık[C]	Yük[Ohm]	V <sub>m</sub> [V]	P <sub>m</sub> [W]	Yakalama süresi [sn]
1000	25	15	29	213	0,01
1000	25	30	29	213	0,6
1000	25	45	29	213	0,95
750	25	15	29,26	161,3	0,38
500	25	15	29,33	108	0,95
1000	25	15	29	213	0,01
1000	10	15	31,02	225,6	0,15
1000	25	15	29	213	0,01
1000	50	15	25,68	190,9	0,13

## 6. Sonuçlar ve Öneriler

D&G algoritmasının maksimum güç noktasını yakalama performansı bazı kriterlere bağlıdır. Bunlardan en önemlileri; Boost dönüştürücünün başlangıç duty değeri ve algoritmanın her çevriminde duty değiştirme miktarı.

Başlangıç duty değerinin maksimum güç noktasındaki duty değerine yakın olduğu durumda yakalama süresinin kısa olduğu; başlangıç duty değerinin maksimum güç noktasındaki duty değerine uzak olduğu durumda yakalama süresinin uzun olduğu gözlemlenmiştir.

Aynı şekilde duty değiştirme miktarı olan ( $\Delta D$ ) de yakalama süresini etkilemektedir. Eğer bu değer küçük ise yakalama süresinin uzun; büyük ise yakalama süresinin kısa olduğu gözlemlenmiştir.

Yakalama süresinin kısa olması istendiği durumda  $\Delta D$  değeri artırılabilir. Ancak bu değer artması maksimum güç noktası etrafındaki salınımın genliğini arttıracaktır ki bu sonuç istenmeyen bir durumdur.

## 7. Referanslar

- [1] N. ALTIN ve T. YILDIRIMOĐLU, «Labview/Matlab Tabanlı Maksimum Güç Noktasını Takip Edebilen Fotovoltaik Sistem Simülatörü,» *Politeknik Dergisi*, cilt 14, no. 4, pp. 271-280, 2011.
- [2] N. Çoruh, T. Erfidan ve S. Ürgün, «DA-DA Boost Dönüştürücü Tasarımı ve Gerçeklenmesi».
- [3] <http://www.ijser.org/paper/Developing-Intelligent-MPPT-for-PV-Systems-Based-on-ANN.html>.