

## Mikro Şebeke Bağlantılı Güneş Enerji Üretim Sistemlerinin Kontrolü

Zülal Çelik<sup>1</sup>, Ahmet Serdar Yılmaz<sup>1</sup>, Eser SERT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

**ÖZET:** Yenilenebilir enerji üretim sistemlerinin elektrik şebekelerine bağlanması son yıllarda ciddi bir artış göstermektedir. Toplam enerji üretimi içindeki payları son yıllarda artmaktadır. Bunun en önemli nedeni ise ucuz ve çevre dostu olmalarıdır. Bununla birlikte şebekeye bağlantı sırasında bir takım problemler öne çıkmaktadır. Bağlantılarda yarıiletken dönüştürücülerin kullanımı zorunlu olduğundan bir takım kontrol ve uygulama problemi ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada şebekeye bağlantılı sistemlerde kullanılan H5 tipi evirici ile yükselten tip kıyıcılar maksimum güç noktası ve histerisis kontrollerinin uygulanması incelenmiştir. Yapılan bilgisayar benzetimlerinde çeşitli karşılaştırmalar da sunulmuştur. Ayrıca iki farklı topoloji incelenmiştir. Merkezi ve yerel olmak üzere iki tür topolojide güç ve verim analizleri gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Microşebeke, şebeke bağlantılı fotovoltaikler, güneş enerji üretim santralleri*

### Controlling the Micro-Grid Connection of Solar Power Generation Systems

**ABSTRACT:** Grid connections of renewable power generation systems into electric networks have increased for last years. Rate of total power generation of renewables have also increased. Most important cause of this is to be cheap and environmentally friendly. However, some problems during the grid connection arise. Because of the usage of semiconductor converters are obligatory; some control and application problems also arise. In this study, application of maximum power point tracking and hysteresis controllers into H5 type inverters and boost type choppers. In computer simulations, some comparisons are presented. Also, the two types of topology are investigated. Power and efficiency analyses are also made in these topologies which are central and distributed.

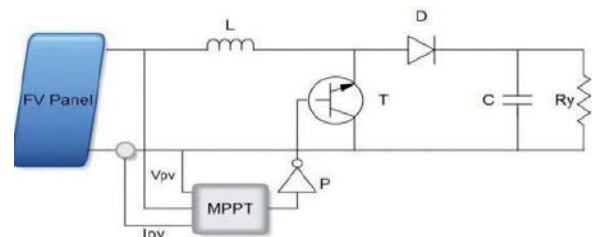
**Keywords:** *Microgrid, on grid photovoltaics, solar power generation*

## 1. GİRİŞ

Fotovoltaik (FV) sistemlerin elektrik şebekelerine paralel bağlanması son yıllarda araştırma konusu olarak öne çıkmaktadır. Güç elektroniği tabanlı dönüştürücülerin paralel bağlanmada kullanılması sonucunda kararlılık ve güç kalitesi açısından problemlerin oluştuğu görülmektedir. Özellikle mikro şebekelere bağlı fotovoltaik enerji kaynaklarının devreye giriş çıkışlarındaki olası düzensizlikler, şebekeye sürekli enerji sağlanmasında süreklilik, kararlılık ve kalite açısından bir takım sorunlar literatürde vurgulanmıştır.

Bu çalışmada mikro şebekeye H5 tipi evirici üzerinden paralel bağlı bir fotovoltaik kaynak ve şebekenin simülante modellenmesi gerçekleştirilecektir. Maksimum güç takip algoritmaları uygulanacaktır. Bunun yanında PWM ile evirici kontrolü de gerçekleştirilecektir. Öncelikli olarak meydana gelebilecek problemler gözlenecektir. Daha sonra bu problemler için çözüm önerileri geliştirilecektir. Çözüm önerilerinin uygunluğu bilgisayar benzetimleri ile gösterilecektir. Bir FV panelden maksimum güç elde edilmesi ancak belirli akım ve gerilim koşullarında gerçekleştirilebilir. FV panel maksimum güç

koşullarında çalıştırılmadığı takdirde güneşten faydalanma miktarı azalacaktır. FV panellerin sürekli maksimum güç noktasında çalıştırılması için Maksimum Güç Noktası Takibi (MPPT) algoritmaları ile çalışan doğru akım çeviricilerine ihtiyaç duyulmaktadır. MPPT'ler fotovoltaik panellerin sürekli olarak maksimum güç noktasında çalışmasını sağladığından talep edilen enerji daha az sayıda FV panelden elde edileceğinden sistem maliyetinin düşmesine etki etmektedir. MPPT'ler çalışma mantığı olarak yükseltici DA/DA dönüştürücüler düşürücü DA/DA dönüştürücüler ve düşürücü-yükseltici DA/DA dönüştürücüler olmak üzere üç temel topoloji ile yapılmaktadır. Bu çalışmada yükseltici DA/DA dönüştürücü kullanılmıştır. [1-4]



Şekil 1. MPPT'li yükseltici sistemin blok yapısı

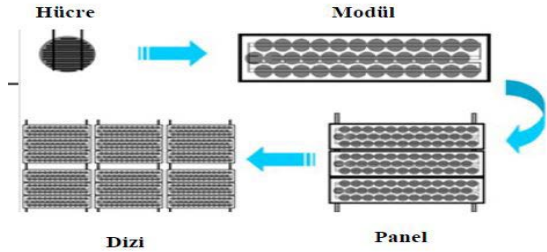
Burada MPPT birimi besleme gerilimiyle çalıştırılan yükün gerilimden bağımsız olarak FV paneli maksimum gücün elde edildiği çalışma gerilimine veya akımına uygun seviyeye getirir. DA/DA dönüştürücüdeki anahtarlama elemanının tetikleme frekansı ve aralığı değişken gerilim oluşturmada önemli bir görev üstlenmektedir. Şekil 1'de DA/DA dönüştürücüyü kontrol eden MPPT sistemin blok yapısı görülmektedir.

## 2.FOTOVOLTAİK ENERJİ SİSTEMLERİ

Fotovoltaik güç sistemleri, genellikle fonksiyonlarına, yaptığı işlere konfigürasyonlarındaki parçalarına ve donanımlarının diğer güç kaynaklarına ve elektrik yüklerine nasıl bağlandığına göre sınıflandırılırlar. Bunlar, şebekeden bağımsız (off grid), şebeke bağlantılı (on grid) ve karma sistemlerdir.

### 2.1 FV Pil Modeli

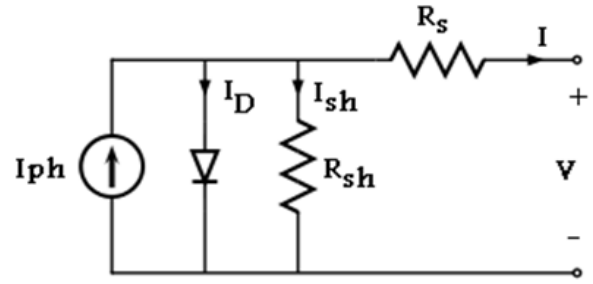
Güneş pilleri güneşten aldıkları enerjii elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletkenlerdir. Güneş pillerinin en temel yapı taşı hücrelerdir. Hücreler seri/paralel bağlanıp modülleri, modüller bir araya gelip panelleri, paneller ise dizileri oluşturur. Şekil 2' de FV hücreden panel oluşumu gösterilmektedir.



Şekil 2. FV hücreden dizinin oluşumu

### 2.2 Fiziksel Yapıları ve Çeşitleri

Güneş pillerinin yapısında N ve P tipi katkılanmış yarı-iletken malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemeler ön ve arka bağlantı elemanları sayesinde elektrik akımını pil dışına taşımaktadırlar. Güneş ışığının en iyi şekilde soğurulması yansımayı önleyici madde sayesinde sağlanır. Ayrıca panelin ısınım alan tarafı koruma camı ile kapatılarak yarı iletken malzemenin zarar görmesi engellenir.[5] FV hücresi, şekil 3'de verilen ışınımaya bağlı bir akım kaynağı, bu akım kaynağına paralel bağlı bir diyot ve direnç ve tüm bunlara seri bağlı bir direnç ile modellenebilir. [6]



Şekil 3. FV hücresinin elektriksel eşdeğer modeli.

### 2.2 Maksimum Güç Noktası Takip Sistemleri

Fotovoltaik sistemlerde FV panellerin akım ve gerilim denetimi yapılarak panellerden maksimum güç çekilmesi işlemine maksimum güç noktası takibi olarak adlandırılır. FV sistemlerinde MPPT yapılmasının amacı, mevcut FV sisteminden maksimum enerjiyi elde ederek verimi mümkün olan en üst seviyeye çıkarmaktır. MPPT algoritmaları sayesinde gün içinde panellerden elde edilen güç seviyesi kontrolsüz duruma göre %45 daha fazladır.[7] FV panellerin maksimum güç noktası gün içinde çok değişkenlik göstermektedir. Bu değişken maksimum güç noktasını takip edebilmek için panel akımı, gerilimi, sıcaklığı gibi verileri toplayan ve maksimum güç noktası için güç çeviricisini şartlandıran MPPT algoritmaları geliştirilmiştir.

Günümüzde birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlara sahip pek çok MPPT denetim tekniği bulunmaktadır. Bu denetim teknikleri "Dolaylı Denetim" ve "Doğrudan Denetim" teknikleri olarak iki guruba ayrılmışlardır. Dolaylı denetim tekniklerine sabit gerilim ve akım metodu, pilot ( örnek ) hücre metodu örnek verilebilir.

## 3.FV ÜRETİM SİSTEMLERİ

### 3.1. Şebekeden bağımsız sistemler

Şebeke elektriğinin olmadığı noktalarda elektrik enerjisi sağlamak amacı ile kurulan sistemlerdir. Sistem tasarlanırken öncelikli olarak ihtiyaç duyulan enerji miktarı belirlenir. Yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere, genellikle sistemde akü bulunur.

### 3.2 Şebekeye bağlı sistemler

Bu sistemler "grid-connected" olarak da adlandırılmaktadır. Şebekeye bağlı sistemlerde elektrik şebekesi sonsuz bir batarya düzeneği olarak değerlendirildiğinden bu sistemlerde ayrıca bir batarya düzeneği kurulmasına gerek yoktur. Şebekeye bağlı bir sistemde enerjinin depolanması önemli değildir. Enerji

açığının olduğu zamanlarda (kapalı havalar, gece, kış mevsimi gibi) sistem ihtiyacı olan enerjiyi şebeke elektriğinden çekecektir. Güneş ışığının yeterli olduğu zamanlarda ise gerekli enerji FV sisteminden sağlanacak ve enerji fazlası oluşması durumunda da üretilen elektriğin bir kısmı şebekeye verilebilecektir.

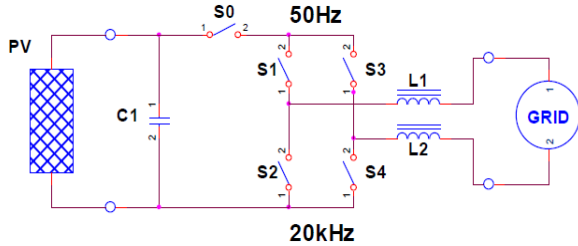
### 3.3 Hibrid Sistemler

Bu sistemler isminden de anlaşıldığı gibi iki sistemin birlikte kullanımıyla oluşturulmuş sistemlerdir. Bu sistemlerden biri fotovoltaik sistem olurken diğeri diesel jeneratör veya rüzgâr enerjisi gibi farklı elektrik üretim sistemlerinden biri olabilir. Uygun hava koşullarında ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin tamamı FV üreteçlerden karşılanır. Fazla enerji bataryalarda depo edilir. Havanın kapalı olduğu zamanlarda ve geceleri ilk olarak bataryadan, yeterli olmazsa diesel jeneratöründen (veya diğer bir enerji kaynağı) enerji sağlanır. Başka bir örnek verecek olursak yaz mevsiminde yeterli miktarda güneş ışığı alan kış mevsiminde ise elektrik üretimine elverişli şekilde rüzgâr alan bir bölgede bu iki sistem hibrid olarak tasarlanabilir.

## 4. FV SİSTEMLERİN DENETİMİ

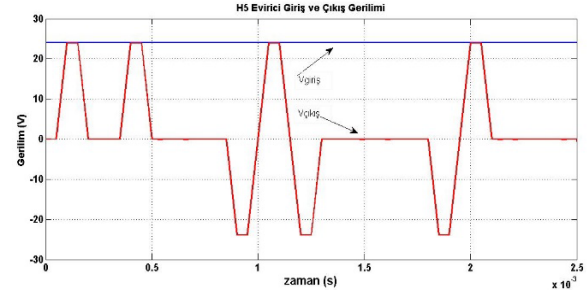
### 4.1 Eviriciler (H5 Tipi)

Eviriciler fotovoltaik enerji dönüşüm sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olup, panelden veya DA/DA dönüştürücü çıkışından elde edilen doğru akımı, alternatif akıma dönüştürürler. Bu sayede AA yükler ve AA şebeke iletim hattı beslenebilir. DA/AA dönüşümünde Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) tekniği en fazla kullanılan yöntemdir. Bu yöntemle eviricilerde gerilimin ve frekansın kontrolü yapılmaktadır, uygun darbe aralıkları seçilerek harmonik elemesi sağlanabilmektedir. Bu çalışmada, yüksek verim sağladığından, şekil 4'deki devre şeması verilen H5 evirici topolojisi kullanılmıştır. H5 evirici modeli köprü tipi eviriciye fazladan bir anahtar eklenerek oluşturulmuştur. Ayrıca H5 eviriciye histerizis uygulanıp akım kontrolü sağlanmıştır. MPPT ve Histerizis in olup olmadığı durumlar ayrı ayrı incelenip sonuçlar izlenmiştir.



Şekil 4. H5 evirici modeli.

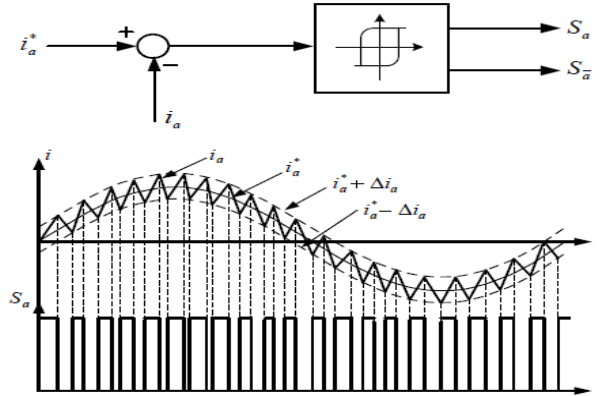
Simülasyonda modellenen H5 eviriciye 24 V giriş gerilim verilip çıkıştan elde edilen filtrelenmemiş gerilim grafiği şekil 5' de görülmektedir.



Şekil 5 H5 eviricinin filtrelenmemiş giriş ve çıkış gerilimi

### 4.2 Histerizis Band Akım Kontrolü

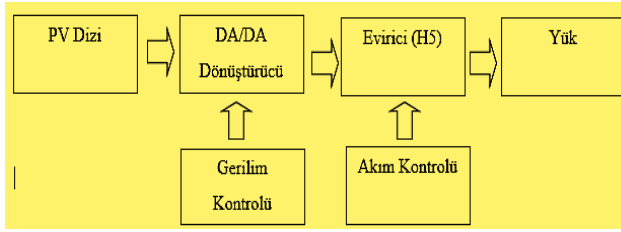
Histerizis band darbe genişlik modülasyonu (DGM), gerilim kontrollü eviricinin çıkış akımından bir akım örneği alınır ve bu akım referans akıma bağlı olarak belirlenen band içerisinde kontrol edilerek DGM sinyalleri elde edilir. Yani bir akım geri beslemesi yapılmaktadır. Eğer gerçek akım, referans akımdan daha büyükse eviricinin üstteki anahtarlama elemanı iletimden çıkarılarak alttaki anahtarlama elemanı iletime sokulur. Böylece yük akımının azalması sağlanır. Eğer gerçek akım, referans akım değerinden daha küçük ise eviricinin alttaki anahtarlama elemanı iletimden çıkarılarak üstteki anahtarlama elemanı iletime sokulur. (Şekil 6) Böylece yük akımının artırılması sağlanmış olur. Bu yöntemde histerizis bandın genişliği ne kadar dar seçilirse gerçek akım referans akıma daha fazla yaklaşmış olur. [8]



Şekil 6. Histerizis akım denetleyici

## 5. BULGULAR

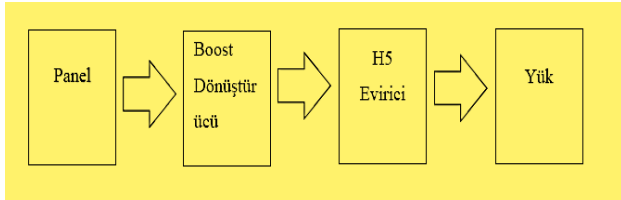
Çalışmanın bu aşamasında; Matlab kullanılarak elde edilmiş sistemin kontrollü ve kontrolsüz durumları karşılaştırılmış ve sonuçlar simülasyonda gösterilmiştir. Şekil 7'de sistemin blok şeması gösterilmiştir. Yükseltici dönüştürücüye MPPT, H5 eviriciye Histerizis akım kontrol uygulanarak verim farklılıkları incelenmiştir.



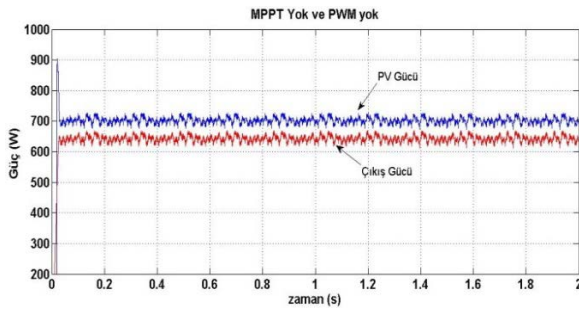
Şekil 7 FV sistem blok şeması

### 5.1 Durum 1 (MPPT\_Yok PWM\_Yok)

Durum 1 de panel , H5 eviricinin ve DA/DA dönüştürücü (Boost) devresinin en yalın yani kontrolsüz benzetimi yapıldı. Giriş ve çıkış güçleri hesaplanıp verim yüzdesi ölçüldü. Sistemin blok yapısı şekil 8'deki gibidir.



Şekil 8 FV sistemin kontrolsüz blok yapısı

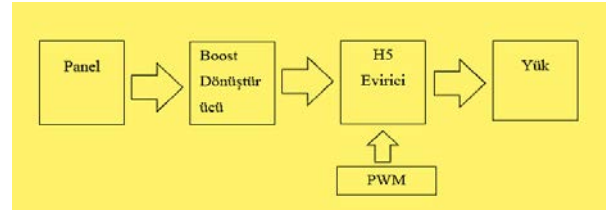


Şekil 9 Sistemin giriş ve çıkış güçleri

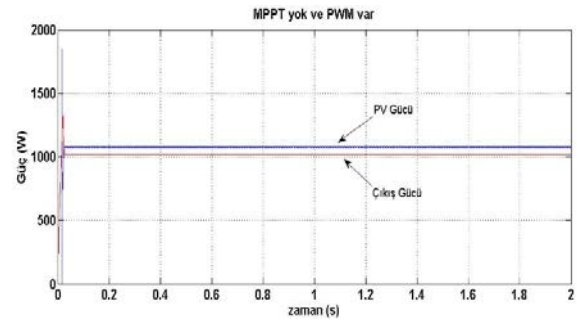
Sistemde kullanılan FV panelin gerilimi 160 V akımın 4,3 ile 4,45 A aralığındaki salınımlarını da yaklaşık olarak 4,4 A kabul edilirse giriş gücü;  $P_{giriş} = V_{FV} \cdot I_{FV}$  yani  $160 \text{ V} \cdot 4,4 \text{ A} = 704 \text{ W}$  olur. Çıkıştan elde edilen evirici gerilimi ise  $V_{rms}$  yaklaşık olarak 180 V civarındadır. Evirici akımı ise  $I_{rms}$  ölçümlerden yaklaşık olarak 3,5 A elde edildi. Buna göre çıkış gücü  $P_{çıkış} = V_{rms} \cdot I_{rms}$  yani  $180 \text{ V} \cdot 3,5 \text{ A} = 630 \text{ W}$  olur. Bu değerlere göre verim hesabı yapılırsa verim =  $[P_{çıkış}/P_{giriş}] \cdot 100 = [630 \text{ W}/704 \text{ W}] \cdot 100 = \%89,4$  değerini verir. Çıkış güçleri şekil 9'da verildiği gibi gerçekleşmiştir.

### 5.2 Durum 2 (MPPT\_Yok PWM\_Var)

Durum 2 de sistemdeki H5 eviriciye histerizis akım kontrol uygulanıp benzetimi yapıldı. Akım geri besleme sayesinde durum 1 e göre giriş akımının yükseldiği gözlenmiştir. Sistemin blok yapısı şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10 PWM kontrol uygulamalı FV sistem blok yapısı



Şekil 11. Evirici kontrollü sistemin giriş ve çıkış güçleri.

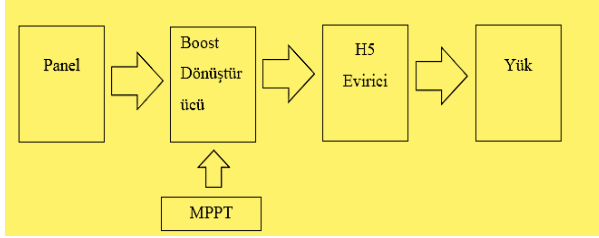
Panel gerilimi bu durumda yine sabit bir şekilde 160 V ölçüldü. Giriş akımı durum 1 e göre yükseldi ve yaklaşık 6,7 A civarındadır. Bu durumda giriş gücü  $P_{giriş} = V_{FV} \cdot I_{FV}$  yani  $160 \text{ V} \cdot 6,7 \text{ A} = 1072 \text{ W}$  olur. Çıkıştan elde edilen evirici gerilimi  $V_{rms}$  yaklaşık 226 V ölçüldü. Çıkış akımı ise 4 ile 5 arasındaki salınımdan yaklaşık olarak 4,5 A seçilirse çıkış gücü  $P_{çıkış} = V_{rms} \cdot I_{rms} = 226 \text{ V} \cdot 4,5 \text{ A} = 1017 \text{ W}$  olur. Buna göre verim hesabı yapılırsa verim =  $[P_{çıkış}/P_{giriş}] \cdot 100 = [1017 \text{ W}/1072 \text{ W}] \cdot 100 = \%94,8$  değerini verir. Bu sonucu ele alırsak durum 1 e göre eviricinin histerizis akım kontrolü sayesinde verimin % 5,4 kadar arttığı görülmektedir. Şekil 11'de güç eğrileri görülmektedir.

### 5.3 Durum:3 (MPPT\_Var PWM\_Yok)

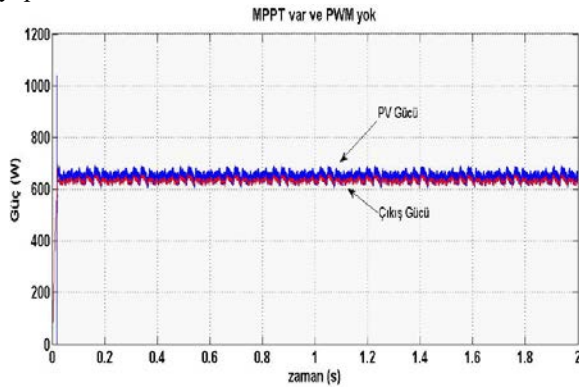
Durum 3 te sistemde kullanılan yükseltici DA/DA (boost) dönüştürücünün PI kontrolünün sistem verimine etkisi gözlenildi. H5 evirici kontrolsüz olacak şekilde sistemin blok yapısı aşağıda şekil 12'de gösterilmektedir. Benzer şekilde devrenin benzetimi yapıp verim sonuçları gözlenmiştir.

Sistemde kullanılan FV panelin gerilimi 160 V akımın 3,9 ile 4,2 aralığındaki salınımlarını da yaklaşık olarak 4 amper kabul edilirse giriş gücü;  $P_{giriş} = V_{FV} \cdot I_{FV}$  yani  $160 \text{ V} \cdot 4,1 \text{ A} = 656 \text{ W}$  olur. Çıkıştan elde edilen evirici gerilimi ise  $V_{rms}$  yaklaşık olarak 180 V civarındadır. Evirici akımı ise  $I_{rms}$  ölçümlerden yaklaşık olarak 3,5 A elde edildi. Buna göre çıkış gücü  $P_{çıkış} = V_{rms} \cdot I_{rms}$  yani  $180 \text{ V} \cdot 3,5 \text{ A} = 630 \text{ W}$  olur. Bu değerlere göre verim hesabı yapılırsa verim =  $[P_{çıkış}/P_{giriş}] \cdot 100 = [630 \text{ W}/656 \text{ W}] \cdot 100 = \%96,0$  olur. Verim hesaplamamıza göre

durum 2 ye göre %1,2 kadar bir artış gözlenmektedir. Şekil 13’de güç değişimleri verilmektedir.



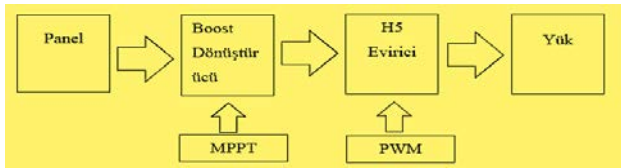
Şekil 12 MPPT kontrol uygulamalı FV sistem blok yapısı.



Şekil 13. Dönüştürücü kontrollü sistemin giriş ve çıkış güçleri.

#### 5.4 Durum:4 (MPPT\_Var PWM\_Var)

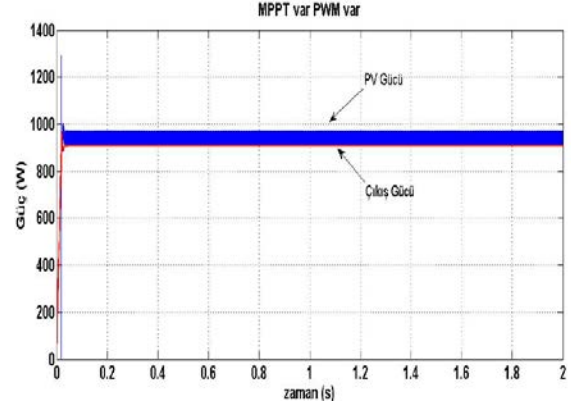
Durum 4 te benzetimi yapılan sistemde hem dönüştürücüye hem de eviriciye kontrol uygulanıp verim hesaplaması yapılmıştır. Sisteme ait blok şema şekil 14’de gösterilmiştir.



Şekil 14 MPPT ve PWM kontrollü FV sistem blok yapısı

Sistemde kullanılan FV panelin gerilimi 160 V akımın 5,5 ile 6,1 aralığındaki sınımlarını da yaklaşık olarak 5,7 amper kabul edilirse giriş gücü;  $P_{giris} = V_{FV} * I_{FV}$  yani  $160 V * 5,7 A = 912 W$  olur. Çıkıştan elde edilen evirici gerilimi ise  $V_{rms}$  yaklaşık olarak 213 V civarındadır. Evirici akımı ise  $I_{rms}$  ölçümlerden 4 ile 4,25 A arası sınımlardan yaklaşık olarak 4,25 A elde edildi. Buna göre çıkış gücü  $P_{cikis} = V_{rms} * I_{rms}$  yani  $213 V * 4,25 A = 908,25 W$  olur. Bu değerlere göre verim hesabı  $verim = [P_{cikis} / P_{giris}] * 100 = [908,25 W / 912 W] * 100 = \%99,5$  olur. Sonuçlardan da anlaşılacağı gibi evirici histerizis akım kontrol ve dönüştürücü kontrolü birlikte

uyulduğunda sistemden en yüksek verim elde edildi. Güç değişimleri şekil 15’de verildiği gibi gerçekleşmiştir. Tablo.1’de yapılan dört durumun verim sonuçları karşılaştırılmıştır.



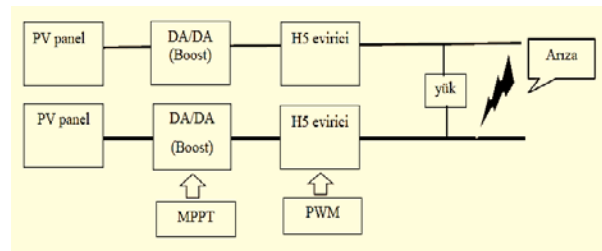
Şekil 15. MPPT ve PWM kontrollü sistemin giriş ve çıkış güçleri.

Durum	Giriş gücü (W)	Çıkış Gücü (W)	Verim (%)
MPPT yok, PWM yok	704	630	89,4
MPPT yok, PWM var	1072	1017	94,8
MPPT var, PWM yok	656	630	96,0
MPPT var, PWM var	912	908	99,5

Tablo 1. Dört durum için giriş çıkış güç ve verim karşılaştırması.

#### 5.5 Topoloji 2: Dağıtık Eviricili FV Sistem

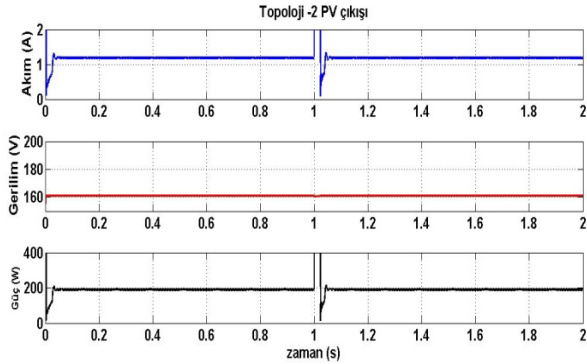
Topoloji 2 de iki FV panel ve bunlara ayrı ayrı H5 evirici bağlanarak bir sistem oluşturulmuştur. Sistemin evirici çıkışında bir kısa devre arızası incelenmiştir. Uygulanan kısa devre arızasının sistemdeki etkileri benzetim sonuçları ile birlikte aşağıdaki grafik ve şekillerle gösterilmiştir. Sistemin blok yapısı şekil 16’da görüldüğü gibidir.



Şekil 16 Topoloji 2 FV sistem blok yapısı

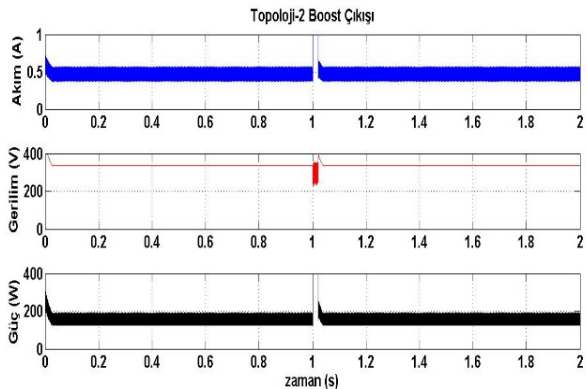
Yük tarafında 100 milisaniye süreyle tek fazlı bir kısa devre benzetimi incelenmiştir. Şekil 17’de

görüldüğü gibi arızasız durumda sürekli halde bir panelden 190 W'lık güç üretilmektedir. Arıza anında ise (1-1.1 saniye arası) ortalama akımda 200 A'ye kadar artış olmakla birlikte genel itibarıyla panellerin kısa devreden etkilendiği görülmektedir. Yapılan benzetimde FV panellerin çıkış gerilimleri 160 V olarak gerçekleştirilmektedir. Arıza sırasında gerilimde dikkate alınır bir bozulma yaşanmamıştır.



Şekil 17. Bir FV panel için ortalama akım, gerilim ve güç değişimi.

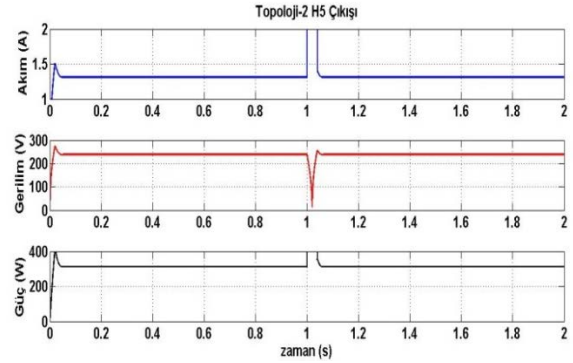
Şekil 18'de ise yükseltici konvertör çıkışı değerleri verilmektedir. Yükseltici konvertör ile 160 V'luk panel gerilimi 330 V değerine çıkarılmıştır. Akım değeri 0,4 A ile 0,6 A aralığında bir değer gösterirken arıza anında 200 A'lere kadar yükseldiği görülmüştür. Konvertör gücü 130 W ile 190 W arasında salınımlar gösterirken arıza esnasında 40000 W dolaylarında olduğu gözlemlenmiştir. Bir FV panelin ortalama gerilimi 161 V civarında iken arıza sırasında 160,5 V ile 161,5 V arasında şekil 5.16'dan da görüldüğü gibi önemsiz bir dalgalanma izlenmiştir. Panelin ortalama gücü ise yaklaşık 190 W olurken arıza anında bu değerlerden ani bir yükselme ile 28000 W'a kadar ulaştığı görülmüştür.



Şekil 18. Bir panel dönüştürücü grubu için akım, gerilim ve güç grafiği.

Şekil 19'da yük tarafına ait evirici çıkışından elde edilen akım, gerilim ve güç değişimlerine ait grafik gösterilmektedir. Topoloji 2'de iki paralel koldan iki ayrı panelin eviriciye gelen akım ve güç değerlerinin toplamı görülmektedir. Yük tarafında yaklaşık 320 W

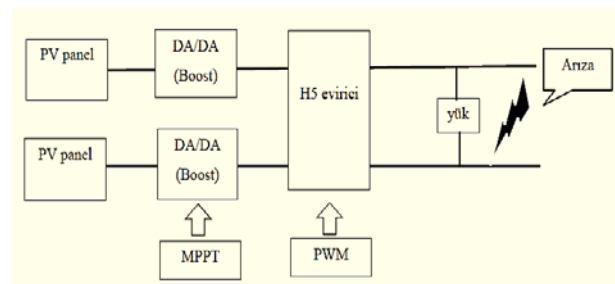
lık bir güç gözlenmektedir. Yük gerilimi 240 V dolaylarında olup arıza esnasında gerilimde %100'e yakın düşme görülmektedir. Arıza noktasının çok yakın olması buna neden olmaktadır.



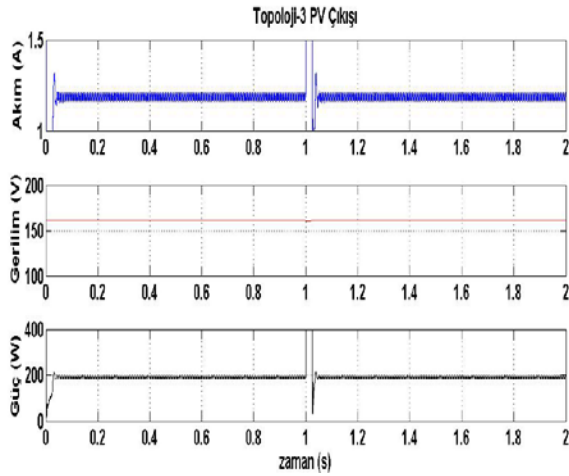
Şekil 19. Topoloji 2'deki eviricinin ortalama akım, gerilim ve güç grafiği.

## 5.6 Topoloji 3 : Merkezi Eviricili FV Sistem

Topoloji 3'te FV panellere tek bir evirici kullanılarak Bir FV sistem modellemesi yapılmıştır. Sistemin yük tarafında topoloji 2'de olduğu gibi bir kısa devre arızası yaptırılıp panel, DA/DA dönüştürücü ve H5 eviricinin ortalama çıkış akım, gerilim ve güçleri ölçülmüştür. Sonuçlar grafiklerle birlikte verilmiş olup sistemin benzetimi MATLAB/Simulink'te yapılmıştır. Sisteme ait blok şeması şekil 20'de gösterilmiştir. Sisteme 1-1.1 saniye aralığında tek fazlı bir kısa devre arızası uygulanmış ve toplam 100 ms boyunca devam etmiştir. Sistem benzetiminden ölçülen değerlere göre bir FV panelin ortalama çıkış akımı 1.2 A civarında olduğu, arıza etkisiyle bu değerden 80 a'lere kadar yaklaştığı görülmüştür. (Şekil 21)

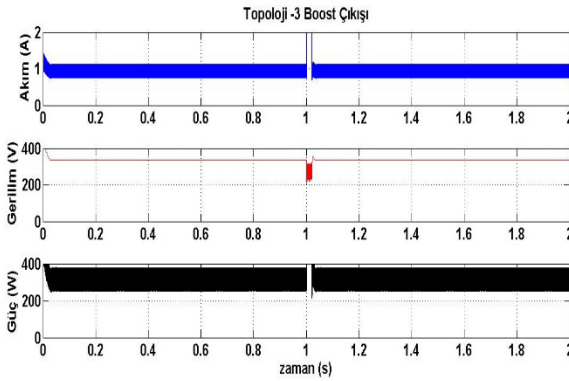


Şekil 20. Topoloji 3 FV sistem blok yapısı



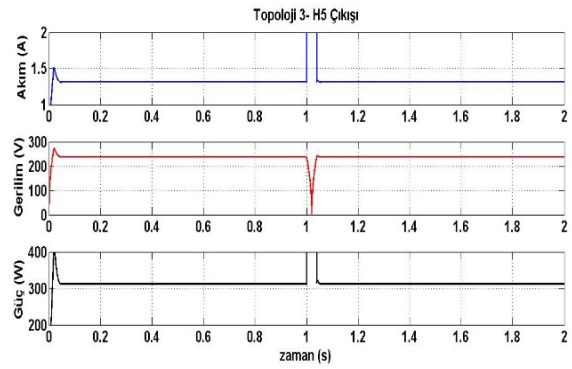
Şekil 21 Bir FV panel için ortalama akım, gerilim ve güç değişimi.

Sistemin DA/DA dönüştürücü elemanına ait ortalama çıkış akımı benzetim modelinden ölçülen verilere göre 0.8 A ile 1.2 A aralığında bir değer verdiği arıza anında ise bu değerden 350 ampere kadar yükseldiği görülmüştür. DA/DA dönüştürücü ortalama gerilimi yaklaşık 340 V iken, arıza sırasında bu değerden 220 V'a düştüğü gözlemlenmiştir. Dönüştürücüye ait ortalama güç ise 300 W – 350 W arasında salındığı arızanın etkisiyle büyük bir yükseliş göstererek 70000 watt değerine kadar çıkmıştır. Dönüştürücüye ait ortalama akım, gerilim ve güç grafiği şekil 22'de gösterilmiştir.



Şekil 22. Topoloji 3 DA/DA dönüştürücünün ortalama akım gerilim ve güç grafiği.

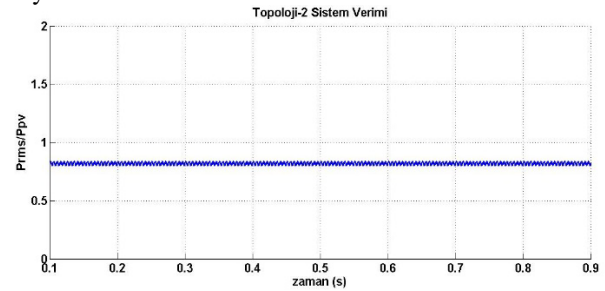
Sistemin bir diğer elemanı olan H5 eviriciye ait ortalama çıkış akımı 1,3 A iken arıza anında güçlü bir salınım yapıp bu değerden 420 A' e kadar çıktığı görülmüştür. Evirici ortalama gerilimi 238 V olup arızanın etkisiyle bu değer tamamen düşüp 0 V'a düştüğü gözlemlenmiştir. Evirici anlık gücü ise 312 W ölçülürken arıza anında güçlü bir yükseliş göstererek 50000 watt'a kadar çıktığı izlenmiştir. Eviriciye ait ortalama akım, gerilim ve güç grafiği şekil 23'de görülmektedir.



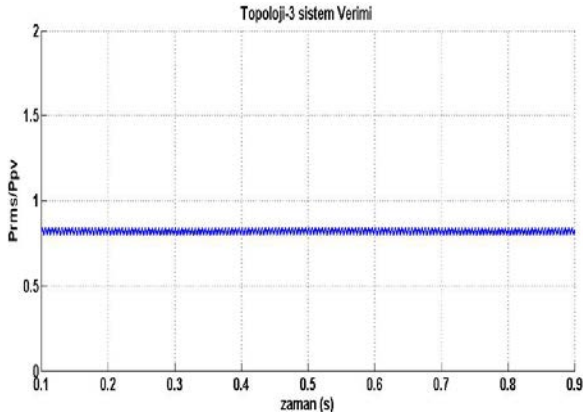
Şekil 23. H5 eviricinin ortalama akım gerilim ve güç grafiği.

## 5.7 Topoloji 2 ve 3'ün Karşılaştırması

Son olarak bu kısımda topoloji 2 ve 3 'ün giriş ve çıkış güçlerinden elde edilen verilere göre verim hesaplaması yapılmış ve bu bilgiler ışığında şekil 24 ve 25 deki gibi grafikler elde edilmiştir. Bu iki grafikten de anlaşıldığı gibi iki sistem arasında kayda değer bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir. Toplam sistem verimleri %85-90 arasında gerçekleşmektedir. Sistemlerin dağıtık veya tek evirici ile çalışmasının güç verimine etkisi olmadığı anlaşılmıştır. Ancak dağıtık sistemlerde süreklilik ve güvenilirlik açısından, merkezi sisteme göre bir takım üstünlüklerin olduğu aşikârdır. Sistemlere genel olarak bakıldığında kullanılan panel grubu ve DA/DA dönüştürücü sayıları eşit sadece evirici sayıları farklıdır. Buda toplam verim açısından ciddi bir fark getirmemektedir. Dağıtık evirici ile oluşturulan sistemin maliyeti elbette yükselecektir fakat tek evirici kullanılan sistemlerde, eviricide oluşabilecek herhangi bir arızada tüm sistemin bundan etkilenacağı söylenebilir.



Şekil 24. Topoloji 2 Dağıtık eviricili FV sistemin güç verimliliği.



Şekil 25. Topoloji 3 Merkezli eviricili FV sistemin güç verimliliği.

## 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Günümüzde enerji ihtiyacının artması ve alternatif enerji kaynaklarının giderek azalmasıyla yenilebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisine ilgi artmaktadır. Bu sebeple güneş enerjisinden faydalanma ve güç kalitesini artırma yönünde sürekli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada verimi arttırmak amacıyla normalden farklı olarak H5 evirici devresinin MATLAB/Simulink'te benzetimi yapılmış ve Histerizis akım kontrolü uygulanmıştır. H5 evirici modelinde köprü tipi klasik evirici modeline göre bir anahtar fazladır. Yapıda enerji verimi oldukça yüksek olup, %98'e ulaşabilmektedir.

Çalışmada 160 V gerilime sahip FV modül kullanılmıştır. FV modül DA/DA yükseltici dönüştürücüye bağlanıp burdan benzetimi yapılan H5 eviriciye bağlanmıştır. Daha sonra oluşturulan sistemin ayrı ayrı kontrollü ve kontrolsüz verim karşılaştırmaları yapılmıştır. Sistem en yalın yani evirici ve dönüştürücü kontrolsüz durumdayken en düşük verimi sağladığı görülmüştür. Bu şekilde sistemin PWM ve MPPT kontrol elemanlarıyla dört farklı durum analizi benzetim sonuçlarına göre yapılmıştır. Sistemin her iki kontrol elemanı ile birlikte çalıştırıldığı durumda en yüksek verimi verdiği tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1]. Çalışkan E., (2011), "Fotovoltaik Sistemler için DSP Temelli Güneş Çeviricisi Tasarımı ve Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [2]. Özçelik MA., (2015) "Fotovoltaik Sistemlerde Verim ve Performansın Arttırılmasına Yönelik Maksimum Güç Noktası İzleyicisi Tasarımı", Doktor Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.

- [3]. Üzüm Aydın, A., (2015), "Fotovoltaik Uygulamalar için Güç Konvertörlerinin Kontrolü", Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- [4]. Yılmaz Ş., (2015), "Kahramanmaraş il Merkezi Koşullarında Optimum Enerji Verimliliğine Sahip Fotovoltaik Temelli Bir Elektrik Jeneratörünün Modellenmesi ve Gerçekleştirilmesi", Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- [5]. Özdemir Ş., (2007), "Fotovoltaik Sistemler için Mikrodenetleyicili En Yüksek Güç Noktasını İzleyen Bir Konvertörün Gerçekleştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- [6]. Twidell J. and Weir T. (2006), "Renewable Energy Resources" Second Edition, Taylor & Francis Group, New York.
- [7]. Demirtaş M. İbrahim S. Irmak E. ve Çolak İ., (2008) "Güneş Enerjili Sistemler İçin Mikrodenetleyici Tabanlı DA/DA Yükselten Dönüştürücü", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt.23 No.3, s719-728, Ankara.
- [8]. Demirbaş Ş., ve Fidanboy H., (2011), "Akım Kontrollü Gerilim Kaynaklı Evirici İle Sürülen RL Yüklü Üzerindeki Akım Harmoniklerinin İncelenmesi", Proceeding of 6th International Advanced Technologies Symposium, pp 230-235, Elazığ, Türkiye.