



ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article)

**AA EV YÜKLERİNİ BESLEYEN FOTOVOLTAİK / BATERYA SİSTEMİNİN
MATLAB/SİMULINK MODELİ VE SİMÜLASYONU**

Furkan Muhammed KIRIKCI^{1,*}, Miraç ÖZTÜRK², Hakan KAHVECİ³

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Trabzon, mfurkankirikci@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7585-9800

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Trabzon, miracozturk61@outlook.com, ORCID: 0000-0002-6021-5316

³ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Trabzon, hknkahveci@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9369-2330

Geliş Tarihi(Received Date):19.07.2022

Kabul Tarihi(Accepted Date): 05.09.2022

ÖZ

Türkiye, yenilenebilir güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan bir ülkedir. Fotovoltaik panel sistemlerinden elde edilen elektrik enerjisinin kullanımı ise ülkemizde son yıllarda artmıştır. Bu konu ile alakalı devletimiz de teşvikler vermektedir; fakat ev yüklerinde kullanılan enerji şebeke elektrik enerjisi olduğundan dolayı fotovoltaik sistemlerin çıkışında sabit gerilim elde edilmelidir. Sistem çıkışında elde edilen enerjide meydana gelebilecek bir dalgalanma veya harmonikler ev yüklerine ve şebekeye zarar vermektedir. Bu çalışmada, modellenmiş bir ev tipi yük uygulaması için batarya destekli fotovoltaik güç kaynağı modellenmiş ve simüle edilmiştir. Sistemde meydana gelebilecek yük değişimlerine karşın MPPT tasarlanmıştır. MPPT tasarımında güç ve akım ilişkisi göz önünde bulundurulmuştur. Kullanılan yöntem sayesinde sistemde bulunan batarya ve beslenen yükler korunmuştur. Sabit bara gerilimi çıkışında DA / AA evirici kullanılmıştır. PI kontrol sistemi sayesinde batarya sistem grubundan şarj veya deşarj akımı kullanılmıştır. Tüm sistem; fotovoltaik panel, elektriksel yükler, DA / DA yükseltici ve DA / AA evirici dönüştürücü, kontrol yapıları ve şebeke modeli MATLAB / Simulink simülasyon programında modellenmiş ve sistem alınan sonuçlar ile doğrulanmıştır. AA bara çıkışında sabit bir gerilim elde edilmiş ve LC filtre ile gerilim üzerindeki dalgalanmalar giderilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Fotovoltaik Panel, Yenilenebilir Enerji, MPPT, Batarya, Dönüştürücü*

**PHOTOVOLTAIC / BATTERY SYSTEM FEEDING AC HOUSE LOADS
MATLAB/SIMULINK MODEL AND SIMULATION**

ABSTRACT

Turkey is a country with a high potential for renewable solar energy. The use of electrical energy obtained from photovoltaic panel systems has increased in our country in recent years. Our government also gives incentives on this subject, but since the energy used in household loads is electricity from the grid, a constant voltage should be obtained at the output of photovoltaic systems. A fluctuation or harmonics that may occur in the energy obtained at the system output damage the

house loads and the grid. In this study, a battery-assisted photovoltaic power supply is modeled and simulated for a modeled household load application. MPPT is designed against load changes that may occur in the system. In MPPT design, the relationship between power and current has been considered. Thanks to the method used, the battery and the fed loads in the system are protected. DC / AC inverter is used at the output of fixed busbar voltage. Thanks to the PI control system, charge or discharge current from the battery system group is used. Whole system; photovoltaic panel, electrical loads, DC / DC boost converter and DC / AC inverter converter, control structures and grid model were modeled in the MATLAB / Simülink simulation program and the system was verified with the results. A constant voltage was obtained at the AC bus output and the fluctuations on the voltage were removed with the LC filter.

Keywords: *Photovoltaic Panel, Renewable System, MPPT, Battery, Converter*

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe gelişen teknoloji ve artan dünya nüfusu elektrik enerjisine olan talebi artırmaktadır. Elektrik enerjisinin üretiminde kullanılan fosil enerji kaynaklarının rezervlerinin azalması ve çevreye verdikleri zararlar yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacı artırmıştır. Aynı zamanda teknolojinin gelişmesiyle beraber yeni çıkan evsel elektriksel yüklerinin talep ettiği gücü, şebeke bazı bölgelerde karşılayamaz duruma gelmiştir. Bundan dolayı ev tipi uygulamalarda, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma oranı en yüksek olan güneş enerjisi kullanılmaya başlanmıştır.

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek için kullanılan başlıca sistem fotovoltaik panel sistemidir. Fotovoltaik sistemler ilk olarak 1893 yılında Becquerel tarafından, elektrolit içine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemleyerek bulunmuştur [1]. Fotovoltaik sistemin bulunması tarihsel olarak geç olmasına rağmen, 1970 yılında başlayan petrol krizi yüzünden son çeyrek asırda kullanıma oranı artmıştır.

Ülkemizde ise güneş enerjisi genellikle sıcak suyun elde edilebilmesi ve ürün kurutmasında kullanılmaktadır. Son yıllarda devletimizin enerji üretimine teşvik vermesi nedeni ile şebekeye elektrik enerjisi üretimi artmıştır. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerinden anlaşıldığı üzere Türkiye günlük toplam 7,5 saat, yıllık toplam 2.741 saat güneşlenme süresine sahiptir [2]. Verilerden anlaşıldığı üzere ülkemiz güneşlenme süreleri açısından oldukça yüksek değerlere sahiptir. Bölgesel olarak ise Güneydoğu Anadolu bölgesi birinci sırada yer alırken bunu ikinci sırada Akdeniz Bölgesi üçüncü sırada ise Doğu Anadolu Bölgesi takip etmektedir [3].

Fosil yakıtlarda meydana gelen rezerv ve fiyat sorunu nedeni ile kullanımı artan fotovoltaik sistemler enerji talebini karşılayamamıştır. Çünkü bu sistemlerin üretim maliyetleri oldukça fazlaydı ve güneş enerjisinden elektrik enerjisi dönüşümünde yüksek kayıplar meydana gelmekteydi. Yükte meydana gelen ani değişimler ile güneş ışınımında meydana gelen değişimler sistemde problemler ortaya çıkarmaktadır. İlk yapılan sistemlerde depolama teknolojisi kullanılmadığından dolayı kesintiler meydana gelmektedir. Bu problemlerin çözülmesi için yarı iletken teknolojisi ve sistem çıkışındaki enerji kontrol yöntemleri üzerinde çalışmalar vardır.

Fotovoltaik sistemden elde edilebilecek maksimum güç değeri, güneş ışınım değeri, ışınım açısı, ortam sıcaklığı ve kontrol parametrelerine bağlıdır. Panelin uçlarından alınacak akım ve gerilim değerleri, ortam koşulları ve yük grubuna bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Panel üzerine gelen ışınım miktarı ve paralel panel miktarı sistemin akımını değiştirmektedir. Seri panel miktarı ve ortam

sıcaklığı ise sistemin gerilimini değiştirmektedir. Bundan dolayı ortam şartları ve yük grubuna bağlı olarak maksimumu gücün elde edilebilmesi için güneş paneli maksimum güç noktasında çalıştırılmalıdır. Bu maksimum güç noktasını yakalayabilmek için MPPT algoritmaları geliştirilmiştir.

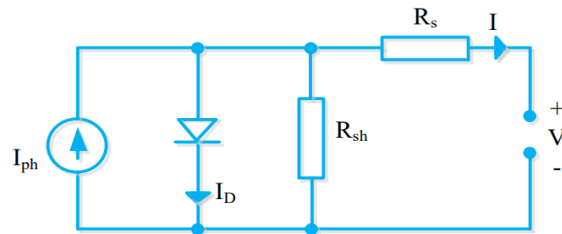
Bu çalışmada fotovoltaik panel grubundan elde edilen elektrik enerjisi ile şebeke elektrik enerjisinin birlikte kesintisiz olarak ev yükünü beslemesi modellenmiştir. Fotovoltaik panel grubundan alınan ışınımın gerilim ve akım sinyallerine dönüştürülür. Sistemde bulunan maksimum güç izleyicisi sayesinde panel üzerinden en yüksek verimlilikle faydalanılır. Maksimum güç izleyicisinde güç ve akım sinyalleri alınarak sistem üzerinde bulunan yüklerin tam verimlilikle çalışması sağlanır. Tasarımda yüklerin çalışması gereken sabit gerilim göz önünde bulundurulmuştur. Şebeke modeli ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları modellerinde belirli bir oranda gerilim opsiyonuna izin verilmesinin nedeni genellikle tüketici odaklı yapılmayan kontrol metodunda belirli sapmaların meydana gelmesidir. Yapılan tasarımda ise panelden çekilen akım ve güç sinyalleri baz alınarak kontrol yapıldığı için dönüştürücü ve batarya sistemi tüketici barasını sabit 400 volt yapma üzere bulunmaktadır. Bundan dolayı bu gerilim opsiyonu tasarımda minimize edilmiştir. Batarya sisteminin kontrolü sabit PI kontrolörler ile yapılmış olup, buradaki temel amaç dönüştürücünün sabit gerilimi karşılayamadığı durumlarda sisteme girmektir. Batarya şarj ve deşarj modlarında çalışarak sisteme katkı sağlamaktadır. Bütün bu sistem sonunda elde edilen sabit 400 volt DA gerilimi bir evirici yardımıyla AA gerilime dönüştürülmüştür. Şebeke enerjisinin dalga formunu yakalamak için ise sistem sonuna filtre konularak, dalgalanma ve harmonikler minimize edilmiştir. Kontrol ve elektriksel parametreler belirlenen uygun aralıklardan seçilmiş olup, şebeke elektrik enerjisine en yakın form elde edilmiştir. Modellenen sistem bütün elemanlarıyla birlikte MATLAB / Simülink ortamında simülasyonu yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

AA Ev yüklerini besleyen Fotovoltaik / Batarya sistemi; fotovoltaik panel, DA / DA yükselten dönüştürücü, maksimum güç izleyicisi, batarya grubu ve filtreden oluşmaktadır. Tasarlanan sistemdeki fotovoltaik panellerden güç ve akım arasındaki ilişki ile maksimum güç elde edilmiştir. Elde edilen elektrik enerjisi ise evirici önündeki barada 400 V sabit tutulup yükün korunması sağlanmıştır. Baranın gerilimi ise PI kontrolör ile sabit tutulmuştur.

2.1. Fotovoltaik Panelin Eşdeğer Devre Modeli

Fotovoltaik panel üzerine olan çalışmalarda kullanılan birden fazla model bulunmaktadır. Bu çalışmada bir diyot modeli kullanılacaktır. Kullanılacak olan diyot modeli Şekil 1 'de verilmektedir. Güneş radyasyonunun düzgün bir dağılım gösterdiği durum üzerinden bir diyot modelinin elektriksel parametreleri belirlenmiştir [4].



Şekil 1. Fotovoltaik panel eşdeğer devresi [5].

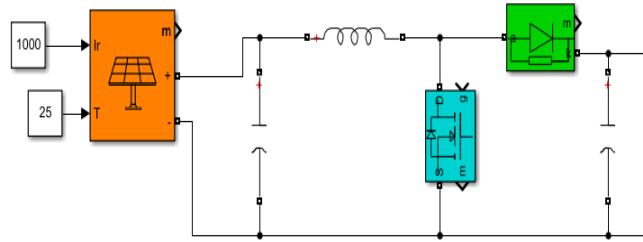
Şekil 1 'deki devreye Kirschoff uygulandığında sisteme aktarılan akımın ifadesi düğüm gerilimleri metoduna göre Eşitlik 1 'de verilmektedir.

$$I = I_{PH} - I_D = I_{PH} - I_0 \cdot (e^{\frac{qV}{n \cdot k \cdot T}} - 1) \quad (1)$$

Burada q: elektron yükü ($1,6 \times 10^{-19} C$), k: Boltzman sabiti ($1,38 \times 10^{-23}$), T: Kelvin biriminden sıcaklık, n: diyot faktörüdür [6]. Buna göre (1) nolu denklemde $V=0$ değerinde kısa devre akımı, $I=0$ 'da açık devre gerilimi V tanımlanabilmektedir. Tasarlanan sistemde ise 17 paralel, 10 adet seri hücre kullanılmıştır. Paralel hücreler evsel elektrik yüklerinin çektiği akım değerini; seri hücreler ise gerilim değerini sağlamaktadır.

2.2. DA/DA Yükselten Dönüştürücü

Güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisi güneş ışınım miktarına bağlı olarak sürekli olarak değişmektedir. Ancak beslenecek yükün sabit bir gerilim ile beslenmesi gerekmektedir. Bundan dolayı bu tarz sistemlerde kullanılacak olan DA / DA yükselten dönüştürücüler büyük önem taşımaktadır. Modellenen sistemde kullanılan yükselten dönüştürücü Şekil 2' de gösterilmektedir. Dönüştürücünün girişinde kullanılan kapasite panel çıkışında oluşabilecek dalgalanmaları önlemektedir ve kapasite değeri $1000 \mu F$ 'tır.

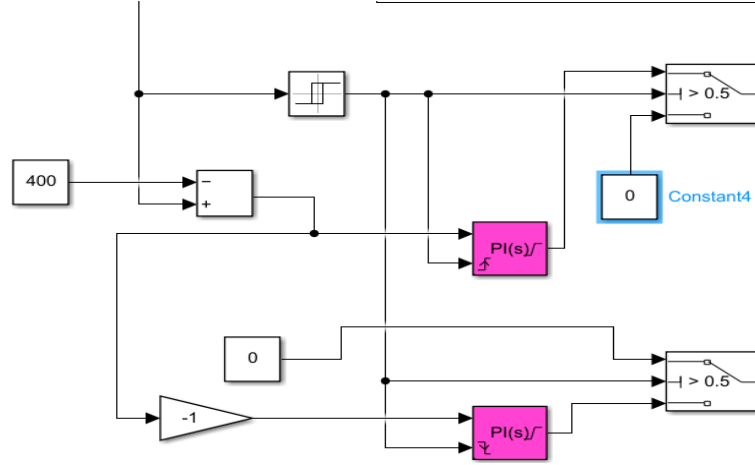


Şekil 2. DA/DA Yükselten dönüştürücü.

Dönüştürücünün çıkışında yer alan kapasite ise dalgalanmaları önlemektedir ve değeri $3000 \mu F$ 'tır. Dönüştürücünün ortasında yer alan bobin ise yükselteç görevi görmekte ve diyot ise ters akımı engellemektedir.

2.3. Bara Gerilimini Sabit Tutan Kontrolör Yapı

Evsel elektrik yükleri şebekeden beslenmediği zamanda fotovoltaik panelden beslenmesi sağlanmıştır. Yüklerin bozulmaması için sabit bir gerilimde çalışması gerekmektedir. Bundan dolayı dönüştürücünün sonunda yer alan DA bara gerilimi 400 V değerinde sabit tutulması planlanmaktadır. Tasarlanan sistem Şekil 3 'de gösterilmektedir.



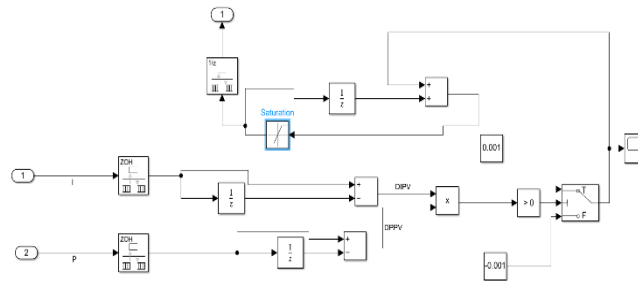
Şekil 3. Sabit bara gerilimi kontrolörü.

Kontrol yöntemi olarak PI seçilmiştir. DA bara geriliminden alınan sinyal kablosu ile 400 V sabit gerilim değeri karşılaştırmaya koyularak aradaki fark PI kontrol ile sıfıra indirilmiştir. Burada önemli olan husus katsayıların seçilmesidir. Bunun için çeşitli metotlar mevcuttur.

Bara geriliminin 400 V değerinden fazla veya az olması durumunda bataryanın şarj ve deşarj durumları belirlenmiştir. Bara geriliminin fazla olması durumunda PI kontrol bataryayı şarj eden MOSFET elemanını tetikleyecek ve batarya şarj olacaktır. Bara geriliminin düşük olması durumunda ise PI kontrol bataryayı deşarj eden MOSFET elemanını tetikleyecek ve batarya deşarj olacaktır. Böylelikle bara gerilimi 400 V değerinde sabit tutulacaktır.

2.4. Maksimum Güç İzleyici

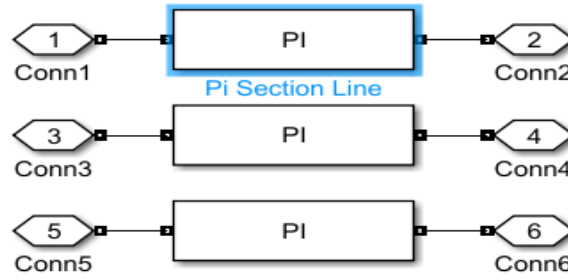
Bara gerilimini sabit 400 V tutmak için kontrolörün yanı sıra fotovoltaik panel sisteminden maksimum güçte faydalanmak gerekir. Işınım ve yük değerleri değiştiği durumlarda maksimum güç izleyicisi yükselten dönüştürücüdeki MOSFET anahtar elemanını anahtarlama yaparak gerilimi sabit tutmaktadır. Burada kontrole alınan parametreler güç ve akım değerleridir. Bu değerler anlık olarak ölçülmekte ve bir önceki değerlerle karşılaştırılmaktadır. Çarpımlarından alınan sinyal hata oranı sıfır olacak şekilde MOSFET anahtarlama elemanının kapı ucuna PWM tetikleme sinyali vermektedir. Şekil 4 'de tasarlanan maksimum güç izleyicisi gösterilmektedir.



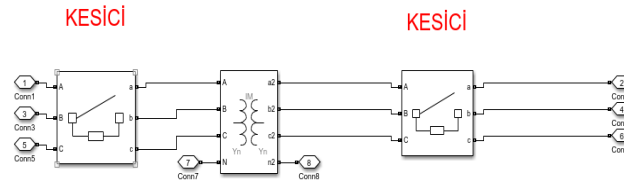
Şekil 4. Maksimum güç izleyicisi.

2.5. Şebeke Dağıtım Hattı Modeli

Şebeke elektrik enerjisinin üretimi ve dağıtımı Simülink ortamında modellenmiştir. Üretim generatörü modellenmiş olup 154 kV gerilim üretmektedir. Gerilim seviyesi pi modellenmiş hat ile dağıtım hücresinde transformatörle düşürülüp dağıtım hattı ile eve gelmiştir. Sistemde var olan kayıplar göz önünde bulundurulacak şekilde parametreler seçilmiştir. Tasarlanan iletim hattı Şekil 5 'de; hücresi Şekil 6 'da gösterilmektedir.



Şekil 5. İletim hattı modeli.

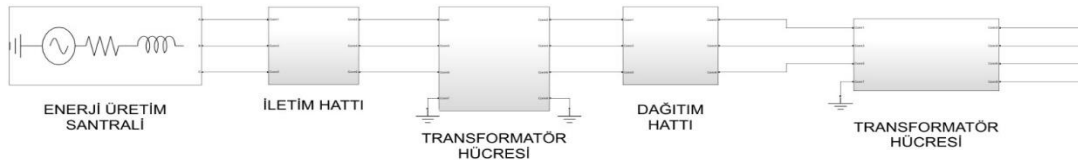


KURU TİP TRANSFORMATÖR

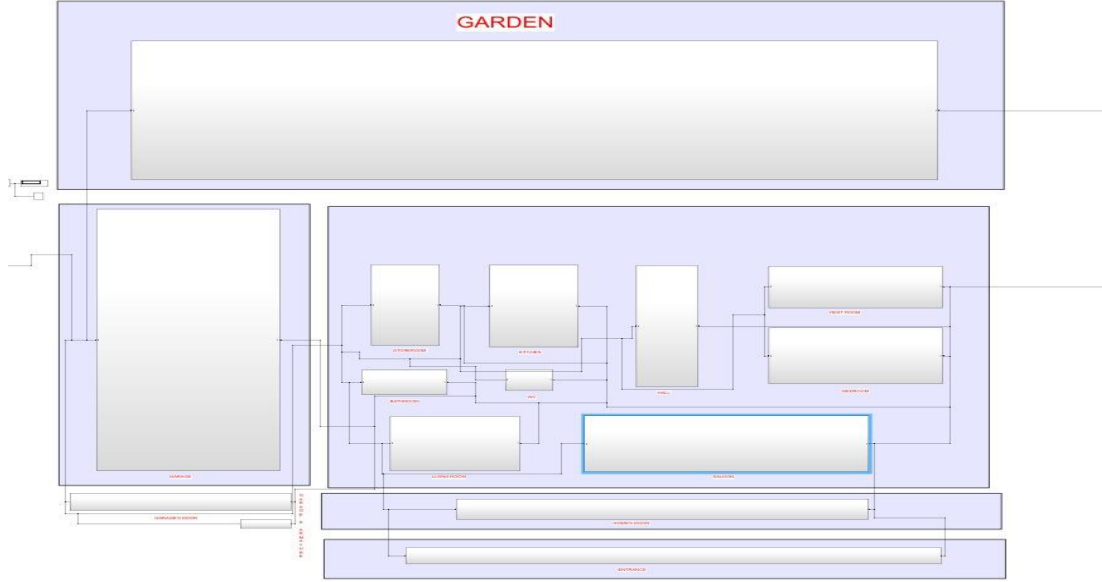
Şekil 6. Transformatör hücresi.

2.6. Tasarlanan Sistemin Simülasyon Tek Hat Modeli

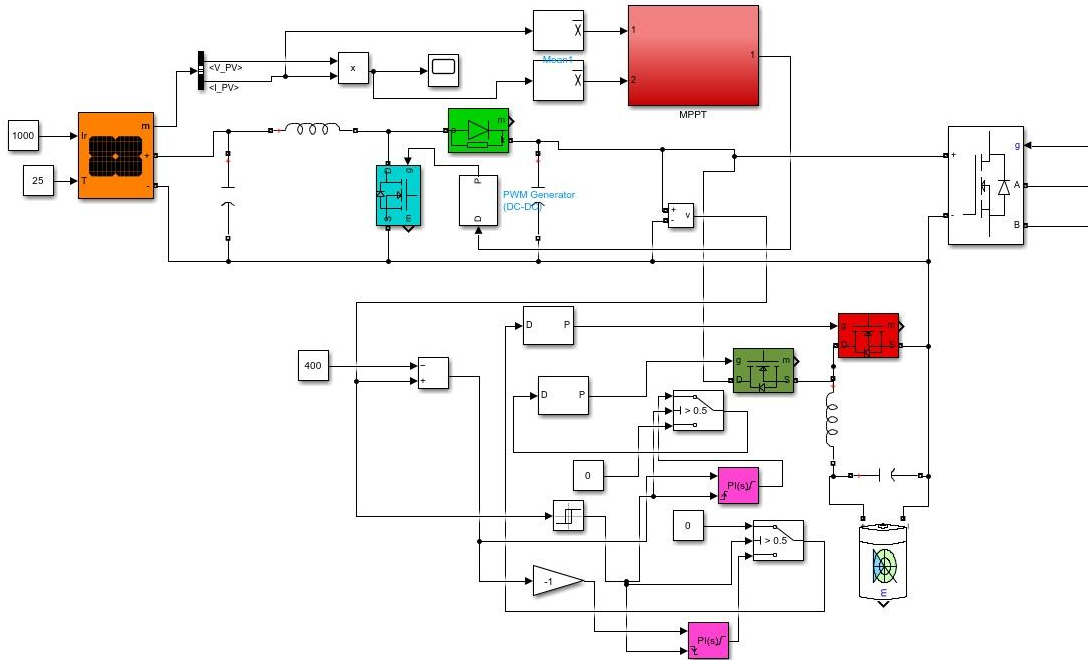
Sonuçların ve sistemin daha iyi anlaşılabilmesi için şebeke hat modeli, evsel elektrik sisteminin hat modeli ve yenilenebilir enerji sistem modeli Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9 'da gösterilmektedir. Şebeke hat modeli içerisinde yer alan transformatör hücresi ve iletim hattı modelleri bir önceki bölümde Şekil 5 ve 6 'da gösterilmektedir. Evsel elektrik yük modeli ise tesisat modeli kullanılmış olup her kat paralel tek hat üzerinden modellenmiştir.



Şekil 7. Şebeke hat modeli.



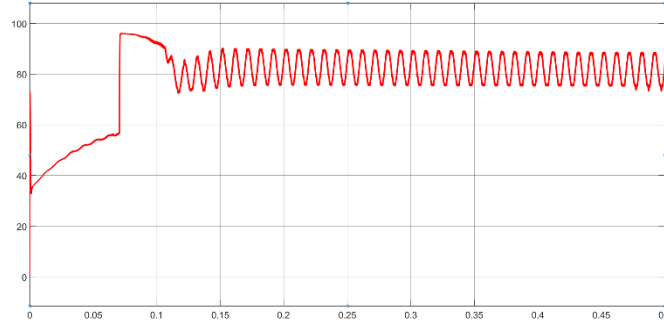
Şekil 8. Evsel elektrik sistemi hat modeli.



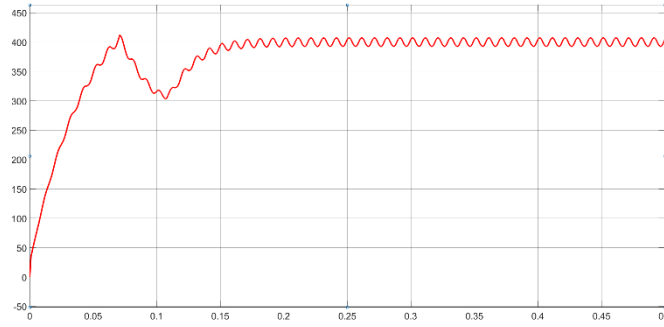
Şekil 9. Yenilenebilir enerji sistem modeli.

3. SONUÇLAR

Elde edilen simülasyon çalışmasının sonuçlarından anlaşılacağı üzere batarya gerilimi sabit tutulmaktadır. Bunu sağlayan yapı DA referans bara gerilimi kontrolörüdür. 400 V referans değeri karşılaştırılarak, batarya sistemde sadece güneş enerjisinin yükü karşılayamadığı durumlarda devreye girip çıkacak şekilde ayarlanmıştır. Batarya gerilimini günün tamamında sabit bir referans aralığında tutarak, sisteme kesintisiz güç kaynağı sağlanmaktadır. Elde edilen sonuç, tasarlanan sistemde batarya ana güç kaynağı yerine, herhangi bir aplikasyon durumunda faal duruma gelebilecek kaynak haline geldiğini göstermektedir. Batarya gerilimi Şekil 10 'da sabit tutulan referans bara gerilimi ise Şekil 11 'de gösterilmektedir.



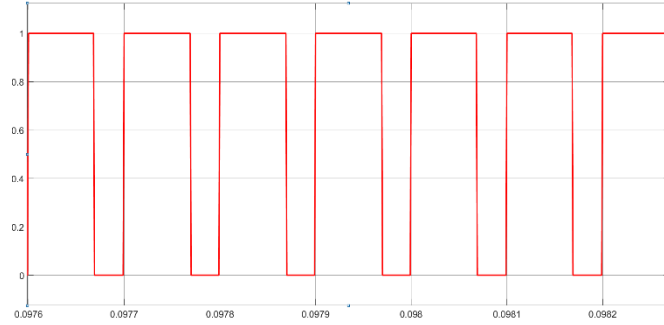
Şekil 10. Batarya gerilimi.



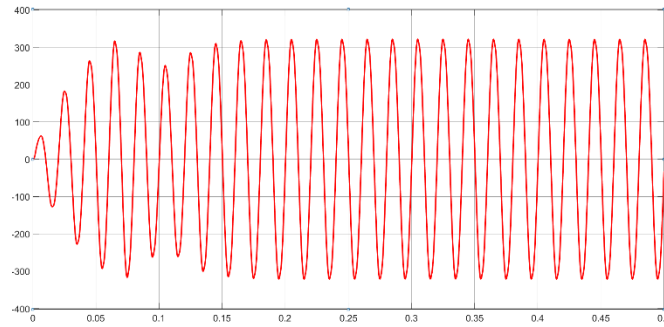
Şekil 11. 400 V DA bara gerilimi.

Maksimum güç izleyicisi ise akım ve gerilim çarpımından elde edilen sinyali işleyerek MOSFET 'in kapı ucuna sinyal yollamaktadır. Burada kullanılan yöntemle, panelin sistemdeki yüklere güç vermesi yâda sistemdeki yüklerin bataryadan güç çekmesi üzerine bir kontrol yapılmıştır. Yani panelin akım ve güç değerleri kontrol parametrelerini oluşturmaktadır. İşlenen sinyalin negatif çıkması panelin yeterli güç ve akımı sağlayamadığını, pozitif çıkması ise yeterli gücü sisteme sağladığını göstermektedir. Sistem akımı dengede tutularak çıkış gerilimi sabit tutulmuştur. Tetikleme sinyali Şekil 12 'de gösterilmektedir. Kontrol yöntemleri sonucunda DA / AA evirici çıkışında elde edilen 220 V gerilim değeri ise Şekil 13 'de gösterilmektedir. Kullanılan şebeke enerjisi ise Şekil 14 'de gösterilmektedir. Şekil 13 'de elde edilen gerilim değeri filtreye konularak dalgalanması azaltılmıştır.

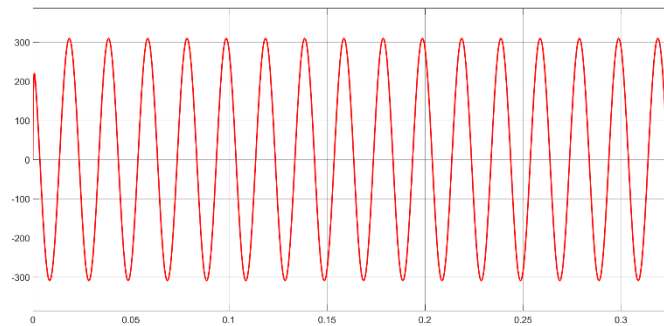
Şekil 13 ve 14 'den anlaşılacağı üzere evsel elektrik yükleri için sabit bara gerilim kontrolörü ile şebeke gerilimi karşılaştırmasında aynı sonuçlar elde edilmiştir. Kullanılan gerilim seviyesi ve şekli evsel yüklerle zarar vermeyecek şekilde tasarlanmıştır. Batarya grubu sayesinde gerilim değeri, ışınım ve yüke bağlı olarak dalgalanma göstermemektedir.



Şekil 12. MOSFET kapı tetikleme sinyali.



Şekil 13. DA/AA Evirici çıkış gerilimi.



Şekil 14. Şebeke gerilimi.

4. TARTIŞMA

Evsel elektrik yüklerinin artmasıyla beraber şebekenin gücü evlerde yetersiz kalmaya başlamıştır ve arızalar meydana gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin kullanılmasıyla

şebekenin yükü hafifletilmeye veya var olan evsel yüklerin enerjisiz kalmaması planlanmıştır. Bu çalışmada tasarlanan simülasyon modeli, herhangi bir aplikasyon durumunda şebeke enerjisinin kesilmesi sonucu yükün enerjisiz kalmasını sağlamaktadır. Simülasyon manuel olarak veya sistem üzerinde yer alan maksimum güç izleyicisi sayesinde otomatik olarak devreye girebilir.

Tasarlanan fotovoltaik sistem güneş paneli ile başlamaktadır. Batarya sabit bir gerilim aralığına geldikten sonra, panel yükün istediği yeterli gücü sağlayamadığı durumlarda devreye girip çıkmaktadır. Şekil 10 'da yer alan grafik bunu göstermektedir. DA barasında ise sabit gerilim elde edilmiş ve DA / AA evirici ile şebeke harici kullanım sağlanmıştır. Evirici verimi, anahtarlama frekansı ve sabit yük gerilimi göz önünde bulundurularaktan bara gerilimi 400 V seçilmiştir. AA bara geriliminde meydana gelen dalgalanmalar filtre elemanları ile düzeltilmeye çalışılmıştır. DA barasındaki gerilimin sabit tutulmasıyla 311 volt maksimum değerli AA gerilim elde edilmiştir.

Maksimum güç izleyicisi sayesinde batarya / fotovoltaik panel grubunun verimli kullanılması amaçlanmıştır. Akım ve güç sinyallerinin belirlenen sınırlar arasında işlenmesiyle elde edilen MOSFET kapı sinyali Şekil 12 'de gösterilmektedir. MOSFET kapısına gönderilen sinyal ile yükseltici DA dönüştürücüsü bara gerilimini sabit tutmaktadır. Anahtara gelen sinyal sayesinde gerilimi yükselten bobin devreye girip çıkmaktadır. Kontrol parametrelerinde ve dönüştürücü, filtre elemanlarının değerlerinde yapılacak optimizasyon ile sistem verimi artırılabilir. Bara gerilimi bobin değeri ile ayarlanmaktadır.

AA bara gerilimi ile şebeke bara gerilimi aynı değerde olup, sinyalleri Şekil 13 ve Şekil 14 'de gösterilmektedir. Şebeke enerjisinin gücü yeterli olmadığı durumlarda güneş enerjisi devreye alınarak yük beslendiğinde sinyallerin efektif değerleri ve frekansları aynı olduğundan dolayı yük üzerinde herhangi bir problem meydana gelmeyecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Erkul, A., (2010), Monokristal, Polikristal ve Amorf-Silisyum Güneş Panellerinin Verimliliğinin İncelenmesi ve Aydınlatma Sistemi Uygulaması., Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye,
- [2] <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> /Türkiye Cumhuriyeti Enerji Bakanlığı Website [Online], Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA). 15 Haziran 2022.
- [3] Kırbaş, İ., Çifci, A., & İşyarlar, B. (2013), Burdur İli Güneşlenme Oranı ve Güneş Enerjisi Potansiyeli, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(2), 20-23.
- [4] Ort, Muhammed İkbāl., (2016), Fv Sistemlerde Güneşi Takip Eden Sistem Tasarımı ve Mppt Kontrolü İle Enerjini Yüke Maksimum Olarak Aktarılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- [5] Bayrak, G., Cebeci, M., (2013), 3.6 kW Gücündeki Fotovoltaik Generatörün Matlab Simülink İle Modellenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye