

AA ve DA Yüklerini Besleyen FV/Akü Grubunun MATLAB/SIMULINK Ortamında Modellenmesi ve Simülasyonu

İsmail H. ALTAŞ¹ ve Onur Ö. MENGİ²

¹KTÜ Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon
ihaltas@ktu.edu.tr

²Giresun Üniversitesi Giresun Meslek Yüksekokulu, 28200, Giresun
onurmengi@yahoo.com

Özet

Bu çalışmada; ev tipi uygulamalar için bir Fotovoltaik Güç Kaynağı (FVGK) nın tasarımı ve kullanımı üzerinde çalışılmıştır. Hava şartlarındaki değişimler ile gündüz gece değişimlerinin yanısıra yük ve ortam şartlarının etkileri de dikkate alınmıştır. Devrede DC/AC çeviriciler kullanılmış ve güç denkleştirme ile enerjinin verimli kullanılması için kontrol edilmiştir. FV/Akü grubu, ev tipi klimalar, su pompaları ve havalandırma gibi yüklerdeki küçük ölçekli FV kaynaklarının etkin kullanımı için bir temiz enerji sisteminin benzetim diyagramı geliştirilmiştir. Tüm sistemin FV, elektriksel yükler, DC/DC ve DC/AC çeviriciler ve kontrol yapıları ile dinamik çevrim işlemleri gibi bileşenleri, MATLAB/ Simulink ortamında modellenmiş ve bu model, yük ile güneş radyasyon seviyesi ve sıcaklık değişimleri altında tam olarak doğrulanmıştır. Ayrıca yükler üzerindeki gerilimin dalga şeklini düzeltmek ve harmonikleri azaltmak için filtreler kullanılmış ve bu filtrelerin etkinlikleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

Abstract

Design and utilization of a Photovoltaic Power Source (PVPS) for household applications are studied in this work. Both the effects of the load variations and environmental conditions such as weather changes and day/night switching are considered DC/AC converter schemes are used and controlled for power matching and efficient energy utilization. Novel PV/Battery unified green energy scheme has been proposed for efficient utilization and decoupled operation of small scale PV sources in household motorized Air -Conditioning, Water Pumping and Ventilation type loads. All system key components including PV Array, Electric loads, DC-DC and DC-AC converters, and controller structure and dynamic loop scaling are modeled using Matlab/Simulink environment and fully validated under load, excursions and solar PV Irradiation and Temperature variations. In addition to, filters are used to correcting wave form and decries the effect of the harmonics on the loads and these filters activities shows graphically.

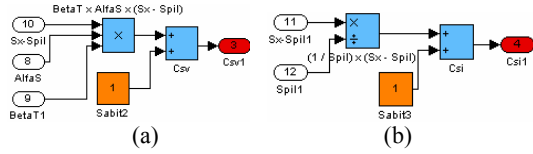
1. Giriş

Petrol fiyatlarının yükselmesi, doğal kaynaklarının sınırlı olması ve çevre problemleri nedeniyle, petrol ve kömüre dayalı klasik yöntemlerle elektrik enerjisi üretimine alternatif olarak yenilenebilir kaynakların kullanımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, su gücü, biyolojik yakıt enerjisi, jeotermik enerji, ve benzeri biçimlerde karşımıza çıkar. Ancak yıllarca süren çalışmalar göstermiştir ki, bunlar arasından rüzgar ve güneş enerjisinin doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi daha pratik ve kolaydır [1].

Özellikle çevre kirliliği ile ilgili problemler arttıkça yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmış ve bunlarla ilgili projeler de destek görmeye başlamıştır. Tahminlere göre 2025 yılına kadar dünyada üretilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık %10-15'lik bir bölümü yenilenebilir/alternatif enerji kaynaklarından karşılanacaktır. Hali hazırda, Danimarka elektrik ihtiyacının %5'ini kıyı rüzgarlarından sağlamaktadır. İsveç, nükleer santrallerden elektrik üretimini aşamalı olarak devre dışı bırakıp yerine rüzgar, güneş ve diğer alternatif enerji kaynaklarını kullanmayı planlamaktadır. Üretim aşamasındaki teknolojik gelişmelerin de yardımıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin maliyeti gün geçtikçe düşmekte [2], bu da yenilenebilir enerji kaynaklarını daha cazip hale getirmektedir.

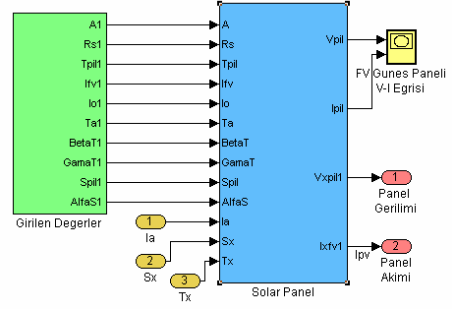
Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimine yönelik uygulamaları kapsayan araştırmalar bütün hızıyla devam etmektedir. Bu araştırmaların en önemli bölümü, uygulamada karşılaşılan maksimum güç üretimi ve DA-AA, DA-DA dönüşümlerinin yapıldığı kıyıcı ve evirici gibi ara yüz elemanlarının tasarımı ve denetimidir [3].

Bu çalışmada FV panellerden evdeki yüke aktarılacak gücü FV ile akü grubu arasında, o anki ortam şartlarındaki değişime göre nasıl kontrol edildiği ve yüklerdeki enerjinin kalitesini arttırmak için kullanılan filtrelerin etkinliği anlatılmaktadır. Tasarlanan sistem bütün alt elemanlarıyla birlikte Matlab/Simulink ortamında modellenip simülasyonu yapılmıştır.

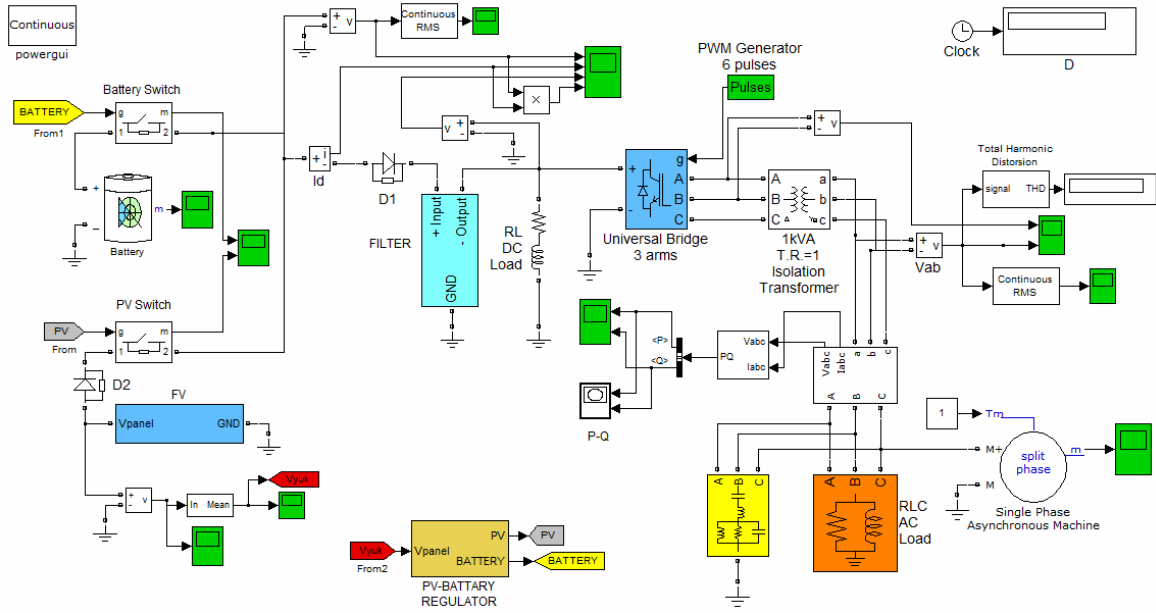


Şekil 4: Güneşindeki değişim etkisinin modeli. (a) C_{SV} değerinin hesaplanması. (b) C_{S1} değerinin hesaplanması.

Sistemin tamamı tek bir blok olarak alt sistemleri de içine alacak şekilde tekrar düzenlenmiş ve girilen sabit değerler için ayrı bir blok oluşturulmuştur ve Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5: Girilen değerler ve blok olarak FV güneş pili.



Şekil 6: Üç fazlı ve tek fazlı yüklerden oluşan sistem.

1.3. Sistem

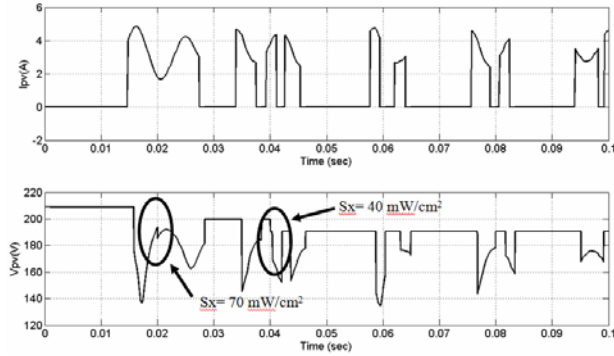
Ana sistem Şekil 6’da görülmektedir ve FV paneller, akü grubu, iki anahtar, bir düzenleyici, bir DC yük, filtreler, bir evirici, bir izolasyon transformatörü, bir RLC yük ve bir adet tek fazlı asenkron motordan oluşmaktadır. Güneş seviyesinin sürekli aynı olmaması ve farklı ortam sıcaklıkları nedeniyle güneş panellerinin ürettikleri güçte sürekli olarak değişmektedir. Bu nedenle güneş panelinin yeterli güç üretilmediği durumda yükün enerjisiz kalmasının engellenmesi için sisteme bir akü grubu da ilave edilmiştir. Fotovoltaik panel ve akü grubu kombine çalışarak farklı doğal şartlardan etkilenmeden yükün talep ettiği gücü sağlamaktadır. Akü grubunun devreye girip çıkması düzenleyici cihazın kontrolünde gerçekleşmektedir. Yapılan simülasyonda kullanılan fotovoltaik panel güneş seviyesindeki ve sıcaklıktaki değişimleri de içeren bir modeldir. Sıcaklık ve güneş seviyesindeki değişimlerde panel gücü değiştiği için kullanılacak modelin bu değişimi içermesi gerekmektedir. Kullanılan FV’ler, 8 adet seri ve 2 paralel koldan oluşmaktadır. Sistemde kullanılan aküler 160V nominal değere sahip ve 10Ah’lıktır. Burada aküler seri ve paralele bağlanarak da istenen akım ve gerilim değerine

getirilebilirler. Fotovoltaik panel ve akü grubu arasındaki gerekli ayarlamaları düzenleyici sayesinde gerçekleştirmektedir. Akü grubu sistem ilk çalışması anında devreye girerek sistemin iyi bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Eğer fotovoltaik panel istenen gücü sisteme temin edebiliyorsa devreye girmekte ve bu esnada aküler devreden çıkmaktadır. Ortam koşullarının yetersiz olduğu durumda sistemin talep ettiği güç fotovoltaik panellerden sağlanamıyorsa aküler tekrar devreye girmektedir. Fotovoltaik panel ile aküler arasındaki devreye girme ve devreden çıkma durumu düzenleyicinin görevidir. Sistemde sadece AC yükler değil aynı zamanda DC yüklerde beslenebilmektedir. Bu nedenle elde edilen DC gerilim AC’ye çevrilmeden önce sisteme bir RL yükü bağlanmıştır. Giriş kısmında ayrıca DC gerilim elde edildikten sonra filtre edilmektedir. Buradaki filtre pasif devre elemanlarından oluşan bir ön filtredir. Fotovoltaik panel ve akülerden doğru akım elde edildikten sonra alternatif akıma çevrilmesi gerekmektedir. Bu işlem sistemdeki evirici tarafından gerçekleştirilmektedir. Alternatif akım elde edildikten sonra yükler bu gerilim ile beslenmektedir. Sistem frekansı 60 Hz’dir. Yük olarak bir adet üç fazlı ve bir adet tek fazlı yük kullanılmıştır. Üç fazlı yük bir RL yüküdür. Bu yük 500W’lık bir omik yük ve 200

VAR'lık endüktif yük içermektedir. Buna ilaveten bir adet asenkron motorda evdeki buzdolabı benzeri yükleri modellemek için kullanılmıştır. Sistemde yük üzerindeki gerilimin dalga şeklini düzeltmek için yüklerle paralel bağlı bir filtre grubu da bulunmaktadır. Bu sayede yük geriliminin dalga şeklinde düzeltilmeye çalışılmıştır. Bu esnada toplam harmonik bozulması da ölçülmüştür.

2. Simülasyon

Ortam koşullarındaki değişiklikler sistemin çalışmasını etkilemektedir. Bu nedenle ortam sıcaklığı ve güneş radyasyon seviyesi değiştirilerek farklı ortam koşulları oluşturulmaya çalışılmıştır. Anlatılan denklemlerden güneş panelleri için özellikle güneş radyasyon seviyesindeki değişimlerin panel gücünü fazla miktarda etkilediğini görmekteyiz. Bu nedenle yapılan simülasyonda sıcaklık 25°C de sabit tutulurken güneş radyasyon seviyesi $t=0-0.02$ sn aralığında 100 mW/cm^2 değerinden $t=0.02-0.04$ sn aralığında %30 azaltılarak 70 mW/cm^2 değerine getirilmiştir. Daha sonra $t=0.04-0.1$ sn aralığında bu değer tekrar azaltılarak 40 mW/cm^2 değerine düşürülmüş ve bu esnada sistemin çalışması incelenmiştir. Şekil 7-10'da elde edilen sonuçlar görülmektedir.



Şekil 7: FV panellerin akım ve gerilimlerinin farklı güneş radyasyon seviyesindeki değişimi.

3. Sonuçlar

Şekil 8'de FV/Akü grubu enerji üretim sisteminden elde edilen gerilim, akım, güç değerleri görülmektedir. Bunun yanında DC yük üzerindeki gerilim düşümü de görülmektedir. Grafiklerden de anlaşılacağı gibi sistem aküler ile çalışmaya başlamaktadır. Bu esnada panel yeterli güce ulaşamadığı için devre dışıdır. Panel istenen güç değerine ulaştığı anda düzenleyicinin kontrolünde devreye girmekte ve bu esnada akü grubu devreden çıkmaktadır. Bu çalışma şekli ile akülerin gücü korunurken ev tamamen güneş enerjisinden aldığı gücü kullanmaktadır. Eviricide elde edilen AC sinyal bir izolasyon transformatöründen geçirildikten sonra yüklerle aktarılmaktadır. Şekil 9'da A-B fazları arasındaki evirici geriliminin değişimi ve yük üzerindeki A-B fazı arasındaki gerilimin dalga şekilleri görülmektedir. Sistemde var olan 3 fazlı harmonik filtresi bu dalga şeklini düzeltmektedir. Toplam harmonik bozulması (THB) bu durumda 0,086 olarak ölçülmektedir. Filtrenin olmadığı durumda dalga şekli son derece bozuktur ve toplam harmonik bozulması 0,4498 değerine yükselmektedir. Bu bozulmalar Şekil 10'da görülmektedir.

4. Değerlendirmeler

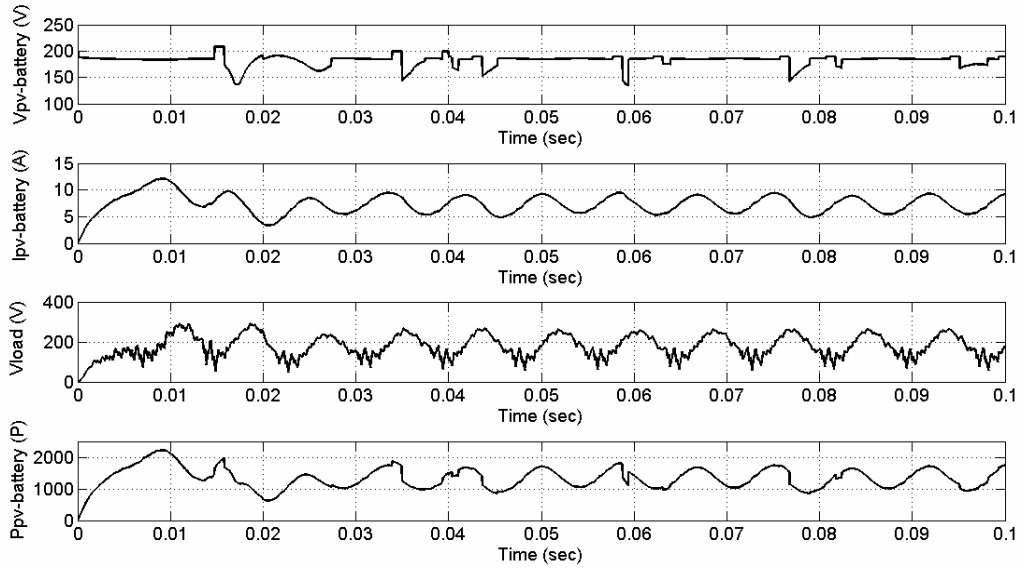
Sistemde akülerin ve FV panellerin düzenleyici kontrolünde aktif bir şekilde devreye girip çıkmaları sonucu yük enerjisiz kalmadan beslenebilmektedir. Ortam koşullarındaki değişimlerden ve sistemin kendisinden kaynaklanan geçici rejimlerden etkilenmeden yani herhangi bir enerji kesintisi meydana gelmeden çalışan bir sistem simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

Kurulan sistemdeki FV panellerin o an talep edilen akım ve gerilim değerlerine göre farklı şekillerde seri ve paralel bağlanarak değişik değerler elde edilebilir. Örneğin o an için akım bakımından daha yüksek değer isteniyorsa paneller paralel bağlanabilir yada daha yüksek gerilim için seri bağlanabilirler. Burada kurulan sistemde gerilim 150V civarında tutulmaya çalışılmıştır. Panel bağlantıları da bu yöndedir. Sistemdeki filtreler etkin bir şekilde çalışmaktadır. FV panellerin güç sınırları içerisinde yük üzerindeki gerilimin dalga şekli sinüse çok yakındır. Yük değişimleri, gerilimin dalga şeklini bu nedenle az etkilemektedir.

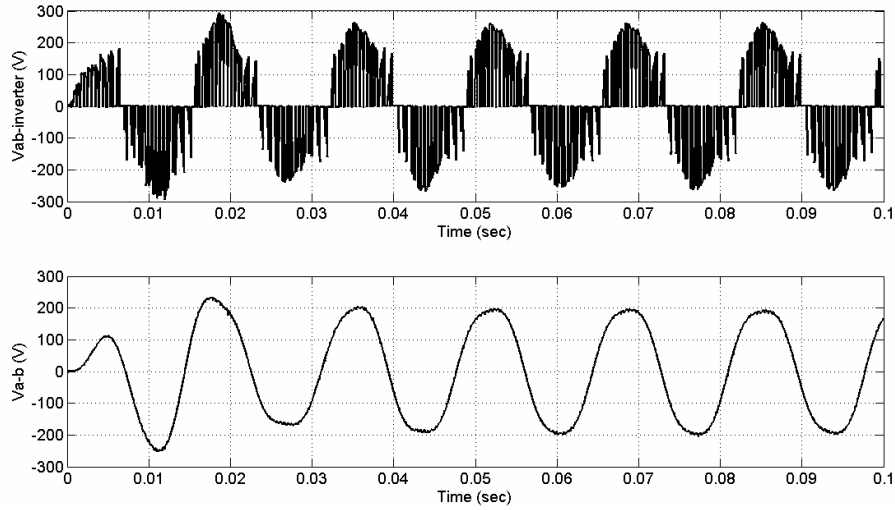
Her ne kadar yapılan bu simülasyon ile sistem çalışsa bile düzenleyicinin, güneş enerjisinin fazla olduğu durumda regülatörü şarj edemeyen bir yapıya sahip olması en büyük problemdir. Güneşin az olduğu ve akü grubunun yeterli enerjiye sahip olmadığı durumda ev enerjisiz kalacaktır. Bu nedenle fazla güneşin olduğu ve enerji tüketiminin az olduğu durumlarda FV panellerin aküleri şarj edebilecek şekilde düzenlenmesi gerekir. Bu duruma alternatif olarak sistemde yakıt pili, dizel jeneratör kullanılabilir yada sisteme bir rüzgar türbini ilave edilebilir. Şebekeye yakın olan evler için bu sistemlerin şebeke ile bağlantılı olması akülerin boşaldığı ve yeterli güneş olmadığı durumlarda gerek duyulan enerjinin temin edilmesi için son çare olabilir.

5. Kaynaklar

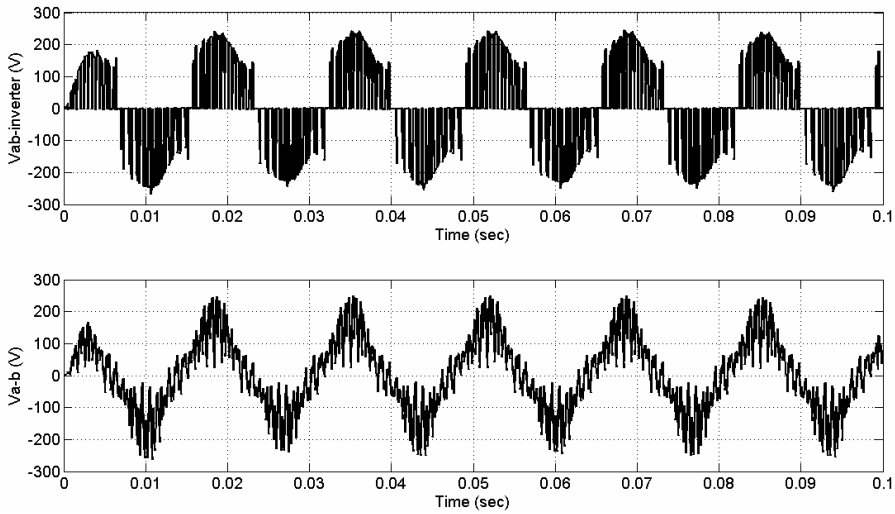
- [1] Twidell, J. and Weir, A.D. "Renewable Energy Resources", E.& F.N. Spon Ltd., London, New York, 1986.
- [2] Bhat, A.K.S. and Dewan, S.D., "Resonant Inverters for Photovoltaic Array to Utility Interface", *Aerospace and Electronic Systems, IEEE Transactions on*, Volume: 24, Issue: 4, July 1988 Pages:377 – 386
- [3] Abete, A., Napoli, R., and Spertino, F.A., "Simulation Procedure to Predict the Monthly Energy Supplied by Grid Connected PV Systems", *Photovoltaic Energy Conversion, 2003, Proceedings of 3rd World Conference on*, Vol:3, 12-16 May 2003, Pages:2427 - 2430.
- [4] Altaş İ.H. and Sharaf A.M., "A Novel Photovoltaic On-Line Search Algorithm For Maximum Energy Utilization", *International Conference on Communication, Computer and Power (ICCCP'07)*, 19-21 February 2007, Oman.
- [5] Mengi O. Ö., ve Altaş İ. H., "Fotovoltaik Güneş Pilleri için Genel Amaçlı Bir Matlab/Simulink GUI Modeli", *UMES'07 - Ulusal Teknik Eğitim, Mühendislik ve Eğitim Bilimleri Genç Araştırmacılar Sempozyumu*, Kocaeli, 2007, s:216-219.



Şekil 8: Üretilen akım, gerilim ve gücün değişimleri ile yük üzerindeki gerilimin zamana göre değişimi.



Şekil 9: Filtreli durumda evirici A-B faz gerilimi dalga şekli ve yük üzerindeki gerilimin dalga şekli THB=0,086.



Şekil 10: Filtresiz durumda evirici A-B faz gerilimi dalga şekli ve yük üzerindeki gerilimin dalga şekli THB=0,4498.