

EVSEL BİR YÜK TALEBİNİN KARŞILANMASINDA YAKIT PİLİ KULLANILMASINA YÖNELİK BİR BENZETİM ÇALIŞMASI

THE SIMULATION STUDY FOR USING FUEL CELL TO SUPPLY A RESIDENTIAL LOAD DEMAND

Ahmet Yigit Arabul¹, M. Hadi Sarul¹, Ali Rifat Boynuegri¹, Celal Fadıl Kumru¹

¹Elektrik Mühendisliği Bölümü

Yıldız Teknik Üniversitesi

arabul@yildiz.edu.tr, sarul@yildiz.edu.tr, alirifat@yildiz.edu.tr, cfkumru@yildiz.edu.tr

Özet

Günümüzde fosil yakıt rezervlerinin tükenmeye başlaması ve aynı zamanda bu yakıtların olumsuz çevresel etkilerinden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem kazanmıştır. Artan yük talebi doğrultusunda kullanılacak olan enerjinin de düşük maliyetli, yenilenebilir ve kaliteli olması gerekmektedir. Bu kriterleri sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan hidrojen enerjisinin kullanım alanları da hızlı bir şekilde artmaktadır. Yakıt pilleri, ihtiyaç olunan yerde, iklim şartlarından bağımsız ve kesintisiz bir şekilde enerjiyi sağlayabilen ve yüksek verime sahip enerji dönüşüm teknolojilerini kullanabilen bir yapıya sahip olduğu için yenilenebilir enerji kaynakları içinde önemli bir yere sahiptir. Yakıt pillerinin evsel yük ihtiyacını karşılayabilecek kadar küçük güçlerde üretilebilmesi ve aynı zamanda bu yüklerin de çok dinamik bir yapıya sahip olmaması nedeniyle konut uygulamalarında kullanımı başlamıştır. Bu çalışmada, bir evin yük ihtiyacını karşılayabilmek için yakıt pili kullanılarak benzetim çalışması yapılmıştır. Yakıt pilinin ve sistem performansının, gün içerisindeki değişken yük talebine karşı gösterdiği performansın görülmesi amaçlanmıştır.

Abstract

The use of renewable energy resources has recently gained importance due to a start in the running out of fossil fuel reserves and also their negative impact on the environment. Along with the increasing demand for load, it is looked for that the energy to be used should also be renewable of high quality and low cost. The usage areas of hydrogen energy which provide us with these criteria have been rapidly increasing. As they have the ability to use highly efficient energy transformation technologies which provide a non-stop energy by being independent from climate conditions whenever needed, fuel cells have an important place among the energy resources. As they can be produced in low powers which can meet the need for residential loads and as these loads do not have a very dynamic structure, fuel cells have begun to be used in the housing applications. In the present study, a simulation is done by using a fuel cell in order to meet the load need of a house. The performance of fuel cell and system performance in reaction to changing demand for load throughout a day is intended to be seen.

1. Giriş

Dünya nüfusunun ve yaşam standartlarının artması, enerjiye olan gereksinimi arttırmaktadır. Günümüzde, enerji ihtiyacının oldukça büyük bir kısmını karşılamak için kullanılan petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların rezervleri sınırlı olmakla beraber gün geçtikçe azalmaktadır. Ayrıca fosil yakıtların, çevreye ve dolayısıyla insan sağlığına vermiş oldukları zararlar göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynakları, üzerinde önemle durulması gereken bir konu haline gelmiştir [1,2].

Fosil yakıtlarının sınırlı rezervleri ve hızla tüketilen kaynakları, petrol bazlı yakıtların fiyatlarında artmaya sebep olmaktadır. Tüm bunlar düşünüldüğünde, gelecek için önerilen çözümlerin başında yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanılması gelmektedir [3,4].

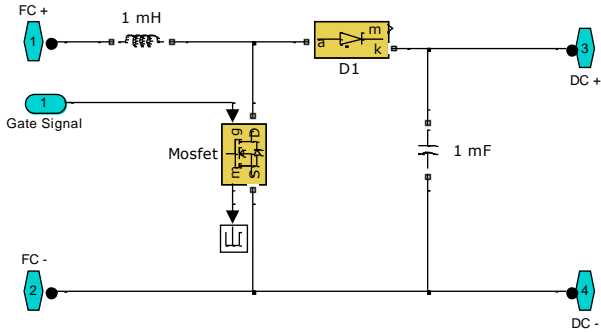
Hızla tükenmekte olan fosil yakıtların yanmaları sonucunda oluşan sera etkisi, ozon delikleri, asit yağmurları ve kirlilik, dünyadaki yaşam için büyük sorunlar oluşturmaktadır. Birçok bilim adamı, bu tür küresel sorunların giderilmesi için gerekli olan çözüm yollarından birinin de, var olan fosil yakıt sistemini Hidrojen Enerji Sistemi ile değiştirmek olduğu kanaatindedir. Enerji üretiminde kullanılan hidrojen, yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak üretilir ise, oluşturulacak olan sistem fosil yakıtlarda olduğu gibi çevreye zarar vermeyecektir. Bu sistem su döngüsüne tabi olarak kendi kendini yenileyeceğinden dolayı fosil yakıt kullanımında görülen sorunların gelecekte hidrojen sistemlerinde yaşanmaması beklenmektedir. Dünyada ABD, AB Ülkeleri ve Japonya gibi ülkeler enerji sistemlerini, hidrojen enerji sistemi ile desteklemeyi planlamakta ve bu konuda çalışmalarını sürdürmektedirler. Ülkemiz de, endüstriyel olarak gelişmiş bu ülkeleri yakalamak için, bir an önce hidrojen enerjisi kervanına katılmalı ve hidrojen enerji sistemine geçişini planlamaya başlamalıdır [5].

Bu çalışmada, evsel bir yük talebini karşılamak üzere seçilen bir YP (Yakıt Pili)'nin çalışması, benzetim ortamında incelenmiştir.

2. Sistem Tanımlanması ve Metodoloji

Benzetim çalışmaları, MATLAB, Simulink ve SimPower Systems yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan sistemde 6 kW'lık bir PEMYP (Proton Geçirgen Zarlı Yakıt Pili) kullanarak bir ev yükü beslenecektir (MATLAB SimPower modeli). Yük talebinin çok hızlı olarak değiştiği anlarda yük uçlarındaki gerilimin kararlı hale gelmesi belirli bir zaman almaktadır. Bu nedenle, YP ile birlikte anlık güç ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla 48 V, 1,5 Ah kurşun asit batarya paralel bağlanarak sistemin daha kararlı bir hale gelmesi sağlanmıştır (MATLAB SimPower modeli). YP ve batarya ile oluşturduğumuz hibrit sistemin düşük değerlerde olan çıkış geriliminin yükseltilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, elemanların çıkışına yükseltici tip bir DC-DC dönüştürücü bağlanmıştır. PI kontrol yapılarak çıkış gerilimi 400 V'a sabitlenmiştir. Eysel yüklerde YP'ni kullanabilmek için test sisteminde DC-DC dönüştürücünün çıkışına tam köprü evirici bağlanmıştır. Benzetim modeli Şekil 2'de görülmektedir.

Benzetim sisteminde, Şekil 1'de gösterilen yükseltici tip DC-DC dönüştürücü modeli kullanılmıştır. Bu model içerisinde anahtarlama elemanı olarak MOSFET tercih edilmiştir. PI kontrol tekniği ile MOSFET, belirli zaman aralıklarında iletime geçirilerek veya iletimden çıkartılarak devre çıkışında, girişindeki değerden daha yüksek seviyeli ve düzenlenmiş bir gerilim elde edilmesi amaçlanmıştır.



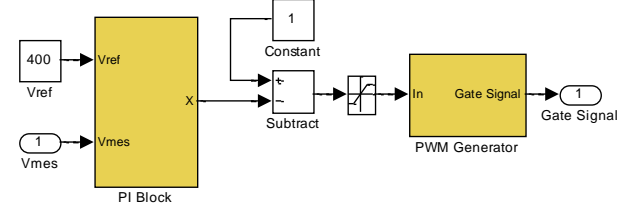
Şekil 1: DC-DC dönüştürücü modeli

Test sisteminde kullanılan yükseltici tip DC-DC dönüştürücü parametreleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: DC-DC dönüştürücü parametre değerleri

Dönüştürücü endüktansı	1 [mH]
Dönüştürücü kapasitansı	1 [mF]
Anahtarlama elemanı	MOSFET
Ortalama anahtarlama frekansı	20000 [Hz]
PI gerilim kontrol sisteminin oransal kazancı	0.001
PI gerilim kontrol sisteminin integral kazancı	0.01
Referans gerilim	400 [V]

Yükseltici tip DC-DC dönüştürücünün kontrolünde tetikleme sinyali sistemin çıkışıdır. Giriş ise ölçülen DC bara geriliminden referans geriliminin çıkarılması ile elde edilen hatadır. Yükseltici dönüştürücü çıkış gerilimini 400 V seviyesinde tutacak Şekil 3'te verilen PI kontrolör ile kontrol edilmiştir. Bu kontrolörde K_i değeri 0,01 ve K_p değeri ise 0,001 olarak seçilmiştir.

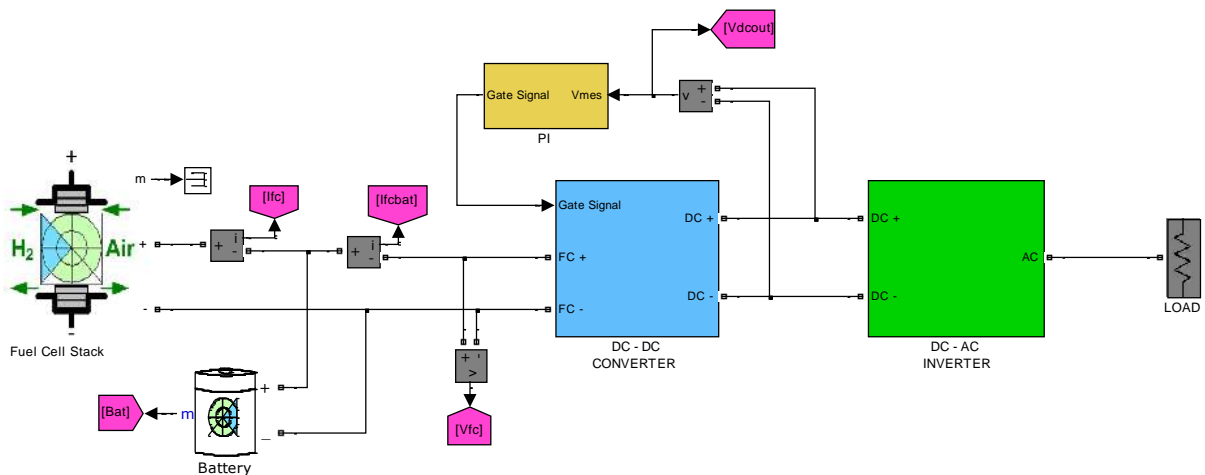


Şekil 3: PI Kontrolör

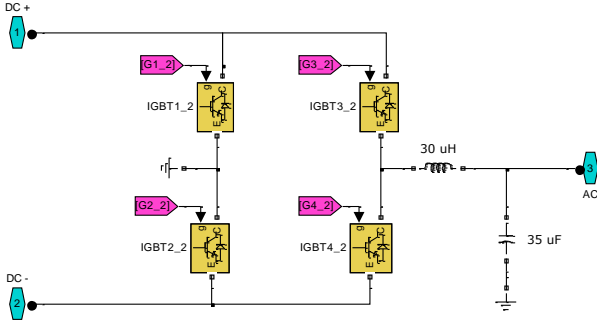
DC-DC dönüştürücünün 400 V'a sabitlenmiş gerilim çıkışının ev yükünde kullanılabilmesi için, AC gerilime çevrilmesi gerekmektedir. Bunu yapacak dönüştürücü olarak Şekil 4'te gösterilen tam köprü evirici tercih edilmiştir. Eviricinin parametreleri Çizelge 2'de verilmiştir. Bu evirici, 0,8 modülasyon indeksi ile 50 Hz frekansındaki tek-fazlı AC çıkış gerilimini üretmek üzere kontrol edilmektedirler.

Çizelge 2: Evirici modelinin parametreleri

Yarı-iletken tipi	IGBT
Bastırma direnci	10-3Ω
Taşıyıcı sinyal frekansı	20 [kHz]
Modülasyon indeksi	0,8
Çıkış gerilimi frekansı	50 [Hz]
Filtre endüktansı	30 [μH]
Filtre kapasitansı	35 [μF]

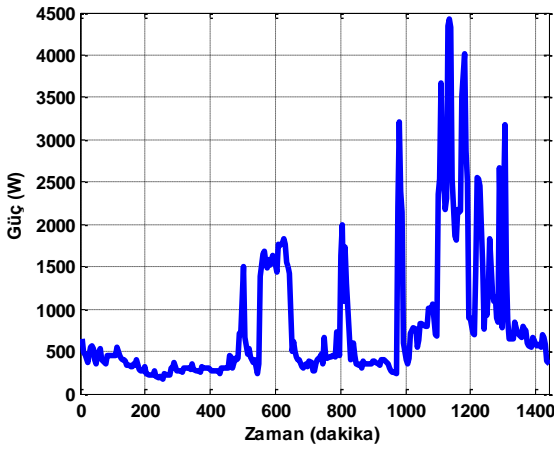


Şekil 2: Benzetim modeli



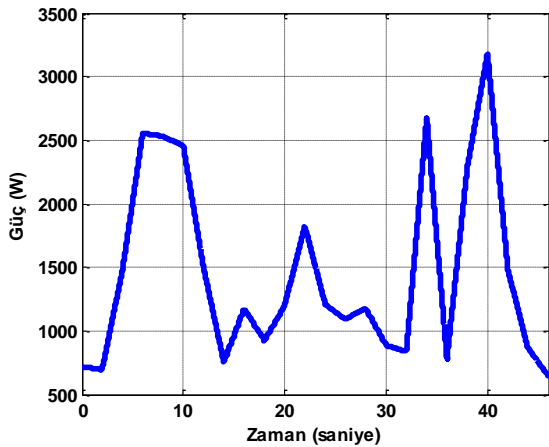
Şekil 4: Tam köprü evirici modeli

Yük profili oluşturulurken Galler ülkesinin Llanelli şehrindeki bir evin, 2003 yılı boyunca beşer dakika aralıklar ile ölçülen verileri kullanılmıştır [6]. Yıllık veriler arasından Kasım ayının, ilk haftasının, pazartesi günü için alınan değerler kullanılmıştır (Şekil 5).



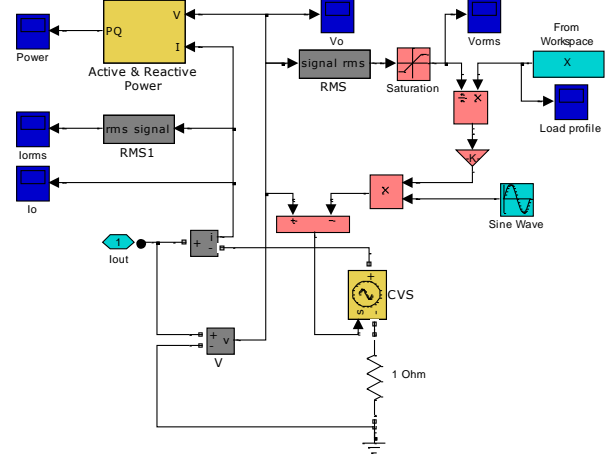
Şekil 5: Evin günlük yük talebi

Benzetim çalışmasında anlık olaylar incelenerek, detaylı bir analiz yapıldığı için benzetim süresi oldukça uzun olmaktadır. Bu sebeple sonuçların daha detaylı bir şekilde incelenebilmesi için bu yük talebinin en çok değişkenlik gösterdiği ve yük talebinin yüksek olduğu saatlerdeki çalışması incelenmiştir.



Şekil 6: Benzetimde kullanılan yük talebi

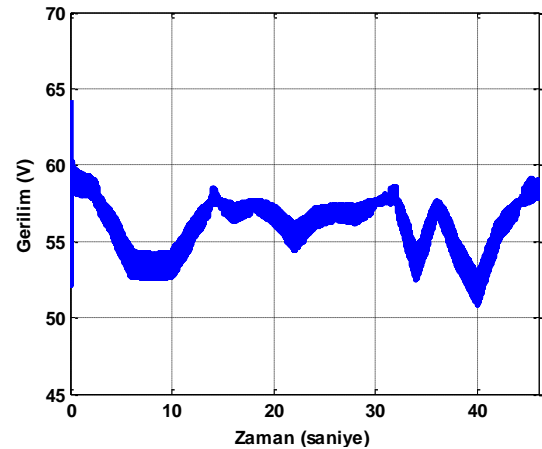
Bu doğrultuda, yük talebi oluşturulurken 20:00 ile 22:00 saatleri arasındaki değerler kullanılarak Şekil 6'daki yük talebi oluşturulmuştur. YP iki saniye içerisinde kararlı hale oturacak dinamiklere sahiptir. Benzetim süresinin çok uzun olması sebebiyle beş dakikalık veriler, iki saniyelik verilere dönüştürülmüştür. Böylece, Şekil 6'daki 46 saniyelik (Gerçek zamanda iki saatlik) yük talebi meydana gelmiştir. Bu yük talebi, 1 Ω 'luk bir direncin üzerindeki gerilimin, bu dirence seri bağlı olan gerilim kaynağı ile değiştirilerek geçen akımı, dolayısıyla da gücünü değiştirme prensibiyle meydana getirilmiştir. Oluşturulan yük modeli, Şekil 7'de verilmiştir.



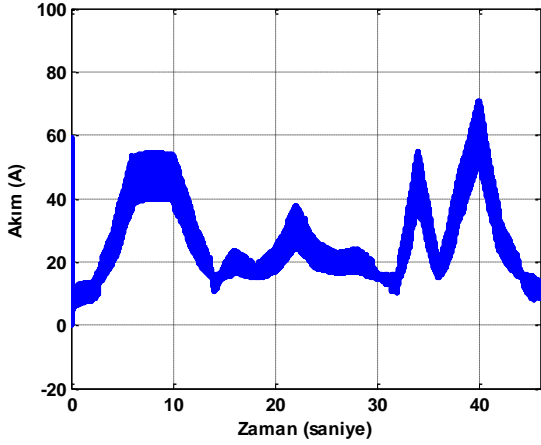
Şekil 7: Benzetimde kullanılan yük modeli

3. Benzetim Sonuçlarının Alınması ve Değerlendirilmesi

Yapılan benzetim çalışmalarından elde edilen sonuçlar grafikler halinde verilmiştir. Şekil 8'de YP'nin çalışma süresi boyunca gerilim değerinin değişimi verilmiştir. Şekil 6'da verilen yük profiline göre, 40. saniyedeki yük artışı ile birlikte sistem maksimum güç değerine ulaşmıştır. Sistem tarafından sağlanan güçteki değişim, YP karakteristiğine uygun olarak Şekil 8'de gözlenen etkilere neden olmaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere YP'nin gerilimi, sistemin çıkış gücü arttıkça azalmaktadır. Güç ve gerilim arasında elde edilen bu ilişki de test sisteminin YP karakteristiklerine uygun olarak doğru ve güvenilir bir şekilde çalıştığını teyit etmektedir.

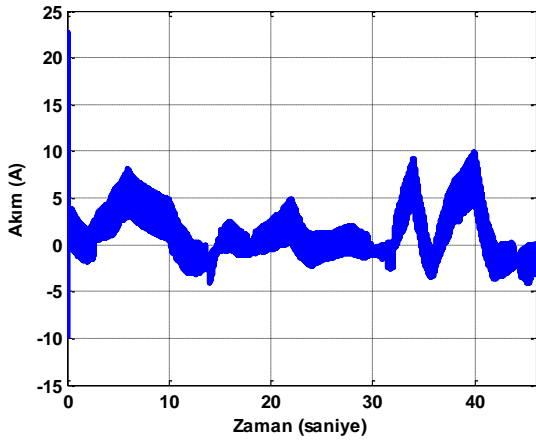


Şekil 8: Yakıt pili gerilimi



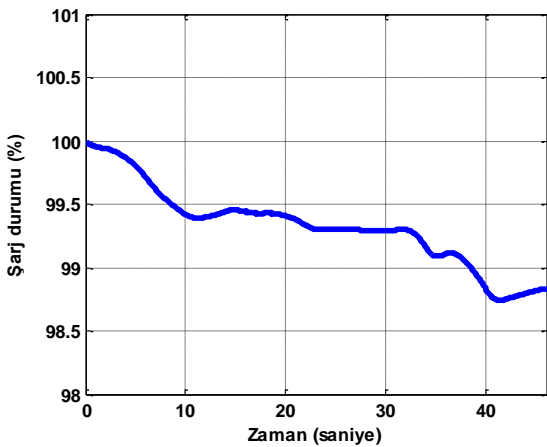
Şekil 9: Yakıt pili akımı

YP geriliminin, yük değişimlerine verdiği geçici cevap, Şekil 9'da verilen YP'nin sağladığı akıma göre değişmektedir.



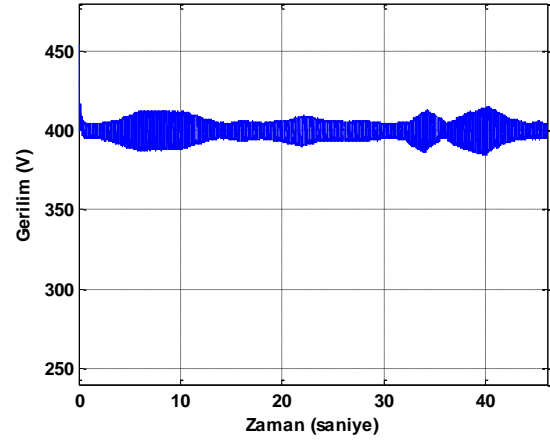
Şekil 10: Batarya akımı

Şekil 10'da, bataryadan çekilen akım değişimleri görülmektedir. Yük talebinin yüksek olduğu durumlarda batarya devreye girerek sistemin daha kararlı bir hal almasına yardımcı olmuştur. Yük talebinin düşük olduğu durumlarda ise akım negatif hal almıştır dolayısıyla batarya şarj olmuştur.



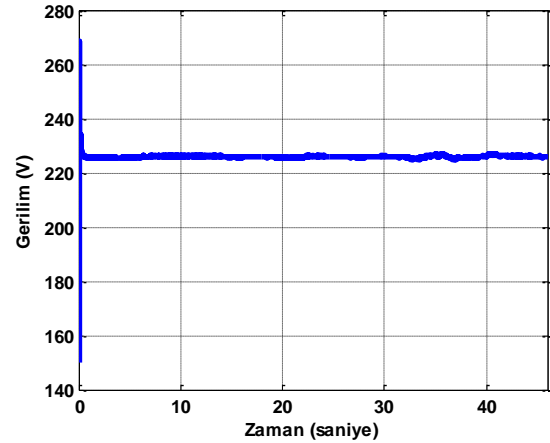
Şekil 11: Batarya şarj durumu

Şekil 11'de verilen bataryanın şarj durumunda meydana gelen değişimleri incelediğimizde yük talebinin düşük olduğu durumlarda bataryanın şarj olduğu, yüksek olduğu durumlarda ise deşarj olduğu görülmektedir. DC-DC dönüştürücünün girişinde YP ve batarya paralel bağlı olduğundan dolayı bu iki kaynağın akımlarının toplamı dönüştürücünün girişindeki akımı oluşturacaktır.



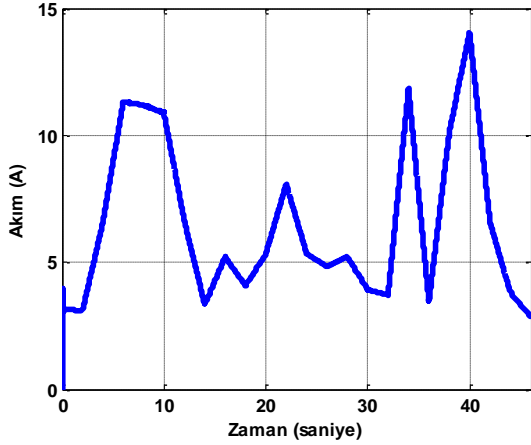
Şekil 12: DC-DC dönüştürücü çıkış gerilimi

DC-DC dönüştürücü, girişine uygulanan Şekil 8'deki YP gerilimini, PI kontrolör vasıtası ile Şekil 12'den de görülebileceği üzere 400 V dolaylarında tutmaktadır. Dönüştürücünün çıkış geriliminde oluşan dalgalanma miktarının maksimum $\pm 2,5$ civarında olması, bu gerilimin kullanılabilir sınırlar arasında olduğunu göstermektedir. Gerilim dalgalanma miktarının, yük talebi arttıkça artış gösterdiği gözlemlenmiştir.



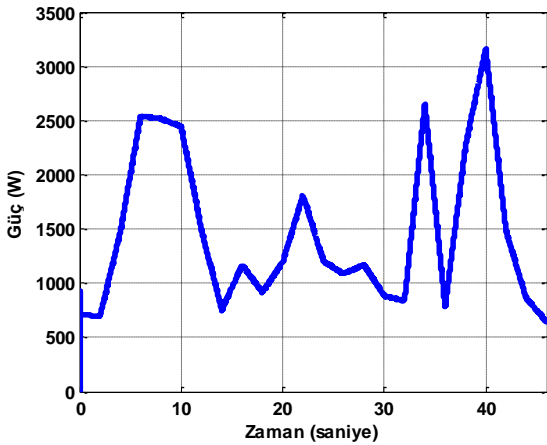
Şekil 13: Çıkış gerilimi

Şekil 13'te eviricinin çıkışındaki gerilimin efektif değeri görülmektedir. Yük talebine göre çıkış akımının efektif değeri Şekil 14'te verilmiştir. Buradan da görüleceği üzere talep edilen yük arttıkça akımda artmaktadır. Minimum yük talebi esnasında 2,87 A dolaylarında olan akımın efektif değerinin, maksimum yük talebi esnasında 14,07 A'e kadar çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 14: Çıkış akımı efektif değeri

Şekil 15'te, sistem tarafından yük tarafına aktarılan aktif güç değişimleri verilmiştir. Şekil 6'da da oluşturulan benzetim sistemi tarafından karşılanması beklenen toplam yük talebi verilmiştir. Bu talepler karşılaştırıldığında sistemin, yük talebindeki değişimleri başarılı bir şekilde karşıladığı gözlemlenmiştir.



Şekil 15: Sistem tarafından yüke aktarılan aktif güç

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, evsel bir yük talebini karşılamak için YP ve batarya'nın çıkışına bir DC-DC dönüştürücü bağlanmıştır. DC-DC dönüştürücü YP ve bataryadan gelen düşük giriş gerilimini, çıkışında belli bir değere yükselterek eviriciyi beslemekte ve bu sayede evsel yükün alternatif gerilim ile beslenmesi sağlanmaktadır.

Yapılan benzetim çalışmaları sonucunda, YP'nin bir evin elektrik yükü ihtiyacını karşılayabilecek kapasitede bir alternatif enerji kaynağı olduğu görülmektedir. Ancak yük talebinin çok hızlı olarak değiştiği anlarda, yük uçlarındaki gerilimin kararlı hale gelmesi belli bir zaman almaktadır. Bu nedenle YP'nin, anlık güç ihtiyacının karşılanmasında yardımcı olabilecek bir batarya ile hibrit olarak kullanılması, sistemin daha kararlı bir şekilde çalışmasını sağlamıştır.

Petrol bazlı yakıtlar kullanılmasından dolayı enerji üretmenin çevreye verdiği bir takım zararlar bulunmaktadır. Artan enerji ihtiyacı göz önüne alındığında, bu olumsuz etkinin daha da artması beklenmektedir. Ancak yakıt pilleri gibi temiz ve güvenilir alternatif enerji kaynaklarının kullanılmasıyla birlikte bu etkinin de azalma göstereceği bir gerçektir.

Bu çalışmada, YP'nin, bir evin elektrik ihtiyacını yüksek oranda karşılayabildiği görülmektedir. Ancak yükün ani olarak değiştiği durumlarda, YP yetersiz kalmakta ve hızlı bir şekilde bu güç ihtiyacına cevap verememektedir. Bu sebeple YP'nin ani yük değişimlerine hızlı cevap verebilen elemanlar ile kullanılarak sistem performansının artması sağlanmıştır.

5. Kaynaklar

- [1] Erdinç, O., "Dalgacık Dönüşümü/Bulanık Mantık Tabanlı Enerji Yönetim Stratejisi Kullanılarak Yakıt Hücreli/Ultra-Kapasitörlü Hibrit Taşıt Sisteminin Modellenmesi ve Analizi", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2008.
- [2] Onar, Ö.Ç., "Rüzgar Türbini/Yakıt Hücreli/Ultra-Kapasitör Hibrid Güç Üretim Sisteminin Dinamik Modellenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2006.
- [3] Jiang, W., Fahimi, B., "Active Current Sharing and Source Management Fuel Cell-Battery Hybrid Power System", *IEEE Transactions on Industry Applications*, 57:752-761, 2010.
- [4] Jin, K., Ruan, X., Yang, M. ve Xu, M., "A Hybrid Fuel Cell Power System", *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56:1212-1222, 2009.
- [5] Veziroğlu, T.N., "Hidrojen Enerji Sistemi, Türkiye ve Dünya", *2. Ulusal Hidrojen Kongresi*, Ankara, Temmuz 2003.
- [6] Knight, I., Kreutzer, N., "Three European Domestic Electrical Consumption Profiles", *Welsh School of Architecture*, Cardiff, 2006.