

AYDINLATMADA FOTOVOLTAİK-HİDROJEN HİBRİT ENERJİ KAYNAĞI KULLANIMI

Engin ÇETİN¹, Ahmet YILANCI², Yusuf ÖNER³, Harun Kemal ÖZTÜRK⁴

^{1,3}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Kınıklı Kampüsü, 20070 / DENİZLİ

^{2,4}Makine Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Kınıklı Kampüsü, 20070 / DENİZLİ

¹engincetin@pau.edu.tr, ²ayilanci@pau.edu.tr, ³yoner@pau.edu.tr,

⁴hkozturk@pau.edu.tr

ÖZET

Yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar, fosil kaynakların hızla azalma eğilimi içerisinde girmesiyle birlikte, son yıllarda ön plana çıkmıştır. Ülkemizde, fotovoltaik-hidrojen hibrit enerji üretim sistemleri özellikle enerji nakil hatlarının ulaşamadığı veya ulaşmasının yüksek maliyet gerektirdiği yerlerde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, fotovoltaik sistemlerle üretilen elektriğin aynı zamanda hidrojen üretiminde kullanımı ve üretilen hidrojenin tekrar elektriğe dönüştürülmesi de mümkün olmaktadır. Yapılan bu çalışmada, Pamukkale Üniversitesi Temiz Enerji Evi'nde (PAÜ-TENEV) kurulu 5kW fotovoltaik ve 2.4kW yakıt pili sistemi ile elektrik üretimi ve üretilen elektriğin iç aydınlatma ihtiyacında kullanılabilir hale getirilmesi, sistemin tasarımı ve kurulum safhaları ele alınmıştır.

1.GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar, özellikle son yıllarda artan bir ivme göstermektedir. Mevcut enerji üretim kaynaklarının hızla tükenme eğilimi içine girmesi, hammadde fiyatlarının artması, çevreye ve insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri, kullanımlarındaki bir takım zorluklar, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmaları arttırmıştır [1].

Dünya genelinde sıvı fosil yakıt üretiminin gelecek 15 yıl zarfında artmaya devam edeceği ve daha sonra azalmaya başlayacağı öngörülmektedir [2]. Fosil yakıt kaynaklarının azalması, fosil yakıtların çevreye dair olumsuz etkileri, artan enerji üretim maliyetleri, fosil yakıt yataklarının bulunduğu bölgelerdeki siyasal karışıklıklar, enerji sahnesinde önemli rol oynamaktadır. Zira ülkeler CO₂

emisyonu yüksek olan, dışa oldukça yüksek oranda bağımlı, maliyetleri siyasal çalkantılardan etkilenen petrol, doğalgaz gibi enerji kaynakları yerine, kaynak anlamında dışa bağımlı olmayan, çevreye daha duyarlı, siyasal istikrarsızlıklardan etkilenmeyen güneş ve rüzgar gibi enerji üretim kaynaklarına yönelmektedirler. Ayrıca, özellikle son kullanıcıların yakınına kurulan sistemler, iletim ve dağıtım cihazları gereksinimini azaltmakta ve yerel elektrik hizmetinin güvenilirliğini arttırmaktadır [3]. Çeşitli kontrol tekniklerinin kullanılmasıyla konut uygulamaları için verimli bir fotovoltaik-hidrojen hibrit enerji sistemi kurmak mümkündür [4]. Bu tür sistemler elektriksel olarak paralel bağlanarak güç arttırımı yapılabilir [5], ulusal şebekeye bağlı veya ulusal şebekeden bağımsız olarak çalışabilir [6].

Bu bağlamda 2007 yılı başında faaliyete geçen Pamukkale Üniversitesi Temiz

Enerji Evi (PAÜ-TENEV), tüm elektrik enerjisini fotovoltaik-hidrojen hibrit enerji üretim sisteminden karşılamaktadır. Yakın bir gelecekte, sisteme rüzgar türbini ilavesi de planlanmaktadır. Böylelikle güneş, rüzgar ve hidrojen enerjisi üzerine teknolojik araştırmalar yapılması hedeflenmiştir.

Yapılan bu çalışmada, TENEV bünyesindeki hidrojen-fotovoltaik hibrit enerji üretim sistemi ile TENEV iç enerji ve aydınlatma ihtiyacının karşılanması amacıyla kurulan sistem ele alınmıştır. Toplam 7,4 kW kurulu güç ile, TENEV'in iç aydınlatma ve diğer elektrik enerjisi ihtiyaçları karşılanabilmektedir. Bu çalışmada, sistemin kurulumu, işletmeye alınması ve işletme altındaki durumu incelenmiştir.

2.FOTOVOLTAİK-HİDROJEN HİBRİT ENERJİ ÜRETİM SİSTEMİ

PAÜ-TENEV bünyesindeki fotovoltaik-hidrojen hibrit enerji üretim sistemi, 5kW fotovoltaik ve 2,4kW yakıt pili kurulu gücüne sahiptir. Şekil 1 ve 2'de, PAÜ-TENEV'in genel bir görünümü sunulmuştur.



Şekil 1: PAÜ-TENEV binası.



Şekil 2: PAÜ-TENEV laboratuvar bölümü.

Laboratuvarında, Devlet Planlama Teşkilatı, Tübitak ve PAÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nden alınan projeler yürütülmektedir.

Laboratuvarında kurulu hibrit sistem, iki ayrı kısımda ele alınabilir: 5kW fotovoltaik enerji sistemi ve 2.4kW yakıt pili sistemi. Aşağıda bu sistemler ele alınmıştır.

2.1) 5kW_p Fotovoltaik Enerji Üretim Sistemi

Fotovoltaik enerji üretim sistemi, her biri 125W gücünde toplam 40 adet fotovoltaik panelden oluşmaktadır. Bu panellerin yarısı çatıda sabitlenmiş (Şekil 1 ve 3), diğer yarısı ise sıvı bazlı 2 adet güneş takip düzeneği üzerine montaj yapılmıştır (Şekil 4).

Bu hareketli düzenekler, herhangi bir motor takviyesi olmaksızın, düzenek içindeki gaz-sıvı karışımı maddenin güneş ile ısınması neticesinde oluşan buhar basıncı ile düzeneği tek eksenle hareket ettirmesiyle çalışmaktadır. Her bir düzenek üzerinde 10 adet güneş paneli bulunmaktadır.



Şekil 3: Çatı montajlı fotovoltaik paneller.

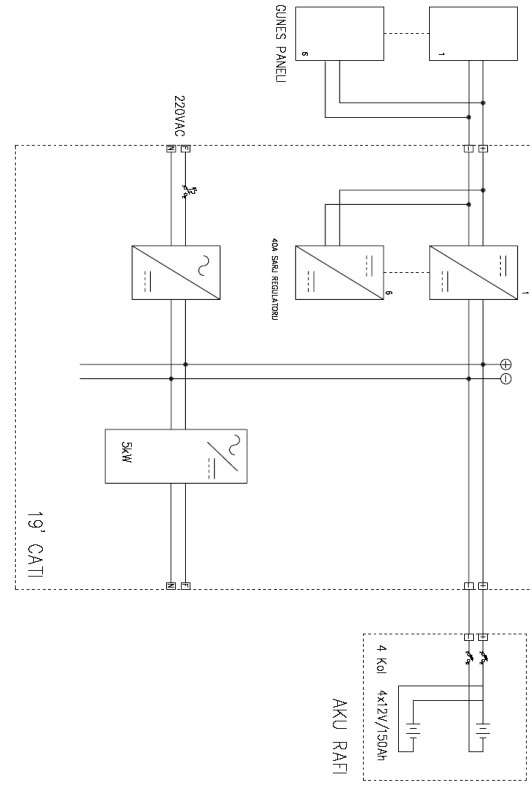


Şekil 4: Sıvı bazlı güneş takip düzenekleri üzerindeki fotovoltaik paneller.

Sistemde yer alan fotovoltaik paneller, polikristal yapıdadırlar. Verimleri %16 civarındadır. Maksimum çıkış gerilimleri 17.4V, akımları 7.2A, açık devre gerilimleri 21.7V ve kısa devre akımları da 8A'dır [7].

Sistem 48V DC olarak tasarlandığı için, 4 adet panelin seri bağlanması ile oluşturulan toplam 10 adet grup ile, sistem dahilindeki aküler ve 5kW'lık invertör aynı anda beslenebilmektedir. Şekil 5'te, sistem şeması görülmektedir.

Sistem şemasından da görüleceği üzere, şarj regülatörleri girişlerine fotovoltaik panel çıkışları, şarj regülatörleri çıkışlarına ise, paralel olarak invertör girişi, akü bankı girişi ve şebeke şarj cihazı çıkışı bağlanmaktadır.

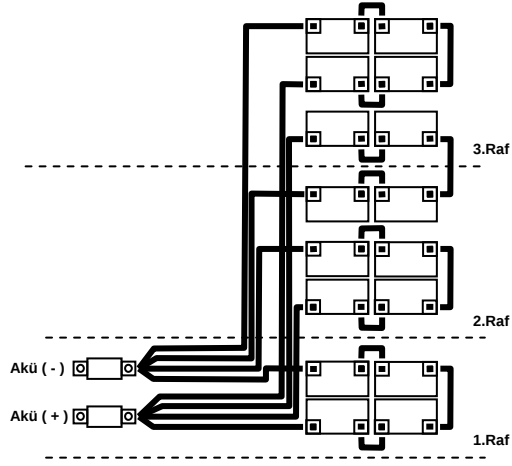


Şekil 5: Sistem kurulum şeması.

Üretilen enerjinin depolanması için, toplam 28.8kWh enerji depolama kapasiteli 16 adet 12V-150Ah AGM tip kurşun asit aküler kullanılmıştır. Aküler; tam bakımsız, tam kapalıdır ve şekil 6'da görülen konfigürasyona göre, şekil 7'de görüldüğü gibi akü dolabına yerleştirilmiştir.

Aküler, şekil 8'de görülen her biri 45A'lık 6 adet şarj regülatörü ile şarj edilmektedir.

Akü bankı, güneş enerjisi ile besleme yapılamadığı zamanlarda veya fotovoltaik panellerde bakım yapılması gerektiğinde, sistemi beslemeye ve deneysel çalışmalara devam edilebilmesi için, şehir şebekesinden Şekil 9'da görülen 30A'lık şarj cihazı ile şarj edilebilmektedir.



Şekil 6: Akü bağlantı şeması.



Şekil 8: 45A'lık şarj regülatörleri.



Şekil 7: Akü dolabı.

Sistemde kullanılan ve PAÜ-TENEV'in enerji ihtiyacını karşılayan invertör tam sinüs 220V/50Hz'dir. Bu invertör, Şekil 10'da görülmektedir. 48V sistemler için tasarlanan invertörün girişine, Şekil 5'te görüldüğü üzere hem şarj regülatörleri üzerinden güneş panelleri ile, hem de akülerden enerji beslemesi yapılmaktadır.



Şekil 9: Şebekeden akü şarjı için şarj cihazı.



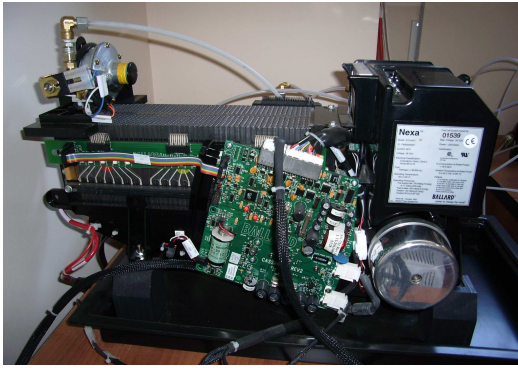
Şekil 10: 5kW tam sinüs invertör.

2.2) 2.4kW_p Yakıt Pili Sistemi

Sistemde 2 adet her biri 1.2kW gücünde yakıt pili bulunmaktadır (Şekil 11 ve 12). Yakıt pillerinin her biri 26-50V DC elektrik enerjisi üretmektedir [8].

Proton değişim membranlı (PEM) yakıt pilleri ile hidrojen ve oksidant havanın elektrokimyasal reaksiyonu sonucunda elektrik enerjisi elde edilmekte ve sadece kullanılmayan hava, ısı ve su emisyon olarak dışarı verilmektedir [8].

Bu yakıt pilleri, özel bir bağlantı kutusu ile paralel bağlanarak, çıkışları 2.5kW'lık 220V/50Hz tam sinüs invertörün girişine verilmiştir (Şekil 13).



Şekil 11: 1.2kW Nexa™ yakıt pili sistemi.



Şekil 12: Sistemde kullanılan paralel bağlı yakıt pilleri.



Şekil 13: Yakıt pili sistemlerinin çıkışındaki 220V/50Hz tam sinüs invertör.

Sistemin hidrojen ihtiyacı, suyun elektrolizinin gerçekleştiği PAÜ-TENEV bünyesindeki ticari olarak satılan bir elektrolizer ile karşılanmaktadır (Şekil 14). Bu elektrolizör 6kVA gücündedir [9].

Ayrıca şehir su şebekesine bağlı bir deiyonizör ile elektroliz için gerekli olan su kalitesi sağlanmaktadır. Elektrolizörde üretilen hidrojen, altı adet metal hidrid hidrojen tankında katı halde depo edilmekte (Şekil 15) ve istenildiğinde elektrik enerjisine dönüştürülmek üzere saklanmaktadır. Her bir metal hidrid tank, hidrojenin üst ısı değerine göre yaklaşık 2.7kWh enerji depolayabilmektedir.



Şekil 14: Hogen® S20 Elektrolizör.

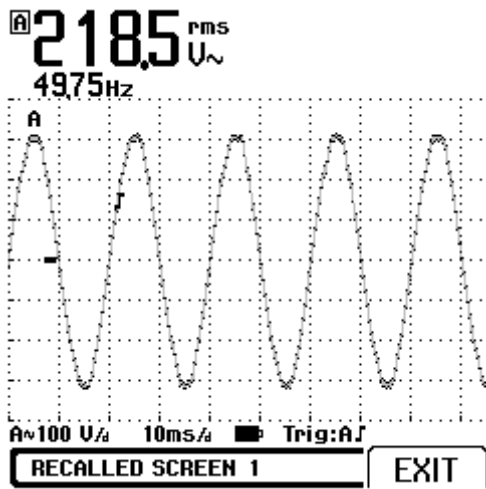


Şekil 15: Metal hidrid hidrojen tankları.

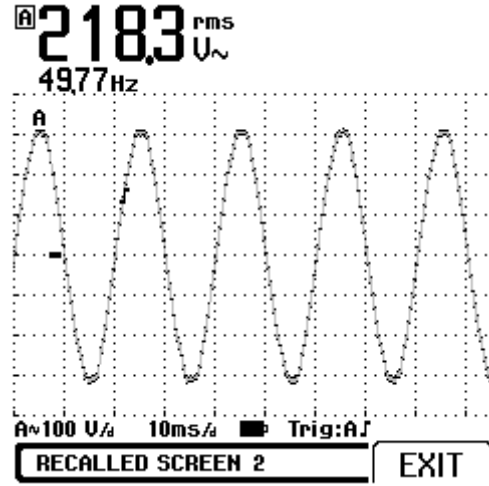
3.SİSTEMİN DEVREYE ALINMASI VE SAĞLADIĞI AVANTAJLAR

Fotovoltaik- yakıt pili hibrit elektrik üretim sistemi ile üretilen enerjinin bir kısmı, PAÜ-TENEV'in iç ve dış aydınlatma enerji ihtiyacında kullanılmaktadır. Üretilen enerji, 24 adet 4x18W floresan armatürü enerjilendirmektedir.

Şekil 16'da, sistem invertörlerince üretilen gerilim dalga şekilleri, Şekil 17'de ise aydınlatma linyesi hat başı sigortası üzerinden ölçülen gerilim dalga şekli görülmektedir.



Şekil 16: Invertörlerin çıkış gerilim dalga şekli.



Şekil 17: Invertörlerin besleme anında aydınlatma hattı üzerindeki giriş gerilim dalga şekli.

Grafiklerden de görüleceği üzere, son derece düzgün sinüs gerilim dalgaları elde edilmiştir. Aydınlatma elemanlarında herhangi bir fliker durumuna (aydınlatma armatürlerinde kırpışma şeklinde gözlenen 50Hz altındaki gerilim salınımları) rastlanmamıştır. Kurulan bu sistemle konut haricindeki herhangi bir alanın (fabrika, otopark, askeri saha v.b.) aydınlatması da, ulusal şebekeden enerji çekmeye ihtiyaç kalmaksızın yapılabilir.

Böylelikle, hem güneşten elektrik üreterek temiz ve bedava bir enerji kaynağı üzerinden aydınlatma yapılabilecek, hem de yine güneşten üretilen elektrik kullanılarak şehir şebeke suyundan üretilen hidrojenin elektriğe dönüştürülmesi neticesinde aydınlatma elemanlarının enerjilendirilmesi sağlanabilecektir.

Bu tür bir sistemin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Güneşten üretilen elektrik aydınlatmada kullanılmakta, ulusal şebekeye bağımlı kalınmamaktadır. Böylelikle ulusal şebekenin yükü de (özellikle tüketimin

yoğun olduğu puant anlarında) azaltılmaktadır.

- Yakıt pilleri ile fotovoltaik sistemlerin hibrit bir düzende kullanılmasıyla güneşten üretilen fazla enerjinin hidrojen şeklinde depo edilmesi, böylelikle fotovoltaik sistemin uzun süre güneş alamaması durumunda yakıt pili sistemlerinin devreye girmesi ve aydınlatma elemanlarını enerjilendirmesi sağlanmaktadır.
- Yenilenebilir enerjilerin kullanılmasıyla fosil kaynaklara dayalı enerji üretiminin ve dolayısıyla doğaya zararlı gaz emisyonunun azaltılması sağlanmaktadır.

4.SONUÇ

Yapılan bu çalışmayla, Türkiye’de ilk kez bir fotovoltaik-hidrojen hibrit enerji üretim sistemi aydınlatma ve konut iç enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla kurulmuş ve sorunsuz devreye alınmıştır. Ülkemizde yenilenebilir enerjiler üzerine yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Ancak bu çalışmaların daha çok fotovoltaik-hidrojen hibrit enerji üretim sistemlerine kaydırılması halinde, dört mevsim güneşlenme süreleri açısından oldukça iyi bir seviyede olan ülkemizin enerji ihtiyacının önemli oranda karşılanması sağlanacaktır. Yapılan bu çalışmayla, ülkemizdeki yenilenebilir enerjiler uygulamaları alanında, özellikle hibrit sistemler üzerine önemli bir boşluğun doldurulduğunu düşünüyoruz.

5.KAYNAKLAR

[1] Çetin, E., Kesperlioğlu, M. S., Sazak, B. S., 2001, Fotovoltaik Panel Konum Kontrolünün Z80 Mikroşlemcisi Kullanılarak Gerçekleştirilmesi, 6. Türk-Alman Enerji Sempozyumu, 21-24 haziran 2001, İzmir.

[2] Veziroğlu, T. N. ve Noyan, Ö. F., 2003, 21. Yüzyılın Enerjisi: Hidrojen Enerji Sistemi, Türkiye 4. Enerji Sempozyumu, s. 11-34, Ankara.

[3] Kelly, H., 1998, Fotovoltaik Teknolojiye Giriş, Elektrik Mühendisliği Dergisi, Cilt:39, Sayı:403, s. 12-15.

[4] Maclay, J. D., Brouwer, J. and Samuelsen, G. S., 2007, Dynamic Modeling of Hybrid Energy Storage Systems Coupled to Photovoltaic Generation in Residential Applications, Journal of Power Sources, 163 (2007), 916-925.

[5] Torres, L. A., Rodriguez, F. J. and Sebastian, P. J., 1998, Simulation of A Solar-Hydrogen-Fuel Cell System: Results for Different Locations in Mexico, Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 23, No.11, 1005-1009.

[6] Maclay, J. D., Brouwer, J. and Samuelsen, G. S., 2006, Dynamic Analysis of Regenerative Fuel Cell Power for Potential Use in Renewable Residential Applications, International Journal of Hydrogen Energy, 31 (2006), 994-1009.

[7] Kyocera KC125GHT-2 Photovoltaic Module Manuel, www.kyocera.com, 2007.

[8] Nexa™ Power Module Installation Manuel and Integration Guide, 2002, MAN5000054.

[9] Hogen® 40 Series 2 Installation &Operation Instructions, 2003, Proton Energy Systems, PD-0100-0001.

6.TEŞEKKÜR

Yazarlar, 2003K120950 numaralı projeye desteğinden dolayı, Devlet Planlama Teşkilatı’na (DPT), Temiz Enerji Evini yaparak PAÜ’ye bağışlayan Bereket Enerji Üretim A.Ş.’ye, projede kullanılan kabloları sağlayan Nexans Kablo A.Ş.’ye ve elektrik kontrol sistemini hibe olarak kuran Siemens A.Ş.’ye teşekkür ederler.