

Geleceğin Enerjisi Proton Değişimli Membran Yakıt Pili Su Yönetiminin Önemi

Tolga TANER¹, Leyla EROĞLU²

¹ Aksaray Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Aksaray, tolgataner@aksaray.edu.tr,

² Aksaray Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Aksaray, leylaeroglu@aksaray.edu.tr

Özet

Proton değişimli membran (PEM) yakıt hücrelerinde yüksek verim almak için, hücredeki suyun yönetimi çok önemlidir. Hücredeki suyun olması gerekenden düşük veya yüksek olması hücre performansını olumsuz etkilemektedir. PEM yakıt hücrelerinde su yönetimi, membran nemliliği ve katottaki su taşkınlığının önlenmesi konularını kapsar. Protonların anottan katoda iletilmesi için membranın yeterli miktarda su alması gerekir. Suyun gerekli miktardan az olması membran kuruluşuna neden olur. Fazla su ise katotta su taşkınlarına sebep olur. Bu durumda oksijen gazının gaz difüzyon tabakalarındaki gözeneklerden geçişi engellenir. PEM yakıt hücrelerinde su yönetimi işlem parametreleriyle kontrol edilir. Bu çalışmada PEM yakıt hücrelerinde hava stokiyometrik oranı ve hava bağıl neminin hücre performansına etkisi araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : PEM yakıt hücresi, su yönetimi, bağıl nem, hava stokiyometrik oranı

Abstract

To manage the Fuel Cell is more important for the Proton Exchange Membrane Fuel Cell's high efficiency. The cell's water of a low or high level effects the cell of performance in negative way. PEMFC of water management includes the membrane's humidity and the cathode's water of overflow subjects. For this reason, the membrane has got a enough water for the conduction of protons between anode to cathode. If water of cell has a little quantity humidity, the membrane becomes a dry surface. If water of cell has much quantity humidity, water overflows in the cathode. In this situation, the oxygen gas is blocked through the gas diffusion layer's transportation in a pore. PEMFC of water management is controlled by the process parameters.

In this study, PEMFC was researched about air stoichiometer ratio and the membrane's relative humidity for the cell's performance.

Key Words : PEM fuel cell, water management, spesific humidity, air stoichiometric ratio

1. GİRİŞ

Enerji, insanoğlunun dünyadaki birincil ve ikincil ihtiyaçlarını karşılamada gereksinim duyduğu en önemli hareket kabiliyetidir [1]. Günümüzde nüfusun artması, sanayileşme gibi sebepler enerji ihtiyacının artmasına neden olmaktadır. Bu enerji gereksinimi, fosil yakıtlar olarak adlandırılan kömür, petrol gibi kaynaklardan sağlanmaktadır. Fakat bu kaynakların sınırlı olması ve çevreye ciddi zararlar vermesi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Alternatif enerji kaynakları enerji probleminin çözümü olarak gündemdeki yerini korumaktadır. Özellikle çevreye zarar vermemesi, uygulanabilir ve düşük maliyetli olması alternatif bir enerji kaynağının taşınması gereken belli başlı nitelikleridir [1]. İnsanoğlunun enerjiyi değerlendirme seçeneklerinden biri “elektrik enerjisi” şeklindedir. Bu kapsamda yakıt pilleri sahip olduğu pek çok olumlu özellikle ön plana çıkmaktadır [2].

PEM yakıt hücreleri düşük sıcaklıkta çalışmaları, sessiz olmaları ve yüksek güç yoğunluğuna sahip olmalarından ötürü önemli bir alternatif enerji kaynağıdır. Yüksek güç yoğunluğu için önemli bir faktör olan konu; membran ve elektrot takımı arasındaki su dengesinin iyi yönetilmesidir. Ayrıca PEM yakıt hücrelerinin performansı membranın iletkenliğine bağlıdır [3].

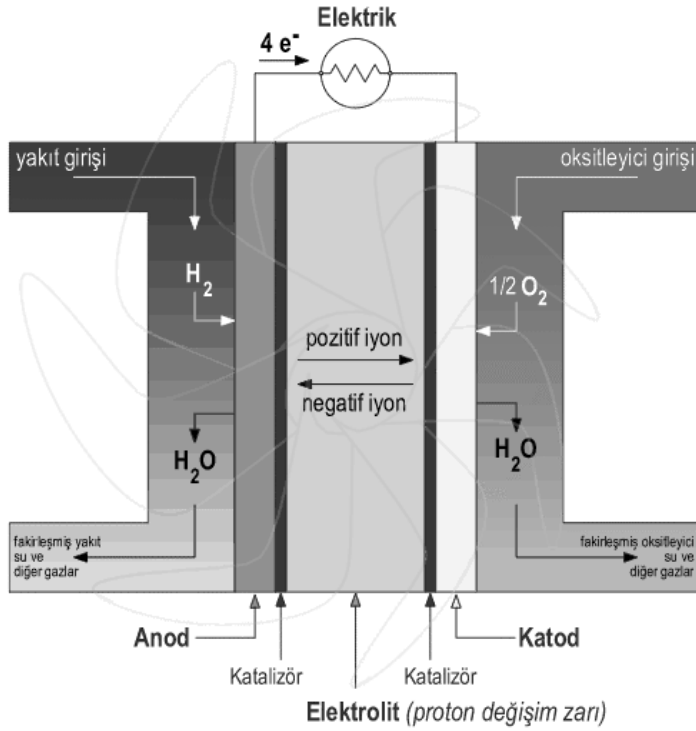
PEM yakıt hücrelerinde su katotta üretilir. En ideal halde bu oluşan su, elektroliti gereken nemlilikte tutar. Katottan verilen hava, reaksiyon için gereken oksijeni karşılamaya ve oluşan fazla suyu uzaklaştırmaya yeterli olur. Katottan anoda suyun difüzyonu sonucu elektrolitin tüm yüzeyi istenilen nemlilikte olur [4]. Bu nedenle katotta üretilen suyun yönetimi oldukça önem kazanır.

Eğer su taşınımı, suyun üretiminden az ise katotta aşırı su birikimi olması sonucunda su taşınımı oluşarak oksijenin katot katalizör ve gaz difüzyon tabakalarının gözeneklerinden transferi engellenmiş olur. Bu problem yakıt hücresinin performansını düşürür [5]. Su taşınımı su üretiminden fazla ise membranın kurumaması söz konusu olur. Bu da membran iletkenliğinin azalmasına, dolayısıyla membranın proton geçirgenliğinin azalmasına neden olur. Katottaki su fazlalığı, orta ve yüksek akım yoğunluklarında işlem parametreleriyle kontrol edilir [3].

Bu çalışmada PEM yakıt hücrelerindeki su yönetimi araştırılmış, işlem parametrelerinden hava stokiyometrik oranı ve havanın bağlı neminin hücre performansına etkisi incelenmiştir.

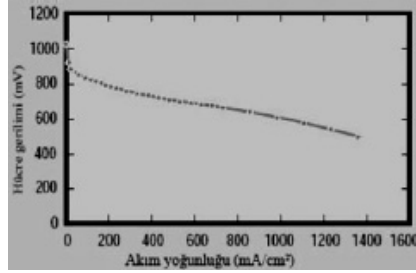
2. PEM YAKIT HÜCRELERİNİN YAPISI VE ÇALIŞMASI

Bir PEM yakıt hücresi iki elektrot ile bu elektrolit arasına yerleştirilmiş elektrolitten meydana gelir. Anoda gönderilen hidrojen, anot üzerindeki gaz kanallarından geçerken protonlara (H^+) ayrışır. Elektrolit sadece protonların geçişine izin verir ve protonlar elektrolit üzerinden katoda geçerler. Elektronlar ise dış devre yoluyla katoda ulaşırlar. Benzer şekilde katottaki gaz kanallarından geçen hava katoda gelir. Katotta oksijen, proton ve elektronların reaksiyona girmesi sonucu su elde edilir. Elektronların dış devre yoluyla iletilmesi ile de elektrik akımı üretilir.



Şekil 1. Tek bir PEM yakıt hücresinin şematik gösterimi [6]

Şekil 1. de görüldüğü gibi yakıt hücresinde iki kimyasal reaksiyon olan: Anotta yükseltgenme reaksiyonu ve katotta indirgenme reaksiyonu oluşur. Membran iki elektrot arasında yer alır. Elektrotlar gaz difüzyon tabakası ve katalist tabakadan oluşmaktadır. Bir yakıt hücresinin performansı akım yoğunluğu – gerilim karakteristik eğrisiyle verilir. Yakıt hücresinin gerilimi akım yoğunluğunun artmasıyla azalır.

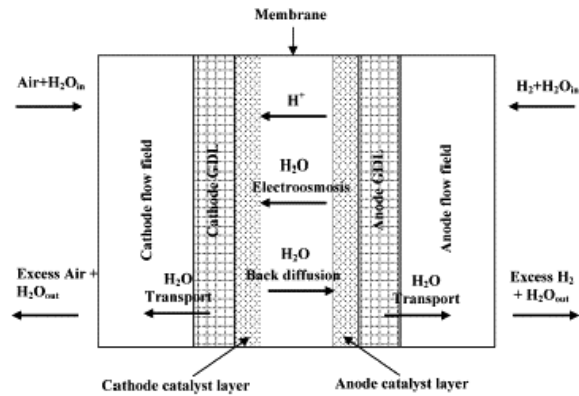


Şekil 2. Hidrojen/hava Polimer Elektrolit Plakalı Yakıt Piliinde Gerilim ve Akım Yoğunluğu Grafiği [7]

Şekil 2.'de bir PEM yakıt pilinin performans eğrisi verilmiştir. Yakıt pilinin performansı işlem parametrelerine bağlı olarak değişir. Bir PEM yakıt pili genellikle, 70-80 °C civarında bir sıcaklık, 3-5 atm reaksiyon kısmi basıncında ve ~% 100 bir zar nemliliğinde en iyi performansı gösterir [6].

3. PEM YAKIT HÜCRELERİNDE SU HAREKETİ

PEM yakıt hücrelerinde yüksek verim elde edilebilmesi için hücredeki su yönetimi oldukça önemli bir konudur. Uygun bir su yönetimi, membranın nemlendirilmesi ve katottaki su taşkınlarının önlenmesini içerir. Yakıt hücresinde su hareketi iki şekilde: Elektroosmatik sürüklenme ve geri difüzyon olarak gerçekleşmektedir. Elektroosmatik sürüklenme olayı anottan katoda doğrudur. Protonlar anottan katoda giderken bazı su moleküllerini de beraberlerinde taşırlar. Bu durumda özellikle yüksek akım yoğunluklarında katot iyi derecede ıslak olsa bile anot kuruyabilir [4].



Şekil 3. PEM yakıt hücresinde su hareketi şeması [5]

Şekil.3 bir PEM yakıt hücresindeki su hareketini göstermektedir. Katottaki su taşkınlarının önlenmesi için üretilen suyun uzaklaştırılma hızı önemlidir. Bu ise iyi bir hava akımıyla olur. Havanın sıcaklığı artıkça taşıyabileceği su daha da hızlı artar, yani bağıl nem düşer. Bu membran üzerinde olumsuz bir etki yapar. 60 °C'nin üzerinde çalışılması gerektiğinde elektrotlar, üretilen sudan çok daha fazlasını havaya transfer ederler. Bu nedenle hava yakıt piline girmeden önce nemlendirilir. Yakıt pilinde nemlendirici kullanmamak için, havanın stokiyometrik oranı öyle ayarlanmalıdır ki, çıkış havası yaklaşık %100 bağıl nemde olsun. Bunun için ıslaklığın hücrenin her yerinde dengede olması gerekir [4].

4. İŞLEM PARAMETRELERİNİN HÜCRE PERFORMANSINA ETKİSİ

4.1 Hava Stokiyometrik Oranının Etkisi

Hava akış oranı hücre performansını etkileyen çok önemli bir faktördür. Tablo 1. ve Tablo 2. farklı hava stokiyometrik oranlarına karşılık hücre geriliminin değişimini göstermektedir. Veriler farklı iki kaynaktan alınmıştır [8,9].

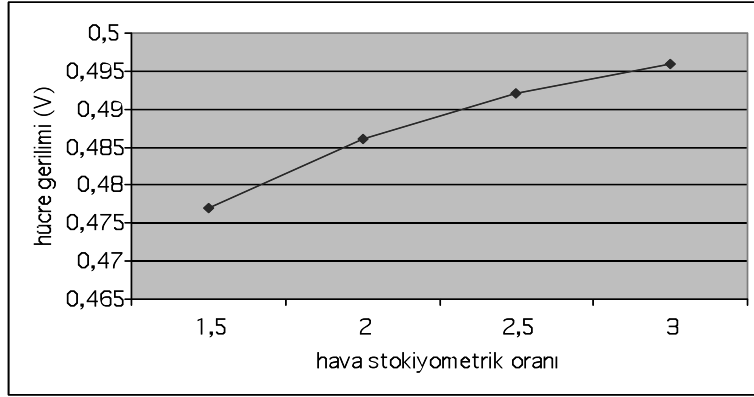
Tablo 1. Hava stokiyometrik oranı ve hücre gerilimi değişimi ($I=1 \text{ A/cm}^2$)

Hava stok. oranı				
	1,5	2	2,5	3
V (Volt)	0,55	0,56	0,58	0,6

Tablo 2. Hava stokiyometrik oranı ve hücre gerilimi değişimi ($I=1 \text{ A/cm}^2$)

Hava stok. oranı				
	1,5	2	2,5	3
V (Volt)	0,477	0,486	0,492	0,496

Tablo1 ve Tablo 2'de verilen değerler grafik olarak gösterilirse hücre geriliminin hava stokiyometrik oranına göre değişimi daha net görünür.



Şekil 4. Hava stokiyometrik oranının etkisi ($I=1A/cm^2$)

Şekil 4.'de de görüldüğü gibi hava stokiyometrik oranı arttıkça hücre gerilimi artmaktadır. Çıktıdaki yüksek stokiyometrik oranlarında, membranın her iki kenarındaki su buharı aktivitesi azalır ve membran biraz kurur. Çünkü membran çok incedir ve girişte gazlar tamamen nemlendirilmiştir. Su yönetiminin çok az bir etkisi ile daha fazla güç üretilebilir [8]. Büyük sistemler için ise daha fazla güç için hücrede hava akımı sağlayan kompresör gibi araçlara ihtiyaç duyulur [8].

4.2. Hava Bağlı Neminin Etkisi

Tablo 3 ve Tablo 4'de havanın farklı bağıl nem oranlarına ve farklı akım yoğunluklarına karşılık hücre geriliminin değişimi gösterilmiştir. Veriler farklı iki kaynaktan alınmıştır [10,11].

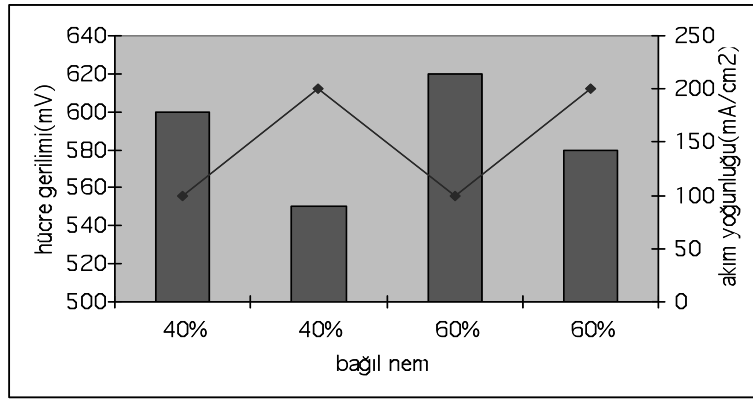
Tablo 3. Havanın farklı bağıl nemleri için gerilim değişimleri

		Bağıl Nem		V (mV)
		%40	%60	
I (mA/cm ²)	100	600	620	
	200	550	580	

Tablo 4. Havanın farklı bağıl nemleri için gerilim değişimleri

		Bağıl Nem		V (mV)
		%40	%60	
I(mA/cm ²)	100	520	540	
	200	290	300	

Tablolarda verilen değerler grafik olarak gösterilirse bağıl nemin hücre performansına etkisi daha net görülür.



Şekil 5. Bağıl nemin hücre performansına etkisi

Şekil 5 havanın bağıl neminin değişimine karşılık farklı akım yoğunluklarında hücre geriliminin değişimini göstermektedir. Bağıl nemin artması özellikle yüksek akım yoğunluklarında hücre performansını olumlu etkilemektedir. Şekil 5’de akım yoğunluğu 200 mA/cm² olduğunda bağıl nem % 40 iken gerilim 550 mV olmakta, bağıl nem %60’a çıkarıldığında ise gerilim değeri 580 mV değerine artmaktadır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

PEMFC enerji kaynağı bilimin ileride çok daha büyük araştırmaları sonucunda enerji alanında çok önemli bir konuma gelecektir. Bu sebeple literatür taramalarında da görülen PEM yakıt hücresinde su yönetiminin verimli hale getirilebilmesi için membranın yeteri kadar nemlendirilmesi ve suyun kanallardan hızlıca uzaklaştırılarak su birikme-taşmalarının engellenmesi gerekmektedir. Böylelikle hava stokiyometrik oranlarının artırılması ile gerilim ve verimlilik artacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. Oral E., Çelik V., "Hidrojen yakıtlı motor teknolojisi", Mühendis ve Makine, Cilt:46,Sayı:540
2. Çetinkaya M., Karaosmanoğlu F., "Yakıt pilleri ve uygulamaları", <http://www.bilesim.com.tr/mistoportal/showmakale.nsf?xd=2662.xml>
3. Rajalakshmi N.,Jayanth T.T.,Thangamuthu R.,Sasikumar G.,Sridhar P.,Dhathathreyan K.S., "Water transport characteristics of polymer electrolyte membrane fuel cell", International Journal of Hydrogen Energy 29(2004) 1009-1014
4. Kınay E., "Hidrojenin ulaşımda yakıt olarak kullanılması:Hibrit elektrikli şehir içi kişisel ulaşım aracı konsepti", Yıldız Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi,2007
5. Li H.,Tang Y. ve arkadaşları , "A review of water flooding issues in proton Exchange membrane fuel cell", Journal of Power Sources 178(2008)103-117,Review
6. Fuel Cells with CFD-ACE+ kitabı,
7. Şenol R.,Üçgül İ.,Acar M., "Yakıt pilinde teknolojik gelişmeler ve taşıtlara uygulanabilirliğinin incelenmesi", Mühendis ve Makine,Cilt:47,Sayı:563
8. Bao C.,Ouyang M.,Yi B., "Analysis of water management in proton Exchange membrane fuel cells", Tsinghua Science and technology,ISSN 1007-0214 10/21 pp54-64,Volume 11, Number 1, February 2006
9. Bao C.,Ouyang M., Yi B., "Analysis of the water and thermal management in proton Exchange membrane fuel cell systems", International Journal of Hydrogen Energy 31 (2006) 1040-1057
10. Jeong S.U.,ve arkadaşları, "Effects of cathode open area and relative humidity on the performance of air-breathing polymer electrolyte membrane fuel cells", Journal of ppower Sources 158(2006) 348-353
11. Kumar P. M., Kolar A.K., "effect of operating parameters on the performance of an air-breathing PEM fuel cell with a dugted cathode",Advences in Energy Research, 2006