

DOĞAL GAZLI YAKIT PİLİ*

* Bu makale "Gaz d' aujourd' hui" dergisinin 9 Ocak 1993 sayısından alınmıştır. Yazan: M. Gabriel Blondin

Metin ŞİMŞEK

1954 Tunceli doğumlu, 1978 yılı Ankara DMMA (Şimdi Gazi Üniversitesi Müh-Mim. Fak.) Makine Bölümü Mezunu, 1978-1987 yıllarında TCDD Genel Müdürlüğü Cer Dairesinde çeşitli görevlerde çalıştı.

1987-2 / 1990 yılları arasında TAI Üretim Planlama Müdürlüğünde, 2/1990-10/1990 tarihlerinde FNSS imalat Mühendisi olarak çalıştı. 1990-91 döneminde İngiltere'de Nothrhgham Üniversitesinden Üretim Yönetimi konusunda Lisans üstü derecesi aldı. Halen MMO Genel Merkezinde Sekreter Yardımcısı görevini yürütmekte.

DOĞAL GAZLI YAKIT PİLİ

1839 Yılında İngiliz William Grove tarafından bulunan yakıt pili elektrod - elektrolit sistemim sarf etmeksizin sürekli bir tarzda bir yakıt ile bir oksitleyici amili elektrik enerjisine dönüştüren elektrokimyasal bir sistemdir.

İlk önceleri uzay teknolojisinde kullanılan yakıt pili yere ayakbaşı ve ilk türü oluşturan fosforik asit pili doğal gaz ile çalışabilen müstakil elektrik üretim aracı olarak oldukça güvenilir bir yer edindi. Bu yazı 190. Kongre'de AT-G Komitesi tarafından verilen en iyi iletişim ödülünü kazanan çalışmayı ele almaktadır.

TANIM

Bir yakıt pili elektrod-elektolit sistemini sarf etmeksizin sürekli bir tarzda bir yakıt ile bir oksitleyici amili elektrik enerjisine dönüştüren elektrokimyasal bir sistemdir.

Bu temel formülasyon, daha 1894 yılında, termodinamik düşünce temelinde bir elektrokimyasal sistemin elektriğe dönüştürme veriminin, verimi Carnot çevrimi yasasına göre sınırlı olan termik makinalardan daha yüksek olduğunu gösteren Wilhelm Ostwald'a atfedilmektedir.

Bu avantaja, bir yakıt pilinin üretim kapasitesinin, sadece kullanılan yakıt - oksitleyici miktarlarına bağlı olduğu gerçeğini de eklemek gerekir. Wonder pilinden daha iyi olan bir özelliği de, yakıt pilinin kullanırken hiçbir aşınmaya maruz kalmamasıdır.

TARİHÇESİ

Yakıt pilinin ilk keşfi Sir Willidam Grove'a atfedilmektedir. Grove bu olguyu 1839 yılında ters elektroliz araştırma çalışmaları esnasında ortaya çıkarmıştı. O dönemde bu olgu sadece bir laboratuvar merakı olarak kalmaktan öte gidemedi. J. Euler ilkel zamanların galvanik yakıt pilleri konusunda mükemmel bir çalışma koleksiyonu meydana getirdi.

Uzun bir süre için malzeme sorunları ve teknolojiye bazı güçlükler nedeniyle umutlar yok olmaya yüz tuttu. Birinci dünya savaşından sonra karbon pilleri üzerine çalışmalar yeniden başladı.

Yakıt pilinin yakıt olarak hidrojen ve alkalın elektrotlar kullanılan galvanik bir eleman ile elde edilebileceği anlaşılınca dek çalışmalar hep yanıltıcı sonuçlar verdi.

Hidrojen -oksijen pilinin öncüsü olarak bilinen kişi, 10 yıl boyunca Cambridge'de gözenekli nikel elektrodlu yüksek sıcaklık pilleri üzerinde çalışan Francis Bacon'dur.

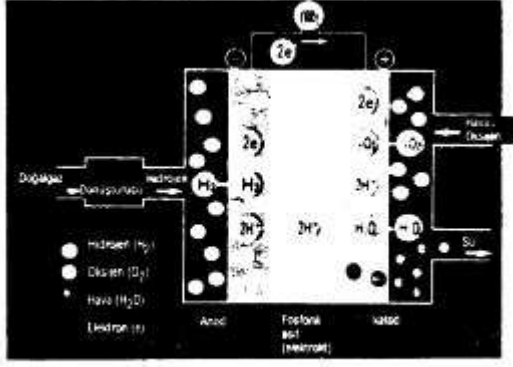
PİL VE APOLLO UZAY PROGRAMI

Bacon'un pili yakıt pili itibariyle NASA' nın Apollo uzay programının' temelini oluşturmakta olup zirve noktası ay modülü ekipmanı (1968) idi. Ay modülünde paralel bağlı 1.4 KW-32 V 'luk (PC 3 A-2) üç adet pil bulunmaktaydı.

Bunlar Pratt-Whitney tarafından seri halde imal edilmişlerdi. NASA'nın bataryaları 31 temel pilden oluşmakta olup Bacon pilininkilere göre daha düşük basınçlarda (3-4 bar) ve 200°C mertebesinde bir sıcaklıkta çalışmaktaydılar. Gözenekli nikel elektrodlar daha sonra bir platin katalitik depoda empenye edilmişlerdi. İlan edilen ömür 550 saat idi ancak uygulamada 3000 saatlik çalışma süresine ulaşılmıştı.

SİSTEMİN ÇALIŞMA ŞEKLİ

Yakıt pili ters elektroliz prensibine dayandırılmış bir elektrik üretim sistemidir. Basit bir pil elektrolit ile ayrılmış iki elektrottan oluşur. Gaz yakıt (örneğin H₂) ile oksitleyici (Örnek haranın oksijeni) elektrokimyasal olarak birleşerek yaklaşık 0,7 volt gerilimde ve yaklaşık cm² de 150-300 mili amperlik akımda daimi elektrik akımı üretir.



Şekil 1. Prensip Şeması

Kimyasal enerjinin brülör -kap, daha sonra türbin ve alternatör vasıtasıyla dönüştürüldüğü geleneksel sisteme oranla, yakıt pili (termik enerjiyi kinematik enerjiye ve daha sonra da elektriğe dönüştüren dönel makinalara gerek duymaksızın) elektrokimyasal reaksiyon yoluyla doğrudan elektrik enerjisi üretir.

Yakıt pili tüm diğer elektrik üretimi sistemlerine kıyasla daha verimlidir (primer enerjinin%40 ile 70'i özellikle ölçek etkisi önemli bir rol oynamayıp 200 ile 300 KWlık birim gücünden başlayarak ayrı birimler halinde kurulma avantajı vardır.

Diğer çok önemli özelliği ise kısmi şarj durumunda tam şarja oranla daha güçlüdür. Bu da çok esnek bir Pazar imkanı sağlar ve çevreye olumsuz etkisi çok düşüktür.

YAKIT PİLLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Sınıflandırma bakımından üç büyük pil grubundan veya üç nesilden söz edilebilir.

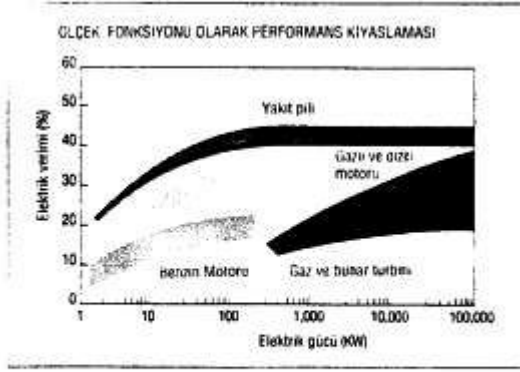


Şekil 2. İki tip enerji dönüşüm sistemi

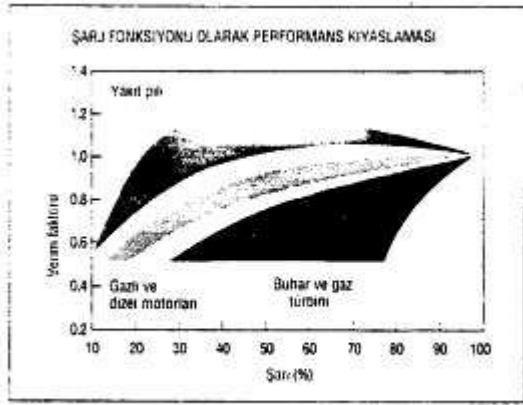
Birinci nesilde doğal gazlı bir yakıt pili dört temel elemandan oluşur.

- Bir dönüştürme tesisi
- Bir hücre
- Isı eşanjörleri
- Doğru akımı elektrik şebekelerinde kullanabilmek amacıyla alternatif akıma çevirmek için bir çevirgeç.

Bu bir bilgisayar ile optimize edilmiş, basit sistemlerin komplike bir bütünüdür. Pil elemanlarının yapıları iki tiptir. Yakıt ve oksitleyicinin çapraz akımla geçtiği yassı elemanlar. Anod ile katod elektrolit ile ayrılmıştır. Bu genel olarak fosforik asitli pillerin ve çözünmüş karbonatlı pillerin genel tasarım özelliğidir.



Şekil 3. Ölçek fonksiyonu olarak performans kıyaslaması



Şekil 4. Şarj fonksiyonu olarak verim kıyaslaması

Westinghouse tarafından (ABD) 3 KW lık seramik pil için özel tüb formunda elemanlar kullanılmış olup bunlar son yıllarda ABD'de ve Japonya'da denenmişlerdir.

GELİŞMELER

Yakıt pili 1995 yılından itibaren elektrik enerjisinin özellikle doğal gaz bulunan bölgelerde müstakilen elektrik üretimine imkan sağlayan, üretim verimini artıran, nakliye kayıplarını ortadan kaldıran ve çevreye etkisi en az olan bir sistemdir.

1970 yılında başlayan ABD-Japon işbirliği programı 1990 yılları için endüstriyel fosforik asit pillerinin piyasaya sürülmesini ve ikinci ve üçüncü nesil modellerinin araştırma faaliyetlerinin yapılmasını öngörmektedir.

1987-1988'den beri İsviçre Konfederasyonu yakıt pili ile ilgilenmekte olup, 1989 yılında sanayi, politeknik okullar, araştırma enstitüleri ve gaz sanayileri ile işbirliği halinde seramik pil üzerine araştırmalarını başlatmıştır.

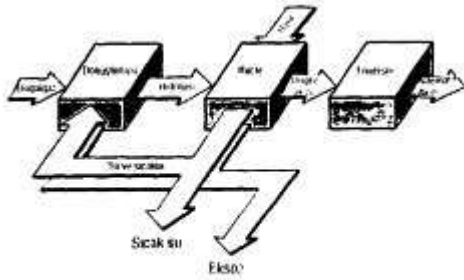
ABD, Japonya ve çeşitli Avrupa ülkelerinde (İsviçre'de Cenevre Sanayi Servisleri) fosforik asit pillerinin sanayide uygulanması ile ilgilenmiş olup uzun süreli denemelere girmişlerdir.

Sıralama	Birincil		İkincil	
	Fosforik asitli pil (PAFC)	Alkali pil (AFC)	Eriyik karbonatlı pil (MCFC)	Katı elektrolit (SOFC)
Elektrolit	Fosforik asit	Potas	Eriyik karbonat	Zirkonyum oksit
Aktif iyon	H ⁺	OH ⁻	CO ₂	O ₂
Sıcaklık	160-220 °C	100 °C	600-700 °C	1000 °C
Yakıt	H ₂	H ₂ pur	H ₂ , CO, Hn, Cm	H ₂ , CO ₂ , Hn, Cm
Birincil Yakıt	- Doğalgaz - Metanol - Naphta - Sıvı petrol gazı - Hafif yağ	- Sadece saf hidrojen	- Doğalgaz, metanol - Biogaz, kömür ve petrol gazı	
Ticari olarak hizmete giriş	1990 ve takip eden yıllar	Genel hidrojen kullanımı	2000 Civarında	2000'den Sonra
Elektriki verim	% 35-45	% 45-60	% 46-60	% 50-60

Tablo 1 : Yakıt Pillerinin Sınıflandırılması

FOSFORİK ASİTLİ PİLLER

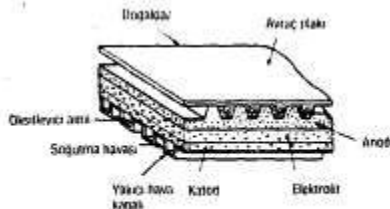
UTC pili 12.5 KW/hk modüller biçiminde büyük bir dizi birincil testlere tabi tutuldu. (Target Projesi) Bunu ABD Kanada ve Japonya'nın çeşitli çevrelerinde yapılan, her biri 40 KW gücünde olan 46 birimin uzun dönemli testleri izledi (1985'de yapıldı)



Şekil 5. Fosforik asitli yakıt pili elemanları

Bu program %35 mertebesinde bir elektrik enerji verimi gösteren 300 000 saatlik bir çalışma birikimi sağladı. Yine de tam şarjda çalışan modüllerin global verimi (elektrik ve termik enerji olarak) %80'i aştı.

40 KW/hk birimlerin gösteri programına paralel olarak, UTC 4.8 KW'lık iki pilot santralin yapımını üstlendi. Bunlardan birisi New York 'un merkezinde ve diğeri de Tokyo'da bulunmaktadır. Bu ikincisi 1983 'de 2500 saat boyunca %37'lik bir verimle (elektrik enerjisi) çalışmıştır.



Şekil 6. Bir yakıt pilinin yapısı

1984 yılında, UTC ile Toshiba 11 MW'lık gösteri santralinin ticarileştirilmesi amacıyla International Fuel Cells Corporation'u (IFC) kurmak üzere bir araya geldiler. 1990'larda başlayarak bu tipte üç veya beş santralin işletmeye alınması beklenmektedir. Bu santrallerin ilk maliyetlerinin 200 milyon Fransız francı olması (1800 F/K W) beklenmektedir. Öngörülen elektrik enerjisi verimi %41 olacaktır.

Tokya Electric Power Company için Goi adasında inşa edilen İlk Santral 1991 yılı mart ayında üretime başladı.

Dünyada en büyüğü olan bu yakıt pili santralinin ilk denemeleri gerçek performansın garanti verilen değerleri (% 41.1 lik elektrik verimi) aştığını göstermiştir.

YAKIT PİLİNİN ÇEVREYE ETKİSİ

Yakıt pili termik yolla elektrik üretim sistemi olarak çevre koruma kurallarına en iyi cevap veren bir seçenektir. Bu nitelikleri ile yakın çevreye herhangi bir rahatsızlık vermeksizin kentsel ortamlara kurulma imkanı sağlar.

Karbon monoksit, kükürt dioksit ve azot oksit gaz yayılımı oldukça düşüktür. Ve bugün yürürlükte olan tüm kirlilik önleyici kuralların, özellikle de yeni "Opair 92" İsviçre hava koruma normlarının çok altındadır.

Bu çevresel nitelikler ve çok önemli bir ağırlık -güç oranı, yakıt pilinin ulaşım için ilginç bir çözüm olabileceğini göstermektedir. Yakıt pili, sera etkisinin önemli etkenlerinden birisi olan CO2 gazı çıkışını da önemli ölçüde azaltmaktadır. Yakıt pili, klasik bir gaz biriminin ürettiğinden daha az CO2 üretmekte olup bu avantaj kısmi şarjda daha yüksektir (kısmi şarjda verim daha yüksektir).

BİNALARDA KULLANIM

PC 25 olarak tanımlanan yakıt pilleri kompakt bir bütün olup geleneksel bir yakıt olan doğal gazı kullanarak elektrik enerjisi üretmekte, temiz, gürültüsüz, otomatik çalışma özellikleri taşımakta; bağımsız veya bir elektrik şebekesi ile senkronize olarak çalışabilmektedir. Bu piller anma güçlerinin %100'ünden %50'sine kadar olan çalışmalarda %40'lık bir verime sahiptirler.

Sektöre bağlı PC 25 tüketimi 200 KW'ın üzerinde olan bir binanın baz şarjını karşılamak amacıyla kullanılabilir. Bina tarafından tüketilen tüm elektriği beslemek amacıyla sektörden ayrılabilir. Daha yüksek güç gereksinimleri için birimler paralel bağlanabilir Ünite kendini daha düşük olan güç ihtiyaçlarına otomatikman adapte edebilir. Sektör ile senkronize çalışabilir.

Bu durumda PC 25'in arızalanması durumunda sektör otomatik olarak devreye girerek binaya enerji besler. Bu düzen kesintisiz, enerji beslemesi temelinde özellikle bilgisayar tesisleri için ideal bir şema oluşturur. Daha önce de belirtildiği gibi yakıt pili temiz ve sessiz çalışması nedeniyle iyi bir komşudur. PC 25 emisyonları tüm dünyada belirlenen kirlilik normalerinin çok altındadır.

SOX ve NOX düzeylerinin düşük olması asit yağmurları oluşumunu da minimuma düşürmektedir. Düşük karbonmonoksit düzeyi hava kalitesinin korunmasına yardımcıdır.

ULAŞIM ARAÇLARINDA TAŞIT PİLLERİ

1960-1970 yıllarından itibaren çeşitli ülkelerde yapılan çalışmalar yakıt pili kullanılan elektrik motorlu yük, yolcu ve özel taşıtların çevre kirliliği açısından ne büyük bir avantaj taşıdığını göstermiştir.

Benzinli ya da diesel motorların kullanımındaki büyük gelişmeler ve bunların düşük yapım maliyetleri, görece ucuz olan petrol fiyatları da göz önüne alındığında, bu projelerin çekmecelerin dibinde unutulmasına yol açtı. Bununla birlikte, Sıkıştırılmış doğalgaz veya metanol ile çalışan yakıt pili jeneratörle elektrik cer (çekiş) sisteminin kullanımı oldukça caziptir.

Trafik sıkışıklığı, gürültü ve çevre kirliliği sorunları artık bu sistemlerin özel kentsel ulaşım için düşünülmesine yol açmaktadır. Yakıt pilli araçların ilk prototipleri NASA'nın geliştirdiği alkali yakıt pillerinin uygulamasına dayandırılmıştır. General Motors bu şekilde 1966-1967'de Union Carbide'in 32 alkali hücresinden oluşan bir jeneratörün beslediği, 13 700 d/d lik 150 KW gücünde bir cer motorunca tahrik edilen "Electrovan"ı imal etti.

Tüm alkali yakıt pilleri gibi bu jeneratör de biri sıvı hidrojen, diğeri ise sıvı oksijen ihtiva eden iki depodan beslenmektedir. Araç bir dolunda 200 km yol alabilmekte olup en yüksek hızı 109 km/h ve aracın boş ağırlığı ise 3400 kg idi. Bu önemli gelişmeden sonra, ABD'de olduğu gibi Avrupa ve Japonya'da çok sayıda imalatçı ve araştırmacı bu sorun üzerine eğildiler ve sistemin performansını geliştirdiler. Bunların sonucunda, belli imalatçılar, 8 kg/KW'lık ağırlık -güç oranının elde edilebileceğini öngörmüşlerdir.

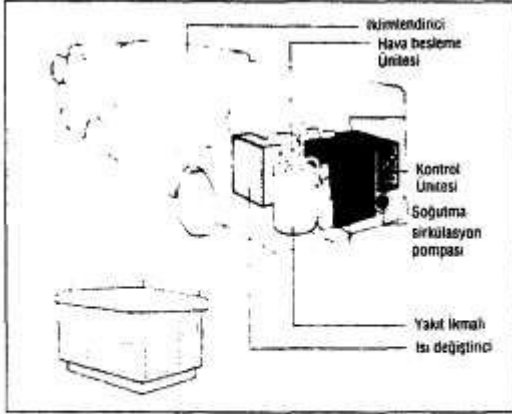
Cer amacıyla alkali pil gelişimi, saf oksijen ve hidrojen depolama sorunları ile sınırlanmaktadır. Diğerleri arasında Daimler-Benz hidrat oluşumu yoluyla hidrojen depolamayı denediler. 1980 den itibaren çeşitli prototipler yapıldı. Bunlar arasında Siemens tarafından geliştirilen ve Elenco adı verilen alkali yakıt pili ile teçhiz edilmiş VW furgan'dan bahsedebiliriz.

Japonya'da Fuji, yakın zamanda metanol ile çalışan fosforik asitli pilli 50 KW'lık bir jeneratör ile teçhiz edilmiş küçük bir prototip otobüs yapmıştır. Sonuçta sıkıştırılmış doğal gazlı sistem de öngörülmektedir.

	Mekik grubu	Fuji proje pili
Özgül güç:	100 kW/m ³	5 kW/m ³
Ağırlık/güç oranı:	7 kg/kW	100 kg/kW

Tablo 2. Mekik grubu ve Fuji projesinin özellikleri

Bu sistemde elektrik motorlarının beslenmesi karışık bir yapıdadır. Yani temel enerjiyi yakıt pili sağlamakta, maksimum değer sınırlı bir akü grubu taraafından sağlanmakta, bunun altındaki değerlerde çalışılırken de akü grubu pil tarafından şarj edilmektedir.



Şekil 7. Fuji'de geliştirilmekte olan 50kW gücünde otobüs projesi.