

Geleceğin Enerji Kaynağı

YAKIT PİLLERİ

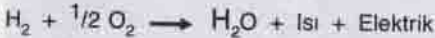
Arılan yatırım maliyetleri, çevre sorunları ve nükleer sistemlerin güvenilirliği elektrik üretim endüstrisinin sorunlarıdır. Bu sorunlar, konvansiyonel ve nükleer yollardan elektrik üretiminin cazibesinin kaybolmasına, yakıt pillerinin piyasada yaygınlaşmasına neden olmuştur. Geliştirilmiş yakıt pillerinin pek çok uygulama alanı bulması, büyük faydalar sağlanması beklenmektedir.

Yakıt Pili Nedir?

Yakıt pilleri, yakıtın ve yakıcının kimyasal enerjisini, doğrudan, düşük voltajda, doğru akımlı elektrik enerjisine çeviren elektrokimyasal bir cihazdır. Piller ve aküler gibi elektrotları, elektrolitleri, pozitif ve negatif uçları vardır. Yalnızca, enerji depolamazlar ve tersinir reaksiyonlar oluşturmazlar. Bu pillerde bunun yerine, yakıt sürekli verilerek **elektrokimyasal yükseltgenmeler** oluşturulur. Reaksiyona giren maddelerin pilin dışından sağlandığından pil bitmez. Yakıt pili, elektrotları yakıtı ve yakıcıları alabildiği, elektrolitten ayrılmış olarak tutulabildiği sürece çalışmaya devam eder.

Çalışma sırasında, yakıt ve yakıcının elektrige, suya ve ısıya dönüştüğü reaksiyon, elektrotlarda gerçekleşir. Yakıt anotta elektronları bırakarak yükseltgenir. Anot, yükseltgenme çevriminin sağlanması için bir devre ile katoda bağlıdır. İyonlar elektrolit yoluyla geçerek çevrimi tamamlarlar.

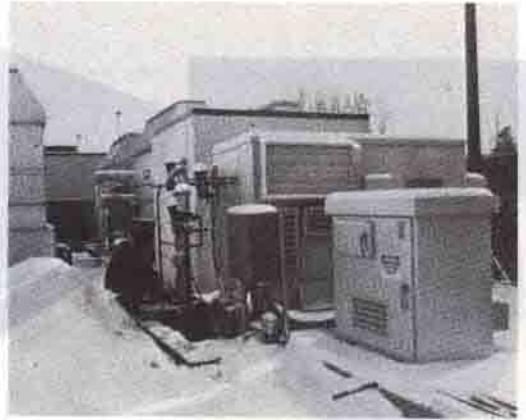
Toplu reaksiyon şöyledir :



Tek bir pilin verdiği akımın bir volttan daha az olmasına rağmen, seri bağlanmış pil yığınlarından daha yüksek voltajda elektrik elde edilebilir.

Uygulamada yakıt pilleri, uygun yakıt kullanarak, alternatif akımlı elektrik enerjisi üretebilmektedir. Bunun için üç alt sisteme ihtiyaç vardır: Yakıt işleyici, yakıt pilleri, güç çeviricisi. Yakıt işleyicisi, ham yakıtı hidrojen zengin yakıtla dönüştürür. Bunu, doğru akımlı elektrik enerjisine çevirenler ise pil yığınlarıdır. Güç çeviricisi ise, doğru akımı, alternatif akıma çevirir.

Sabit yakıt pil sistemlerinde bir de, ısıyı tekrar kullanma, "rejenerasyon" alt sistemi vardır. Bu alt sistem ile üretilmiş ısı, yakıt işleyicisi ya da, sıcak su elde edilmesi veya dışarıda herhangi bir ısı



Bir Yakıt Pili Santralinin genel görüntüsü

ihtiyacı için kullanılması pil sisteminin verimini artırmaktadır. Rejenerasyon ile yakıtın ısı değerinin % 80'inden faydalanılması mümkün olmaktadır.

Yakıt Pillerinin Üstünlüğü

Yakıt pilleri konvansiyonel elektrik üretim teknolojilerine üç yönden üstünlük sağlar: Verimlilik, çevreye uyumluluk ve esneklik.

Bilindiği gibi konvansiyonel elektrik üretim merkezlerinde, yakıtın kimyasal enerjisi önce ısıya, oradan mekanik enerjiye, sonra da elektrik enerjisine dönüştürülür.

Carnot çevrimine göre çalışan makinelerde verim, sıcaklıkla sınırlanmıştır. Bugünkü malzeme teknolojisi ile bu tip üretim merkezlerinde maksimum teorik verim, ancak % 40-50 dolayındadır. Oysa yakıt pilleri, kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine doğrudan çevirdiğinden ve izotermal olarak çalıştığından, maksimum teorik verimi % 80-95'tir. Sistemin boyutlarından ve yük faktörlerinden büyük oranda etkilenmezler. Hatta bazı durumlarda, yakıt pil sistemlerinin gerçek verimleri % 40-50'ye, rejenerasyon ile % 80-85'e ulaşabilir.

Yakıt pillerinin ikinci üstünlüğü çevreye uyumlu oluşudur. Nükleer ve konvansiyonel sistemlerin güvenilirliği ve kirliliği düşünüldüğünde bu, önemli bir özelliktir. Yakıt pilleri "yanmalı" bir cihaz olmadıkları için, nitrikoksit, karbonmonoksit ve yanmamış hidrokarbonlar gibi kirlenici yaymazlar. Sülfür oksit yayması da endişe verici değildir. Çıkardığı gücü de minimumdur. Çünkü yakıtı ve yakıcıları karıştırmak için kullanılan fanlar dışında hareketli parçaları yoktur.

Ayrıca, yakıt pilleri esneklerdir. Hidrojen zenginleştirilmiş herhangi bir hidrokarbon yakıt ile çalışabilir. Bazı tipleri doğal gazı, normal bir yakıt gibi, yüksek verimle kullanırlar. Ancak maalesef, doğal gaz için dizayn edilmiş bir yakıt pili sistemini, verimde bir düşme olmaksızın diğer yakıtlar için kullanamayız.

Yakıt pilleri modülerdir. Arzu edilen seviyede güç sağlamak için değişik boy ve miktarda piller, yığınlar halinde birbirlerine bağlanabilir.

Sonuçta, oldukça sessiz çalışması ve çevreye yaydığı zararlı partiküllerin düşük miktarda olması, sistemin kurulacağı yer için bir hayli esneklik sağlamaktadır.

Yakıt Pillerinin Çeşitleri

Yakıt pilleri elektrolitlerine ve çalışma sıcaklıklarına göre sınıflandırılırlar. Genel olarak dört çeşitleri vardır:

1- Alkalimli Yakıt Pilleri : Bu pillerde potasyum hidroksit elektrolit, saf hidrojen ve oksijen, yakıt ve yakıcı olarak kullanılır. Atmosfer basıncında ve 150-600°C sıcaklıkta çalışırlar. Çalışma sırasında hidrojen anotta yükseltgenir;



Katottaki reaksiyon ise :



Pilde karşılaşılan ana sorun, elektrolitin karbondioksit ile reaksiyona girip, potasyum karbonat oluşturarak çökmesi ve pilin çalışmasını zamanla engellemesidir. Katota giren havanın içerisindeki karbondioksit miktar çok az bile olsa, aynı problem oluşmaktadır. Bunun için hidrokarbon yakıttan türetilen hidrojen, mutlaka karbondioksitten temizlenmelidir. Bu işlem şimdiki teknoloji ile rantabl değildir.

Bununla beraber, alkalimli yakıt pilleri güvenilir, güç potansiyeli yüksektir. Bu yüzden, uzaydaki uygulamalarda olduğu gibi, saf hidrojen ve oksijen bulunduğu yerlerde çok cazip bir güç kaynağıdır.

2- Katı Oksit Yakıt Pilleri : Atmosfer basıncında ve 950°C üzerinde çalışan bu pillerde, asal ol-

mayan metal elektrotlar ve oksijen iyonlarını bu yüksek çalışma sıcaklığında iletebilen katı elektrolitler kullanılır.

Anottaki reaksiyon :



Katottaki reaksiyon :



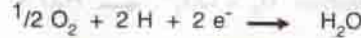
Çalışma sıcaklığı yüksek olmasına rağmen enerji israfı olmaz. Çıkan ısı rejenerasyon sistemi ile değerlendirilir.

Henüz araştırma safhasında bulunan bu pillerde karşılaşılan ana sorun, elektrolit ile elektrot arasındaki katı/katı arayüzeyini etkili biçimde tutmak ve her iki elektrot çevresi ile pil içinde uygun temas sağlamaktır. Ayrıca pil, yüksek çalışma sıcaklığında kararlı kalacak malzemelere de ihtiyaç gösterir. Ek olarak, kırılğan yapıdaki elektrolit, pil boyutlarını sınırlar. Üstelik, kullanılır miktarda elektrik üretebilmek için, çok sayıda pil yığınlarına ihtiyaç vardır.

3- Asitli Yakıt Pilleri : 60-200°C sıcaklıkta ve 1-8 atmosfer basınç altında çalışırlar. Alkalimli yakıt pillerinde olduğu gibi, bunlarda da oksijen, hidrojen kullanılır. Asit elektrolit karbondioksit müsamaha ettiği için, hava içindeki oksijenin kullanılması problem yaratmaz. Çalışma sırasında hidrojen yakıtı anoda doğru yayılır ve yükseltgenir ;



Oksijen katoda doğru yayılarak, hidrojen iyonları ile reaksiyona girer :

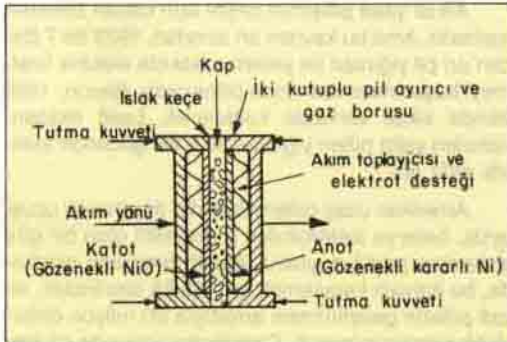


Oluşan su, katot yoluyla yayılarak havaya karışır.

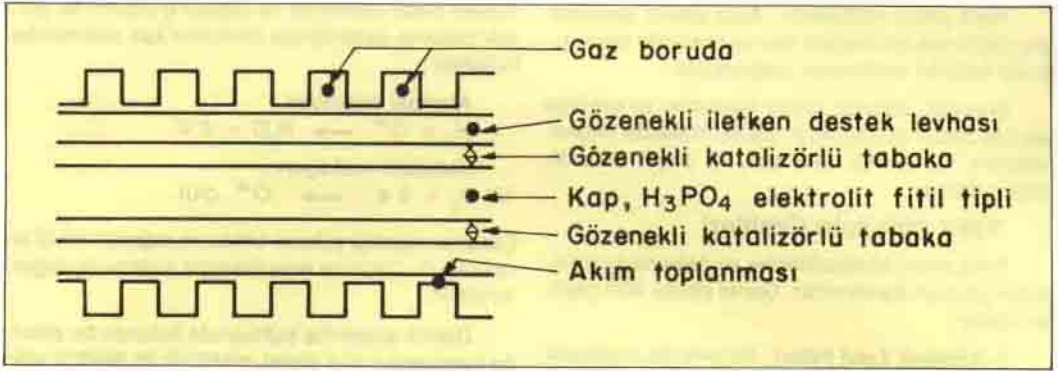
Asitli yakıt pillerinde elektrolit olarak fosforik asit kullanılması çok iyi bir seçim olmuştur. Zira, bu çalışma sıcaklığında oksijen ve hidrojenin içinde kararlı olan ve uçucu olmayan tek asit, fosforik asittir.

Fosforik asitli yakıt pilleri (FAYP), tüm yakıt pilleri içinde ticari olarak en gelişmiş olanıdır. Bu piller, 150-200°C sıcaklıkta ve 1-3 atm. basınç altında çalışırlar. Havadaki oksijen, yakıcı olarak, geniş oranda karbondioksit ve hidrojenenden meydana gelmiş bileşik de yakıt olarak kullanılır. Isı, gaz işleyici tarafından ve/veya hava tarafından veya dahili soğutma suyu tarafından alınır. Verimleri % 32-40'tır. Rejenerasyon ile % 60 ve üstüne çıkabilmektedir.

Hidrojenin yükseltgenmesi için gerekli olan elektrokatalitik hareketliliği düşüren, platinin karbonmonoksitle zehirlenme olayı, pilde problem yaratmaktadır. Elektrolitin buharlaşma yoluyla kaybedilmesi ve pil parçalarının korozyona maruz kalmalarında bir başka problemdir. Pilin performansını yükseltmek için katotun katalitik performansının geliştirilmesi gerekmektedir.

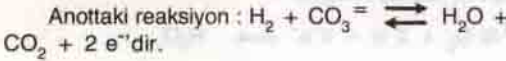
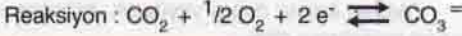


Erimiş karbonlu yakıt pilinin şematik görünümü. Elektrolit kabı, anot ve katot için yuva sağlayan iki paslanmaz çelik kasa tarafından desteklenir. Tutma kuvvetleri, çelik akım toplayıcılar arasında temas olmasını, yuvaların elektrolit içine girmesini sağlar. Islak keçe, yakıt ve yakıcıların sızmalarını önler.



Fosforik asitli yakıt pilinin şematik görünümü. Elektrodlar, katalizör parçacık yığınlarını toplu halde tutar. Gözenekli iletken levha ile desteklenir. Gözenekler gaz ve ürünlerin dağılmasını sağlar. Katalizör, karbon içine karıştırılmış platin parçacıklarıdır.

4- Erimiş Tuzlu Yakıt Pilleri : Bu piller 450-750°C arasında çalışırlar. Bu pillerde, saf hidrojen, hava, asal olmayan metal elektrod ve bir gözenekli seramik kap içinde erimiş halde bulunan elektrolit kullanılır. Tercih edilen elektrolit erimiş alkali karbonattır. Erimiş karbonatlı yakıt pillerinde, gözenekli nikel elektro olarak, kolay ergiyen lityum ve potasyum karbonat karışımı ise elektrolit olarak kullanılır. 650°C sıcaklıkta ve 10 atm. basınç altında çalışırlar. Fosforik asitli yakıt pillerinin tersine CO'e müsamaha ederler. Pilin çalışması sırasında, karbondioksit ve oksijen gözeneklerden katoda doğru yayılır.



Oluşan su ve karbondioksit anot yoluyla gaz akımına karışır ve pilin dışına çıkar. Isı katot gazları tarafından alınır. Verimin, petrol yakıtları kullanıldığında % 45 olacağı rejenerasyonla % 80'e varacağı tahmin edilmektedir.

Erimeş karbonatlı yakıt pilleri fazla gelişme göstermemiştir. Müsamaha edilen sülfür ve klor miktarının çok az olması, CO'in anottan katoda doğru, verimli, rantabl olarak çevriminin mutlaka sağlanacak olması, elektrolitin buharlaşma yoluyla kaybolması, korozyon, elektrolit içindeki nikel oksit elektrodun erimeye eğilimli olması, elektrot kabını bütünlük içinde tutacak, korozyona mukavemet edecek pil parçalarının geliştirilmemiş ve üretim tekniklerinin tamamlanmamış olması, pilin gelişmesinde karşılaşılan güçlüklerden bazılarıdır.

Yakıt Pillerinin Gelişimi

İlk yakıt pili 1893'te amatör bir araştırmacı olan W.Robert Grove tarafından tasarlandı ve yapıldı. Hidrojenin yakıt, oksijenin yakıcı, sulandırılmış sülfirik asitin elektrolit olarak kullanıldığı bu pillerde elektrot-

lar platindi. Modern asit pilleri bu pilin devamı niteliğindedir.

Eriyik elektrolitli yakıt pillerinin orijini, 1896'da W.Jacques'in yaptığı, elektroliti sodyum hidroksit olan, kömürün elektrokimyasal enerjisinden doğrudan elektrik üretmeyi amaçlayan pile dayanır. Elektrolitin zamanla karbonata dönüşümü zor olduğundan, 1939'da erimiş karbonat elektrolit olarak kullanıldı. Elektroliti sıvı halde tutmak için gerekli olan yüksek sıcaklığın ortaya çıkardığı bazı malzeme sorunları ancak yakınlarda çözülebildi.

1900'de meşhur kimyacı Nerst, katı oksit elektrolit ile ilk denemelerini yaptı. Nerst'in elektroliti, modern pillerdeki % 85 zirkonyum oksit, % 15 yitrium oksit karışımı idi. E.Baur ve H.Press 1937'de ilk defa katı oksit elektroliti, karbon anodu kullanılarak 980°C sıcaklıkta, orta performansta çalıştırdı. Yaklaşık 20 yıl sonra, kalsiyum zirkonyum oksitli yakıt pilleri ile, hidrojen/su yakıtı ve oksijen kullanılarak daha iyi sonuçlar alındı. Çalışmalar halen devam etmektedir.

Alkali yakıt pillerinin orijini tam olarak bilinmemektedir. Ama bu kavram en azından, 1933'de T.Bacon'un pil yığınları ile yeterli miktarda elektrik üretmeyi başarısından önce biliniyordu. Bacon, 1959 yılında alkali elektrolit kullanarak, basit oksijen-hidrojen yakıt pilleri yığınları ile 5 kw gücünde elektrik elde etti.

Amerikan uzay çalışmalarında, aya insanlı uçarlarda, batarya sisteminden daha hafif olan bir güç sistemine gerek duyuldu. Apollo programı sırasında, bu ihtiyacı karşılamak için NASA tarafından, alkali pillerin geliştirilmesi amacıyla 20 milyon dolarlık bir harcama yapıldı. Çalışmalar sonunda pil ömrünün yüzlerce saate çıkarılması, ağırlığının büyük oranda azaltılması başarılıydı. Asitli yakıt pillerinde fosforik asitin elektrolit olarak tercih edilmesi 1950'li yıllardan sonradır. Cam ve quartz fiber, kap sıcak fosforik asiti tutamazdı. Ancak 1960'lı yıllardan sonra teflon bağlı silikon karpit kullanıldı. 1967'de Ameri-

MÜZİKLE BESİ YÖNTEMİ

Araştırmacıların buluş yetenekleri bazen tuhaf çiçekler verir. Fakat yapılan buluşun meyve vermesiyle de durum değişik bir boyut kazanır. Cornell Üniversitesi Ithaca/New York'dan Gadi Gvoryahu, bu verimlilikteki fikirlerden birini uygulamaya koydu: Hayvan fizyoloğu olan Gvoryahu, et tavuğu besisiyle ilgili geliştirdiği bir yöntem için patent başvurusunda bulundu.

Gvoryahu, civcivlerin ancak kendilerini çok rahat hissettikleri takdirde en iyi gelişmeyi gösterebileceklerini düşünüyordu. Burdan yola çıkarak yumurtadan yeni çıkmış olan civcivlere, yaptığı bir deneyde, değişik bir metod uyguladı. Civcivler etrafı çevrili bir yerde gelişmeye bırakıldılar. Ortada da içine hoparlör yerleştirilmiş bir mavi parmaklıklıklı kafes bulunmaktaydı. Kafese monte edilmiş iki tahta çubuğa iplerle bağlı olan üç boks eldiveni aşağı doğru asılı durumdaydı. Ortamın sıcaklığını da çitin biraz üstüne monte edilmiş infararuj lambalar sağlıyordu. Civcivlerin kesime hazır erginliğe ulaşmaları sekiz hafta sürer. Bu süre boyunca hoparlör, civcivlerin birer saat ara ile günde oniki saat boyunca Antonio Vivaldi'nin

"Dört Mevsim" adlı eserini duymaları için kullanıldı. Bu arada civcivlerin görebilecekleri seviyede tutulan kırmızı eldivenler de "yedek anne" rolünü üstlendiler. Gvoryahu bunu yaparken, yumurtadan yeni çıkmış civcivlerin gözleri önüne konulan ilk canlıya ya da objeye "anne" olarak benimsemeleri davranışından hareket etti.

Gvoryahu'ya göre ortamdaki bütün bu faktörler, gelişmede aşama sağlıyordu. Müzikle yetiştirilmiş olan civcivlerin, sessiz ve annesiz bir ortamda gelişmeye bırakılan kontrol grubuna göre mevcut yemi daha iyi değerlendirdikleri görüldü. Bu da deneyler sonunda onların ortalama ağırlığının kontrol grubu hayvanlarına göre % 2 daha fazla olmasına neden oldu. Müzikle gelişme gösterenlerin ruhsal durumu da çok iyiydi. Çok daha az stres belirtileri gösterdikleri gibi, ölüm oranları da oldukça düşüktü.

% 2'lik bir ağırlık artışı önemi olmayan bir rakam olarak görünüyor. Fakat sadece Amerika'da dört milyar tavuk üretildiği düşünülecek olursa, rakamın ne denli önem kazandığı ortaya çıkıyor. Bu arada firmaların bir şeyi gözönünde bulundurmaları gerekiyor: Tavuklar en azından müzik zevkleri söz konusu olduğunda oldukça titizdirler. Vivaldi'nin yerine sırf rock müzik çalındığında, Gvoryahu'nun du bulduğu gibi, tavuklarda ağırlık artışı yerine düşüş kaydediliyor.

GEO'dan çev.: Köksal OZAN

ka'da 10 kw gücünde alternatif akımlı elektrik üretmek için çalışmalara başlandı. 1970'de sistem kuruldu ve test edildi. Maliyetlerin yüksek olmasına ve hedeflere ulaşılmamasına rağmen, bu fikrin teknik olarak gerçekleştirilebileceği ispat edildi. Bu sistem daha sonraki gelişmelere temel oldu. Benzeri gelişmeler Japonya'da da oldu. 1983'de FAYP ile 4.5 mw gücünde bir sistem kuruldu.

Erimiş karbon yakıtlı piller 1953'de araştırılmaya başlandı. Yarı katı elektrolitler kullanılması, daha sonra erimiş lityum, potasyum ve sodyum karbonatın en iyi elektrolit olduğunun bulunması, sinterlenmiş magnezyum oksitten yapılmış gözenekli diyafram kullanılması, pilin geçirdiği aşamalıdır. EKYP pili kullanılarak 25 W gücünde, doğal gazla çalışan ilk üretim merkezi 1962'de kuruldu. Daha sonra, korozyona karşı elektrod ve kap malzemelerinin geliştirilmesiyle daha büyük güçte enerji üretmek mümkün oldu. Son günlerde ise dikkatler daha çok pil yığınları ile ilgili sorunların üzerinde yoğunlaştırdı. Boyutsal kararlılık, seri üretim teknikleri, maliyetin düşürülmesidir.

Yakıt Pillerinin Geleceği

Yakıt pilleri çeşitli alanlarda kullanılmak üzere

geliştirilmeye devam edilmektedir. Bunların içinde uzayda kullanılmak üzere yüksek enerji sistemleri; seyyar olarak araçlarda kullanılan sıvı yakıtlı sistemler, sabit sistemler, endüstriyel rejenerasyon sistemleri ve güç merkezleri vardır.

FAYP, gelişmeye en yakın olanıdır. 200 ve 300 kw'lık güç sistemleri olarak uygulanması uygundur. Elektrik dağıtım şebekelerinde pik ihtiyaçların karşılanması için kullanılabilir. Yakıt pilleri modüler ve çevreye uyumlu olduğu için küçük yerel sistemleri, büyük merkezi güç santrallerine alternatif olarak düşünülebilir. Ayrıca üretilen ısıyı endüstriyel ihtiyaçlar için de kullanmak mümkündür.

EKYP'de FAYP'i izlemektedir. Elektrik üretim dağıtım sistemlerinde temel yükleri karşılamak üzere kullanılabilir. Yüksek çalışma sıcaklığı, üretilmiş ısının rejenerasyon uygulamalarında kullanılmasını sağlar. FAYP'in elektrik üretiminin, 2000'li yıllarda yaklaşık 30.000 mw'a ulaşacağı düşünülmekte. Gelişen teknoloji ile maliyetin 1.000 \$/kw olacağı tahmin edilmektedir. Yakıt pillerinin güç üretiminde çok cazip bir seçenek oluşturacağı günler fazla uzak değildir.

PIPE LINE INDUSTRY'den çev: Nurettin ÖNCÜL