

MAGNETOHİDRODİNAMİK (MAGNETOHYDRODYNAMIC) GÜÇ

Çeviri* Eyüp AKPINAR - Turan ŞENCİL

Mühendislik çalışmaları, 1990'lı yılların başında 1200 MW'lık, tüm verimliliği % 45 dolayında olan magneto-hidrokinamik (MHD) güç santralini devreye almayı planlamaktadırlar. Böylece işletme, montaj ve yakıt ederleri gözönüne alındığında, buhar santrallerinden daha ucuza elektrik üretimi söz konusudur. Bu teknikte enerji, yüksek-ısıdaki iletken gaz ortamından elde edilmektedir. Kömür yakıtlı MHD santralinden, gene kömür yakıtlı buhar santraline göre, kömürün tonunda % 30 - % 50 daha fazla güç üretmek mümkündür. MHD dizgesi kömürlü buhar santraline göre üçte bir oranında SO_x , NO_x yayar. Aynı zamanda bacasızdır. Yüksek-ısı gazın iletkenliğini artırmak için kullanılan tohum madde (seed material) kömürdeki sülfür ile birleşir. Dolayısıyla boşalan gaz artıklarından kurtulur.

MHD üretici yaklaşık 1100 MWf dolayında güç ürettiğinde, türbinleri sürmek için gerekli buharı üreten yerli enerjiyi de sağlamaktadır. Bu bağlamda birincil yakıttan mekanik, elektrik ve ısı enerji üretimi söz konusudur.

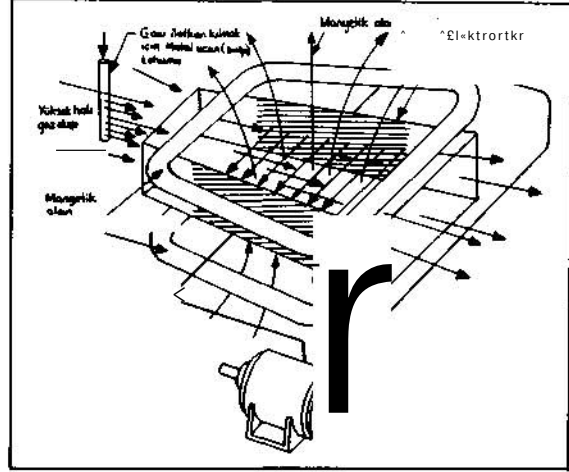
GİRİŞ

Son 15 yıldır araştırmacılar, geleneksel buhar santral-farını geliştirmek, verimliliği artırmak için mantıksal bir çözüm aramışlardır. Geleneksel buhar santrallerinin düşük çevrimine (bottoming cycle) MHD üreteçlerindeki üstün çevrim (topping cycle) eklenmiştir. Böylece daha az kirlilik ve ucuz enerji elde etme yolu-na gidilmiştir.

Süper iletken mıknatıs, soğutma destek dizgeleri, yüksek ısılı plazma içeren MHD üreteçleri, yüksek ısılı basınçlı kazanlar, evirgeç çekirdek kurtarma dizgesi ve yayındırıcılar yeni teknolojinin başarısı için gerekli olan elemanlardır.

Bunlara ek olarak kullanılması gereken elemanlar, buhar santrallerinde kullanılan kazanlar, hava ısıtıcıları, radyant kaynatıcısı ve evirgeçlerdir. Yüksek sıcaklık, elektro kimyasal aşınma ve paslanmada yeni teknolojinin oluşmasında gözönüne alınması gereken konulardır.

Her bir alanda gelişmeler kaydedilmiş olmasına rağmen altyapı, çözülmesi gereken mühendislik sorunu olarak kalmıştır.



DÖNEN MAKİNASI OLMAYAN SANTRAL

MHD güç üretim birimlerinde dönen makina parçası bulunmamaktadır. Yanma dizgelerindeki plazma ürünleri bir memeden MHD üreteç kanalına gönderilmektedir. Süperiletken mıknatısın oluşturduğu manyetik alan, plazmanın hareket yönüne dik biçimde gönderilir ve bu bağlamda gerilim üçüncü dik yönde oluşur. Plazma elektriksel iletkendir ve akım bu gazın akışından dolayı elektrodlar tarafından değiştirilebilir. Elde edilen doğru akım evirgeç tarafından alması akıma çevrilerek, dağıtım için güç sistemine iletilir. Doğrudan elektrik üretimine ek olarak, MHD üreticinin çıkışındaki plazma ise sürücü türbinler için ısı enerjisini elde edebilecek kadar sıcaktır.

MHD üreteçlerinde üretilen elektrik enerjisine ek olarak üretilen ısı enerjisi, geleneksel buhar santrallerinde üretilen enerjinin kaynağını oluşturur. MHD süreci, geleneksel manyetik alan içinde dönen bakır iletken-den oluşan üretece benzer. Geleneksel üreteçlerden akım çekildiği zaman alan içerisindeki sargının dönmesi için tork MHD üreteçlerinde ise, akım çekildiğinde alan içerisinde geçen gaz kuvvet uygulanması için basınç farkı gereklidir.

Çok büyük basınç uygulamamak kaydıyla, MHD üretici içinde kullanılan maddeler çok az bir tolerans farkıyla gaz basıncının, duvar sınırlarını aşmamasını sağlar. Böylece gaz sıcaklığının özdek ya da üreteç yapısıyla denetimi fazla sorun değildir. Bu durumda

* Spectrum.Eylül 1980

yüksek sıcaklık çevrimini sağlayarak yüksek verim elde etmek kolaydır. MHD dizgeleri için 2700-3000 K° sıcaklığı gereklidir.

MHD konusunda çalışan mühendisler, kömür yakıtlı MHD dizgelerinden açık çevrimli olanların, kapalı çevrimli dizgelere oranla daha çok şeyler vaad ettiğini söylemektedirler.

Açık çevrimli dizgelerde çalışma gazı; ön ısıtılmış hava ya da oksijeni zenginleştirilmiş hava ve 3000 K°'de yanan kömürün tutuşma artıklarından oluşur. Tutuşucu gazın elektriksel iletkenliğini artırmak için potasyum karbonat eklenir. Potasyum karbonat tohum özdeği diye anılır. Tohum özdeği kömürdeki sülfür ile kimyasal olarak birleşerek sülfür yayılımını önler. Tohum özdeğinin % 90'ı kullanım sırasında korunur ve ileri bir süreçte tekrar işlenir. Kapalı çevrimli dizge de, ısı girişi, al iş-veriş dizgesi aracılığıyla dizge içinde sürekli dolaşan çalışma sıvısına uygulanır. 2600 K° dolayındaki sıcaklıkta, uygun plazma iletkenliği için akışkan gaz ve akışkan metal gerekir. Argon gazında olduğu gibi, soy gazı tohumlamak için sezyum gerekir.

MHD dizgelerinin geleneksel bir kullanım kazanması için, MHD üstün ve düşük çevrimlerinin geliştirilmesi ve uygun bir biçimde birleştirilmesi gerekmektedir.

Genellikle, üstün çevrim dizgelerinde birincil amaç, gaz türbinlerinin çalıştırılması için gerekli olandan çok daha fazla bir sıcaklığın kullanılmasıdır. Böylece ısı çevrimindeki verim artacaktır. Isı üstün çevrimi sonunda dış atımla, çalışma akışkanına aktarılır. Bu süreç, genellikle kurtarma kazanı üzerinden yapılarak ısı enerjinin, türbinleri sürmesi sağlanır.

Tasarımcılar araştırmayla uğraşırken üstün ve düşük çevrimlerin tümleştirilmesinde diğerlerine ek olarak şu sorunlarla karşılaşmaktadırlar;

. 3000 K°'e ulaşabilen 500 MW'lık tutuşturucu dizgesinin tasarımına olan gereksinim, uygun cüruf atımı, elektriksel yalıtım, bir biçimli potasyum tohum dağılımı ve en az sayıda tutuşturucu.

. Altı-yedi bin saatlik % 20 verim ile çalışan ve ısıdan elektriğe çevrim yapan MHD kanalına olan gereksinim.

. 50-100 MW'lık santrallardan daha büyük santrallara geçmek için veri ölçeklendirme yöntemlerini geliştirme.

. Yüksek güvenilirlikli, uzun malzeme ömrü için ısı geri kullanımı ve tohum geri kullanımı.

. Potasyum karbonat'ın, sülfür artıklarının ayrılmasında kullanılmasından sonra, yeniden potasyum karbonat elde edilmesi için gerekli kimyasal yöntem.

. Bakım kolaylığı, yüksek elektromanyetik lorentz kuvvetine dayanabilen mıknatıs altyapısı, sarım sorunları ve düşük geçici sıcaklık değişimine uygun mıknatıs tasarımı.

Kimi enerji merkezleri, üniversiteler, araştırma birimleri bu sorunların çözümü için işbirliği yapmaktadır. Çoğu araştırmacılar açık çevrimli kömür-ateşli MHD dizgesinin 1200 MW'ta % 45 verimle çalışacağını tahmin etmektedirler. Böyle bir dizgede kömür önce püştürtülür ve kimi zaman nemi alınmak için kurutulur. Bu süreç MHD sürecinde aşındırma etkeni olarak görülür. Kurutma süreci tüm kömür türleri için yapılmak zorunda değildir. Bu aşamadan sonra kömür tutuşturucuya ulaştırılarak plazma oluşturulması için yakılır.

Yüksek sıcaklıktaki gazın elektriksel iletkenliğini artırmak için, tohum özdeği (ki iyonlaşma gizil gücü düşüktür) eklenir. Tutuşturucu sıcaklığı 2800 K°'ne ulaştığında sıcak plazma yayılır ve memeye doğru genişleyerek yaklaşık 900 m/s hızla MHD üretici oluğuna geçer. O zaman plazma 6 ya da 8 T.lık bir alandan geçerek gaz akış yönüne dikey ve koşut bileşenli elektrik alanı oluşturur.

MHD üreticinin giriş ve çıkışı arasında büyük bir gizil güç farkının olduğu hesaplanmıştır. Bu genellikle, üreticinin çıktısının toprağı ile tutuşturucu ve üreticinin giriş arasındaki elektriksel gerilim farkıdır.

Plazmanın üreticiden ayrılmasıyla sıcaklığı 2300 K° düşer. Bu düşme yayındırıcı içinde 30 m/s hızla olur. Bu aşamada, gaz kayıplarından dolayı MHD üreticinde, elektrik üretmek olanaklı değildir. Bu kalan enerji (özgün ısı enerjisinin % 7Qkadarı) türbinlerin sürülmesi için gerekli buhar üretiminde ve enerji taşıma hatlarına güç vermede kullanılır.

Üstün çevrimli MHD üretici de, ısı girişinin yaklaşık % 20-25 kadarı elektriksel güce çevrilir. Mühendisler üreticinin verimliliğini, çıkış gücünün ısı giriş gücüne bölümü ile elde ederler. ısıнын elektriğe dönüşümü plazmanın sıcaklığını azaltır ve iletkenlik düşer. Bu oran, akışkanın iletkenliğine, magnetik alan şiddetine ve MHD üreticinin hacmine bağlıdır.

Ekonomik olması için % 20 dönüşüm oranı gereklidir. En az 6 T magnetik alan, 10 mhom/m akış iletkenliği ve 1.1 x 1.1 m'lik kesit alanlı 19 m uzunluğunda MHD oluk gereklidir. Toprak magnetik alanından 120 000 kat daha fazla magnetik alan şiddeti ve kuvvetli doğal mıknatıs alanından 10 kat fazla magnetik alan kuvveti gereklidir.

Günümüzdeki çalışmalar birkaç saat için % 2'lik, birkaç dakika için % 8'lik dönüşüm oranı vermektedir. "Avco shock" tüplerde, milli saniyeler için %15'lik bir dönüşüm oranı elde edilebilmektedir.

YÜKSEK TUTUŞMA SICAKLIĞI

Tasarımcılar, tutuşma sıcaklığına erişmede kullanılan iki teknikten havanın ön ısıtımının çok verimli birincil teknik olduğunu belirtiyorlar. Bu sıcaklık, daha sonra MHD üreticiden ayrılacak olan ağız ısıtılmasında kullanılır. Doğrudan ateşleme olarak bilinen bu tasarım % 45'e varan verime erişebilir. Bununla beraber karşılıklı ısı aktarımındaki güvenilirliği 1800 K'de tutulabilen kül ve tohumun boşaltılmasındaki vananın, işlevini yapabilirliğindeki güçlükler, tasarımcıları başka seçenekler aramaya zorlamıştır.

İkincil tutuşturucu tekniği, ön tutuşturucuyu yakmak için aynı bir tutuşturucu kullanılmasıdır. Bu tasarımda kullanılan yakıt verimli bir şekilde yakılmaz. Bu nedenle verimlilik, doğrudan ateşleme tekniğine göre daha düşüktür.

Basit bir mühendislik gelişmesi olmasına karşın, ayrı biçimde ateşlenen ısıtıcının gaz tutuşturucusu, ön ısıtıcıların temizlenebilirliğinden dolayı denetim altına alınabilir.

Zenginleştirilmiş oksijenin yüksek yanma sıcaklığı için kullanılması verimi azaltır, çünkü oksijen bölümü için fazladan bir güç gereklidir. Dizge irdelendiği zaman, zenginleştirilmiş oksijen dizgeli veya ayrıca ateşlenen ön ısıtıcı MHD dizgelerindeki çevrim verimlilikleri aynıdır. İki farklı tasarım içinde ana sermaye karşılaştırabilir. Oksijenle zenginleştirme ayrıca ateşlenen ön ısıtma dizgesine yeğlenir. Çünkü bu geleneksel bir teknoloji olup güvenilirliği çok daha fazladır.

MHD'nin üstün çevrimi ile geleneksel türbün'ün düşük çevrimini birbirine bağlama süreci mühendislik sorunları açısından oldukça kolay gözüküyor. Fakat MHD için dizge değişkenleri, sorunları karmaşılaştırır. Örneğin MHD üreticinin çıkışındaki gaz yaklaşık 2300 lOdir. Oysa geleneksel buhar türbinlerindeki sıcaklık 550-650°C arasındadır.

Bu sıcaklıklarda gaz dizgeye girdiği zaman NO_x oluşumunda belirli bir artma söz konusudur. Bu nedenle çevrim ara birimlerinin tasarımı gereklidir.

Bilim adamları NO_x catafytic denetimin ekonomik olmadığını düşünüyorlar. Yavaş soğutma sırasında NO_x belirli bir sıcaklıkta ve aralıkta sabit oksijen yoğunluğunda ayrışır, örneğin MHD üreticinde varolan gaz, yavaş bir biçimde soğurken, NO_x ayrışımı oluşacaktır. Soğuma değişimi yaklaşık 150 k/s iken NO_x ayrışımı 3000 ppm'den 1000 ppm altına kadar inecektir.

Yıllardır MHD araştırmacıları tam yanmanın oluşması için % 95 oranında havanın, tutuşturucular için gerekli olduğunu düşünmüşlerdir. Ama dizge üzerindeki çalışmalar göstermiştir ki gazların iletkenliğinin en iyi olduğu değer % 85 oranlı havadır. Sınama sonuçları

bunun tutuşturucudaki NO_x oluşumunu düşürdüğünü göstermiştir. Diğer yandan buhar santrallerinde gözükmeyen H₂, Co ve sülfat bu dizge için önemlidir. Öyle dizgeler tasarlanmıştır ki, ikincil yanmayla bu kirlilikler yok edilmektedir.

Potasyum tuzlarının MHD içerisindeki yüksek sıcaklıktaki gazlara tohum olarak atılması, buhar düşük çevriminde sorunlara yol açmaktadır. Potasyum, kömür külleri ile etkileşime girince külün özellikleri değişir. Bu değişimler külün akışkanlığı, erime noktası ve kazanla olan etkileşimdir. Bu etkileşim, kazanda kullanılan özdekleri ve kazanın biçimlenmesini etkiler. Potasyum tuzları yoğunlaştığı zaman kazanı aşındırır. Külün özellikleri, tipik kazanlarda oluşandan farklılık göstereceğinden, bir kuruluştaki bulunan araştırmacılar, kazanın yeniden biçimlendirilmesi üzerinde araştırma yapmaktadırlar.

Kömürün yakılmasından sonra ortaya çıkan artıklar buhar düşük çevrimlerinde, sorunları karmaşılaştırır. MHD üstün çevriminde taşınan cüruf, tohum gazlarıyla etkileşime girerek potasyum alüminyum silocon oluşturur. Sonuçta, dizge içerisindeki tohumun kaybına neden olunur. Bu etkiyi azaltmak için Cürufun büyük bir kısmı yanma dizgesi içerisinde dışarı alınır. Diğer bir yaklaşım ise buharlaşma dizgesinden, yüksek sıcaklıkta, cürufun çıkarılmasıdır. İkinci uygulama üzerine araştırmalar üniversitelerde yapılmaktadır. İki basamaklı tutuşturucu dizgenin kullanılması, cürufun alınması için bir yaklaşımdır. İlk tutuşturucu basamakta cüruf ayıklanır ve tohum olarak kullanılacak özdek, dizgenin ikinci basamağında plazmaya eklenir. Böyle bir tasarımla cürufun % 90'ını alınır. Daha sonra MHD buhar santralının diğer bölümlerinde cürufun tohumdan ayıklanması basitleştirilmiş olunur.

Mühendisler tutuşturucudan alınan cürufun miktarını, tutuşturucular ve buhar arasındaki ısı etkileşimini dikkate alarak belirlemektedirler. Cüruf, tutuşturucular içerisindeki ısı kaybını azaltır ancak cüruf, buharlaşma kazanından ve ısı değiştirme özdeklerinden atmalıdır. Tek ve çok basamaklı tutuşturucu dizgeler oluşturulmuş bulunmaktadır. Tek basamaklı olanlar ısı kaybını en aza indirmek için kullanılırken, çok basamaklı olanlar, cürufun alınması için tasarlanmaktadır.

İlk basamağı akışkanlaştırılmış iki basamaklı tutuşturucu kullanılarak başka bir MHD buhar santrali için tasarım yapılmıştır. Tutuşturucudaki akışkan yatak, gazın yukarıya ve yer çekiminin aşağıya doğru yaptığı kuvvetlerin dengelenmesiyle oluşan, küçük katı parçacıkların birleştirilmesinden meydana gelmiştir. Birinci basamak çıkış sıcaklığı (1040 K'e kadar) düşüktür. Bu durumda iki tutuşturucu basamak arasında kömürün külünü parçacık özdek olarak çıkarmak olası

olduğundan curufsuz çalışma olanağı vardır. Siklon türü tutuşturucu tasarımı ile yansıtıcı özdeki erden oluşmuş duvarlar, erimiş cüruftan daha yüksek duvar ısıyı sağlar. Bu durum, tutuşturucuda daha düşük ısı kaybına neden olur, ancak potasyum tohumu çevresine karşı dayanıklıdır. Tutuşturucu ile ilgili diğer bir teknik sorun elektriksel yalıtımdır. Ancak, tutuşturma - cunun toprağa göre 100 kV gerilimde bulunması gerekir. Kömür, oksitleyici, potasyum tohum besleyiciler ve cürufun atılması süreçleri yalıtımın korunması açısından sorun gibi gözükmektedir.

Mühendislik açısından çözüm bekleyen gereksinimler, malzeme bazında, süperiletken miktatıs, yüksek sıcaklıkta hava ısıtıcı, ısı kurtarma dizgesi, tohum kurtarma dizgesi ve tekrar tohum üretme dizgeleridir.

En önemli araştırma konusu, MHD üreticinin oluk elektrod duvarlarının tasarımıdır. Yüksek ısıya, elektro-kimyasal etkilere ve plazmadan elektroda akım aktarımlarına dayanıklılık söz konusudur. Bir kuruluştaki çalışan mühendisler boron nitrid yalıtıcı ve bakır iletken kullanımıyla oluşturulan soğuk-duvar sınamaları yapmaktadırlar. Büyük çapta su akışı ile bakır iletken soğuk tutularak, kömür cürufunun yoğunlaşması ve parçacık çarpması ile oluşacak aşındırmayı önleme eğilimi belirlemektedir. Bu durum, elektrod duvar yüzeyinin, 1200 K'de, metal ısı üstünde kalmasını sağlamaktadır. Böylece oluşturulan sıcaklık yükselti farkı, elektrodun, aşınmaya karşı direncini artırmaktadır. Elektrik akımı/kömür tabakası, cüruf ve küçük ark dizgilerindeki tohumlar aracılığı ile çıkarılır. Ark hasarını azaltmak için tasarımcılar, platinyum başlık kullanmaktadırlar ve bu başlığı hemen su soğutmalı bakır taban üzerine yerleştirmektedirler.

Bu tür tasarım ile 500 saatlik çalışma başarılmıştır. Araştırmacılar, ilgi kestiri m ile duvar yaşam süresinin 2000 saate geleceğini beklemektedirler. Bu üreticinin çıkışı 1 -2 mm'lik cüruf kaplama sonucunda 220 kW'a ulaşmıştır. Platinyumun, arkasından aynı soydan olmayan özdekler de, kullanım için öngörülmektedir.

Diğer bir mühendislik yaklaşımı ise, elektrod tasarımında yansıtıcı özdeklerin kullanılmasıdır. Bu özdekler, örneğin $LaCrO_3$ ve $4MgAl_2O_4Fe_3O_4$ bakıra «öre daha yüksek sıcaklıklara dayanmaktadırlar. Bunlarla oluşturulan elektrod ve yalıtıcı duvar sıcaklığı, cüruf ve tohum özdeğinin yoğunlaşma sıcaklığından daha fazladır. Deneyler göstermiştir ki MHD çalışması sırasında oluk duvarları temiz kalmakta, akım ise atık yoluyla değil yayılım sonucunda çekilmektedir. Güçlük ise, yüksek mekanik baskıya ve yüksek sıcaklıkta, elektro kimyasal aşınmayla kaplamaya dayanabilecek yansıtıcı özdeğin tasarımıdır.

Kimi araştırmacılara göre en fazla umut veren özdekler yalıtıcı olarak magnezya ve elektrod olarak hafnia

ve zirconia görünmektedir. Sovyetler Birliği'nde ve A.B.D.'de bu elementlerin kullanımına geçilmiştir. Oluk dinamiğine ilişkin kuramsal modellerin yetkinliğine karşın bilimcilerin raporlarında, çeşitli çalışma koşullarında (250 kW, 120 A, 2100 V) oluk parçaları arasında indüklenen gerilim değerlerinin, düzgün dağılımadığı belirtilmektedir. Bu düzensiz dağılımlar, üreticinin tüm verimliliğine ket vurmamakla birlikte kimi öğelerin (elektrod ve yalıtıcılar) farklı yüklenmeleri nedeniyle, istenmeyen bir durumdur. Aşırı yüklenme, yaşam süresini kısıtlayıcı bir etki olmakla birlikte erken bozulmayı da beraberinde getirecektir.

MHD üreticinin bir diğer öğesi de evirici'dir. Bu konuda iki tasarım üzerinde durulmaktadır. Biri hat öndellenmiş diğeri ise kuvvet öndellenmiş eviriciler. Hat öndellenmiş, diğere göre deneysel veriler daha olgun olduğundan ve geniş uygulama alanı bulunduğu gözde görünmektedir. MHD üreticinin dayanıklılık sınamaları, eksensel elektrodarasına oluşan gerilimlerin, belirli bir süre sonunda düzensizlik gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Kimi durumlarda, elektrodarda oluşan yüksek gerilim kısa devre edilmektedir. Bu durumda MHD üretici ile iki uçlu evirgeç arasında bir aradevre tasarlanmak zorundadır. Bu ara devrenin işlevi, tek tek elektrodlardaki akımı denetleyerek farklı gerilimde olan iki elektrodu doğru akım çıkışı-na bağlamaktır.

Tasarımcılar ısı değişim aygıtındaki ısı ve tohum kurtarma dizgesinin çalışma özelliklerini geliştirmektedirler. Bu aygıtın birincil işlevi, tohum özdeğini kurtarmak, yoğunlaştırmak ve türbünleri sürececek buharı üretmektir. İkincil işlevi ise MHD üreticinin tutuşturucusunda taşınan cürufun çıkarılması ve NO_x 'in denetimidir. Geliştirme çalışmaları özellikle, tohum yoğunlaşması, yayılma ve ısının, elektrik enerjisine dönüşüm süreçlerinin irdelenmesine yöneliktir. Bunun yanı sıra, ısı aktarım yüzeylerinde biriken tohum ve cüruf ile ısı -değişim aygıtında, potasyum sülfatın aşındırıcı etkisidir.

Açık döngü MHD dizgesinde sülfür yayılmasının denetiminde en yaygın biçimde kullanılan teknik, potasyum tohum özdeğinin sülfürü kapmasıdır. Sülfürü yok eden tohum, süreç sonunda, düşük sıcaklıkta potasyum sülfata dönüşmektedir.

Tutuşturucunun diğer çevrimlerinde, potasyum sülfatta sülfürsüz bir bileşen -örneğin potasyum karbonat- üretme yönünde gelişme sağlanmıştır.

Tekrar üretim sürecinde, potasyum sülfatlı karbon monoksit ile hidrörlü kireç iyi bir reaksiyona girer. Bu süreçten potasyum formate ve kalsiyum sülfat elde edilir. Potasyum, tekrar tutuşturucuya, tohum özdeği olarak gönderilir. Kalsiyum sülfat ise süzülerek atılır.

Değerlendirilen bir diğer süreç de, potasyum tohum özdeğinin kömür ile reaksiyonudur. Bu reaksiyon sonunda potasyum sülfat, potasyum sülfide indirgenir. Bileşen daha sonra karbon dioksit ve hidrojen sülfid gazıyla reaksiyona girerek artık ürün haline dönüşür. Sülfid gazı geleneksel süreçle sülfür'e indirgenebilir. Böylece potasyum karbonat, tohum maddesi olarak dizgenin yeni çevrimlerinde kullanılır.

Seçenek durumunda, fırçalayıcılarla geleneksel kireç taşı, yiğit gazını temizlemek olanaklıdır. Kurtarılan potasyum sülfat tekrar bir sürece gerek kalmaksızın yeniden çevrime sokulur. Tohumun yeniden üretimine ilişkin sunulan bu yöntemlerden birinin ekonomik seçimi, kömürdeki sülfür oranına, çevre standartlarına ve gereken kimyasal sürece etkilerine göre yapılır. Gaz fırçaları güç üreten birimlerle birlikte çalışmak durumundadır. Bu fırçalar, çevrim dışı çalışan, yeniden üreten dizgelere göre daha az güvenilirdir. Ancak kimyasal yeniden üretim dizgesi, bir çevrim dışı süreci olduğundan -görel olarak enerji yoğun bir süreç - santralin verimini düşürür.

Gelişkin hava ısıtıcıları ise bugün çelik üreten yüksek fırınlarda kullanılmaktadır. Bu dizgeler MHD çevriminde dolaylı ısıtma içindir.

BÜYÜK MIKNATISLAR YAPILDI

Mutlak sıfır sıcaklığı dolayında çalışan, binlerce ton alışım gerektiren süper iletken mıknatıslar ABD'de bir Enstitüde tasarlanmıştır. Geliştirme çalışmaları ise sürdürülmektedir.

Büyük süper iletken mıknatıslar, Standford Üniversitesi ve iki firma tarafından üstlenilmiştir. Her biri farklı iletken sarım biçimi üstlenmiştir. Sonuçta daha büyük ve karmaşık dizgelere hazırlık için veri toplanmaktadır. Mühendislik çalışmaları özellikle süper iletken mıknatis üzerinde yoğunlaşmış olup ayrıntıda, sarım altyapıları, süper yapılar, helyum damarı, ısıl destek ve boşluk damarları incelenmektedir.

Mıknatis sargılarındaki süper iletken teller verimli soğutma sağlanabilmesi için sıvı helyum ile yakın temas durumundadır. Tel yalıtımın ise, ivedi durum boşalmalarıyla oluşan geçici gerilimlere dayanabilecek kadar güçlü olması gerekir. Çok büyük elektromanyetik Lorentz kuvvetlerine dayanabilmek için sarımlar, çoğunlukla mıknatis tasarımlarında bölümlere ayrılarak, iletkenlerdeki birikim yükleri ve yalıtma sınırlandırılmış olur.

Bir kurumda, mıknatista, camla pekiştirilmiş epoksi altyapıları kullanılarak büyüten alt plakalar tasarlanmıştır.

Bir kurumda da, mıknatis yivli alt plakalardan oluşan ve camla pekiştirilen epoksi altyapıları oluşturulmuştur. İletkenler ise yivlere yerleştirilmiştir. Bu yöntem-

le birikim yükleri ve bölümsel ısınma, en alt düzeyde kalmaktadır. Ayrıca bu tasarım iletkenlere uygulanan mekanik kuvveti de ortadan kaldırmaktadır.

Bu tasarımın diğer bir olumlu yanı, iletkeni yalıtıma gerek olmaması ve sarımların mekanik dayanıklılığı ve duyarlılığının çok iyi olmasıdır. Piyasada bulunan cam-pekiştirilmiş epoksinin mekanik çalışma özelliklerinin alçak ısı altında değerlendirilmesi üretim aşamasındaki katkı maddelerinin alt düzeyde olmasını, kalite güvenlik gözlemini ve sınamaların sıkı tutulmasını ortaya çıkarmıştır.

Isıl dizgede, mıknatis sarımların ve helyum içeren damarların çok fazla soğutulması gerektiğinden çatlama olgusu önem kazanmaktadır. Aynı zamanda diğer kaynaklardan ısı sızmasının da önüne geçilmesi gerekmektedir.

Şimdiki tasarımlarda helyum damarının etrafına, boşluk yalıtım yerleştirilmektedir. Yayılma ekranlaması da çok katlıdır.

MHD santrallerinde, mıknatisin izleme, denetim ve kontrolüne yönelik aygıt ve denetim dizgeleri için duyarlıların tasarımı geliştirilmiştir. Veri toplama dizgeleri ile duyurga bilgileri denetim panosuna ulaşmaktadır. Ayrıca mıknatis güç kaynağı ve soğutma dizgelerinin gösterge ve denetimleri de vardır.

Koruma dizgesi, mıknatisin devre dışı kalmasını izleyerek santrale zarar gelmesini ve halkı yaralayacak kazalara karşı, özdevimsel olarak mıknatisin enerjisini ivedi boşaltma direnci üzerinden boşaltır. Tüm boşalma birkaç dakika sürer.

Bir tasarım sorunu da iletken kararlılığıdır. Büyük süper iletken mıknatıslarda ısıl dengesizliğin artmasıyla, iletkenlerin geçici sıcaklıklarına ek olarak yerel ısınmalar olur. Bu durumda süperiletken, süperiletkenlik durumunu kaybeder. Araştırmacılar ısıl düzensizliğini sınırlamak için de çalışmaktadırlar.

Bir olanak, kıvrımlı süperiletken niobium titanyum filamanı, bakır matris içine gömmektir. Eğer bakırın kesiti ve soğutma yüzeyi uygun ise, iletken ısı geçici ısının üzerine çıkmayacak, dolayısıyla iletken, ısıl kararlılığına ulaşacaktır.

Araştırmacıların deneylerine göre, geçiş ısılarında iletken ısına göre büyük ısıl yükselmelere rağmen iletken, süperiletken durumunu koruyabilmektedir.

İletkenlerin birbirlerine sürtünmesi ile oluşan ısının* neden olduğu ani sıcaklık yükselmeleri istenmeyen bir durumdur. Bu özdeklerin, sıvı helyum sıcaklığındaki özgül ısıları öyle küçük bir değerdedir ki, birkaç joule değerinde de olsa yerel ısının artması, sorun yaratacak bir sıcaklık yükselmesine yol açar. Mıknatıslama sargısının soğutucu yüzeyi ya da bakır miktarının arttırıl-

ması bu sorunu hafifletebilir. Fakat araştırmacılar bu durumun maliyeti artıracaklarını ve mekanik bütünlüğü bozacağını belirtmektedirler.

Bir başka birimde "Stanford" için geliştirilen mıknatıs kapalı sargılar içerisindeki iletkenleri alt kabuklar üzerinde taşır. Merkezden çevreye doğru olan yükü sargıların içinden çevre kirişe iletmek için tasarlanan alt kabuklar, çok dayanıklı olmalarının yanı sıra, iletken iletkene çapraz yük taşınmasını ve iletken hareketini önleyerek sürtünmeden ortaya çıkan ısıyı yok ederler. Tüm bunlara ek olarak iletkenlerde, akım yoğunlukları oldukça yüksektir.

Güç kaynağının korunması ve soğutma dizgeleri dışında, "stanford" mıknatısı 450 ton ağırlığında magnetik bir kabuğa sahiptir. Etkili alan içerisindeki magnetik alan, 7 T'dan fazla ve \mp % 2,5 değerindeki bir düzenlilikle dağılacaktır. Mıknatısın ağırlığı yaklaşık 81 ton kadardır. Alt tabakaların tasarımı, Lorentz kuvvetlerine karşı dayanıklıdır.

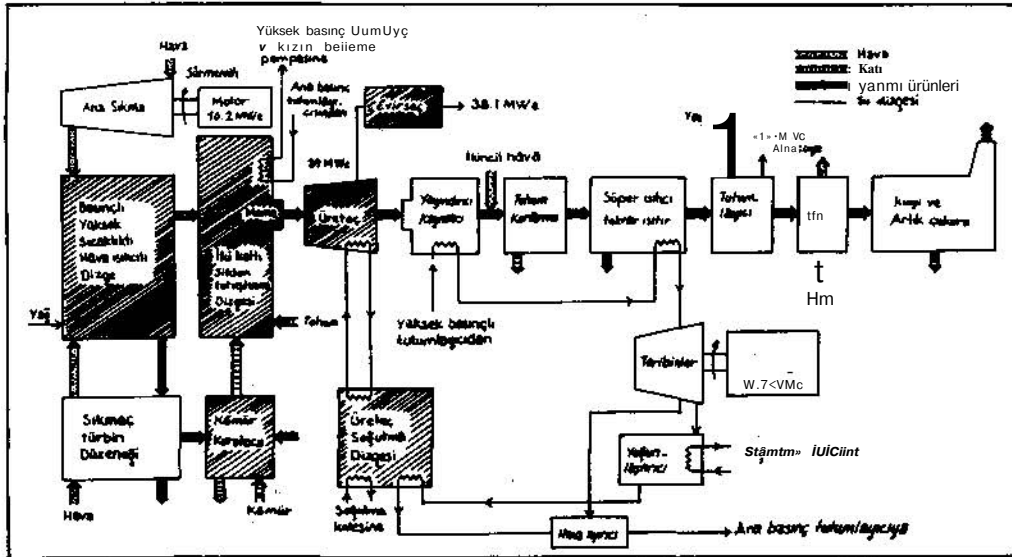
Sertlik ve iyi ısı özelliklerinden dolayı, yayılmaya karşı Alüminyum tercih edilmiştir. Özdeğin kuve 11 ili-

ğinden, çekirdek kayıplarını azaltan direncinden ve bozulmaya karşı dayanıklılığından dolayı hava boşluğunu taşıyan kap magnetik olmayan paslanmaz çelikten yapılmıştır.

Benzer bir uygulama S.S.C.B.'nin Moskova'da kurduğu pilot MHD santralında U-25B diye isimlendirilmektedir. S.S.C.B.'nin Moskova'da inşa ettiği mıknatıs soğutucusu ile birlikte 4,2 m uzunluğunda, 5T magnetik alan, 34,2 Mj değerinde magnetik alan enerjisine sahip olup, ağırlığı 37 ton ve çıkış gücü 600 kW değerindedir.

Tasarımcılar 1000 MW_i lik MHD üreteç mıknatısının, 5000 MJ_i lik enerji taşıyacağını, 20 m uzunluğunda ve yaklaşık 3×10^6 kg ağırlığında olabileceğini belirtmektedirler.

Bir takım program ve çalışmalar, mıknatıslama dizgelerinin tasarım ve geliştirimini izlemektedirler. "Cryogenic Consultant İne" tarafından yapılan ön tasarımlar, helyumlu soğutma dizgelerini göz önüne almıştır. Bunlar içerisinde 100-200 l/h aralığında bir sıvı üretim kapasitesi ve 4000-8000 W geleneksel soğutma dizgeleri vardır.



250 MVV'lık önerilen bir MHD santral tesisi verilmiştir. MHD'nin üstün çevrimi, dolaylı yüksek sıcaklıklı hava ısıtıcısı ve iki katlı tutuşturucudan oluşur. Birinci katta cüruf ayıran siklonik tutuşturucu, ikinci katta ise MHD olduğu ve ayıran yayındırıcı vardır. Yayındırıcıdan sonra plazmayı yavaşlatarak kaynatma kazanına yönlendiren bir geniş bölüm vardır. MHD oluk elektrodları için Faraday ve Çapraz biçimleri olmak üzere iki tasarım öngörülmüştür. Faraday oluk elektrodları: Yükü bağlayan irtillenmiş E.M.K.'ya karşı ters E.M.K.Vı (Holl etkisi) yok etmek için öngörülmüştür. Faraday üreteçte elektrodlar Hail akımını önlemek için aksel parçalar biçimindedir. Elektrod bileşenleri yalıtım parçalarıyla birbirinden ayrılarak gaz oluş yönünde akımı önler. Çapraz bağlanmış elektrod biçimi Faraday biçimine göre, verimlilik, esneklik ve denetim seçenekleri açısından daha geridir. İyi yanları ise basitliği ve ederidir. Evi-ciler çapraz ya da Faraday üreteçine uyarlı olarak tasarlanırlar. Ana çevirici çıkışı 18 KW ve 36 MW düzeyindedir.

SONUÇ

MHD güç üretim dizgelerindeki inandırıcı yararlılık, onun ekonomik ve teknik olarak yapılabilirliği şeklinde algılanabilir. Şu anda (1980'lerde) geleneksel dizgeler kadar uygulanabilir olmamakla birlikte üzerinde ciddi araştırmalar yapılmaktadır. Gelecekte MHD üre-

teçlerinin geleneksel enerji üretim dizgeleri arasında yer alacağı düşünülmektedir. Bunun 1990'lardan önce yapılabileceği ümit edilmektedir.

Araştırmacılar tarafından gelecekte MHD enerji üretim dizgelerinin termik santrallardan daha çekici olacağı belirtilmektedir.