

ENERJİ TESİSLERİNDE KULLANILAN TÜRBİN GİRİŞ HAVASI SOĞUTMA ÜNİTELERİ

Naci ŞAHİN
Makina Mühendisi
Genel Müdür

Hasan ACÜL
Makina Mühendisi
Ar-Ge Bölüm Şefi

ABSTRACT

For countries in the mild temperate zone such as Turkey, the efficiency offered by cooling turbine inlet air is beyond doubt. Increasing efficiency, maximizing production, thus reducing cost per unit is the crucial edge in today's competitive environment. Detailed knowledge of the materials, performance and construction properties of turbine air coolers, which self-finance its installation and operation costs with the increase in efficiency they provide; shunning applications with short life terms and relatively high risks of malfunction that are not in compliance with the criteria specified in the following (article) is quite important for investors of the energy sector.

GİRİŞ:

Türbin-jeneratör sistemlerinde yanma havasının soğutulması, toplam enerji üretimini ve sistemin toplam verimini artırmada tartışma götürmeyen ve genelde uygulanan bir yöntemdir.

Başlangıçta birçok türbin/jeneratör sistemi kurulum maliyetlerini düşürmek için ve o günün şartlarında kapasiteler de yeterli geldiğinden dolayı türbin giriş havası soğutma sistemi olmadan kurulmuştur. Ortaya çıkan ek üretim ihtiyacına paralel olarak yeni bir ünite yatırımı yapmadan giriş havası soğutulması yoluyla sistemin enerji üretim kapasitesi özellikle yaz şartlarında -sisteme gelen ek yükler (parazitic load) düşüldükten sonra- %10-26'lara varan oranlarda artırılabilir.

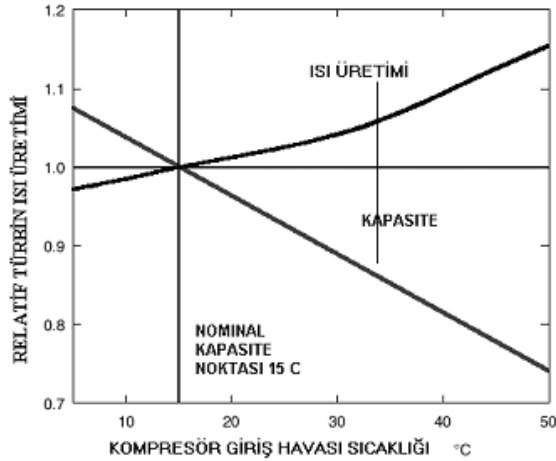
Sonradan yapılan uygulamalarda evaporatif media, direkt soğutucu akışkanla soğutma yada bir chiller paketi ve ikincil soğutucu akışkanlı soğutma bataryası kombinasyonu uygulanabilmektedir. Enerjinin buz/su olarak depolandığı sistemler yine bir soğutma bataryası kombinasyonu ile birlikte kullanıldığında sistemde kompanzasyon sağlama açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

2001 yılından itibaren FRİTERM, enerji sektörünün ihtiyaçlarını karşılama doğrultusunda bu paketin soğutma bataryalarını ön filtre ve damla tutucusu ile birlikte komple bir paket olarak sunmaktadır. Soğutucu Bataryalar uluslararası laboratuvarlarda test edilerek EUROVENT tarafından akredite edilen "FRİTERM COILS 5.5 FRT1" özel yazılımı ile dizayn edilen yüksek verimli eşanjörlerdir. Soğutma ünitelerinin komple paket olarak sağlanması, üreticiye hem ekonomiklik hem de kurulu bir sisteme yapılan uygulama nedeniyle yerinde yapılması zorunlu ölçüm, projelendirme ve yerine uygun üretim konularında büyük avantajlar sunmaktadır. Göreceli olarak yeni olan bu tarz uygulamalarda hataya düşülmemesi için türbin giriş havası soğutma ünitelerinin malzeme, performans ve konstrüktif özellikleri detaylıca bilinmelidir.

TÜRBİN GİRİŞ HAVASI SOĞUTMASI ile kapasite nasıl ve hangi ölçülerde artmaktadır

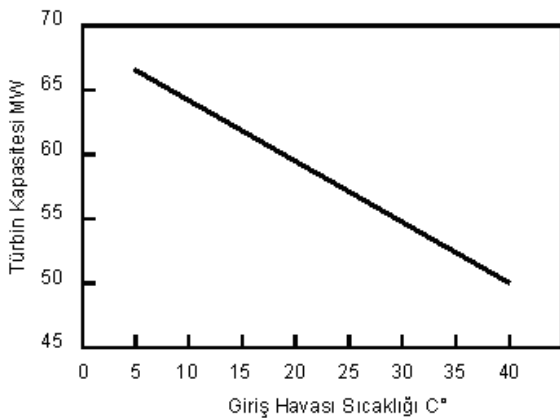
Türbin-jeneratör sistemlerinin hemen tümü sabit volumetrik akışa sahiptir. Bu özellik nedeniyle soğuyan havadaki yoğunluk artışı sistemin giriş havasının ağırlıkça artmasına bunun sonucu olarak da türbin-jeneratör sisteminin enerji üretim kapasitesinin artmasına yol açmaktadır. Türbin-jeneratör sisteminde özellikle yaz aylarında büyük kapasite kayıpları ortaya çıkmaktadır. Giriş havasını soğutma için kullanılan tüm ek güç kayıpları göz önüne alındığında dahi, giriş havası soğutması, üretilen enerjiyi artırmakta ve ısıyı düşürmektedir. Giriş havası sıcaklığı düştükçe hemen hemen lineer olarak enerji üretim kapasitesi artmakta birlikte buzlanma riski oluşmaması için hava sıcaklığı yaklaşık 5-6 °C'ların altına inmeyecek şekilde dizayn yapılmaktadır.

Tipik bir gaz türbini için, giriş havasının 15°C' den 38°C' ye yükselmesi, standartlarda tayin edilen kapasitenin %73' üne düşmesine neden olur. Bu düşüş güç üreticilerinin, sıcaklığın yükselip soğutucu cihaz-makinelere çok daha fazla ihtiyaç duyulan günlerde ortaya çıkacak olan artan güç talebini karşılama ve dolayısıyla satışlarını arttırma fırsatını kaçırmalarına neden olabilir. Tersinden bir bakışla, giriş havasının 38°C den 15°C soğutulması standart kapasitesinin %27 oranındaki kaybını önler. Eğer giriş havası 6°C ye soğutulursa, gaz türbin güç üretim kapasitesi, standart kapasitenin %110 una yükselecektir, böylelikle eğer giriş havası 38°C den 6°C ye soğutulursa, gaz türbininin güç çıkışı belirlenmiş kapasitesinin %73' ünden %110'nuna çıkacaktır ki bu yaklaşık olarak %40-50 civarı güç artışı olarak düşünülebilir.

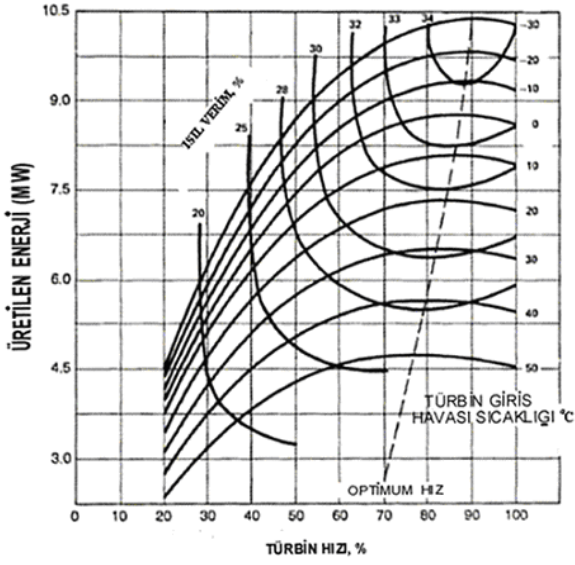


Giriş havası sıcaklığına bağlı olarak türbin kapasitesi ile ısı üretiminin değişim eğrisi Şekil 1'de, ayrıca Lincoln, Nebraska'da kurulu bir GE Frame 7B türbini için giriş havası sıcaklığına bağlı bir enerji üretim kapasitesi ölçüm değerleri Şekil 2'de verilmektedir.

ŞEKİL 1: Hava giriş sıcaklığına bağlı türbin kapasitesi ve ısı üretim oranı



ŞEKİL 2: 7B Türbininde Giriş Havası Sıcaklığının Kapasiteye Etkisi, NEBRASKA



Şekil 3: Türbin Giriş Hava Sıcaklığına Bağlı Performans Karakteristikleri

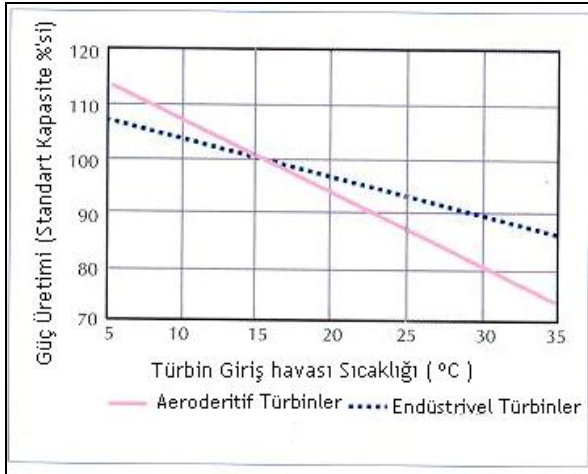
Gaz türbini kapasiteleri ISO tarafından tanımlanan +15 °C sıcaklık, %60 izafi nem ve deniz seviyesinde verilmektedir. Diğer koşullardaki kapasiteler için doğrultma faktörleri üretici firmadan alınmalıdır. Ancak genel bir yaklaşım olarak aşağıdaki faktörler kullanılabilir.

- Giriş havası sıcaklığında her 10 °C yükselişinde %8 güç kaybına yol açar.
- Rakımda her 300 metre yükselişinde güç üretimini %3,5 düşürür.
- Girişte filtre, susturucu ve kanallardaki toplam her 1 kpa ek basınç kaybı güç üretimini %2 düşürür.
- Çıkışta boyler, susturucu ve kanallardaki toplam her 1 kpa ek basınç kaybı güç üretimini %1,2 düşürür.

7,5 MW'lık bir türbin motorunun tipik bir performans eğrisi Şekil 3'te görülmektedir. Burada hava sıcaklığına bağlı olarak türbinin hangi hızda hangi verimde olduğu görülebilmektedir.

TÜRBİN GİRİŞ HAVASI SOĞUTMA SİSTEMİNİN AVANTAJLARI:

Kapasite artırımı:

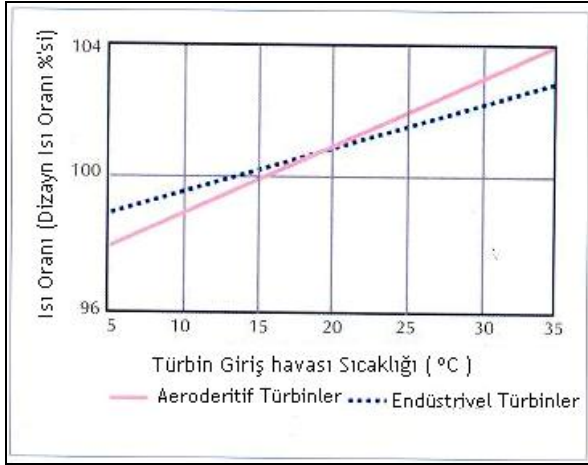


Ortam sıcaklığının 15°C' nin üzerinde olduğu durumlarda standart kapasiteler ile karşılaştırıldığında, gaz türbini güç kayıplarının önlenmesi veya azaltılmasını sağlamak Türbin giriş havası soğutulmasının birinci faydası olarak kabul edilebilir. Türbin giriş havasının 15°C' nin altına soğutulması, aynı zamanda santral sahiplerine, standart gaz türbini güç üretim kapasitesinin üzerinde bir güç çıkışı almalarına izin verir.

Şekil 4: Ortam havası değişiminin Gaz

Yakıt verimliliğinin artması:

Ortam havasının 15°C' nin üzerine yükseldiği zamanlarda, dizaynda belirlenen verimlilik ve ısı oranına göre karşılaştırıldığında, yakıt verimliliğinin düşüşünü engelleyici bir unsur olması türbin giriş havası soğutulmasının önemli faydasıdır. (Isı oranı: bir birim elektrik enerjisi için gerekli olan yakıt miktarıdır.)



Hava giriş sıcaklığının 15°C' den 38°C ye yükselmesi ısı oranını yükseltir. Bu durum yakıt verimliliğinde yaklaşık %4 oranında düşüşe sebep olur. Yakıt oranındaki düşüş türbin giriş havasının soğutulması ile önlenir. Tipik bir gaz türbini için giriş havasını 15°C den 6°C ye soğutmak ısı oranını düşürür ve yakıt verimliliğini yaklaşık %2 yükseltir.

Şekil 5: Endüstriyel ve Aeroderitife türbinler için giriş hava sıcaklığının ısı oranı üzerindeki etkisini göstermektedir.

Türbin ömrünü artırır:Türbinin düşük emiş havası sıcaklığında çalışması ömrünü artırır ve bakım masraflarını düşürür. Daha düşük ve sabit emiş havası sıcaklığı türbin ve parçalarındaki aşınmayı azaltır.

Kombine çevrim verimi artır:Esasen düşük emiş havası sıcaklığı egzoz gazı sıcaklığını düşürür. Buda ısı geri kazanım buhar jeneratörü kapasitesini düşürür. Ancak giriş havası miktarının artışı aynı şekilde egzoz gaz miktarını da artırmakta bu da sıcaklık düşümü dolayısıyla kaybedilen kapasiteyi fazlasıyla karşılamaktadır.

Kapasite artırım yatırımını geciktirir: Kazanılan ek kapasite gerekli yeni yatırımın geciktirilmesine olanak tanır.

Sistemin temel verimini artırır: Enerji kullanım yükünün az olduğu zamanlarda elektrik tahrikli chiller vasıtasıyla enerji depolanması sistemin toplam verimini artırır. Ayrıca gece çalıştırılan elektrikli chiller düşük kondenser sıcaklığı nedeniyle yüksek verimde çalışır.Sürekli olarak yüksek elektrik ve ısı üretimi amaçlanıyorsa enerji depolama değil sürekli çalışan sistemler kullanma zorunluluğu vardır.

Su/buhar püskürtülme ihtiyacını yok eder:Türbinin kütleli debisini artırmak ve NOx emisyon miktarını düşürmek için su/buhar püskürtme uygulamaları yapılmaktadır. Ancak bazı durumlarda buhar püskürtülmesi türbin kapasitesini düşürmekte yada CO emisyonunu artırmaktadır. Türbin giriş havası soğutma uygulaması sayesinde düşük giriş havası sıcaklığı elde edilmesi yanma gazı sıcaklığını düşürerek NOx emisyon miktarını düşürür ve bu sayede NOx kontrolü için su/buhar püskürtme ihtiyacı ortadan kalkar. Türbin giriş havası soğutma sistemi ayrıca CO emisyonu artışına yol açan çeşitli türbin/jeneratör kapasite artırma tedbirlerine de ihtiyaç bırakmaz ayrıca kontrol kolaydır ve karmaşık kontrol sistemlerinden bizi korur.

Güç üretimi miktarının önceden belirlenebilirliğinin iyileştirilmesini sağlar :Bazı türbin giriş havası soğutma teknolojileri, hava koşullarından bağımsız, potansiyel olarak minimum 6°C' ye kadar arzulanan sıcaklıkta çalışmaya imkan verir.Bu teknolojideki sistemler, güç çıkış miktarının önceden tahmin edilmesini kolaylaştırırlar ve gaz türbini kullanan güç üretim santrallerin üretim tahminlerinin yapılması için gerekli olan değişkenlerden biri olan havanın değişkenler listesinden elenmesini sağlarlar.

Sistemin diğer bazı faydaları da aşağıdaki gibidir.

- Evaporatif media aynı zamanda havayı da filtre eder.
- Soğutucu bataryalar önemli miktarda suyu yoğunlaştırurlar ve bu su soğutma kulesi yada evaporatif kondenserler için kıymetli bir besleme suyudur.
- Basit bir sistemdir ve sadece gerektiğinde kullanılabilir.
- Genel sistem veriminin artması nedeniyle emisyon oranı düşer.

- Giriş havası sıcaklığı gerekli türbin kapasitesine uygun olarak kontrol edilebilir. Bu sayede kontrol amaçlı olan giriş yönlendirici vanası %100 açık tutularak, sistem basınç kaybından dolayı ortaya çıkan zarardan kurtulabilir.

Dezavantajları:

Ek yer ihtiyacı ortaya çıkar ve sistemin ek bakım ihtiyacı olmaktadır.
Giriş havasına konan batarya yada evaporatif media basınç kaybına yolaçar.

TÜRBİN GİRİŞ HAVASI SOĞUTMASI SİSTEMİ KURULMASINA KARAR VERİLİRKEN İRDELENMESİ GEREKLİ KONULAR:

Türbin tipi: Industrial single shaft, aeroderivative

Bölge iklim özellikleri

Hava debisinin üretilen enerjiye oranı

Sıcaklık düşümü ile elde edilecek üretim miktarı artış oranı

Hava soğutma metodu

Soğutma bataryaları yada evaporatif media vasıtası ile oluşan basınç kaybı (*Çok önemlidir*)

Kontrol sistemi

Yakıt bulunabilirliği ve maliyeti

Bakım onarım giderleri

Pompalama ihtiyacı

Enerji depolama tipi ve şarj/deşarj stratejisi

Elde edilen elektrik enerjisi satış değeri

Elde edilen elektrik enerjisi maliyeti

GİRİŞ HAVASI SOĞUTMA YÖNTEMLERİ VE SİSTEM SEÇİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Soğutma uygulaması dışında su/buhar püskürtme uygulaması da izafi nemi düşük iklim şartlarında uygulanabilmektedir.

Üç ana soğutma yöntemi uygulanmaktadır.

- Evaporatif soğutma
- Direk soğutucu akışkanlı soğutma
- İkincil soğutucu akışkanlı (Soğuk su-buz/salamuralı) soğutma
 1. Enerji depolamalı sistem
 2. Direk chiller grubundan beslemeli sistem

Temel sistem seçimi için öncelikle türbinin çalışma saati irdelenmelidir. Eğer sadece talebin zirveye çıktığı sınırlı sürelerle bir anlamda yedek bir ünite gibi türbin çalıştırılıyorsa evaporatif soğutma ve enerji depolamalı sistemler tercih edilmelidir. Bu durumda türbin çalışması sırasında pompalama kayıpları dışında ek güç (parazitic load) kaybı olmayacaktır. Ancak türbin temel bir ünite olarak hatırı sayılır bir süre çalıştırılıyorsa bu durumda sürekli bir soğutma ve enerji depolamalı sistem somut koşullara göre iyi irdelenmelidir.

Evaporatif soğutma:

Türbin giriş havası soğutması için kullanılan ilk teknolojik sistem olan ıslak soğutucu yöntemi, evaporatif soğutma teknolojisidir. Bu sistemde soğutma , gaz türbini giriş havasına eklenen suyun hal değişimi ile sağlanır.

Kullanılan suyun ve ıslak aracın özelliklerine bağlı olarak sertlik alma (yumuşatma) işlemi yapılması gerekir.İslak soğutucu giriş havasını ortam kuru termometre ve yağ termometre sıcaklığı arasındaki farkın %85-%95 arası soğutabilir.

Bu yöntemin temel dezavantajı soğutmanın yaş termometre sıcaklığı ile sınırlı olmasıdır. Bu durum soğutmanın hava şartlarına bağlı olması sonucunu doğurur. Bu sistem en verimli çalışmasını, kuru sıcak havada sağlar ve ortam nem oranının yüksek olması ile verim azalır. Bu sistemde, büyük miktarda su tüketimi olmasına rağmen ilk yatırım ve işletme harcamalarının düşüklüğü nedeni en yaygın kullanılan teknolojidir.

DX Soğutma:

Hava soğutma bataryalarında direk olarak soğutucu akışkan dolaşır. Absorbsiyonlu yada buhar sıkıştırmalı bir çevrim kullanılabilir. Bu sistem tam yükteki kapasiteyi karşılayacak bir güce sahip olmalıdır. Soğutucu bataryada ve grup ile batarya arası tesisatta direk soğutucu akışkan dolaşımı nedeniyle kaçak vb. riskleri vardır, sıkça tercih edilmez.

İkincil soğutucu akışkanlı (Soğuk-buzlu su/salamuralı) soğutma:

İkincil soğutucu akışkanlı sistem enerji depolama sistemi (buz veya soğuk su/salamura depolama) ile birlikte yada tek başına bir chillerden beslenen soğutma bataryası kombinasyonu olarak kurulabilir. Bu sistem giriş havasını ortamın ıslak termometre sıcaklığından bağımsız olarak, evaporatif soğutma sistemlerinde sağlanan soğutmadan çok daha düşük seviye kadar soğutabilir ve istenen giriş havası sıcaklığını minimum 6°C ye kadar muhafaza edilmesini sağlar.

Bu sistem direk soğutucu akışkanlı sisteme göre pompalama enerjisini ek olarak kullanır. Ancak direk soğutucu akışkan borulamasının az olması, sadece paket soğutucu ünite ile sınırlı kalması ve sistemin boru devrelerinde birincil soğutucu akışkan yerine su yada salamura dolaşması nedeniyle kaçığa karşı hassasiyeti görece çok düşük olmakla beraber bakım ve işletmesi kolay olmaktadır. Tüm bu nedenlerle uzun süreli çalışan sistemlerde ağırlıkla soğuk su/salamuralı uygulamalar tercih edilmektedir.

Buz/su depolama sistemi ile birlikte kullanılması halinde soğutma ünitesinin gücü maksimum değerde değil yapılan hesaplamayla daha düşük kapasitelerde seçilir, ihtiyaç arttığında depolanan enerjiden istifade edilir. Haftada birkaç saat gibi kısa sürelerle çalışan türbinler için genelde enerji depolamalı sistem tercih edilmektedir. Ayrıca enerji kullanımının zamanla değişkenlik arz ettiği miktar ve fiyatsal değişimlerin olduğu durumlarda da bu sistemler oldukça iyi avantajlar sunmaktadır. Örneğin hafta sonu enerji az kullanılmakta ve değeri düşmektedir, aynı şekilde günün kullanımın arttığı belli saatlerinde enerji fiyatları yükselmektedir. Enerjiyi depolamak ihtiyacın ve fiyatın en yüksek olduğu durumlarda elektrik tahrikli chillerler de soğutma grubunun çalışma ihtiyacını ortadan kaldırarak tasarruf sağlar, hem de bu sırada depolanan soğuk enerji kullanılarak fazla üretim sağlanmış olur. Her ne kadar ülkemizde enerji satış ve satın alma değerlemeleri henüz bu şekilde yapılmamakta ise de bunun sinyalleri alınmakta olup varacağı noktanın bu olacağı diğer ülke uygulamalarından gözükmektedir. Enerji üretiminde verimliliği ve karlılığı yakalamak için artık daha hassas olunması gerekeceği açıktır.

GİRİŞ HAVASI SOĞUTMA ÜNİTELERİNİN MALZEME VE KONSTRÜKTİF ÖZELLİKLERİ, DİZAYN VE PERFORMANS KRİTERLERİ

İkincil soğutucu akışkanlı sistemlerde (Secondary Fluid Cooling) ve kombine olarak evaporatif soğutma ve ikincil soğutucu akışkanlı sistemler beraber uygulandığında kullanılan soğutma bataryalı türbin giriş havası soğutma ünitelerinin malzeme, performans ve konstrüktif özellikleri enerji sektörü içerisinde yer alan yönetici ve teknik kadrolar tarafından detaylıca bilinmelidir.



Resim.1- Türbin Giriş Havaşı Soğutma Ünitesi Uygulama Örneği

1. GİRİŞ HAVASI SOĞUTMA ÜNİTELERİNİN DİZAYN VE PERFORMANS KRİTERLERİ

1.1 ANA DİZAYN VERİLERİ:

Türbin giriş havaşı soğutma bataryası dizaynında ana dizayn verileri: istenen batarya boyutları, bataryadan geçecek olan toplam hava debisi, giriş havaşı sıcaklığı ve bağıl nem değeri, soğuk su giriş ve çıkış sıcaklığı, su debisi, sistemdeki su ve hava tarafı basınç kaybı değeri, çıkış havaşı sıcaklığı ve istenen soğutma kapasitesi değeri.

Üretici firmalar, yukarıda belirtilen ana dizayn verileri ve istenen ek özelliklerin bilinmesi sureti ile kendi üretim tekniklerine uygun olarak türbin giriş havaşı soğutma bataryası dizaynı ve imalatı yapabilir. Dikkat edilmesi gereken en önemli husus, üretici firmanın uluslararası standartlarda geçerliliği olan, performansı onaylı bataryalar üretmesidir. Üretici firma, türbin giriş havaşı soğutma bataryası dizaynında EUROVENT (Eurovent 7/C/005-97 Rating Standard for forced circulation air cooling and air heating coils) veya muadili bağımsız kuruluşların ölçüm standart şartlarını sağlamalıdır. Üretici firmanın performans onaylı dizayn yazılımının olması ve bataryaların bu yazılım/program yardımı ile dizayn edilmesi sonradan ortaya çıkabilecek telafisi zor olumsuz durumları önlemede çok önemlidir.

1.2 BASINÇ KAYIPLARI

Batarya dizaynlarında yüksek basınç kayıplarının kapasiteyi ve ekonomikliğini olumsuz etkileyeceği göz önünde tutularak basınç kayıplarının en düşük değerlerde olması amaçlanmalı; hava tarafında oluşacak basınç kaybının, -aksi belirtilmiyorsa- ön filtre, batarya ve sonrasındaki damla tutucuda meydana gelecek basınç kayıpları ile toplam (maksimum) 254 Pascal'ı (25,4 mmSS) geçmemesine dikkat edilmelidir. Bu nedenle, soğutucu batarya için tavsiye edilen basınç kayıpları değeri 150-170 Pascal mertebelerinde olmalıdır.

Hava tarafı basınç kaybının yanı sıra, soğutucu bataryanın su tarafında da basınç kayıpları düşük olması hedeflenmeli, genellikle -aksi belirtilmiyorsa- su tarafı basınç kaybının maksimum 80-100 kPa değerlerini aşmaması sağlanmalıdır.

1.3 HAVA HIZI

Soğutucu Batarya hava geçiş kesiti hava hızı tercihen 2m/s, maksimum 2,5 m/s olacak şekilde dizayn edilmelidir.

1.4 AKIŞKAN ÖZELLİKLERİ

Soğutucu bataryada glikol kullanılması donmayı önlemek için gerek şarttır. Ağırlıkça %20 glikol içeren bir karışım -10°C ; %30 glikol içeren bir karışım ise -16°C 'a kadar koruma sağlar. (Mevsimsel kullanım ve sulu uygulamalarda ise batarya içindeki tüm suyun boşaltılabilirliğinin garantiye alınmış olması gerekir. Bu nedenle dikey borulu batarya kullanılması yaygın bir uygulamadır.)

1.5 DEVRELEME

Batarya dizaynında, tüm borulardan eşit miktarda akışkan geçecek, bataryadaki tüm suyun boşaltılması ve havanın tahliyesini sağlayacak şekilde devreleme ve dizayn yapılmalıdır.

2. SOĞUTMA ÜNİTELERİ MALZEME VE KONSTRÜKTİF ÖZELLİKLERİ

Gaz türbinlerinin ekonomik servis ömrü 15-20 yıl kabul edilebilir. Türbin giriş havasının soğutulması için seçilecek soğutma sisteminin ekonomik ömrünün de türbin ömrüne eşdeğer olması gerekmektedir. Soğutma ünitesinin ekonomik ömrü, kullanım şartlarına uygun malzeme seçimine bağlıdır ve özellikle ünite içerisindeki soğutucu batarya endüstriyel şartlara uygun olarak üretilmiş olmalıdır.



Resim.2- Türbin Giriş Hava Soğutma Ünitesi Uygulama Örneği

2.1 SOĞUTUCU BATARYA ÖZELLİKLERİ

Soğutucu bataryalar, 97/23/EC PED (Basınçlı Ekipmanlar Direktifi) altında tanımlanan SEP (Sound Engineering Practice) kapsamına uygun üretilmelidir. EUROVENT (Eurovent 7/C/005-97 Rating Standard for forced circulation air cooling and air heating coils) veya muadili bağımsız kuruluşların ölçüm standartlarının şartlarını sağlamalı; kapasite, hava tarafı basınç kaybı ve akışkan tarafı basınç kaybı değerleri açıkça tarif edilmiş test sonuçlarına dayanmalıdır. Aksi taktirde soğutucu ünitenin enerji verimliliği düşük olacak ve bu tüm sistem verimine olumsuz olarak yansacaktır.



Şekil 6.1:
Şekil 6.2:
Türbin giriş havası soğutma ünitesi soğutma bataryası, imalat sürecinden görüntü

Batarya konstrüksiyonu kendi kendini taşıyıcı dizaynda olmalı, konstrüksiyonun taşıyıcı yapısında tercih edilen malzeme paslanmaz çelik veya koruyucu boya kaplı galvaniz çelik olmalıdır.

Soğutucu Batarya dizayn pozisyonu:

Türbin giriş havası soğutması sistemleri için soğutma bataryasının yatay olarak değilde, dikey olarak imal edilmesi üzerinde durulması gereken çok önemli bir özelliktir.

Bataryadan Suyun Boşaltılması ve By-pass: Dış ortam sıcaklıklarının kış aylarında doğru yaklaşıktıkça düşmesi ile birlikte türbin giriş havası soğutma sistemini ilkbahar ve yaz aylarında olduğu gibi çalıştırmaya gerek kalmamaktadır. Bu durumda, (düşük sıcaklıkların olduğu) kış aylarında sistemin suyunun donmaya karşı tamamen boşaltılması gerekmektedir. Yatay pozisyonda (konstrüksiyonda) suyun tamamen boşaltılması mümkün olmamakla birlikte, dikey pozisyondaki soğutma bataryasında sistemdeki tüm suyun boşaltılması mümkündür. (Türbin giriş havası soğutma sisteminin çalıştırılmadığı durumlarda giriş havasının soğutma ünitelerinden geçirilmesi sistemde basınç kayıpları oluşturacak, böylelikle türbinin güç üretiminde bir azalma meydana gelecektir. Bu durumda, giriş havası sistemin başka kısımlarından içeriye alınmalı, yani soğutma bataryaları "by-pass" edilmelidir. Hava by-pass geçiş boşlukları türbinin ihtiyacı olan hava debisini karşılayacak sayı ve/veya ebatlarda olmalıdır.)

Performans ve Basınç kayıpları: Soğutma bataryası üzerindeki yoğuşma damlacıklarının büyük miktarı yer çekiminin etkisi ile aşağıya doğru süzülürken, az bir miktarda damlacık da hava akımı ile yüzeyden koparak damla tutucuya doğru hareket ederler. Dikey pozisyonda dizayn edilmiş bir bataryada borular dik ve lameller yatay, yatay pozisyondaki bataryada ise borular yatay ve lameller dikey pozisyondadırlar. Yatay dizaynda süzülen damlacıkların üstten alta akışı sırasında birleşmeleri ile alt kısımlara doğru lameller arası boşlukların kapanması durumu oluşabilmektedir. Bu durum soğutma bataryası performansında düşüş ve basınç kayıplarında artış meydana getirmekte, böylece türbin veriminin düşmesine neden olmaktadır. Buna karşın, dikey batarya pozisyonunda lamellerin yatay olması, damlacıkların yatay olarak lamellerin yüzeyinden sürüklenerek bataryanın herhangi bir noktasında birikme riski oluşturmadan lamellerin uç noktalarından aşağı doğru akmalarını sağlar.

Borulama, Bakım ve hava tahliyesi: Su tesisatı borulaması, dikey konstrüksiyona haiz bataryalardan oluşan bir sistemde yataya göre çok daha pratik olup daha az yer kaplar. Bakım maliyetleri bu nedenle dikeyde göreceli olarak daha azdır. Bunun yanı sıra, batarya içerisinde oluşan havayı dikey sistem ile sistemden uzaklaştırmak çok daha kolaydır.

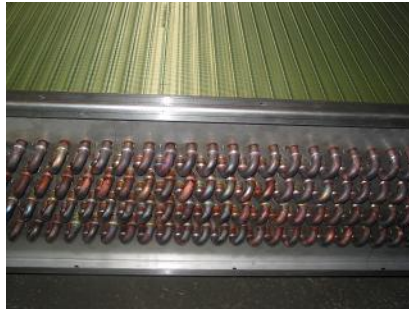
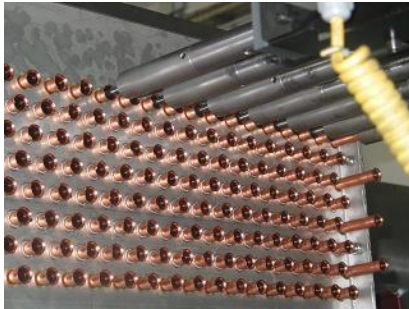
2.1.1

2.1.2 Borular:



Soğutucu bataryalar için performans ve ekonomiklik göz önüne alındığında en uygun boru malzemesi bakırdır. Kullanılan bakır borular uluslararası standartlarda üretilmiş olmalıdır. Uygulamalarda en önemli özellik borunun et kalınlığıdır. Önerilen boru ve dirsek (kurve) et kalınlığı 0,635 mm – 1,00 mm aralığındadır.

Şekil: 7.1 Boru Şişirme Makinesi ile Bakır Boruların Şişirme işlemi ve Dirseklerin (Kurve) görünümü



Şekil 7.2-3: Boru Şişirme Makinesi ile Bakır Boruların Şişirme işlemi ve Dirseklerin (Kurve) görünümü

İmalatta, borular Boru Kesme Makinesinde işlendikten sonra, preslerden çıkmış olan alüminyum lameller ile birlikte dizilerek "Bakır Borulu-Alüminyum kanatlı" ısı değiştirgecinin ana gövdesini meydana getirirler. Boru ve Lameller arasında verimli bir ısı alış veriş sağlanması için çok iyi bir mekanik bağ (Boru ve lamellerin sıkı sıkıya teması) sağlanmış olmalıdır. Bu işlem hidromekanik olarak Boru Şişirme Makinesinde sağlanır.

2.1.3 Lameller:

Soğutucu bataryalarda yaygın olarak kullanılan lamel malzemesi alüminyumdur ve malzemenin uluslararası standartlarda üretilmiş olması önemlidir. Dış ortamda çalışacak bataryaların korozyon dayanımını arttırmak için epoksi veya yüksek korozif ortamlarda epoksi üzeri poliüretan kaplı alüminyum lameller kullanılmalıdır.

Lameller için tavsiye edilen kalınlık 0,25 mm olmakla birlikte 0,15 - 0,25 arası kalınlıklarda uygulamaya bağlı olarak kullanılabilir. Alüminyum kanatların yüzey formu (basınç düşümünün en az olması için) düz olmalı, kirlenme ve direnç etkisi sebebiyle kanat aralığı minimum 3,2 mm, optimum 4 mm seçilmelidir. 3,2 mm lamel aralığından daha düşük değerler kullanılmamalıdır. Lameller, dikey ünitenin konstrüktif yapısı nedeni ile yatay pozisyonda, borular ise dikey durumda olmalıdırlar.



2.1.4 Kollektör



Lamel Pres Hatları ve kalıbına, formuna, hatvesine göre işlenmiş lameller. Dizme ve Şişirme işlemi ile Borulara sıkı temas sağlanmış durum. Ana kanatlı-borulu blok

Şekil: 8.1 ve Şekil: 8.2

Giriş ve çıkış kollektör boru malzemesi olarak uygulamalarda genellikle bakır boru tercih edilmekle birlikte paslanmaz çelik malzeme de uygulamalarda kullanılmaktadır. Kollektör boru çapları soğutucu bataryanın kapasitesine göre teknik standartlara uygun olarak belirlenir. Kollektör boru et kalınlığı çapa bağlı farklılık göstermektedir.

Giriş ve çıkış kollektör borularına ek olarak sistemde, batarya içerisinde birikmiş havanın alınması ve istendiği zaman suyun tamamının tahliyesi için bir düzenek olmalı, havalık ve drenaj çıkışı tek bir noktaya toplanmalıdır.

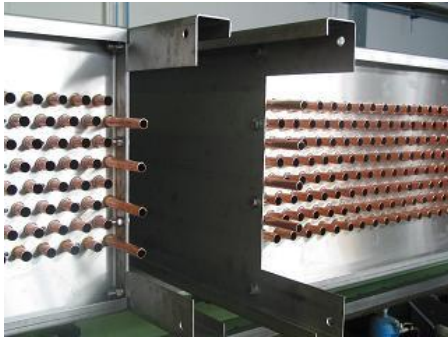
Giriş-Çıkış Kollektör borularının Ana tesisat ile bağlantılarının sökülebilir olmasına dikkat edilmelidir. Dikey olarak dizayn edilmiş bir üniteye Giriş-Çıkış bağlantıları ünitenin altındadır.



Şekil 9.1 ve Şekil 9.2:
Kollektör İşleme Makinesi ve Paslanmaz Giriş-Çıkış Kolektörleri

2.1.5 Çerçeve

Bataryada kullanılacak tüm kasetleme malzemelerinin paslanmaz çelik saçtan yapılması en uygun seçimdir. Aynalar da paslanmaz çelik levhadan yapılmalı, paslanmaz aynaların bakır boruyu kesmeyecek yapıda olması sağlanmalıdır. Bunun için çift cidarlı ayna vb. uygulamalar yapılmalıdır. Böylece aynaların boruyu ısıl genleşme ya da büzüşme sırasında aşındırma ve kesmesi önlenmiş olacaktır.



Paslanmaz kasetleme malzemesinin dışında üzeri elektrostatik toz boya ile boyanmış galvaniz malzemede düşük düzey korozif ortamlarda kullanılabilir.

Paslanmaz Sac malzeme dışında kullanılan alüminyum malzeme mutlaka toz boya vb. koruyucu yöntemlerle kaplanmalıdır.

2.1.6 Sert Lehimleme (Brazing):



Bakır boru-kurve, bakır boru-kollektör birleştirmeleri, çerçevelerde kullanılan birleştirmeler ve gerekli olabilecek fittings malzeme birleştirmelerinin tümü "Sert Lehimleme işleminde kullanılacak lehim telleri, sertifikalı gümüş alaşımlı lehim telleri olmalıdır.

Birleřtirmeleri yapan operatörlerin iyi eğitim almış kişiler olması kaliteyi olumlu yönde etkileyecek diğer önemli faktördür.

2.1.7 Basınç Testi:



Soğutucu Batarya montaj sonrası 20 kg/cm² basınç altında sızdırmazlık testine tabi tutulmalıdır.

Şekil 12.1 ve Şekil 12.2: Test Havuzunda bataryaya basınçlı hava verilerek test işleminin yapılması

2.1.8 Temizlik:

Soğutucu batarya test sonrası üzerinde üretim sırasında kalmış olabilecek yağ vb. artıklardan arındırılması için kimyasal katkılı buhar/kızgın su ile yıkanmalı ve yıkama sonrası kurutma işleminde uygulanmalıdır.

2.2 SOĞUTUCU ÜNİTE HÜCRESİ ÖZELLİKLERİ

Soğutucu batarya, damla tutucu ön hava filtreleri ve drenaj tavasını içine alan, böylelikle farklı görevlere haiz parçaların bir bütün içerisinde türbin giriş havası soğutma ünitesi haline gelmesini sağlayan hücrenin kasetleme malzemesi olarak genelde paslanmaz çelik tercih edilmektedir. Paslanmaz malzemenin yanı sıra korozyon ve UV dayanımı yüksek boyalı galvaniz çelik sac malzeme de maliyeti daha düşük bir alternatif olarak, düşük korozif seviyedeki ortamlarda kullanılabilir.



Şekil 13.1-2-3: Soğutucu Ünite Hücresinin Damla Tutucu ve Filtre kısmından görünüşü (Filtre kartuşları tesiste monte edilecek)

Hücre dizaynı, havanın soğutucu batarya yüzeyinin dışında herhangi bir noktadan akarak kısa devre yaratmayacak şekilde olmalıdır. Hücrenin iskeleti özel alüminyum profil ve köşe parçalarından mamul olması pratiklik ve ekonomiklik açısından tavsiye edilmekle birlikte dış ortam koşullarına dayanıklı muadil malzeme kullanmakta mümkündür. Alüminyum malzemeler ortam şartlarına uygun olarak epoksi ve polyster esaslı elektrostatik toz boya ile kaplanarak dayanımları artırılmalıdır.



Resim 3- Türbin Giriş Havası Soğutma Ünitesi Uygulama Örneği

2.3 FİLTRE ÖZELLİKLERİ

Soğutucu batarya üzerinde zamanla oluşacak toz vb. kir birikimi batarya veriminin düşmesine sebep olacaktır. Bunun önlenmesi için batarya girişine ön hava filtresi konması gereklidir. Konacak olan hava filtresinin aşırı basınç kayıplarına yol açmayacak tipte olması önemlidir. Uygulamalarda genellikle, EU2/EUROVENT 4/5 (G2/EN 779) tip, %65-%80 verimlilikte poliüretan ön hava filtresi tercih edilmektedir. E3 tip hava filtresi de uygulamalarda kullanılabilen olup, EU2 tip filtreye göre daha yüksek basınç kaybı oluşturmaz.

Kaset tipinde yapılan ön hava filtreleri yıkanabilme özelliğine de sahip olmalı düzenli olarak temizlenmelidir. Kolaylıkla sökülüp takılabilecek şekilde imal edilmesi gereken filtre kasetlerinin paslanmaz malzemeden ya da elektrostatik toz boya ile boyanmış galvaniz çelik malzemeden olması uzun ömürlü dayanım için önemlidir. Filtrelerin üretim ve nakliye esnasında herhangi bir deformasyon ve kirlenmeye uğramamaları için filtre kartuşlarının ünitenin tesisdeki asıl yerine yerleştirilmesinden sonra monte edilmeleri gerekmektedir.

2.4 DRENAJ (YOĞUŞMA) TAVASI ÖZELLİKLERİ

Soğutucu Bataryada yoğuşan suyun toplanması ve sistemden tahliye edilmesi için soğutucu ünite hücrelerinin en alt kısmına, damla tutuculardan gelecek suyu da alabilecek genişlikte dizayn edilmiş drenaj tavası konmalıdır. Drenaj tavası paslanmaz sacdan olmalı, yoğuşmaya karşı izole edilmiş, çift cidarlı olarak imal edilmelidir. Drenaj tavası yoğuşan suyun birikmesini önleyecek şekilde tasarlanmalı ve yoğuşan suyun miktarına bağlı büyüklükteki tahliye borusu sayesinde su tahliyesini kolaylıkla gerçekleştirebilmelidir. Drenaj tavası çıkışında mutlaka sifon olmalıdır.

2.5 DAMLA TUTUCU ÖZELLİKLERİ

Soğutucu ünitelerde, yüksek debili hava akışı ile su damlacıklarının türbine gitmesini engelleme amacı ile alüminyum veya PVC malzemeden mamul damla tutucular kullanılmalıdır. Damla tutucular, hava içinde bulunan su damlacıklarını ayırarak, damlacıkların yer çekiminin etkisi ile (damla tutucu yüzeyinden akarak) yoğuşma tavasına gitmelerine yardımcı olur.



Şekil 14.1: Damla tutucu detayı- sağ ve sol taraftan

Sistemde kullanılacak damla tutucuların aşırı basınç kayıpları oluşturmayacak şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR:

- [1] Combustion Turbine inlet air cooling systems, William E. Stewart, Jr. ASHRAE Yayınları
[2] ASHRAE HANDBOOK 2000 SYSTEMS AND EQUIPMENT
[3] Mr.David Flin, "Combustion Turbine inlet air cooling"- Energy&Cogeneration World dergisi Eylül 2004 sayısı(Cosp Cogeneration&On Site Power dergisi Temmuz-Ağustos 2004)
[4] Friterm A.Ş Teknik Dökümanları

YAZAR ÖZGEÇMİŞ:

Naci ŞAHİN 1958 yılı Hekimhan/Malatya doğumludur. 1981 yılında Makine Mühendisi olarak İ.T.Ü.'den mezun oldu. 1983-1985 yılları arasında Termko Termik Cih. San. Ve Tic. A.Ş.'de Makine Mühendisliği; 1985-1996 yılları arasında Friterm A.Ş.'de Üretim, Şantiye ve Servis Müdürlüğü görevlerini yürüttü. 1996 yılından günümüze Friterm A.Ş. Genel Müdürlüğü görevini yürütmekte olan Naci Şahin süreç içerisinde çeşitli sektörel kurumlarda aktif olarak görev yaptı. Halen sektörel kurumlarda çalışmaları devam etmekte olup, İklimlendirme Soğutma Klima İmalatçıları Derneği (İSKİD) Üniversite Sanayi İşbirliği Komisyon Başkanlığını yürütmektedir. Naci Şahin evli, bir erkek ve bir kız çocuk babasıdır.

YAZAR ÖZGEÇMİŞ:

Hasan ACÜL 1976 yılı Ayvalık doğumludur. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Üniversite mezuniyeti öncesi ve sonrasında Tesisat Sektörü içinde faaliyet gösteren iki farklı firmada çalışmıştır. Çalıştığı firmalarda şantiye, üretim, ihracat satış ve ar-ge bölümleri olmak üzere farklı departmanlarda mühendislik görevi yürütmüştür. Halen FRİTERM A.Ş firmasında Araştırma ve Geliştirme Bölüm Şefi olarak çalışmaktadır. Hasan Acül evli ve bir kız çocuk babasıdır.

Bu makale Makina Mühendisleri Hasan ACÜL ve Naci ŞAHİN tarafından Mayıs 2005 tarihinde İstanbul'da düzenlenen 11. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı'nda yayınlanmıştır.