

ENERJİ GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ*

* Bu yazı I. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi bildiriler kitabından alınmıştır.

Ali Güngör

1955 Elazığ doğumlu, evli ve iki kız çocuk babasıdır. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1977 yılında Mühendis, 1978 yılında Yüksek Mühendis ve aynı üniversitenin Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden 1986 yılında Doktor Mühendis derecelerini aldı. 1986 yılında Kanada'da Brace Research Institute'de altı ay araştırmalarda bulundu. 1989 yılında Isı ve Madde Transferleri Bilim dalında Doçent oldu. 1978'den beri üniversitede ve halen Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden Öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

ÖZET

Bu yazıda özellikle iklimlendirme, havalandırma ve egsoz sistemlerinde kullanılan ısı değiştiriciler, problemleri, üstünlükleri, kontrol sistemleri, verimlilikleri ve karşılaştırılmaları verilmiştir. Üzerinde durulan ısı değiştiriciler hava-hava tip olanlar olup, ayrıca bunların bakım, konstrüksiyon ve yerleşimleriyle ilgili bilgilerle verilecektir. Ayrıca iklimlendirme uygulamalarında enerji geri kazanım yöntemleri üzerinde de durulmuştur.

1. GİRİŞ

Günümüzde enerjinin verimli kullanılması her uygulamada dikkatle üzerinde durulan bir konudur. Endüstriyel uygulamalarda aynı işi daha az enerji ile gerçekleştiren uygulamaların geliştirilmesi, rekabet ortamında kuruluşların ana amaçlarından biridir. Yani " enerji fakir" proseslerle amaca ulaşmak.

Bu doğrultuda gerek konutlarda gerek endüstride enerji kullanım zincirinde alık enerjinin alınabilecek tüm enerjisinin geri kazanılabildiği uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu yazıda bu uygulamalardan hava-hava düşük sıcaklık ısı geri kazanım sistemleri ve ısı değiştirici tipleri üzerinde durulacaktır.

2. Hava- Hava Enerji Geri Kazanım Sistemleri

Hava-hava enerji geri kazanım sistemleri uygulama alanlarına göre sınıflandırılabilir. Örneğin işlem-işlem, işlem-konfor, konfor-konfor uygulama alanları gibi, Tipik hava-hava enerji geri kazanımı uygulamaları Tablo 1'de listelenmiştir.

2.1. Uygulamalar

2.1.1. İşlem- işlem

Bu tür uygulamalarda ısı, işlem egzost akımından alınarak, sağlanan yeni (taze) hava akımına transfer edilir. 870°C mertebelerindeki egzost akımından bile enerji alabilecek gereçler geliştirilmiştir. İşlem-işlem ısı geri kazanımı cihazları genellikle yalnızca duyulur ısıyı geri kazanır, gizli ısı (nemlilik) genellikle transfer edilmez. Nem transferi genellikle uygulanan işlemi bozucu etkiye sahiptir. İşlem-işlem uygulamalarında genellikle maksimum miktarda enerji geri kazanılır. Mevcut yoğuşabilir gazların bulunması durumunda ise daha az enerji kazanımı ile yetinilerek yoğuşma önlenir.

Çünkü yoğuşma sonucu oluşabilecek asit etkisiyle korozyon oluşabilir. Örneğin baca gazlarında 160 °C altındaki sıcaklıklara düşülmesinin istenmesinin nedeni budur. Yoğuşma olan bacalarda delinmelere ve bozulmalara sıklıkla rastlanır.

Tablo 1. Hava -Hava Enerji Geri Kazanımı İçin Uygulama Alanları

Yöntem	Tipik Uygulama
İşlem-İşlem ve İşlem-Konfor	Kurutucular Fırınlr Ocaklar Yakıcılar Bacalar Çöp fırınları Boya egzozları
Konfor-Konfor	Yüzme Havuzları Sigara dumanı egzozları Çalışma odaları Bakıcı evleri Hayvan ahır havalandırması Bitki havalandırması Genel egzoz Kaynak atölyeleri Soyunma odaları Büro ve işyerleri

2.1.2. İşlem-Konfor

Bu tür uygulamalarda atık ısı bir işlem egzozundan alınarak bir bina veya hacim ısıtılmasında kullanılan hava kış aylarında ısıtmada kullanılır.

Tipik uygulamalar dökümhane, levha kaplama fabrikaları vb. yerlerde gerçekleştirilebilir. İşlem-İşlem uygulamalarında amaç tam kapasiteyle ısının geri kazanımı olduğu halde işlem-konfor ısı geri kazanımında ılık günlerde taze dış hava ve /veya ısıtılan hacim havasının aşırı ısınmasını önlemek için ayarlama (kontrol) gereklidir.

Ayrıca yaz aylarında da ısı geri kazanımı gerekmemektedir. Bu nedenle yıl periyodunda işlem- işlem uygulamalarına göre, işlem-konfor uygulamalarında daha az enerji korunumu gerçekleştirilir.

İşlem-konfor ısı geri kazanım cihazları genellikle duyulur ısıyı geri kazanır, hava akımları arasında nem transfer edilmez.

2.1.3. Konfor-Konfor

Bu tür uygulamalarda ısı geri kazanım cihazı ılık günlerde binanın taze havasının entalpisini azaltırken, soğuk günlerde artırır, bu ise taze hava ile egzoz havası arasında bu cihazla gerçekleştirilen enerji transferi ile sağlanır. Yani hem yaz hem de kış uygulamalarında kullanılır.

Ticari ve endüstriyel geri kazanım ünitelerine ilaveten, küçük kapasiteli paket tip ticari ısı geri kazanan vantilatörlerde (HRV) geliştirilmiştir.

Konfor-Konfor uygulamalarında kullanılan ısı geri kazanım cihazlarında yalnızca duyulur ısı transfer edilebileceği gibi hem duyulur hem de gizli ısı da transfer edebilir tipleri de mevcuttur.

3. Hava-Hava Isı Geri Kazanımı Isı Değiştirici Cihazlar

Tablo 2'de yaygın kullanılan hava-hava ısı geri kazanım cihazlarının karşılaştırmalı verilerini göstermektedir. (1)

bakınız: 2

3.1. Sabit Levhalı Tip Isı Değiştirici

Sabit yüzeyli levha tip ısı değiştiricinin hareketli bir parçası yoktur. Levha tabakaları ile egzost ve taze hava geçiş kanalları ayrılmış ve sızdırmaz hale getirilmiştir. Levhalar arası uzaklıklar 2.5 ile 12.5 mm arasında tasarım ve uygulamaya göre değişiklik gösterir. Isı direkt olarak ılık egzost hava akımı ile soğuk taze hava akımı arasında transfer edilir.

Pratik tasarım ve konstrüksiyon kısıtlamaları dik akımlı ısı transferi nedeniyle, ancak ters yönlü (karşıt) paralel akımlı uygulamalarda ilave ısı transfer yüzeylerinin oluşturulmasıyla ısı transfer verimliliği artırılabilir.

Normal olarak yoğuşma ile oluşan gizli ısı (ılık egzost hava akımının çığ noktası sıcaklığının altına düşmesi sonucu yoğuşması) ve duyulur ısı her ikisi soğuk (taze hava) akıma ayrılmış levhalar arasından iletilir. Böylece enerji transferi gerçekleşir, fakat nem transferi olmaz. Atık egzost ısısının % 80'ine kadar kısmını geri kazanan üniteler gerçekleştirilebilir.

3.1.1. Tasarımda Göz önünde Tutulacak Noktalar

Levhali tip ısı değiştiriciler birçok şekil, malzeme, boyut ve akış biçiminde bulunabilir. Birçoğu modüler yapıda olup, bu modüller değişik hava hızları, verimlilik ve basınç oluşumu gereksinimlerinde sağlanabilir.

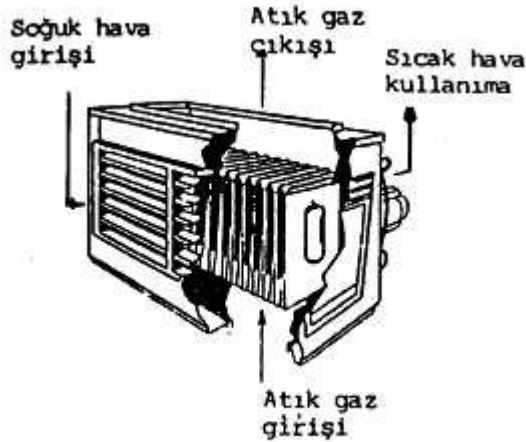
Levhalar kendileriyle bütünleşik kalıpta biçimlendirilmiş değişik şekilli çıkıntılarla aralarındaki mesafeler korunur veya ayrı dış ayırıcılarla da (destekler, oluklar) sağlanabilir. Hava akımı ayırımları sızdırmazlığı kıvrıma, çoklu kıvrıma, yapıştırma, kaynak veya herhangi bir yöntemle (uygulama veya imalatçıya bağlı) sağlanır. Isı transfer yüzeylerin temizleme, ulaşma kolaylığı imalat biçimiyle bağlantılıdır.

Levhalar arasındaki ısı transfer direnci, levhaların iki tarafındaki hava akımı sınır tabaka dirençleriyle karşılaştırıldığında küçüktür. Isı transfer verimliliği levhaların ısı transfer katsayısından esasen etkilenmez. Alüminyum en yaygın kullanılan levha malzemesidir, bu korozyon direnci, imalat kolaylığı ısı transfer özelliği, yanmama, dayanıklılık ve maliyet nedeniyledir. Sıcaklığın 200 °C'ı geçmesi durumunda ve maliyetin bir anahtar faktör olmaması durumunda çelik alaşımları kullanılabilir.

Plastik malzemeler ve hatta cam korozyon direnci gereksinimi durumunda düşük maliyetli uygun çözümler olarak kullanılabilir.

Levhali ısı değiştiriciler genellikle yalnızca duyulur ısı transfer eder ancak su geçirgen malzemeler, değiştiriciler genellikle yalnızca duyulur ısı transfer eder ancak su geçirgen malzemeler, örneğin özel işlenmiş kağıt gibi, kullanıldığında gizli ısı (nem) transferi de gerçekleştirilebilir. Böylece toplam (entalpi) ısı değişimi sağlanır.

İmalatçıların çoğu bu tip ısı değiştiricileri modüler imal eder ve modül kapasiteleri 0,01-4,7 m³/s arasında olup 50 m³/s' yi aşan birleşimler düzenlenebilir. Bu çoklu boyut ve birleşimlerle aşağı yukarı bütün hacimsel yerleşim ve verim gereksinimleri karşılanabilir. Şekil 1'de Sabit Levhali bir ısı değiştiricide hava akımları gösterilmektedir.



Şekil 1. Sabit Levha Isı Değiştirici Hava Akımları

3.1.2. Verimlilik Durumu

Bu ısı değiştirici ekonomik olarak yüksek duyulur ısı geri kazanımı değerlerine ulaşabilir. Çünkü hava akımları arasında yalnızca levhadan oluşan bir ısı transfer yüzeyi mevcuttur ve diğer ısı değiştirici tiplerindeki gibi ikincil dirençler (örneğin sıvı pompalanması, gazların yoğuşma veya buharlaşması veya ısı transfer ortamının taşınması gibi) bulunmaktadır. Basitlik ve bunun yanında hareketli olmaması, uzun ömürlülük, düşük yardımcı enerji gereksinimi emniyetli kullanıma katkıda bulunan özelliklerdir.

3.1.3. Diferansiyel (fark) Basınç/Akım Sızıntısı

Levhali tip ısı değiştiricilerin avantajlarından birisi hava akımları arasında sızıntı olmamasıdır.

Hızın artması durumunda iki hava akımı arasındaki basınç farklılığı üstel olarak artar. Yüksek fark basıncı ise

ayırma levhalarını deforme eder ve ısı değiştiriciyi çok yönlü etkiler. Örneğin verimlilik tasarım değerlerinin altına düşer ve aşırı hava sızıntıları oluşur.

Bu belirtilen konu normalde bir problem değildir, çünkü birçok uygulamada diferansiyel basınç farkı 1kPa'dan daha azdır. Yüksek hava hızları, yüksek statik basınçları veya her ikisinin gerektiği uygulamalar için, bu koşullar için tasarlanmış ısı değiştiriciler seçilmelidir.

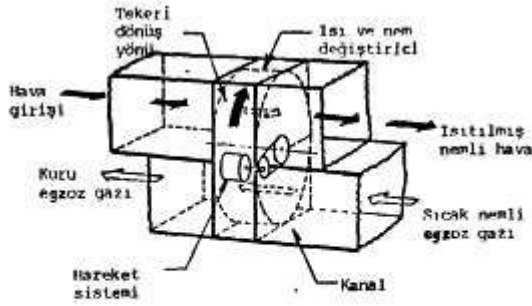
3.1.4. Egzost Hava Akımlarında Yoğuşma

Levhalı ısı değiştiricilerin çoğu yoğuşan sıvıyı akıtacak sistemler ile donatılmıştır. Bu sistemler yoğuşan sıvıyı akıttığı gibi sulu yıkama sistemi kullanıldığında bu atık suyu da uzaklaştırır. Yüksek nemlilikteki egzost hava akımından ısı geri kazanımında, eğer nem transferi istenmiyorsa, binaya veya işleme duyulur ısı dönüşü, entalpi ısı dönüşünden daha iyidir.

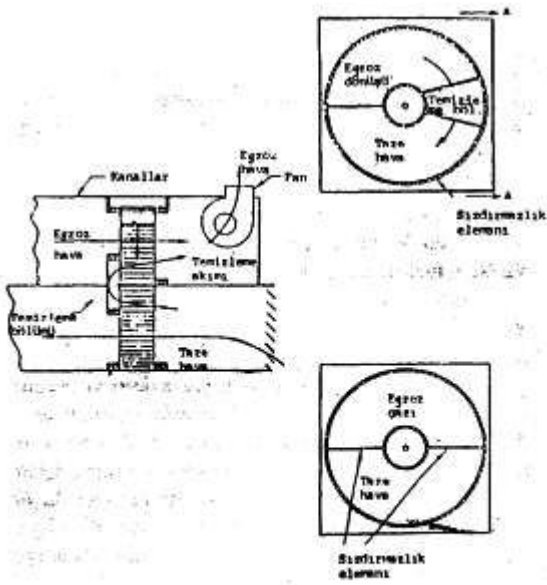
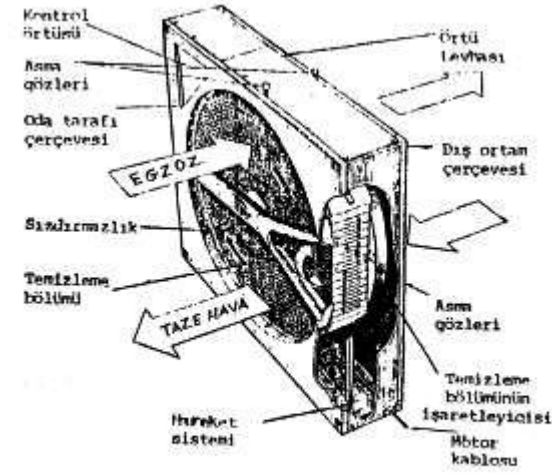
Donma gelen taze havanın ön ısıtılmasıyla kontrol edilebildiği gibi taze havanın bir kısmının by-pass'ı ile de sağlanabilir.

3.2. Döner Tip Hava-Hava Isı Değiştiriciler (Isı Tekerleri)

Döner tip hava-hava ısı değiştiriciler veya ısı tekerleri (veya dönen rejeneratörler), çok geniş iç yüzey alanlı hava geçirgen bir ortamla doldurulmuş döner bir silindire sahiptir. Isı tekerinde taze ve egzost hava akımları ısı değiştiricilerin yarım kesitinin karşıt yönlü paralel akım biçiminde akar (Şekil 2, Şekil 3).



Şekil 2. Isı Tekerli Tipi Rejeneratör Kullanımı İle Isı Ve Nem Geri Kazanımı



Şekil 3. Temizleme Bölümü Isı Tekerı, Değişik Şematik Kesitler

Sıcak hava akımı ısı tekerinin bir yarısını ısıtırken, soğuk hava akımı diğer yarısından ısı çeker. Isı tekerinin iç yapısına doldurulan malzemeler duyulur ısı veya toplam sı (duyulur ısı + gizli ısı) transfer edecek biçimde seçilebilir.

Duyulur ısı transferlerinde ısı tekeri yapısı tarafından ısı sıcak hava akımından alınır, depolanır ve dönen bu kısım soğuk hava akımına ısıyı geri verir ve bu işlem sürekli olarak tekrarlanır.

Toplam ısı transferi yapan ısı tekerlerinde ise yüksek nemlilikte hava akımında nem yoğunlaşması ile (Nem yoğunlaşması ısı tekeri ortam sıcaklığının çiylenme noktası sıcaklığının altında olmasıyla, sıvı nem alıcı maddelerle absorpsiyonla veya katı nem alıcı maddelerle adsorpsiyonla sağlanır) hemen ısı çekilir ve bu alınan nem buharlaşma ile düşük nemlilikli hava akımına gelen ısı tekeri bölümünde geri verilir (nem alıcı maddeler kullanılıyorsa bunların jenerasyonu da böylelikle sağlanmış olur).

Böylelikle nemli hava kuru hale gelirken, kuru hava nemlendirilmiş olur. Toplam ısı transferi cihazında duyulur ve gizli ısı transferleri aynı anda gerçekleşir.

3.2.1. Isı Tekerı Konstrüksiyonu

Hava bileşenleri, çiylenme noktası, egzost hava sıcaklığı ve taze hava özellikleri kasa, rotor yapı ve enerji alış-veriş malzemelerinin seçiminde etkilidir.

Alüminyum ve çelik normal konfor havalandırma sistemlerinde kasa, yapı ve rotor malzemesi olarak kullanılır.

Değiştirme ortamı ise metal, mineral veya seramik vb. malzemeden ve gelişigüzel akım veya yapı içinde yönlendirilmiş akım oluşturacak biçimde imal edilirler.

Gelişigüzel akım sağlayan yapıda, oluklu örülmüş elek (mesh) yapısı mevcut olup, istenen düzende tabakalar halinde kullanılabilir.

Alüminyum elek yapısı, konfor havalandırma sistemlerinde yaygın kullanılmakta olup, tabakalar halinde paketlenmiş yapıda kullanılır. Paslanmaz çelik ve monel elekler ise korozif ortam ve yüksek sıcaklık uygulamaları için kullanılır. Korozyona dayanım için polimer kaplanmış yüzeylerde kullanılabilir (11). Bu tip yapılar temiz ve filtrelenmiş hava akımları için uygundur. Çünkü kolaylıkla elek gözleri tıkanabilmektedir.

Yönlendirilmiş akım sağlayan yapıda ise küçük (1,6 mm) üçgen kesitli hava akımı yönüne paralel hava geçiş kanalları mevcuttur. Üçgen şekli, alın yüzeyinin birim alanı için en geniş hava temas yüzeyi oluşturur. Ayrıca dayanım ve imalat tekniği yönünden de avantajlıdır. Alüminyum folye, inorganik levhalar, işlem görmüş organik levha ve sentetik malzemeler düşük ve orta sıcaklık uygulamaları için kullanılır.

Paslanmaz çelik ve seramikler ise yüksek sıcaklık ve korozif atmosferler durumunda kullanılır. Hava akımıyla temas eden ortam yüzey alanları 300 ile 3300 m²/m³ değerleri arasında, fiziksel konum ve ortamın tipine göre değişir. Ortam ayrıca duyulur ısı alma veya toplam ısı alma yeteneğine göre de sınıflanır.

Duyulur ısı geri kazanım ortamı ise bu malzemelerden biri tarafından yapılmış ve ayrıca tipik olarak lityum klorid veya alumina gibi nem geri kazanma karakteristikleri olan maddelerle işlenmiş (doldurulmuş) bir yapıdadır.

3.2.2 Karşı Kirleticilik

Karşı kirleticilik veya karışım; taze hava ve egzost hav akımları arasında bütün ısı tekerlerinde, taşıma ve sızıntı yoluyla gerçekleşir. Taşıma ile karışmanın gerçekleşmesi, ısı tekeri ortamına giren egzost havasının bu hacminde kalan miktarının dönme sonucu taze hava akımı ile süpürülmesi yoluyla olur.

Sızıntı ile karışım ise iki hava akımı arasındaki statik basınç farklılığı nedeniyle ve sızıntı yüksek basınçlı kısımdan düşük basınçlı kısma doğru gerçekleşir. Sızıntı fanlar aracılığı ile taze havadan egzost havasına doğru olması sağlanarak önlenir. Taşımanın istenmediği durumlar için geliştirilen temizleme bölümlü ısı tekeri, (Şekil 3.) ile karşı kirleticilik önlenir.

Uygulamaların birçoğunda bir kısım egzost havasının yeniden dolaşımı önemli sakınca taşımaz, bununla birlikte bazı kritik uygulamalarda (örneğin hastane operasyon odaları, laboratuvarlar ve temiz odalar gibi) taşıma ile kirleticiliğin sıkı kontrolü gerekir. Temizleme bölümlü ısı tekerlerinde taşıma ile kirleticilik egzost hava akımının % 0.1'inin altına indirilebilir.

Temizleme bölümsüz ısı tekerinin teorik taşıma kirleticiliği, tekerin hızı ve transfer ortamının boşluk kesri ile doğru orantılıdır. Boşluk kesri tip ve yerleşime göre % 75-%95 arasında değişir. Örneğin 3 m çapında, 200 mm derinlikteki ısı tekeri, % 90 boşluk kesri ile 14 devir/dak (rpm) hızla dönüyorsa, taşıma ile kirleticilik hacimsel debisi,

$$(32/4) (0.2) (0.9) (14/60) = 0.3 \text{ m}^3/\text{sdir.}$$

Eğer ısı tekeri 9 m³/s debide taze hava geçiriyorsa kirleticilik oranı,

$$(0,3/9) (100)=\% 3.33 \text{ dır.}$$

Egzost fanı, genellikle ısı değiştiricinin çıkışına yerleştirilir ve sızıntı, temizleme bölümü ve taşıma kirleticiliği hava akımları dikkate alınarak boyutlandırılmış olacaktır.

3.2.3. Kontrol Yöntemleri

Isı tekerleri ile enerji geri kazanımını kontrol için yaygın olarak kullanılan iki yöntem vardır. Birincisi, taze hava by-pass kontrolüdür. Bu kontrolde istenen taze hava sıcaklığına ulaşmak için ısı tekerinden geçen taze hava miktarı değiştirilir, bir kısmı by-pass edilir. Bir by-pass damperi, ısı tekeri taze hava çıkış sıcaklık duyar elemanı (sensör) tarafından kontrol edilerek by-pass hava miktarı ayarlanır.

İkinci yöntem ise enerji geri kazanım hızını, ısı tekeri dönme hızını değiştirerek ayarlamaktadır. Hız arttıkça enerji geri kazanımının, teorik maksimum geri kazanım oranı yüzdesi artmakta ve belli bir hızdan sonra ise fazla etkilenmemektedir.

En yaygın kullanılan hız değiştirici üniteleri, değişken hızlı DC motor ile silikon kontrollü düzeltici (SCR). histerisiz kavramalı sabit hızlı AÇ motor, AÇ indüksiyon motor ile frekans inverteri.

Bir ölü bant kontrolü (değiştiriciyi durdurmak veya sınırlamak için) hiç enerji geri kazanım istenmediği durumda gerekli olabilir (örneğin dış hava sıcaklığı gereken taze hava sıcaklığından yüksek fakat egzost hava sıcaklığından altında ise). Dış hava sıcaklığı egzost hava sıcaklığının üzerinde olduğu zaman, cihaz gelen taze havanın soğutulması için tam kapasite çalışır.

3.2.4. Isı Tekerlerinin Bakımı

Enerji değiştirci tekerler çok az bakım gerektirirler. Aşağıda belirtilen bakım işlem sırası en iyi verimliliği sağlar.

- Isı değiştirci ortamı toz veya diğer yabancı maddelerin birikmesi durumunda, imalatçının kullanım talimatları doğrultusunda temizlenmelidir. Toplam ısı geri kazanımı için sıvı nem alıcı ile imal edilmiş ısı ve nem değiştirci ortam bu temizlik aşamasında ıslatılmamalıdır.

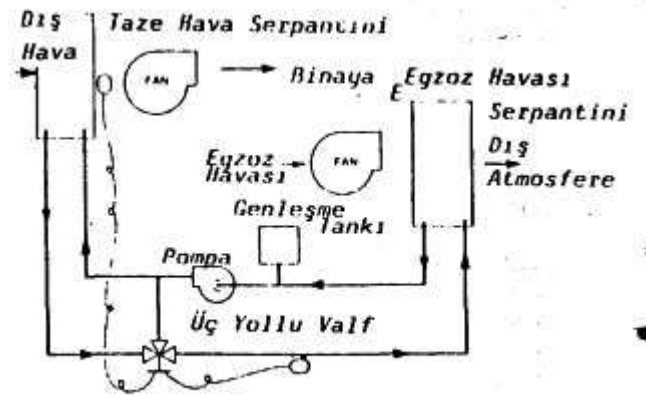
- Tahrik motoru bakım ve alıştırması imalatçının talimatlarına göre yapılmalıdır. Hız kontrol motorlarında bulunan komütatör ve fırçalar, indüksiyon motorlarından daha çok sık bakım ve kontrol gerektirir. Fırçalar gerektiğinde değiştirilecek ve komütatör periyodik olarak döndürölüp alttan kesilecektir.

- Teker düzenli olarak uygun kayış veya zincir gerilimi yönünden kontrol edilmelidir.

- Yedek ve değiştirilen parçalar imalatçı talimatlarına uygun olmalıdır.

3.3. Serpantin Devreli (Dolaşımlı) Isı Geri Kazanımı Cihazları

Tipik bir serpantin devreli ısı geri kazanım sistemi Şekil. 4'de gösterilmektedir. Serpantin devrelerinin taze hava ve egzost havası kısımları kanatlı boru olarak değerleştirilmiştir. Serpantin devresinde bir ara ısı taşıyıcı akışkan (tipik olarak su veya donması geciktirilmiş çözelti) pompalanarak devreder.



Şekil 4. Serpantin Devreleri Isı Geri Kazanım Cihazı

Bu sistem yalnızca duyulu ısı kazanımı için kullanılır. Konfor-konfor uygulamalarında enerji transferleri mevsimsel olarak değişken olup dış hava egzost havasından soğuk ise ön ısıtılır, dış hava egzost havasından ılık ise ön soğutulur.

3.3.1. Donmaya Karşı Korunma

Nem egzost hava geçiş kanallarında donmamalıdır. Çift amaçlı üç yollu sıcaklık kontrol vanası egzost serpantininin donmasına engel olur. Bu vana egzost serpantinden giren çözelti sıcaklığını -1°C dan daha az olmayacak düzeyde tutar. Bu koşul taze hava serpantininin daha ılık biraz çözeltinin by-pass'ı yoluyla sağlanır. Bu vana ayrıca taze hava serpantinden hava çıkış sıcaklığının belli istenen bir değeri aşmamasını da sağlar.

3.3.2. Sistem Özellikleri

Serpantin devreli enerji geri kazanım sistemleri esnek yapıda olup yeni ve endüstriyel uygulamalar için uyumludur. Sistem birbirinden uzak taze ve egzost kanallarına yerleştirilir ve aynı anda bir çok kaynak ve kullanım yeri arasında enerji transferi sağlanır. Çalışma akışkanının genleşme ve daralmasını sağlamak için sisteme bir genleşme tankı ilave edilmelidir.

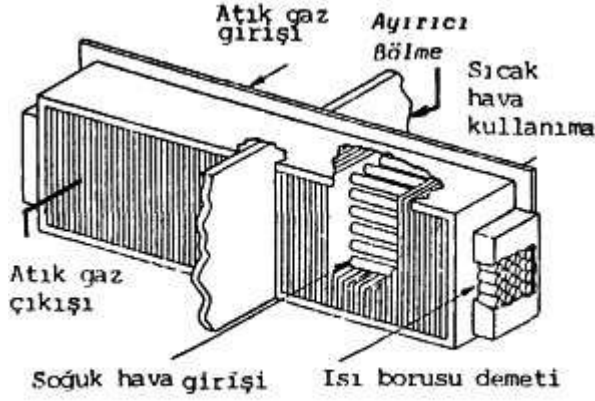
Kapalı bir genleşme tankı etilen glikol kullanılıyorsa oksidasyonu en aza indirger. Sistemi oluşturmak için standart kanatlı borulu su serpantinleri kullanılmış olabilir. Bu durumda serpantin, alın yüzeyi hızı ve basınç düşümü seçiminde imalatçı tasarım eğrileri ve verim dataları kullanılacaktır.

3.3.3. Verimlilik

Serpantin devreli ısı geri kazanımı çevrimi bir akımdan nem transferi yapamaz. En ekonomik verimli çalışma için, eşit hava akım hızları ve yoğuşmasız durumda, tipik verimlilik değerleri % 60- % 65 arasında değişir. En

akışkanı tercih olunabilir.

Gaz-gaz ısı değiştiricide Şekil 6' da gösterildiği gibi ısı borularının buharlatıcı bölgesi sıcak gaz akımı tarafında, yoğuşturucu bölgesi ise soğuk gaz akımı tarafındadır. Isı değiştirici arasından gaz akımının maksimum verimlilik için ters yönlü paralel akım biçiminde olması istenir. Normal olarak ısı boruları yatay durumda monte edilir ve ısı borulu ısı değiştiricinin bulunduğu yerde sıcak ve soğuk gaz kanalları komşu (bitişik) olmak zorundadır.



Şekil 6. Isı Borulu Isı Değiştirici

Bazı imalatlarda ısı borusunun eğiminin yavaş yavaş değiştirilmesiyle buharlatıcı, yoğuşturucunun üzerinde olması sağlanarak ısı transferin sıfır değerine kadar azaltılarak kontrol sağlanabilmektedir.

Bu özellikle ısıtılmak istenen ortam sıcaklığı dış etkenlerin durumuna göre kontrol edilmektedir. 4.4.5. bölümünde bu kontrol sistemi daha kapsamlı açıklanmıştır.

Isı borusu tüpleri özel fitil yerleştirilmiş durumda, vakumlanarak uygun çalışma akışkanları ile doldurulur ve sızdırmaz hale getirilir. Isı borularında kullanılan uygun çalışma akışkanları dşuk sıcaklık uygulamaları ilcin Tablo 3 'de verilmiştir (12,13)

Tablo 3. Dşuk Sıcaklık Uygulamaları için Bazı Isı Borusu alışma Akışkanları

Çalışma Akışkanı	Kaynama Noktası (Atm. Basınçta) (°C)	Donma Noktası (°C)	Kritik zellikler		Kullanım Bölgesi (°C)
			Sıcaklık Tc (°C)	Basınç Pc (bat)	
Su	100	0	374.15	221	30-200
Methanol	65	-97.8	240.1	79.77	10-130
Ethanol	78.6	-117.3	243.2	63.94	0-130
Pentan	28	-130	193.85	29.3	(-20)-120
Heptan	98	-90	264.55	26.2	0-150
Amonyak	-33	-78	133.65	116	(-60)-100
Aseton	57	-95	215	47.57	0-120
Freon-11	23.82	-111	198	44.06	(-40)-120
Freon-12	-29.79	-158	112	41.13	(-40)-100
Freon-21	8.92	-135	178.5	51.68	(-40)-120
Freon-113	47.57	-35	214.1	34.37	(-10)-100
Freon-114	3.77	-94	145.7	32.59	(-40)-120
Flutec PP2	76	-50	-	-	10-160
Flutec PP9	160	-70	-	-	0-225

Isı borulu ısı değiştiricilerde kullanılan kanatlı boru yapısındaki kanatlar oluklu levha, düz levha veya spiral tipte olabilir. Kanat tasarımı ve borular arası mesafe belirli bir alın yüzeyi hızı için basınç düşümünde farklılıklara

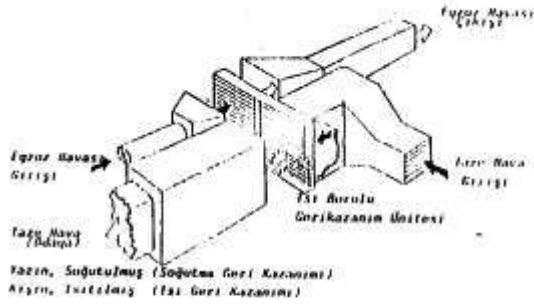
neden olur.

Isı borusundaki, ısı aktarma mekanizmasıyla, örneğin bakırın iletmediği ısı transfer hızından 1000 kez daha fazla ısı transfer hızlarına ulaşılabilir (1).

Isı boruları küçük sıcaklık düşümleri ile enerjiyi transfer eder, buna göre ısı aktarma işlemi izotermal gibi ele alınabilir. Bununla birlikte ısı borusu tüp et kalınlığında, fitilde ve akışkan ortamında küçük sıcaklık düşüşleri vardır.

Isı boruları fitil tasarımı, tüp çapı, çalışma akışkanı özellikleri ve ısı borusunun yataya göre konumu gibi özellikleriyle bağlantı sonlu bir ısı transfer kapasitesine sahiptir. Bu ısı transfer limitleri ile ilgili tasarım bilgileri ilgili kaynaklarda bulunabilir (14, 15).

Şekil 7'de ısı borulu ısı değiştiricinin yaz ve kış çalışma koşullarında iklimlendirme sistemlerinde kullanılmasını göstermektedir.



Şekil 7. İklimlendirme Sistemlerinde Isı Borulu Isı Değiştiricinin Yazın Taze Havanın Ön Soğutulmasında Kışın Taze Havanın Ön Isıtılmasında Kullanılması

3.4.1. Konstrüksiyon Malzemesi

Bakır ısı borusu tüpleriyle alüminyum katlar normal olarak iklimlendirme sistemlerinde kullanılmaktadır. Tüpler ve kanatlar genellikle malzemelerin ayrı ısıl genleşmeleri problemlerinden sakınmak için aynı malzemeden imal edilir.

Egzost sıcaklığının 220 °C'in altında olması durumunda ısı borulu ısı değiştiriciler sıklıkla alüminyum boru ve kanatlardan imal edilir. Yakın verimlilikte bakır ısı boruları, alüminyum olanlardan daha pahalıdır.

Bakır üniteler genellikle yalnızca, alüminyum üniteler için korozyon ve temizleme problemlerinin bulunduğu durumlarda kullanılır. Korozyonlu atmosferler için kanatlı borular koruyucu kaplamalar ile ısıl verime en az etki yapacak biçimde kaplanabilir.

Isı borulu ısı değiştiriciler 220 °C'in üzerinde genellikle çelik boru ve kanatlardan imal edilirler, kanatlar genellikle paslanmayı önlemek için özel olarak kaplanır (alüminize). Özel uygulamalar için ayrı, malzeme ve/veya çalışma akışkanları kullanılan özel tasarımlar yapılabilir.

3.4.2. Çalışma Sıcaklığı Bölgesi

Çalışma akışkanının seçimi onun uzun süreli çalışabilmesi bakımından da önemlidir. Çalışma akışkanı, yüksek buharlaşma gizli ısısı, yüksek yüzey gerilimi ve çalışma bölgesinde düşük sıvı viskozitesi yanında ayrıca bu sıcaklık bölgesinde ısıl kararlı olmalıdır.

Çalışma akışkanının yoğuşmayan gaz oluşturabilme gibi özelliği olması durumunda ise verimin azalması söz konusu olur, böyle bir özellik te bu nedenle istenmez. Değişik çalışma akışkanlarının çalışma sıcaklığı bölgeleri Tablo 5'te belirtilmiştir.

3.4.3. Karşı Kirlençilik

Isı borulu ısı değiştiricilerde hava akımları arasındaki basınç farklılıklarının 12 kPa değerine kadar sıfır karşı kirlençilik vardır. Karşı kirlençiliği önlemek için ek bir korunma iki hava akımı arasında havalandırma çift katlı

ara duvar kullanılabilir. Bu ara hacme bitişik egzost kanalından herhangi bir sızıntı buradan çekilir ve egzost edilir.

3.4.4. Verimlilik

Isı borusunun ısı transfer kapasitesi tasarım ve konumuna bağlıdır. Dizi sıra sayısının artması durumunda, hız azalmasında verimlilik artmaktadır. Örneğin tüp sıra sayısının iki katına çıkarılması durumunda, % 60' larda olan efektif ısı değiştirici verimi % 75 değerlerine artmaktadır.

Isı borusu ısı değişimi toplam dizi sıra sayısına bağlıdır. Böylece seri bağlı iki ünitenin, aynı dizi sıra sayısında tek ünitenin verimi ile eş değer olduğu belirtilebilir. Seri üniteler taşıma, temizleme ve bakım nedenleri ile sıklıkla kullanılır.

Isı borusunun ısı transfer kapasitesi, kabaca borunun iç çapının karesi ile orantılı artar. Örneğin belirli eğimde 25 mm iç çaplı ısı borusu, 16 mm iç çaplı ısı borusundan kabaca 2,5 kez daha fazla enerji transfer eder. Ayrıca büyük çaplı ısı boruları, büyük hava akımları için kullanılır ve yaz ve kış çalışmalarını ayarlamak için seviye düzeni gereklidir.

Isı transferi kapasite limiti gerçekte ısı borusu uzunluğundan, çok kısa ısı boruları hariç, bağımsızdır. Örneğin 1,2 m uzunluğundaki ısı borusu 2,4 m uzunluğundaki ısı borusu ile aynı kapasiteye sahiptir. Ancak 2,4 m uzunluğundaki ısı borusu, 1 .2 m olandan 2 kat daha fazla dış ısı transfer yüzeyine sahip olduğundan kapasite limitine daha çabuk ulaşacaktır.

Böylece belirli bir uygulama için, daha uzun olan ısı boruları gibi kapasite gereksinimlerini karşılamak daha güçtür. Böyle bir gereksinim daha yüksek bir alın yüzeyi ve kısa fakat daha çok ısı borusu ve aynı hava akım yüzey alanı ile sistemin verimliliği geliştirilerek sağlanır.

Kanat tasarımı ve aralıklarının seçimi iki hava akımının kirliliğine ve gerekli temizleme bakımına bağlıdır. İklimlendirme uygulamaları için 1,8 mm kanat aralığı yaygındır.

Daha çok kullanılan 2,3-3,2 mm kanat aralıkları ise endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Kirli egzost tarafında daha geniş kanat aralıkları kirlenmeyi azaltmak, basınç düşümünü azaltmak ve verimde değişiklik (azalma) oluşturmamak amaçlı kullanılır.

3.4.5.1sı Borulu Isı Değiştiricilerde Uygulanan Kontrol Sistemleri

Isı borusunun eğiminin değişmesi, onun transfer ettiği ısı miktarının kontrol edilmesini sağlar. Isı borusunun sıcak tarafı yatayın altında olması durumu yoğuşan akışkanın buharlaştırıcı (sıcak) bölgesine geri akışını kolaylaştırır. Ters durumda buharlaştırıcı yatayın üzerinde ise bu akış zorlaşır, bu özellik ısı borulu ısı değiştiricinin verimliliğini ayarlama için kullanılabilir.

Pratikte gerçekleştirilen uygulamalarda, eğim kontrolü değiştirici kasasının ortasında bulunan bir dönme eksenine boyunca sağlanır ve ısı değiştiricinin bir ucunda bulunan sıcaklık duyar elemandan alınan uyan ile tahrik edilir. Kullanılan fileksi yapı sayesinde küçük eğim değişiklikleri gerçekleştirilebilir, (maksimum 6 derece). Eğim kontrolünden istenen aşağıda belirtilen 3 fonksiyonu karşılamasıdır.

a. Taze havanın ısıtılmasından, taze havanın soğutulmasına (ısı akışının ters yöne dönmesi), mevsimsel değişimler olduğunda geçişi sağlamalıdır.

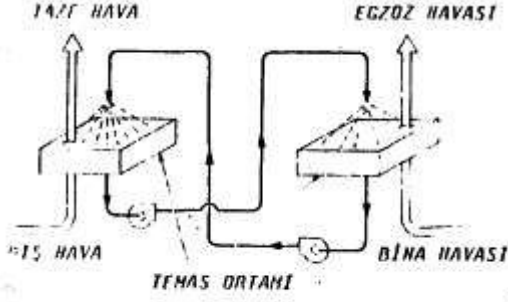
b. İstenen taze hava sıcaklığını sağlamak için verimliliği ayarlamak. Bu çeşit bir ayarlama özellikle iç zonlarda geniş binalarda aşırı ısınmadan korunmak için gereklidir.

c. Düşük dış hava sıcaklıklarında buz oluşumunu engellemek için verimliliği azaltmak. Verimliliğin azalması ile, egzost havası üniteyi daha ılık sıcaklıkta terk edecek ve buz oluşum koşullarının üzerinde kalacaktır.

Diğer kontrol yöntemleri de alın veya by-pass damperleri ve ön ısıtıcıların kullanılması, özel fonksiyonlu uygulamalarda kullanılabilir.

3.5. İkiz Kule Tipi Entalpi Geri Kazanım Devreleri

Bu hava-sıvı ve sıvı-hava entalpi kazanım sisteminde bir sorbent (emici) sıvı sürekli olarak taze ve egzost hava akımı ile direkt temas halindedir. Bu sıvı su buharı ve ısıyı transfer eder. Sorbent çözelti genellikle lityum klorid-su gibi holojen tuz çözeltisidir. Pompalar taze hava ve egzost temas kuleleri arasında çözeltinin dolaşımını sağlar (Şekil. 8).



Şekil 8. İkiz Kule Tipi Entalpi Geri Kazanım Devresi

Dikey ve yatay hava akımlı temas kuleleri imalatı gerçekleştirilebilir. Temas kuleleri hava akış kapasiteleri 50 m³ /s debiye kadar temin edilmektedir.

Dikey kulelerde, taze ve egzost havaları, temas yüzeylerine ters akımlı ve dikey doğrultuda geçerken sorbent sıvısı yüksek temas verimliliklerine ulaşır. Yatay kulelerde ise hava akımları temas yüzeylerine dik akarken sorbent sıvısı ile temas verimi önemli derecede daha küçüktür.

Temas yüzeyleri genellikle metalik olmayan malzemelerden yapılmaktadır. Temas yüzeyini geçen hava bir nem alan yastıktan geçirilerek sürüklenen sorbent çözeltisi varsa giderilmesi sağlanır.

3.5.1. Tasarımda Dikkat Edilecek Hususlar

3.5.1.1. Çalışma Sıcaklığı Limitleri

İkiz kule tipi entalpi geri kazanım sistemleri öncelikle konfor iklimlendirme bölgesinde çalışır ve yüksek sıcaklık uygulamaları için uygun değildir.

Yaz aylarında bu sistem bina taze hava sıcaklığının 46°C gibi değerlerinde çalışır. Kış taze hava sıcaklıkları da -40°C gibi düşük sıcaklıklarda, donma problemi olmaksızın bulunabilir, çünkü sorbent çözeltisi her konsantrasyonda efektif bir antifriz fonksiyonunu görür.

3.5.1.2. Statik Basınç Etkileri

Taze ve egzost havası temas kuleleri yalnızca sorbent iletim boruları ile bağlantılı olduğundan taze ve egzost havası fanları neresi istenirse oraya yerleştirilebilir. Temas kuleleri genellikle hava giriş statik basıncı -1,5 ile 1,5 kPa arasında çalışabilir.

Egzost temas kulesi, taze hava temas kulesi içi statik basıncından daha yüksek basınçta, herhangi bir kirlenme ve sızıntı olmaksızın, çalıştırılabilir.

3.5.1.3. Karşı Kirlenme

Partikül kirlenme, ıslanmış partiküller sorbent çözeltisi içinde kaldığından ve daha sonra filtrelendirildiğinden, meydana gelmez.

Sınırlı miktarda gaz karşı kirlenme oluşabilir, bu ise gazın sorbent çözeltisi içinde çözünürlüğüne bağlıdır. Sülfür heksafluorid kullanımı ile yapılan gaz kirlenme testinde, ikiz kule tipi sistemi karşı kirlenme oranının % 0,025 mertebelerinde olduğu belirlenmiştir.

Sorbent çözeltisi (özellikle klorlu tuz çözeltisi) bakteri yok edicidir. İkiz kule sistemlerinde kullanılan lityumklorit ise virüslere karşı yok edicidir. Mikro organizma testlerinde bu durum saptanmıştır. Kullanılan temas kulelerinde belirlenen sonuçlara göre de taze veya egzost havası içinde bulunan bakterilerin % 94'ünün efektif olarak giderildiği gözlenmiştir.

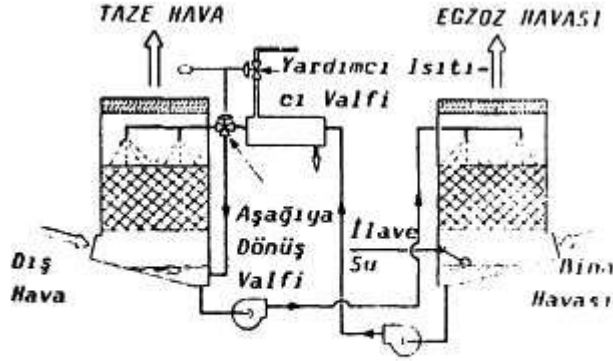
3.5.1.4. Bina veya İşlem Egzostunda İplik, Tiftik, Hayvan Kılı veya Diğer Katılar Gibi Büyük Miktarda Kirlenme Mevcutsa

Eğer binada veya işlem egzostunda iplik, tiftik, hayvan kılı veya diğer katılar gibi büyük miktarda kirlenme mevcutsa egzost hava akımı, temas kulesi öncesi, filtre donanımından geçirilmelidir.

Eğer binada veya işlem egzostunda kimyasal gazlar ve hidrokarbonlar gibi gaz kirlenme mevcutsa karşı kirlenme olasılığı ve sorbent çözeltisi üzerine etkileri dikkate alınmalı ve incelenmelidir.

3.5.1.4. Kış Çalışması

Soğuk iklimlerde nemlilik kontrol uygulamalarında ikiz kule sistemi kullanıldığında, doyma etkileri (diğer cihazlarda yoğuşma, kar ve buz oluşumuna neden olabilir) ile ikiz kule sisteminde sorbent çözeltisi aşırı sulanabilir. Sorbent çözeltisinin taze hava temas kulesi öncesi bir yardımcı ısıtıcı ile ısıtılması sulanmaya engel olabilir (Şekil 9).



Şekil 9. İkiz Kule Tipi Eltalpi Geri Kazanımı Devresi, Kış Çalışması Ve Kontrolü

Bu ısıtma taze hava temas kulesini terk eden havanın çıkış sıcaklık ve nemliliğini yükseltir, böylece sistemin nemliliği ve aşırı sulanması önlenip dengelenmiş olur.

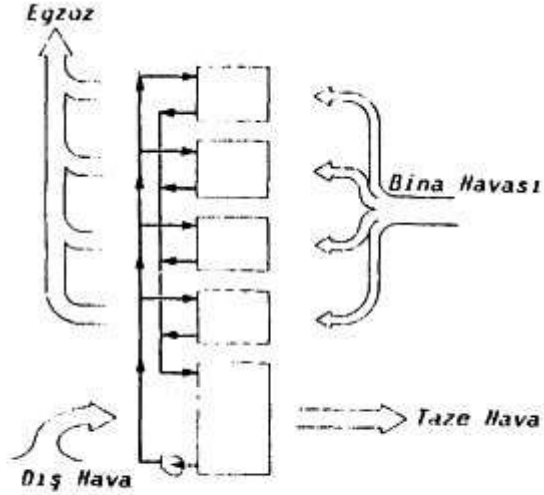
Bir termostat duyar elemanı taze hava temas kulesinin hava çıkışından aldığı uyarı ile çözelti ısıtıcıyı kontrol etmekle kullanılmaktadır, böylelikle dış sıcaklıktan bağımsız, sabit hava sıcaklığı sağlanır.

Sorbent çözeltisini otomatik olarak şamandıralı kontrol sistemiyle su ilave edilmesi, sorbent çözeltisini sabit konsantrasyonda tutar ve ikiz kule sistemi soğuk havalarda sabit nemlilikte taze hava sağlar, (Şekil 20).

Böylece sistem sabit hava sıcaklığı ve nemlilik değerlerinde havayı, ön ısıtma, tekrar ısıtma serpantinleri veya nemlendiriciler olmaksızın sağlar.

3.5.1.5. Çok Sayıda Kulenin Kullanılması

Herhangi sayıda taze hava kulesi, herhangi sayıda egzost kulesi ile birlikte kullanılabilir. Eğer taze ve egzost havası kulelerinde yeterli yükseklik farkı varsa, yer çekimi sorbent çözeltisinin üst kule veya kulelerden geri dönüşünde kullanılabilir, Şekil 10.



Şekil 10. İkiz Kule Tipi Entalpi Geri Kazanımı Devresinde, Çok Sayıda Kulenin Kullanılması

3.5.1.6. Bakım

İkiz kule tipi ısı geri kazanım sistemleri yalnızca düzenli zamanlı bakım gerektirir. Komple bakım işlemleri, yedek parça listeleri her uygulama ile ilgili talimatnamelerinde bulunabilir. Periyodik olarak sirkülasyon pompaları püskürtme nozulları, sıvı transfer kontrolları ve damlacık alıcı yastıklar kontrol, ayarlama veya bakıma gereksinim duyulabilir.

İnhibitörlü halid (klorlu) tuz çözeltileri ikiz kule sistemlerinde enerji transfer ortamı olarak kullanılır. İmalatçıların teknik destek (çözelti izleme ve konsantrasyon değişimi raporlama, inhibitör miktarı ve pH gibi konularda) vermesi ve böylece maksimum verimliliğin sürekliliğinin sağlanması gereklidir.

3.6. Termosifon Isı Değiştiriciler

İki fazlı termosifon ısı değiştiriciler sızdırmaz sistemler olup bir buharlaştırıcı, bir yoğuşturucu, bağlantı borusu ve arada çalışma akışkanından (sıvı ve buhar fazında mevcut) oluşur. İki ayrı tipte termosifon kullanılmaktadır.

- Sızdırmaz boru devresi,
- Serpantin devresi.

Birinci tipte buharlaştırıcı ve yoğuşturucu genellikle düz, aynı termosifon borularının iki karşı ucundadır ve egzost ve taze hava kanalları birbirine yakındır (ısı borulu sistemdeki düzenleme ve yerleştirilişe benzer).

İkinci tipte buharlaştırıcı ve yoğuşturucu serpantinleri ayrı ayrı kanallara yerleştirilmiş ve çalışma akışkanı boruları ile bağlantılıdır (düzenleme serpantinli enerji geri kazanımı devresi ile hemen hemen aynıdır).

Termosifon sistemlerde, sıcaklık farklılığı ve yer çekimi kuvveti çalışma akışkanının buharlaştırıcı ve yoğuşturucu arasında dolaşımını sağlar. Buharlaştırıcı da, buharlaşan çalışma akışkanı, yoğuşturucuda yoğuşup tekrar buharlaştırıcıya geri döner ve çevrim tekrarlanır.

Sonuç olarak termosifonun yerleştiriliş biçimine göre ısı tek yönlü veya çok yönlü olarak transfer edilebilir. Isı borularının çalışma ve biçimine benzer olmakla birlikte termosifon boruları iki farklı duruma sahiptir.

- İç yüzeylerinde fitile sahip değildir ve yoğuşan sıvının buharlaştırıcıya dönüşünde yalnızca yer çekimi etkisi kullanılır, oysa ısı borularında kapılar kuvvet etkisinden yararlanır.
- Termosifon boruları, en azından başlangıçta çekirdekli buharlaşmaya bağımlıdır, oysa ısı boruları sıvı buhar ara fazında geniş bir yüzeyden sıvıyı buharlaştırır.

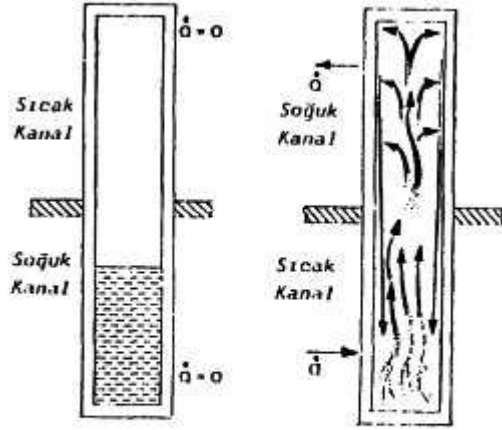
Termosifon devreleri diğer serpantinli enerji kazanımlı sistemlerden pompa gerektirmemesi, dış güç gereksinimi olmaması ve serpantinlerin buharlaştırma ve yoğuşmaya uygun olmasıyla ayrılır.

3.6.1 Çalışma Prensibi

Bir termosifon sızdırmaz bir sistem olup iki fazlı çalışma akışkanı bulundurur. Sistemin buhar ve sıvı içeren parçaları nedeniyle termosifon içindeki basınç sıvı-buhar ara fazındaki sıvı sıcaklığına bağlıdır.

Termosifonun bulunduğu ortamlar iki bölgesi arasında sıcaklık farklılığına neden olduğunda, sıvı- buhar ara fazında, buhar-basınç farklılığı ılık bölgeden soğuk bölgeye buhar akışını sağlar. Akış soğuk bölgede yoğunlaşma ve ılık bölgede buharlaşma ile beslenir.

Yoğuşturucu ve buharlaştırıcının yerleşim durumuna göre yoğunlaşan akışkan buharlaştırıcı bölgesine yerçekimi etkisiyle geri döner ve bu işlemler ısı çekimi ve verilmesi süresince çevrimsel olarak tekrarlanır. Şekil 11, (1,16).

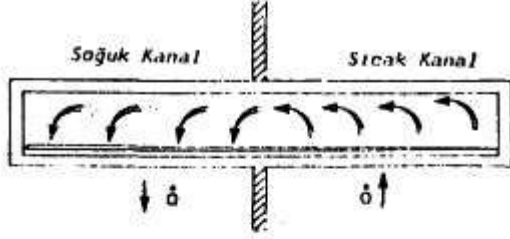


Şekil 11. Tek Yönlü Isı Transfer Eden Sızdırmaz Boru Tipi Termosifon

3.6.2. İki Fazlı Termosifonun Özellikleri

Termosifonun geometrik yerleştirilişi, iki kanat arasında sıcaklık farklılığı, boru çapları ve uzunlukları, çalışma miktarı ve tipi bu ünitelerin çalışma karakteristiklerini etkiler. Eğer yerleşim, kanalların iki tarafında sıvı seviyesi yüksek olacak gibi ise, şekil 12 ve şekil 13 termosifon sistemi her iki tarafa, iki yönlü ısı transfer edebilir.

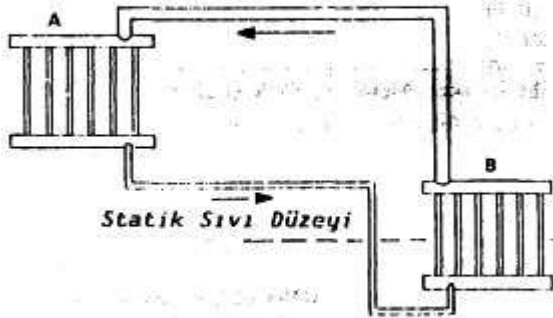
Eğer yerleşim, sıvının yerçekimi ile geri dönebileceği düzeyde ise, ısı transferi tek yönlü olarak sıvının birikmediği tarafa doğru gerçekleşir, diğer yöne ısı transferi olmaz, termal diyot etkisi söz konusudur. Şekil 12., Şekil 14.



Şekil 12. İki Yönlü Isı Transfer Eden Sızdırmaz Borulu Termosifon



Şekil 13. İki Yönlü Isı Transfer Eden Serpantinli Termosifon Devresi (Isı A' dan B' ye ve B' den İki Yönlü Transfer Edilebilir).



Şekil 14. İki Yönlü Isı Transfer Eden Serpantinli Termosifon Devresi (Isı B den A ya tek yönlü transfer edilebilir.)

Bu özellik bazı uygulamalarda avantajlı olabilir, örneğin buharlaştırıcı bölgesi güneş enerjisi toplayıcısının absorberi olan bir uygulamada, güneş mevcutken ısı yoğuşturucu bölgesine (ısıtılan akışkana) aktarılırken, toplayıcı (buharlaştırıcı) sıcaklığı, yoğuşturucu sıcaklığının altına düşerse ısı aktarma durur, bu herhangi bir yardımcı kontrol ünitesi olmaksızın sağlanır.

Termosifon sistemleri 0°C ve çekirdekli kaynamaya başlama sıcaklığı arasında değişen sıcaklık farklılıklarında çalıştığı zaman histerisiz davranışı gösterebilir ve başlangıç buharlaşması için yüksek sıcaklık farklılıkları gerekebilir. Histerisiz etkilerini en aza indirmek için çalışma sıcaklıklarında yüksekçe basınçlı çalışma akışkanı kullanılmış olmalıdır, bu termosifonun düşük sıcaklık farklılıklarında çalışması gerektiği durumlarda gereklidir.

3.6.3. Sızdırmaz Boru Tipi Termosifon

Sızdırmaz boru tipi termosifonlar egzost ve temiz hava kanalları komşu olduğunda kullanılmaktadır. Bu tip termosifonun çalışma karakteristikleri, uygulamaları ve sınırlandırmaları ısı borulu ısı değiştiricilere benzerdir.

İki yönde ısı transfer eden sistemlerde borular yatay olarak monte edilir ve termosifon verimliliği, borunun aynı

doğrultuda olmadan sapma durumunda ısı borusu verimliliğinden daha hassas olarak etkilenir.

Çünkü termosifonda sıvının geri dönüşü yalnızca yerçekimi etkisiyle gerçekleştirilirken, ısı borusunda kapılar kuvvetlerin etkisi de vardır. Bütün sıvı borunun bir ucunda birikirse, ısı transferi durur.

3.6.4. Serpantin Devreli Termosifon

Serpantin devreli termosifon taze ve egzost kanallarının komşu olmadığı durumlarda kullanılır. Şekil 13 ve 14 'de gösterildiği gibi termosifon iki serpantinden oluşmuştur ve bu serpantinler buhar ve yoğusun sıvı hatlarıyla bağlantılıdır.

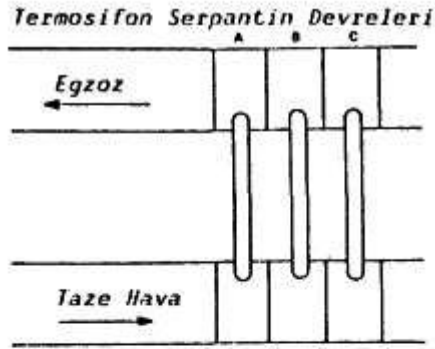
Devre doymuş durumda çalışma akışkanı ile doldurulur ve bu durumda bir kısmı sıvı ve bir kısmı da buharla doludur. Sızdırmaz devredeki basınç sıvı-buhar arasındaki akışkan sıcaklığına ve kullanılan çalışma akışkanına bağlıdır.

Devrenin maksimum basıncı ünitenin maksimum çalışma sıcaklığındaki doyma basıncıdır. Benzer şekilde en düşük basınçta, en düşük çalışma sıcaklığındaki doyma basıncıdır.

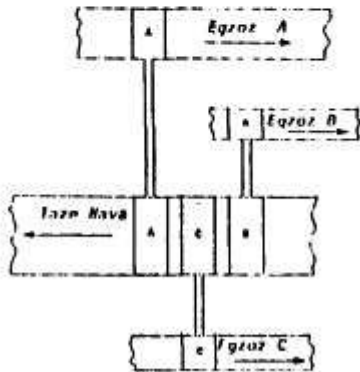
Her çalışma akışkanı ayrı optimum çalışma bölgelerine sahiptir, bu nedenle uygulama çalışma bölgesine uygun çalışma akışkanı seçilmelidir.

Yoğuşma ve buharlaşma boru çapları, uzunluğunun, serpantinlerin yerleştirilişi ve her bir serpantine doldurulan sıvı miktarından etkilenir. Sonuç olarak iki yönlü sistemler herhangi bir dış kontrol olmaksızın her iki yönde enerji akışı için uygun verimlilikte tasarlanabilir.

Tek yönlü serpantin devreli termosifon, aynı koşullarda çalışan iki yönlü serpantin devreli termosifondan daha verimlidir. Birçok serpantin devreli termosifon seri olarak taze ve egzost kanallarına yerleştirilir. Şekil 15. Böylelikle tek bir devrenin sahip olduğu verimlilikten daha yüksek verimlilik değerlerine ulaşılabilir.



Şekil 15. Çoklu Serpantin Devreli Termosifonun Seri Bağlı Olarak Kullanılması



Şekil 16. Çok Sayıda Egzost Kanalı ve Tek Taze Hava Kanalı Bağlantılı Serpantin Devreli Termosifon Sistemi Uygulaması

En ekonomik serpantin boyutu ve devre sayısı tasarım kriterine, sistem ömrüne ve ekonomik kriterlere bağlıdır. Isı borularındaki gibi her bir devre bağımsız olup, her bir devrede ayrı çalışma akışkanlarının kullanılması avantajı da vardır. Buna ilaveten termosifon serpantin devrelerini çok sayıda taze hava egzost kanalına uygulamak olasıdır, böyle bir uygulama şekil 16 'da verilmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Böylesi çeşitli hava-hava ısı geri kazanım cihazları mevcutken, uygulamalarda enerjinin verimli kullanılması ve atık ısıların geri kazanılması sistem tasarımcıları olan tesisat mühendislerinin projelendirmede dikkat etmeleri, gereken en önemli konu olmalıdır. Bu her yönüyle ülke ekonomisi için kazanımları ve kullanıcı açısından da ekonomik kazanımları birlikte getirecektir.

Bu yazıda belirtilmeyen genel ısı transferi kaynaklarında bulunabilecek kompakt, kanatlı yüzeylerde ısı transferi gibi konularda tasarım bu kaynakların kullanımıyla kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Üretici firmaların belirtilen sistemler üzerinde çalışmalar yaptığının gözlenmesi sevindirici olup imalatlar için bazı firmalarımızda yeterli bilgi ve deneyim birikimi vardır. Her tür ürünün imalatının yerel olanaklarda gerçekleştirilmesi doğrultusunda çalışmalar hızlandırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. "Air To Air Energy Recovery ", 1992 Systems and Equipment Handbook (SI) ASHRAE Publication.
2. Güngör A., Özbalta N., Değişik Isı Değiştirgeçleri ile Geri Kazanım Sistemleri, 6. Enerji Tasarrufu Kongresi, Seminer Tebliğleri, 11-13 Ocak 1988 İstanbul, TÜYAP.
3. Atık Isı Geri Kazanımı Sistemleri Sanayide Enerji Tasarrufu Serisi No: 4, EİE Yayını, 1985, Ankara Termas A.Ş. Teknik Yayını, 1985 Ankara.
4. Isı Pompası, EİE Yayını, 1987 Ankara.
5. Arısoy. A., Isı Geri Kazanma Sistemleri, Termas A.Ş. Teknik Yayınları 3.
6. Reay D.A. Industrial Energy Conservation, Pergamon, Press, 1979.
7. Lawrence K., McRae A., Alley S., Energy Conservation Sourcebook, Aspen System Corporation, Rockville, Maryland, 1980.
8. Diamant R., Industrial Energy Efficiency, Part 4: Plate-and Spiral Flow heat Exchangers, The Heating and Air Conditioning Journal, November 1982.
9. Diamant R., Industrial energy efficiency, part 6: Termal wheels, The Heating and Air Conditioning journal, January 1983.
10. Enerji Bilgi Dosyası, Atık Enerji, Koç Arge Yayını.
11. Isı tekeri, Munters, Teknik Katalogu,
12. Güngör A., Düzlemsel Güneş Enerjisi Toplayıcılarında Isı Uygulamaları ve Prototip bir toplayıcının Geliştirilmesi Üzerinde Deneysel Çalışmalar, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 10, sayı 4, Aralık 1987, S. 15-21.
13. Güngör A., Enerjinin Verimli Kullanımında ve Enerji Tasarrufunda Isı Boruları, 6. Enerji Tasarrufu Semineri Tebliğleri, 11-13 Ocak 1988, İstanbul ,TÜYAP
14. Chi. SW., "Heat Pipe Theory and Practice",A Source book, Hemisphere Publishing Corp., 1976.
15. Dunn, P.D., Reay. D.A., "Heat Pipes", Third Edition, Pergamon Press, 1982.
16. Teba Teknik Yayınları. Sirküler-5, Isı borusu (termosifon) Değiştirgeçler.
17. Güngör A., .Enerji Geri Kazanım Sistemleri. 1.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildirileri TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 15-17 Nisan 1993, İzmir, 5.415-450.