



TTMD Adına Sahibi / Owner on Behalf of TTMD

Cafer Ünlü

Dergi Yayın Yönetmeni / Responsible for Publication

Murat Çakan

Yazı İşleri Müdürü / Responsible Editorial Manager

İbrahim Çakmanus

Dergi Yayın Kurulu / Editorial Board

Emre Akay

Zeki Aksu

Tuba Bingöl Altıok

Gürkan Arı

Suat Arzık

Kemal Gani Bayraktar

Mustafa Bilge

Abdullah Bilgin

Remzi Çelik

Eser Çizer

Necdet Dağdemir

Şaban Durmaz

Artuğ Fenercioğlu

Hasan Heperkan

Eren Kalafat

Gülten Manioğlu

Mustafa Özdemir

Yönetim Kurulu / Management Board

Cafer ÜNLÜ Başkan

Abdurrahman KILIÇ (Başkan Yardımcısı)

Hırant KALATAŞ (Başkan Yardımcısı)

M. Bülent ÖZGÜR (Başkan Yardımcısı)

Gürkan ARI (Genel Sekreter)

Aytekin ÇAKIR (Muhasep Üye)

Fevzi ÖZEL (Üye)

Güniz GACANER (Üye)

Handan ÖZGEN (Üye)

Kani KORKMAZ (Üye)

Kemal Gani BAYRAKTAR (Üye)

Murat GÜRENLİ (Üye)

Zeki AKSU (Üye)

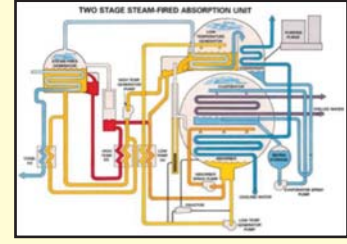
66. sayının ekidir.

ABSORBİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Hazırlayan: Dr. Doruk Oflaz

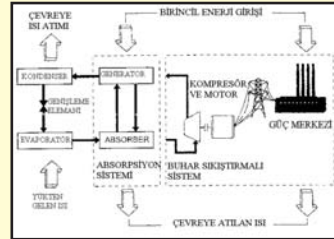
1. Giriş

Son yıllarda alışveriş merkezleri, büyük ofis binaları gibi yüksek miktarda elektrik tüketen, ısıtma ve soğutma ihtiyacı olan binaların sayısı artmıştır. Bu durum enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Enerjinin verimli kullanımını sağlamak, ekserji verimini artırabilmek için primer enerjiden önce elektrik üretilmesi, atık ısı ile ise kışın ısıtma yapılması ve yazın soğutma yapılması teknolojinin gelişmesi ile birlikte olanak dahiline girmektedir. Öte yandan güneş enerjisinin yoğun olduğu yaz günlerinde soğutma enerjisi ihtiyacı da yüksek düzeylerde olmaktadır. Termal depolama ile desteklendi güneş enerjisi ile absorpsiyonlu soğutma sistemleri kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Bir başka ifade ile atık ısı, güneş enerjisi ile ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen sıcak su olarak dahilinde olması halinde absorpsiyonlu sistemler ilk yatırım maliyetleri yüksek olsa da işletmede sağladıkları enerji ekonomisi nedeniyle gittikçe artan miktarda kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin yeterli düzeyde olması nedeniyle ülkemizde de bu tür sistemlerin yaygınlaşmasında yarar vardır.



2. Teknik Özellikler

Bu sistemler soğutkan (soğutucu akışkan) olarak suyu ve amonyaklı kullanan sistemler olarak sınıflandırılabilir. Suyun soğutkan olduğu ürünler sınıfında soğutucu (absorbent) olarak lityum bromit (LiBr) kullanan büyük ticari chiller'ler birincil öneme sahiptir. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin iki ana yararı söz konusudur; (1) atık ısı ile çalışırlar, (2) mekanik bir buhar sıkıştırma süreci gerektirmezler. Bu makineler ayrıca atmosfere zararlı emisyon salmazlar ve elektrik tüketimi azdır, ısı kalitesini ve kütle transferini düşüren yağlama yağları da bulunmaz. Değişik ekipmanlar bir yakıtın doğrudan yakılmasıyla elde edilen ısı, değişik atık akışkanların sahip olduğu ısı yada buhar veya sıcak su ile (ya direk yanmadan yada sıcak atık akışkanlardan elde edilen) çalıştırılır. Şekil 1'de absorpsiyonlu ve buhar sıkıştırmalı çevrimler arasındaki benzerlikler gösterilmektedir. Doğalgazla çalışma bakımından soğutmalı makinenin yıllık doğal gaz talebi diğeri ile aynı seviyededir. Enerji tasarrufu yönünden birincil tahrik enerjisi ile atık ısı kullanımı önemli bir verimlilik ortaya koyar.



Şekil 1. Absorpsiyonlu ve buhar sıkıştırmalı sistemler arasındaki benzerlikler.

Elemanlar ve terimler

Buhar veya sıcak akışkanları kullanan makineler endirek-ateşlemeli, bir fosil yakıtın yanmasını kullanan makineler ise direk-ateşlemeli olarak adlandırılır. Sıcak atık gazları ısı kaynağı olarak kullanan makineler de endirek olarak adlandırılabilirse de, bunlar genellikle ısı geri kazanımlı chiller'ler olarak adlandırılır.

Tipik olarak gövde-boru (shell & tube) türü ısı eşanjörü olan çözelti iyileştirici ısı eşanjörleri genelde ekonomizör adını alır. Bunlar sıcak ve soğuk soğurucu çözeltiler arasında ısı transferi yaparak enerjinin tekrar kullanımını sağlar. Yapım malzemeleri yumuşak çelik yada paslanmaz çeliktir.

Yoğuşum suyu alt-soğutma ısı eşanjörleri çözelti ısı eşanjörlerinin bir türü olup, buhar kaynaklı, çift etkili makinelerle bazı buhar-kaynaklı, tek-etkili makinelerde kullanılır. Bu ısı geri-kazanım eşanjörleri yoğuşan buharı jeneratöre giren çözeltilere ısı eklemekte kullanılır.

Endirek ateşlemeli jeneratörler genellikle, soğurucu çözeltinin boruların dışından geçtiği veya püskürtüldüğü, ısı kaynağının (buhar veya sıcak su) boru içinden geçtiği boru-kovan türü bir yapıdadır. Soğurucu çözelti boruların dışında kaynarken elde edilen orta yada yüksek derişimdeki soğurucu çözelti jeneratör içinde bir çıkış borusundan akar. Durumu, değışen soğutkan buharı perdeler, damla tutucular, ve düşük hız bölgeleri içeren bir buhar-sıvı ayırıcısından geçerek, kondenser bölümüne doğru akar. Soğurucun içinde bulunduğu depolar demir malzemeden yapılırken, boru demetinde bakır, bakır-nikel alaşımı yada titanyum kullanılır.

Direk ateşlemeli jeneratörler bir alev-borusu bölümü ile bir buhar/sıvı ayırıcı bölüm içerir. Alev-borusu tipik olarak çift-cidarlı bir tank görünümünde olup, içteki boşluk radyatif yada çıplak-alevli fuel oil veya doğal gaz brülörünü alacak genişliktedir. Seyreltik çözelti, tankın iç ve dış duvarları arasından çevresel olarak dolaşırken iç duvara temas yoluyla ısıtılır. Duman borusu, tipik olarak doğrudan alev borusuna bağlanmış olan bir boru yada plaka biçimindedir.

Alev borusu bölümünden gelen ısıtılmış çözelti ısı eşanjörünün bir tarafından akarken, duman gazları diğer kısımdan akar. Sıcak duman gazları soğurucu çözeltiyi bir kez daha ısıtarak kaynamasına neden olur. Duman gazları jeneratörden çıkarken, derişik haldeki soğurucu çözeltisi ve soğutkan buharı karışımı buhar/sıvı ayırıcı odasından geçer. Bu odada, soğurucu çözeltisi soğutkan buharından ayrılır.

İmalat malzemeleri soğurucuyu içeren depolar için yumuşak çelik, duman gazı ısı eşanjörü için yumuşak veya paslanmaz çeliktir. İkincil yada ikinci-kademe jeneratörler sadece çift yada çok kademeli makinelerde kullanılır. Bunlar hem alçak basınç tarafı için jeneratör hem de yüksek basınç tarafı için kondenser işlevine sahiptirler. Genellikle boru-kovan türü olup, tek-etkili makinelerin endirek ateşlemeli jeneratörleri gibi çalışırlar. Boruların iç kısmında olan ısı kaynağı, birincil jeneratör kabuğundan gelen yüksek sıcaklıktaki soğutkan buharlarıdır. İmalat malzemeleri, soğurucu içeren depolar için yumuşak çelik ve borular için genellikle bakır-nikel alaşımı yada paslanmaz çeliktir. Damla tutucular, tipik olarak paslanmaz çelikten yapılır.

Evaporatörler üzerine sıvı soğutkanın döküldüğü yada püskürtme yoluyla verilip buharlaştığı genellikle boru-kovan türü ısı eşanjörleridir. Soğutulacak sıvı boruların içinden geçer. Evaporatör boru demetleri genellikle bakır yada bakır-nikel alaşımından olurken, soğutkanı içeren bölümler yumuşak çelikten yapılır. Sis önleyiciler ve boşalma tavaları tipik olarak paslanmaz çelikten imal edilir.

Soğurucular, soğutkan buharının bulunduğu bir ortamda güçlü soğurucu çözeltinin püskürtüldüğü yada üzerine döküldüğü boru

demetlerinden oluşur. Soğutkan buharı, soğurucu çözelti içerisine emilirken, seyreltim ısısını ve yoğuşma ısısını dışarı verir. Bu ısı, borulardan akan soğutma suyu tarafından alınır. Zayıf hale gelen soğurucu çözeltisi, soğurucu boru demetinin altından çıkar. Soğurucuyu içeren parçaların yapım malzemesi yumuşak çelik boru demeti için bakır-nikel alaşımıdır.

Kondenserler, tek etkili makinenin jeneratörüne veya çift etkili makinenin ikinci kademe jeneratörüne yakın yerleştirilmiş boru demetlerinden oluşur. Su soğutmalı boru demeti, jeneratörden gelen soğutkanı boru yüzeylerinin üzerinde yoğuşturur. İmalat malzemeleri, soğutkanı içeren parçalar için yumuşak çelik, paslanmaz çelik yada diğer korozyona direnimli malzemeler olup, boru demeti için bakırdır. Özel sular için, kondenser boruları birimin performansını düşüren bakır-nikel alaşımından yapılabilir. Yüksek kademe kondenserleri, sadece çift-etkili makinelerde bulunur. Bu tür kondenserler tipik olarak, ikinci kademe jeneratör borularının içindedir. Birinci kademe jeneratöründen gelen soğutkan buharı, boruların içinde yoğuşur ve elde edilen ısı, boruların dış yüzeyleri tarafından ısıtıldığında ikinci kademe jeneratörünün kovanı içerisindeki soğurucu çözeltinin ısıtılmasında kullanılır. Pompalar, soğurucu çözeltisini ve sıvı soğutkanı makine içerisinde harekete geçirir. Pompalar tekil (bir motor, bir rotor ve bir akışkan) yada birleşik (bir motor, birkaç rotor ve birkaç akışkan) biçiminde uyarlanabilir. Motor ve pompalar hermetik yada yarı-hermetik olur. Motorlar soğutmalıdır ve yataklar ya pompalanan akışkanla yada filtre edilmiş bir soğutkan beslemesiyle yağlanır. Rotorlar tipik olarak pirinç, dökme demir ve paslanmaz çelikten yapılırken yataklar metal emdirilmiş karbon malzemeden yapılmış rulmanlı yataklardır.

Soğutkan pompaları (kullanılıyorsa) yüzeyleri daha etkin biçimde ısılatmak ve ısı transferini iyileştirmek için evaporatörün altındaki soğutkan haznesinden soğutkanı alıp boru demetlerinden dolaştırmakta kullanılır.

Seyreltik çözelti pompaları, seyreltik soğutkanı soğurucu haznesinden alıp jeneratöre pompalar.

Soğurucu püskürtme pompaları, soğurucu çözeltiyi soğurucu boru demeti üzerinde dolaştırarak soğurucu yüzeylerinin iyi biçimde ısıtılmasını sağlar. Bu pompalar bütün ekipman tasarımlarında bulunmaz. Bazı tasarımlar derişik çözelti akımını soğurucu spreylere içine göndermekte bir jet-meme kullanır. Başka bir tasarımda, soğurucu ile jeneratör arasındaki basınç farkından yararlanarak ve kendi ağırlığı ile düşen dağıtıcılarla besleme yapılır. Hava atma sistemleri, lityum bromitli sistemlerde makineye girebilecek olan yoğuşturulamayan gazların (hava) ve makinenin çalışması sırasında sisteme girebilen hidrojenin (korozyon ürünü gaz) ortamdan çıkartılması için kullanılır. Küçük miktarlarda bile, yoğuşturulamayan gazlar soğutma kapasitesini düşürür ve hatta çözeltinin kristalleşmesine bile yol açabilir. Hava alma sistemleri, kapasiteleri 350 kW ve üstünde olan büyük sistemler genellikle şu ekipmanları içerir:

- Genelde büyük soğurucu boru demetinin altına yerleştirilen buhar toplama boruları,
- Soğurucu boru demetine yada soğurucu/evaporatör tankının dışına yerleştirilen yoğuşturulamayan gazları ayırma deposu ve depolama tankları,
- tankında toplanan yoğuşturulamayan gazları belirli dönemlerde almakta kullanılan vakum pompası veya çözelti pompası basıncını kullanarak çalışan vana sistemi

¹ jet eductor

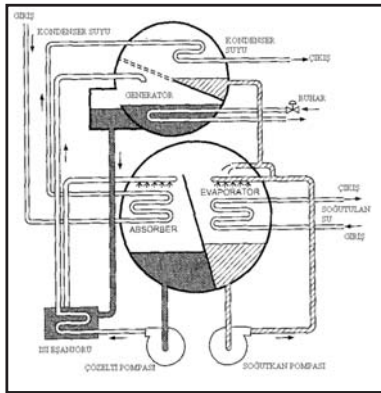
Bazı değişik türlerde, pompalanan soğurucu çözelti tarafından tahrik edilen buhar toplama borularının altına alınan buhar örneği hacmini artırmak üzere jet pompalarını (eductor memeleri) ve havadan temizlenen akımdaki su buharını ayırmakta kullanılan soğurucu odaları bulunur.

Büyüklikleri nedeniyle küçük sistemlerde daha az kaçak söz konusudur ve bunlar da kolaylıkla bulunabilir. Bunun sonucu olarak, küçük sistemler çözelti damlaması ve buhar balon pompaları ile hava atma aküsünün değişik biçimlerini kullanılır. Paladyum Hücreleri: Küçük miktardaki korozyon ürünü hidrojeni sürekli almak için, büyük direk-yanmalı ve küçük endirek makinelerde bulunur. Bu araçlar ince zar malzemelerin sadece hidrojen gazına geçirgen olması ilkesine göre çalışır. Bu korozyon önleyicilerin doğru çalışabilmeleri için, kabul edilebilir düzeyde kirlilik ve çözeltinin doğru bir pH aralığında olması gereklidir. Çözeltinin pH değeri lityum hidroksit veya hidrokarbonik asit ekleyerek kontrol edilir. Tasarım performansını elde etmek için bir çok lityum bromit² li tesiste performans katkıları kullanılır. Aynı anda su buharının emilmesi ve lityum bromit çözeltisinin soğutulması için ısı ve kütle transfer katsayıları, iyileştirilmeyi gerektiren nispeten küçük değerlerdedir. Tipik bir katkı oktil alkollerden birisi olabilir.

Korozyon önleyiciler, havanın bulunması durumunda çözeltinin makinenin içsel elemanları üzerindeki korozyon yapıcı etkilerinden korunmak amacıyla kullanılır ve genelde lityum kromat, lityum nitrat, lityum molibdat gibi kimyasallardır. Bu kimyasallardan her biri, korozyon kontrol sisteminin bir elemanı olarak kullanılır. Performans artırıcı katkılar, çoğu lityum bromit ekipmanında istenen tasarım performansına ulaşmak için kullanılır. Eş-zamanlı olarak hem su buharının emilmesi hem de lityum bromit çözeltisinin soğutulmasındaki ısı ve kütle transferi katsayıları iyileştirilmesi gereken düşük bir değerdedir. Tipik katkı, oktil alkollerden biridir.

Tek Etkili Lityum Bromit Chiller'leri

Şekil 2' de ticari olarak bulunabilen tek etkili endirek ateşlemeli bir sıvı chillerin temel elemanların birkaç uyarılma biçiminden birisini göstermektedir. Tablo 1' de ise bu chillerin temel nitelikleri



Şekil 2 İki Kovanlı su-lityum bromit çevrimiyle çalışan su soğutucu.

sergilenmektedir. Çalışma sırasında, seyreltik soğurucu çözeltinin boruların dışında kaynamasını sağlamak için jeneratör borularına sıcak akışkan veya buhar yoluyla ısı verilmesi gerekir. Soğurucudan ayrılan soğutkan buharı (su buharı) damla tutucular arasından geçerek kondensere akar ve burada bir kaynaktan (genellikle bir su kulesi) gelen suyla soğutulurak yoğunlaşır. Hem buharlaşma hem de yoğunlaşma yaklaşık 6 kPa basınçta bulunan ortak bir buhar hacminde ortaya çıkar.

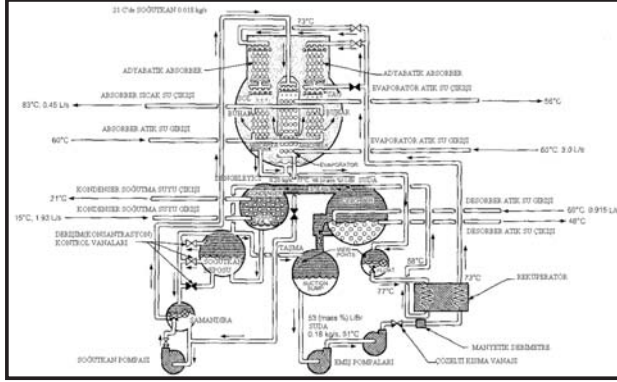
Yoğuşan soğutkan kondenserin altındaki bir orifisten yada sıvı cebi içerisinden geçerek evaporatöre girer ve içerisinden ısı yükünü oluşturan suyun geçtiği boruların dışında temas yoluyla ısı çekerek kaynamaya başlar. Bu süreç sırasında soğutkanın kaynaması için gerekli ısıyı veren ve boruların içerisinden akan su ısı vererek soğur. Buharlaşmayan soğutkan evaporatörün altındaki soğutkan pompasında toplanır ve evaporatör boru demetinin üzerinde bulunan dağıtım sistemine pompalanır ve buradan tekrar sprey halinde evaporatör borularının üzerine düşer. Jeneratöre giren seyreltik (soğurma gücü düşük) olan soğurucu çözelti buharlaşıp içerdiği su buharını serbest bırakırken derişimi artar (sudaki soğurucu miktarı yüzdesi). Oluşan derişik çözelti jeneratörden çıkarak, çözelti eşanjörünün bir tarafından geçip jeneratöre doğru giden zayıf soğurucu çözeltisini ısıtarken kendisinin soğuyacağı çözelti ısı eşanjörüne girer. Bu işlem, jeneratörde kaynaması için seyreltik çözeltiye verilmesi gereken birincil ısı kaynağından gelen ısı enerjisi miktarını düşürdüğü için makinenin verimini artırır.

Soğuyan derişik soğurucu çözeltisi, (bazı tasarımlarda, bir jet-memesinden veya sprey pompasından geçerek), soğurucu boruların üzerine yerleştirilmiş bulunan dağıtım sistemine doğru akar ve buradan soğurucu boruların dış kısmına damlar veya sprey halde püskürtülür. Soğurucu ve evaporatör basıncı yaklaşık olarak 0,7 kPa olan ortak bir buhar hacmini paylaşır. Bu, evaporatörde buharlaşan soğutkanın, soğurucu borularının üzerinden akan soğurucu tarafından kolayca emilmesine olanak verir. Oluşan zayıf soğurucu çözeltisi soğurucu borularından çıkarak soğurucu haznesine ve buradan da soğurucu pompasına akar. Pompa ve boru tesisatı zayıf soğurucu çözeltisini, jeneratörden dönen derişik soğurucu çözeltisinden ısı alacağı ısı eşanjörüne iletir. Buradan sonra zayıf soğurucu çözeltisi jeneratöre akarak çevrimi tamamlar.

Tablo 1 Tipik Tek-Etkili, Endirek Ateşlemeli,Su/Lityum Bromit Absorpsiyon Chilleri Performans Karakteristikleri	
Buhar giriş basıncı	60~80 kPa(okuma)
Buhar tüketimi (kilowatt soğutma başına)	1,48~1,51 kW
Sıcak akışkan giriş sıcaklığı	115~132°C bazı atık ısı kullanan makinelerde 88°C'ye kadar düşük
Isı girdisi miktarı (kilowatt soğutma başına)	1,51~1,54 kW bazı küçük makinelerde 1,43 kW'a kadar düşük
Soğutma suyu sıcaklığı, girişte	30°C
Soğutma suyu debisi (soğutmanın kW'ı başına)	65 mL/s; bazı küçük makinelerde 115 mL/s
Soğutulmuş su sıcaklığı	6,7 °C
Soğutulmuş su debisi (kilowatt soğutma başına)	43 mL/s.Bazı uluslar arası makinelerde 47 mL/s
Elektrik gücü (kW soğutma başına)	3~11 Watt, bazı küçük makinelerde 1 W
Fiziksel Karakteristikler	
Adsal kapasiteler	180~5800 kW.Bazı küçük makinelerde 18~35 kW
Uzunluk	3,3~10 m.Bazı küçük makinelerde 0,9 m
Genişlik	1,5~3,0 m Bazı küçük makinelerde 0,9m
Yükseklik	2,1~4,3 m Bazı küçük makinelerde 1,8 m kadar küçük
Çalışma Kütlesi	5~50 Mg, Bazı küçük makinelerde 320 kg

² liquid trap

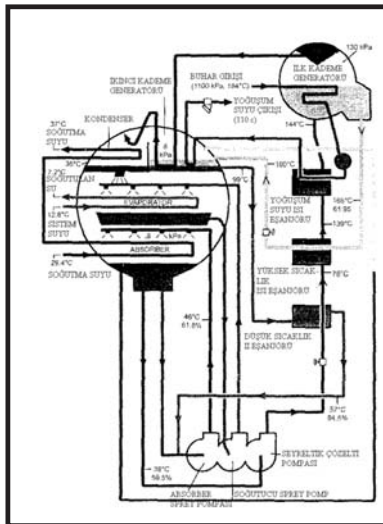
Bu makineler tipik olarak düşük basınçlı buhar yada orta basınçlı sıcak sıvıyla tahrik edilir. Birkaç üretici, soğutma kapasiteleri 180~5840 kW arasında olan makineler üretmektedir. Uluslararası piyasalardan 18~35 kW soğutma kapasitesinde makineler de sağlanabilmektedir. Büyük, tek etkili makinelerin Amerikan Soğutma Kurumu değerlemesine göre COP'leri 0,7~0,8 civarındadır.



Şekil 3. Tek etkili ısı dönüştürücü.

Tek Etkili Isı Dönüştürücüleri

Şekil 3' de tek etkili bir ısı dönüştürücünün (veya Tip 2 ısı pompasının) şematik resmini göstermektedir. Bütün ana elemanlar tek etkili indirek tahrikli sıvı soğutucusuna benzerdir. Bununla birlikte, bir chillerdekinin tersine, soğurucu/evaporatör basınç düzeyinin, desorber (jeneratör) /kondenser çiftinin basıncından yüksek olması nedeniyle soğurucu/evaporatör birimi, jeneratör/kondenser biriminin üzerine yerleştirilmiştir. Yüksek basınçlı soğutkan sıvı halde üstten evaporatöre girer atık bir sıcak su akımından çekilen ısıyla buharlaştırılır. Buhar, gelen derişik çözelti tarafından emileceği soğurucu bölümüne doğru gider. Bu proses sırasında serbest bırakılan ısı ikincil akışkan akışındaki sıcaklığı yararlı bir düzeye çıkarmakta kullanılır. Seyreltik hale gelen çözelti, soğurucu kovanının (shell) altından çıkarak bir çözelti eşanjörü arasından geçerek burada derişik soğurucu çözeltisine ısı verir. Isı eşanjöründen sonra, seyreltik çözelti, jeneratöre girmeden önce basıncının düşürüldüğü bir kısılma elemanı içerisinden geçer ve jeneratörde, atık sıcak-sudan alınan ısıyla düşük basınçlı buhar haline gelir. Zengin durumdaki çözelti jeneratörün altından çıkar ve çözelti pompasıyla soğurucuya basılır.



Şekil 4 Çift etkili, indirek yarımalı chiller.

Düşük basınçlı soğutkan buharı, jeneratörden kondensere geçerek burada ikincil soğutkan akışkanına ısı vererek yoğunur. Düşük basınçlı yoğunlaşma sıvısı kendi ağırlığı ile bir hazneye akar ve buradan evaporatöre pompalanır. Buharlaşmayan soğutkan evaporatörün altında toplanır ve kondenserin altındaki depolama haznesine geri döner. Soğutkan pompasının bastığı debinin kontrol edilmesi ve çalıştırma sırasında veya düşük miktarda kondenser akışına neden olan diğer herhangi bir işletme durumunda, buharın evaporatörden kondensere geri akması için gerekli önlemler alınmış olmalıdır. Birimin bu biçimde buharı geri üflemesini önlemek, için tipik olarak bir sıvı kolonu ile evaporatöre sıvı akışını kontrol edebilir bir şamandıralı vana kullanılır. Sadece kısmi bir buharlaşma ile sıvının uygun biçimde dağıtılmasını sağlamak için bir miktar fazla sıvı akışı korunur.

Tablo 2 Tipik Çift-Etkili, Endirek Ateşlemeli, Su/Lityum Bromit Absorpsiyon Chilleri Performans Karakteristikleri

Buhar giriş basıncı	790 kPa(okuma)
Buhar tüketimi (kilowatt soğutma başına)	780~810 W
Sıcak akışkan giriş sıcaklığı	188°C
Isı girdisi miktarı (kilowatt soğutma başına)	0,83 kW
Soğutma suyu giriş sıcaklığı	30°C
Soğutma suyu debisi (soğutmanın kilogramı başına)	65~80 mL/s
Soğutulmuş su çıkış sıcaklığı	7°C
Soğutulmuş su debisi (kilowatt soğutma başına)	43 mL/s
Elektrik gücü (kW soğutma başına)	3~11 W
Fiziksel Karakteristikler	
Adsor kapasiteler	350~6000 kW
Uzunluk	3,1~9,4 m
Genişlik	1,8~3,7 m
Yükseklik	2,4~4,3 m
Çalışma Kütleli	7~60 Mg

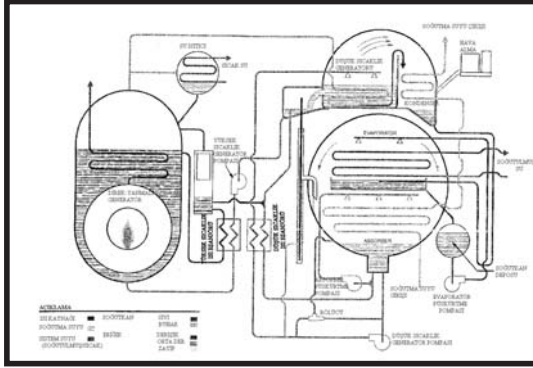
Çift Etkili Chillerler

Şekil 4' te çift etkili, indirek ısı tahrikli sıvı chilleri gösterilmiştir. Tablo 2' de ise bu chiller için tipik karakteristikler listelenmektedir. Eklenen bir jeneratör (ilk kademe yada birincil jeneratör), bir kondenser, ısı eşanjörü ve seçime bağlı yoğunlaşma sıvısına alt soğutma veren ısı eşanjörü dışında bütün temel elemanlar aynıdır. Çift etkili absorpsiyon makinesinin çalışma biçimi tek-etkili makineye benzerdir. Birincil jeneratör seyreltik soğurucu çözeltisini kaynatmak için bir dış kaynaktan ısı alır. Birincil evaporatörün buhar bölümündeki basınç yaklaşık 100 kPa civarındadır. Bu buhar ikinci-etki jeneratöründeki boruların içerisinden akar. Bu basınçta, soğutkan buharı kaynamaya yetecek kadar yüksek bir yoğunlaşma sıcaklığında olup boruların dışındaki çözeltiyi derişik hale getirir ve böylece ek bir ısı eklemesi olmaksızın fazladan bir buhar yaratır.

Seyreltik çözeltiyi ön-ısıtmak için fazladan bir çözelti ısı eşanjörü (yüksek sıcaklık ısı eşanjörü) birincil jeneratörden gelen ve bu elemana giden orta derişimli ve seyreltik çözelti akımları arasında yerleştirilir. Birincil ve ikincil jeneratörlerin buhar bölümleri arasında nispeten yüksek bir basınç farkı bulunduğuundan, iki jeneratör arasında bir sıvı sızdırmazlığını korumak için, yüksek sıcaklık ısı eşanjörünün dışında çözelti akımı için bir mekanik kontrol elemanı yerleştirmeye gerek vardır. Isı eşanjörü çıkışında

birincil jeneratörden çıkan sıvı düzeyi ile kontrol edilen bir vana bu sızdırmazlığı koruyabilir.

Buhar yoğunlaşım sıvısına alt-soğutma vererek birincil ısı kaynağı buharından ek bir ısı çıkarmak için bir yada daha fazla yoğunlaşım sıvısı ısı eşanjörü kullanılabilir. Bu ısı jeneratörlerden birisine doğru akan seyreltik yada orta derişimdeki çözeltiye eklenir. Bunun sonucunda, ısı miktarı aynı kalsa da, belirli bir soğutma tesiri üretmek için gerekli olan buhar miktarında azalmaz. Yoğunlaşım sıvısı değişimi ile COP'de bir iyileşme olmaz.



Şekil 5

Tek-etkili makinede olduğu gibi, soğurucuya akan derişik soğurucu çözeltisi seyreltik çözeltiyle karıştırılarak, soğurucu borularının üzerinden pompalanabilir veya doğrudan düşük sıcaklıklı ısı eşanjöründen soğurucuya akar. Yine, tek-etkili makinelerde olduğu gibi, bir yada iki gövde altında dört temel eleman bulunur.

Tablo 3 Tipik Çift-Etkili, Direk Ateşlemeli, Su/Lityum Bromit Absorpsiyon Chilleri Performans Karakteristikleri	
Yakıt tüketimi (yakıtın üst ısı değeri) (kW soğutma başına)	1 ~1,1 kW
COP(üst ısı değeri)	0,92~1,0
Soğutma suyu giriş sıcaklığı	30°C
Soğutma suyu akış kütlesi	79~81 m L/s
Soğutulmuş su çıkış sıcaklığı	7°C
Soğutulmuş su debisi (kW soğutma başına)	43 mL/s
Elektrik gücü (kW soğutma başına)	3~11 kW
Fiziksel Karakteristikler	
Adsor kapasiteler	350~5300 kW
Uzunluk makinelerde minimum 1,5 m	3,0~10,4 m bazı
Genişlik makinelerde minimum 1,2 m	1,5~6,5 m bazı
Yükseklik	2,1~3,7 m
Çalışma Kütlesi makinelerde minimum 1,5 Mg	5~80 Mg bazı

Aşağıdaki çözelti akış çevrimleri kullanılabilir.

Seri Akış: Soğurucudan çıkan bütün çözelti, Şekil 4' te gösterildiği gibi bir pompa ile basılarak sırasıyla alçak-sıcaklık ısı eşanjörü, yüksek sıcaklık ısı eşanjörü, ilk-kademe jeneratörü, yüksek sıcaklık ısı eşanjörü ikinci kademe jeneratörü düşük sıcaklık ısı eşanjörü ve soğurucudan geçer.

Paralel Akış: Soğurucudan çıkan çözelti, birleşik düşük ve yüksek sıcaklık çözelti ısı eşanjörünün uygun kısımlarından pompalanır ve sonra birinci ve ikinci kademe jeneratörlerine bölünür. Her iki çözelti akımı, birleşik çözelti ısı eşanjörünün ilgili bölümlerine döner, birleşir ve soğurucuya geri döner.

Ters Paralel Akış: Soğurucudan çıkan bütün çözelti Şekil 5' te gösterildiği gibi düşük-sıcaklık ısı eşanjöründen ve sonra ikinci kademe jeneratörüne pompalanır. Bu jeneratörden çıktıktan sonra çözelti akımı ikiye ayrılırken bir kısmı yüksek sıcaklık eşanjörüne ve oradan soğurucuya gider. Diğer kısım sırasıyla bir pompadan, yüksek sıcaklık ısı eşanjörü, ilk-kademe jeneratörü ve yüksek-sıcaklık ısı eşanjöründen geçer. Bu makineler tipik olarak, 550~990 kPa basınçtaki orta basınçlı buhar veya 150~200°C' deki sıcak su ile tahrik edilir. Tipik çalışma COP' si 1,1 ~1,2 arasındadır. Bu makineler 350~6000 kW kapasiteler arasında birkaç üreticiden sağlanabilir. Şekil 5' te ticari olarak üretilen çift-etkili, direk-ateşlemeli ters paralel akımlı çevrimle çalışan makinenin şemasını göstermektedir. Tablo-3 bu chillerin tipik karakteristiklerini sıralamaktadır. Bütün temel elemanlar çift etkili endrek ateşlemeli chillere benzer yapıda olup farklılıklar, direk ateşlemeli birincil jeneratör yerine endrek-ateşlemeli bir jeneratör kullanılması ile buhar yoğunlaşım suyuna alt soğutma veren ısı eşanjörünün kaldırılmış olmasıdır. Bu makinelerin çalışmaları, çift etkili endrek ateşlemeli makinelerle aynıdır. Tipik bir direk ateşlemeli, çift etkili makine ısıtma çevrimli olarak sipariş edilebilir. Bazı birimler bir ısı eşanjörü yardımıyla yaklaşık 80 °C civarında sıcak su ile soğutulmuş suyu aynı anda veren bir yapıdadır. Birleşik yük maksimum brülör girdisi ile sınırlıdır.

Bu makineler tipik olarak doğal gaz veya fuel-oil ile çalıştırılır (çoğunda çift yakıt olanağı bulunur). Fuel-oil yakıt temelinde COP'si 0,92~1,0 arasındadır. Bu makineler birkaç üretici tarafından ticari olarak üretilmekte olup kapasiteleri, 350~5300 kW arasında değişir.

İşletme

Modern su/lityum bromit sistemleri arıza yapmayan ve çalıştırması kolay makinelerdir. Herhangi bir diğer ekipman gibi, üreticinin önerdiği işletme ve bakım konularına önemli bir dikkat gösterilmelidir. Aşağıdaki karakteristikler lityum bromitli absorpsiyon ekipmanlarının hepsinde ortaktır.

İşletim sınırları: Evaporatörden çıkan soğutulmuş su sıcaklığı normalde 4~15 °C arasında olmalıdır. Üst sınır yağlama yağına bağlı olup biraz daha esnektr. Su 0 °C'de donduğu için bir alt-sınır söz konusudur.

Absorber borularına giren soğutulmuş-su bazı makinelerde 21~35 °C arasında olursa da, genellikle 7~43 °C arasında sınırlandırılır. Bir üst sınırın bulunmasının nedeni, jeneratör-absorber yada kondenser-evaporatör arasında veya her ikisinde bir hidrolik basınç farkı olması ile soğurucu derişimi korozyon etkilerinin düşürülmesi nedeniyle.

Bir alt sınır olmasının nedeni, çok düşük soğutma suyu sıcaklıklarında kondenser basınç düşümü çok fazla ve aşırı buhar hızları çözeltiyi kondenserdeki soğutkana taşır. Yüksek yüklerde soğutma suyu sıcaklığının aniden düşürülmesi, yine kristalleşmeyi de artırırken böylece bazı üreticiler kristalleşmeyi önlemek için çözeltiyi seyreltirler. Soğutkan beslemesi sınırlandırılarak bu seyreltim işlemi kademeler halinde gerçekleştirilir.

Çalışma Kontrolleri: Modern absorpsiyonlu makineler elektronik kontrol sistemleriyle donatılmıştır. Kontrol sisteminin temel işlevi, absorpsiyonlu makineyi güvenli çalıştırmak ve üzerinde bulunan yük gereksinimlerini karşılamak için kapasitesini değiştirmektir.

Kondenser ve evaporatör arasındaki soğutkan akışı tipik olarak orifislerle yada sıvı cepleri (sadece düşük kademe kondenserleri için uygundur) ile kontrol edilir.

Jeneratör ile soğurucu arasındaki çözelti akışında, akış kontrol vanaları (çift etkili makinelerin birincil jeneratörü), değişken-hızlı çözelti pompaları, yada sıvı cepleri kullanılır. Kondenser ve evaporatör arasındaki soğutkan akışı genellikle orifisler (yüksek veya düşük kademe kondenserleri) ya da sıvı cepleri (sadece düşük kademe kondenserleri için uygundur) kullanılır.

Jeneratörler ile soğurucular arasındaki özetti akış kontrolü, tipik olarak akış kontrol vanalarını (çift etkili makinelerin birincil jeneratörü), değişken hızlı çözelti pompalarını ya da sıvı ceplerini gerektirir. Evaporatörden çıkan soğutulmuş su sıcaklığı istenen bir değere ayarlanır. Bu ayar noktasından sapmalar, makine kapasitesi ve makineye uygulanan yükün birbiriyle örtüşmediğini gösterir. Makine kapasitesi, gerekiyorsa bundan sonra ısı girdisi kontrol cihazının modülasyonu ile kontrol edilir. Isı girdisinin değiştirilmesi eğer pompalanan soğurucu akışı sabit kalıyorsa, absorbere beslenen soğurucu çözeltinin değişmesiyle sonuçlanır. Bazı ekipmanlar, jeneratöre akış kontrolü ile birlikte kapasite etkisi üretmek üzere jeneratördeki çözelti için gerekli duyulur ısı ihtiyacını azaltan) çözelti akışı, modülasyon vanaları yada çözelti pompalarının hız kontrolünü kullanarak kısmi yük verimini artırır. Lityum bromit makinelerinin düşük giriş suyu sıcaklıkları çalışması yada çalışma sırasında soğutma suyu sıcaklıklarının hızlı biçimde düşmesi, jeneratörden kondensere sıvı taşınmasıyla ve sonuç olarak düşük sıcaklık ısı-eşanjöründeki soğurucu çözeltinin kristalleşmesi ile sonuçlanır. Bu nedenlerle, bir çok makine soğutma suyu giriş sıcaklığına dayanan ve makineye ısı girdisini kontrol eden bir kontrole sahiptir. Soğuk soğutma suyunun makine verimini iyileştirmesi nedeniyle, makinelerin soğuk soğutma suyu kullanma yeteneği önemlidir.

Yüksek düzeyli algoritmalarla elektronik kontrollerin kullanılması, eski pnömatik ve elektronik kontrollere göre, kısmi yükteki ve değişken soğutma suyu sıcaklığı ile çalışmayı önemli ölçüde iyileştirmiştir. Elektronik kontroller chiller kurulumunu ve çalışmasını basitleştirir ve daha güvenli hale getirir. Aşağıdaki adımlar, önceden saptanmış soğutulmuş su ve soğutma suyu ile çalışan absorpsiyonlu chillerin tipik bir başlatma-çalıştırma-durdurma sırası belirlenirken dikkate alınacak hususlardır(bu sıra bir üründen diğerine değişebilir)

1. Soğutma gerektiren sinyal bina kontrol cihazı ile yada soğutulmuş su sıcaklığındaki artışa tepki vermek üzere başlatılır
2. Chiller biriminin ve sistemlerin güvenlik elemanları kontrol edilir.
3. Çözelti ve soğutkan pompaları çalıştırılır
4. Isı girdi vanası açılır veya brülör çalıştırılır
5. Chiller yükü karşılamaya başlar ve soğutulmuş-su sıcaklığını, ısı girdisi kontrol cihazını modüle ederek istenen ayar noktasına getirmek üzere kontrol eder
6. Çalışma sırasında, bütün sınırlar ve güvenlik değerleri sürekli olarak kontrol edilir. Güvenli chiller çalışmasını elde etmek üzere uygun bir tepki üretilir.
7. Chillerdeki yük, chillerin minimum yeteneklerine düşürülür.
8. Isı girdi cihazı kapatılır.

9. Çözelti ve soğutkan pompaları soğurucu çözeltisini seyreltmek üzere birkaç dakika çalışmaya devam eder.

10. Çözelti ve soğutkan pompaları durdurulur.

Sınır ve Güvenlik Kontrolleri: Kapasite kontrollerine ek olarak, bu chillerler birkaç koruyucu cihaza gerek gösterir. Bazı kontroller birimi güvenli çalışma sınırlarında tutarken bazıları arızadan kaynaklanan yıpranma ortaya çıkmadan önce birimi durdurur. Elektronik kontroller söz konusu olduğunda her sınırlama ve kesme işlevi genellikle bir tek duyargayı (sensor) kullanır. Normalde absorpsiyon chiller'lerinde aşağıdaki sınırlama güvenlik olanakları bulunur:

Düşük-sıcaklık soğutulmuş su kontrol/durdurma. Kullanıcılara evaporatörden çıkan suyun sıcaklığını ayarlama olanağı sağlar. Bundan sonra kontrol, istenen ayar noktasını korumak üzere ısı girdi vanasını modüle eder. Bu kontrol, chillerin su sıcaklığı ile çalışması ve durmasını içerir. Düşük sıcaklık sınırına ulaşıldığında chillerin güvenlik nedeniyle durdurulmasına başvurulur. *Düşük sıcaklık soğutulmuş su sınırlama/durdurma.* Evaporatördeki bir duyarga (sensor) soğutkan sıcaklığını gözlemler. Düşük sıcaklık sınırına yaklaşıldığında, kontrol elemanı bundan sonraki yüklemeyi sınırlar ve daha sonra yüklemeyi keser ve nihayet chillerin durdurulmasını sağlar.

Soğutulmuş su, chiller soğutma suyu ve pompa, motor soğutma suyu akışı. Bu devrelerden herhangi birinde akış kesildiğinde, akış anahtarları, açar ve chilleri durdurur.

Pompa motorunun aşırı ısınması. Pompa motor sargılarındaki bir sıcaklık anahtarı, güvenli çalışma sıcaklığı aşıldığında açar ve chilleri durdurur.

Pompa motoru aşırı akım rölesi. Pompa motoruna giden akım gözlemlenir. Ve sınır aşıldığında chiller durdurulur. *Soğurucu derişimi sınırı* Chiller çalışması sırasında anahtar önemdeki çözelti ve soğutkan sıcaklıkları algılanarak, çözelti sıcaklığı ile çözelti kristalleşme sıcaklığı için güvenli sıcaklık aralığını belirlemede kullanılır. Bu güvenli aralık azalırken, kontrol elemanı önce chiller olan yüklemeyi sınırlar, daha sonra chillere yüklemeyi keser ve nihayet chilleri durdurur.

Bu tür kontrollere ek olarak, evaporatör sıvı depolama tavası ile soğurucu pompası arasında bir bünyesel taşma kontrolü içerir. Jeneratör/soğurucu akış devresinde soğurucu çözelti derişimi artarken evaporatör haznesindeki sıvı düzeyi artar. Çözelti ve soğutkanın ilk yükleme miktarları, jeneratör/soğurucu devresindeki maksimum güvenli derişime ulaşıldığında sıvı soğutkanın taşma yapacağı biçimde ayarlanır. Taşan sıvı soğutkan, soğurucu haznesine gider ve absorber çözelti derişiminin daha fazla artmasını önler. *Brülör arızası.* Direk-ateşlemeli brülörlerin çalışması tipik olarak kendi kontrol sistemi ile gözlemlenir. Bir brülör arıza belirtisi, chiller kontrolüne iletir ve genellikle chillerin durdurulmasını getirir.

Yüksek sıcaklık sınırı. Direk ateşlemeli chillerler brülör alev borusu yakınlarındaki sıvı soğutucu çözeltisi yakınlarında tipik olarak bir yüksek sıcaklık duyargası içerir. Bu sıcaklık yüksek sınıra yaklaştığında, kontrol birimi önce yüklemeyi sınırlar, daha sonra yüklemeyi keser ve nihayet chilleri durdurur.

Yüksek basınç sınırı. Çift etkili makineler ilk-kademe jeneratörünün üzerindeki buhar hacminde, tipik olarak bir basınç duyargası (sensor) içerir. Bu basınç yüksek sınırına yaklaşıırken, kontrol birimi, önce sonraki yüklemeyi sınırlar, sonra yüklemeyi keser ve nihayet chilleri durdurur.

Lityum bromitli absorpsiyon makinelerinin performansı, çalışma koşullarından ve üretici tarafından seçilen ısı transferi yüzeyinden etkilenir. Üreticiler, belirli çalışma koşulları için kendi ürünleriyle ilgili ayrıntılı performans bilgileri vermektedir.

Makinenin Kurulumu ve Bakım

Geniş kapasiteli lityum bromit absorpsiyonlu chillerler genellikle fabrikada eğitilmiş teknisyenler tarafından işletmeye alınır. Makinenin amaçlanan hizmet ömrü (20+ yıllar) içerisinde, tasarlandığı biçimde ve arızasız çalışmasını sağlamak için doğru işlemlerin uygulanması gerekir. Bir lityum bromitli absorpsiyonlu makinenin kurulumu ve çalışmaya başlatılması aşağıdakileri içerir.

1. İçteki hazne ve dağıtıcıların doğru işlev görmesi için birim düzelenir.
2. Gürültüye duyarlı alanlara yakın yerleştiriliyorsa, birimin tabandan soyutlanması sağlanır.
3. Fabrikada sağlanan sızdırmazlığın bozulmadığı doğrulanır
4. Soğutma birimi soğutkan suyla (damıtık veya deiyonize) ve lityum bromit çözeltisi ile doldurulur
5. Gerekliyse, soğurucu çözeltisine korozyon önleyici katkıları eklenir
6. Bütün kontrol duyargaları(sensor) ve kontrollerin doğru çalıştığı kontrol edilir
7. Soğutucu birim çalıştırılır ve performans katkıları eklenirken (özellikle oktil alkollerden birisi) yavaş yavaş tasarım koşullarına getirilir
8. Eğer gerekliyse, tasarım koşullarını elde etmek için, soğurucu/soğutkan dolgu düzeyleri ayarlanır. Doğru yapıldığında, chillerin ince-ayarı olarak adlandırılan bu işlem chillerin bütün çalışma aralığı içerisinde doğru ve güvenli bir çalışma göstermesine olanak sağlar.
9. Kontrollerin ince-ayarı yapılır.
10. Hava alma sisteminin çalışması kontrol edilir.

Önerilen periyodik çalışma kontrolleri ve bakım işlemleri tipik olarak aşağıdakileri içerir:

- Çalışmadan ve kaçaklardan kaynaklanan hava boşaltılır. Hava alma sisteminin doğru çalıştığından ve birimin kronik kaçaklara sahip olmadığı doğrulanır. Absorpsiyonlu chillere sürekli hava sızıntısı korozyon önleyicileri yıpratarak içsel parçaların korozyonu ve soğurucu çözeltisinin kirlenmesine chiller kapasite ve veriminin düşmesine, soğurucu çözeltinin kristalleşmesine neden olur.
 - Soğurucu çözeltisinden ve soğutkandan düzenli numuneler alınarak kirlenme, pH, korozyon önleyici düzeyi, performans katkısı düzeyi yönünden kontrol edilir. Bu kontroller, çözeltideki katkı düzeylerinin ayarlanmasında ve makinenin dahili arızalarının bir göstergesi olarak kullanılır.
- Hava alma, çözelti pompaları, kontroller ve brülörler gibi mekanik elemanların hepsi, üreticilerinin önerileri doğrultusunda düzenli bakım uygulanmasını gerektirir.

Konutsal Chiller'ler ve Elemanlar

1950' lerde, gaz şirketlerinin sponsorluğu altında üç firma gaz-yakıtlı, hava-soğutmalı bir chiller geliştirdi. Üretim hacminin 1960' larda yıllık 150.000' lere ulaşmasına rağmen 21.yüzyılın başlarında sadece bir tek firma kalmış olup, buradaki üretim hattı Özel ve Ortaya Çıkan Uygulamalar başlığında açıklanan GAX çevrimine değiştirilmiştir.

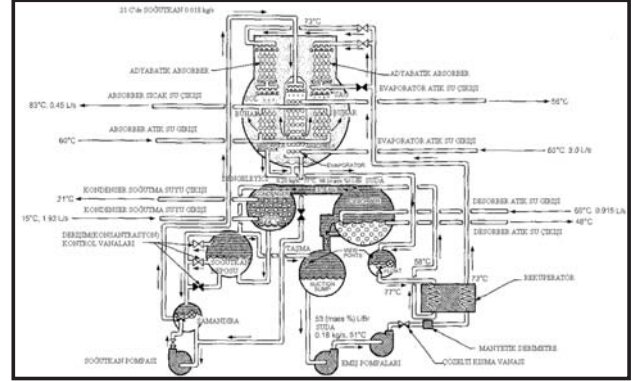
Şekil 6' da 10~18 kW kapasitelerde direk-yanmalı , hava-soğutmalı sıvı-soğutucu olarak bulunabilen amonyak/su çevrimine ilişkin çalışma şeması gösterilmektedir. Amonyak/su ekipmanı su/lityum bromit ekipmanından üç yönden farklılık gösterir;

- Su (soğurucu) de uçucu olduğundan zayıf soğurucunun güçlü soğurucuya değişimi bir oransal damıtma işlemidir.
- Amonyak (soğutkan) çevrimin 1930 kPa (mutlak) kondenser ve 480 kPa (mutlak) evaporatör basıncında çalışmasına neden olur.

Bunun sonucu olarak, depo büyüklükleri, küçük sistemlerde kod gereksinimlerinden kaçınmak ve pozitif yer-değiştirmeli pompaların kullanılabilmesi için çap 150 mm civarında tutulur.

- Havanın soğutulması, havaya dış tarafta kanatlar yardımıyla daha fazla temas yüzeyi sağlamak için soğurma ve yoğunlaşma borularının içinde ortaya çıkmalıdır.

Düşey tank, yanma ürünlerinden daha fazla ısı çekebilmek amacıyla dış tarafında kanatlıdır. İçsel olarak, analizör plakalar sistemi üretilen ve yükselen buhar ile alçalan soğurucu arasında yakın bir karşıt akım teması yaratır.



Şekil 6

Atmosferik gaz brülörlerinin çalışması jeneratörün yanmasında uygun bir hava akımı sağlayabilmek için kondenser hava fanına dayanırken, mevcut yanma ürünleri, kondenser ve soğurucu üzerinden geçen hava akımı ile karşıt. Zayıf ve güçlü soğurucular arasındaki ısı değişimi kısmen jeneratör-analizör içerisinde gerçekleşir. Güçlü-soğurucu çözeltisi analizör plakalarının arasından spiral biçiminde geçerken generasyon prosesi için gerekli ısıyı verir. Jeneratörden kılcak boru arasından ölçülünerek gelen güçlü (derişik) soğurucu çözeltisi zayıf çözeltiye dalmış ve çözeltinin soğuttuğu soğurucu adını alan helisel serpantinden geçer. Güçlü-soğurucu evaporatörden gelen buharın bir kısmını emerek, COP'yi geliştirmek üzere absorpsiyon ısısını çevrim içinde bırakır. Güçlü (derişik) soğurucu ve emilmeyen buhar çözelti ile soğutulan soğurucudan gelip hava-soğutmalı soğurucuya akmasını sürdürürken burada soğurma tamamlanarak, soğurma ısısı havaya atılır.

Çözelti-soğutmalı rektifiye edici, zayıf çözeltinin çözelti pompasından gelip soğurucuya ve jeneratöre giden akımlara ayrılmasını sağlayan bir bölücüdür. Serpantinden gelen yoğunlaşma sıvısı(tekerr jeneratöre gönderilir) ile buhar (hava soğutmalı kondensere devam eden) arasında karşıt akımlı temasa yardımcı olmak üzere bazı paketleme türleri uygulanır. Rektifiye edicinin işlevi, jeneratörden gelen buharın soğutularak içerdiği suyun çıkartılması yoluyla buhardaki amonyak miktarını artırmaktır.

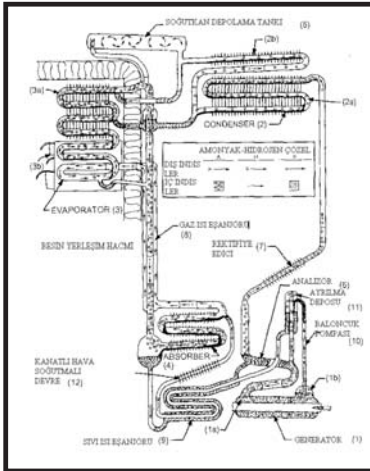
Soğurucu ve Kondenser: Bu kanatlı-boru ısı eşanjörleri, gelen hava akımının önemli bir bölümünün kondenser boruları üzerinden akmasını ve çıkış akımının önemli bir kısmının soğurucu boruları üzerinden geçmesini sağlayacak biçimde uyarlanır.

Evaporatör: Soğutulacak olan sıvı, içinde soğutma yükünü emen amonyakın buharlaştığı serpantin biçimindeki evaporatör üzerine damlalar halinde düşerken, ısısını bırakır. Atmosferik basınçta bulunan soğutulmuş su tarafında bir pompa soğutulmuş-suyu yük kaynağına sirküle eder. Evaporatöre giren soğutkan kondenser çıkışındaki kısıtlayıcılarla ölçülür. İç-içe boru türünden bir eşanjör soğutkanın birim kütlesi başına maksimum soğutma etkisini sağlar. İç-içe boru eşanjör tasarımı, özellikle amonyaktaki suyun,kalıntı miktarı azalırken yüksek sıcaklıklarda buharlaştığı bir sıvı kalıntısı bıraktığı bu çevrimde etkilidir.

Çözelti Pompaları: Esnek bir diyaframın ileri geri hareketi çözeltiye emme ve basma valfleri arasından hareket verir. Diyaframın karşı tarafına bir kanatlı yada pistonlu pompanın sağladığı hidrolik akışkan darbeleri bu hareketi yaratır.

Kapasite Kontrolü: Makine genellikle bir termostat yardımıyla çalıştırılıp durdurulur. Bir soğutulmuş su prosestadi, su sıcaklığının donma sıcaklığı yakınlara düşmesi durumunda brülörü durdurur. Soğutucu birimler yanmanın % 20 civarında azaltılmasıyla da daha düşük yüklerle düşürülür.

Koruyucu Araçlar: Tipik koruyucu araçlar (1) alev tutuşturma ve gözleme kontrolü (2) gaz akımına yol vermeden önce hava akımının varlığını doğrulayan bir gezer anahtar, (3) bir basınç boşaltma vanası, (4) bir jeneratör yüksek sıcaklık vanasını içerir. Ekipman Performansı ve Seçimi: Amonyaklı absorpsiyon ekipmanı, “ANSI Standart Z21.40.1 Dış mahalde Kurulu Gaz-yakıtlı, Isıyla Çalışan İklimlendirme ve Isı Pompası Uygulamaları” adlı standartta belirtilen gereklilikleri karşılamak üzere üretilir ve değerlendirilir. Değerleme koşulları, çevresel hava kuru terometre sıcaklığı 35 °C ve yaş terometre sıcaklığı 24 °C olup, soğutulmuş su çıkış sıcaklığı üreticinin belirlediği 7.2 °C’dir. Performans katsayısı (COP) olarak 0.5 civarındaki bir değer gazın üst ısı değerine dayanarak kabul edilebilir. Bir çok ürünün tek fırın,kanal yada fan-coil sistemine bağlanmasına karşılık, proses soğutması ve iklimlendirme amacıyla bağlanan birden çok birime de rastlanmaktadır. Yine chillerle dış mahalde kurulu bir kazanla paket halinde uygulanarak ısıtma ve soğutma yüklerinin gerektirdiği sıcak ve soğuk suyu verecek biçimde çalıştırılabilir. Evsel absorpsiyonlu buz dolapları, amonyak,su ve hidrojenin iş akışkanı olarak kullanıldığı değiştirilmiş bir soğurmalı çevrimi kullanır. Wang ve Herold (1992) bu çevrim hakkındaki literatürü gözden geçirmişlerdir. Bu cihazlar gaz ve elektrikli iki tahrike sahip olduklarından gezi amaçlı araçlar çin oldukça yaygındır. Soğutma birimi hermetik olarak sızdırmaz yapıdadır. Sistemdeki bütün hacimler birbirine açık ve bu nedenle de, akışkanların dolması için küçük sıvı kolonları dışında aynı toplam basınçtır.



Şekil 7

Evsel Absorpsiyonlu Buz Dolapları ve Kontrolleri

Şekil 7’ de gösterilen sistemin temel elemanları; (1) bir jeneratör, (2) bir kondenser, (3) bir evaporatör, (4) bir absorber [soğurucu], (7) bir rektifiye edici, (8) bir gaz ısı eşanjörü, (9) bir sıvı ısı eşanjörü, (10) bir baloncuk pompası olarak özetlenebilir. Sistemde

aşağıdaki üç farklı akış devresi bulunmaktadır; (I) jeneratör, kondenser, evaporatör ve soğurucuyu (absorber) içeren bir amonyak devresi, (II) evaporatör, absorber, ve kondenseri içeren bir hidrojen devresi, (III) jeneratör, soğurucu ve jeneratör, soğurucu ve sıvı ısı eşanjörünü içeren bir çözelti devresi.

Jeneratörden başlayarak, bir gaz brülörü yada diğer ısı kaynağı çözeltiden ayrılan amonyağa ısı uygular. Üretilen amonyak buharı bir analizörden(6), ve bir iyileştiriciden [rectifier, (7)] kondensere (2) akar. Amonyak içerisinde kalan küçük bir miktar su buharı, iyileştiricide atmosferik soğutma yoluyla ayrılır ve analizör (6) arasından jeneratöre (1) akar.

Amonyak buharı (2) kondenserinin havayla soğutulmuş bir bölümüne (2a) geçer. Sıvılaştırılan amonyak bundan sonra, evaporatörün (3) bir ara noktasına akar. Kondenser bölümü (2a) ile evaporatör arasındaki bir cep, hidrojenin kondensere girmesini önler. Kondenser bölümünde (2a) yoğunlaşmayan amonyak buharı kondenserin diğer bölümüne (2b) geçer ve bir başka cep (trap) arasından evaporatörün üst kısmına doğru akar. Evaporatör iki bölümden oluşur. Üst kısım (3a) kanatlara sahiptir ve doğrudan dondurma bölümünü soğutur. Alt kısım besin bölümünde soğutma yapar.

Küçük bir kısmı basınçlı amonyak taşıyan hidrojen gazı, evaporatörün (3) alt bölümüne girer ve bir ön soğutucudan geçtikten sonra, yukarı ve aşağı doğru akan sıvı amonyağa karşıt olarak akarken sıvı amonyağı buharlaştırarak kısmi basıncın artmasına neden olur. Evaporatör ve kondenserdeki toplam basıncın aynı ve tipik olarak 2.000 kPa olmasına rağmen, yoğunlaşmanın gerçekleştiği yerde önemli miktarda saf amonyak bulunur ve amonyağın buhar basıncı temelde evaporatördeki toplam basınca eşittir. Bunun tersine, evaporatöre giren ve çıkan amonyağın kısmi basıncı tipik olarak sırasıyla 0 ve 300 kPa’ dır.

Hidrojen ve amonyağın gaz halindeki karışımı, evaporatörü üstten terk ederek gaz ısı eşanjörünün (8) merkezinden soğurucuya (4) akar. Amonyak burada sıvı amonyak/su çözeltisi tarafından emilirken, hemen çözünmez olan hidrojen absorberin üstünden çıkıp gaz-ısı eşanjörünün (8) dıştaki odasından evaporatöre akar.

Bir miktar amonyak buharı, hidrojenle birlikte soğurucudan evaporatöre geçer. Amonyak ve hidrojenin molekül kütleleri arasındaki farklılık nedeniyle, evaporatör ve soğurucu arasındaki gaz dolaşımı doğal konveksiyonla sağlanır.

Evaporatördeki karşıt-akım kabin soğutma bölümünü besin soğutma bölümünün üzerine yerleştirmeye olanak verir (en etili yerleşim). Alttaki evaporatör bölümünden (3b) çıkan gaz, kabin-soğutma evaporatör bölümünde (3b) daha fazla amonyak toplayarak, kapasite ve verimi artırabilir. Ayrıca, alttaki evaporatör bölümüne doğru akan amonyağa, üst evaporatör bölümünde alt soğutma uygulanabilir. Evaporatör ve kondenser arasındaki ikili sıvı bağlantısı, sıvı amonyağın kendi ağırlığı ile evaporatöre akmasını sağlarken, kondenserin evaporatör üst kısmına kadar genişlemesine olanak vererek daha büyük bir soğutma yüzeyi sağlar. Çift sıcaklıklı evaporatör, dondurma işlevi ile kabin soğutma işlevlerini kısmen birbirinden ayırarak daha iyi bir nem kontrolü sağlar. Soğurucuda, derişik soğurucu gaz akımına karşıt yönde ve bu

akımla doğrudan temas nedeniyle seyreltilerek akar. Soğurucudan çıkan zayıf çözelti sıvı ısı eşanjöründen (9) analizöre (6) ve jeneratörün (1) zayıf çözelti odasına (1a) akar. Bu odaya uygulanan ısı, buharın analizör (6) arasından yukarı doğru ve kondensere yükselmesine neden olur. Çözelti jeneratördeki bir açıklıktan derişik çözelti odasına (1b) geçer. Bu odaya uygulanan ısı, buhar ve sıvının küçük çaplı balon-pompası (10) arasından akmasına ve ayırma tankına geçmesine neden olur. Serbest kalan amonyak buharının analizörden (6) kondensere akarken, güçlü (derişik) soğurucu çözelti sıvı eşanjörü arasından geçerek absorbere (9) akar. Sıvı ısı eşanjörü ile soğurucu arasındaki üzerinde kanatlar içeren hava soğutmalı devre (12) çözeltiye daha fazla bir alt soğutma sağlar. Soğurma ısısı çevre havasına atılır. Kondenser çıkışı ile evaporatör devresi arasına bağlanan soğutkan depolama tankı (5) yük ile ısı atma havası besleme sıcaklığı arasındaki dengeyi kurar. Buzdolabında, normal olarak aşağıdaki kontroller bulunur:

Brülör ateşleme ve gözlemlene kontrolü: Bu kontroller ya elektronik yada termo-mekanik yapıdadır. Elektronik kontroller, ana brülörü ateşler, gözlemler ve termostattan gelecek işarete bağlı olarak durdurur Termomekanik kontrollerde bir ısı-çift ana alevi gözlemler.

Bundan sonra düşük-sıcaklık termostatu ana brülöre sağlanan girdiği iki-kademeli olarak değiştirir. Ana brülör düşük yanmada bir pilot olarak çalıştığından pilot alevi gerek kalmaz. Düşük-sıcaklık termostatu: Bu termostat, kabindeki sıcaklığı gözlemler ve gaz girdisini kontrol eder.

Güvenlik cihazı: Yangın durumunda basıncı boşaltmak için her birim bir tapa-türü sigorta içerir. Gaz-yakıtlı kurulumlar dış nahalle boşaltan bir duman bacası gerektirir. Normal çalışma koşulları aşağıdaki gibidir.

Çevre sıcaklığı	35°C
COP	0.22
Dondurucu sıcaklığı	-12°C
Isı girdisi	Kabin iç hacmi başına 1 kW

Endüstriyel Soğurmalı Soğutma Birimleri

Endüstriyel absorpsiyonlu soğutma birimleri, (ARU) 1850' lerin sonlarında Fransada Carre kardeşlerin öncülüğünde ortaya çıkmıştır. Bunlar önceleri ABD' de iç savaş sırasında barut üretiminde kullanılmışlardır. Teknoloji yaklaşık yirmi yıl sonra iyileştirme işlemi (rectification) bulunup uygulanmaya başladıktan sonra sağlam ayaklar üzerine basmaya başlamıştır. Soğurucu maddenin uçucu olması nedeniyle, amonyak/su çevriminde iyileştirme (rectification) gereklidir.

Endüstriyel ARU' lar, her uygulamada kapasite, soğutma sıcaklığı, tahrik etmekte kullanılan ısı, ısı atım konumu, ve diğer anahtar parametreler önemli ölçüde değişebildiğinden temelde sipariş göre yapılan birimlerdir. Bunlar hemen değişmez biçimde atık-ısı tahrikli olup, buhar, sıcak su yada proses ısılarını kullanır. Düşük soğutma sıcaklıklarında ve yüksek yararlanma değerlerinde buhar sıkıştırılmalı mekanik sistemlere göre sistem ekonomisi artar. Bu tip cihazlar -57 °C'ye kadar düşük sıcaklıklar üretebilirlerse

de, daha çok -29/-46 °C arasında değerlendirilirler. Endüstriyel ARU' lar dayanıklı, güvenilir ve talep uygulamalarına uygun sistemlerdir. Örneğin, bunlar petrol rafineri istasyonlarına doğrudan uyarlanabilirler. Bir eski örnekte, desorber sıcak benzin içerisinde tutulmuş ve evaporatör, rafineri absorberlerindeki zayıf yağı soğutmakta kullanılmıştır. Son yıllardaki bir örnekte, 138 °C' deki akışkan desorberin kovan (shell) tarafını ısıtmış ve soğuk proses gazını, sıvı petrol gazını geri-kazanım amacıyla -29 °C ~ -46 °C' ye soğutmak için doğrudan kullanılmıştır. (Erickson and Kelly 1998).

Güç üretimi ile Atık-Isıyla-Çalışan Absorpsiyon Makinesinin Birleştirilmesi

Birincil tahrik makinelerinin çoğu etkili biçimde çalışmak üzere yüksek sıcaklıklı ısının sağlanmasını ve önemli miktarda düşük sıcaklıklı ısının atılmasını gerektirir. Bunun tersine, absorpsiyon çevrimleri, düşük sıcaklıklı ısı girdileri ile yüksek bir ikinci-yasa verimiyle çalışır. Böylece, sıvı yakıtlı ve atık ısıyla tahrik edilen absorpsiyon makinelerinin birleşiminin gösterilmiş olması şaşırtıcı değildir.

Sistemlerin çoğu birçok biçim altında ve özellikle kendine-özgü türlerde gündeme gelmektedir. Örnekler; (1) motor ısıyı geri-kazanım buhar jeneratörüne atar, ve buhar absorpsiyonlu çevrime güç sağlar, (2) buhar kazanı bir buhar türbinini çalıştırır, ve türbinden çıkan buhar absorpsiyon makinesini çalıştırır, (3) motorun sıcak egzoz gazları doğrudan absorpsiyon makinesinde kullanılır, (49 motor gömleği soğutma suyu absorpsiyon makinesini tahrik eder.

Bu birleşik sistemleri daha ekonomik ve güvenilir hale getirmek üzere bütünleştirme ve standartlaştırma programları devam etmektedir.

Bir kompresöre giriş havasının soğutma etkisinden yararlanan bir teknoloji de üretilmiştir. Kompresör bir birincil tahrik makinesini beslediğinde çıkış gücünden benzeri biçimde yararlanır. Böylece, bir türbin atık ısısının absorpsiyonlu makineyi çalıştırdığı yerlerde, elde edilen soğutmanın sonradan giriş havasını soğuttuğu uygulamalar da bulunmaktadır.

Üçüz –Etkili Çevrimler

Üçüz etkili absorpsiyonlu soğutma, tek-devreli ve çift devreli olarak sınıflandırılabilir. Tek-devreli üçüz-etkili makine gerçekte ek bir jeneratör ve kondenser içeren çift-etkili makinedir. Bunun sonucunda elde edilen üç kondenserli ve üç jeneratörlü sistem çift-etkili sisteme benzer biçimde çalışır. Birincil ısı (doğal gaz yada fuel-oil brülöründen) ilk-kademe jeneratöründen gelen çözeltiyi 200~230 °C' de derişik hale getirir. Yüksek sıcaklıklı bir çevrimde, lityum bromit/ su ikilisinden başka bir akışkan ikilisi kullanılmalıdır.

Üretilen soğutkan buharı bundan sonra, ikinci kademedeki ek soğurucu çözeltisini yaklaşık 150 °C' de derişik hale getirmek üzere kullanılır. Nihayet, ikinci kademe jeneratöründe üretilen soğutkan buharı, üçüncü-kademe jeneratöründeki ek soğurucu çözeltisini yaklaşık 93 °C' de derişik hale getirmekte kullanılır. Olağan dahili-ısı geri kazanım cihazları (çözelti ısı eşanjörleri)

⁴ thermocouple

çevrim verimini artırmakta kullanılır. Çift-etkili çevrimlerde olduğu gibi, jeneratör içerisinde birkaç akış yolu uyarlaması olanaklıdır.

Teorik olarak, bu üçüz etkili çevrimler yaklaşık 1,7 civarında COP' ler (brülörün verimi hesaba katılmaksızın) içerebilir. Bu çevrimle ilgili güçlükler aşağıdakileri içerir;

- Yüksek çözelti sıcaklıkları çözeltinin kararlılığına, performans katkılarının kararlılığına ve malzeme korozyonuna ilişkin bazı sorunlar ortaya koyar.
- İlk-kademe jeneratörü buhar hacmindeki yüksek basınç, yüksek maliyetli depo tasarımlarını ve çözelti pompalarını gerektirir. Çift-devreli üç-etkili çevrim iki adet kaskat tek-etkili makineden oluşur. Çevrimlerden birisi normal tek-etkili makinelerin çalışma sıcaklıklarında diğeri yüksek sıcaklıklarda çalışır. Küçük, yüksek sıcaklıklı üst-çevrim fuel-oil yada doğal gazla direk-yanmalı olup, 200~230 °C' de çalışan bir jeneratör içerir. Yüksek sıcaklıklı çevrimden 93 °C' de ısı atılır ve bilinen alt-çevrim için enerji girdisi olarak kullanılır. Hem yüksek hem de alçak sıcaklıklı çevrimler yaklaşık 7 °C' deki soğutma yükünden ısı çıkarır. Teorik olarak, bu üçüz-etkili çevrim, 1,8 gibi bir toplam COP (brülörün verimi hesaba katılmaksızın) elde eder. Tek-devreli, üçüz-etkili çevrimde olduğu gibi yüksek sıcaklıklar çözelti ve katkılarının kararlılığı ile malzeme korozyon sorunları yaratır. Yine, ikinci bir devre ek bir ısı eşanjörünü ve dolayısı ile çözelti pompalarını gerektirir. Bununla birlikte, her iki devre de atmosferik basıncın altında çalışır ve böylece pahalı basınçlı depoları gerektirmez.

Jeneratör-Absorber Isı-Eşanjörü Çevrimi (GAX)

Günümüzün hava-soğutmalı absorpsiyonlu iklimlendirme ekipmanı, ARI değerlendirme koşullarında gaz-yakıtlı soğutmada COP' lerinin sadece 0,5 olduğu biçimde çalışmaktadır. Geçmişteki iklimlendirme çevrimlerinin absorber ısı-değişime çevrimi, 0,67 civarında bir COP' ye sahiptir. Son yıllarda, dünya genelinde jeneratör-absorber-ısı eşanjörü (GAX) çevrimleri geliştirmek üzere birkaç proje başlatılmıştır. Çevrim COP' sinin 0,9 civarında olduğu çevrimlere doğru iyi bilinen bir yönelim bulunmaktadır.

GAX çevrimi, içerisinde jeneratöre giden zengin amonyak çözeltisi ile birlikte jeneratörün düşük sıcaklık ısıtılmasında absorber ısısının kullanıldığı bir ısı geri-kazanım çevrimidir. Bu çevrimin geliştirilmesi, yüksek COP' lere sahip diğer çevrimler gibi, tek-etkili amonyak ve absorber ısı eşanjörü çevrimlerine göre daha güç olup, potansiyel gaz-yakıtlı çevrimin soğutmada 0,7 ısıtmada 1,5 gibi COP' lere sahip olması önemli enerji tasarrufu olanaklarını ortaya koymaktadır. Bir çok verimli fırınlara göre ısı enerjisinin daha etkili bir kullanımını sağlamasına ek olarak, GAX ısı pompası -18' den düşük sıcaklıklarda bir konutun gereksindiği bütün ısıyı yardımcı bir ısı kaynağı olmaksızın sağlama yeteneğine sahiptir.

Katı-Buhar Soğurma Sistemleri

Katı-buhar ısı pompası teknolojisi zeolit, silica-gel, aktive karbon ve düzenlenmiş karmaşık adsorbentler için geliştirilmektedir. Çevrimler, soğutmanın iki yada daha fazla birincil depo arasında transfer edildiği, periyodik niteliktedir. Sürekliye yakın soğutma sağlayan birkaç kavram geliştirilmiştir. Katı-buhar sistemlerinin

bir avantajı çözelti pompasına gerek duymamasıdır. Rekabet şansı olan bir makine tasarımındaki en önemli husus, adsorbent maddeyi küçük bir hacimde iyi bir ısı ve kütle transferi sağlayacak biçimde paketlemektir. Yine ilgili sınırlamalardan birisi de çevrimsel kayıpları en aza indirmek için periyodik sistemlerin ısıl kütlesi küçük olan depolara sahip olması gereğidir.

Sıvı Kimyasal Soğurucu /Absorpsiyon Sistemleri

Bina nın enerji tüketimlerinin azaltılması yönündeki çalışmalarda tasarımcılar, standart absorpsiyon chillerli sıvı kimyasal soğurucularla çalışan başarılı ekipmanlar geliştirmişlerdir. Bu uygulamalar, binaya-özümlü nitelikte olmuş ve bazen hibrid uygulama olarak adlandırılmıştır. Daha genel bir yaklaşımda absorpsiyon chilleri, absorberinden atılan ısısının kimyasal soğurucuyu etkinleştirmede kullanılacağı biçimde değiştirilmesidir. Katı soğuruculara göre daha düşük sıcaklıklarda etkinleştirildiklerinden bu birleştirme için sadece sıvı soğurucular uygundur. Kimyasal nem-alıcı havalandırma havasını, dönüş havasıyla karıştırdığında binanın gizli ısı yükünü karşılayacak kadar kurutur. Sonuç olarak, absorpsiyon chiller büyüklüğü, sıradan bir absorpsiyonlu chillerin % 60 gibi önemli ölçüde azalır. Hava hazırlama birimi duyulur ısıyla sınırlandırıldığından, absorpsiyon makinesindeki evaporatör normalden yüksek sıcaklıklarda çalışacaktır. Sonuç olarak, absorberinde normal derişimlerle çalışan bir makine ısıyı yüksek sıcaklıkta atar. Sıvı kimyasal soğurucunun uygun biçimde etkinleştirilmesi için çözelti derişiminde sadece orta düzeyde artışlar gereklidir. Bunlar dikkat çekmeyen fakat standart absorpsiyonlu makine için önemli değişikliklerdir. Besleme havasının üçte biri dış mahalden geldiğinde birleşik sistem en iyi çalışır gibi görünmektedir. Bu sistemler havalandırma için %100 dış hava gerektirmediklerinden, yeni havalandırma standartlarının uygulandığı binalarda uygulanabilir. Bunlar her zaman ekonomizer çevrimi biçiminde çalıştıklarından, özellikle geçiş mevsimleri olan ilk ve son baharda etkilidirler. çalıştıklarından Düşük maliyetli sıvı kimyasal sistemler geliştikçe, düşük ilk maliyet yanında azalan enerji kullanımı, daha iyi havalandırma ve gelişmiş nem kontrolü de avantajlarına eklenebilir.

Kaynak:

[1] "ASHRAE systems and equipment handbook," 2004, HVAC Systems Selection and Design, Chapter 38.

⁵ topping cycle; üst çevrim; topping cycle; yakıt enerjisinin öncelikle güç yada elektrik üretiminde, atık geri kazanımı enerjisinin proseste kullanıldığı kojenerasyon sistemi. Birincil kojenerasyon
⁶ bottoming cycle; yakıt enerjisinin öncelikle proseste kullanıldığı, geri-kazanım enerjisinin güç yada elektrik üretiminde kullanıldığı kojenerasyon sistemi. İkincil kojenerasyon

"zamanı değerli kılan,
içine sığdırabildiğiniz tecrübelerdir"



neredeyse yarım asıra uzanan tecrübe

www.unt.es.com.tr



UNIFLAIR™



TSEK



iklimlendirme uzmanı

Merkez : Çetin Emek Bulvarı 1327. Sok. (Eski 73. Sok.) No:4 Öveçler - ANKARA Tel: 0.312 472 87 00 (pbx) Fax: 0.312 472 87 77
Fabrika : İstanbul Karayolu 37. Km. Kazan - ANKARA Tel: 0.312 818 63 00 Fax: 0.312 818 61 50
İstanbul Bölge: 19 Mayıs Mahallesi Sümer Sok. Zitaş İş Merkezi D-2 Blok Daire:7 Kozyatağı - İSTANBUL Tel: 0.216 410 11 88 Fax: 0.216 410 11 76
İzmir Bölge : Teknik Malzeme İş Merkezi 1202/1 Sokak No: 17/218 Gıda Çarşısı Yenışehir - İZMİR Tel: 0.232 469 05 55 (Pbx) Fax: 0.232 459 12 92
Adana Bölge : Fuzuli Caddesi Galeria İş Merkezi 2. Kat No: 215 ADANA Tel:0.322 459 00 40 (Pbx) Fax: 0.322 459 01 80



ÜNTES®
ISITMA KLİMA SOĞUTMA HAVALANDIRMA