



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE SOĞUTMA SUYU DÜZENLEMESİNİN ARAŞTIRILMASI

NAZIM KURTULMUŞ
ADANA BİLİM VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ

İLHAMİ HORUZ
GAZİ ÜNİVERSİTESİ

ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE SOĞUTMA SUYU DÜZENLEMESİNİN ARAŞTIRILMASI

Nazım KURTULMUŞ
İlhami HORUZ

ÖZET

Fosil yakıtların tükeneceği korkusu ve enerjinin gün geçtikçe artan maliyet artışları insanları yeni enerji kaynaklarına yönelmenin yanında, hem mevcut sistemlerin daha verimli hale getirilmesi hem de atık ısıların değerlendirilmesi üzerine odaklanmaya zorlamaktadır. Atık ısıların değerlendirilmesinde Absorpsiyonlu Soğutma (ABS) Sistemleri ön plana çıkmaktadır. Buhar Sıkıştırılmalı Mekanik Soğutma Sistemine oldukça benzeyen ABS sistemleri, çalışabilmesi için dışardan fazla miktarda mekanik enerji gerektiren kompresör yerine, ısı enerjisi ile çalışan bir grup ısı değiştiricisinden oluşan termik kompresör içermektedirler. Buharı sıkıştırmanın yüksek enerji maliyeti ve kompresörün sebep olduğu maliyetler ve bakım masrafları ABS sistemlerinde yoktur. Küçük bir enerji gerektiren eriyik pompası dışında ABS sistemlerinin çalışabilmesi için ısı enerjisi yeterlidir. Bu sebeple ABS sistemleri atık ısının değerlendirilmesi, güneş ve jeotermal enerjilerin kullanılmasına imkan sağlayabilmektedir. Buhar Sıkıştırılmalı Mekanik Soğutma Sisteminde tek bir soğutucu akışkan kullanılırken, ABS sistemlerinde bir soğutucu akışkan ve bir de yutucu akışkanın oluşturduğu eriyik kullanılır. Sistemde kullanılan bazı yutucu akışkanlar katılaşabilme özelliğine sahip olduğu için, söz konusu eriyiğin belirli sıcaklık ve konsantrasyonlarda tutulması gerekmektedir. Yutucu akışkanın katılaşmasını önlemek ve ABS sisteminin Soğutma Tesir Katsayısı'nda artış sağlayabilmek için, bu çalışmada, ABS sistemlerindeki soğutma suyu düzenlemelerinin etkisi araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Absorpsiyonlu soğutma sistemleri, Su-LiBr eriyiği, Soğutma

ABSTRACT

The fear for the possibility of running out of fossil fuels and the ever-increasing cost of energy increases force people to focus on both the improvement of the efficiency of the existing systems and the utilisation of the waste heat, as well as searching for new energy sources. As far as the utilisation of the waste heat is concerned, Vapour Absorption Refrigeration (VAR) systems come front. The VAR system, which is quite similar to the Vapor Compression Refrigeration system, includes a thermal compressor which consists of an absorber and a generator, instead of a conventional compressor which requires a lot of mechanical energy input. There is no need for the compressor and its vapour compression and maintenance costs in VAR systems. Heat input is enough to operate VAR systems except for the small amount of mechanical energy input to the solution pump. This allows VAR systems to be used in utilizing the waste heat and also the solar and geothermal energy. Against Vapor Compression Refrigeration systems, VAR systems use the solution consisting refrigerant and absorbent, instead of just refrigerant. Since some absorbents used in the system are capable of solidifying, the solution should be kept at determined temperature and concentrations. In order to avoid absorbent solidifying and to obtain possible improvements on the Coefficient of Performance (COP) of the VAR system, in this study, the effect of cooling water arrangements in VAR systems was investigated.

Key Words: Absorption refrigeration system, Water-LiBr solution, Refrigeration

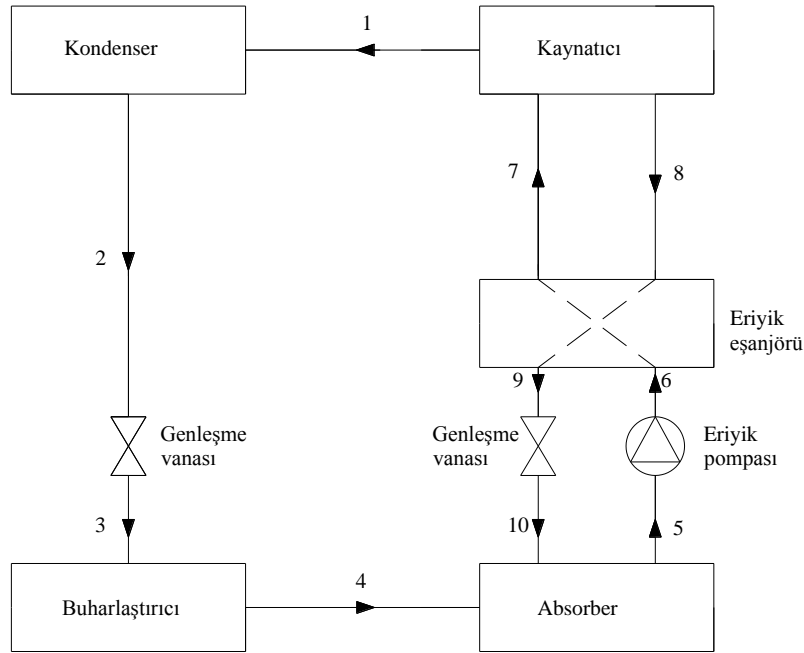
1. GİRİŞ

Absorpsiyonlu soğutma (ABS) sistemi, buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemine oldukça benzerdir. Her iki sistemde de soğutma yükü, soğutucu akışkanın buharlaştırıcıda buharlaşması ile karşılanır. Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemindeki mekanik işlemlerin yerini, ABS sisteminde fiziko-kimyasal işlemler alır. Soğutma elde etmek için, buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemindeki mekanik ve elektrik enerjisi yerine ABS sisteminde ısı enerjisi kullanılmaktadır. Bunun sağlamış olduğu avantajlarla çeşitli endüstriyel tesislerdeki atık ısı enerjisinin değerlendirilmesi ve tükenmez bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin kullanılması yoluyla enerjinin pahalı olduğu günümüzde ABS sistemleri daha ekonomik olur. ABS sistemlerinin, yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin yüksek olduğu yörelerde ve büyük tesislerde kullanılması oldukça uygundur[1].

ABS sisteminde iki farklı akışkan dolaşır. Bunlardan biri soğutucu akışkandır. Bu akışkan buharlaştırıcıda buharlaşarak soğutma yükünün ortamdan çekilmesini sağlar. Diğer akışkan, yutucu akışkandır. Absorbent veya soğurucu olarak da adlandırılabilir. Bu akışkan çevrimin belli bir kısmında soğutucu akışkanı taşır[1].

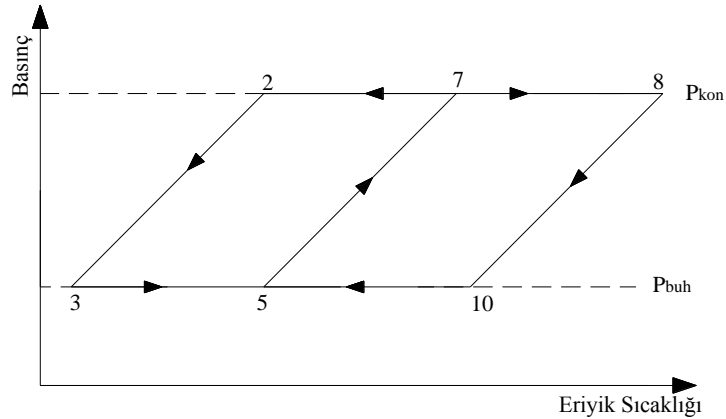
2. ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ

Şekil 1 de görüldüğü üzere ABS sistemi şu elemandan oluşur; kaynatıcı (kay), absorber (abs), kondenser (kon), buharlaştırıcı (buh) ve eriyik eşanjörü. Kondenser ve buharlaştırıcının fonksiyonu buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminde olduğu gibidir.

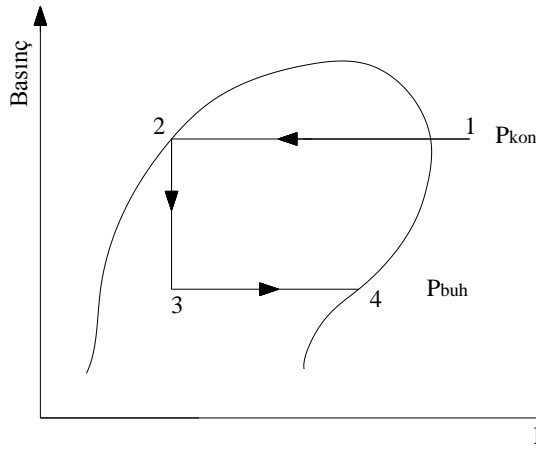


Şekil 1. Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin şematik görünümü

Şekil 2 ve Şekil 3' te basit ABS sisteminin Basınç - Sıcaklık ve Basınç – Entalpi diyagramları verilmiştir.



Şekil 2. Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin basınç-sıcaklık diyagramı



Şekil 3. Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin basınç-entalpi diyagramı

Son yıllarda ABS sistemlerinde kullanılan en yaygın akışkan çiftleri olarak su-LiBr ve amonyak-su göze çarpmaktadır. Bu çalışmada su-LiBr çifti kullanan absorpsiyonlu soğutma sistemi analiz edilecektir.

Su-LiBr çifti kullanan ABS sisteminin çalışma prensibi şu şekildedir. Absorberden çıkıp bir eriyik pompası vasıtasıyla eriyik eşanjörüne ulaşan LiBr bakımından fakir olan eriyik (fakir eriyik) ısındıktan sonra kaynatıcıya ulaşır. Kaynatıcıda bir ısı kaynağı tarafından ısı sağlanması sonucu eriyikten bir miktar soğutucu akışkan buharlaşarak ayrılır. Buharlaşarak kaynatıcıyı terk eden soğutucu akışkan buharı kondensere ulaşır. Kaynatıcıda eriyik içinden soğutucu akışkan buharının ayrılmasıyla LiBr bakımından zenginleşen (zengin eriyik) eriyik, eriyik eşanjörüne gider. Burada fakir eriyiğe ısı vererek absorbere döner. Kaynatıcıdan kondensere giden soğutucu akışkan ise burada yoğunlaşarak ısı atar. Buradan doymuş sıvı olarak çıkan soğutucu akışkan bir genişleme vanasından geçerek buharlaştırıcıya ulaşır. Burada düşük basınçta ortamdan ısı alarak buharlaşır ve gerekli olan soğutma yükünü karşılar. Buharlaştırıcıdan doymuş buhar olarak çıkan soğutucu akışkan absorbere döner ve zengin eriyik ile karışarak yeniden fakir eriyiği oluşturur. Böylece çevrim tamamlanmış olur.

Soğutma Tesir Katsayısı (STK) çevrimin çeşitli sıcaklık düzeylerindeki ısı transfer yeteneğinin bir göstergesi olup sistem performansı hakkında bilgi verir. ABS sisteminin birincil kullanım amacı soğutma olduğu için, STK Denklem (1)'deki gibi tanımlanabilir;

$$STK = \frac{\dot{Q}_{buh}}{\dot{Q}_{kay}} \quad (1)$$

ABS sistemin elemanlarının kapasitelerini kütlelerden bağımsız olarak hesaplayabilmek için Denklem 1'de formülize edilen dolaşım oranı kavramından yararlanılacaktır.

$$f = \frac{m_8}{m_1} \quad (2)$$

Burada m_8 zengin eriyik debisini ve m_1 ise soğutucu akışkan debisini ifade eder. f ise dolaşım oranıdır.

$$q_{kay} = \frac{\dot{Q}_{kay}}{m_1} = h_1 + fh_8 - (f + 1)h_7 \quad (3)$$

$$q_{kon} = \frac{\dot{Q}_{kon}}{m_1} = h_2 - h_1 \quad (4)$$

$$q_{buh} = \frac{\dot{Q}_{buh}}{m_1} = h_4 - h_3 \quad (5)$$

$$q_{abs} = \frac{\dot{Q}_{abs}}{m_1} = (f + 1)h_5 - h_4 - fh_{10} \quad (6)$$

Burada q birim kütle için ısı transferini ifade eder. Soğutma yükü biliniyor ise Denklem 5 yardımıyla m_1 bulunur ve ardından her bir elemenda gerçekleşen ısı transferi yukarıdaki denklemler kullanılarak bulunabilir.

3. ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE SOĞUTMA SUYU DÜZENLEMESİNİN ARAŞTIRILMASI

Bu çalışmada yapılacak olan araştırma için belli kapasitede bir ABS seçilerek soğutma suyu düzenlemesinin soğutma suyunun kullanılacağı elemanlar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. ABS sisteminde dışardan ısı alan elemanlar buharlaştırıcı ve kaynatıcıdır, dışarıya ısı atan elemanlar ise kondenser ve absorberdir. Kondenser ve absorberde açığa çıkan ısının sistemden uzaklaştırılması gereklidir. Yapılan çalışmada ticarileşen ABS sistemlerinin birçoğunun, özellikle su-LiBr eriyiği kullananların, su soğutmalı sistemler olduğu fark edilmiştir. Bunun sebeplerinden birisi, eriyiğin negatif özelliği olan eriyiğin belli şartlarda kristalize olmasıdır[2]. Bu çalışmada kristalizasyon konusuna değinilmeyecektir fakat bu konuda yapılan çalışmalar literatürde mevcuttur. Kristalizasyon durumu oluşmaması için ısı atılan kaynak sıcaklıkları stabil tutulmalıdır. Bu nedendir ki firmalar ABS sistemlerinde ısı atma işlemini genelde su ile sağlamaktadır[4-6].

Üretici firmaların ürün katalogları incelenirken fark edilen bir diğer konu ise soğutma suyu düzenlemesinin firmalara göre fark ettiği. Bazıları soğutma suyunu absorberden geçirdikten sonra kondensere göndermekte, bazıları ise hem kondenser hem de absorbere aynı anda göndermektedir. Bu çalışmada bu düzenlemelerin etkisi araştırılmak istenmiştir. Bunun için soğutma yükü 90 kW olan bir ABS sistemi analiz edilmiş ve düzenlemenin etkisi incelenmiştir.

Ayrıca bilindiği üzere buhar sıkıştırılmalı mekanik soğutma sistemine nazaran atık ısı kaynaklı ABS sistemlerinde işletme maliyeti düşük olmakta, fakat ilk yatırım maliyeti yüksek olmaktadır. Bu çalışmada soğutma suyu düzenlemesinin ilk yatırım maliyetine etkisine de değinilmiştir.

Burada tasarımı düşünülen ABS sisteminde,

Kaynatıcı yanma sonu gazları ile tahrik edilecektir. Burada düşünülen kaynatıcı tasarımı olarak kanatlı borulu eşanjör kullanılmıştır. Boru içerisinde eriyik, dış kısımda ise yanma sonu gazları bulunmaktadır. Boruların içerisinde akış kaynaması meydana gelecek ve soğutucu akışkan olan su buharlaşarak kondensere geçecektir.

Kondenser, kaynatıcıdan gelen kızgın buharın ısını atarak yoğuştuğu elemandır. Tasarımı düşünülen ABS sisteminde kullanılan kondenser yatay boru demeti ve bu boru yığını kaplayan gövdeden oluşmaktadır. Boruların içerisinden soğutma suyu geçerken, boruların dış kısmında ise kaynatıcıdan gelen kızgın buhar yoğuşur. İki geçişli olarak tasarlanacaktır.

Absorber, kaynatıcıdan dönen zengin eriyiğin buharlaştırıcıdan gelen doymuş buhar ile karıştığı elemandır. Absorber yatay boru demeti ve bu koruları kaplayan gövdeden oluşmaktadır. Boruların içerisinden soğutma suyu geçerken dış kısımdan ise kaynatıcıdan dönen zengin eriyik film şeklinde akar. Film şeklinde akarken buharlaştırıcıdan gelen doymuş buharı absorbe eder. Açığa çıkan ısı ise soğutma suyuna verilir. İki geçişli olarak tasarlanacaktır.

Absorber ve kondenserde kapasiteler hesaplanırken aşağıdaki denklemlerden yararlanılmıştır[3]:

$$Q = UA\Delta T_m \quad (7)$$

$$\frac{1}{UA} = \sum R_{iletim} + \sum R_{kirlilik} + \sum R_{konveksiyon} \quad (8)$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln(\Delta T_{max} / \Delta T_{min})} \quad (9)$$

Burada R ısı direnci, ΔT_m ise ortalama logaritmik sıcaklık farkını, U ortalama ısı transfer katsayısını ifade eder.

Şekil 1' de görülmekte olan ABS sistemi analizi ve 90 kW kapasitesine sahip bir sistem analizi Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi sıcaklık- entalpi değerleri

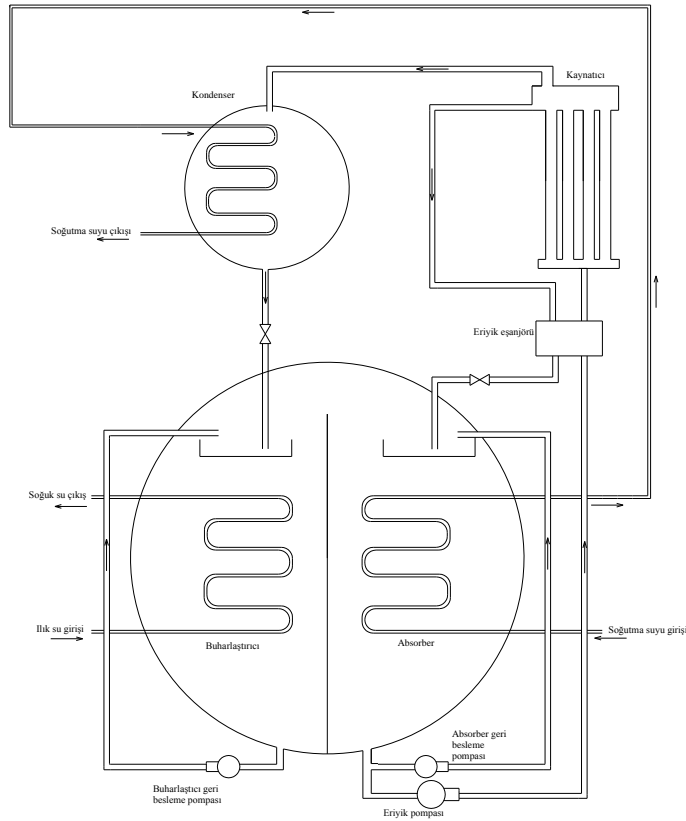
Durum	Sıcaklık (°C)	Enthalpi (kJ/kg)
1	90	2662,34
2	40	167,59
3	40	167,59
4	4	2506,73
5	40	107,80

6	40	107,80
7	61,8	150,87
8	90	221,21
9	65,5	175,43
10	65,5	175,43

Tablo 2. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi parametreleri

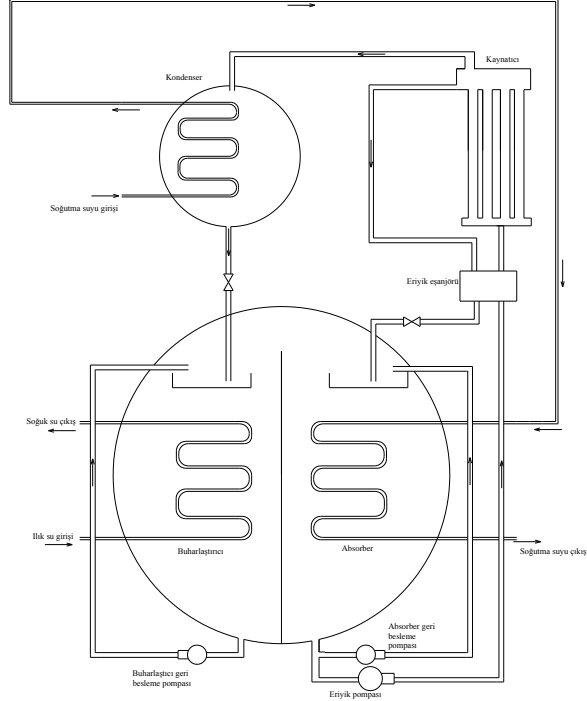
	Birim	Sistem
T_{abs} (absorber sıcaklığı)	(°C)	40
T_{kon} (kondenser sıcaklığı)	(°C)	40
T_{kay} (kaynatıcı sıcaklığı)	(°C)	90
T_{buh} (buharlaştırıcı sıcaklığı)	(°C)	4
T_7 (eriyik eşanjörü çıkış sıcaklığı)	(°C)	61,8
T_9 (eriyik eşanjörü çıkış sıcaklığı)	(°C)	65,5
STK_{ABS}		0,64
m_r (soğutucu akışkan debisi)	kg/s	0,03847
Q_{abs} (absorber kapasitesi)	kW	134
Q_{kon} (kondenser kapasitesi)	kW	96
Q_{kay} (kaynatıcı kapasitesi)	kW	140
Q_{buh} (buharlaştırıcı kapasitesi)	kW	90
\dot{m} soğutma suyu debisi	kg/s	7,46
T soğutma suyu giriş/çıkış sıcaklıkları	(°C)	29,7/37

DÜZENLEME I

**Şekil 4.** Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi şematiği - Düzenleme I

Şekil 4'te görülmekte olan ABS sisteminde soğutma kulesinden gelen soğutma suyu öncelikle absorbere gitmekte, absorberden çıktığında sıcaklığı bir miktar artmış vaziyette kondensere girmektedir. Kondenser çıkışında ise soğutma kulesine ulaşmaktadır.

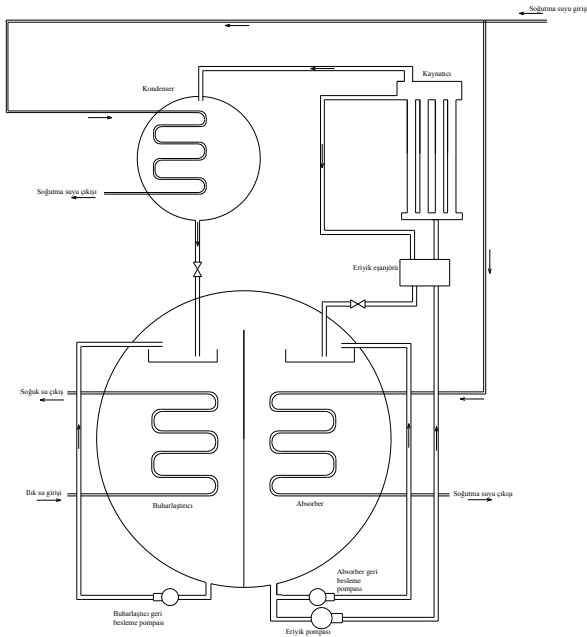
DÜZENLEME II



Şekil 5. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi şematiği - Düzenleme II

Şekil 5'te görülmekte olan ABS sisteminde soğutma kulesinden gelen soğutma suyu önce kondensere ve kondenserden sonra da absorbere gitmektedir. Absorber çıkışında ise tekrar soğutma kulesine dönmektedir.

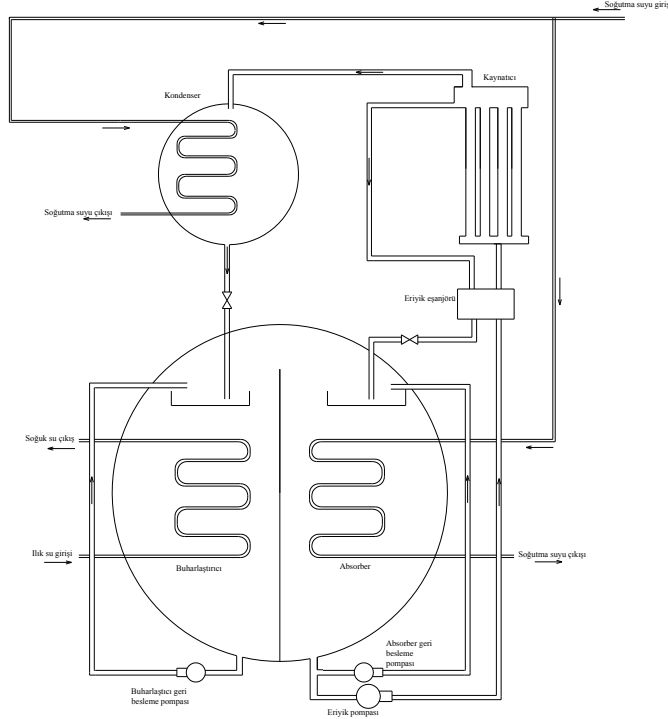
DÜZENLEME III



Şekil 6. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi şematiği - Düzenleme III

Şekil 6'te görülmekte olan ABS sisteminde soğutma kulesinden gelen soğutma suyu absorber ve kondensere aynı anda gitmektedir. Bu durumda araştırılan ise soğutma suyunun absorber ve kondensere eşit sıcaklıklarda girip çıktığı durumda elemanların bundan nasıl etkilendiğidir.

DÜZENLEME IV



Şekil 7. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi şematığı - Düzenleme IV

Şekil 7'te görülmekte olan ABS sisteminde soğutma kulesinden gelen soğutma suyu absorber ve kondensere aynı anda gitmektedir. Bu durumda araştırılan ise soğutma suyu eşit debide kondenser ve absorbere gittiğinde elemanların bundan nasıl etkilendiğidir.

Tablo 3. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi elemanları

Kondenser	Düzenleme I	Düzenleme II	Düzenleme III	Düzenleme IV
Q (Kapasite)(kW)	96	96	96	96
L (Boru boyu)(m)	2,2	2,2	2,2	2,2
U (W/m ² K)	1622	2058	759,54	1144
A (m ²)	13,68	5,38	21,55	12,39
ΔT_m (C°)	4,32	8,66	5,86	6,76
T _{soğutma suyu giriş/çıkış sıcaklıkları} (C°)	34/37	29,7/32,78	29,7/37	29,7/35,85
\dot{m} _{soğutma suyu debisi} (kg/s)	7,4625	7,4625	3,1148	3,73

Tablo 3'e bakıldığında soğutma suyunun bölünmediği Düzenleme I ve Düzenleme II' de kondenser için ortalama ısı transfer katsayısının diğer iki düzenlemeye oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Düzenleme II' de ise ortalama ısı transfer katsayısı Düzenleme I' den daha fazladır. Soğutma suyunun bölündüğü düzenlemelerde Düzenleme IV, Düzenleme III' den daha fazla ısı transfer katsayısına sahiptir. Düzenleme III' de boru sayısı oldukça artmış bu da iç taşınım katsayısının oldukça düşmesine yol açmıştır.

Kondenserde ΔT_m en küçük Düzenleme I'de ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi soğutma suyunun absorberde ısıdıktan sonra kondensere gelmesidir. ΔT_m en büyük ise Düzenleme II' de ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi ise soğutma suyunun soğutma kulesinden çıkarak direkt kondensere gelmesidir. Düzenleme IV, Düzenleme III' ten daha fazla ΔT_m 'ye sahiptir.

Bu karşılaştırmalar ışığında aynı kapasiteye sahip en az alan gereksinimi Düzenleme II' de karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 4. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi elemanları

Absorber	Düzenleme I	Düzenleme II	Düzenleme III	Düzenleme IV
Q (Kapasite)(kW)	134	134	134	134
L (Boru boyu)(m)	1,504	1,504	1,504	1,504
U (W/m ² K)	604,5	649,46	526	485,1
A (m ²)	17,093	17,54	19,43	21,05
ΔT_m (C°)	18,73	15,49	17,88	17,4
T _{soğutma suyu giriş/çıkış sıcaklıkları} (C°)	29,7/34	32,78/37	29,7/37	29,7/38,29
\dot{m} _{soğutma suyu debisi} (kg/s)	7,4625	7,4625	4,34	3,73

Tablo 4'e baktığımızda eşit kapasitedeki absorberler için soğutma suyunun bölünmeden geldiği Düzenleme I ve Düzenleme II' de Düzenleme II' in daha fazla ısı transfer katsayısına sahip olduğu, soğutma suyunun bölündüğü Düzenleme III ve Düzenleme IV' ten Düzenleme III' ün daha fazla ısı transfer katsayısına sahip olduğu görülmektedir.

Absorberde ΔT_m en küçük Düzenleme II' de olduğu, en büyük ise Düzenleme I' de olduğu görülmektedir. Düzenleme I' de büyük olma sebebi soğutma suyunun soğutma kulesinden çıkarak bölünmeden direkt absorbere girmesidir. Düzenleme II' de küçük olma sebebi ise soğutma suyunun kondenserin ısını aldıkdan sonra absorbere girmesidir. Soğutma suyunun soğutma kulesinden çıktıkdan sonra absorbere ve kondensere dağıldığı Düzenleme III ve Düzenleme IV' te ise Düzenleme IV' ün ΔT_m 'si Düzenleme III' ün ΔT_m 'sinden daha büyüktür.

Bu değerler ışığında aynı kapasiteye sahip absorberlerden en fazla alan gereksinimi Düzenleme IV' de olduğu, en az alan gereksiniminin ise Düzenleme I' de olduğu görülmektedir. Gerekli olan ısı transfer alanı Tablo 4' de görülen alandan daha azdır fakat absorber yatay boru dizilerinden oluştuğundan yatay borulardaki tüm yüzey alanı ıslanmamaktadır. Bu yüzden gerekli alan ısı transfer alanından fazla olmaktadır. Soğutma suyu düzenlemesinin ABS sisteminin ana elemanlarının ısı transfer alanlarına ve dolayısıyla boyutlarına ve ilk yatırım maliyetine etki ettiği sonucuna varılmıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada ABS sistemi hakkında genel bilgiler verilmiş ve soğutma suyu düzenlemesinin etkileri üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla belli soğutma yükünde kullanılacak olan bir ABS sistemi ele alınmış, termodinamik analizi yapılmış, her bir elemanın yükü belirlenmiştir. Soğutma suyunu kullanacak olan elemanlar hakkında bilgiler verilmiştir.

Burada soğutma suyu düzenlemesi ile ilgili dört farklı düzenleme belirlenmiş ve bu düzenlemeler incelenmiştir. Bu düzenlemeler içerisinde aynı kapasitedeki kondenser için gerekli olan alan en az Düzenleme II' de, absorber için ise en az Düzenleme I' de ortaya çıkmıştır. Bu düzenlemelerde ise tercih durumu ortaya çıkmıştır. ABS sistemlerinde kondenserde saf soğutucu akışkan, absorberde ise eriyik bulunmaktadır. Su- LiBr eriyiği ile çalışan sistemlerde eriyiğin korozyon etkisi söz konusudur. Bu



korozyon etkisi yüzünden eriyiğin bulunduğu kısımlarda korozyona dayanıklı malzeme kullanmak gerekir. Bu malzemeler ise hem zor temin edilen hem de nispeten pahalı malzemelerdir. Ayrıca absorber vakum altında olduğundan kullanılacak boru et kalınlıkları uygun seçilmelidir. Bu da boru ağırlığını dolaylı olarak da ilk yatırım maliyetini etkileyeceğinden absorberde daha az ısı transfer alanı gereksinimi oldukça önemlidir. Herhalde bu sebepten dolayıdır ki, Düzenleme II' nin Düzenleme I' e göre kondenser ısı transfer alanı bir hayli düşük olmasına rağmen, absorberdeki ısı transfer alanı daha az olan Düzenleme I, ticari olarak satılan ABS sistemlerinde çok yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Ancak bu çalışma, Düzenleme II üzerinde detaylı araştırma yapılması gereğini ve sonucun gerek sistemin ana elemanlarının boyutlarına ve gerekse sistemin ilk yatırım maliyetine etkisinin incelenmesi gereğini ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- [1] YAMANKARADENİZ, R., HORUZ, İ., KAYNAKLI, Ö., COSKUN, S., YAMANKARADENİZ, N. "Soğutma Tekniği ve Isı Pompası Uygulamaları (İkinci Baskı)". Türkiye: DORA Yayıncılık, 2009
- [2] HORUZ, İ. "A Comparison Between Ammonia-Water And Water-Lithium Bromide Solutions In Vapor Absorption Refrigeration Systems". International Communications in Heat and Mass Transfer. Cilt 25, Sayı 5, s711-721, 1998
- [3] GENCELİ, O.F. "Isı Değiştiricileri. İstanbul: Birsen Yayıncılık", 1999
- [4] <http://www.trane.com/commercial/north-america/us/en/products-systems/equipment/chillers/absorption-liquid-chillers/single-stage-chillers.html> -(Erişim tarihi 02.01.2015)
- [5] <http://www.shuangliang.com/eng/product.asp?ID=24> -(Erişim tarihi 02.01.2015)
- [6] <http://www.broadusa.com/index.php/products/non-electric-chillers> - (Erişim tarihi 02.01.2015)

ÖZGEÇMİŞ

Nazım KURTULMUŞ

1986 yılı Mersin doğumludur. 2009 yılında Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünden 2014 yılında Yüksek Makine Mühendisi unvanını almıştır. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde doktora eğitimine devam etmektedir. 2012 yılından itibaren Adana Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmektedir. Soğutma sistemleri, ısı değiştiricileri çalışma konularında çalışmaktadır.

İlhami HORUZ

1967 yılı Erzincan doğumludur. 1988 yılında Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiş ve aynı bölümde araştırma görevlisi olarak akademik hayata başlamıştır. Aynı Üniversiteden 1990 yılında Yüksek Mühendis ve İskoçya'daki Syraathclyde Üniversitesi'nden de 1994 yılında Doktor unvanını almıştır. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü'nde 2000 yılında Doçent ve 2007 yılında da Prof. Dr. unvanlarını almıştır. 2004 yılında 3 ay ve 2007 yılında ise 3 yıl NATO Bursu'yla misafir Profesör olarak Amerika'da çeşitli üniversitelerde bulunmuş, araştırma gruplarında yer almış ve dersler vermiştir. 2012 yılı Haziran ayında, Uludağ Üniversitesi'nden, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü'ne Profesör olarak nakil olmuş ve aynı bölümde görevine devam etmektedir.