

SOĞURMALI ISI YÜKSELTİCİLERİNDE AMONYAK-SU İLE LİTYUM BROMÜR-SU ERİYİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

*Eşref KUREM**

*İlhami HORUZ***

Özet: Bu çalışma, amonyak-su ve lityum bromür-su eriyiği kullanan Soğurmalı Isı Pompası (AIP) ve Soğurmalı Isı Yükseltici (AIY) sistemlerin analizi üzerine bir çalışmayı içermektedir. Temel AIP ve AIY sistemleri izah edilmiş ve çalışma prensipleri açıklanmıştır. AIY sistemleri, genellikle soğutucu akışkan olarak amonyağın kullanıldığı amonyak-su eriyiği ve soğutucu akışkan olarak suyun kullanıldığı lityum bromür-su eriyiklerini yaygın olarak kullandıklarından, bu iki çift ısıtma tesir katsayısı, dolaşım oranı ve maksimum sistem basınçları dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, lityum bromür-su eriyiği kullanan AIY sistemin, amonyak-su eriyiği kullanan sisteme göre daha iyi bir performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Soğurmalı Isı Pompası, Soğurmalı Isı Yükseltici, Lityum bromür-su eriyiği, Amonyak-su eriyiği.

A Comparison Between Ammonia-Water and Water-Lithium Bromide Solutions in Absorption Heat Transformers

Abstract: This study included an investigation to analyze the Absorption Heat Pump (AHP) and Absorption Heat Transformer (AHT) using ammonia-water and water-lithium bromide solutions. A fundamental AHP and AHT systems are described and the operating sequence is explained. Since the AHT systems widely use ammonia-water solution with ammonia as the refrigerant and water-lithium bromide solution with water as the refrigerant, the comparison of the two is presented in respect of the coefficient of performance (COP), the flow ratio (FR) and the maximum system pressure. It is concluded that the AHT system using water-lithium bromide solution provided better performance than the system using ammonia-water solution.

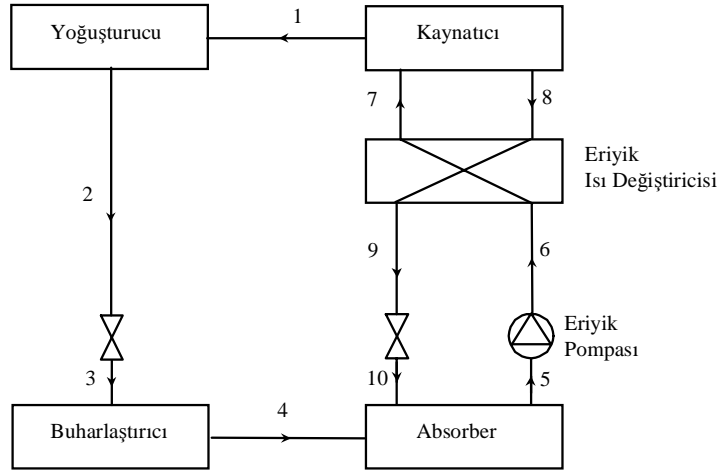
Key Words: Absorption Heat Pump, Absorption Heat Transformer, Water-lithium bromide solution, Ammonia-water solution.

1. GİRİŞ

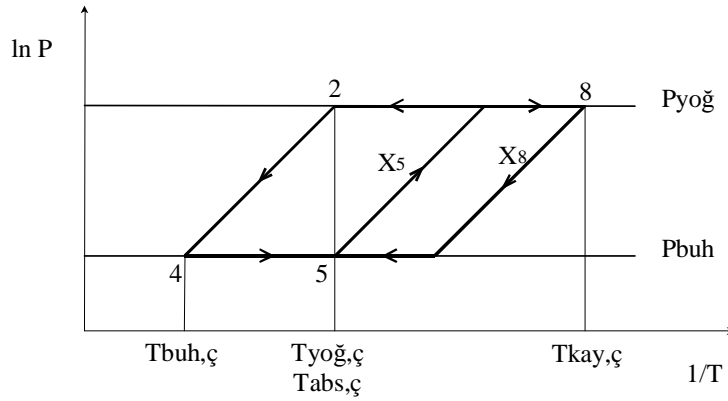
Temel Soğurmalı Isı Pompası (AIP) sistemi, Şekil 1'de görüldüğü gibi, kaynatıcı, absorber, yoğuşturucu ve buharlaştırıcı olmak üzere dört ana elemandan oluşmaktadır. Yoğuşturucu ve buharlaştırıcı üniteleri Buhar Sıkıştırıcı Mekanik Isı Pompası (BSMIP) sisteminde olduğu gibi fonksiyon görürler. BSMIP çevrimindeki mekanik işlemin yerini, AIP çevriminde fiziko-kimyasal işlemler almıştır. Mekanik kompresör yerine, AIP sisteminde, termik kompresör kullanılmaktadır. Isıtma elde etmek için, BSMIP sistemindeki mekanik ve elektrik enerjisi yerine, AIP sisteminde ısı enerjisi kullanılmaktadır. Bunun sağladığı avantajlarla, çeşitli endüstriyel tesislerdeki atık ısı enerjisinin değerlendirilmesi ve tükenmez bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin kullanılması yoluyla, enerjinin pahalı olduğu günümüzde AIP sistemleri daha ekonomik olur. Şekil 1'de gösterilen temel AIP sistemine ait basınç-sıcaklık diyagramı Şekil 2'de görülmektedir.

* Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Görükle, Bursa.

** Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Görükle, Bursa.



Şekil 1.
Soğurmalı Isı Pompasının şematik gösterimi



Şekil 2.
Soğurmalı Isı Pompasının basınç-sıcaklık diyagramı

AIP çevriminde, iki farklı akışkan dolaşır. Bunlardan birisi soğutucu akışkandır. Bu akışkan yoğusturucuda yoğuşarak ısıtma yükünü karşılar. Diğer akışkan ise yutucu (absorbent, soğurucu) akışkandır. Bu akışkan çevrimin belli bir kısmında soğutucu akışkanı taşır. Bu sebeple AIP çevrimlerinde soğutucu akışkan-yutucu çiftlerinden bahsedilir. En yaygın kullanılan çiftler ise amonyağın soğutucu akışkan olarak kullanıldığı amonyak-su çifti ve suyun soğutucu akışkan olarak kullanıldığı lityum bromür-su çiftleridir. Bu sebeple bu çalışma bu iki çift üzerinde yoğunlaşmıştır.

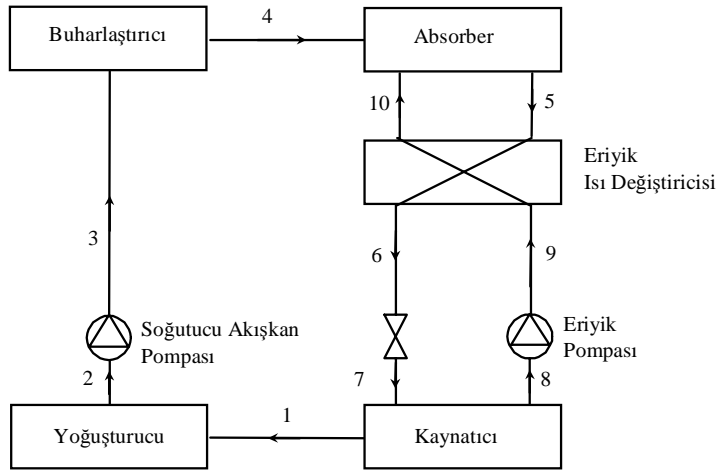
Eriyik pompasından geçen soğutucu akışkan-yutucu çiftinin oluşturduğu eriyik nispeten yüksek soğutucu akışkan konsantrasyonuna sahip olduğu için zengin eriyik olarak isimlendirilir. Öte yandan kaynaticıdan absorberden dönen ve absorberden kaynaticıya pompalanan eriyiğe göre daha az miktarda soğutucu akışkan içeren eriyik fakir eriyik olarak isimlendirilir. Kısaca eriyiğin zengin veya fakir eriyik olarak isimlendirmesi içerdiği soğutucu akışkan konsantrasyonuna bağlıdır.

AIP çevriminin çalışma prensibi kısaca aşağıda belirtildiği gibidir; absorberden çıkan ve eriyik pompası vasıtasıyla ısı eşanjöründen geçerek ısınan soğutucu akışkan bakımından zengin eriyik kaynaticıya gelir. Kaynaticıda, dışarıdan verilen ısıyla, soğutucu akışkanın bir kısmı buharlaşarak eriyikten ayrılır. Buharlaşarak kaynaticıyı terkederek kızgın buhar fazındaki soğutucu akışkan, yoğusturucuya girer. Kaynaticıda eriyik içinden soğutucu akışkanın bir kısmının buharlaşarak ayrılmasıyla soğutucu akışkan bakımından fakirleşen eriyik, ısı eşanjöründe, zengin eriyiğe ısı verdikten sonra absorberde geri döner. Kaynaticıdan buharlaşarak yoğusturucuya giden soğutucu akışkan burada yoğuşarak dışarıya ısı atar. Yoğuşma basıncı, izafi olarak buharlaşma basıncından büyüktür. Basınç kayıpları düşünülmezse, kaynaticı, yoğusturucu basıncında, absorber ise buharlaştırıcı basıncındadır. Yoğusturucudan doymuş sıvı veya sıkıştırılmış sıvı olarak çıkan soğutucu akışkan, kısılma vanasından geçerek buharlaştırıcı basıncına kadar genişler ve burada buharlaşarak buharlaşma için gerekli ısıyı dış ortamdan çeker. Buharlaştırıcıdan doymuş buhar veya kızgın buhar fazında çıkan soğutucu akışkan absorberde, ısı eşanjöründen geçirilip zengin eriyiğe ısı verdikten sonra

bir kısılma vanası yardımıyla absorbere gelen fakir eriyik, buharlaştırıcıdan gelen soğutucu buharını yutar (absorbe eder). Absorpsiyon işleminin iyi bir şekilde gerçekleşmesi için, absorberden ısı alınması gerekir. Absorber içinde tekrar soğutucu akışkan bakımından zengin hale gelen eriyik, bir pompa vasıtasıyla tekrar kaynatıcıya gönderilir. Verimi arttırmak için, absorberden kaynatıcıya gönderilen zengin eriyik, kaynatıcıdan dönen fakir eriyik tarafından bir ısı eşanjöründe ısıtılır. Dolayısıyla kaynatıcıya gelen zengin eriyik bir ön ısıtma işleminden geçtiğinden dolayı, kaynatıcıya dışarıdan verilmesi gerekli ısı miktarında azalma olur.

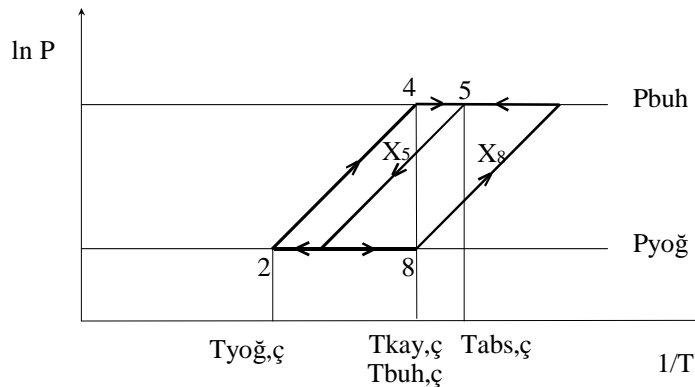
Soğurmalı Isı Yükseltici (AIY) sistemi şematik olarak Şekil 3'ten de görüleceği üzere AIP sisteminin tersi bir çevrime göre çalışmaktadır. AIP çevriminde üst basınçta bulunan yoğuşturucu ve kaynatıcı alt basınçta, alt basınçta çalışan buharlaştırıcı ve absorber ise üst basınçta çalışmaktadır. Düşük seviyede bir ısı kaynağı tarafından ısıtılan buharlaştırıcıyı, soğutucu akışkan 4 noktasında doymuş buhar veya kızgın buhar fazında terkederek, eriyik tarafından absorbe edilmek üzere absorbere girer. 10 noktasında fakir olarak absorbere giren eriyik, soğutucu akışkanı absorbe ederek zengin hale geçerken oluşan ısı absorber soğutma suyu tarafından alınır. 5 noktasında absorberi terkederek zengin eriyik, bir miktar soğutucu akışkanın buharlaşarak ayrılacağı, düşük seviyede bir ısı kaynağı tarafından ısıtılan kaynatıcıya transfer edilir. 1 noktasında kızgın buhar fazında kaynatıcıyı terkederek soğutucu akışkan, yoğuşturucuda yoğuştuktan sonra bir pompa yardımıyla AIY sisteminin üst basınç kısmındaki buharlaştırıcıya gönderilir. Buharlaştırıcıda buharlaşan soğutucu akışkan çevrimi tamamlamak üzere yüksek sıcaklıkta absorbe edilmek için absorbere girer. Böylece, soğutucu akışkan sıcaklığını, sistemi tahrik eden ısı kaynağının sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa yükseltmek AIY sisteminin bir özelliğidir. AIY sistemlerin performansları zengin ve fakir eriyikler arasında karşıt akımlı bir ısı eşanjörü monte etmekle artırılabilir.

AIY sistemlerinde kaynatıcı ve buharlaştırıcıya düşük veya orta sıcaklıktaki ısı kaynağından ısı verilirken absorberde yüksek sıcaklıkta ısı üretilmesi sağlanır. AIY sistemlerde ısı, çevrim sıcaklığının en yüksek olduğu nokta olan absorberde üretilir ki bu AIY sisteminin AIP sistemine göre yüksek sıcaklıkta çalışma koşullarında en uygun sistem olduğu sonucunu doğurur.



Şekil 3.

Soğurmalı Isı Yükseltici Sistemin şematik gösterimi



Şekil 4.

Soğurmalı Isı Yükseltici Sistemin basınç-sıcaklık diyagramı

AIY çevriminde, kaynatıcı ve buharlaştırıcı aynı ısı kaynağı tarafından ısıtıldığı takdirde, üç farklı sıcaklık seviyesi vardır; kaynatıcı, absorber ve yoğuşturucu sıcaklıkları. Eğer bir tek ısı kaynağı hem kaynatıcı hem de buharlaştırıcıyı tahrik etmek için yeterli değil ise, kaynatıcı ve buharlaştırıcı iki farklı ısı kaynağı tarafından tahrik edilebilir.

Dolaşım oranı, sistem tasarımı ve optimizasyonu için önemli bir parametre olup, zengin eriyik akış debisinin, m_z , soğutucu akışkan akış debisine, $m_{soğ}$, oranı olarak tarif edilebilir;

$$DO = \frac{m_z}{m_{soğ}} \quad (1)$$

Sistemin ana elemanlarının ısı transfer kapasitelerinin hesaplanmasında aşağıda verilen denklemlerden yararlanılabilir;

$$q_{buh} = \frac{Q_{buh}}{m_1} = h_4 - h_3 \quad (2)$$

$$q_{yoğ} = \frac{Q_{yoğ}}{m_1} = h_2 - h_1 \quad (3)$$

Amonyak-su eriyiği için;

$$q_{abs} = \frac{Q_{abs}}{m_1} = DO * h_5 - (DO - 1) * h_{10} - h_4 \quad (4)$$

$$q_{kay} = \frac{Q_{kay}}{m_1} = (DO - 1) * h_8 - DO * h_7 + h_1 \quad (5)$$

Lithiumbromür-su eriyiği için;

$$q_{abs} = \frac{Q_{abs}}{m_1} = (DO + 1) * h_5 - DO * h_{10} - h_4 \quad (6)$$

$$q_{kay} = \frac{Q_{kay}}{m_1} = DO * h_8 - (DO + 1) * h_7 + h_1 \quad (7)$$

Isıtma tesir katsayısı (ITK), çevrimin farklı sıcaklıklar arasında ısı transfer kabiliyetinin bir ölçüsüdür. AIP çevriminin ITK değeri;

$$ITK_{AIP} = \frac{Q_{yoğ} + Q_{abs}}{Q_{buh} + Q_{kay}} \quad (8)$$

AIY çevriminin ITK'sı ise, absorberdeki ısı transferinin, kaynatıcı ve buharlaştırıcıya verilen ısı transferine oranı olup, aşağıda verilen ifade ile hesaplanabilir,

$$ITK_{AIY} = \frac{Q_{abs}}{Q_{buh} + Q_{kay}} \quad (9)$$

Bu sıcaklıklar arasında çalışan Carnot çevrimi ITK'nın üst limitini belirler,

$$ITK_{Car,AIP} = \frac{(T_{kay} - T_{abs})}{T_{kay}} \left(\frac{T_{buh}}{T_{yoğ} - T_{buh}} \right) \quad (10)$$

$$ITK_{Car,AIY} = \frac{(T_{buh} - T_{yoğ}) T_{abs}}{(T_{buh} - T_{yoğ}) T_{kay} + (T_{abs} - T_{kay}) T_{buh}} \quad (11)$$

Eğer $T_{evap} = T_{gen}$ ise, Denklem 5, aşağıdaki şekle dönüşür;

$$ITK_{Car,AIY} = \frac{(T_{kay} - T_{yoğ})}{T_{kay}} \left(\frac{T_{abs}}{T_{abs} - T_{yoğ}} \right) \quad (6)$$

burada; ITK_{Car} , Carnot çevriminin ITK değeri olup dört ana sıcaklığa bağlıdır ki bunlar sırasıyla Kelvin cinsinden; T_{buh} , buharlaştırıcı sıcaklığı, T_{abs} , absorber sıcaklığı, $T_{yoğ}$, yoğuşturucu sıcaklığı ve T_{kay} , kaynatıcı sıcaklığıdır.

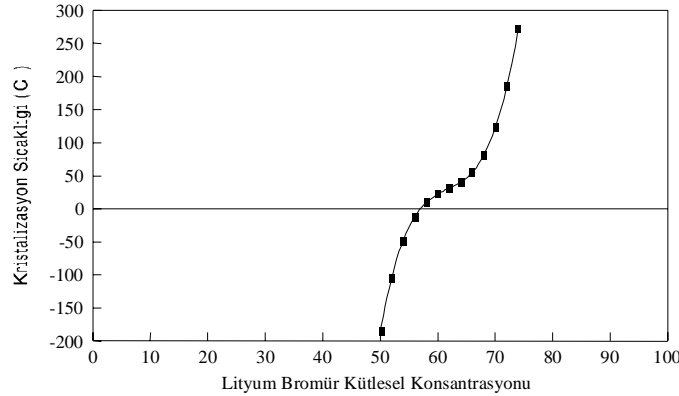
2. AMONYAK-SU İLE LİTYUM BROMÜR-SU ERİYİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

AIY sistemlerinin performansları kullandıkları soğutucu akışkan-yutucu çifti özellikleriyle direkt ilişkilidir. Ucuzluk, ısı ve kütle transfer karakteristikleri, termodinamik özellikleri ve zehirli olup olmaması dikkate alındığında, lityum bromür-su çifti AIY sistemler için en yaygın çiftlerden biridir. İnorganik yutucular için, su belkide en akılcı soğutucu akışkan olmaktadır, zira amonyak kullanıldığında sistem basıncı aşırı yüksek olmaktadır. Su, yüksek buharlaşma gizli ısısına sahip olmasının yanında ucuz ve zehirsiz olup, patlayıcı özelliği yoktur. Suyun soğutucu akışkan olarak kullanılmasındaki ana dezavantaj, sıcaklık limitinin sorun olması ve basınçların atmosfer basıncının altına düşme riskinin olmasıdır. Lityum bromürün su içinde yaklaşık %70 ağırlık oranına kadar çözünmesi birçok avantaj doğurmaktadır. Sabit konsantrasyon doğrularının eğimlerinin yüksek olması bir başka avantajdır. Diğer bir önemli avantajda kaynatıcı çıkışında su buharının lityum bromür içermemesi dolayısıyla ekstra bir ayırıcı ekipmana gerek duyulmamasıdır.

Lityum bromür-su çifti AIY sistemler için çok uygun bir çift olmasına rağmen, bazı dezavantajlarada sahiptir, bunların bazıları; korozyon, yüksek viskozite, lityum bromürün su içinde çözünmesindeki limit ve uygulamada çıkılabilecek maksimum sıcaklık limiti olarak belirtilebilir.

Lityum bromür-su çiftinin diğer bir önemli dezavantajıda, lityum bromürün kristalize olma durumudur. Şekil 5, lityum bromür-su eriyiğinin kristalizasyon sıcaklığının, lityum bromür konsantrasyonuna bağlı olarak değişimini göstermektedir.

Amonyak-su eriyiği, soğutucu akışkan-soğurucu çiftlerinden istenen özelliklerin bazılarını mükemmel bir şekilde sağlarken, bazılarını sağlamakta zorluk çekmektedir. Yutucu akışkan olarak kullanılan su, amonyak buharına karşı meyilli olup, bu ikili geniş bir çalışma aralığında birbirleri içinde çok güzel çözünürler. Her ikisinde kararlı olup birçok malzeme ile uyumlu olarak kullanılabilirler. Unutulmaması gereken, bakır ve bakır alaşımlarının herhangi bir amonyak kullanan sistem için uygun olmadığıdır. Soğutucu akışkan olarak kullanılan amonyak, yüksek gizli ısıya sahiptir, fakat, zehirli ve çalışma basınçları oldukça yüksektir.



Şekil 5.

Lityum bromür-su eriyiğinin kristalizasyon sıcaklığının, lityum bromür konsantrasyonuna bağlı olarak değişimini

Amonyak-su eriyiği kullanan sistemin ana dezavantajı, suyun kolay buharlaşabilir olması dolayısıyla, kaynatıcıyı terkeden amonyak buharının genellikle bir miktar su buharı içermesidir. Bu sebeple, amonyak-su eriyiği kullanan AIY sistemlerde, yoğuşturucuya saf amonyak gitmesini sağlamak amacıyla, amonyakın içerdiği su buharını ayırmak için kaynatıcı çıkışına bir ayırıcı yerleştirilmelidir. Bu ayırıcı genellikle kaynatıcının üst kısmına monte edilmiş bir distilasyon kolunudur.

Amonyak-su eriyiği kullanan AIY sistemleri, yüksek sıcaklık uygulamaları için pek uygun değildir, zira sıcaklık yükseldikçe absorberdeki basınç yükseleceğinden gerekli pompalama maliyeti yüksektir. Dahası, kaynatıcı çıkışına ayırıcı montajı sistemi daha karmaşık yapar ve ilk yatırım maliyetini artırır. İlave ola-

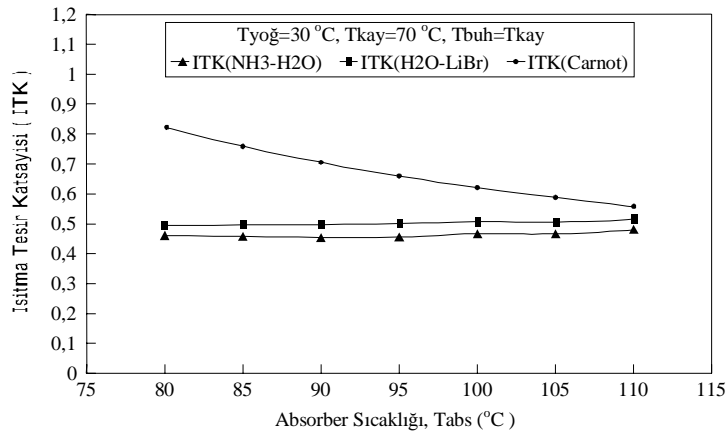
rak, amonyağın kolay buharlaşabilir, zehirli ve yanıcı olması dolayısıyla taşınması ve depolanması büyük özen ve dikkat gerektirir.

Lityum bromür-su eriyiği kullanan AIY sistemi, konsantrasyonu değiştirerek yük değişimlerinde gerekli ihtiyacı sağlayabilmektedir, fakat düşük çalışma basıncı sebebiyle, sisteme hava girmesi söz konusudur. Kristalizasyona engel olmak için konsantrasyon kontrolü gereksede bu tür sistemler pek arıza göstermezler ve çalıştırılması oldukça basittir.

Soğurmalı sistemlerde genellikle konsantrasyon soğutucu akışkana göre olmasına rağmen lityum bromür-su çifti kullanan sistemlerde konsantrasyon lityum bromüre göre verilmektedir. Bu durum, amonyak-su çifti kullanan sistemde zengin eriyik olarak isimlendirilen eriyiğin, lityum bromür-su çifti kullanan sistemlerde fakir eriyik olarak isimlendirilmesi sonucunu doğurur. Amonyak-su çifti kullanan sistemde zenginlik soğutucu akışkan olan amonyak konsantrasyonuna göre belirlenirken, lityum bromür-su çifti kullanan sistemlerde zenginlik soğurucu akışkan olan lityum bromür konsantrasyonuna göre belirlenir.

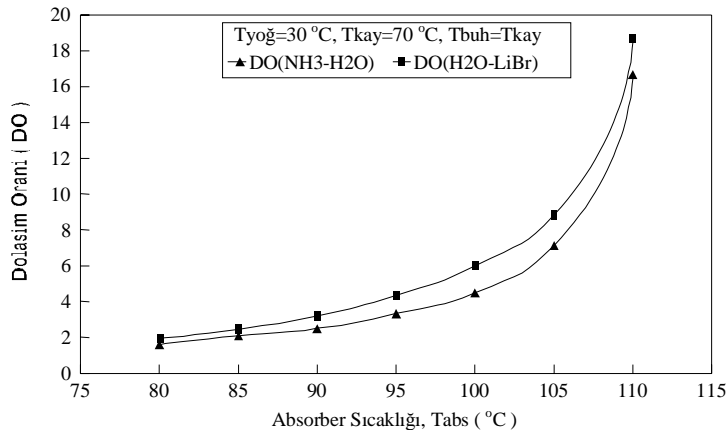
Bu çalışmadaki bütün hesaplamalar ve grafikler Şekil 3'te sunulan AIY sisteme göre yapılmıştır. Sunulan grafiklerde lityum bromür kristalizasyonunun sebep olduğu limitler de gösterilmiştir. Lityum bromür-su çifti kullanan AIY sistemin çalışma aralığı sürekli çizgi ile belirtilmiştir. Bu çalışmada, çalışma aralıkları $T_{abs}=80-110^{\circ}\text{C}$, $T_{yog}=70-100^{\circ}\text{C}$ ve $T_{yog}=25-40^{\circ}\text{C}$ olarak alınmıştır.

Şekil 6'da AIY sisteminin ITK'sının absorber sıcaklığına bağlı olarak değişimi sunulmuştur. Şekil 6'da görüldüğü üzere, Carnot çevriminin ITK'sının düşme eğimi oldukça dikkat çekmektedir. Şekil 7, AIY sisteminin dolaşım oranının absorber sıcaklığına bağlı olarak değişimini göstermektedir. Absorber sıcaklığı arttıkça 5 noktasının konsantrasyonu 10 noktasının konsantrasyonuna yaklaşmakta (bakınız Şekil 4) ve dolayısıyla konsantrasyon farkındaki bu azalma dolaşım oranındaki artma sonucunu doğurmaktadır (bakınız Denklem 1). Kaynatıcı ve buharlaştırıcı sıcaklıklarının, ITK'ya etkisi Şekil 8 ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Kaynatıcı sıcaklığının buharlaştırıcı sıcaklığından büyük olması sistemin ITK'sı üzerinde olumlu bir etki yapmaktadır.



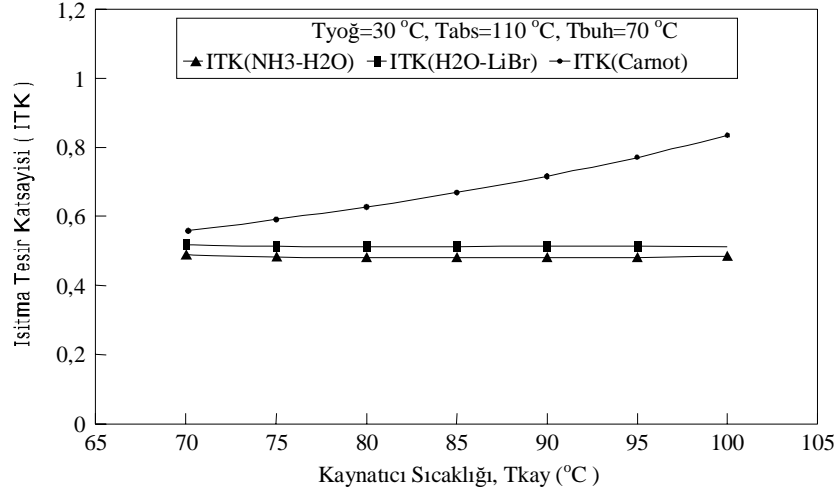
Şekil 6.

AIY sistemin ITK'sının absorber sıcaklığına göre değişimi



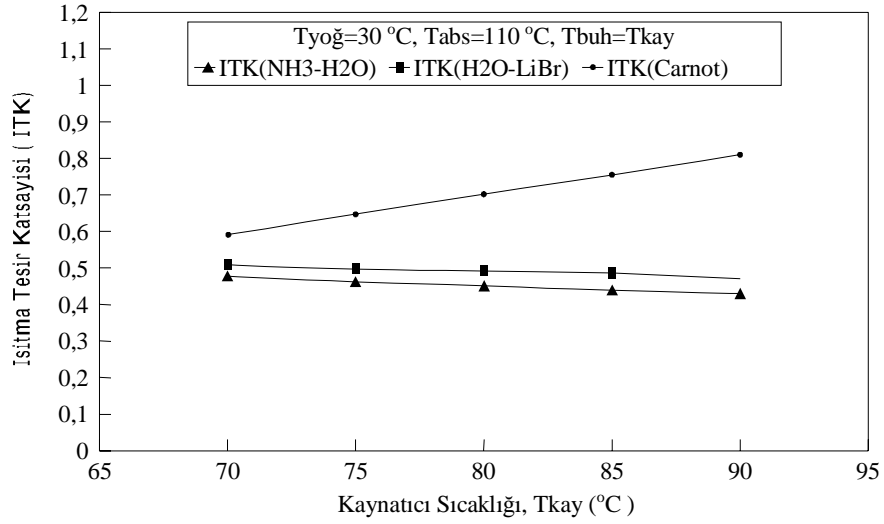
Şekil 7.

AIY sistemin dolaşım oranının absorber sıcaklığına göre değişimi



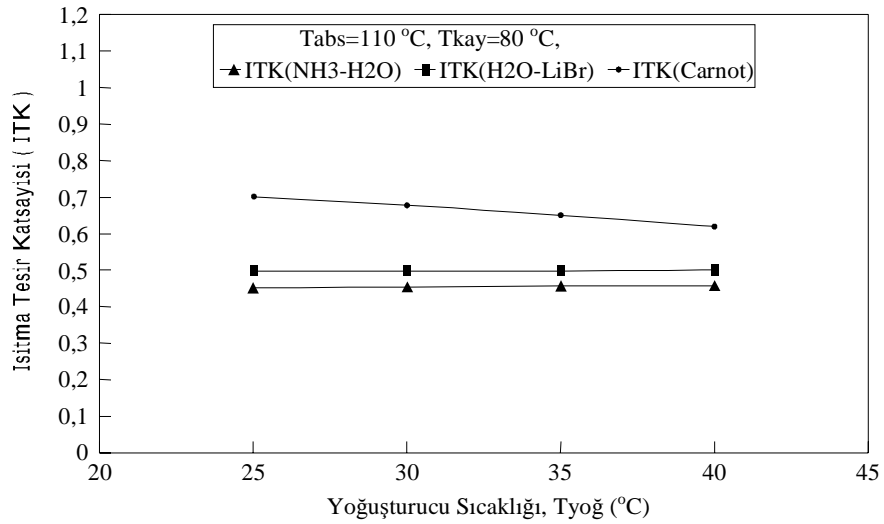
Şekil 8.

AIY sistemin ITK'sının kaynatıcı sıcaklığına göre değişimi



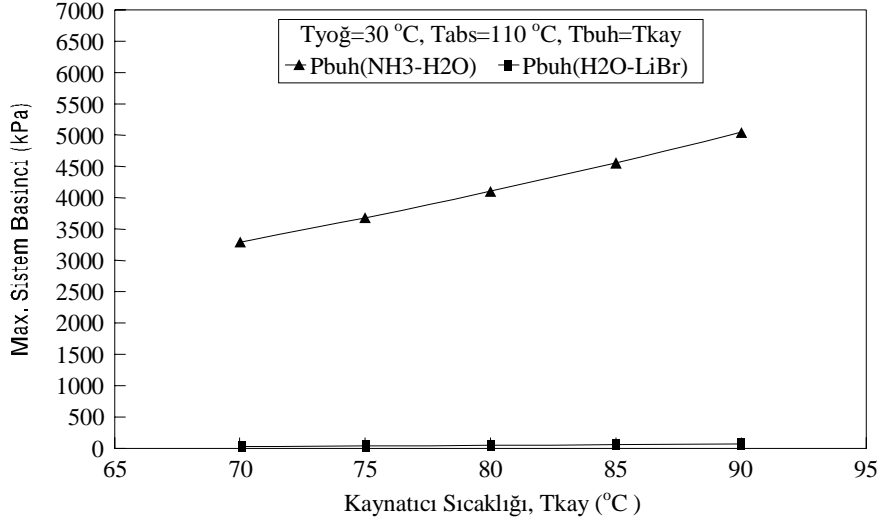
Şekil 9.

AIY sistemin ITK'sının kaynatıcı sıcaklığına göre değişimi ($T_{kay}=T_{buh}$)



Şekil 10.

AIY sistemin ITK'sının yoğuşturucu sıcaklığına göre değişimi



Şekil 11.
Maksimum sistem basıncının kaynatıcı sıcaklığına göre değişimi

Şekil 10, AIY sistemin ITK'sının yoğuşturucu sıcaklığına bağlı değişimini göstermektedir. Maksimum sistem basıncının kaynatıcı sıcaklığına göre değişimi Şekil 11'de sunulmuştur. Şekil 11'den de görüleceği üzere amonyak-su çifti kullanan AIY sistemin maksimum çalışma basıncı lityum bromür-su çifti kullanan sistemin maksimum basıncından her zaman büyüktür.

3. SONUÇ VE İRDELEME

AIY sisteminin performansı kullandığı soğutucu akışkan-soğurucu çifti özellikleriyle direkt ilişkilidir. AIY çevrim, amonyakın soğutucu akışkan olarak kullanıldığı amonyak-su çifti ve suyun soğutucu akışkan olarak kullanıldığı lityum bromür-su çiftini yaygın olarak kullanmaktadır. Bu çalışma, lityum bromür-su çifti kullanan AIY sisteminin, amonyak-su çifti kullanan sisteme göre daha iyi bir performans gösterdiği sonucuna varmıştır. Lityum bromür-su çifti AIY sistemler için çok uygun bir çift olmasına rağmen, bazı dezavantajlara sahiptir, bunların bazıları; korozyon, yüksek viskozite, lityum bromürün su içinde çözünmesindeki limit ve uygulamada çıkılabilecek maksimum sıcaklık limiti olarak belirtilebilir.

Amonyak-su eriyiği soğutucu akışkan-soğurucu çiftlerinden istenen özelliklerin bazılarını mükemmel bir şekilde sağlarken, bazılarını sağlamakta zorluk çekmektedir. Yutucu akışkan olarak kullanılan su, amonyak buharına karşı meyilli olup, bu ikili geniş bir çalışma aralığında birbirleri içinde çok kolay çözünürler. Her ikiside kararlı olup birçok malzeme ile uyumlu olarak kullanılabilirler. Tek dikkate değer konu, bakır ve bakır alaşımlarının herhangi bir amonyak kullanan sistem için uygun olmadığıdır. Soğutucu akışkan olarak kullanılan amonyak, yüksek gizli ısıya sahiptir, fakat, zehirli ve çalışma basınçları oldukça yüksektir. İlave olarak, amonyakın kolay buharlaşabilir, zehirli ve yanıcı olması dolayısıyla taşınması ve depolanması özen ve dikkat gerektirir.

Semboller

ITK	Isıtma Tesir Katsayısı (-)
DO	Dolaşım oranı (-)
\dot{m}	Kütleli debi (kg/s)
P	Basınç (kPa)
T	Sıcaklık (K veya °C)
X	Konsantrasyon (-)

Alt İndisler

abs	absorber
buh	buharlaştırıcı

Car	Carnot
ç	çıkış
kay	kaynatici
soğ	soğutucu akışkan
yoğ	yoğuşturucu
z	zengin

4. KAYNAKLAR

1. L. A. McNeely, "Thermodynamic Properties of Aqueous Solutions of Lithium Bromide", **ASHRAE Transactions**, Vol. 85, No. 3, 413, 1979.
2. R. Best, M. A. R. Eisa ve F. A. Holland, "Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Transformers, Part I: Operating on Water-Lithium Bromide", **J. of Heat Recovery Systems**, Vol. 6, 421-432, 1986.
3. R. Best, M. A. R. Eisa ve F. A. Holland, "Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Transformers, Part III: Operating on Ammonia-Water", **J. of Heat Recovery Systems**, Vol. 7, 259-272, 1987.
4. K. P. Tyagi, "Aqua-ammonia Heat Transformers", **J. of Heat Recovery Systems**, Vol. 7, 423-433, 1987.
5. P. Ciambelli ve V. Tufano, "On the Performance of Advanced Absorption Heat Transformers-II. the Double Absorption Configuration", **J. of Heat Recovery Systems**, Vol. 5, 451-457, 1988.
6. B. Zeigler ve C. Trepp, "Equation of State for Ammonia-Water Mixtures", **Int. Journal of Refrigeration**, Vol. 7, No. 2, 101, March 1984.
7. B. H. Jennings, "The Thermodynamic Properties of Ammonia-Water Mixtures: A Reassessment in Tabular Format", **ASHRAE Transactions**, 419, 1979.
8. P. Holmberg ve T. Berntsson, "Alternative Working Fluids in Heat Transformers", **ASHRAE Transactions**, Vol. 96, 1582-1589, 1990.
9. Horuz and T. M. S Callander, "Experimental Investigation of a Vapor Absorption Refrigeration System", **International Journal of Refrigeration**, Vol.27, 10-16, 2004.
10. Yamankaradeniz, I. Horuz ve S. Coşkun, "Soğutma Tekniği ve Uygulamaları", Vipaş A. Ş., Yayın No: 79, Bursa, 2002.