

Makale**İlhami HORUZ****Abstract:**

Absorption Refrigeration Systems are coming forward in respect of utilising waste heat. Nevertheless, the COP of the single stage Absorption Refrigeration Systems, which represents the cooling performance, is limited and do not seem to increase after a certain temperature no matter how hot the waste heat source temperature is. In this case, the double stage Absorption Refrigeration Systems which presents better COP than the single stage Absorption Refrigeration Systems are coming to market. This is the main reason for their commonly usage. However, if the waste heat source temperature is not high enough, the single stage Absorption Refrigeration Systems must be used and this will result in lower cooling performance when compared to the double stage Absorption Refrigeration Systems. In order to overcome this disadvantage, this study presents a unique alternative system which is an Absorption Heat Transformer driven double stage Absorption Refrigeration Systems. This offers an advantage of utilising the waste heat to generate hotter process water than the waste heat source temperature using the Absorption Heat Transformer system and drive the double stage Absorption Refrigeration Systems using this process water. So, instead of using the single stage, now we can use the double stage since we have hotter process water and this means better cooling performance.

Key Words:

Waste Heat, Absorption Refrigeration Systems, Absorption Heat Transformers, Double Stage Absorption Refrigeration Systems.

Absorpsiyonlu Isı Yükselticisi Takviyeli Çift Kademeli Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri

ÖZET

Absorpsiyonlu soğutma sistemleri, atık ısıların değerlendirilmesinde ön plana çıkmaktadırlar. Ancak tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin soğutma performansının bir göstergesi olan STK değerleri sınırlı kalmakta, atık kaynak sıcaklığı belli bir değerden sonra ne kadar artarsa artırsın STK değerlerinde bir artış gözlenmemektedir. Bu tür durumlarda, yüksek sıcaklıklı atık ısıların geri kazanılması için tek kademelilere göre daha performanslı çalışan (STK değerleri daha yüksek olan) çift kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemleri ön plana çıkmaktadır. Çift kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin yaygın kullanım alanı bulmasının temel sebebinin bu olay oluşturmaktadır. Fakat atık kaynak sıcaklığı yeterince yüksek değilse, ısı geri kazanımı için çift kademeli yerine tek kademeli sistem kullanılması mecburiyeti doğmaktadır ki bu durum, çift kademeli sistemle kıyaslandığında, performans düşüklüğü ile kendini göstermektedir. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için bu çalışma, pek eşine rastlanmamış bir alternatif sistem sunmakta ve düşük sıcaklıklı atık ısı kaynağından tahrikli bir absorpsiyonlu ısı yükselticisi kullanmak suretiyle, yüksek sıcaklıklı kızgın su elde etmek ve bu kızgın su ile çift kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemini kullanarak, hem tek kademeliye olan mecburiyeti ortadan kaldırmayı hem de verilen birim enerji başına daha fazla soğutma yapabileme avantajını sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Atık ısı, Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri, Absorpsiyonlu Isı Yükselticileri, Çift Kademeli Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri.

1. GİRİŞ

Absorpsiyonlu soğutma (ABS) sistemi, buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma sistemine oldukça benzerdir. Soğutma yükü, soğutucu akışkanın buharlaştırıcıda buharlaşması ile karşılanır. Buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma çevrimindeki mekanik işlemin yerini, ABS sisteminde fiziko-kimyasal işlemler almıştır. Mekanik kompresör yerine, ABS sisteminde, termik kompresör kullanılmaktadır. Soğutma elde etmek için, buhar sıkıştırırmalı 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 olabilir [1-4]. ABS çevriminde, iki farklı akışkan dolaşır. Bunlardan birisi soğutucu akışkandır. Bu akışkan buharlaştırıcıda buharlaşarak soğutma yükünün ortamdan çekilmesini sağlar. Diğer akışkan ise yutucu (absorbent, soğurucu) akışkandır. Bu akışkan çevrimin belli bir kısmında soğutucu akışkanı taşır. Son yıllarda ABS sistemlerinde çok yaygın olarak kullanılan akışkan çifti olarak lityum bromür-su çifti göze çarpmaktadır. Lityum bromür-su çifti ile çalışan ABS sisteminde, soğutucu akışkan olarak su kullanılmaktadır. Lityum bromür-su çifti, ideal bir çiftten istenen şartların çoğuna sahiptir. Bununla beraber, soğutucu akışkanın su olması nedeniyle, buharlaştırıcı sıcaklığı, suyun donma noktası ile sınırlıdır. Bu sebeple, bu çift ile çalışan sistemler genellikle klima uygulamalarında yaygın kullanım alanları bulmuşlardır [5-6].

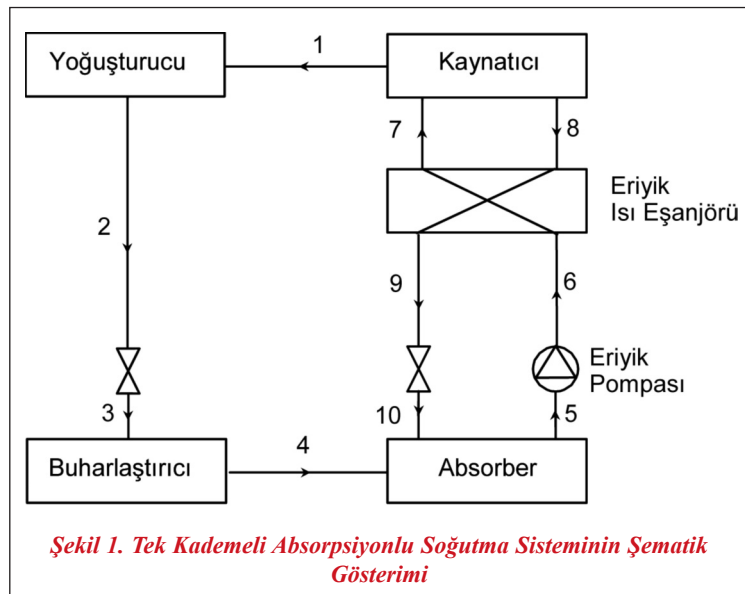
Atık ısıyı değerlendirme konusunda büyük bir potansiyele sahip olan ABS Sistemleri incelendiğinde, atık kaynak sıcaklığının belli bir değeri aşması durumunda tek kademeli sistemlerin soğutma tesir katsayılarının (STK) belli bir değerden sonra artış göstermemesi üzerine, yüksek sıcaklıklı atık ısıların geri kazanılması için tek kademelilere göre daha performanslı çalışan (STK değerleri daha yüksek olan) çift kademeli ABS sistemleri ön plana çıkmaktadır. Fakat atık kaynak sıcaklığı düşük veya orta seviyede ise, ısı geri kazanımı için çift kademeli yerine tek kademeli sistem kullanılması mecburiyeti doğmaktadır ki bu durum, çift kademeli sistemle kıyaslandığında, performans düşüklüğü ile kendini göstermektedir. Öte yandan Absorpsiyonlu ısı yükseltici (AIY) sistemler kullanmak suretiyle atık kaynak sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda proses buharı/kızgın su elde etmek mümkündür. Bu çalışma, düşük sıcaklıklı atık ısı kaynaklarının daha efektif bir şekilde geri kazanımını sağlayabil-

mek adına, bir AIY sistemi kullanarak düşük sıcaklıktaki atık kaynaktan ısı geri kazanımı yardımıyla daha yüksek sıcaklıklarda proses buharı/kızgın su elde etmek suretiyle tek kademeli yerine çift kademeli bir ABS sistem kullanma potansiyelini araştırmayı hedeflemektedir.

2. TEK KADEMELİ ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ

Tek kademeli ABS sisteminin şematik olarak gösterildiği Şekil 1'den de görüleceği üzere, sistemin ana elemanları kaynatıcı, yoğuşturucu, buharlaştırıcı ve absorberdir.

Lityum bromür-su çifti kullanan tek kademeli ABS sisteminin çalışma prensibi aşağıda belirtildiği gibidir; absorberden çıkan ve bir pompa vasıtasıyla ısı eşanjöründen geçerek ısınan lityum bromür bakımından fakir eriyik kaynatıcıya gelir. Kaynatıcıda, dışarıdan verilen ısıyla, soğutucu akışkanın bir kısmı buharlaşarak eriyikten ayrılır. Buharlaşarak kaynatıcıyı terk eden soğutucu buharı, yoğuşturucuya girer. Kaynatıcıda eriyik içinden soğutucu buharının ayrılmasıyla lityum bromür bakımından zenginleşen eriyik (zengin eriyik), ısı eşanjöründe, fakir eriyiğe ısı verdikten sonra absorbere geri döner. Kaynatıcıdan buharlaşarak yoğuşturucuya giden soğutucu buharı burada yoğuşarak dışarıya ısı atar. Yoğuşma basıncı, izafi olarak buharlaşma basıncından büyüktür.

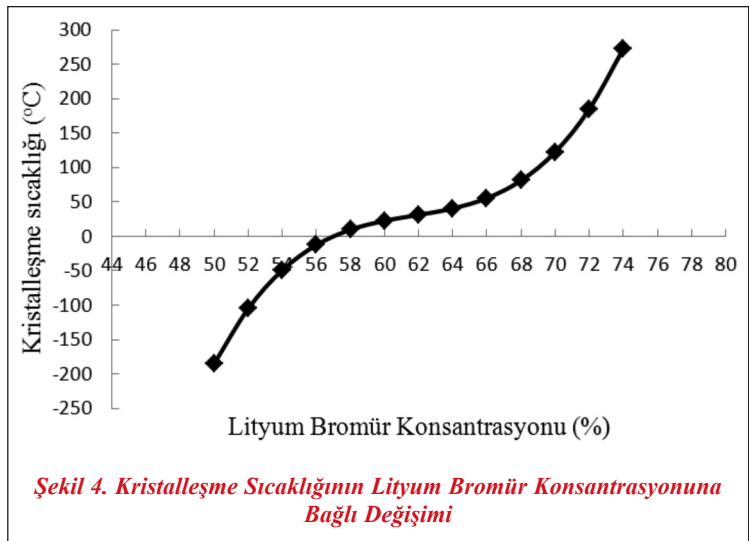
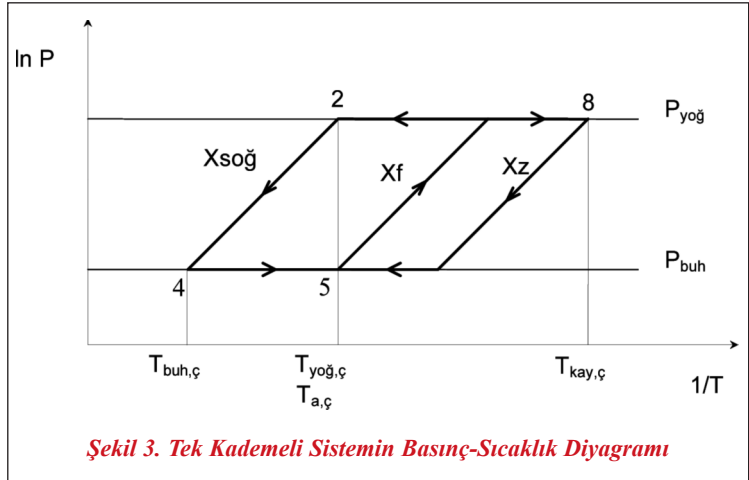
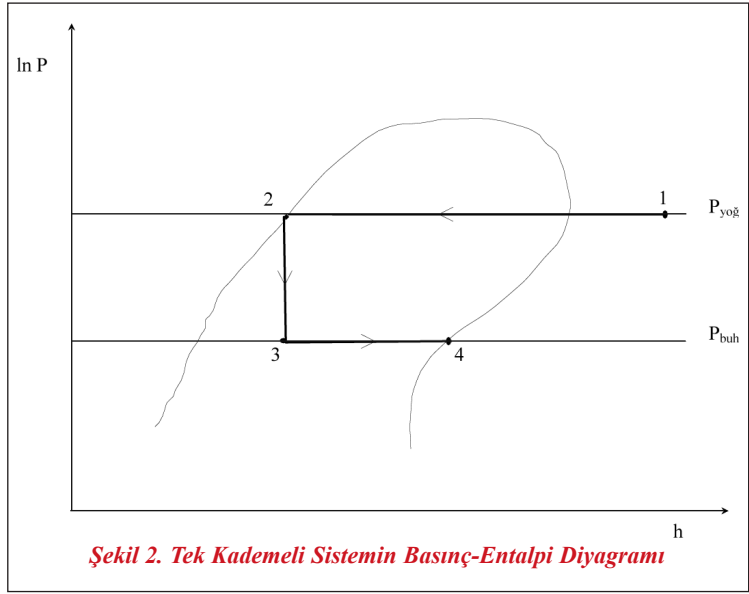


Makale

Basınç kayıpları düşünülmezse, kaynaticı, yoğuşturucu basıncında, absorber ise buharlaştırıcı basıncındadır. Yoğuşturucudan doymuş sıvı olarak çıkan soğutucu akışkan, kısılma vanasından geçerek buharlaştırıcı basıncına kadar genişler ve burada buharlaşarak buharlaşma için gerekli ısıyı soğutulan ortamdan çeker. Buharlaştırıcıdan doymuş buhar veya kızgın buhar fazında çıkan soğutucu akışkan absorbere girer. Absorberde, ısı eşanjöründen geçirilip fakir eriyiğe ısı verdikten sonra bir kısılma vanası yardımıyla absorbere gelen zengin eriyik, buharlaştırıcıdan gelen soğutucu buharını yutar (absorbe eder). Absorpsiyon işleminin iyi bir şekilde gerçekleşmesi için, absorberden ısı alınması gerekir. Absorber içinde tekrar lityum bromür bakımından fakir hale gelen eriyik (fakir eriyik), bir pompa vasıtasıyla tekrar kaynaticıya gönderilir. Verimi arttırmak için, absorberden kaynaticıya gönderilen fakir eriyik, kaynaticıdan dönen zengin eriyik tarafından bir ısı eşanjöründe ısıtılır.

Şekil 1’de gösterilen tek kademeli ABS sisteminin $\ln P$ - h ve basınç-sıcaklık diyagramları sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3’de gösterilmiştir. Şekil 4’de ise lityum bromür konsantrasyonuna bağlı olarak kristalleşme sıcaklığı verilmiştir. Sistemin hiçbir noktasında hiçbir akışkanın katı hale geçmesi istenmediğinden, kristalleşme sıcaklığı kontrol edilmelidir; ki bu değer sistemin çalışma aralığını da belirleyen bir değerdir. Şekil 4’den de görüleceği üzere lityum bromür konsantrasyonu arttıkça, kristalleşme sıcaklığı artmaktadır.

Dolaşım oranı, sistem dizaynı ve optimizasyonu için önemli bir parametre olup, zengin eriyik kütleli debisinin,



m_z , soğutucu akışkan kütleli debisine $m_{soğ}$ oranı olarak tarif edilebilir;

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

Soğutma Tesir Katsayısı (STK), çevrimin farklı sıcaklıklar arasında ısı transfer kabiliyetinin bir ölçüsü olup, birim enerji başına alınan soğutma miktarı olarak tarif edilebilir ki; ABS sisteminde buharlaştırıcı yardımıyla ortamdan ısı almak (\dot{Q}_{buh}) için kaynaticıya (\dot{Q}_{kay}) bir ısı kaynağından enerji aktarmamız gerekir.

$$STK = \frac{\dot{Q}_{buh}}{\dot{Q}_{kay}} \quad (2)$$

burada;

$$\dot{Q}_{buh} = \dot{m}(h_4 - h_3) \quad (3)$$

$$\dot{Q}_{kay} = \dot{m}_8 h_8 + \dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_7 l \quad (4)$$

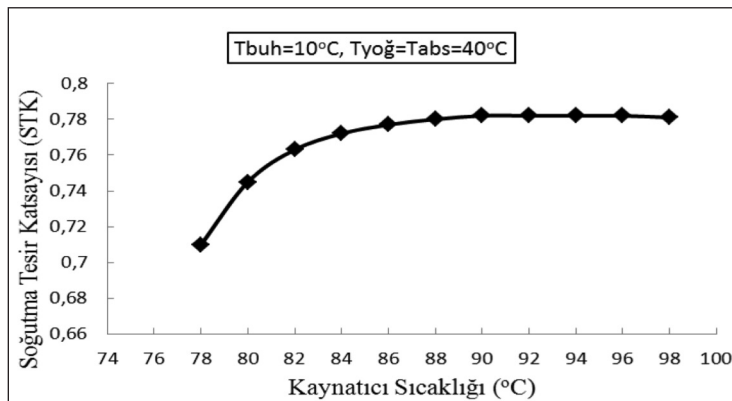
Bu sıcaklıklar arasında çalışan Carnot çevrimi STK'nın üst limitini tayin eder,

$$STKI = STK_{Carnot} = \frac{(T_{kay} - T_{abs})}{T_{kay}} \frac{T_{buh}}{(T_{yoğ} - T_{buh})} \quad (5)$$

Şekil 5'te tek kademeli bir ABS sisteminde STK'nın atık kaynak sıcaklığına yani kaynaticı sıcaklığına göre değişimi sunulmuştur. Şekil 5'ten de görüleceği üzere atık kaynak sıcaklığı arttıkça verilen birim enerji başına alınan soğutma yükü yani STK değeri

artmaktadır. Ancak bu artış 0,78 değeri civarına kadar olmakta ve bu değerden sonra yatay bir değişim göstermektedir. Araştırmalar atık kaynak sıcaklığı ne kadar artarsa artsın tek kademeli ABS sisteminin STK değerinde belli bir değerden sonra bir artışa yol açmayacağı sonucunu göstermiştir. Buharlaştırıcı, yoğuşturucu ve absorber sıcaklıklarının sabit olmaları dolayısıyla, fakir eriyiğin konsantrasyon değeri sabit kalmaktadır. Yoğuşturucu sıcaklığının ve dolayısıyla sistem üst basıncının sabit tutulup kaynaticı sıcaklığının artırılması, kaynaticıdan dönen zengin eriyiğin konsantrasyonunu da arttıracaktır (bakınız Şekil 3). Zengin eriyik konsantrasyonundaki bu değişim dolaşım oranını etkileyecek ve dolaşım oranının azalmasına yol açacaktır. Dolaşım oranının azalmasıyla, kaynaticıya verilen ısı miktarı azalmakta ve dolayısıyla STK değeri artmaktadır. STK değeri verilen birim iş başına alınan soğutma yükü olarak tarif edildiğinden ve Şekil 5'te verilen çalışma şartlarında buharlaştırıcıdaki ısı transferi yani soğutma yükü sabit kalmakta ve azalan dolaşım oranı dolayısıyla kaynaticıya aktarılan ısı transferi azaldığından, STK değeri artmaktadır. Kaynaticı sıcaklığındaki 90 °C'den sonraki artış, hem kaynaticı çıkışındaki zengin eriyik konsantrasyonunun kristalleşme tehlikesinin artmasına yol açacak şekilde artmasına hem de dolaşım oranında küçük düşümlere yol açtığından, sistemin STK değeri artmadan yatay seyre geçmektedir. Artan atık kaynak sıcaklığı ve dolayısıyla artan kaynaticı sıcaklığıyla artış gösteren zengin eriyik konsantrasyonunun %66 civarına kadar bir sorun teşkil etmediğini, fakat bu değerden

daha büyük lityum bromür konsantrasyonunun kristalizasyona sebep olabileceği ve bu sebeple 98 °C'nin üzerindeki çalışma şartlarında lityum bromürün katı hale geçme riskinden dolayı sistemin çalışmasını sınırladığı gözlenmiştir. Tek kademeli sistemin STK değerinin 0,78 civarında olması ve atık kaynak sıcaklığı ne kadar artarsa artsın STK değerinde bir artışa yol açmadığından, iki kademeli sistemlerle yüksek sıcaklığa sahip atık ısı kaynaklarının daha performanslı bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir.



Şekil 5. Tek Kademeli Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin STK Değerinin Kaynaticı Sıcaklığına Göre Değişimi

Makale

3. ÇİFT KADEMELİ ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ

Çift kademeli bir ABS sisteminin kullanılmasındaki ana gaye, yüksek sıcaklıklı bir ısı kaynağı söz konusu olduğunda tek kademeli bir sistemde mümkün olabilen maksimum STK değerinden daha yüksek bir değer elde etmektir.

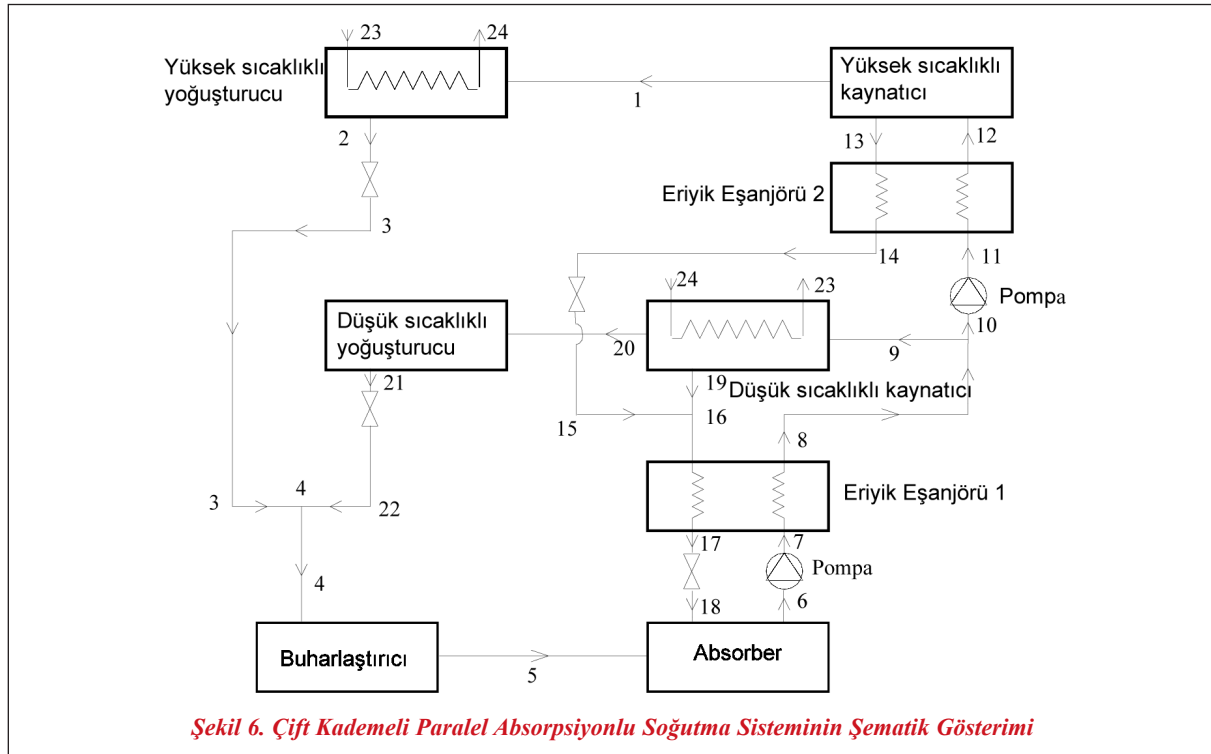
Çift kademeli sistemin çalışma prensibi, yoğuşturucudan atılan ısıyla extra bir kaynatıcının beslenmesi ve böylece ilave bir ısı kullanılmadan buharlaşan ve soğutma devresine giden soğutucu akışkan miktarının artırılması esasına dayanır. Çift kademeli ABS sistemi bu sebeple iki kaynatıcı ve iki yoğuşturucuya sahiptir. Düşük sıcaklıklı kaynatıcı, yüksek sıcaklıklı yoğuşturucudan alınan ısı enerjisi ile beslenir. Çift kademeli ABS sistemleri, absorberden çıkan LiBr bakımından fakir olan eriyiğin kaynatıcılara sirkülasyonu bakımından seri akışlı ve paralel akışlı olmak üzere iki grup altında incelenebilirler. Seri akışlı çift kademeli sistem ise fakir eriyiğin izlediği yola göre;

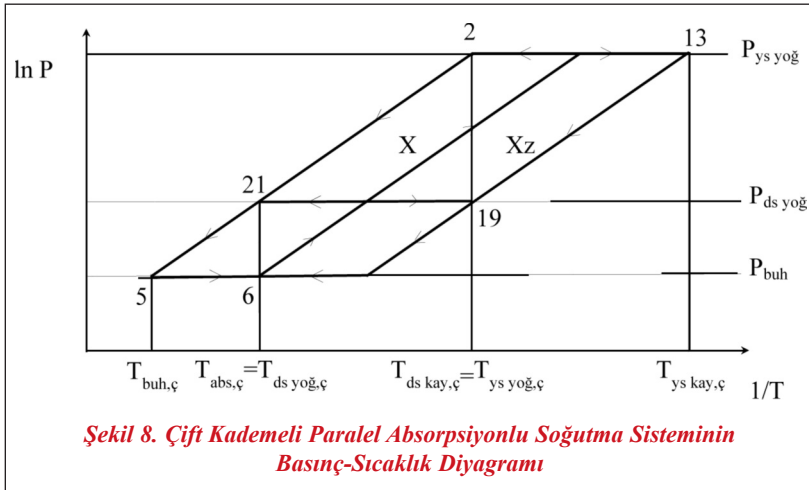
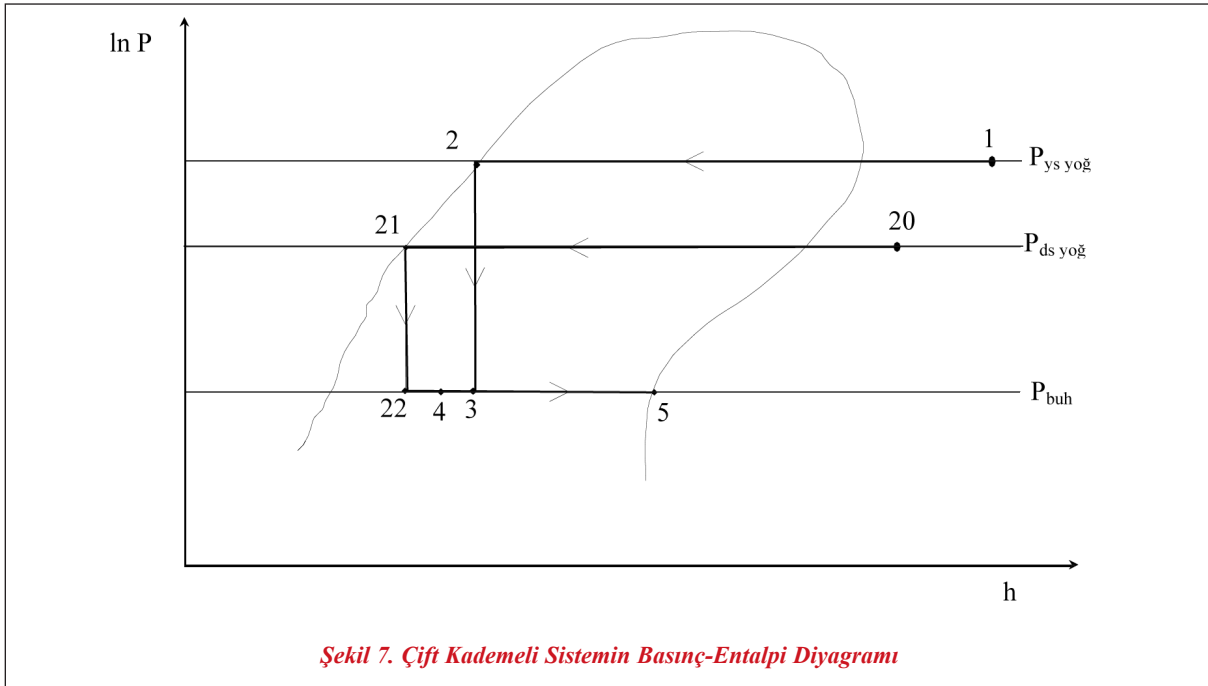
- Seri akışlı 1 (absorber-düşük sıcaklıklı kaynatıcı-yüksek sıcaklıklı kaynatıcı-absorber)

- Seri akışlı 2 (absorber- yüksek sıcaklıklı kaynatıcı-düşük sıcaklıklı kaynatıcı-absorber)

olmak üzere iki çeşittir. Paralel akışlı çift kademeli sistemde ise absorberden çıkan fakir eriyik iki kısma ayrılarak her iki kaynatıcıyı da besler.

Bu çalışma pratikte yaygın olarak kullanım alanı bulması ve daha yüksek performans göstermesi bakımından lityum bromür - su eriyiği kullanan paralel akışlı çift kademeli ABS sistemi üzerinde yoğunlaşacaktır. Şekil 6'da şematik olarak gösterilen bu sistemin çalışma prensibi tek kademeli sistem ile aynı olup, farklılıklar olarak iki adet kaynatıcı, iki adet yoğuşturucu, iki adet eriyik eşanjörü ve iki adet eriyik pompasına sahip olmasının yanında, absorberden çıkan lityum bromür bakımından fakir olan eriyiğin ikiye ayrılarak her iki kaynatıcıyı da aynı anda beslemesi sayılabilir. Şekil 6'da şematik olarak gösterilen paralel akışlı çift kademeli ABS sisteminin InP-h ve basınç-sıcaklık diyagramları sırasıyla Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiştir.





4. TEK VE ÇİFT KADEMELİ SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Tek kademeli sistemin STK değerinin artan atık ısı kaynak sıcaklığına bağlı olarak belli bir değere kadar artış göstermesi ve atık kaynak sıcaklığının 90oC'den sonraki artışlarının STK değerinin artışı üzerinde bir etki yaratamaması üzerine, yüksek atık kaynak sıcaklıklarının olduğu uygulamalarda iki kademeli sistemin tek kademeli sisteme göre daha performanslı bir şekilde çalıştığı Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 9'da STK değerinin atık kaynak sıcaklığına veya diğer bir deyişle kaynatıcı sıcaklığına bağlı olarak değişimi gösterilmiştir. Şekil 9 karşıla-

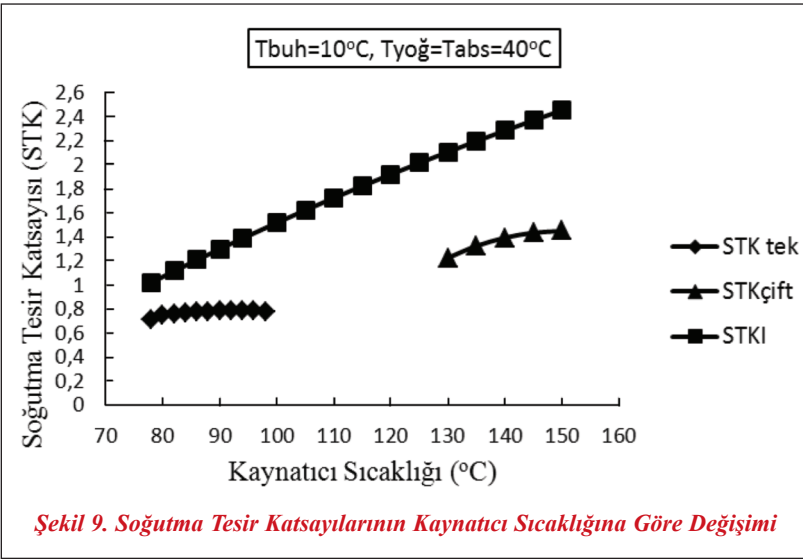
tırmanın yapılabilmesi açısından aynı kaynaklar arasında çalışan ideal bir Carnot ABS sisteminin STK'sı olan STKI'nın yanında tek ve paralel akışlı çift kademeli sistemlerinde STK değerlerini içermektedir. Şekil 9'da yoğunlaştırıcı ve buharlaştırıcı sıcaklıkları sabit tutulmak üzere kaynatıcı sıcaklığı arttırıldığında her üç hal içinde STK değerlerinin arttığı gözlenmektedir. Paralel akışlı çift kademeli sistemin STK değeri tek kademeli sisteminkine göre

daha fazladır. Bunun sebebi, dışarıdan ilave bir ısı girişi olmadan, kaynatıcıdan buharlaşarak ayrılan soğutucu akışkan debisinin, paralel akışlı çift kademeli sistemde, tek kademeliye göre daha fazla olması dolayısıyla, soğutma yükünü arttırmasıdır.

5. ABSORPSİYONLU ISI YÜKSELTİCİSİ

Absorpsiyonlu Isı Yükseltici (AIY) sistemi şematik olarak Şekil 10'dan da görüleceği üzere ABS sistemine göre farklı bir çevrime göre çalışmaktadır. ABS çevriminde üst basınçta bulunan yoğunlaştırıcı ve kaynatıcı alt basınçta, alt basınçta çalışan buharlaştırıcı ve absorber ise üst basınçta çalışmaktadır. Düşük

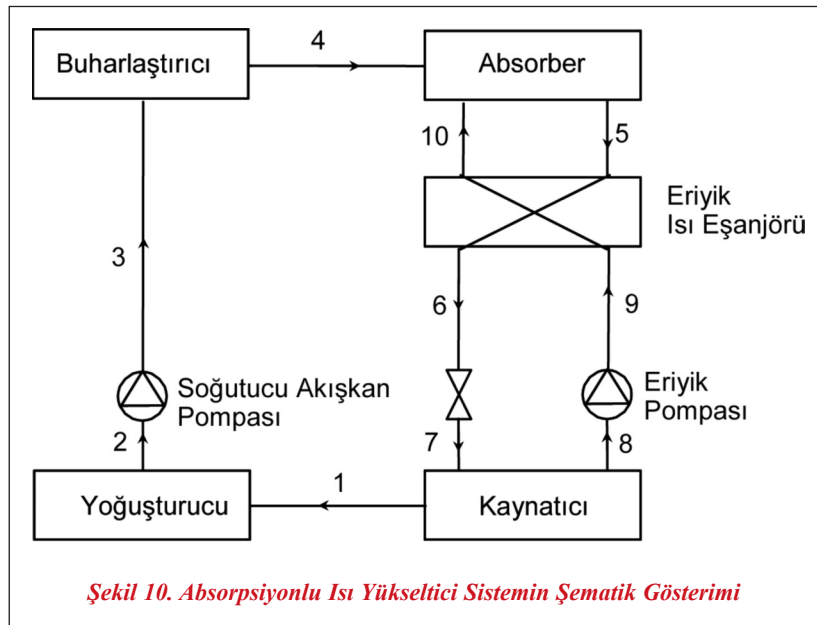
Makale

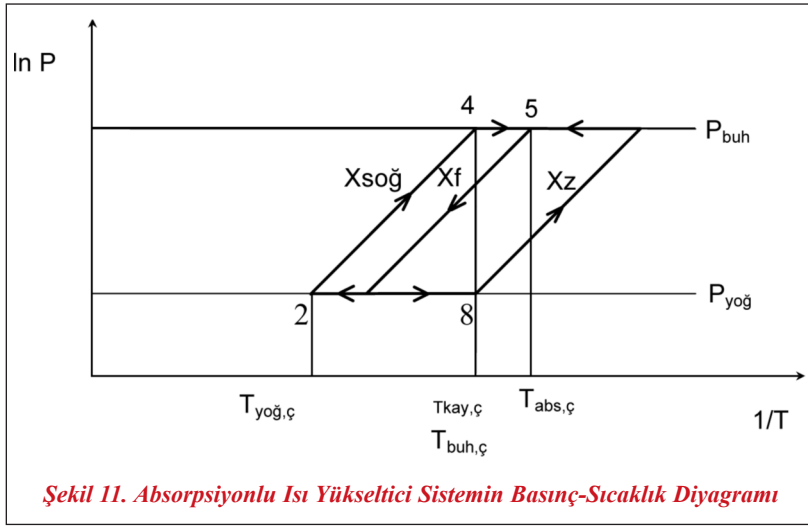


seviyede bir ısı kaynağı tarafından ısıtılan buharlaştırıcıyı, soğutucu akışkan 4 noktasında doymuş buhar veya kızgın buhar fazında terk ederek, eriyik tarafından absorbe edilmek üzere absorbere girer. 10 noktasında zengin olarak absorbere giren lityum bromür-su eriyiği, soğutucu akışkanı absorbe ederek lityum bromür bakımından fakir hale geçerken oluşan ısı, absorber soğutma suyu tarafından alınır. 5 noktasında absorberden terk eden fakir eriyik, bir miktar soğutucu akışkanın buharlaşarak ayrılacağı, düşük seviyede bir ısı kaynağı tarafından ısıtılan kaynatıcıya transfer edilir. 1 noktasında kızgın buhar fazında kaynatıcıyı terk eden soğutucu akışkan, yoğunlaştırıcıda yoğunlaştıktan 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. Bu şekilde, absorberde oluşan ısıyı alması için kullanılan soğutma suyu sıcaklığını, sistemi tahrik eden ısı kaynağının sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa yükseltmek, AIY sisteminin eşsiz bir özelliğidir. AIY sistemlerin performansları zengin ve fakir eriyikler arasında karşıt akımlı bir ısı

AIY çevriminde, kaynatıcı ve buharlaştırıcı aynı ısı kaynağı tarafından ısıtıldığı takdirde, üç farklı sıcaklık seviyesi vardır; kaynatıcı, absorber ve yoğunlaştırıcı 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. Şekil 10'da şematik olarak gösterilen AIY sisteminin basınç-sıcaklık diyagramı Şekil 11'de gösterilmiştir.

Isıtma tesir katsayısı (ITK), çevrimin farklı sıcaklıklar arasında ısı transfer kabiliyetinin bir ölçüsü olup,





Şekil 11. Absorpsiyonlu Isı Yükseltici Sistemin Basınç-Sıcaklık Diyagramı

birim enerji başına alınan ısı miktarı olarak tarif edilebilir. AIY çevriminin ITK değeri;

$$ITK_{AIY} = \frac{\dot{Q}_{abs}}{\dot{Q}_{buh} + \dot{Q}_{kay}} \quad (6)$$

burada;

$$\dot{Q}_{abs} = \dot{m}_5 h_5 - \dot{m}_{10} h_{10} - \dot{m}_4 \quad (7)$$

$$\dot{Q}_{buh} = \dot{m}(h_4 - h_3) \quad (8)$$

$$\dot{Q}_{kay} = \dot{m}_8 h_8 + \dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_7 h_7 \quad (9)$$

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

$$ITK_{Car,AIY} = \frac{(T_{buh} - T_{yoğ})T_{abs}}{(T_{buh} - T_{yoğ})T_{kay} + (T_{abs} - T_{kay})T_{buh}} \quad (10)$$

Eğer $T_{buh} = T_{kay}$ ise, Denklem 10, aşağıdaki şekle dönüşür;

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

burada; ITK_{Car} , Carnot çevriminin ITK değeri olup dört ana sıcaklığa bağlıdır ki bunlar sırasıyla; T_{buh} , buharlaştırıcı sıcaklığı, T_{abs} , absorber sıcaklığı, $T_{yoğ}$, yoğuşturucu sıcaklığı ve T_{kay} , kaynatıcı sıcaklığıdır. Şekil 12'de AIY sisteminde ITK'nın atık kaynak sıcaklığına yani kaynatıcı sıcaklığına göre değişimi

sunulmuştur. Şekil 12'den de görüleceği üzere atık kaynak sıcaklığı arttıkça verilen birim enerji başına alınan ısıtma yükü yani ITK değeri artmaktadır.

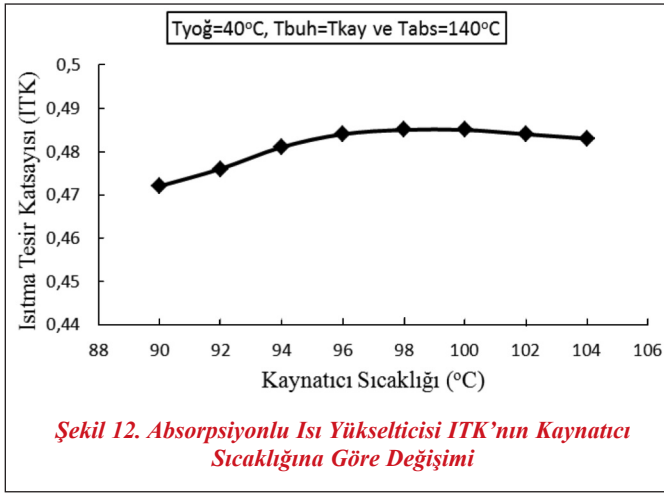
6. ABSORPSİYONLU ISI YÜKSELTİCİSİ TAHRİKLİ ÇİFT KADEMELİ ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ (ALTERNATİF SİSTEM)

ABS sistemini tahrik eden kaynak sıcaklığı 90 °C'ye kadar olması durumunda tek kademeli

sistemin STK değerinin artış gösterdiği, fakat 90°C'den daha büyük olması durumunda, sıcaklık ne kadar artarsa artsın yatay bir seyir izlediği ve yüksek kaynak sıcaklığının STK üzerine pozitif bir etki yapmaması üzerine, kaynak sıcaklığının yüksek olması durumlarında çift kademeli sistemlerin kullanılması, sistem performansının artması açısından tercih edilmektedir. Sistemi tahrik eden kaynak sıcaklığı yüksek ise, çift kademeli ABS sistemi rahatlıkla kullanılabilir ve tek kademeliye göre daha yüksek bir performans elde edilebilir. Fakat aynı yüksek performans düşük atık ısı kaynaklarının değerlendirilmesi için kullanabilme avantajından mahrum kalmış olunur. Sanayide 90°C civarında atık ısı kaynaklarının çokluğu dikkate alındığında, tek kademeli ABS sisteminden başka alternatif kalmamaktadır. Bu çalışma, atık ısı kaynak sıcaklıklarının düşük olduğu durumlarda çift kademeli sistemin kullanılabilmesini mümkün kılabilmek için AIY sistem tahrikli çift kademeli ABS Sistemini önermektedir. Burada ana gaye, düşük sıcaklıklı atık ısı kaynaklarıyla AIY sistemleri tahrik ederek atık ısı kaynak sıcaklıklarından daha yüksek sıcaklıklarda kızgın su elde etmek suretiyle çift kademeli ABS sistemini tahrik etmek suretiyle atık ısının daha verimli bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktır. Önerilen alternatif sistem şematik olarak Şekil 13'de gösterilmiştir.

Şekil 13'den de görüleceği üzere, düşük sıcaklıklı atık ısı AIY sistemini tahrik etmekte ve bu sistemin absorberinin ürettiği ısı da çift kademeli ABS

Makale



Şekil 12. Absorpsiyonlu Isı Yükselticisi ITK'nın Kaynatıcı Sıcaklığına Göre Değişimi

Sisteminin yüksek sıcaklıklı kaynatıcısını tahrik etmektedir. Böylelikle atık ısı daha verimli bir şekilde değerlendirilmiş olabilecektir.

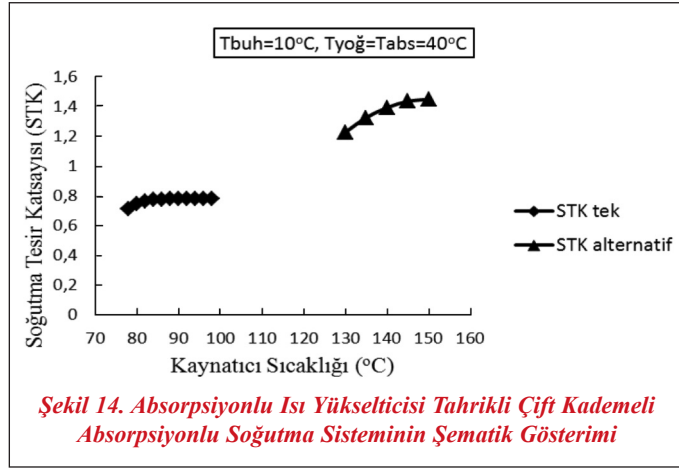
7. ALTERNATİF SİSTEMİN TEK KADEMELİ ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİYLE KARŞILAŞTIRILMASI

Şekil 14'de STK değerinin atık kaynak sıcaklığına veya diğer bir deyişle kaynatıcı sıcaklığına bağlı olarak değişimi gösterilmiştir. Şekil 14 karşılaştırmanın yapılabilmesi açısından aynı kaynaklar arasında çalışan tek kademeli ve AIY sistemi tahrikli paralel akışlı çift kademeli ABS sistemi olan alternatif sistemin STK değerlerini içermektedir.

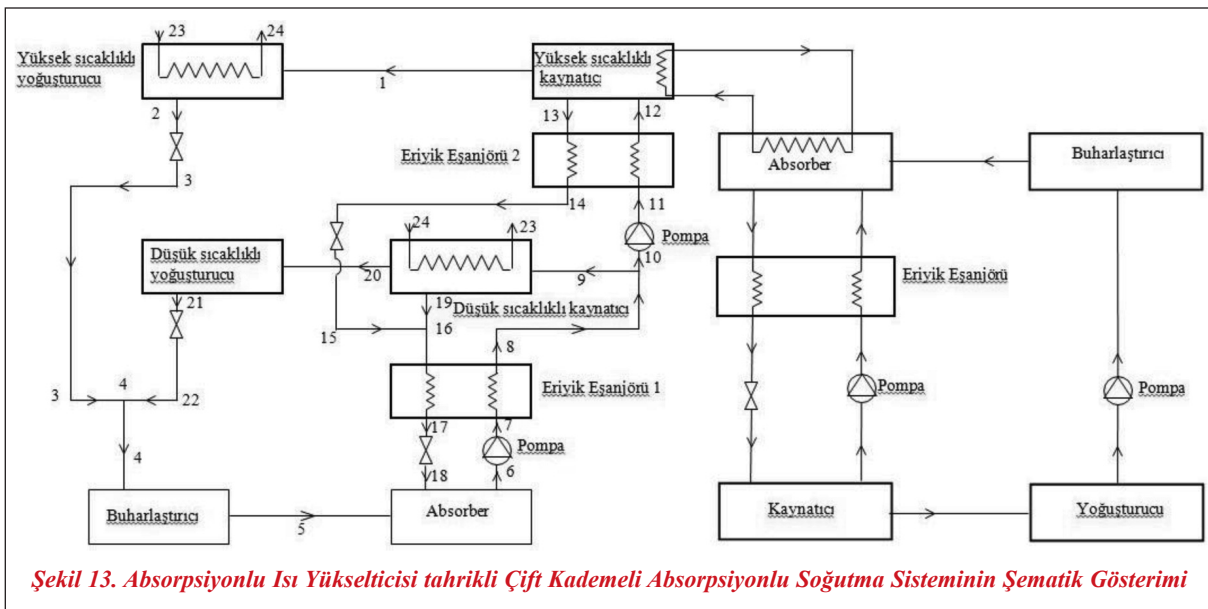
Şekil 14'de görüleceği alternatif sistem tek kademeli sisteme göre daha performanslı çalışmakta ve verilen birim enerji başına daha fazla soğutma yapabilmektedir. Böylelikle düşük sıcaklıklardaki atık ısının değerlendirilmesinde normalde tek kademeli ABS sistemi kullanmak ve dolayısıyla düşük performansa razı olma zorunluluğu ortadan kalkmış ve alternatif sistem kullanmak suretiyle tek kademeliye göre daha yüksek performans elde edebilme avantajı doğmuştur.

SONUÇ

Atık ısılardan değerlendirilmesinde ön plana çıkan ABS sistemlerinden tek kademeli olanlar, atık ısı sıcaklığı belli bir değerden sonra ne kadar artarsa



Şekil 14. Absorpsiyonlu Isı Yükselticisi Tahrikli Çift Kademeli Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Şematik Gösterimi



Şekil 13. Absorpsiyonlu Isı Yükselticisi tahrikli Çift Kademeli Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Şematik Gösterimi

artsın STK değerlerinde bir artış olamamakta ve atık kaynak sıcaklığı sınırlı olduğundan dolayı da daha performanslı olan çift kademeli sistemlerin kullanılmaması söz konusudur. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için bu çalışma, pek eşine rastlanmamış bir alternatif sistem sunmakta ve düşük sıcaklıklı atık ısı kaynağından tahrikli bir AIY sistem kullanmak suretiyle yüksek sıcaklıklı kızgın su elde etmek ve bu kızgın su ile çift kademeli ABS sistemini kullanarak hem tek kademeliye olan mecburiyeti ortadan kaldırmayı hem de verilen birim enerji başına daha fazla soğutma yapabilmeye avantajını sunmaktadır. Alternatif sistemin toplam sistem veriminin hem AIY sistemin hem de çift kademeli ABS sistemin verimlerinden dolayı düşük olabileceği iddiasına yanıt olarak, halihazırda sanayide mevcut düşük ve orta sıcaklık seviyelerindeki atık ısı kaynaklarının kapasitelerinin alternatif sistemin ihtiyacı olandan bile bir hayli büyük olduklarını belirtmek sanırım yeterli olacaktır. Aynı atık ısı kaynağı tek kademeli ABS sistemi yardımıyla bile değerlendirilmeye kalsın atık ısı kapasitesinin tamamından yararlanma imkanı olamayacaktır. Alternatif sistem bu bakımdan ciddi bir avantaj sağlayabilecektir.

SEMBOLLER

Car	Carnot
DO	Dolaşım oranı (-)
h	Entalpi (kJ/kg)
ITK	Isıtma Tesir Katsayısı (-)
\dot{m}	Kütleli debi (kg/s)
P	Basınç (kPa)
Q	Isıl Kapasite (kW)
STK	Soğutma Tesir Katsayısı (-)
T	Sıcaklık (K veya °C)
X	Konsantrasyon (-)

Alt İndisler

AIY	Absorpsiyonlu Isı Yükseltici
abs	Absorber
yoğ	Yoğuşturucu
buh	Buharlaştırıcı
kay	Kaynatıcı
ç	Çıkış
soğ	Soğutucu akışkan
z	Zengin
f	Fakir

KAYNAKLAR

- [1] De Vuono, A. C. ve arkadaşları, "Development of a Residential Gas-fired Double-effect Air Conditioner-Heater Using Water and Lithium Bromide", ASHRAE Transactions, Part 1, Vol 96, pp. 1494-1498, 1990.
- [2] Chaudhari, S. K. ve arkadaşları, "A Study of the Operating Characteristics of a Water-Lithium Bromide Absorption Heat Pump", Heat Recovery Systems, Vol 5, No. 4, pp. 285-297, 1985.
- [3] Petty, S. E., Meacham, H. C. ve Cook, F. B., "Status of the Double-effect Absorption Heat Pump (DEAHP)", ASHRAE Transactions, Part 1, Vol 96, pp. 1491-1493, 1990.
- [4] Gommed, K. ve Grosman, G., "Performance Analysis of Staged Absorption Heat Pumps: Water-Lithium Bromide System", ASHRAE Transactions, Part 1, Vol 96, pp. 1590-1598, 1990.
- [5] Shankar, R. ve Srivinas, T., "Modeling of Energy in Vapor Absorption Refrigeration System", Procedia Eng 38:98-104, 2012.
- [6] Iranmanesh, A. and Mehrabian, M. A., "Thermodynamic Modelling of a Double-Effect LiBr-H₂O Absorption Refrigeration Cycle", Heat and Mass Transfer, 48:2113-2123, 2012.
- [7] Best, R., Eisa, M. A. R. ve Holland, F. A., "Thermodynamic Design Data for Absorption Heat Transformers, Part I: Operating on Water-Lithium Bromide", J. of Heat Recovery Systems, Vol. 6, pp.421-432, 1986.
- [8] Yin, J. ve arkadaşları "Performance Analysis of an Absorption Heat Transformer With Different Working Fluid Combinations" Applied Energy, Vol. 67 pp. 281-292, 2000.
- [9] Zhao, Z. ve arkadaşları "Thermodynamic Performance of a Double-Effect Absorption Heat-Transformer Using TFE/E181 as the Working Fluid" Applied Energy, Vol: 82, pp. 107-116, 2005.
- [10] Zhao, Z. ve arkadaşları "The Thermodynamic Performance of a New Solution Cycle in Double Absorption Heat Transformer Using Water/Lithium Bromide as the Working Fluids", Int. Journal of Refrigeration, Vol: 26, pp. 315-320, 2003.