



**Bu bir MMO
yayıdır**

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

JEOTERMAL ENERJİLİ ÇİFT ETKİLİ LİTYUM BROMÜR - SU AKIŞKANLI ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN EKSERJİ ANALİZİ

CAFER SOLUM
HAVA HARP OKULU

HASAN HEPERKAN
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

JEOTERMAL ENERJİLİ ÇİFT ETKİLİ LİTYUM BROMÜR - SU AKIŞKANLI ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN EKSERJİ ANALİZİ

Cafer SOLUM
Hasan HEPERKAN

ÖZET

Bu çalışmada, jeotermal enerjili çift etkili LiBr-Su akışkan çiftiyle çalışan absorpsiyonlu soğutma sisteminin termodinamik büyüklükleri ve ekserji analizi yapılmıştır. Sistemde ısı kaynağı olarak jeotermal enerji kullanılmıştır. Burada maksat, Türkiye’de son yıllarda giderek artan jeotermal enerji kaynaklarından soğutma amaçlı kullanımlara da dikkat çekmektir. Özellikle soğutma ihtiyacının yaz aylarında fazlasıyla hissedildiği batı bölgeler jeotermal enerji kaynakları bakımından oldukça zengin olduğu görülmüştür. Sisteminin analizi sonucu COP değerinin 1’in üzerinde olduğu görülmüştür. Normalde absorpsiyonlu sistemlerde bu değer tek kademeli sistemlerde 1’in altında kalmaktadır. Sistemin ekserji verimliliği incelenerek sonuç kısmında izah edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Absorpsiyonlu soğutma, Ekserji analizi, Lityum bromür - su, Jeotermal enerji.

ABSTRACT

This study examines the exergy analysis and the effect of thermodynamic quantities of a geo-thermal source, double-effect absorption system operating by means of the fluid pair, LiBr-Water on system performance. The system utilizes a geo-thermal heat source. The aim is to draw attention on the exploitation of geo-thermal energy for refrigeration which is gradually increasing in Turkey. The western region of Turkey needs a lot of cooling and refrigeration in the summer and has rich geo-thermal potential. The analysis indicates that the COP of the system is above 1. Normally, the system performance often cannot exceed 1 with a single-effect absorption cooling system. The exergy efficiency of the system has been investigated and discussed in the results.

Key Words: Absorption refrigeration, Exergy analysing, Lithium Bromide-water, Joe-Thermal energy.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artması çeşitli sorunlarla birlikte enerji ihtiyacının karşılanması problemini de gündeme getirmiştir. Günümüzde, sanayileşme ve kalkınmanın en önemli girdileri arasında yer alan enerji, bütün dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de önemini ve güncelliğini sürdürmektedir. Teknolojik gelişmeler sonucu enerji gereksinimi hızla artmış ve buna bağlı olarak da petrol bazı yakıtlar, doğal gaz, kömür rezervleri gibi birincil enerji kaynakları da hızla azalmıştır.

Ülkemiz enerji kaynakları açısından zengin bir ülke değildir ve bu kaynaklar yıllık birincil enerji ihtiyacının karşılanmasında yetersiz kalmaktadır. Enerji ihtiyacının artması, kaynakların yetersizliği,

enerji maliyetinin yüksek oluşu ve elektrik kalitesinin düşük olması sonucunda, kojenerasyon uygulamaları gündeme gelmiştir. Özellikle tekstil, kağıt, kimya, gıda gibi hem kaliteli elektrik hem de ısı gereksinimi olan sektörler için bu uygulama daha karlı, daha zorunlu ve daha güncel olacağı düşünülmektedir

Soğutma sistemleri için alternatif enerji kullanımı artık gerekli ve şarttır. Ucuz enerji dönemi şartlarında tasarlanmış, soğutma sistemleri ve tesislerinin günümüzün pahalı enerji dönemi koşullarına uyarlanması kapsamlı ve çok yönlü çalışmaları gerektirmektedir. Bu çalışmalar arasında absorpsiyonlu çevrimler geniş bir uygulama alanı ile cazip bir seçenek haline gelmiştir.

Absorpsiyon yöntemi ile çalışan soğutma çevrimlerinde birincil enerji olarak buhar veya sıcak su kullanılmaktadır. Bu sistemler özellikle ısı kaynağının bol ve ucuz olduğu yerlerde verimli ve ekonomik olmaktadır. Bu sistemlerde bir işletmenin atık ısı kullanılabileceği gibi son dönemlerde Türkiye’de jeotermal enerjinin kullanılabilirliğinin artmış olması sonucu bu enerjinin absorpsiyonlu soğutma için kullanımı cazip hale gelmiş bulunmaktadır.

Termodinamiğin ikinci yasasına dayalı ekserji analizi, termodinamik süreçleri ve enerji sistemlerinin verimsizliklerini değerlendirmek için güçlü bir araçtır. Yalnız ilk yasaya dayalı olan ve bizim için sadece nicel ölçüm sağlamış enerji analizi, enerji kaynak kullanımının bazı özelliklerini değerlendirmek için yeterli değildir. Termodinamiğin ikinci yasası ile kullanılabilir enerji analizi ve termodinamik süreçte meydana gelen kayıplar, kalite ve geri tersinmezlikleri değerlendirmek için bir uygulama şekli sağlanır. Ayrıca mühendisler için sistem operasyonları iyileştirilmesi için birçok olanak sağlar.

Son yıllarda absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin alternatif enerji veya atık enerjiyle birlikte kullanımının verimlilik açısından değerlendirilmesi şeklindeki bilimsel çalışmaların sayısı hatırı sayılır şekilde artmıştır. Yarımından üç ektiliye kadar su-lityum bromür akışkan çiftiyle çalışan absorpsiyonlu soğutma sisteminin ekserji analizi[1], villa uygulamalarında her saat başı esaslı bir güneş enerjili absorpsiyon soğutma sisteminin ekserji analizi[2], bir birleşik soğutma sonrası buharlaştırıcı ve kanal soğutmalı absorpsiyon ile ısı ve güç santralinin enerjistik ve ekserjetik performans analizleri[3], bir absorpsiyon güç çevriminin enerji ve ekserji analizi[4], bir birleştirilmiş yeniden ısıtmalı yenilemeli termal güç fabrikası ve su - lityum bromür buhar absorpsiyon soğutma sisteminin ekserji temelli parametrik analizi[5] bu çalışmalardan bazılarıdır.

Bu çalışmada, jeotermal enerji kullanan çift etkili lityum bromür-su akışkanlı absorpsiyonlu soğutma sisteminin ekserji analizi yapılmıştır. Son yıllarda Türkiye’de jeotermal enerji üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların soğutma sistemleri üzerinde de yaygınlaştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde de ucuz enerji mevcut olduğu takdirde daha ekonomik olacağı aşikardır.

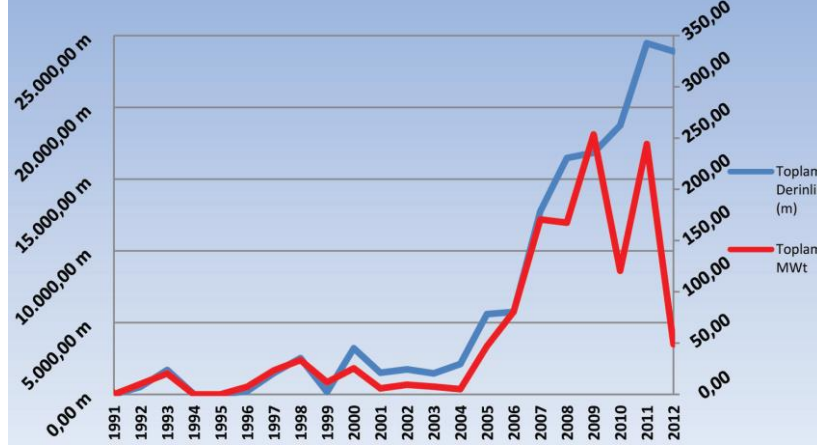
2. JEOTERMAL ENERJİLİ ÇİFT ETKİLİ LİTYUM BROMÜR - SU AKIŞKANLI ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN EKSERJİ ANALİZİ

Bu çalışmanın asıl amacı olan jeotermal enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin performans iyileştirme yöntemlerinden biri olan çift etkili sistemin ekserji analizi yapılacaktır. Genel olarak basit absorpsiyon soğutma sistemlerinde COP düşük değerlerde (1’in altında) kalır. Fakat bu tür sistemlerle COP’de kayda değer iyileşmeler sağlanmaktadır.

2.1. Türkiye’de Jeotermal Enerji Kaynakları

Jeotermal enerji, yerli, yenilenebilir, çevre dostu, yerinde değerlendirilebilen yerel ekonomiye istihdam ve katkı sağlayan sürekli ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. 1990 yılından bu yana durma noktasına gelen jeotermal enerji arama çalışmaları; 2005 yılından itibaren hızlandırılarak, sondajlı aramalar 2.000 m’lerden 25.000 m’ye çıkarılmıştır (Şekil 1)[6].

Türkiye jeolojik yapısı gereği jeotermal kaynaklar bakımından zengin bir ülkedir. Türkiye’de ilk jeotermal arama çalışmaları 1962 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından başlatılmıştır. Türkiye’nin teorik jeotermal ısı potansiyeli 31.500 Mwt olarak kabul edilmektedir. Elektrik potansiyeli ise görünür teknik kapasite olarak 720 Mwe olup, tüm sahaların ilave geliştirme çalışmaları neticesinde 1.000 Mwe’e ulaşılacaktır. Teorik elektrik potansiyeli ise 2.000 Mwe civarındadır (Şekil 2)[7].



Şekil 1. MTA tarafından yapılan sondajların yıllara göre dağılımı.



Şekil 2. Türkiye jeotermal kaynakları dağılımı ve uygulama alanları.

Şekil 2 incelendiğinde jeotermal yönünden verimli alanların batı bölgelerinde olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde yaz aylarında ihtiyaç duyulan soğutma ihtiyacının bir kısmı bu enerjiden karşılanabilir. Türkiye’de diğer enerjilerin pahalı olduğu göz önüne alındığında jeotermal enerji kullanılarak absorpsiyonlu soğutma sistemleri daha ucuza işletilebilir.

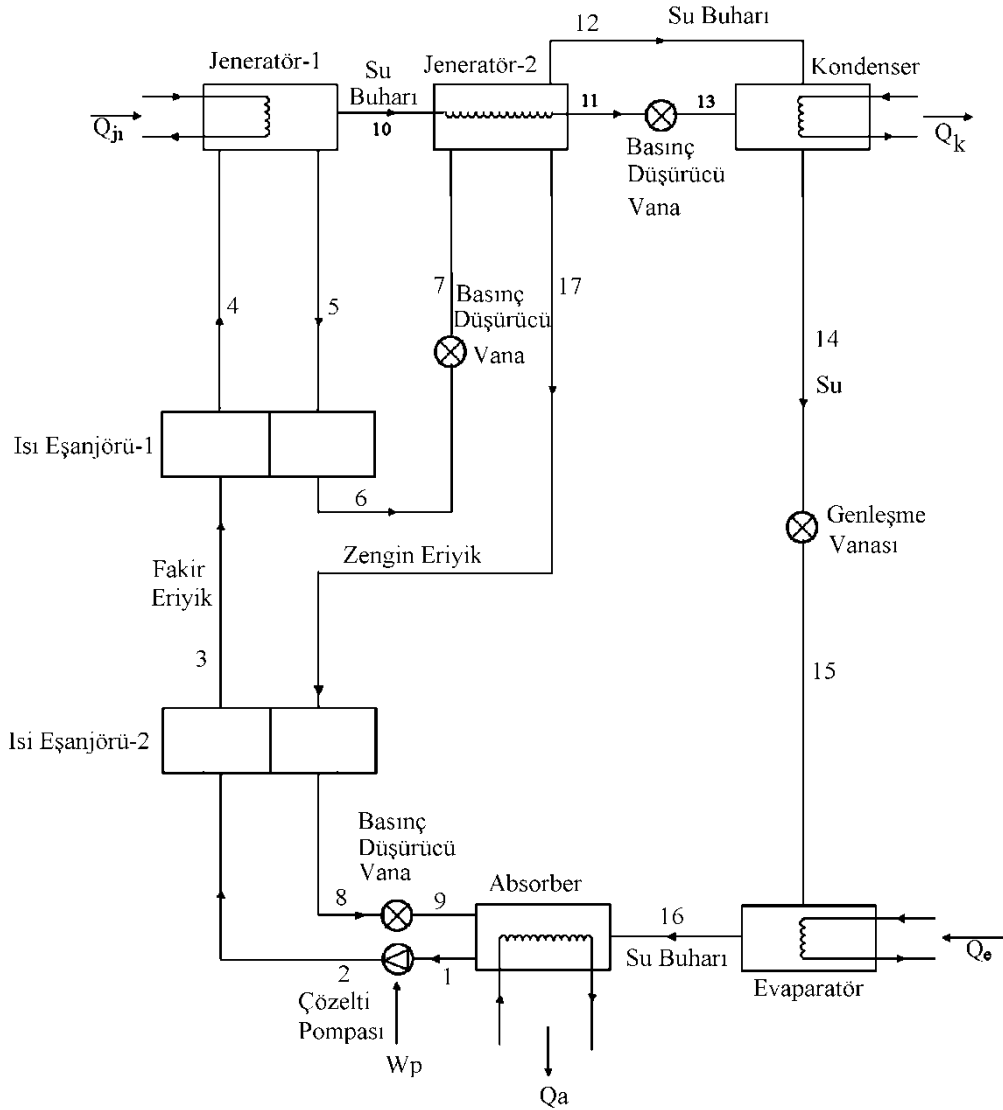
2.2. Absorpsiyonlu Çevrimin Sitem Tanıtımı

Çift etkili LiBr-su akışkanlı absorpsiyon soğutma sistemi Şekil 3’de verilmiştir. Sistem LiBr-su akışkan çiftini kullanmaktadır. Jeneratör ısı kaynağı, sürekliliği olan bir jeotermal sıcak suyudur. Kondenser ve absorber sulu soğutmalı olup, ayrıca soğutma kulesi kullanılmaktadır.

Çift etkili sistemlerde iki adet jeneratör kullanımı ile soğutma gücü artırılarak COP iyileşmesi sağlanır. Fakat bu tür sistemler basit sistemlere göre daha karmaşık ve düzgün olarak çalıştırılması daha zordur. Her bir eleman için hassas basınç ve sıcaklık ayarı gerekir. Aksi halde sistemdeki soğutucu ve absorber akışkanlarının kimyasal özelliklerinden dolayı sorunlar oluşacaktır. Lityum bromür–su akışkan çifti için bu durum, kristalleşme ve suyun donması şeklinde kendini gösterir.

Sistemde evaporatör, kondenser, absorber, iki jeneratör ve iki adet ısı değıştirgeci vardır. Sistem elemanları üç farklı basınç katagorisinde çalışmaktadırlar: Yüksek basınç, orta basınç ve düşük basınç.

Birinci jeneratör yüksek basınçta, ikinci jeneratör ve kondenser orta basınçta, evaporatör ve absorber ise düşük basınçta çalışır. Birinci jeneratördeki yüksek basınç bir pompa vasıtaıyla sağlanmaktadır. İkinci jeneratör ve kondenser orta basıncı iki adet basınç düşürücü vana ile sağlanır. Absorberdeki düşük basınç bir basınç düşürücü vana ile evaporatör düşük basıncı ise bir kısılma vanası ile elde edilir.



Şekil 3. Çift etkili LiBr-su akışkanlı absorpsiyonlu soğutma sistemi akış şeması.

2.2. Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Termodinamik ve Ekserji Analizi

Termodinamiğin birinci kanunundan yola çıkarak, sistem elemanlarının ısı kütle miktarları, ısı ve kütle korunumu ilkesinden bulunur. Sistemin ekserji analizi ikinci yoluyla bulunur. Aşağıda verilmiş olan denklemler oluşturulurken farklı kaynaklardan yararlanılmıştır [8-15].

Birinci jeneratöre giren kütle miktarı;

$$m_s = m_r \left(\frac{x_{17}}{x_{17} - x_1} \right) \quad (1)$$

Birinci jeneratörden çıkan su buharı kütlesi;

$$m_s = m_{r1} \left(\frac{x_5}{x_5 - x_1} \right) \quad (2)$$

Birinci jeneratörden çıkan su buharı kütlesini bulmak için, (1) ve (2) no'lu denklemler düzenlenirse:

$$m_{r1} = m_r \left(\frac{x_{17}}{x_{17} - x_1} \right) \left(\frac{x_5 - x_1}{x_5} \right) \quad (3)$$

Birinci jeneratörden çıkan çözelti kütlesi;

$$m_{s1} = m_{r1} \left(\frac{x_1}{x_5 - x_1} \right) \quad (4)$$

İkinci jeneratörden çıkan su buharı kütlesi;

$$m_{r2} = m_{r1} \left(\frac{x_1}{x_5 - x_1} \right) \left(\frac{x_{17} - x_5}{x_{17}} \right) \quad (5)$$

İkinci jeneratörden çıkan çözelti kütlesi;

$$m_{s2} = m_{r2} \left(\frac{x_5}{x_{17} - x_5} \right) \quad (6)$$

Evaporatör soğutma kapasitesi;

$$Q_e = m_r (h_{16} - h_{15}) \quad (7)$$

Pompa gücü;

$$\Delta H_p = v_1 (p_{j1} - p_1) \quad (8)$$

$$W_p = m_s \cdot \Delta H_p \quad (9)$$

Birinci jeneratör ısı kapasitesi;

$$Q_{j1} = m_{s1} \cdot h_5 + m_{r1} \cdot h_{10} - m_s \cdot h_4 \quad (10)$$

İkinci jeneratör ısı kapasitesi;

$$Q_{j2} = m_{s2} \cdot h_{17} + m_{r2} \cdot h_{12} - m_{s1} \cdot h_7 \quad (11)$$

Kondenser ısı dengesi;

$$Q_k = m_{r1} \cdot (h_{13} - h_{14}) + m_{r2} \cdot (h_{12} - h_{14}) \quad (12)$$

Absorber ısı dengesi;

$$Q_a = m_{s2} \cdot h_9 + m_r \cdot h_{16} - m_s \cdot h_1 \quad (13)$$

Soğutma sistemlerinin performansını gösteren COP değeri harcanan birim iş başına yapılan soğutma miktarı olup;

$$COP = \frac{Q_e}{Q_{j1} + W_p} \quad (14)$$

Şeklinde tanımlanır. Burada pompa işi (W_p) küçük değerde olduğu için ihmal edilebilir. Eğer evaporatör, kondenser, absorber ve jeneratör sıcaklıkları bilinirse yukarıda verilen denklemler yardımıyla sistemlerin performans eğrileri elde edilir.

Sistemin termodinamik analizinde yapılan kabuller aşağıda verilmiştir.

- Sistem sürekli rejim şartlarında çalışmaktadır.
- Jeneratör çıkışındaki su buharı, kızgın buhar olup, sıcaklığı jeneratör sıcaklığına yakındır.
- Kondenserden çıkan soğutucu akışkan, doymuş sıvı şartlarında sudur ve kondenser sıcaklığındadır. ($x = 0$)
- Evaporatörden çıkan soğutucu su buharı, doymuş buhar şartlarında ve evaporatör sıcaklığındadır. ($x = 1$)
- Absorberden çıkan eriyik, absorber basıncı ve sıcaklığında olup denge halindedir.
- Jeneratörden çıkan eriyik, jeneratör sıcaklığı ve basıncında denge halindedir.
- Sistemde bütün basınç kayıpları ihmal edilmiştir.
- Sistemin çevreyle olan ısı etkileşimi ihmal edilmiştir.
- Sisteme iş girişi ihmal edilmiştir.
- Aynı sıcaklık ve konsantrasyon için, denge halindeki entalpi ile dengesiz haldeki entalpi eşit alınmıştır.

Referans noktalarındaki sıcaklık, basınç, LiBr kütle derişim konsantrasyonu, kütle ve entalpi değerleri tablo 1'de verilmiştir. Verilen değerler ideale yakın seçilmiş yani, kısmen optimizasyon yapılmış değerlerdir. Sistemde 6,5 kg/s soğutucu akışkan (su) sabit olarak dolaştığı kabul edilmiştir. Birinci ısı eşanjörü verimi, $E_1 = 0,7$; ikinci ısı eşanjörü verimi, $E_2 = 0,7$ alınmıştır. Bu verilerden sonra hesaplamalar yapılarak, tablo 2'deki sistem elemanlarının ısı kapasiteleri bulunmuştur.

Isı kayıplarını ihmal ederek her bir komponentin enerji ve entropi denklemleri termodinamiğin birinci ve ikinci kanunundan elde edilir.

$$0 = \sum \dot{m}_g \cdot h_g - \sum \dot{m}_\phi \cdot h_\phi - \dot{W} \quad (15)$$

$$0 = \sum \dot{m}_g \cdot s_g - \sum \dot{m}_\phi \cdot s_\phi - \dot{S}_{ür} \quad (16)$$

$\dot{S}_{ür}$, komponentlerdeki entropi üretimini göstermektedir. Ekserji tahribat miktarı aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\dot{E}_T = T_0 \dot{S}_{ür} \quad (17)$$

Bir çevrimin ekserjetik verimi Ψ , yararlı ekserji çıktısı \dot{E}_ϕ 'nin ekserji girişi \dot{E}_g 'ye bölünmesiyle tanımlanır.

$$\psi = \frac{\dot{E}_f}{\dot{E}_g} \quad (18)$$

Suyun özgül fiziksel ekserjisi denklem 19 ile elde edilir.

$$e_f = h - h_0 - T_0(s - s_0) \quad (19)$$

Yukarıdaki hesaplamalardan sonra denklem 14'den sistemin soğutma performans katsayısı (COP) bulunabilir. Pompa gücü (W_p) çok küçük değerinde olduğundan ihmal edilebilir.

$$\text{COP} = \frac{Q_e}{Q_{ji} + W_p} \cong \frac{Q_e}{Q_{ji}}$$

$$\text{COP} = \frac{15366}{13456.78} = 1.14$$

Burada görüldüğü gibi, COP değeri 1'in üzerinde bir değerdir. Halbuki tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde COP değeri 1'in altında kalmaktadır. Sistemde çift jeneratör kullanılmakla bu değer elde edilmiştir.

Tablo 1. Referans noktalarındaki sıcaklık, basınç, kütle, çözelti derişiklik oranı ve entalpi değerleri.

Referans Noktaları	T (°C)	P (kPa)	X (%)	M (kg/s)	H (kJ/kg)	S (kJ/kg.K)
1	30	0,87	52.5	33.2647	65.2	0,21
2	30	76	52.5	33.2647	65.3	0,21
3	72	76	52.5	33.2647	152.88	0,45
4	126	76	52.5	33.2647	277	0,79
5	150	76	61.5	28.3967	332	0,91
6	95.4	76	61.5	28.3967	235	0,62
7	94.5	13	61.5	28.3967	235	0,61
8	54	13	65,25	26.7647	172.4	0,36
9	54	0,87	65,25	26.7647	172,4	0,36
10	130	76	0	4.868	2720.5	7,03
11	115	76	0	4.868	1695.7	7,18
12	103	13	0	1.632	2680	8,47
13	52	13	0	4.868	1695.7	8,01
14	35	13	0	6.5	146	0,47
15	5,1	0,87	0	6.5	146	0,49
16	5	0,87	0	6.5	2510	8,98
17	110	13	65,25	26.7647	272,3	0,68

Tablo 2. Çevrimdeki her bir elemanın birim soğutucu kütlesi için kapasiteleri.

Çevrim Elemanları	Kapasite (kJ/s)
Birinci Jeneratör (Q_{j1})	13456.78
İkinci Jeneratör (Q_{j2})	4988.56
Evaporatör (Q_e)	15366
Kondenser (Q_k)	11679.4
Absorber (Q_a)	18749.6
Pompa Gücü (W_p)	1.52

Bu çalışmada COP değerinin 1,14 çıkması iyi bir sonuç olsa da literatürlerde[1] çift etkili absorpsiyonlu sistemlerde bu değer genelde biraz daha iyidir (1,65). Bu çalışmadaki sistemin birinci jeneratör kapasitesinde yapılacak ayarlamayla bu durum iyileştirilebilir. Yine de tek etkili sistemlere göre daha iyi durumdadır.

COP hesaplamasına benzer şekilde sistemin ekserji verimi verilen denklemlerle elde edilebilir. Bu sistemin ekserji verimi 0,62 çıkmıştır. Literatürlerdeki[1] değerlerle kıyaslandığında, orada bulunan 0,473 değerine karşılık oldukça iyi bir değer çıkmıştır. Bunun sebebi sistemdeki kayıpların ihmal edilmiş olmasıdır. Bu kayıplar ekserji hesabına dahil edildiğinde sistemin ekserji verimi literatürdeki değerlere yakın çıkacağı tahmin edilmektedir. Sistemin ikinci kanun analizinde en önemli komponentleri jeneratör ve absorberdir. Diğer komponentler ekserji verimini önemli mertebede etkilemezler. Bu nedenle jeneratör ve absorber üzerinde yapılacak iyileştirmeler sistemin ekserji verimini de iyileştirecektir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Şekil 3'de akış şeması verilen lityum bromür-su akışkan çiftini kullanan çift etkili absorpsiyonlu soğutma sisteminin, soğutma performans katsayısının incelenmesi için termodinamik analiz kısmında verilen ifadelerden yararlanarak, temel enerji ve kütle dengesi denklemleri bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Çevrimin simülasyonu oluşturularak, farklı jeneratör, evaporatör, kondenser, absorber sıcaklıkları, jeneratör basınçları ve ısı eşanjör verimlerinde sistemin COP'si incelenmiştir. Normal şartlarda tek kademeli absorpsiyonlu sistemlerde COP değeri 1'in üzerine çıkamaz. Bu sistemde çift jeneratör kullanılarak bu değer 1'in üzerine çıktığı görülmüştür.

Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde COP değerinin 1'in daha fazla üzerine çıkarılması için ikiden fazla kademeli sistemler kullanılabilir. Fakat bu durumda her ne kadar sistem performansı artırılmış olsa da bu defa da sistemin aşırı karmaşık olması sağlanmış olur ki bu da beraberinde komplikasyonların ve istenmeyen kontrol sorunlarının oluşmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, tasarımcıların ve mühendislerin sistemin performansının iyileştirilmesi yanında işletme masraflarının da göz önünde bulundurularak sistemin tasarlanması yoluna gitmeleri son derece önemlidir.

Çift etkili bu sistemde ekserji verimi açısından değerlendirildiğinde; evaporatör ve kondenser birbirinden farklılık göstermemekte ve sıcaklığa bağlı olarak ekserji tahribat miktarlarında fazla bir değişiklik meydana gelmemektedir. Isı değiştirgeçlerinde meydana gelen ekserji tahribat miktarları yüksek sıcaklık farklılıklarından meydana gelir ki bu da ısı kapasite oranı uyumsuzluğundan kaynaklanmaktadır. Jeneratör ve absorberde sıcaklığa bağlı olarak ekserji tahribat miktarı artmaktadır ki bu da yüksek miktardaki çözelti konsantrasyonundan kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmada, çift etkili absorpsiyonlu soğutma sisteminin termodinamik büyüklükleri ve ekserji yönünden incelemesi yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Sistemin ekserji yönünden iyileştirilmesi için tüm komponentlere uygulanması gereken optimizasyon yöntemidir. Bu yönde yapılan çalışmalar mevcut olsa da bu sistem için ayrı bir çalışma gerektirecektir.

KAYNAKLAR

- [1] GEBRESLASSİE, B.H., MEDRANO, M, BOER, D., "Yarımdan Üç Etkiliye Kadar Su-Lityum Bromür Akışkan Çiftiyle Çalışan Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Ekserji Analizi", Renewable Energy, Sayı 35/1773-1782, 2010.
- [2] ONAN, C., "Villa Uygulamalarında Her Saat Başı Esaslı Bir Güneş Enerjili Absorpsiyon Soğutma Sisteminin Ekserji Analizi", Energy, Sayı 35/5277-5285, 2010.
- [3] KHALİQ, A., "Bir Birleşik Soğutma Sonrası Buharlaştırıcı Ve Kanal Soğutmalı Absorpsiyon İle Isı Ve Güç Santralinin Enerjistik Ve Ekserjistik Performans Analizleri", Energy, Sayı 36/ 2662-2670, 2011.



- [4] GARCIA-HERNANDO, N., “Bir Absorpsiyon Güç Çevriminin Enerji Ve Ekserji Analizi”, Applied Thermal Engineering, Sayı 55 / 69-77, 2013.
- [5] GOGOİ, T.K., “Bir Birleştirilmiş Yeniten Isıtılan Yenilemeli Termal Güç Fabrikası Ve Su Lityum Bromür Buhar Absorpsiyon Soğutma Sisteminin Ekserji Temelli Parametrik Analizi”, Energy Conversion and Management, Sayı 83/ 119–132, 2014.
- [6] DAĞISTAN, H., “Türkiye Jeotermal Kaynak Aramaları, Kullanımı Ve Sürdürülebilirliğinin Sağlanması”, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü İnternet Sitesi, Ankara, 2014.
- [7] KARADAĞLAR, M., Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü İnternet Sitesi, Ankara, 2014.
- [8] ASHRAE Handbooks, Fundamentals Volume, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 1981.
- [9] ÇENGEL, Y.A. ve BOLES, M.A., Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, McGraw-Hill-Literatür, İstanbul, 1996.
- [10] GENÇELİ, O., Termodinamik ve Soğutma Çevrimleri, Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar:2, İstanbul, 1996.
- [11] KEÇECİLER, A., ACAR, H.İ. ve CANBEK A., “Jeotermal Enerji Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi-Bir Uygulama”, Kongre-Teskon97, 12 Nisan 1997, Türkiye, 1997.
- [12] BRUNO, J.C., MÍQUEL, J. ve CASTELLS, F., “Optimization of Energy Plants Including Water/Lithium Bromide Absorption Chillers”, Int. J. Energy Res., 24:695-717, 2000.
- [13] KAYNAKLI, Ö. ve YAMANKARADENİZ, R., “H₂O-LiBr ve NH₃-H₂O Eriyiği Kullanan Tek Kademeli Soğurmalı Soğutma Sistemlerinin Karşılaştırılması”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 5-2:73-87, 2003.

ÖZGEÇMİŞ

Cafer SOLUM

1971 yılı Erzincan doğumludur. 1996 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2005 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimini tamamladı. Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde doktora eğitimine devam etmektedir. 1997 – 2007 yılları arasında Kayseri 2.HİBM K.lığı, 2007 – 2008 yılında 2.EDE K.lığında görev yaptı. Halen Hava Harp Okulu Dekanlığı, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü'nde öğretim elemanı olarak görev yapmaktadır. İHA Mikro Jet Motorları, Gaz Türbin Motorları, İtki Sistemleri, Isı Transferi ve Termodinamik Uygulamaları, Soğutma ve Klima uygulamaları konuları ile ilgilenmektedir.

Hasan HEPERKAN

1953 yılında İstanbul'da doğmuş, 1970'de Ankara Fen Lisesi, 1974'de İTÜ Makina Fakültesi'nden mezun olmuştur. Fullbright ve TÜBİTAK şeref bursiyeri olarak ABD'ne giden Heperkan, 1976'da Syracuse University'de M.Sc. ve 1980'de University of California, Berkeley'de Ph. D. derecelerini elde etmiş, bu arada Lawrence Berkeley Laboratuvarı'nda araştırmacı olarak çalışmıştır. Daha sonra ABD'de Union Carbide firması Araştırma Merkezi'nde bir yıl görev yaparak, Alexander von Humboldt bursiyeri olarak (1981-1984) Almanya'da Universitaet Karlsruhe (TH)'ya gitmiştir. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ve Demirdöküm'de çalıştıktan sonra 1996'da Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi'ne geçerek 1997'de profesör unvanını almıştır. Aynı üniversitede Makina Fakültesi dekanı olarak görev yapmıştır. Halen aynı üniversitede Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı'nda öğretim üyesidir. İki dil bilen Heperkan, çeşitli ulusal ve yabancı ödüller kazanmış ve 100'ün üzerinde kitap, makale ve bildirisi yayınlanmıştır.

