

AMONYAK/SU İLE ÇALIŞAN ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE ISI DEĞİŞTİRİCİLERİN PERFORMANSA ETKİSİ

Adnan SÖZEN
Ö. Ercan ATAER

ÖZET

Bu çalışmada; amonyak/su ile çalışan absorbsiyonlu soğutma sisteminde yer alan ısı değiştiricilerinin, sistem performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla üç farklı durum için sistemin termodinamik analizi 1.Yasa ve 2.Yasaya göre yapılmıştır. Bunlar iki ısı değiştiricisinin de bulunduğu durum, yalnız soğutucu ısı değiştiricisinin bulunduğu durum, yalnız karışım ısı değiştiricisinin bulunduğu durumdur. Sistem; yoğuşturucu, buharlaştırıcı, soğurucu, ayırıcı, pompa, genleşme vanaları, soğutucu ve karışım ısı değiştiricilerinden oluşmaktadır. Ayırıcı çıkışında amonyak kütle derişiminin sabit ve 0.999 olduğu kabul edilmiştir. Amonyak/su akışkan çiftinin ısıl fiziksel özellikleri literatürden alınmış ve sistemin simülasyonu için bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Sistemin etkinliği (COP), ekserji etkinliği (ECOP) ve dolaşım oranı (f) farklı buharlaştırıcı, ayırıcı ve yoğuşturucu sıcaklıkları için hesaplanarak ısı değiştiricilerinin sistem performansına etkileri incelenmiştir.

1.GİRİŞ

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde, kullanılan ısı enerjisi yüksek olmasına karşılık mekanik enerji ihtiyacı çok daha düşüktür. Bu nedenle sistemde atık ısı enerjisi, jeotermal enerji ve güneş enerjisi gibi ucuz enerji kaynakları kullanılabilir. Ayrıca bu tip soğutma sistemlerinde kloroflorokarbon (CFC) içeren akışkanlar kullanılmadığından çevre dostu bir soğutma sistemidir.

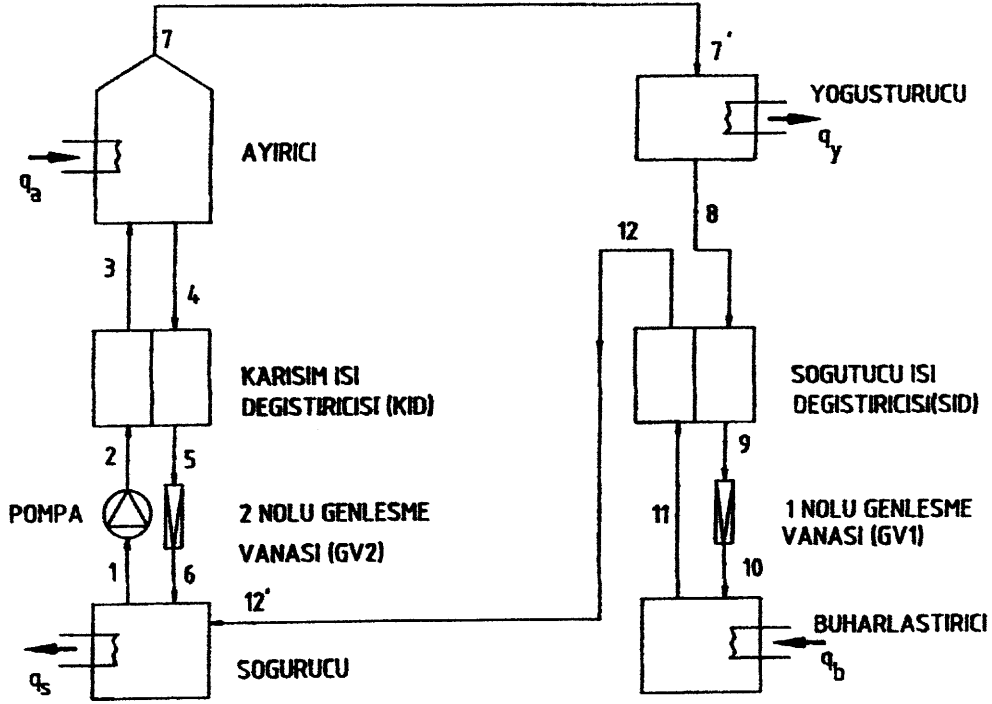
Son yıllarda domestik ve endüstriyel uygulamalarda soğurmalı ısıl sistemlere olan ilgi çok arttı. Soğurmalı ısıl sistemlerin performansını etkileyen pek çok parametre vardır ve bu parametrelerin ayrıntılı olarak incelenmesi gerekir. Enerji ve ekserji hesaplama yöntemleri oldukça gelişmiş yöntemlerdir ve enerji dönüşüm süreçlerinde sık kullanılır. Enerji yöntemi, birinci yasa analizi olarak da bilinir ve birim süreç için enerji, tüketiminin hesaplanmasında kullanılır. Diğer taraftan ekserji analizi, İkinci Yasa analizi olarak bilinir ve tersinmezliklerin neden olduğu ekserji kayıplarının hesaplanmasında kullanılır. Sistemleri oluşturan birimlerin ekserji analizi ile ilgili çalışmalar literatürde verilmiştir[1-10].

Sürtünme ve sistemden olan ısı geçişinin neden olduğu tersinmezlikler ekserjiyi azaltır. Ekserjinin azalması ise istenilmeyen bir durumdur, çünkü sistemin verimini düşürür. Bir sistemin verimini arttırmak için, ekserji kayıplarını azaltmak gerekir. Absorbsiyonlu soğutma sisteminde yapılan 2.Yasa analizi ile sistemin hangi birimlerinin geliştirilmesi gerektiği hakkında bilgi edinilir.

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde, işletme parametrelerinin daha iyi bir performans ve minimum enerji tüketimini sağlayacak şekilde optimize edilmeleri konusunda çalışmalar olmasına rağmen çok azında ekserji analizi yapılmıştır [1, 2, 11, 12].

Bu çalışmada, amonyak/su ile çalışan ve Şekil 1'de görülen absorbsiyonlu soğutma sistemi için bir model geliştirilmiş ve modelin termodinamik analizi, aşağıda belirtilen üç farklı durum için yapılarak, karışım ve soğutucu ısı değiştiricilerinin sistem performansı üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Bunlar:

1. Soğutucu ve karışım ısı değıştircilerinin olduğu durum (SID ve KID),
2. Yalnız karışım ısı değıştircisinin olduğu durum (KID),
3. Yalnız soğutucu ısı değıştircisinin olduğu durum (SID)'dir.



Şekil 1. Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Şematik Görünümü

2. ISIL FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Bu çalışmada kullanılan amonyak/su akışkan çiftinin sıcaklığa bağımlı ısı fiziksel özellikleri ile ilgili bağıntılar literatürden alınmış ve sistemin bilgisayar simülasyonu üç farklı durum için gerçekleştirilmiştir. Schulz'un amonyak/su karışımları için önerdiği durum denklemi, 25 bar'a kadar olan basınç değerlerinde geçerli olup, ısı pompalarında kullanımı sınırlı kalmaktadır. Bu çalışmada $230 < T < 500$ K sıcaklık ve $0.2 < p < 50$ bar basınç aralığında; Ziegler ve Trepp'in amonyak/su karışımlarının sıvı ve gaz fazındaki Gibbs serbest enerji fonksiyonları için elde etmiş oldukları bağıntılar kullanılmıştır[10]. Bir karışım için özgül entalpi ve entropi değerleri Gibbs serbest enerji fonksiyonuna bağılı olarak sırasıyla;

$$h = -T^2 \left[\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{g(T, p, x)}{T} \right) \right]_{p, x} \quad (1)$$

$$s = - \left[\frac{\partial g}{\partial T} (T, p, x) \right]_{p, x} \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir.

Bourseau ve Bugarel [7], amonyak/su karışımının doyma basıncı için;

$$\text{Log} p = A - \frac{B}{T} \quad (3)$$

ifadesini vermişlerdir. Bu ifade deki A ve B sabitlerinin değerleri;

$$A=10.440-1.767x+0.9823x^2+0.3627x^3 \quad (4)$$

$$B=2013.8-2155.7x-1540.9x^2-194.7x^3 \quad (5)$$

şeklinde ifade edilmiştir.

Absorbsiyonlu soğutma sistemini oluşturan bazı birimler için enerji denklikleri aşağıda verilmiştir:

$$\text{Yoğuşturucu} \quad \dot{q}_c = \dot{m}_7 (h_{7'} - h_8) \quad (6)$$

$$\text{Buharlaştırıcı} \quad \dot{q}_e = \dot{m}_7 (h_{11} - h_{10}) \quad (7)$$

$$\text{Soğurucu} \quad \dot{q}_a = \dot{m}_6 h_6 + \dot{m}_7 h_{12'} - \dot{m}_1 h_1 \quad (8)$$

$$\text{Ayırıcı} \quad \dot{q}_g = \dot{m}_7 h_7 + \dot{m}_4 h_4 - \dot{m}_3 h_3 \quad (9)$$

Absorbsiyonlu soğutma sisteminin performansı, aşağıdaki parametrelere bağlıdır:

1. Sistemin ısıl etkinliği (COP)

$$\text{COP} = \frac{\dot{q}_e}{\dot{q}_g + \dot{W}_p} \quad (10)$$

2. Sistemin ekserji etkinliği (ECOP)

$$\text{ECOP} = - \frac{\dot{q}_e (1 - T_0 / T_e)}{\dot{q}_g (1 - T_0 / T_g) + \dot{W}_{pe}} \quad (11)$$

3. Sistemin dolaşım oranı (f)

$$f = \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_7} \quad (12)$$

4. Soğutma için gerekli olan pompalama işi (W_p)

Absorpsiyonlu soğutma sisteminin karışım ve soğutucu ısı değiştiricilerinin karşı akışlı olduğu ve her iki ısı değiştiricisi için toplam ısı iletim katsayısı; U ve toplam ısı aktarım yüzeyi; A ve ısı değiştiricisinden geçen minimum akışkan kütle debisi arasındaki bağıntının

$$UA = am^b \quad (13)$$

şeklinde olduğu kabul edilmiştir. Bu ifade de b nin değeri 1.2 alınırken ısı değiştiricinin etkinliğini 0.8 yapacak a katsayısı hesaplanmıştır.

Buharlaştırıcı ve soğurucu arasındaki borularda meydana gelen basınç kaybı $\Delta p/p=0.075$ bağıntısından hesaplanmış, ayırıcı ve yoğuşturucu arasındaki basınç kaybı için bu oran 0.050 olarak alınmıştır.

Termodinamik analizde aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

1. Yoğuşturucudan çıkan karışım, doymuş sıvıdır ve yoğuşturucu sıcaklığındadır.
2. Buharlaştırıcıdan çıkan karışım, buhar fazındadır ve buharlaştırıcı sıcaklığındadır.
3. Soğurucudan çıkan karışım, zengin karışımdır ve soğurucu sıcaklığındadır.

4. Ayırıcıdan çıkan zengin ve fakir karışım, ayırıcı sıcaklığındadır. Ayrıca ayırıcıdan çıkan buhar, amonyak/su karışımıdır ve kütle derişimi 0.999'dur.
5. Yoğuşturucu ve soğurucudan çekilen ısı kullanılmamaktadır. Dolayısıyla yoğuşturucu ve soğurucunun çevre ile olan ısı ilişkisinin ekserjisi ihmal edilmiştir.

3. SONUÇLAR

Sistemin düşük sıcaklıktaki enerji kaynağını kullanacağı düşünülerek ayırıcı sıcaklığı aralığı 50 -130°C ve buharlaştırıcı sıcaklığı -20°C, -10°C, 0°C ve 10°C olarak alınmıştır. Yoğuşturucu sıcaklığı 22°C, 24°C, 25°C alınırken soğurucu sıcaklığı yoğuşturucu sıcaklığının 2 °C üzerinde alınmıştır. Hesaplamalarda soğutma yükü 1 kW alınmıştır.

Absorbsiyonlu soğutma sisteminin etkinliği (COP), ekserji etkinliği (ECOP), dolaşım oranı (f), farklı çalışma koşulları için hesaplanmıştır.

Farklı buharlaştırıcı sıcaklıklarında; sistemin COP, ECOP ve f değerleri yapılan üç farklı çalışma için sırasıyla Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4'de, ayrıca 0°C ve 10 °C buharlaştırıcı sıcaklığı için değişik yoğuşturucu sıcaklarında sistemin COP ve ECOP değerleri ise Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir. Farklı çalışma durumları için elde edilen bazı sonuçlar; üç farklı durum için sırasıyla Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3'de yer almaktadır.

Farklı buharlaştırıcı sıcaklıklarında, sistemin ısı performans katsayısının (COP) ayırıcı sıcaklığı ile değişimi, Şekil 2'de görülmektedir. Buharlaştırıcı sıcaklığının artması ile birlikte, ısı performans katsayısı da artmaktadır. Yüksek COP değerleri, yüksek buharlaştırıcı ve düşük ayırıcı sıcaklıklarında elde edilmektedir. Aynı buharlaştırıcı ve ayırıcı sıcaklıklarında; sistemde sadece KID varken elde edilen performans değerleri, her iki ısı değiştiricisinin de bulunduğu durumdan yaklaşık % 1.54 daha azdır. Sistemde sadece KID varken elde edilen performans değerleri ile sadece SID varken elde edilen performans değerleri arasında yaklaşık % 11.92'lik bir fark bulunmaktadır. Dolayısıyla sistemde sadece SID'nin bulunduğu durumda, düşük performans değerleri elde edilmektedir. Soğutma sistemlerinde düşük buharlaştırıcı sıcaklıkları istenilmektedir. $T_b = -20^\circ\text{C}$ iken, sistemde her iki ısı değiştiricisinin de bulunduğu durumdaki COP değeri 0.54'dür. Aynı buharlaştırıcı sıcaklığında, sistemde sadece KID varken elde edilen COP değeri 0.51'dir. Yani sistemde SID olması, COP'nin sadece % 3 artmasını sağlamaktadır.

Tablo 1. Sistemde hem karışım hem de soğutucu ısı değiştiricilerinin bulunduğu durumdaki termodinamik analiz sonuçları ($T_b = -10^\circ\text{C}$, $T_y = 22^\circ\text{C}$, $T_s = 24^\circ\text{C}$, $T_a = 130^\circ\text{C}$).

Referans Noktası	T (°C)	P (bar)	x	M (gs ⁻¹)	H (kJkg ⁻¹)	s (kJkg ⁻¹ K ⁻¹)	E (kJkg ⁻¹)
1	24.00	2.571	0.459	2.37	-138.62	2.036	-735.46
2	24.04	9.094	0.459	2.37	-137.80	2.034	-734.11
3	81.74	9.094	0.459	2.37	128.54	2.853	-707.92
4	130.00	9.094	0.170	1.54	444.44	4.533	-884.27
5	45.25	9.094	0.170	1.54	65.54	3.477	-953.77
6	42.35	2.571	0.170	1.54	65.54	3.780	-954.60
7	130.00	9.094	0.999	0.83	1562.43	5.150	52.82
7'	129.59	8.661	0.999	0.83	1562.43	5.173	45.97
8	22.00	8.661	0.999	0.83	102.60	0.378	-8.15
9	11.02	8.661	0.999	0.83	50.64	0.198	-7.52
10	11.06	2.764	0.999	0.83	50.64	0.201	-8.41
11	-10.00	2.764	0.999	0.83	1255.82	4.777	-144.58
12	15.59	2.764	0.999	0.83	1316.44	4.997	-148.44
12'	14.95	2.571	0.999	0.83	1316.44	5.034	-159.28

Tablo 2. Sistemde yalnız karışım ısı değıştircisinin bulunduğu durumdaki termodinamik analiz sonuçları ($T_b = -10^\circ\text{C}$, $T_y = 22^\circ\text{C}$, $T_s = 24^\circ\text{C}$, $T_a = 130^\circ\text{C}$).

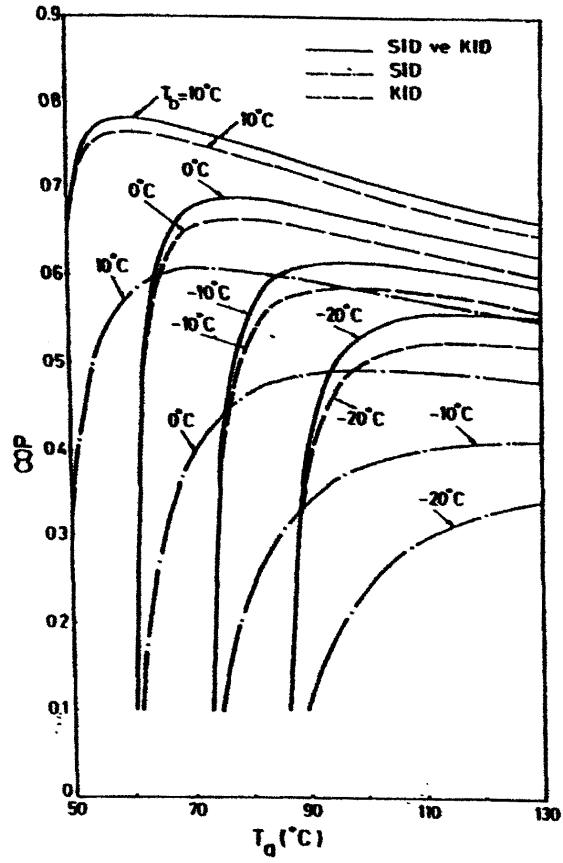
Referans Noktası	T ($^\circ\text{C}$)	P (bar)	x	m (gs^{-1})	H (kJkg^{-1})	S ($\text{kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$)	E (kJkg^{-1})
1	24.00	2.571	0.459	2.49	-138.62	2.036	-735.46
2	24.04	9.094	0.459	2.49	-137.80	2.034	-734.11
3	81.74	9.094	0.459	2.49	128.18	2.853	-707.92
4	130.00	9.094	0.170	1.62	444.44	4.533	-884.27
5	45.25	9.094	0.170	1.62	66.05	3.477	-953.73
6	42.35	2.571	0.170	1.62	66.05	3.780	-954.60
7	130.00	9.094	0.999	0.87	1562.43	5.150	52.82
7'	129.59	8.661	0.999	0.87	1562.43	5.173	45.97
8	22.00	8.661	0.999	0.87	102.60	0.378	-8.15
9	22.00	8.661	0.999	0.87	102.60	0.378	-8.15
10	22.00	2.764	0.999	0.87	102.60	0.378	-8.15
11	-10.00	2.764	0.999	0.87	1255.82	4.777	-144.58
12	-10.00	2.764	0.999	0.87	1255.82	4.777	-144.58
12'	-10.00	2.571	0.999	0.87	1255.82	4.777	-144.58

Tablo 3. Sistemde yalnız soğutucu ısı değıştircisinin bulunduğu durumdaki termodinamik analiz sonuçları ($T_b = -10^\circ\text{C}$, $T_y = 22^\circ\text{C}$, $T_s = 24^\circ\text{C}$, $T_a = 130^\circ\text{C}$).

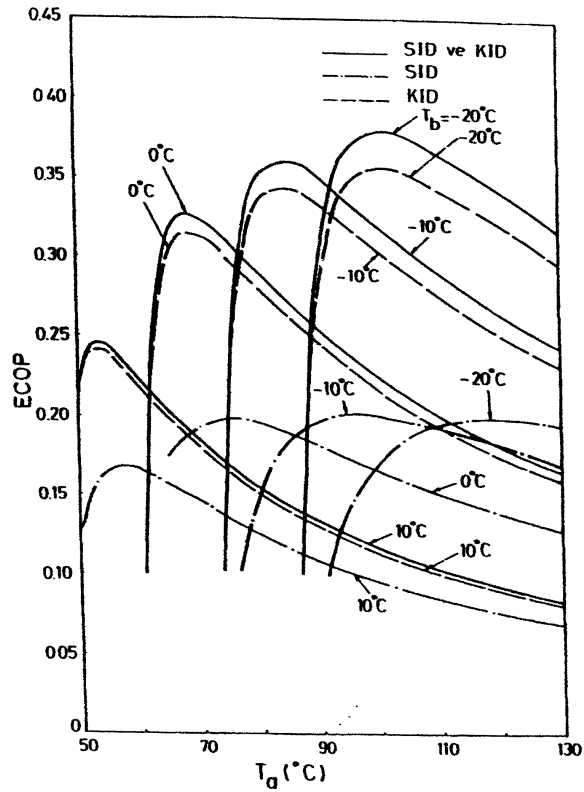
Referans noktası	T ($^\circ\text{C}$)	P (bar)	x	m (gs^{-1})	h (kJkg^{-1})	S ($\text{kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$)	E (kJkg^{-1})
1	24.00	2.571	0.459	2.37	-138.62	2.036	-735.46
2	24.04	9.094	0.459	2.37	-137.80	2.034	-734.11
3	24.04	9.094	0.459	2.37	-137.80	2.034	-734.11
4	130.00	9.094	0.170	1.54	444.44	4.533	-884.27
5	130.00	9.094	0.170	1.54	444.44	4.533	-884.27
6	130.00	2.571	0.170	1.54	444.44	4.533	-885.03
7	130.00	9.094	0.999	0.83	1562.43	5.150	52.82
7'	129.59	8.661	0.999	0.83	1562.43	5.173	45.97
8	22.00	8.661	0.999	0.83	102.60	0.378	-8.15
9	11.02	8.661	0.999	0.83	50.64	0.198	-7.52
10	11.06	2.764	0.999	0.83	50.64	0.201	-8.41
11	-10.00	2.764	0.999	0.83	1255.82	4.777	-144.58
12	15.59	2.764	0.999	0.83	1316.44	4.997	-148.44
12'	14.95	2.571	0.999	0.83	1316.44	5.034	-159.28

Farklı buharlaştırıcı sıcaklıklarında, sistemin ekserji performans katsayısının (ECOP) ayırıcı sıcaklığı ile değışimi, Şekil 3'de görölmektedir. Buharlaştırıcı sıcaklığının azalması ile birlikte, ECOP artmaktadır. Yüksek ECOP değeri, düşük buharlaştırıcı sıcaklıkları ve yüksek ayırıcı sıcaklıklarında elde edilir. Yalnız soğutucu ısı değıştircisinin kullanıldığı durumdaki ECOP değeri, oldukça düşüktür.

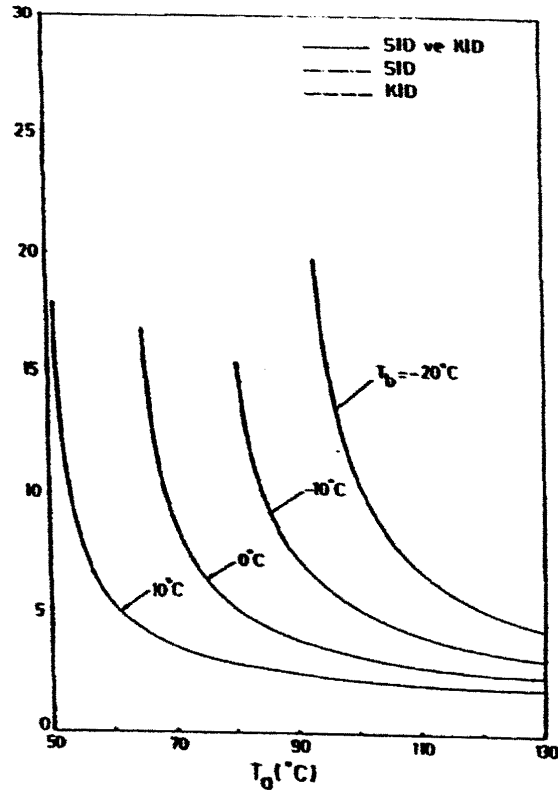
Farklı buharlaştırıcı sıcaklıklarında, sistemin dolaşım oranı farklı çalışma şartlarında değışmemektedir (Şekil 4).



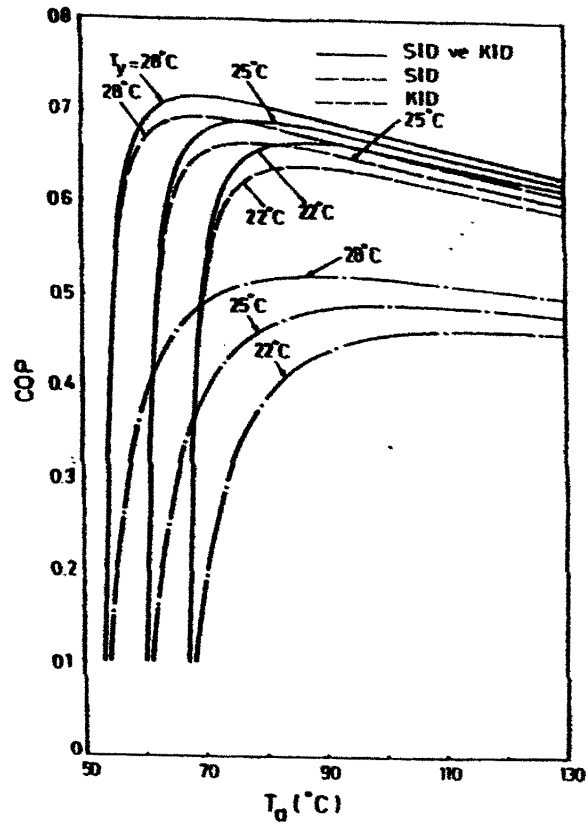
Şekil 2. Farklı buharlaştırıcı sıcaklıklarında sistemin etkinliğinin (COP) ayırıcı sıcaklığı ile değişimi ($T_v=25^\circ\text{C}$, $T_s=27^\circ\text{C}$)



Şekil 3. Farklı buharlaştırıcı sıcaklıklarında sistemin ekserji etkinliğinin (ECOP) ayırıcı sıcaklığı ile değişimi ($T_v=25^\circ\text{C}$, $T_s=27^\circ\text{C}$)



Şekil 4. Farklı buharlaştırıcı sıcaklıklarında sistemin dolaşım oranının (f) ayırıcı sıcaklığı ile değişimi ($T_y=25^\circ\text{C}$, $T_s=27^\circ\text{C}$)



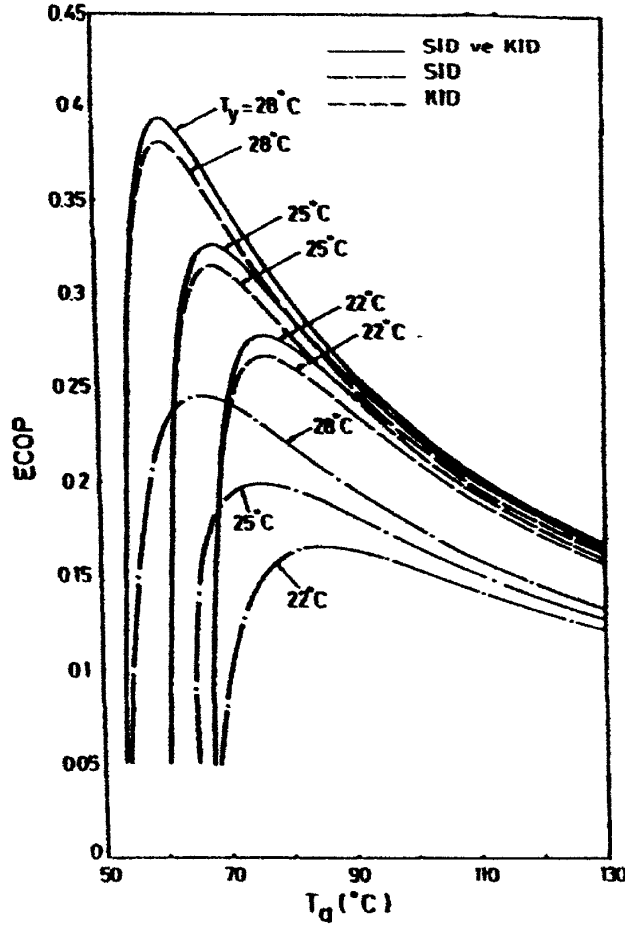
Şekil 5. Farklı yoğuşurucu sıcaklıklarında sistemin etkinliğinin ayırıcı sıcaklığı ile değişimi ($T_b=0^\circ\text{C}$, $T_s=T_y+2^\circ\text{C}$)

Şekil 5 'de görüldüğü gibi 0°C buharlaştırıcı ve yüksek yoğuşturucu sıcaklarında sistemin COP'si maksimum olup sistem performansının artırılmasında karışım ısı değiştiricisinin rolü oldukça yüksektir. Sistemde soğutucu ısı değiştiricisi kullanılması sistemin COP değerini artıracaktır.

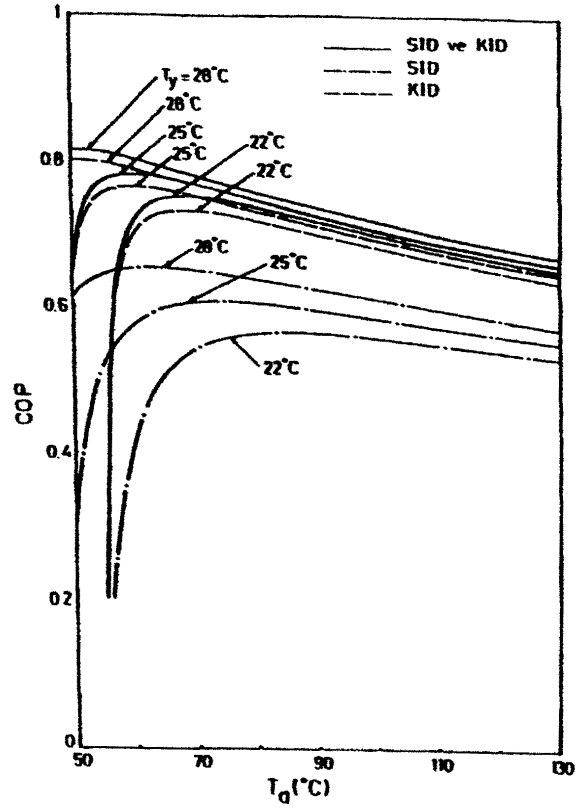
Şekil 6'da görüldüğü gibi 0°C buharlaştırıcı ve yüksek yoğuşturucu sıcaklarında sistemin ECOP'sı maksimum olup sistemin ekserji performansının yükseltilmesinde karışım ısı değiştiricisinin rolü büyük olmaktadır. COP'de olduğu gibi, ECOP'da da SID'nin etkisi oldukça azdır.

Şekil 7'den görüleceği üzere 10°C buharlaştırıcı sıcaklığında yüksek yoğuşturucu sıcaklarında ve düşük ayırıcı sıcaklıklarında sistemin COP'si maksimum olup sistem performansının yükseltilmesinde karışım ısı değiştiricisinin rolü büyük olmaktadır.

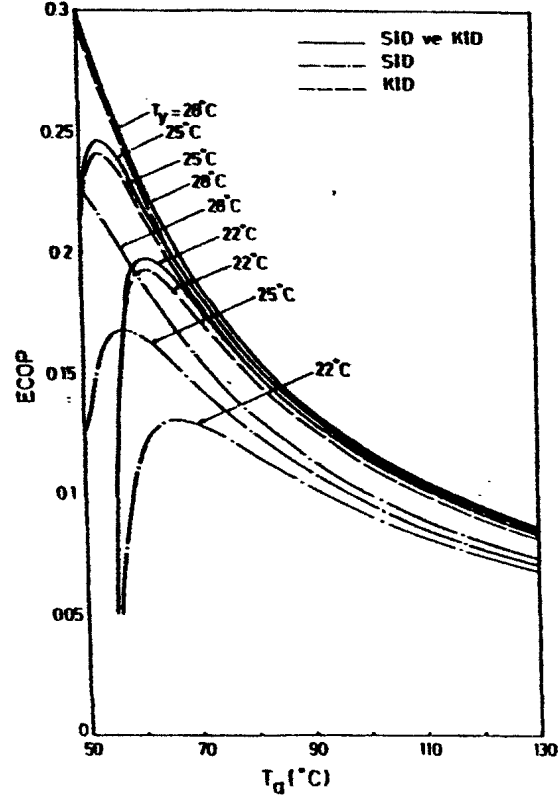
Şekil 8'den görüleceği üzere 10°C buharlaştırıcı sıcaklığında yüksek yoğuşturucu sıcaklarında ve düşük ayırıcı sıcaklığında sistemin ECOP'sı maksimum olup sistemin ekserji performansının yükseltilmesinde karışım ısı değiştiricisinin rolü büyük olmaktadır. COP'de olduğu gibi, ECOP üzerinde de SID'nin oldukça az bir etkisi olduğu söylenebilir.



Şekil 6. Farklı yoğuturucu sıcaklıklarında sistemin ekserji etkinliğinin ayırıcı sıcaklığı ile değişimi ($T_b=0^{\circ}\text{C}$, $T_s=T_y+2^{\circ}\text{C}$)



Şekil 7. Farklı yoğuşturucu sıcaklıklarında sistemin etkinliğinin ayırıcı sıcaklığı ile değişimi ($T_b=10^{\circ}\text{C}$, $T_s=T_y+2^{\circ}\text{C}$)



Şekil 8. Farklı yoğuşturucu sıcaklıklarında sistemin ekserji etkinliğinin ayırıcı sıcaklığı ile değişimi ($T_b=10^{\circ}\text{C}$, $T_s=T_y+2^{\circ}\text{C}$)

4. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI

Amonyak soğutuculu su soğuruculu absorpsiyonlu soğutma sistemini, daha verimli bir şekilde kullanabilmek için, aşağıdaki öneriler dikkate alınmalıdır:

1. Yapılan termodinamik analiz neticesinde elde edilen sonuçlar; sistemde her iki ısı değiştiricisinin de kullanıldığı durumdaki performans ile yalnız KID'nin kullanıldığı durumdaki performans değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla KID ile birlikte sistemde SID kullanılmasının, sistem performansını istenilen düzeyde arttırmadığı ortaya çıkmaktadır.
2. Sistemde KID mutlaka kullanılmalıdır.
3. Sistem performansını az etkilemesine rağmen SID 'nin sistemde olması gereklidir.
4. Ayırıcıdan çıkan zengin karışımın derişimi farklı değerlerde alınarak analiz yapılmalıdır.
5. Sistemin ekonomik analizi de yapılmalıdır.
6. Ayırıcı çıkışında daha yüksek derişimde soğutucu buharı elde etmek için, üst ayırıcı (rectifier) kullanılmalıdır.
7. Soğurucu ve yoğuşturucunun çevre ile olan ısı alışverişinin ekserjisi dikkate alınabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Elegido, E., Juana, J. M. D., Herrero, M. A., Solar aqua-ammonia absorption refrigerator simulators, International Journal of Ambient Energy, 4, 199-204, 1991.
- [2] Alvares, S. G., Trepp, Ch., Simulation of a solar driven aqua-ammonia absorption refrigeration system, Part 1: mathematical description and system optimization, International Journal of Refrigeration, 10, 40-48, 1987.
- [3] Groll, E. A., Modeling of absorption/compression cycles using working pair carbondioxide/acetone, ASHRAE Transactions, 103, 1, 863-872, 1997.
- [4] Ismail, I. M., Upgrading of heat through absorption heat transformers, International Journal of Refrigeration, 18, 7, 439-446, 1995.
- [5] Shaarawi, M. A. I. E., Nimr, M. A., Equations for use with computers to evaluate the performance of NH₃-H₂O intermittent solar refrigerators, Energy Convers., 30, 3, 315-327, 1990.
- [6] Alizadeh, S., Bahar, F., Geola, F., Design and optimization of an absorption refrigeration system operated by solar energy, Solar Energy, 22, 2-D, 149-154, 1979.
- [7] Bourseau, P., Bugarel, R., Refrigeration par cycle a absorption-diffusion: comparaison des performances des systemes NH₃-H₂O et NH₃-NaSCN, International Journal of Refrigeration, 9, July, 206-214, 1986.
- [8] Siddiqui, M. A., Optimum generator temperatures in four absorption cycles using different sources of energy, Energy Convers., 34, 4, 251-266, 1993.
- [9] Karakas, A., Egrican, N., Uygur, S., Second-law analysis of solar absorption-cooling cycles using lithium bromide/water and ammonia/water as working fluids, Applied Energy, 37, 169-187, 1990.
- [10] Ziegler, B., Trepp, Ch., Equation of state for ammonia-water mixtures, International Journal of Refrigeration, 7, 2, 101-106, 1984.
- [11] Arinze, E. A., Schoenau, G. J., Sokhansanj, S., Adefila, S. S., Mumah, S. M., A dynamic performance simulation model of flat plate solar collectors for a heat pump system, Energy Convers., 34, 1, 33-49, 1993.
- [12] Ataer, Ö. E., Göğüş, Y., Comparative study of irreversibilities in an aqua-ammonia absorption refrigeration system, International Journal of Refrigeration, 14, March, 86-92, 1991.

ÖZGEÇMİŞ

Adnan SÖZEN

21.02.1965 tarihinde Şereflikoçhisar'da doğdu. 1986 yılında Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Makine Bölümünden mezun oldu. 1989 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. Aynı Anabilim Dalında 1994 yılında Doktor ünvanı alarak mezun oldu. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde; 1987-1994 yıllarında Araştırma Görevlisi, 1992 ve 1994 yıllarında Enstitü Sekreteri, 1995-96 öğretim yılında Enstitü Müdür Yardımcılığı görevlerinde bulundu. Halen Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Bölümü Enerji Anabilim Dalında Yardımcı Doçent olarak görev yapmaktadır. 1995-97 yıllarında NATO, AGARD Uçuş Araçları Entegrasyonu Panel Üyesi olarak çeşitli ülkelerde sempozyumlara katıldı. TÜBİTAK ve Gazi Üniversitesi Bilimsel Yayın Teşvik Ödülleri alan yazar evli ve bir çocuk sahibidir.

Ö. Ercan ATAER

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi. B.Sc. Makina Mühendisliği Bölümü, Orta doğu Teknik Üniversitesi, 1970, M.Sc. Lancaster Üniversitesi, 1974, Ph.D. Lancaster Üniversitesi, 1977 yılında tamamladı. Yurt içi ve dışında değişik görevlerde bulundu. Isı ve kütle aktarımı, termodinamik, akışkanlar mekaniği, sınır tabaka teorisi, soğutma konularında çalışmaktadır. Çeşitli kurumların üyesi, ısı ve enerji konusunda çok sayıda projede görev aldı. Isı, enerji ve tesisat konusunda 100'ün üzerinde yayını var.