

Soğurmalı/Sıkıştırılmalı Hibrid Soğutma Sistemlerinin Genel Tanıtımı

An Overview of Absorption/Compression Cooling Systems

Serhan KÜÇÜKA

ÖZET

Yenilenebilir /atık enerji kaynaklarını kullanabilme ve doğal akışkanlarla çalışma özellikleri ile soğurmalı soğutma sistemleri çevre dostu sistemler olarak tanımlanabilir. Buna karşın, düşük etkinlik katsayıları, değişen şartlara uyumunun sınırlılığı ve ağır yapıları ile fazla yaygınlaşmamışlardır. Bu yazıda, farklı çalışma şartlarına uyumlu ve yüksek etkinlik katsayılarına ulaşabilen soğurmalı/sıkıştırılmalı hibrid sistemlerin tanıtımı yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Soğurmalı soğutma, absorpsiyonlu soğutma, soğurmalı/sıkıştırılmalı, hibrid soğutma, soğutma sistemleri.

SUMMARY

With the use of renewable / waste energy sources and working with natural fluids, absorption cooling systems can be defined as environmentally friendly systems. On the other hand, these systems were not widespread due to the limited nature of adaptation to changing conditions, with low efficiency coefficients and heavy structures. In this article, the absorption / compression hybrid systems which are compatible with different working conditions and can reach high efficiency coefficients are introduced.

Keywords: Absorption cooling, absorption/compression, hybrid cooling, refrigeration systems.

1. GİRİŞ

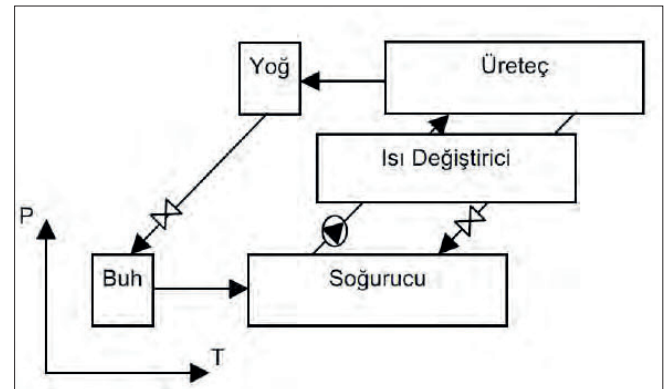
Isı enerjisi yardımı ile soğutmanın gerçekleştirildiği soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutma çevrimleri, 100 yılı aşkın süreden beri kullanılmaktadır. Soğurmalı sistemlerde, soğutkan buharı bir yardımcı akışkan tarafından soğurularak, elde edilen zengin çözelti pompa yardımı ile yüksek basınca çıkarılmakta ve kompresör kullanılmasına gerek kalmamaktadır. Atık ısı kaynaklarından veya yenilenebilir enerji ile üretilen ısılarından yararlanabilme olanağı, bu sistemlere olan ilginin günümüzde tekrar yenilenmesine neden olmuştur. Soğurmalı sistemlerin bir üstünlüğü, çevrim akışkanı olarak başlıca amonyak, su buharı ve diğer doğal soğutkanların kullanılmasıdır. Soğurmalı sistemlerin etkinliğini arttırabilmek için termodinamik çevrimde çeşitli düzenlemeler geliştirilmiştir. Bu düzenlemelerin bazısında, üreteç (generatör) için

gereken ısının bir kısmı soğurucudan (absorber) transfer edilerek dış kaynaklı ısı gereksinimi azaltılmaktadır. Diğer bir kısım düzenlemeler çok kademeli sistemlere ilişkindir. Soğurmalı sistemlerle ilgili çok geniş bir literatür mevcut olup, örnek olarak düşük sıcaklıklı güneş enerjisinin soğutma amaçlı değerlendirildiği yakın tarihli iki çalışma incelenebilir[1,2]. Soğurmalı sistemlerde soğurucu ve üreticinin tasarım parametreleri[3], geleneksel olarak kullanılan akışkan çiftlerinin dışında diğer akışkanlarla ilgili çalışmalar [4,5] yaygın çalışılan konuların sadece bir kısmıdır.

Diğer bazı çalışmalarda ise, sistemdeki basınç artışının kompresör ve/veya ejektörler tarafından desteklendiği hibrid sistemlerin çalışma koşulları incelenmiştir. Basınç artışının kısmen kompresör yardımı ile gerçekleştirilmesi ile, üreteçteki buharlaşma sıcaklığı düşürülebilmekte / daha düşük sıcaklıklarda soğutma yapılabilmekte veya amaç doğrultusunda farklı yararlar sağlanabilmektedir. Wu ve Eames'in [6] çalışmalarında kompresör ve/veya ejektör destekli hibrid sistemlerle ilgili olası çeşitli düzenlemeler gösterilmiştir. Bu yazıda, kompresörün yerleşimine göre seri veya paralel olarak tanımlanan farklı düzenlemelere sahip sıkıştırılmalı/soğurmalı hibrid sistemlerin tanıtılması amaçlanmıştır.

2. TEMEL SOĞURMALI SOĞUTMA ÇEVİRİMİ

Bir temel soğurmalı çevrimde soğu yükünü alarak buharlaşan soğutkan, aynı basınçtaki fakat daha yüksek sıcaklıktaki soğurucuda emilmekte, açığa çıkan ısı ise çevreye atılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Temel soğurmalı soğutma çevrimi

Soğutkan bakımından zengin soğurucu çözeltisi pompa ile yüksek basınçlı üreteç sevk edilmektedir. Üreteçte soğutucu akışkan harici ısı kaynağı yardımı ile buharlaşarak emici akışkandan ayrılmakta ve yoğunlaştırıcıya gönderilmektedir. Yoğuşturucuyu sıvı fazda terk eden soğutkan kısma vanasından geçerek buharlaştırıcıya geri dönmekte ve geleneksel buhar sıkıştırıcı çevrimlere benzer şekilde soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Üreticide buharlaşmayan fakir karışım ise basıncı düşürülerek soğurucu geri döndürülmektedir. Üreteç ve soğurucu arasına yerleştirilmiş olan ısı değiştiricisi sayesinde, üreteç gönderilen akışkanın ön ısıtması yapılarak dış kaynaklı ısı yükü azaltılmaktadır. Soğurmalı sistemlerde soğutma etkinlik katsayısı, soğutma yükünün üreticide verilen ısı ve pompa işinin toplamına oranıdır:

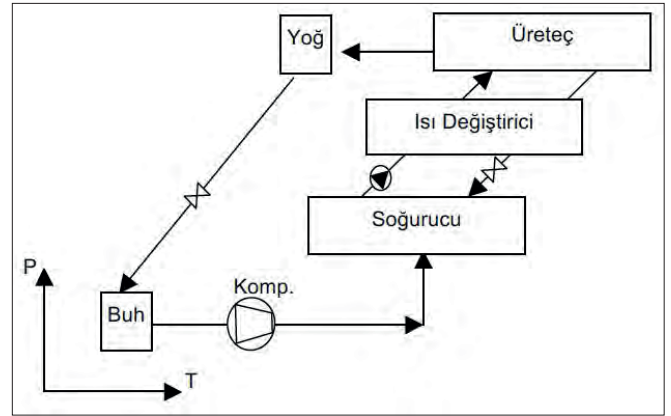
$$COP = \frac{Q_{soğu}}{Q_{üreteç} + a \cdot W_p} \quad (1)$$

Burada "a" katsayısı, pompaya verilen işin ısı eşdeğeri için kullanılacak bir katsayı olup, birden büyük bir katsayı olarak alınabileceği gibi, pek çok çalışmada herhangi bir dönüşüm yapılmaksızın "1" değeri de kullanılmaktadır. NH₃/H₂O akışkan çifti kullanılan basit yapılı absorpsiyonlu sistemler için etkinlik katsayısı COP değeri 0,5-0,6 mertebesinde iken, H₂O/LiBr çifti kullanılan çok kademeli ve geliştirilmiş sistemlerde 1,2 ve üzerine kadar çıkar. Soğurmalı soğutma çevrimlerinde, soğurucudaki sıcaklığın yükselmesi soğurma işlemi olumsuz etkiler ve buharlaştırıcının basınç ve sıcaklığı buna paralel olarak yükselir. Diğer bir husus, yoğunlaştırıcıda yeterli buhar basıncının sağlanabilmesi için üreteç sıcaklığının yüksek olması gereğidir. Güneş enerjisi veya düşük sıcaklıklı atık ısı kaynaklarındaki sınırlı sıcaklıklar, soğutma etkinlik katsayısının sınırlandırılmasına neden olur.

3. SOĞURMALI - MEKANİK SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVİMLERİ

Soğurmalı – mekanik sıkıştırıcı soğutma çevrimleri, buhar sıkıştırıcı ve absorpsiyonlu soğutma çevrimlerini bir araya getiren hibrid çevrimlerdir. Bu sistemler, absorber basınç ve sıcaklığının saf soğurmalı çevrime göre daha yüksek tutulabilmesi, üreteç basınç ve sıcaklığının sınırlandırılması ve benzeri amaçlar için farklı şekillerde düzenlenebilmektedirler. Buhar sıkıştırıcı kompresörün çevrimde seri veya paralel olarak düzenlendiği farklı çalışma örnekleri aşağıda gösterilmiştir.

Seri düzenlemeler: Seri düzenlemelerde, buharlaştırıcı ve soğurucu arasındaki düşük basınç hattında veya üretici ve yoğunlaştırıcı arasındaki yüksek basınç hattında kompresör kullanılarak akışkan basınç artışının bir kısmı buradan karşılanmaktadır. Seri düzenlemelerde kompresörün sıkıştırma basınç oranı düşük olup (2.0 civarında), düşük basınçlı yağsız kompresör olarak membranlı kompresör veya doğrusal kompresörlerin kullanılabileceği belirtilmiştir. Şekil 2'de verilen yerleşimde, kompresör buharlaştırıcı ve soğurucu arasına yerleştirilerek buharlaşma basınç ve sıcaklığının düşürülmesi amaçlanmıştır.



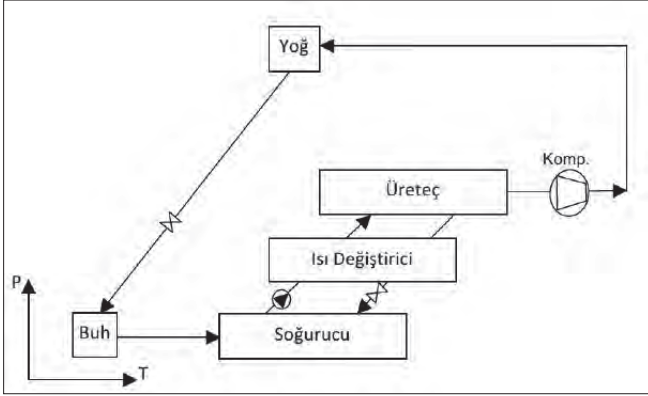
Şekil 2. Seri düzenlemeli hibrid çevrim:
Kompresör alçak basınç tarafında

Ventas ve ark. çalışmasında [7], çalışma akışkanı olarak amonyak-lityum nitrat çözeltisi kullanılmıştır. Kompresör buharlaştırıcı ve soğurucu arasına yerleştirilerek, soğurucu basıncının saf soğurmalı çevrime göre daha yüksek olması sağlanmıştır. Bu şekilde, üreteçten gönderilen çözelti görece daha zengin olmakta ve buharlaşma kolaylaşmaktadır. Çalışmada, atık ısı kaynağı olarak 65 °C gibi düşük sıcaklıklı su kullanılarak istenilen soğutma etkisi sağlanmıştır.

Kompresörün düşük basınç hattında yerleştirildiği diğer bir uygulamada ise [8], soğutucu akışkan olarak kullanılan propan kompresör yardımı ile mineral yağ çözeltisi içeren soğurucu tanka sevk edilmiştir. Elde edilen zengin karışım pompa ile üreteçte gönderilmekte ve propan burada tekrar buharlaştırılmaktadır. Pompa ve kompresörün %60 izentropik verimle işletilmesi ve generatörde atık ısı kullanılması durumunda çevrimin elektrik işine göre hesaplanan soğutma etkinlik katsayısının 5.0 değerine ulaşabileceği hesaplanmıştır.

Şekil 3'te ise, kompresör, üreteç ve yoğunlaştırıcı arasındaki yüksek basınç hattında yer almıştır. Bu düzenlemede, sabit yoğunlaştırıcı basıncı için üreteç basınç ve sıcaklığı düşük tutulmaktadır.

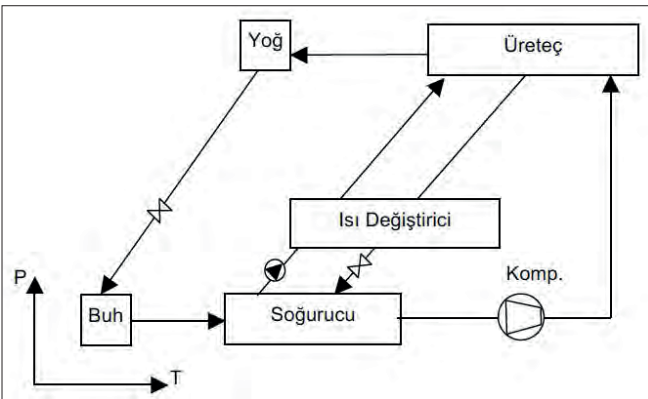
Bu durum bir yandan düşük sıcaklıklı atık ısı kaynaklarından yararlanılmasını kolaylaştırırken, diğer yandan yoğunlaştırıcıya açığa çıkan ısının bir kısmı üreteçte değerlendirilerek dış ısı ihtiyacı azaltılmaktadır. Amonyak-su çifti kullanılarak gerçekleştirilen sayısal bir çalışmada, seri düzenlemeli hibrid sistem kullanılması ile enerji etkinliğinin %100'e yakın arttığı hesaplanmıştır [9].



Şekil 3. Seri düzenlemeli hibrid çevrim:
Kompresör yüksek basınç tarafında

Paralel düzenlemeler: Paralel düzenlemelerde, çözelti pompa ile yüksek basınca sevk edilirken, bir kısım akışkan buharı ise kompresör yardımı ile basınçlandırılmaktadır. Şekil 4'te, soğurucu ve üreteç arasında sıvı hattı devresine paralel olarak kompresör ile buhar sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmektedir.

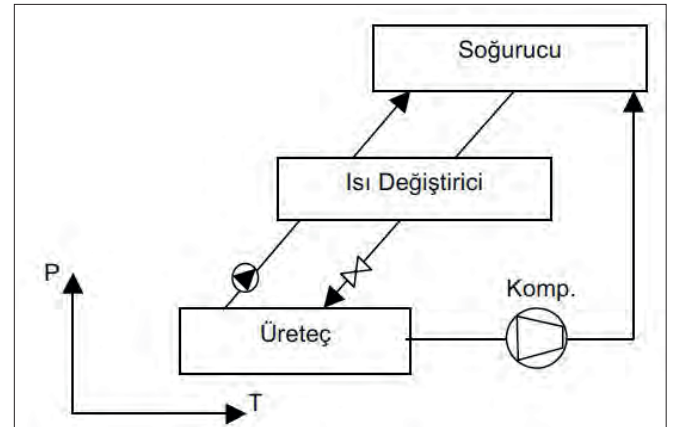
Çevrimdeki akışkanın bir kısmının kompresör devresi üzerinden kızgın buhar durumunda gönderilmesi ile, üreteçteki dış kaynaklı ısı ihtiyacı azalır veya ortadan kalkar. Ayala ve ark [10,11] tarafından yapılan bir çalışmada, Amonyak/Lityum Nitrat çözeltisi kullanılan bir çevrimde, kompresör çıkışındaki kızgın akışkanın enerjisi değerlendirilerek ayrı bir



Şekil 4. Paralel düzenlemeli hibrid çevrim:
Kompresör soğurucu ve üreteç arasında

dış ısı kaynağı olmaksızın soğutma kapasitesinin yaklaşık %10 arttırılabileceği gösterilmiştir. Şekil 5'te ise, geleneksel soğurmalı soğutma çevrimlerinden farklı olarak buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcunun yerini sırası ile üreteç ve soğurucu almıştır. Üreteçten çıkan buhar yüksek basınca kompresör yardımı ile sevk edilirken, kalan fakir karışım pompa ile gönderilmektedir. Bu şekilde buharlaşma ve yoğunlaşma basınçları düşürülerek amonyak gibi yüksek basınçlı akışkanların ısı pompası akışkanı olarak kullanılması olanağı sağlanmış olur.

Hultén ve Berntsson kompresörün soğurmalı çevrimle paralel olarak düzenlendiği Amonyak/su çözeltisi kullanılan hibrid çevrimde, üreteç ve soğurucudaki faz değişim sıcaklığı kaymalarının etkinliğe etkisini parametrik olarak incelemiştir [12], ayrıca soğurucu yapısının etkisini tartışmışlardır [13]. Pratihari ve ark ise 400 kW kapasitesinde soğutucunun bileşenlerini modelleyerek, ısı değiştirici yüzey alanının değişiminin performansa etkisini araştırmışlardır [14].



Şekil 5. Paralel düzenlemeli hibrid çevrim:
Üreteç düşük basınç tarafında

4. SONUÇ

İklimlendirme uygulamalarında yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılabilen ve doğal soğutkanların kullanıldığı soğurmalı soğutma sistemlerinin yerinin artması beklenmelidir. Bu yazıda, sıkıştırıcı/soğurmalı hibrid sistemlerle ilgili farklı düzenlemeler tanıtarak, düşük sıcaklıklı atık enerjilerin kullanılmasında sıkıştırıcı/soğurmalı sistemlerin önemli bir kullanım potansiyeli olduğu vurgulanmıştır. ■

KAYNAKLAR

- [1]Aliane, A., Abboudi, S., Seladji, C., Guendouz, B., An illustrated review on solar absorption cooling experimental studies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65 (2016), 443–458.
- [2]Bataneh, K., Taamneh, Y., Review and recent improvements of solar sorption cooling systems, *Energy and Buildings*, 128 (2016), 22–37.
- [3] Domínguez-Inzunza, L.A., Hernández-Magallanes, J.A., Soto, P., Jiménez, C., Gutiérrez-Urueta, G., Rivera, W., Experimental assessment of an absorption cooling system utilizing a falling film absorber and generator, *Applied Thermal Engineering*, 103 (2016), 1105–1111.
- [4]Hernandez-Magallanes, J.A., Domínguez-Inzunza, L.A., Gutierrez-Urueta, G., Soto, P., Jimenez, C., Rivera, W., Experimental assessment of an absorption cooling system operating with the ammonia/lithium nitrate mixture, *Energy*, 78 (2014), 685–692.
- [5] Muthu, V., Saravanan, R., Renganarayanan, S., Experimental studies on R134a-DMAC hot water based vapour absorption refrigeration systems, *International Journal of Thermal Sciences*, 47 (2008), 175–181.
- [6] Wu, S., Eames, I. W., Innovations in vapour-absorption cycles, *Applied Energy*, 66 (2000), 251–266.
- [7]Ventas, R., Lecuona, A., Zacarías, A., Venegas, M.; Ammonia-lithium nitrate absorption chiller with an integrated low-pressure compression booster cycle for low driving temperatures; *Applied Thermal Engineering*, 30 (2010), 1351–1359.
- [8]Fukuta, M., Yanagisawa, T., Iwata, H., Tada, K., Performance of compression/absorption hybrid refrigeration cycle with propane/mineral oil combination; *International Journal of Refrigeration*, 25 (2002), 907–915.
- [9]Wang, J., Wang, B., Wu, W., Li, X., Shi, W.,; Performance analysis of an absorption-compression hybrid refrigeration system recovering condensation heat for generation; *Applied Thermal Engineering*, 108 (2016), 54–65.
- [10]Ayala, R., Heard, C. L., Holland, F. A., Ammonia/lithium nitrate absorption/compression refrigeration cycle part I. Simulation; *Applied Thermal Engineering*, 17 (1997), 223–233.
- [11]Ayala, R., Heard, C. L., Holland, F. A., Ammonia/lithium nitrate absorption/compression refrigeration cycle part II. Experimental; *Applied Thermal Engineering*, 18 (1998), 661–670.
- [12]Hulten, M., Berntsson, T., The compression/absorption cycle— influence of some major parameters on COP and a comparison with the with the compression cycle, *International*

Journal of Refrigeration, 22 (1999), 91–106.

- [13]Hulten, M., Berntsson, T., The compression/absorption heat pump cycle-conceptual design improvements and comparisons with the compression cycle, *International Journal of Refrigeration*, 25 (2002), 487–497.
- [14]Pratihar, A.K., Kaushik, S.C., Agarwal, R.S., Simulation of an ammonia-water compression-absorption refrigeration system for water chilling application, *International Journal of Refrigeration*, 33 (2010), 1386–1394.

ÖZGEÇMİŞ

Serhan KÜÇÜKA

1960 İzmir doğumlu olup, 1983 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Aynı Üniversitede 1985 yılında Yüksek Lisans ve 1993 yılında Doktora eğitimini tamamlamıştır. 1997 yılından beri DEÜ Mühendislik Fakültesinde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. 8., 9., 10., 13. ve 14. TESKON kongrelerinde Yürütme Kurulu Üyesi olarak görev almıştır. Çalışma konuları Soğutma Tekniği, Jeotermal Enerji ve Güneş Enerjisidir.