



EJEKTÖRLÜ SOĞUTMA SİSTEMİNİN TEORİK OLARAK İNCELENMESİ

Fatih YILMAZ ^{a*}, Reşat SELBAŞ ^b, İbrahim ÜÇGÜL ^c

^a Elektrik ve Enerji bölümü, Teknik Bilimler MYO, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, TÜRKİYE
^b Enerji Sist. Müh. Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE
^c Tekstil Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: fatiyilmaz7@gmail.com

ÖZET:

Geleneksel soğutma sistemleri büyük çoğunlukla, fosil yakıtlardan elde edilen elektrik enerjisi ile çalışmakta ve bu sistemleri tahrik etmek için büyük miktarda enerji kullanmaktadır. Ayrıca termik santraller, gıda sektörü, kimyasal tesisler ve motorlu taşıtlar gibi birçok endüstriyel proses çevreye tekrar kullanılabilir atık ısı enerjisi çıkarmaktadır.

Alternatif enerji kaynaklarının kullanılabilirdiği hem de dışarıya atılan ısı gibi enerjileri, tahrik enerjisi olarak kullanan yeni mekanik sıkıştırımlı soğutma çevrimleri üzerine araştırmalar her geçen gün oldukça artmaktadır. Bunun sonucunda şu anda kullanılan mekanik soğutma çevrimlerinin yerine alternatif soğutma çevrimleri geliştirilmektedir.

Bu alternatif sistemlerden biriside ejektörlü soğutma sistemidir. Ejektörlü soğutma sistemleri 1900'lü yılların başından beri bilinmektedir. Bu çalışmada teorik olarak ejektörlü soğutma sistemleri hakkında genel bir bilgi verilmiştir. Bu çalışmada ejektörlü soğutma çevrimi hakkında teorik olarak araştırma yapılmıştır. Verimlilik bakımından incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Soğutma, ejektörlü soğutma

Investigate of Theoretical Ejector Cooling System

ABSTRACT:

Conventional cooling systems, a large majority, working with electrical energy from fossil fuels and uses huge amounts of energy to drive these systems. In addition, thermal

power plants, food industry, such as chemical plants and motor vehicles back into the environment that can be used in many industrial process produces waste heat energy.

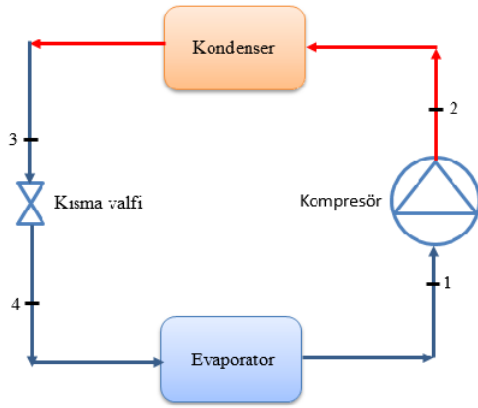
Alternative sources of energy such as heat exhausted from both the energies used, the drive uses energy as a new research on the mechanical compression refrigeration cycles is increasing every day pretty. As a result, an alternative to currently used in refrigeration cycles improved mechanical refrigeration cycle.

One of these alternative systems, ejector cooling system. Ejector cooling systems are known since the early 1900s. This study is an overview of the theoretical ejector refrigeration systems. In this study, ejector of cooling system were done theoretical analysis. In terms of efficiency investigate.

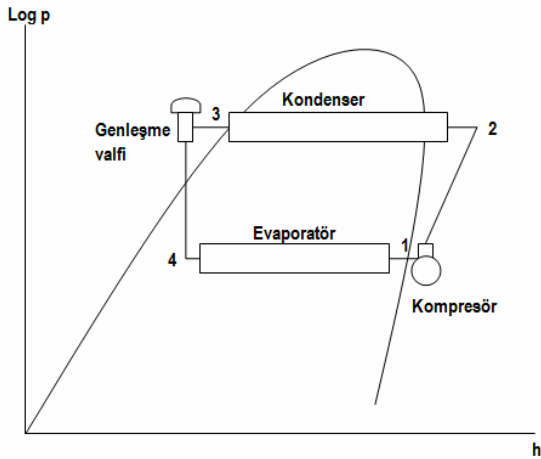
Keywords: *Cooling, ejector cooling*

1. GİRİŞ

Soğutma ihtiyacı genel olarak ortam sıcaklığının yükseldiği, yaz iklim şartlarında artmaktadır. Genel olarak günümüzde mekanik sıkıştırımlı soğutma çevrimleri kullanılmaktadır. Mekanik sıkıştırımlı soğutma çevrimi dört ana elemandan meydana gelir[1]. Bunlar kompresör, kondenser (yoğuşturucu), genleşme valfi ve evaporatör (buharlaştırıcı)'dür. Bu şekil 1. de verilmiştir.



Şekil 1. Mekanik sıkıştırımlı soğutma çevrimi



Şekil 2. Temel mekanik soğutma çevrimi P-h diyagramı

Soğutma sistem performansını analiz etmek için dört nokta sıcaklıkları, alçak ve yüksek taraf basınç değerleri, kütleli

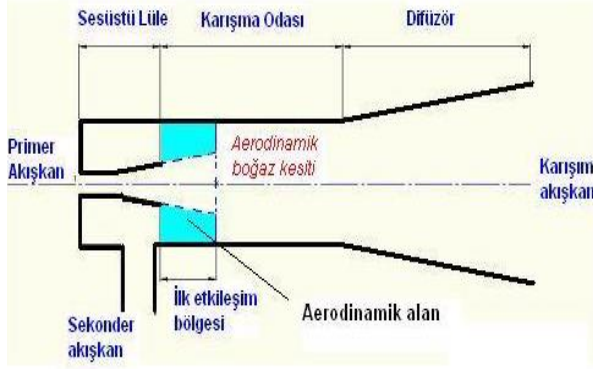
debi, akım, voltaj, güç katsayısı ölçümleri gereklidir. Bu ölçümler ile evaporatör, kondenser ve kompresör kapasiteleri, soğutma tesir katsayısı (STK), izentropik ve hacimsel kompresör verimleri hesaplanabilir.

Bu soğutma sistemlerinde kompresör çalışması için gerekli enerjiyi elektrik enerjisinden karşılar. Ejektörlü soğutma sistemleri, sıkıştırma işi için gerekli enerjiyi ısıl bir kaynaktan alır. Bu sistemlerde kullanılacak ısıl kaynak olarak her türlü atık ısı kullanılabilir gibi, yenilenebilir enerji kaynaklı ısı enerjisi de kullanılabilir. Özellikle soğutma ihtiyacının en üst düzeye çıktığı yaz ayları için güneş enerjili ejektör soğutma sistemleri uygun seçenek olmaktadır[2].

2.EJEKTÖRLÜ SOĞUTMA SİSTEMİ

2.1. EJEKTÖR

Isıl kompresör olarak da bilinen ejektör, sistemin kalbi olarak kabul edilir. Çünkü sekonder akışın primer akış debisine oranı olarak da tarif edilen ejektör debi oranı (m_s/m_p), sistemin performansını doğrudan etkiler. Bundan dolayı ejektör dizaynı oldukça önemlidir. Ejektörün şematik resmi Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Ejektör şematik resmi

Ejektör temel olarak üç bölüme ayrılır. Bunlar; sesüstü lülesi, karışma odası ve difüzördür. Ejektörler birçok amaç için kullanılır, ancak temel işlem hepsi için aynıdır. Buhar üreticinde yüksek basınç ve sıcaklıkta üretilen akışkan (primer akışkan), durgun halde ejektörün sesüstü lülesine girer. Burada basınç ve sıcaklığı düşerken hızı, sesüstü hıza ulaşır. Yüksek hızlı primer buhar, ejektörün karışma odasına doğru giderken, bu karışma odasının öncesinde oluşturduğu vakum ile durgun durumdaki sekonder buharı evaporatörden emme odasına emer.

Primer ve sekonder akışkanlar, sesüstü lülesi çıkış kesitinde birbirleriyle etkileşmeye başlar ve bu etkileşme karışma odasında iki akışkanın karışması esnasında da devam eder.

Sonuçta, primer akışkan, düşük basınçtaki sekonder akışkanı emerek bir karışım oluşturmuş ve bu esnada da sekonder

akışkanın basıncını artırarak bir yerden başka bir yere pompalanmasını sağlamıştır [3].

Esasen, girişteki hareketli akışkanın basınç enerjisi memenin boğazında, hız formunda kinetik enerjiye dönüştürülmektedir. Daha sonra karışık akışkan genişleyen ağızda genişlerken, kinetik enerji, Bernoulli prensibine göre, bu ağzın çıkışında tekrar basınç enerjisine dönüşür. Özel uygulamaları dolayısıyla, bir enjektör sık sık edüktör, buhar jeti fişkırtıcısı (enjektörü), jet pompası veya aspiratör(extractor, emici) gibi isimlerle anılır [4].

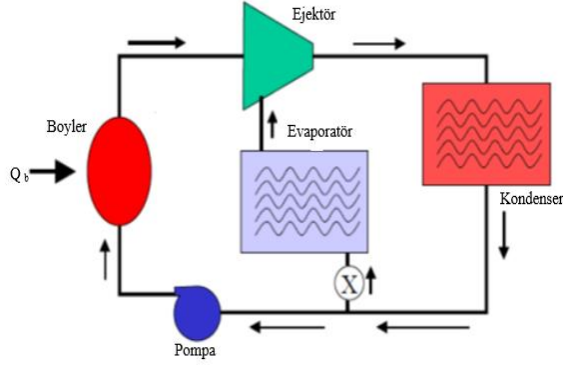
Ejektör soğutma sisteminin performans katsayısını doğrudan etkilediği için sistemin en önemli ve temel elemanı olarak görülür.

2.2. EJEKTÖRLÜ SOĞUTMA SİSTEMİNİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Mekanik sıkıştırımlı soğutma sistemlerinde mekanik enerji veya elektrik enerjisi ile tahrik edilen kompresörlerin yerini ejektörlü soğutma sistemlerinde ısı enerjisini kullanarak çalışan ejektör almıştır. Bunun için ejektöre termik kompresör de denir.

Sistem altı temel eleman ve iki ayrı çevrimden oluşur. Bu elemanlar: buhar

üretici (boiler), ejektör, kondenser (yoğuşturucu), genişleme valfi(X), evaporatör (buharlaştırıcı) ve sıvı pompasıdır. Tipik bir ejektörlü soğutma sistemi çevrimi şekil 4 'de verilmiştir.



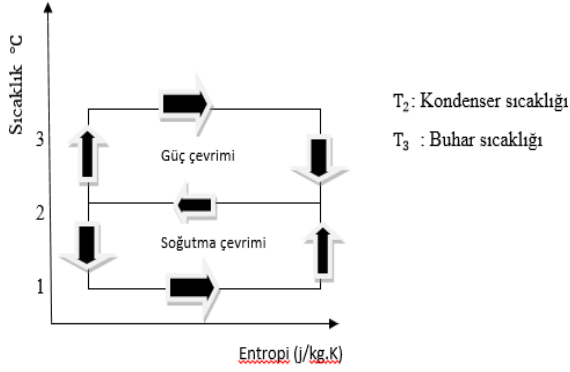
Şekil 4. Ejektörlü soğutma sistemi çevrimi [5]

Şekil 4' de gösterildiği gibi çevrim bir güç çevrimi değil ise soğutma çevrimidir. Güç çevrimi saat ibresi yönünde gerçekleşir ve sistemdeki soğutucu akışkan; buhar üretici (boiler), ejektör, kondenser (yoğuşturucu) ve sıvı pompası yolunu takip ederek tekrar buhar üreticine geri döner. Soğutma çevrimi ise evaporatörden doymuş buhar olarak çıkan akışkan; ejektör, kondenser ve genişleme valfinden geçerek tekrar evaporatöre geri döner. Güç çevriminden elde edilen güç, soğutma çevriminde tahrik gücü olarak kullanılır. Soğutma çevriminde klâsik sistemlerdeki kompresörün yerini ejektör almıştır.

Sistemde ilk olarak bir ısı kaynağından ısı çekilir ve çekilen bu ısı ile buhar üreticinde yüksek basınçlı buhar elde edilir. "primer akış" olarak da adlandırılan

bu buhar, ejektörde tahrik akışkanı olarak görev yapar. Primer akış, ejektörün içindeki sesüstü lülesinden geçirilerek genişletilir. Primer akışın genişlemesi sonucunda karışma odası girişinde bir vakum meydana gelir ve evaporatörden ejektöre gelen "sekonder akış" olarak adlandırılan akışkanı emer ve iki akış karışma odasında birbiriyle karışır. Primer ve sekonder akışın karışması ile "karışım akış" olarak adlandırılan akış, ejektördeki karışma odası ve difüzörden geçerek kondenser basıncına kadar sıkıştırılır. Kondensenden çıkan akışkan iki kola ayrılır [6].

Akışkanın bir kısmı buhar üreticine geriye kalan kısmı ise evaporatöre doğru gider. Buhar üreticinin basıncı kondenser basıncından daha yüksek olduğu için, kondensenden sıvı olarak gelen akışkanın basıncı bir sıvı pompası ile artırılarak buhar üreticine gönderilir ve buhar üreticinde yüksek basınçlı buhar haline getirilir. Evaporatöre doğru giden akışkan ise evaporatör basıncının kondenser basıncından daha düşük olmasından dolayı akışkan basıncı bir genişleme valfinden geçirilerek evaporatör basıncına düşürülerek evaporatöre gönderilir. Evaporatörde soğutulacak ortamdan ısı çekerek buharlaşan akışkan, sekonder akış olarak tekrar ejektöre girer.



Şekil 5. Ejektörlü soğutma sisteminin T-s diyagramı

İki farklı sıcaklık arasında çalışan güç çevrimi için maksimum ısıl verim tersinir Carnot çevriminden elde edilebilir. Bu çevrim için termik verim:

$$\eta = \frac{T_3 - T_2}{T_3} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir.

Bir soğutma makinesinin verimliliği (etkinliği) performans katsayısı ile ifade edilir ve COP ile gösterilir. Soğutma makinesi soğutulan ortamdan Q_e bir miktar ısı çekmektedir. Ayrıca soğutma etkisi oluşturmak içinde çevrime, bir miktarda dışarıdan iş (W) verilmesi gerekir. Bu durumda soğutma makinesinin performans katsayısı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$COP_{SM} = \frac{\text{ortamdan çekilen ısı}}{\text{harcanan iş}} = \frac{Q_L}{W_{\text{net,giren}}} \quad (2)$$

Ejektörlü sistemin gerçek performans katsayısı şu şekilde tanımlanır;

$$COP = \frac{Q_e}{Q_b + W_p} \quad (3)$$

Burada Q_b boylere giren ısı miktarını W_p pompanın çektiği gücü gösterir.

Bu sistemlerin avantajları; kullanımı küresel çevre ile ilgili problemleri, mevcut güç santrallerinde fosil yakıtların yanmasından ortaya çıkan CO_2 tarafından meydana getirilen sera etkisi gibi zararlı etkenlerinde azalmasına yardımcı olacaktır.

Diğer bir avantajı ise bu sistemlerde piyasada bulunan soğutucu akışkanların kullanılmasının mümkün olmasıdır.

Bunun aksine bu sistemin performans katsayısının düşük olması dez avantajı olarak sayılabilir.

2.3. EJEKTÖRLÜ SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE SOĞUTUCU AKIŞKAN SEÇİMİ

Ejektörlü soğutma sistemlerinin en büyük avantajlarından biri de çalışma akışkanı olarak sistemde, su buharından halokarbonlara kadar geniş oranda soğutucu akışkan kullanılabilir. Soğutma sistemlerinin tasarımı ve performansında soğutucu akışkanın seçimi önemli bir yere sahiptir. Sistemde kullanılacak akışkandan, çevreye zararsız veya mümkün olduğu kadar az zararlı olması, yanma ve patlama etkisi olmaması, zehirsiz ve kullanılan şartlarda kimyasal olarak kararlı olması gibi

özellikleri sağlaması, aynı zamanda sistemin performansını optimum değerde sağlaması istenir. Ayrıca akışkanın soğutma sistemini oluşturan parçalara zarar vermemesi de gereklidir. Soğutucu akışkanın termal kararlılığının da yüksek olması istenir. Soğutucu akışkanlar genel olarak hem pahalıdır hem de bozulunca ek bir maliyet getirir. Bozulan akışkan ise sistemde asit oluşturarak korozyona sebebiyet verir.

Ejektörlü soğutma sistemlerinde kullanılan akışkanların, çevreden ısı alma ve çevreye ısı verebilme kabiliyetleri de iyi olmalıdır. Bu nedenle akışkanın kritik basınç ve sıcaklığının, buharlaşma gizli ısısının ve ısı iletim katsayısının yüksek olması istenir. Çünkü kritik sıcaklığa yakın bir buhar üretici sıcaklığında akışkanın bu bölgede buharlaşma gizli ısısı küçük olacaktır. Ayrıca buhar üretici sıcaklığında çalışacak olan akışkanın makul bir basınca sahip olması da istenir. Düşük seviyedeki basınç değerini sağlayan akışkanlar hem güvenlik hem de endüstriyel ekipmanlara uyum sağlar.

3. SONUÇLAR

Soğutucularda sağlanacak bir performans iyileştirmesi, çok geniş bir sahayı ilgilendirir. Araştırmacılar, halen farklı metotlar kullanarak performansı artırıcı

çalışmalar yapmaktadır. Bu araştırma konularından biri de, sistemdeki tersinmezliği artıran genişleme valfindeki kısımla kayıplarının nasıl azaltılabileceğidir. Bu amaçla, genişleme valfi yerine, ejektör kullanılabilir. Ejektörün tahrik lülesi bir türbin görevi yaparak, soğutucu akışkan genişlerken iş üretilmesini sağlar. Üretilen iş evaporatörden emme lülesine emilen akışkana transfer edilerek kompresöre klasik sisteme göre daha yüksek basınçta akışkan gönderilir. Böylece, kompresörün işi azalır ve buna bağlı olarak da klasik sisteme göre performans (etki) katsayısı yükselir. Buradaki çevrimdeki ejektörün işlevi kısma işlemi sırasında genişleme valfindeki kayıplarını azaltmak ve sistemdeki enerji geri dönüşümüne yardımcı olmaktır.

Klasik soğutma sistemleri ile ejektörlü soğutma sistemleri arasındaki fark kondenser ile evaporatör arasına genişleme valfi yerine ejektör konular iş elde edilmesidir. Bu sistemler üzerinde yapılan çalışmalar ve deneyler klasik sistem soğutma çevrimlerine göre daha performans katsayısının daha yüksek olduğu belirlenmiştir [7].

Bu sistemin performans değerlerini arttırmak için hala deneysel ve çalışmalar sürmektedir.

4. KAYNAKLAR

[1]<http://www.thg.ru/cpu/20001103/print.html>

[2] Üçgül, İ. 2006. TUBİTAK Proje Raporu, Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Isının Soğutma ve İklimlendirme proseslerinde Kullanım Potansiyelleri, Proje no: 104M375, Temmuz, 2006.

[3] Sun DW. 1997. Experimental investigation of the performance characteristics of a steam jet refrigeration system. Energy Sources, 19:349-367.

[4]http://tr.wikipedia.org/wiki/Ejekt%C3%B6rl%C3%BC_pompa

[5] Dr. Terry J. Hendricks alerie H. Johnson Matthew A. Keyser Heat-Generated Cooling Opportunities(14)

[6] R. Hamner,1978. An Investigation of Ejector-Compression Refrigeration Cycle and its Application to Heating, Cooling, and Energy Conversion, Ph.D. Dissertation, University of Alabama.

[7] Yari M.; and Sirousazar M., "Cycle Improvements to Ejector-Expansion Transcritical CO₂ Two-Stage Refrigeration Cycle", International Journal of Energy Research, 32(7):677–687, 2008.