

FARKLI SOĞUTUCU AKIŞKANLAR İÇİN GENLEŞTİRİCİ OLARAK EJEKTÖR KULLANAN KOMPRESÖRLÜ SOĞUTUCUNUN PERFORMANS ANALİZİ

Nagihan BİLİR
H. Kürşad ERSOY
Arif HEPBAŞLI

ÖZET

Bu çalışmada, soğutucu akışkan türüne bağlı olarak ejektör genleştiricili kompresörlü soğutucunun (EGKS) soğutma etkinlik katsayısı ve genleştirici olarak ejektör kullanıldığında klasik soğutuculara göre performanstaki iyileşme oranı araştırıldı. Performanstaki iyileşme oranını maksimum yapan emme lülesi basınç düşüşü ve ejektör alan oranının optimum değerleri belirlendi. Seçilen her bir soğutucu akışkan için, evaporatör ve kondenser sıcaklıklarının klasik sisteme göre performanstaki iyileşme oranına etkisi de incelendi.

EGKS'nin matematiksel modellenmesinde Engineering Equation Solver (EES) yazılım programı kullanıldı. Bu bağlamda, en yüksek soğutma etki katsayısını veren soğutucu akışkanı belirlemek için, etan ve metan serilerinden, doğal akışkanlardan ve karışımlardan seçilen altı farklı soğutucu akışkan için bir parametrik çalışma yürütüldü. Buna göre, ejektör genleştiricili kompresörlü bir soğutucuda incelenen soğutucu akışkanlar içinde en yüksek soğutma etkinlik katsayısını izobütanın (R600a) sağlayacağı ve bunu R134a'nın izleyeceği belirlendi. Kompresörlü soğutucuda genleştirici olarak ejektör kullanıldığında maksimum R125 akışkanlı soğutucuda minimum ise R22 akışkanlı soğutucuda performans iyileşmesi elde edilebileceği saptandı.

Anahtar Kelimeler: Ejektör, Alan oranı, Genleşme, Soğutucu akışkan, COP, İyileşme.

ABSTRACT

In this study, the cooling coefficient of performance (COP) of an ejector expander compressor-based refrigerator (EECR) was investigated depending on the type of the working refrigerant, while its cooling performance improvement ratio was compared to conventional refrigeration systems in the use of ejectors as expanders instead of expansion valves. The optimum values for the pressure drop at the suction nozzle and the ejector area ratio, which maximize the performance improvement ratio, were also determined. For each selected working refrigerant, the effect of the condenser and evaporator temperatures on the performance improvement ratio was examined on the basis of conventional system.

In the mathematical modeling of the EECR, Engineering Equation Solver (EES) software was used. In this regard, a parametric study was undertaken to determine the working refrigerant with the highest COP among the six various working refrigerants consisting of series of ethane and methane, natural refrigerants and mixtures. It was obtained that isobutane (R600a) had the highest COP value among the working refrigerants investigated in the EECR, followed by R134a. The minimum and maximum cooling performance improvement ratios in the compressor-based refrigerator with an ejector as an expander were found in the use of R22 and R125 as a working refrigerant, respectively.

Key Words: Ejector, Area ratio, Expansion, Refrigerant, COP, Improvement

1. GİRİŞ

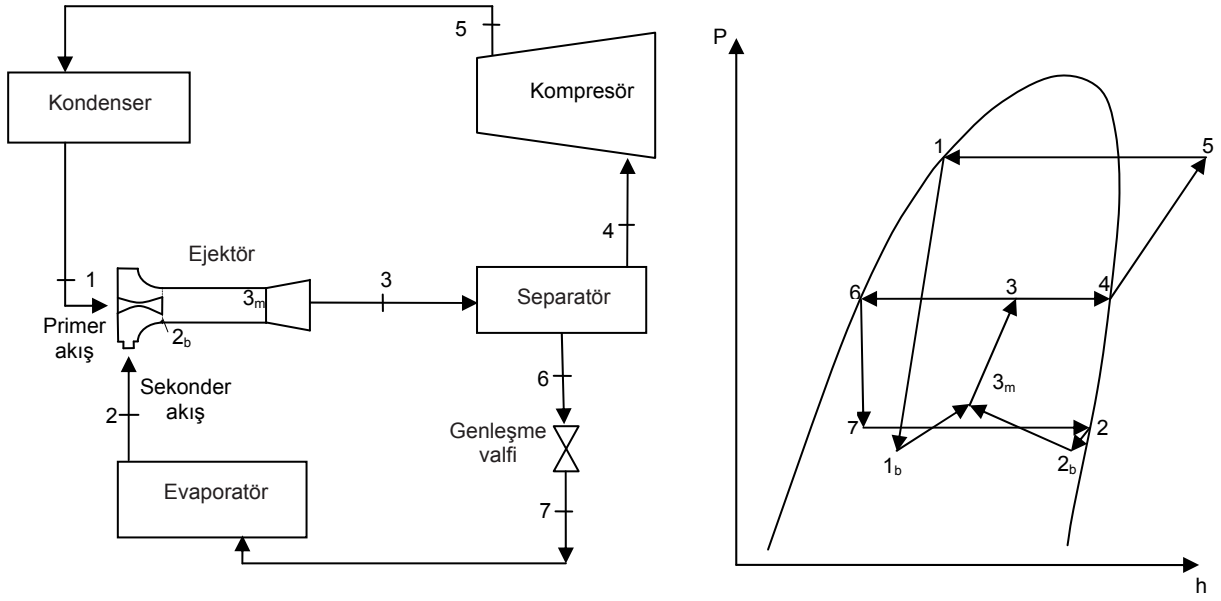
Soğutucularda sağlanacak bir performans iyileştirmesi, çok geniş bir sahayı ilgilendirir. Araştırmacılar, halen farklı metotlar kullanarak performansını artırıcı çalışmalar yapmaktadır. Bu araştırma konularından biri de, sistemdeki tersinmezliği artıran genişleme valfindeki kısılma kayıplarının nasıl 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 ejektörün fonksiyonu genişleme valfindeki kısılma kayıplarını azaltmak ve sistemdeki enerji geri dönüşümüne yardımcı olmaktır.

Soğutma sistemlerinde genişleme valfi yerine ejektör kullanarak yapılan teorik ve deneysel çalışmaların tamamında, performans katsayısının klasik sisteme göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir [1–8]. Klasik sistemin performansını artırmak için geliştirici yerine ejektör kullanma fikri ilk olarak 1990 yılında ortaya atılmış olup, R12 soğutucu akışkanının kullanıldığı sistemin soğutma performansında % 21 iyileşme olduğu teorik olarak bulunmuştur [9]; ama deneysel olarak, bu oranın %10'un altında kaldığı belirlenmiştir. Performanstaki bu iyileşmenin düşük kalması, tek fazlı akış bilgisine dayalı ejektör tasarımına ve çift fazlı ejektör akış bilgisinin noksanlığına bağlanmıştır [10–11]. Düşük evaporatör sıcaklıklarında çalışan R134a akışkanının kullanıldığı klasik soğutma sistemine ejektör adapte edildiğinde, performans katsayısının daha çok arttığı (%16), deneysel olarak gözlemlenmiştir [12]. Ejektörün geometrik parametrelerinin sistem performansı üzerinde önemli derecede etkili olduğu, bir simülasyon çalışması ile ortaya konulmuştur [3]. Doğal soğutucu akışkanların kullanıldığı (R600a, R290 ve NH₃) buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminde sabit alanlı ejektör kullanıldığında, soğutma performansındaki maksimum iyileşme, R600a akışkanı kullanıldığında elde edilmiştir [13]. Evaporatör sıcaklığı 5 °C ve kondenser sıcaklığı 40 °C olduğunda, ejektörlü sistemin COP'unun ve ikinci kanun (ekserji) veriminin klasik buhar sıkıştırımlı çevrimden % 16 daha yüksek olduğu belirlenmiştir [14]. Bu sonuç, emme lülesindeki basınç düşüşünün optimum değerini dikkate almayan metodoloji kullanılarak elde edilmiştir. Optimum sonuçları (maksimum COP ve optimum ejektör alan oranı) elde etmek için, çift fazlı sabit alan ejektör akış modelinde emme lülesi basınç düşüşünün optimum değerinin olduğu, çalışma şartlarına bağlı olarak bu değer değiştiği ve teorik olarak performanstaki iyileşmenin % 22,3 olduğu ortaya konmuştur [15]. Aynı çözüm metodolojisi kullanılarak, ejektör eleman verimlerinin sistem performansı üzerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ejektör eleman verimleri arttıkça, sistem performansının yükseldiği, ejektör alan oranının ise düştüğü belirlenmiştir. Ejektör geliştiricili kompresörlü soğutma çevrimleri üzerine yapılan ekserjetik performans analizlerinin tamamında, klasik çevrime göre, çevrimin ve her bir elemanın tersinmezliğinin düşürülebileceği [16–20] ve çevrimdeki tersinmezliklerin (ekserji yıkımının) % 58,4 oranına kadar azalabileceği sonucuna varılmıştır [20].

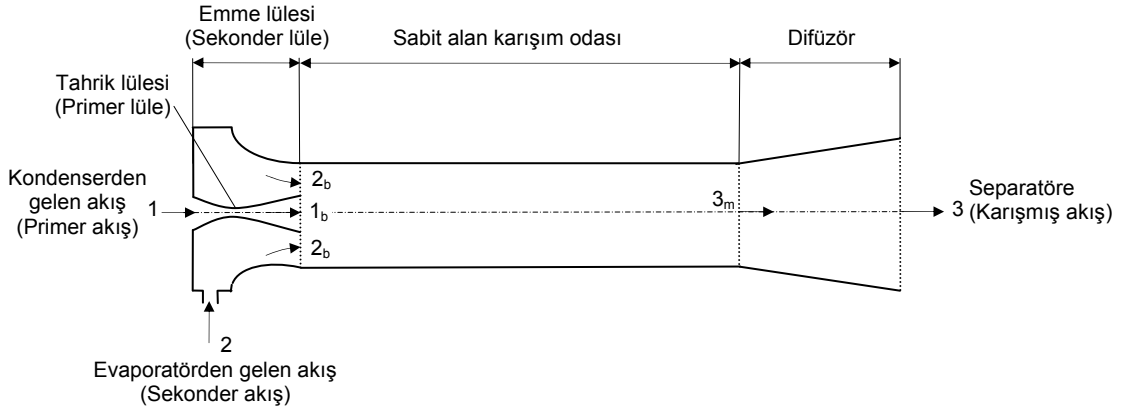
Soğutucularda, değişik fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip soğutucu akışkanlar kullanılmaktadır. Bu çalışmanın ana amacı; metan, etan serilerinden ve doğal akışkanlardan seçilen farklı soğutucu akışkanlar için ejektör kullanan kompresörlü soğutucunun soğutma etkinlik katsayısını araştırmaktır. Çalışma, farklı evaporatör ve kondenser sıcaklıkları için, kompresör sıkıştırma işini minimum, soğutma etkinlik katsayısını ise maksimum yapan optimum ejektör alan oranı ve optimum emme lülesi basınç düşüşü bulunarak ve soğutucu akışkan seçimine bağlı olarak optimum soğutma etkinlik katsayısı belirlenecektir. Ayrıca, aynı çalışma şartlarındaki ejektör genişlemeli soğutucu ile klasik soğutucunun soğutma etkinlik katsayıları da karşılaştırılacaktır.

2. EJEKTÖR GENLEŞTİRİCİLİ KOMPRESÖRLÜ SOĞUTMA ÇEVİRİMİ

Klasik sistem ile ejektör geliştiricili sistem arasındaki temel fark; kondenser ve evaporatör arasındaki kısılma işleminin genişleme valfi yerine, ejektörle yapılmasıdır. Sistemin diğer elemanları, bir separatör (ayırıcı) ve oldukça küçük bir genişleme valfi hariç, aynıdır. Ejektörlü soğutma sisteminin tesisat şeması ve çevrimin P-h diyagramı Şekil 1'de verilirken, sistemde kullanılan ejektör şematik olarak Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Ejektör Genleştiricili Kompresörlü Soğutma Çevriminin Tesisat Şeması ve P-h Diyagramı.



Şekil 2. Sabit Alanlı Ejektörün Şematik Gösterimi.

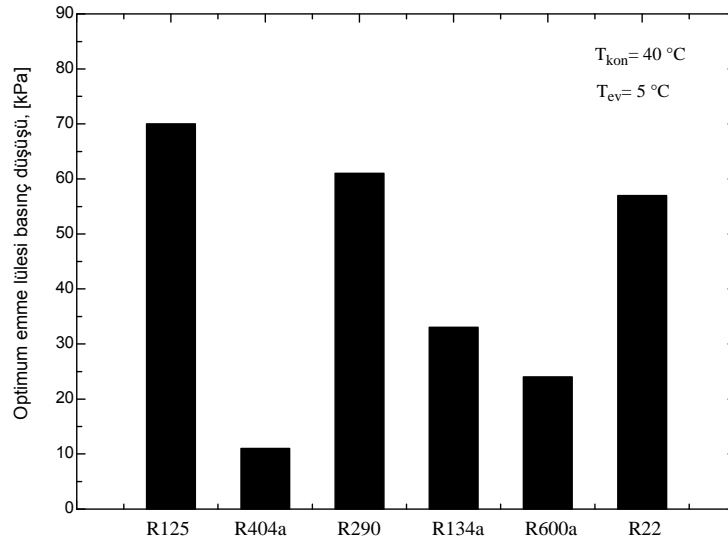
Ejektör genleştiricili kompresörlü soğutma sistemin çalışması şöyle gerçekleşir: Yüksek basınç ve sıcaklıkta kondenserdan gelen sıvı haldeki primer akışkan tahrik lülesine 1 durumunda girer. Burada basınç ve sıcaklığı düşerken hızı artar ve 1_b durumuna gelir. 1_b durumundaki yüksek hızlı primer akışkan ejektörde ilerlerken emme lülesinde vakum oluşturur ve evaporatörden 2 durumunda doymuş buhar olarak gelen sekonder akışkanı ejektörün içerisine emer. Bu olay sırasında sekonder akışkanın sıcaklığı ve basıncı bir miktar düşerek 2_b durumuna iner. Primer ve sekonder akışkanlar karışma odasında karışır ve ses altı akışa dönüşüp basıncı artar. 3_m durumunda karışma basıncına yükselen karışım ejektörün difüzör kısmına girer ve burada akışkanın hızı, hemen hemen durgun hale gelinceye kadar düşerken basıncı artar ve ejektörü 3 durumunda terk eder. Böylece, ejektör yüksek basınçlı bir akışkanın enerjisini düşük basınçtaki diğer akışkana aktararak onun basıncını nispeten yükseltmiş olur. Dolayısıyla, kompresöre giriş basıncı klasik sisteme göre daha yüksek olacaktır. Ejektörü terk eden karışım, ayırma kabına (separatör) girer, burada doymuş sıvı ve doymuş buhar olarak ikiye ayrılır. Ayırma kabından çıkan 6 durumundaki doymuş sıvının basınç ve sıcaklığı, evaporatör basınç ve sıcaklığına küçük bir genleşme valfi kullanılarak düşürülür ve 7 durumunda evaporatöre gönderilir. Burada akışkan soğutulmak istenen ortamdan ısı çekerek buharlaşır ve 2 durumunda doymuş buhar olarak tekrar ejektöre döner. Ayırma kabından ayrılan akışkanın doymuş buhar haldeki diğer kısmı ise

kompresöre 4 durumunda girer. Kompresörde akışkanın basınç ve sıcaklığı, kondenser basınç ve sıcaklığına yükseltilir. Ejektör kullanıldığı için kompresöre giriş basıncı klasik sisteme göre nispeten daha yüksektir ve bu nedenle kompresör daha az iş harcar. Kompresörü 5 durumunda kızgın buhar olarak terk eden akışkan kondensere sevk edilir. Burada çevreye ısı vererek 1 durumuna yoğunlaşır ve tekrar ejektöre gider. Ejektörü genişletirici olarak kullanan soğutma çevrimin çalışması bu şekilde devam eder.

Ejektördeki akış, bir boyutlu uniform denge akışıdır. Ejektör genişletiricili çevrim, ejektör çıkışında bir birim karışmış akışa göre modellenir. Ejektörün sabit alan karışım odası girişinde, primer ve sekonder akışkanlar aynı basınca ($P_b=P_{1b}=P_{2b}$) iner. Çift fazlı sabit alanlı ejektör akış modeline dayanan ejektör genişletiricili soğutma sisteminin enerji analizi, başka yerde ayrıntılı olarak verilmiştir [15].

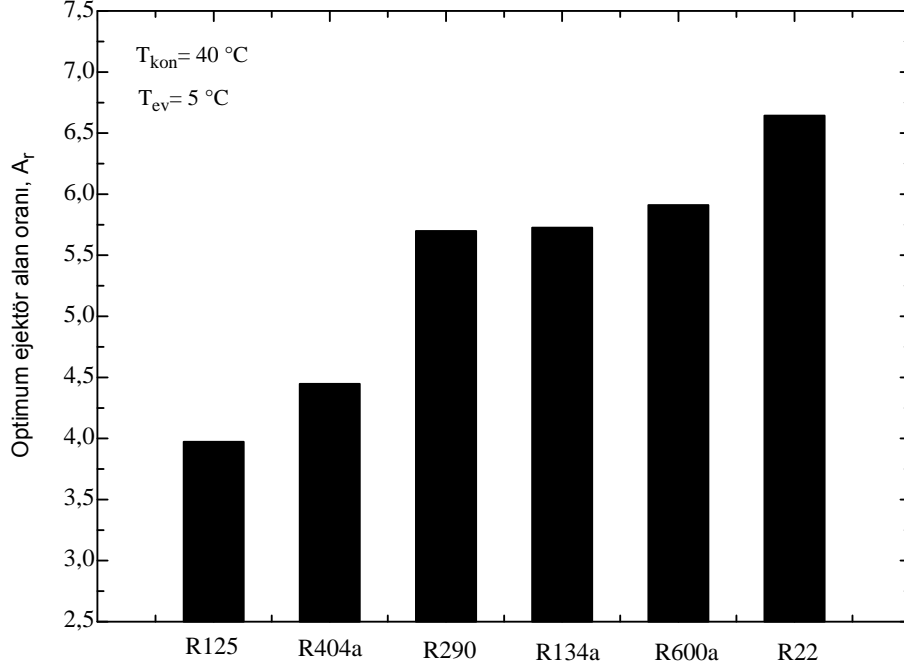
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Kompresörlü ejektörlü soğutucular için çift fazlı, sabit alan ejektör akış modeline dayanan ve literatürde [15] detayları verilen matematiksel model Engineering Equation Solver (EES) yazılım programına aktarıldı. Verilen evaporatör ve kondenser sıcaklığı ve seçilen soğutucu akışkan için optimum emme lülesi basınç düşüşü, optimum ejektör alan oranı ve maksimum soğutma etkinlik katsayısı belirlendi. Sonra, genişletirici olarak ejektör kullanıldığında, evaporatör ve kondenser sıcaklıklarına bağlı olarak klasik kompresörlü soğutma sisteminin performansındaki iyileşme oranları araştırıldı. Ejektör genişlemeli soğutma çevriminin karakteristikleri araştırılırken ejektör elemanlarının (tahrik lülesi, emme lülesi ve difüzör) izentropik verimleri; tahrik lülesi için $\eta_n = 0,90$, emme lülesi için $\eta_s = 0,90$ ve difüzör için $\eta_d = 0,80$ kabul edildi.



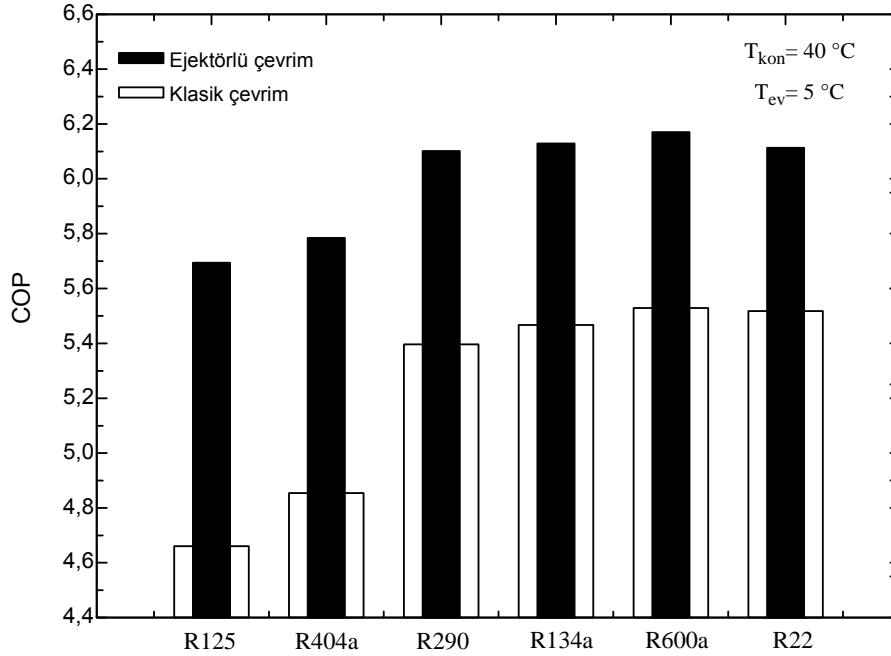
Şekil 3. Farklı Soğutucu Akışkanlar İçin Optimum Emme Lülesi Basınç Düşüşü.

Farklı soğutucu akışkanlar için, sekonder akışın (evaporatörden gelen akış) emme lülesindeki optimum basınç düşüşü ($P_{ev}-P_b$) Şekil 3'de verilmiştir. Bu optimum değerde, ejektör çıkış basıncını maksimum ve buna bağlı olarak kompresör sıkıştırma basınç oranı ve kompresör işi ise minimumdur. Şekil 3'de görüldüğü gibi, her bir akışkanın termodinamik özellikleri farklı olduğundan optimum emme lülesi basınç düşüşünün farklı bir değeri vardır. Genellikle, açık literatürde bu basınç düşüşü ya ihmal edilmekte ya da sabit bir değer (30 kPa) alınmaktadır. Maksimum soğutma etkinlik katsayısına ulaşmak için soğutucu akışkan cinsine de bağlı olarak emme lülesi basınç düşüşünün optimum değeri dikkate alınmalıdır. Araştırılan soğutucu akışkanlar için optimum emme lülesi basınç düşüşü maksimum 70 kPa (R125), minimum ise 11 kPa (R404a) dır.



Şekil 4. Soğutucu Akışkana Bağlı Olarak Optimum Ejektör Alan Oranları.

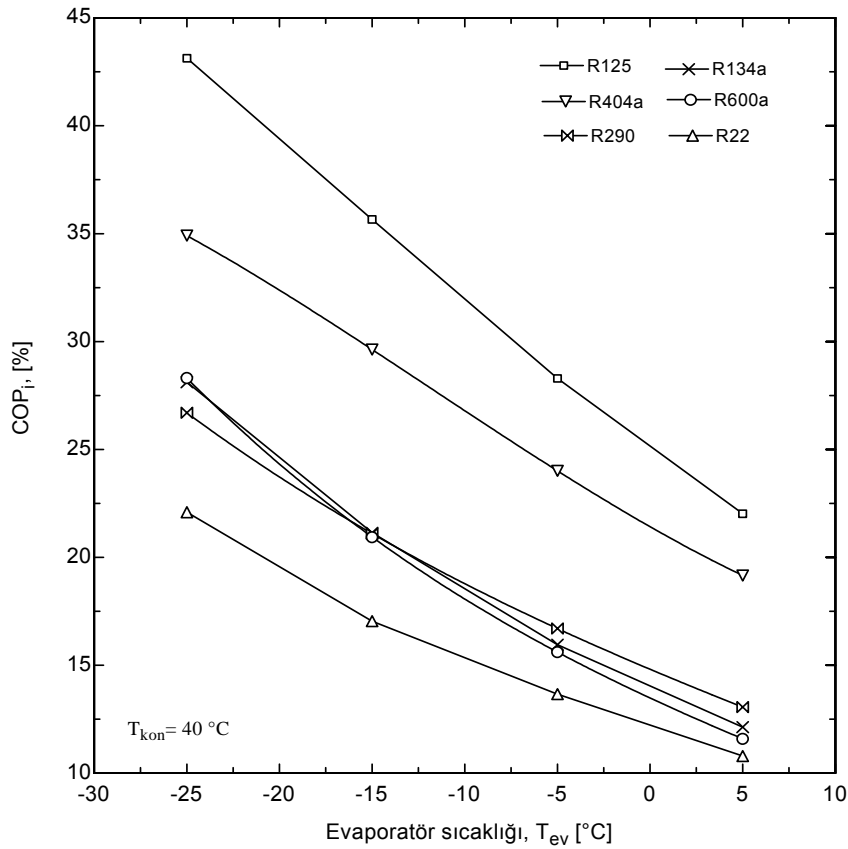
Sırasıyla, 5°C ve 40°C'lik evaporatör ve kondenser sıcaklıklarında, farklı soğutucu akışkanların kullanılması durumunda, optimum ejektör alan oranları Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekil 3'de gösterilen optimum emme lülesi basınç düşüşünü elde etmek için, ejektörde, optimum alan oranı olmalıdır. Araştırılan soğutucu akışkanlar için optimum ejektör alan oranının minimum ve maksimum değerleri (A_r), sırasıyla, 3,97 (R125) ve 6,64 (R22)'dir.



Şekil 5. Soğutucu Akışkana ve Çevrim Türüne Bağlı Olarak Soğutma Etkinlik Katsayıları.

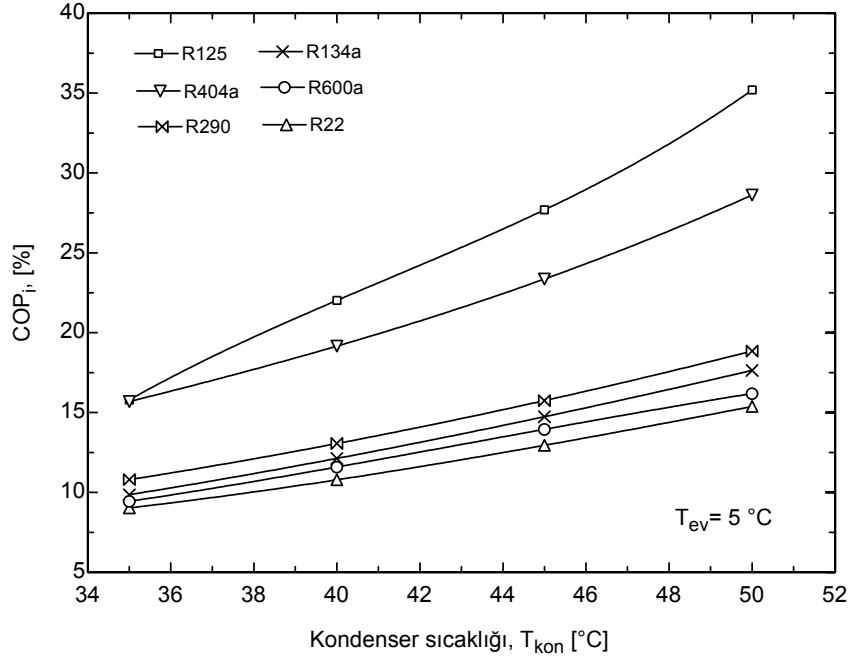
Sistemde kullanılan soğutucu akışkana ve çevrim türüne bağlı olarak elde edilebilecek soğutma performans katsayıları, Şekil 5'te karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Her iki çevrimde de incelenen soğutucu akışkanlar arasında minimum COP; R125 ve maksimum COP ise; R600a için elde edilmiştir.

Bunun nedeni şöyle açıklanabilir: Verilen çalışma sıcaklıklarında ($T_{kon} = 40\text{ °C}$ ve $T_{ev} = 5\text{ °C}$) evaporatör ve kondenser basınçları arasındaki fark; R600a kullanan soğutucuda 3,481 bar ile minimum ve R125 kullanan soğutucuda 12,26 bar ile maksimum değerdedir. Bu basınç farkı kompresör işini doğrudan etkileyeceğinden, en yüksek soğutma etkinlik katsayısı R600a soğutkanlı çevrimde elde edildiği söylenebilir. Şekil 5'e göre, kompresörlü soğutucularda genişleme valfi yerine ejektör kullanılması durumunda, R125 kullanan soğutucuda, COP değeri 4,66'dan 5,69'a yükselmekte, yani soğutma performansındaki iyileşme oranı % 22'ye ulaşmaktadır. Bu değer, incelenen akışkanlar arasında ulaşılabilecek maksimum iyileşme oranıdır. Bu da, şundan kaynaklanmaktadır: $T_{kon} = 40\text{ °C}$ ve $T_{ev} = 5\text{ °C}$ için evaporatör ve kondenser basınçları arasındaki fark, R125 soğutucu akışkanlı soğutucuda 12,26 bar olduğundan, incelenen soğutkanları kullanacak soğutucular arasında en çok genişleme valfi kaybı da R125 soğutucu akışkanlı soğutucuda gerçekleşecektir. Ejektör bu genişleme kaybından enerji geri kazanımı sağlamak amacıyla kullanıldığından, çevrimde genişletirici olarak ejektör kullanıldığında en çok performans iyileşmesi de R125 soğutucu akışkanlı soğutucuda sağlanabilecektir.



Şekil 6. Soğutucu Akışkan Cinsine ve Evaporatör Sıcaklığına Bağlı Olarak, Ejektör Kullanıldığında Klasik Soğutucuların Soğutma Etkinlik Katsayısındaki İyileşme Oranları.

Farklı soğutucu akışkanlar için, genişletirici olarak ejektör kullanıldığında evaporatör sıcaklığıyla sistemin performansındaki iyileşme oranının nasıl değiştiği Şekil 6'da gösterilmiştir. Sabit kondenser sıcaklığında, evaporatör sıcaklığı 5 °C'den -25 °C'ye düşerken, klasik sisteme ejektör adapte edilirse soğutma performans katsayısındaki iyileşme oranı en çok, sistemde soğutucu akışkan olarak R125 akışkanı kullanıldığında elde edilmiştir (% 22,00 - % 43,13). En az ise, R22 akışkanı kullanıldığında elde edilmiştir (% 9,03 - % 15,38). Ayrıca, Şekil 6'dan, seçilen bütün akışkanlar için, evaporatör sıcaklığı azaldıkça, COP'taki iyileşme oranının arttığı açık olarak görülmektedir. Bu şöyle açıklanabilir: Evaporatör ve kondenser sıcaklıkları arasındaki fark büyüdükçe, sistemde genişletirici olarak ejektörün kullanılması sistem performansı için daha avantajlı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle, düşük evaporatör sıcaklıklarında (derin dondurucu vb.) klasik soğutma sistemine genişletirici olarak ejektör adapte etmek daha yararlıdır.



Şekil 7. Soğutucu Akışkan Cinsine ve Kondenser Sıcaklığına Bağlı Olarak, Ejektör Kullanıldığında Klasik Soğutucuların Soğutma Etkinlik Katsayısındaki İyileşme Oranları.

Genleştirici olarak ejektör kullanıldığında, kondenser sıcaklığı ile farklı soğutucu akışkanları için klasik soğutma sisteminin performansındaki iyileşme oranının (COP_i) değişimi Şekil 7'de verilmiştir. Sabit evaporatör sıcaklığında, kondenser sıcaklığı 35 °C'den 50 °C'ye artarken, klasik sisteme ejektör adapte edilirse soğutma performans katsayısındaki iyileşme oranı en çok, sistemde soğutucu akışkan olarak R125 akışkanı kullanıldığında elde edilmiştir (% 15,79 - % 35,19) ve en az ise, R22 akışkanı kullanıldığında elde edilmiştir (% 9,03 - % 15,38). Ayrıca, Şekil 7'ye göre, seçilen bütün akışkanlar için kondenser sıcaklığı arttıkça, COP 'taki iyileşme oranının arttığı görülmektedir. Daha önce de ifade edildiği gibi; kondenser sıcaklığı arttığı zaman, klasik soğutma sisteminin genişleme valfinin kayıpları da artar. Genleşme valfi yerine ejektör kullanılmasıyla genişleme valfinde kaybolan işin geri dönüşüm miktarı da artar ve bu iş ile kompresörün harcayacağı iş daha da azalır. Bu sonuca göre, hava soğutmalı kondenser kullanan ve dış hava sıcaklığı yüksek olan bölgelerde çalışan soğutma sistemine ejektör modifiye etmek, daha avantajlı olacaktır.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada, genişleme valfi yerine sabit alanlı ejektör kullanan kompresörlü soğutucunun soğutma etkinlik katsayısı ve klasik soğutuculara göre performanstaki iyileşme oranı üzerine soğutucu akışkan cinsinin etkisi araştırılmıştır. Performanstaki iyileşme oranını maksimum yapan optimum emme lülesi basınç düşüşü ve optimum ejektör alan oranı belirlenmiştir. Farklı evaporatör ve kondenser sıcaklıkları için klasik sisteme göre performanstaki iyileşme oranları elde edilmiştir. Bu çalışmadan çıkarılan sonuçlar, aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Soğutma etkinlik katsayısını maksimum yapan, emme lülesi basınç düşüşünün ve ejektör alan oranının her bir akışkan için farklı bir optimum değeri vardır.
2. İncelen soğutucu akışkanlar içinde ejektör genleştiricili soğutma çevrimlerinde en yüksek soğutma etkinlik katsayısını izobütan (R600a) vermekte olup, onu R134a akışkanı izlemektedir.

3. Evaporatör ve kondenser sıcaklıkları arasındaki fark büyük ise (düşük evaporatör sıcaklığı; örneğin derin dondurucu veya yüksek kondenser sıcaklığı) klasik soğutma sisteminde genleştirici olarak ejektör kullanmak, sisteminin performansını daha çok iyileştirir.
4. Klasik sisteme ejektör adapte edilirse incelenen soğutkanlar arasında soğutma performans katsayısındaki iyileşme oranı maksimum R125 için elde edilebilecektir.
5. Soğutucu akışkan cinsine bağlı olarak aynı çalışma sıcaklığı için evaporatör ve kondenser arasındaki basınç farkı büyük olan çevrimlerde, ejektörü genleştirici olarak kullanmak soğutma etkinlik katsayısını daha çok artıracaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Li, D., "Investigation of an Ejector-Expansion Device in a Transcritical Carbon Dioxide Cycle for Military ECU Applications", (PhD Thesis), Purdue University, USA, 2006.
- [2] Elakdhar, M.; Nehdi, E.; and Kairouani, L., "Analysis of a Compression/ejection Cycle for Domestic Refrigeration", Int. Eng. Chem. Res., 46(13):639–4644, 2007.
- [3] Nehdi, E.; Kairouani, L.; and Bouzaina, M., "Performance Analysis of The Vapour Compression Cycle Using Ejector as an Expander", International Journal of Energy Research, 31(4):364–375, 2006.
- [4] Deng, J.-Q.; Jiang, P.-X.; Lu, T.; and Lu, W., "Particular Characteristics of Transcritical CO₂ Refrigeration Cycle With an Ejector", Applied Thermal Engineering, 27:381–388, 2007.
- [5] Elbel, S., "Experimental and Analytical Investigation of a Two-Phase Ejector Used for Expansion Work Recovery in a Transcritical R744 AirConditioning System", Ph.D. Thesis, University of Illinois, Urbana, 2007.
- [6] Yari, M.; and Sirousazar, M., "Performance Analysis of The Ejector-Vapour Compression Refrigeration Cycle", J. Power and Energy, 221(8):1089-1098, 2007.
- [7] Elbel, S.; and Hrnjak, P., "Experimental Validation of a Prototype Ejector Designed to Reduce Throttling Losses Encountered in Transcritical R744 System Operation", International Journal of Refrigeration 31(3):411–422, 2008.
- [8] 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.
- [9] Kornhauser, A.A., "The Use of an Ejector as a Refrigerant Expander", Proceedings of the 1990 USNC/IIRPurdue Refrigeration Conference, Purdue University:10–19, 1990.
- [10] Harrell, G.S.; and Kornhauser, A.A., "Performance Tests of a Two-Phase Ejector", Proceedings of the 30th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Orlando FL: 49–53, 1995.
- [11] Menegay, P.; and Kornhauser, A.A., "Improvements to the Ejector Expansion Refrigeration Cycle", Proceedings of the 31th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Washington DC: 702–706, 1996.
- [12] Disawas, S.; and Wongwises, S., "Experimental Investigation on the Performance of the Refrigeration Cycle Using a Two-Phase Ejector as an Expansion Device", International Journal of Refrigeration, 27(6):587-594, 2004.
- [13] Sarkar, J., "Geometric Parameter Optimization of Ejector-Expansion Refrigeration Cycle with Natural Refrigerants", International Journal of Energy Research, 34(1):84–94, 2010.
- [14] Yari, M., "Exergetic Analysis of the Vapour Compression Refrigeration Cycle Using Ejector as an Expander", International Journal of Exergy, 5(3):326-340, 2008.
- [15] Bilir, N.; and Ersoy, H.K., "Performance Improvement of the Vapour Compression Refrigeration Cycle by a Two-Phase Constant Area Ejector", International Journal of Energy Research, 33(5):469–480, 2009.
- [16] Bilir, N., "Çift Fazlı Sabit Alanlı Ejektör Kullanarak Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrim Etkinliğinin İyileştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bil. Enstitüsü, 2009.
- [17] Bilir, N.; and Ersoy, H.K., "The Optimum Performance of the Transcritical CO₂ Refrigeration Cycle Using an Ejector as an Expansion Device", IX. International HVAC+R Technology Symposium, 277-284, 3-5 May 2010, Istanbul, Turkey.

- [18] Bilir, N.; and Ersoy, H.K., “The Influence of Using Throttling Valve or Ejector as an Expander on Exergetic Performance of the Refrigeration Cycle”, 5th International Ege Energy Symposium and Exhibition (IEESE-5), June 27-30, 2010, Denizli, Turkey.
- [19] Alsuhaybani, Z.; Ersoy, H.K.; and Hepbasli, A., “Exergetic Modeling and Assessment of Geothermal (Ground Source) Ejector Heat Pumps”, 2nd International Conference on Nuclear & Renewable Energy Resources, Proceedings, 372-378, 04-07 July 2010. Ankara, Turkey.
- [20] Ersoy, H.K.; and Bilir, N. The Influence of Ejector Component Efficiencies on Performance of Ejector Expander Refrigeration Cycle and Exergy Analysis”, International Journal of Exergy. 7(4):425-438, 2010.

ÖZGEÇMİŞ

Nagihan BİLİR

1985 yılı Amasya doğumludur. 2007 yılında Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı bölümden 2009 yılında Yüksek Lisans Derecesini almıştır ve şu an aynı bölümde Doktora öğrencisidir. 2008 yılından beri Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Termodinamik, ekserji analizi ve soğutma sistemleri konularında çalışmaktadır.

H. Kürşad ERSOY

1965 yılı Kahramanmaraş doğumludur. 1987 yılında Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 1999 yılında Doktor ve 2010 yılında ise Doçent unvanını almıştır. Halen Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Soğutma sistemleri, ısı pompaları, ejektörler, ekserji analizi, LNG ve güç çevrimleri konularında çalışmaktadır.

Arif HEPBAŞLI

1958 yılı İzmir doğumlu olup, yaklaşık 29 yıllık iş yaşamı vardır. Bunun, 10 yılı, İzmir'deki değişik fabrikalarda ve farklı pozisyonlarda geçmiş olup, geri kalanı farklı üniversitelerde geçmiştir/geçmektedir. Profesyonel iş yaşam felsefesi; üniversite (Eğitim + ARGE), sanayi (olmazsa olmaz) ve üretken mesleki kuruluşlarla işbirliğinin dengeli olarak eş zamanda sağlanmasından oluşmaktadır. 440'dan fazla bilimsel yayının (190'dan fazlası SCI kapsamında makale olmak üzere) yazarı/ortak yazarı olup, son zamanlarda “Enerji Verimliliği ve Yönetim Sistemi: Yaklaşımlar ve Uygulamalar” kitabını yazmıştır. Sayısız yurt içi ve dışı bilimsel etkinliğe katılmış ve organizasyonunda yer almıştır/almaktadır. Değişik ülkelerdeki üniversitelerde de, Konuk Profesör olarak bulunmuştur. Beş prestijli uluslararası SCI'li derginin yayın danışma kurulu üyeliği yanında, çok sayıda ulusal ve uluslararası dergilere ve projelere de hakemlik yapmaktadır. Bunun yanı sıra, uzmanlık alanıyla ilgili olarak da sanayiye danışmanlık hizmeti vermektedir. Almanca ve İngilizce bilmekte olup, bir kız babasıdır.