

R134a/R152a Soğutucu Akışkan Karışımlarının Performanslarının Isı Pompasında Deneysel Olarak Araştırılması

Kurtuluş BORAN* Tayfun MENLİK** Halil ALPSOY**

*Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü

**Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

(Geliş / Received : 05.03.2015 ; Kabul / Accepted : 28.04.2015)

ÖZ

Bu çalışmada, kütleli olarak farklı oranlarda R134a/R152a soğutucu akışkan karışımlarının performansları ısı pompası sisteminde deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel parametreleri olarak evaporatör sıcaklığı, kondenser basıncı ve karışım oranı dikkate alınmıştır. Soğutucu akışkan karışımlarına ait termodinamik değerler, deney ünitesinde ölçülen sıcaklık ve basınç değerlerine göre REFPROP 7.0 programından alınmıştır. Performans değerleri ise termodinamiğin 1. kanunu yardımıyla tanımlanan denklemler kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, karışımlarda R152a soğutucu akışkan oranının artmasına bağlı olarak performans katsayılarının ısıtmada % 5 ile % 23 arasında, soğutmada ise % 6 ile % 28 arasında iyileştiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: R134a, R152a, karışım, performans.

Experimental Investigation of Performance of R134a/R152a Refrigerant Mixture in Heat Pump

ABSTRACT

In this study, the performance of mixture R134a and R152a at different mass ratio was experimentally investigated in heat pumps. Vapour temperature, condenser pressure and ratio of mixture were considered as experiment parameters. Thermodynamic values of refrigerant mixtures based on the temperature and pressure values measured in experimental unit were obtained from REFPROP 7.0 software. The performance values were calculated using equations that are derived from the first law of thermodynamics. The results obtained in this study indicated that the coefficients of performance (COP) were improving from %5 to %23 in heating and, from %6 to %28 in cooling by the increasing rate of R152a refrigerant fluid in mixture.

Keywords: R134a, R152a, mixture, performance.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde enerji üretim kaynaklarının sınırlı ve enerji üretim maliyetlerinin yüksek olması, mevcut enerjinin etkin ve verimli bir şekilde kullanılması zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Gün geçtikçe enerji kaynaklarının azalması bununla ters orantılı olarak enerji tüketim oranının artması sonucu ısı geri kazanım sistemleri ve ısı pompası kullanımı artmıştır. Bu bağlamda enerjinin dönüşümü, atık enerji ve düşük değerli enerjilere olan bağımlılık ilgiden öteye zorunluluk halini almıştır. Günlük yaşamımızın her alanında ihtiyaç duyduğumuz ısıtma ve soğutma sistemlerinde de enerjinin etkin kullanımını seçici bir zorunluluktur.

Soğutma sistemlerinde ısının bir ortamdan alınıp başka bir ortama aktarılmasında aracı madde olarak soğutucu akışkanlar kullanılmaktadır [1]. Soğutma sistemlerinde aranan özellikler dikkate alındığında kullanımı yasaklanan veya kısıtlanan soğutucu akışkanlar yerine ozon tabakasına zarar vermeyen ve küresel ısınmaya olumsuz etkisi olmayan soğutucu akışkanların geliştirilmesi için bilim çevreleri ve firmalarca birçok araştırma yapılmış-

tir. Bu çalışmaların temelini enerjinin etkin kullanılması oluşturmuştur. Doğada tek ve mükemmel bir soğutucu akışkan yoktur. Bazıları yüksek sıcaklıkta soğutmalar için uygun olabileceği gibi, bazıları düşük sıcaklık uygulamaları için elverişlidir. Belli bir uygulama için seçilecek soğutucu akışkanın, sadece ısıyı taşıyıcı yeterliliği dışında zehirliliği, tutuşabilirliği, yoğunluğu, viskozitesi, temin edilebilirliği ve en önemlisi çevresel etkileri göz önüne alınmalıdır. Bu yüzden doğaya zarar veren gazların yerine alternatif gazlar geliştirilmiştir [2].

Buhar sıkıştırılmalı sistemlerde soğutucu akışkan olarak soğutucu akışkan karışımları üzerine son yıllarda yoğun çalışmalar yapılmış ve soğutucu akışkanların karışım oranlarının değiştirilmesiyle istenilen kullanım özelliklerine sahip soğutucu akışkanlara ulaşılabileceği anlaşılmıştır. Karışımlarda kullanılacak soğutucu akışkanlar çevreye zarar vermeyen ve diğer temel özellikleri sağlayan akışkanlardan seçilmelidir. Bunlar R32, R125, R134a, R143a, R152a, R290 ve R600a gibi soğutucu akışkanlardır. Bunlardan R290 ve R600a tutuşabilirlik özellikleri dolayısıyla karışımlarda düşük oranlarda tutulmaktadır [3].

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: kboran@gazi.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2015.18.4 251-256

Son 10 ila 15 yılda üretilen ve özellikle evsel amaçlı olan soğutucuların büyük bir bölümünde soğutucu akışkan olarak R134a kullanılmıştır. Montreal Protokolü ile çevreye etkileri düşük yeni ve alternatif soğutucu akışkanların geliştirilmesi ve kullanımı teşvik edilmektedir. Bilindiği üzere R134a soğutucu akışkanı ekonomik olmayan ve küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu akışkanlar sınıfındadır (4). R134a akışkanı yüksek sera etkisinden (GWP) dolayı bir geçiş akışkanı olarak kullanılmakta olup, araştırmacılar tarafından geçiş işlemleri ve alternatifleri ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (4-7). Literatürdeki çalışmalar genellikle alternatif soğutucu akışkanlar üzerine olup, sonuçta mevcut sistemlerde kompresör, genleşme elemanı vb. elemanlarda değişiklikler yapılması önerilmiştir. Sekhar ve Lal yapmış oldukları çalışmada, iki adet düşük sıcaklıklı sistemde, orta ve düşük sıcaklıklı sistemlerde kullanılan soğutucu akışkan karışımlarına ait performansları deneysel olarak incelemişlerdir. %9 oranında HC içeren R134a/HC karışımını düşük ve orta sıcaklıklı sistemlerde kullanmışlardır. Yapılan deneylerde bu yeni karışımın R12'ye göre orta sıcaklıklı sistemlerde %10 - %30 oranında, düşük sıcaklıklı sistemlerde ise %5 - %15 arasında daha az enerji harcadığı tespit edilmiştir [8]. Wu ve ark. yapmış oldukları çalışmada, R22 soğutucu akışkanına alternatif olarak üçlü R152a/R125/R32 gaz karışımını incelemişlerdir. REFPROP 7.0 programı ile bir bilgisayar kodu geliştirerek bu yeni karışımların ve R22'nin termodinamik özelliklerinin ve soğutucu performanslarının karşılaştırılması olarak analizini yapmışlardır. R22 soğutucu akışkanı ile çalışan sistemlerde yeni karışımları deneysel olarak incelemişlerdir. Yapılan hesaplamalar ve deney sonuçları bu yeni karışımın birçok uygulamada R22'nin yerine alternatif olabileceğini göstermiştir. Bu yeni karışımın tutuşabilirliği kimyasal olarak incelenmiş ve güvenli olarak kullanılabilmesi kanıtlanmıştır. Ayrıca bu karışımın uçuculuğunun az olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir [9]. Yılmaz hazırladığı yüksek lisans tezinde, farklı oranlarda R12/R22 soğutucu akışkan karışımlarını buhar sıkıştırma soğutma sisteminde deneysel olarak incelemiştir. Çalışma parametreleri olarak evaporatör sıcaklığı, kondenser basıncı ve karışım oranlarını dikkate almıştır. Bu amaçla 240 adet ölçüm almıştır. Performans değerlerini termodinamiğin 1. ve 2. kanunu aracılığıyla tanımlanan katsayıları kullanarak bulmuştur. Performans katsayılarını ve oransal verim değerlerini seçilen parametreler için hesaplamış, tablo ve grafik halinde vermiştir. Çalışmasının sonucunda karışımlarda R22 soğutucu akışkanın daima baskın olduğunu gözlemlemiştir [10]. Chen ve Yu yapmış oldukları çalışmada, yaygın olarak kullanılan soğutma sistemlerinde farklı oranlarda ikili R32/R134a soğutucu akışkan karışımlarını teorik olarak incelemişlerdir. Hesaplama sonuçları soğutma sistemlerinde R32/R134a karışımlarının R22'ye yakın sonuçlar verdiğini göstermiştir. Ancak soğutma sistemlerinde yapılan iyileştirmelerle R32/R134a soğutucu akışkan karışımlarının daha verimli olduğunu tespit etmişlerdir. Maksimum COP yeni soğutma sistemler üzerinde %8 -

%9 arasında iyileştirilmiştir. Yine aynı sisteme ait hacimsel kapasitenin %9,5 oranında iyileştirildiği teorik çalışma sonucu ortaya konulmuştur [11]. Kim ve ark. yapmış oldukları çalışmada, farklı oranlarda R744/R290 karışımlarını iklimlendirme sistemlerine ait deney düzeneğinde farklı koşullar altında incelemişlerdir. R744/R290 karışımının çıkış basıncı R290 oranının artmasıyla düşmüştür. R744'ye R290 eklenmesiyle sistem veriminin arttığı görülmüş ancak sistem kapasitesinin düştüğü tespit edilmiştir. R744/R290 karışımına ait sıcaklık sapmasının soğutma performansı üzerindeki etkisi deneysel olarak analiz edilmiştir. Başarılı bir uygulama için gerekli ısı değiştirme alanının zorunlu olduğu tespit edilmiştir [12]. Arora ve Kaushik, buhar sıkıştırma soğutma sistemlerinde detaylı olarak ekserji analizi yapmışlardır. R502, R404a ve R507a için matematiksel model geliştirip performans katsayılarını, ekserjiti verimi, kayıp enerjiyi ve oransal verimi hesaplamışlardır. -50 °C ile 0°C arasında evaporatör, 40 °C ile 55 °C arasında kondenser sıcaklıkları için değişen durumlarda inceleme yapmışlardır. Yapılan incelemede R502 yerine R507a'nın kullanılmasının R404a'ya göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir [13]. Kim ve arkadaşları, R32/R134a soğutucu akışkan karışımlarının kullanıldığı ısı pompası sistemlerine ait kapasite kontrolü üzerinde deneysel bir çalışma yapmışlardır. Bu deney düzeneğinin soğutucu akışkan tarafı iki kısımdan oluşmaktadır. Sistemin ısıtma-soğutma kapasitesi ve performans değerleri farklı ısıtma ve soğutma parametreleri için belirlenmiştir. Bu iki farklı sistemde karışım oranları birisinde %13, diğesinde ise %26 oranında değiştirilmiştir. İkinci sistemin kapasitesi soğutma deneyinde 2,6'dan 3,4'e, ısıtma testinde ise 1,8'den 2,4'e yükselmiştir. Karışımda R32 oranının artmasıyla sistemin ısıtma ve soğutma kapasitesi iyileşmiştir [14]. Xuan ve Chen yapmış oldukları deneysel çalışmada, R502'ye alternatif olarak HFC161'i önermişlerdir. Bu yeni karışımın fiziksel özellikleri R502 ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca bu yeni karışımın çevre dostu olduğu tespit edilmiştir. Bu karışımın R502, R404a ve R507a'ya göre küresel ısınmaya etkisi daha azdır ve ozon tabakasına zarar vermeyen bir soğutucu akışkan karışımıdır. Yapılan deneysel çalışmalarla iki farklı durumda da bu yeni karışımın basınç oranı R404a'nın basınç oranıyla hemen hemen aynı çıkmıştır. Düşük evaporatör sıcaklığı altında performans değeri R404a'ya hemen hemen eşit ve çıkış sıcaklığı R404a'dan az bir miktar fazladır. Yüksek buharlaşma sıcaklığı altında ise performans değeri R404a'dan daha büyük, çıkış sıcaklığı ise daha düşüktür. Bu nedenle bu yeni soğutucu akışkan karışımının R502'ye alternatif olarak kullanılabilmesini önermişlerdir [15]. Niu ve Zhang yapmış oldukları çalışmada, R744/R290 soğutucu akışkan karışımını R13'e alternatif olarak düşünmüşlerdir. Elde edilen karışımların ozon tabakasına zarar vermeyen çevre dostu akışkanlar olduğu tespit edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucu bu yeni karışımın COP değeri ve soğutma kapasitesi R13'e göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca kondenser ve evaporatör basıncı, kompresör sıkıştırma

oranı ve çıkış sıcaklığı R13'ten yüksektir. Bu yeni karışımın evaporatör sıcaklığı 201 K'den yüksek olduğu sıcaklıklarda R13'e alternatif olabileceği deneysel sonuçlarla gösterilmiştir [16]. Park ve Jung yapmış oldukları çalışmada, ikili R1270/R290 ve üçlü R1270/R290/R152a soğutucu akışkan karışımlarını düşük sıcaklıklı soğutma sistemlerinde R502'ye alternatif olarak düşünmüşlerdir. Deneyler -28°C evaporatör ve 45°C kondenser sıcaklıkları aralığında ve tüm dış koşulların aynı olduğu ortamda gerçekleştirilmiştir. Alınan sonuçlar bu yeni karışımların performans değerlerinin R502'ye göre %9,6 ile %18,7 aralığında iyileştirildiğini göstermiştir. Bu yeni karışımların R502'ye göre daha güvenilir ve çevre dostu olmalarından dolayı uzun yıllar kullanılabilirliği önerilmiştir [17].

Bu çalışmada, R134a ile çalışan mevcut bir ısı pompası devresinde, daha iyi bir performans ve çevresel etkiye

sahip bir soğutucu akışkan karışımının performansı deneysel olarak incelenerek, R134a için öngörülen geçiş süresinin sonunda mevcut sistemlerde herhangi bir revizyon yapmadan kullanımın devamlılığının sağlanması için uygun bir karışım oranının belirlenmesi amaçlanmıştır.

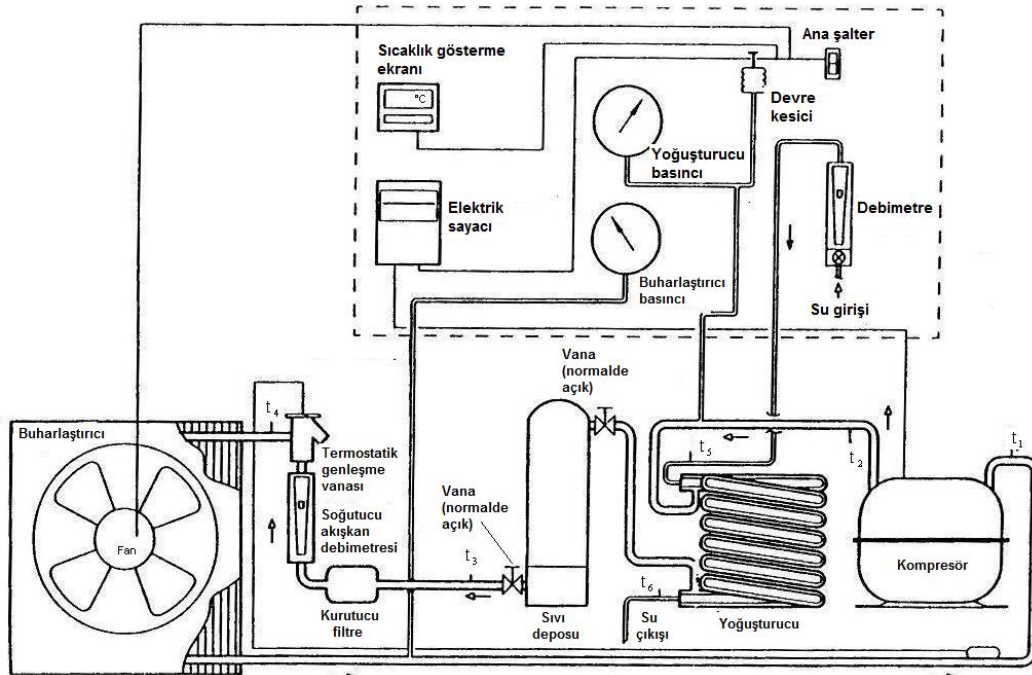
2. MATERYAL ve METOT (MATERIAL and METHOD)

Çalışmada, ozon tahrip etme potansiyeli (ODP) olması ve düşük bir sera etkisine sahip, COP'si R134a'dan daha iyi olması, mineral yağlarla da iyi uyum sağlamaından ve fiziksel özellikleri R134a'ya çok yakın olması sebebiyle dönüşümlerde sistemde herhangi bir değişiklik gerektirmemesi sebebiyle R152a soğutucu akışkanı kullanılmıştır (18). R134a ve R152a'nın termofiziksel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 - R134a ve R152a'nın termofiziksel özellikleri

Özellik		R134A	R152A
Kimyasal gösterim		$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$	CHF_2CH_3
Mol ağırlığı		4.2	3.9
Kaynama noktası ($^{\circ}\text{C}$)		-26.2	-25
Kritik sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)		101.1	113.5
Kritik basınç (kPa)		4067	4492
Yoğunluk (5°C 'de, kg/m^3)	S	1279	947
	B	17.3	9.9
Isıl iletkenlik (5°C 'de, W/mK)	S	0.0971	0.1108
	B	0.0126	0.0126
GWP (100 yıl, $\text{CO}_2=1$)		1300	140
ODP		0	0

Soğutucu akışkan karışımlarının performans özelliklerinin incelenebilmesi amacıyla kullanılan ısı pompası sistemi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Isı pompası sistemi (Heat pump system)

DeneySEL sonuçların değerlendirilebilmesi için gerekli veriler deney seti üzerinde yapılan sıcaklık ölçümleri ile elde edilmiştir. Sıcaklıkların ölçülmesi için k-tipi ısı çiftler, ölçüm noktasındaki bakır borunun yüzeyine yerleştirilerek, ortam sıcaklığından ve hava akımlarından etkilenmeyecek şekilde izole edilerek monte edilmiştir. Su sıcaklıklarının ölçülebilmesi için ısı çiftler gövde borulu kondenserin giriş ve çıkışında suya daldırılarak monte edilmiştir. Toplam olarak 6 tane ısı çiftin 4 tanesi sistemde dolaşan soğutucu akışkan sıcaklığını, 2 tanesi kondenser su giriş ve çıkış sıcaklığını ölçmek için kullanılmıştır. Bunlara ek olarak ortam sıcaklığı termometre ile ölçülmüştür. Ayrıca soğutma devresi üzerindeki alçak ve yüksek basınçlar, kompresör giriş ve çıkışına yerleştirilen bourdon tip manometreler ile ölçülmüştür. Ölçüm noktaları Şekil 1'de, açıklamaları ise aşağıda verilmiştir:

- Kompresör giriş (T_1) ve çıkış (T_2) sıcaklıkları,
- Kondenser çıkış (T_3) sıcaklığı,
- Evaporatör giriş (T_4) sıcaklığı,
- Soğutma suyunun kondensere giriş (T_5) ve çıkış (T_6) sıcaklığı,
- Kondenser (P_1) ve evaporatör (P_2) basınçları.

R134a ile R152a benzer özellik göstermelerine rağmen sistemde herhangi bir uyumsuzluk ihtimaline karşılık karışımlarda, R152a kütlece en fazla %50 oranında kullanılmıştır. Deneylerde, sırasıyla kütlece % 100/00, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40 ve 50/50 R134a/R152a alternatif soğutucu akışkan karışımları kullanılmıştır.

Isı pompalarındaki sistem elemanlarının kapasiteleri ile soğutma performans katsayıları (STK) ve ısıtma performans katsayılarının (ITK) belirlenmesinde aşağıdaki eşitliklerden faydalanılmıştır.

Isı pompası kondenseri su soğutmalı tip olup, suyun çektiği ısı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_S = \dot{m}_S (h_6 - h_5) \quad (1)$$

Kondenserdeki kayıplar ihmal edilmiş ve soğutucu akışkanın attığı ısı suyun çektiği ısıya eşit kabul edilmiştir. Bu durumda kondenser (yoğusturucu) kapasitesi ;

$$\dot{Q}_Y = \dot{Q}_S \quad (2)$$

$$\dot{Q}_Y = \dot{m}_R (h_2 - h_3) \quad (3)$$

Soğutma kapasitesi (buharlaştırıcı kapasitesi);

$$\dot{Q}_B = \dot{m}_R (h_1 - h_4) \quad (4)$$

Kompresör gücü,

$$\dot{W}_K = \dot{m}_R (h_2 - h_1) \quad (5)$$

Soğutma performans katsayısı,

$$STK = \frac{\dot{Q}_B}{\dot{W}_K} \quad (6)$$

Isıtma performans katsayısı,

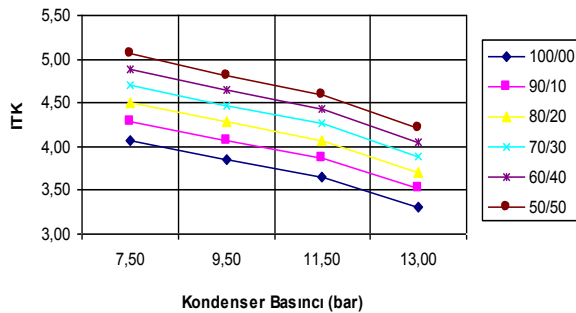
$$ITK = \frac{\dot{Q}_Y}{\dot{W}_K} \quad (7)$$

Hesaplamalarda kullanılan soğutucu akışkan karışımlara ait entalpi değerlerinin belirlenmesinde, işlem hızlılığı ve bünyesinde barındırdığı soğutucu akışkan özelliklerinden dolayı REFPROP 7.0 programı kullanılmıştır.

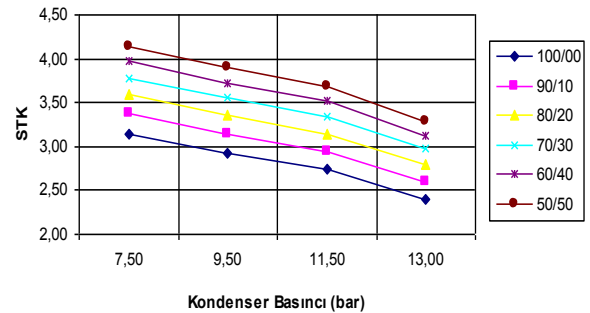
3. SONUÇLAR (RESULTS)

Deney parametreleri olarak kütlece karışım oranı, evaporatör sıcaklığı ve kondenser basıncı dikkate alınmış ve kütlece (% 100/00, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40 ve 50/50) R134a/R152a soğutucu akışkan karışımlarına ait performans katsayıları Eş. 6 ve Eş. 7 ile hesaplanmıştır.

Deneyler 7,5 ila 14,5 bar aralığındaki farklı kondenser basınçlarında gerçekleştirilmiştir. R134a soğutucu akışkan genelinde 0 °C ila -5 °C sıcaklık aralığında çalışan sistemlerde kullanılmaktadır. Bu çalışmada yüksek evaporatör sıcaklıklarındaki performansları gözlemleyebilmek için deneyler -3,2 ile 6,1 °C aralığında farklı evaporatör sıcaklıkları için yapılmıştır. Deneyler 3 defa tekrar edilmiştir. Evaporatör sıcaklığı, kondenser basıncı ve soğutucu akışkan oranı kombinasyonu ile toplam 120 adet deney gözlemlenerek ölçümler alınmış ve sonuçların grafiklerle karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 2 ila Şekil 5'te farklı evaporatör sıcaklıkları için ITK ve STK değişimleri verilmiştir.

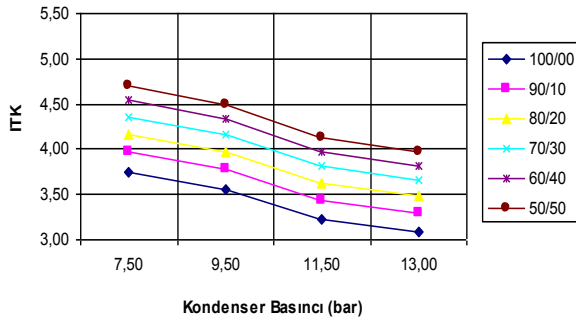


(a)

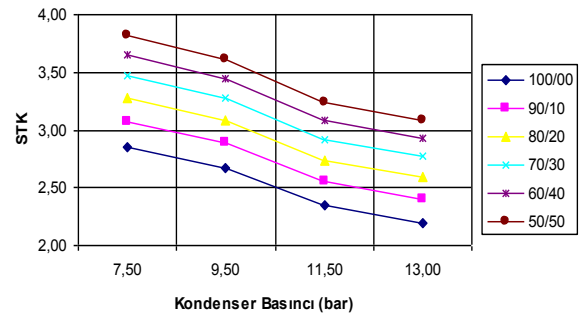


(b)

Şekil 2. -3,2 °C evaporatör sıcaklığı için ITK ve STK'nın değişimi (The variation of COP_H and COP_C for -3,2 °C evaporator temperature)

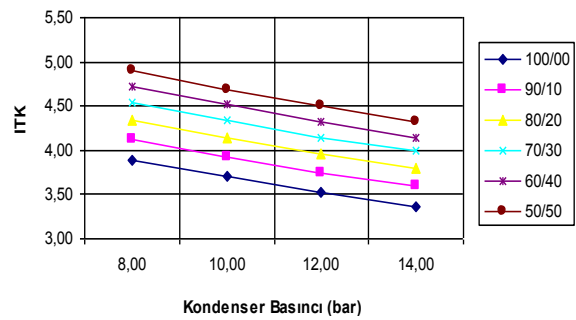


(a)

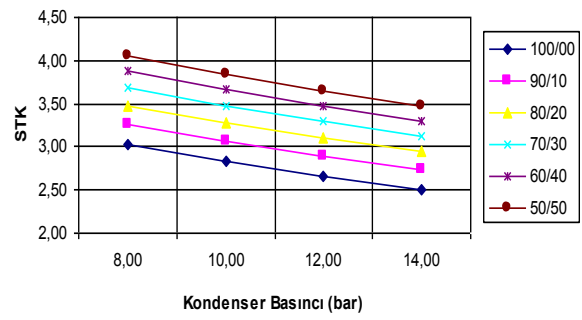


(b)

Şekil 3. 0,7 °C evaporatör sıcaklığı için ITC ve STK'nın değişimi (The variation of COP_H and COP_C for 0,7 °C evaporator temperature)



(a)



(b)

Şekil 4. 6,1 °C evaporatör sıcaklığı için ITC ve STK'nın değişimi (The variation of COP_H and COP_C for 6,1 °C evaporator temperature)

Şekillerden soğutucu akışkan karışımı içerisindeki R152a oranının artmasının soğutma ve ısıtma performansı üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülmektedir. Kondenser basıncındaki artışın ise STK ve ITC üzerinde olumsuz bir etkisi vardır. Kondenser basıncının artması, sıkıştırma oranı () ve eşitliğindeki entalpi farkını arttıracak olmasından ve bunun sonucu olarak da Eş 6 ve Eş. 7'yi etkileyecek olmasından dolayı yüksek basınçlarda performanslarda düşüşe sebep olmuştur. Ancak her kondenser basıncın %50/50 karışım oranının en iyi performansı verdiği görülmektedir.

En iyi sonucun alındığı % 50/50 karışım oranı, -3.2 °C evaporatör sıcaklığı ve 7.5 bar kondenser basıncında STK ve ITC sırasıyla 4.14 ve 5.06 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca deneylerin yapıldığı tüm şartlar göz önüne alındığında, soğutma (STK) ve ısıtmada (ITK) sırasıyla % 6 ila % 28 ve % 5 ila % 23'lük iyileşme gerçekleşmiştir.

Performans ile ilgili sonuçların yanında deneyler esnasında, sistemde herhangi bir olumsuzluk tespit edilmemiştir. Bu durum R134a'ya göre tasarlanmış bir sistemde R152a şarjının olumsuz bir durum oluşturmaya-çağını göstermiştir.

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS and SUGGESTIONS)

R134a ile çalışan mevcut bir ısı pompası devresinde, daha iyi bir performans ve çevresel etkiye sahip R152a

karışımının performansı deneysel olarak incelenmiştir. Deney parametreleri olarak, soğutma sistemlerinde performans üzerinde etkili olan kütleli karışım oranı, evaporatör sıcaklığı ve kondenser basıncı dikkate alınmıştır.

Karışım içerisindeki R152a oranının artması performans üzerinde olumlu bir etki oluşturmuştur. 50/50 karışım oranı, -3.2 °C evaporatör sıcaklığı ve 7.5 bar kondenser basıncında STK ve ITC % 28 ve % 23 artmıştır. Yüksek kondenser basıncının sıkıştırma oranını () arttırmamasından dolayı sistem performansı düşmüştür. Ancak karışımların performansı her durumda 100/100 R134a durumundan daha iyi çıkmış; daha iyi bir termodinamik özelliğe sahip R152a karışımlarda baskın bir özellik göstererek sistem performansını iyileştirmiştir.

Deneyel çalışmalar esnasında, özellikle en yüksek R152a şarj oranı olan 50/50 karışım oranıyla yapılan çalışmalarda, kompresörde normalin üzerinde bir ısınma, sistem basınçlarına normalin dışında bir değişim ve akışkanın sistem içerisinde bozulması gibi herhangi bir olumsuzluk görülmemiştir. Bu durum, çalışmanın amaçlarından birisi olan, mevcut R134a sistemlerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan karışımlarla geçiş sağlanması için R134a/R152a karışımının uygun olduğunu göstermiştir.

5. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Gazi Üniversitesi 07/2008- 07 Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) tarafından desteklenmiştir.

7. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Özkol, N., "Uygulamalı soğutma tekniği", Makine Mühendisleri Odası Yayın No: MMO/2007/115/7, Ankara, 21-28, 55-72, 107-153, (2007)
- Gürler, S., "R134a ve R600a soğutucu akışkanlı ev tipi buzdolaplarında ekserji analizi", *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 43-48, (2006)
- Arcaklıoğlu, E. ve Erişen, A., "R12, R22, R502 soğutucu akışkanları ve alternatif karışımlarının buhar sıkıştırma soğutma sisteminde ekserji analizi", *Teknoloji*, 3-4, 55-64, (2002)
- Selimli, S., Recebli, Z., Örken, M., Evaluation The Effects of Used Refrigerants R134a And R600a in Cooling Systems on the System Performance, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, Sigma 32, 290-295, (2014)
- M. Mohanraj, S. Jayaraj, C. Muraleedharan And P. Chandrasekar. Experimental Investigation Of R290/R600a Mixture As An Alternative To R134a In A Domestic Refrigerator. *Int. J. Therm. Sci.*, 48, 1036-1042, (2009)
- S. Wongwises And N. Chimres. Experimental Study Of Hydrocarbon Mixtures To Replace Hfc-134a In A Domestic Refrigerator. *Energ. Convers. Manage.*, 46, 85-100, (2005)
- C.S. Jwo, L.Y. Jeng And T.P. Teng. Performance Assessment Of An R134a Domestic Dehumidifier Retrofitted With A Hydrocarbon Mixture. *Int. J. Green Energy*, 7, 485-497, (2010)
- Sekhar, S.J. and Lal, D.M., "HFC134a/HC600a/HC290 mixture a retrofit for CFC12 systems", *Refrigeration*, 28, 735-743, (2005)
- Wu, J., Chu, Y., Hu, J. and Liu, Z., "Performance of mixture refrigerant R152a/R125/R32 in domestic air-conditioner", *Refrigeration*, 54, 1-9, (2008)
- Yılmaz, R., "R12/R22 soğutucu akışkan karışımları kullanılarak buhar sıkıştırma soğutma ünitelerinin performans özelliklerinin deneysel incelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 3-8, 13-22, (1997)
- Chen, J. and Yu, J., "Performance of a new refrigeration cycle using refrigerant mixture R32/R134a for residential air-conditioner applications", *Energy and Buildings*, 40, 2022-2027, (2008)
- Kim, J.H., Cho, J.M. and Kim, M.S., "Cooling performance of several CO2/propane mixtures and glide matching with secondary heat transfer fluid", *Refrigeration*, 31, 800-806, (2008)
- Arora, A. and Kaushik, S.C., "Theoretical analysis of a vapour compression refrigeration system with R502, R404A and R507A", *Refrigeration*, 31, 998-1005, (2008)
- Kim, M., Kim, M.S. and Kim, Y., "Experimental study on the performance of a heat pump system with refrigerant mixtures composition change", *Energy*, 29, 1053-1068, (2004)
- Xuan, Y. and Chen, G., "Experimental study on HFC-161 mixture as an alternative refrigerant to R502", *Refrigeration*, 33, 760-772, (2004)
- Niu, B. and Zhang, Y., "Experimental study of the refrigeration cycle performance for the R744/R290 mixtures", *Refrigeration*, 30, 37-42, (2007)
- Park, K. and Jung, D., "Thermodynamic performance of R502 alternative refrigerant mixtures for low temperature and transport applications", *Energy Conversion & Management*, 48, 3084-3089, (2007)
- Tansel KOYUN, T., KOYUN, A., ACAR, A., Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Bu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkileri, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 88, 46-53, (2005)