

Otomobil Klima Sistemlerinde R-152a Gazı Kullanımı ve Özellikleri

Kadir BİLEN

Ahmet Tahir KALKIŞIM

İsmail SOLMUŞ

Hüseyin BULGURCU

Hakan YALDIRAK

ÖZET

Son zamanlarda, dünya genelinde iklim değişikliği nedeniyle, bütün ülkeler ozon tabakasında inceleme ve küresel iklim değişikliklerini önlemek için kendi çabalarını ortaya koymaktadırlar. Otomobil endüstrisinde ozon inceltme etkisi (ODP) sıfır olan R-134a gazı klima sistemlerinde yaygın olarak kullanılmasına rağmen küresel ısınma etkisi (GWD) yüksektir. Bu yüzden R-134a gazının yerine geçecek alternatif soğutkanlar üzerine araştırmalar yapılmaktadır. R-152a gazının ODP'si sıfır ve düşük GWD'ye sahip olması nedeniyle son zamanlarda alternatif bir gaz olabileceği göz önüne alınmaktadır. Bu çalışmada otomotiv endüstrisinde R-134a gazının yerine geçebilecek R-152a gazının kullanılabilirliği ve uygunluğu incelenerek R-152a gazının özellikleri (yanıcılığı, zehirliliği, termodinamik özellikleri, uyumluluğu vs.) ve performansı hakkında bilgi verilecektir. Bu konular üzerine yapılan araştırmalar ve sonuçlar verilerek halen kullanılmakta olan R-134a gazı ile karşılaştırma yapılacaktır. Ayrıca otomobil klima sistemlerinde kullanılacak R-152a gazı performansını değerlendirmek için hesaplamalar yapılmıştır. Sabit bir evaporatör soğutma yükünde ($Q_e=1,5 \text{ kW}$) kondenserde atılan ısı yükler, kompresörün çektiği güç (W_k) ve soğutma tesir katsayıları (COP) farklı evaporatör buharlaşma sıcaklıkları ($T_e=(-20)\text{-}10 \text{ }^\circ\text{C}$ aralığında) ve farklı kompresör devir sayılarında ($n=450\text{-}1800 \text{ dev/dak}$ aralığında) incelenmiştir. Çalışma sonunda incelen gazlar için R-152a gazının R-134a gazı ile hemen hemen aynı performansa sahip olduğu görülmüştür. Bu da mevcut otomobil sistemlerinde R-134a gazı kullanan soğutma sistemlerinde çok küçük değişiklikler yapılarak veya hiç değişiklik yapılmadan kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: R-152a Gazı, Otomobil Klima Sistemleri, Küresel Isınma, Ozon İncelmesi, Ozon Delinmesi, Alternatif Gazlar.

1. GİRİŞ

Mekanik sistemler için soğutkanlar geliştirilmeye ilk başlanıldığında, genel olarak Amonyak, Karbondioksit, Sülfürdioksit ve Metil Klorid kullanılmaktaydı. Bütün bu soğutkanlar zehirli ve tehlikeli olarak bilinmekteydi. Bununla beraber 1931'de kloroflorokarbon (CFC) ve hidrokloroflorokarbon (HCFC) soğutkanları daha güvenli alternatif seçenekler olarak ortaya çıkmıştır [1, 2].

Abstract:

Recently, due to the climate change all over the world, all the countries put their efforts to prevent climate change and ozone depletion. R-134a has been widely used as an AC (air conditioning) refrigerant in the automobile industry. Although R-134a has a small effect on the ozone depletion, it has a great influence on the global warming. Thus, the researchers are trying to find alternative refrigerants in replace with the R-134a. In these days, R-152a has been considered as an alternative refrigerant because of its having a zero ODS and little GWD.

In this study, the possible usage of the R-152a in replace with R-134a in the AC system of an automobile and the properties of the R-152a will be investigated theoretically. The studies have been conducted in this field so far and the results of these studies will be presented and compared with the R-134a still used. Also, the effect of the R-152a on the performance of the AC system of an automobile has been examined analytically. At a constant evaporator cooling load ($Q_e = 1,5 \text{ Kw}$), the heat rejected from the condenser, compressor power and performance coefficient of the AC system (COP) have been studied for various evaporator temperature ($T_e = (-20)\text{-}10 \text{ }^\circ\text{C}$) and compressor rotational speeds ($n = 450\text{-}1800 \text{ rpm}$). As a result of this study, it has been observed that R-152a and R-134a do not lead to any significant difference on the performance of the cooling system. Therefore, R-152a can be used alternately as a cooling refrigerant in the AC system of the current automobiles with or without small modifications of their AC systems.

Key Words:

R-152a Refrigerant, Air Conditioning System of Automobile, Global Warming, Ozone Depletion, Ozone Hole, Alternative Refrigerants.

CFC ve HCFC soğutucu akışkanların ise atmosferin yukarı tabakasında bulunan, stratosfer tabakasında birikerek ozon tabakasını deldiği ve küresel ısınmaya neden olduğu bilinmektedir [3]. 1974 yılında Rowland CFC'nin gerekli şartlar sağlandığında ozonu katalitik olarak ayrıştırma yeteneğine sahip olduğunu gösterir bir çalışmasına göre; 60 yıl içerisinde ozonu CFC'lerin %7 oranında aşındıracağını saptamıştır [4]. CFC'lerin ve HCFC'lerin (hidrokloroflorokarbonların) yanı sıra HFC'ler (hidroflorokarbon) de dahil olmak üzere tüm soğutucu akışkanlar sera gazı etkisini artırarak küresel ısınmanın hızlanmasına yol açmaktadır. Bunun önüne geçebilmek için, soğutucu akışkanların üretimi ve kullanımı konusunda çeşitli yasal düzenlemeler yapılmıştır [4]. Avrupa Birliği ülkeleri artan küresel ısınma değerleri sonucunda, yaygın olarak kullanılan R-134a gazının yüksek GWD değerine sahip olması sebebiyle yasal bir düzenlemeye giderek 2011 tarihi ile R-134a gazının araçlarda kullanımını yasaklayan bir yasa çıkarmıştır. Bu yasaya göre, kullanılacak gazın GWP değerinin 150'den az olması gerekmektedir. 2008 yılında kanunlaşan yasaya göre 2017 tarihi itibari ile araçlarda R-134a gazı kullanımını tamamen ortadan kaldırmış olacaktır. Bu değişim sürecinde otomotiv endüstrisi ve kimya endüstrisi, soğutucu akışkan olabilecek bir alternatif üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Bu alternatifin, mevcut sistem ekipmanlarında önemli bir değişiklik yapmadan, doğrudan kullanım özelliği taşıması gerekmektedir. Alternatif soğutucu akışkan denildiği zaman ilk akla gelen CO₂ gazı yüksek çalışma basıncı ile doğrudan kullanım seçeneği sunamamaktadır. Ve sistemde ayrıca yapısal değişikliklere neden olacağı için, sentetik soğutucu akışkanlara doğru çalışmalar yoğunlaştırılmaktadır [6]. Yapılan çalışmalarda R-134a soğutucu akışkanının yerine kullanılacak doğrudan sistemde yapısal değişikliğe sebep olmadan çalışabilecek alternatif gazlardan R-152a gazı bu çalışmada değerlendirmeye alınmış ve incelenmiştir.

2. SOĞUTUCU GAZLAR

Soğutucu akışkanları kloroflorokarbon (CFC), hidrokloroflorokarbon (HCFC), hidroflorokarbon (HFC) şeklinde üç kategoride inceleyebiliriz.

2.1. Kloroflorokarbon (CFC)

CFC'ler zehirleyici ve yanıcı olmamaları, kararlı doğası ve ısı özellikleri nedeniyle uzun bir süre soğutma alanında önemli bir seçenek olarak kullanılmıştır. Ozon tabakası üzerinde en fazla tahribat yapan soğutucu akışkanlardır. Klor ve brom içeren bu akışkan ozon gazı ile reaksiyona girerek klor monoksit ve brom monoksit oluşturarak ozon tabakasının incelmeye sebep olmaktadır. Bu sebeple; CFC üretimi 2006'da Montreal Protokolü ile tamamen durdurulmuştur.

2.2. Hidrokloroflorokarbon (HCFC)

HCFC'ler de klor atomu içerdiği için ozon tabakası ile reaksiyona girerler. Buna rağmen HCFC'lerin yapısında hidrojen bulunduğu için kimyasal kararlılıkları çok zayıftır. Atmosferde mevcut yapıları bozulmadan uzun süre kalmazlar. HCFC'ler atmosfere doğru yükselirken yapılarındaki hidrojen havadaki su molekülleri ile reaksiyona girerek yapıları bozulur.

HCFC'lerin önemli özellikleri şunlardır: Atmosferde kimyasal yapıları bozulmadan uzun süre kalmazlar (15-20 yıl). Ozonu delme potansiyelleri düşüktür. Uygulamada en çok kullanılan HCFC'ler şunlardır: R-22, R-124, R-123.

Ozon gazını tahrip etmeleri gerekçesiyle geçiş dönemi diye tanımlanan bu akışkanların üretimine 2020 yılına kadar izin verilmektedir ve kullanımına ise 2030 yılında son verilecektir.

2.3. Hidroflorokarbon (HFC)

HFC'lerin yapısında klor atomu içermeyen eten, metan gibi doğal gazlardan sentezlenmiş olup klor yerine hidrojen ikâme edilmektedir. HFC türü akışkanlar CFC ve HCFC'ye göre çevreye çok daha az zarar verir. Dolayısıyla bu akışkanın diğer akışkanların kullanıldığı sistemlerde hiçbir değişiklik yapılmadan kullanılması istenmektedir. Ancak bu pek mümkün olmamaktadır. HFC türü akışkanlar eskiden beri kullanılmakta olan mineral ve sentetik yağlama yağları ile karışmamakta dolayısıyla yağlama sisteminde gerektiği gibi dolaşamamaktadır. Bunun

sonucunda yağ, sistemde kondenser ve özellikle evaporatörde sıvılaşım ısı geçişini önemli ölçüde azaltmaktadır.

R-22 Gazı: Diğer florokarbon soğutucu akışkanlarda olduğu gibi R-22 de emniyetle kullanılabilir zehirsiz, yanmayan, patlamayan bir akışkandır. R-22, derin soğutma uygulamalarına cevap vermek üzere geliştirilmiş bir soğutucu akışkandır, fakat paket tipi klima cihazlarında, ev tipi ve ticari tip soğutucularda da, bilhassa daha kompakt kompresör gerektirmesi (R-12'ye nazaran takriben 0,60 katı) ve dolayısıyla yer kazancı sağlaması yönünden tercih edilir. Çalışma basınçları ve sıcaklıkları R-12'den daha yüksek seviyededir fakat birim soğutma kapasitesi için gerekli tahrik gücü takriben aynıdır.

R-134a gazı (CF₂CH₂F): Ev tipi soğutucular, dondurucular ve otomobil klimaları. R-134a, termodinamik ve fiziksel özellikleri ile R-12'ye en yakın soğutucudur. Halen ozon tüketme katsayısı 0 olan ve diğer özellikleri açısından en uygun soğutucu maddedir. Araç soğutucuları ve ev tipi soğutucular için en uygun olan alternatiftir. Ticari olarak da temini olanaklıdır. Yüksek ve orta buharlaşma sıcaklıklarında ve/veya düşük basınç farklarında kompresör verimi ve sistemin COP (coefficient of performance) değeri R-12 ile yaklaşık aynı olmaktadır. Düşük sıcaklıklar için çift kademeli sıkıştırma gerektirmektedir.

Bugün, ideal soğutuculardan beklenen gereksinimler artmıştır. Ek ana gereksinimler artık sıfır Ozon Tüketim Potansiyeli (ODP) ve Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)'ni içermektedir. Hidroflurokarbon soğutucu akışkanı R-134a, buzdolaplarında kullanım açısından lider durumundadır. R-134a'nın ozon tüketim potansiyeli (ODP) sıfır olmasına rağmen, küresel ısınma potansiyeli (GWP) diğer soğutucu akışkanlara

göre yüksektir (Tablo 1).

Yüksek küresel ısınma potansiyeline (GWP) sahip R-134a gazı için uluslararası endişeler, bazı Avrupa ülkelerini R-134a'nın soğutucu/donduruculardan kaldırmasına ve buzdolaplarında kullanımını terk etmesine yol açmıştır. Bu sebepten dolayı R-134a'nın kullanımı ve üretimi yakın gelecekte sona erdirilecektir. Bu nedenle termodinamik olarak R-134a kadar etkili soğutucu akışkanlara ihtiyaç duyulacaktır. Bu makalede, buhar sıkıştırılmalı arabaların soğutucu sistemlerinde R-134a ve diğer iki düşük GWP ye sahip HFC soğutucu akışkanın (R-22 ve R-152a) performansı karşılaştırılmıştır. Soğutucu performans parametreleri paket program (COOLPACK) kullanılarak hesaplanmıştır.

Bir soğutucu akışkanın kabul edilebilmesi için emniyetli bir şekilde kullanılabilir. Emniyetin sağlanması da soğutucu akışkanın iki temel özelliği ile ilgilidir. Bunlar soğutucu akışkanın zehirlenme etkisi (zehirliliği) ve yanıcılık özelliğidir. Emniyet sınıflandırmasında bir harf ve bir sayı kullanılarak ifade edilir (örnek olarak A2). Alfabetik büyük harf zehirlilik özelliğini, sayı ise yanıcılığı ifade eder.

1. Zehirlilik Yönünden Sınıflandırma
2. Yanıcılık Sınıflandırılması

2.4. Zehirlilik Özelliği

Soğutucu akışkanlar zehirlilik yönünden iki gruba ayrılır:

1. A sınıfı: Derişikliği 400 ppm'e eşit veya onun üzerindeki soğutkanları gösterir (düşük zehirlilik).
2. B sınıfı: Derişikliği 400 ppm'in üzerindeki soğutkanları gösterir (yüksek zehirlilik).

Bazı gazların zehirlenme etkisi Tablo 2'de gösteril-

Tablo 1. Gazların Termodinamik Özellikleri

Soğutucu Akışkan	Kimyasal Formül	Molekül Ağırlığı	Kaynama Noktası (°C)	Ozon Tüketim Potansiyeli (ODP)	Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)
R-32	CH ₂ F ₂	52	-51.7	0	650
R-134a	C ₂ H ₂ F ₂	102	-26.1	0	1300
R-152a	C ₂ H ₄ F ₂	66	-24.0	0	140

miştir. ATEL (acute toxicity exposure limit) olarak adlandırılan bu değer 30 dakikadan kısa bir süre içerisinde sağlığı kötü bir şekilde etkilemeyecek maksimum limiti göstermektedir. Yani ortamdaki R-152a miktarı 50.000 ppm'in üzerine çıkmadığı sürece herhangi bir zehirleyici etki yaratmayacaktır. Görüldüğü gibi R-152a'nın ATEL değeri R-12 ve CO₂ gazından daha uygun ve R-134a gazı ile ise aynıdır. ASHRAE standartların da R-152a'nın zehirlilik sınıfı B olarak belirtilmiştir.

Tablo 2. Soğutucu Akışkanların Zehirlenme Etkisi

Soğutucu akışkan	ATEL (ppm)-(mg/L)
R-12	18 000
R-134a	50 000
R-152a	50 000
CO ₂	40 000
R-1234yf	101 000

Tablo 3. Yanıcılık Sınıflandırması

Yanıcılık sınıfı		Zehirlilik sınıfı	
		Grup A	Grup B
		Düşük zehirlilik	Yüksek zehirlilik
3	Yüksek yanıcılık	A-3 Metan, Propan, bütan	B3
2	Düşük yanıcılık	A1-HCFC-142b HFC-152b	B2-amonyak
1	Alevlenme özelliği yok	A1-CFC-11,12, 113,114,R500, 502, R22, R134a	B1-HCFC-123

2.5. Yanıcılık Sınıflandırması

ASHRAE 34'de soğutucu akışkanlar yanıcılık özelliklerine göre üç kategoriye ayrılmıştır.

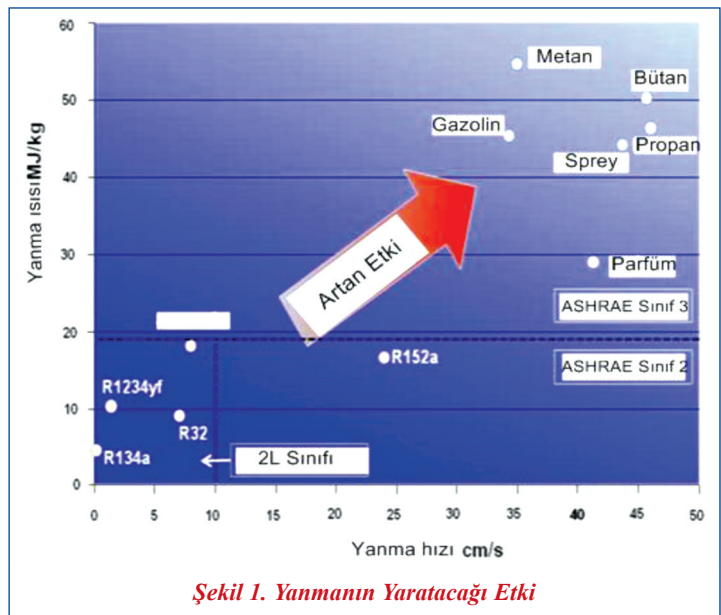
- Sınıf 1; 21 °C'de ve 101 kPa basınçta alevlenme testinde yanmayan soğutkanları gösterir;
- Sınıf 2; 21 °C'de, 101 kPa basınçta 0,10 kg/m³ yoğunlukta düşük yanıcılık gösteren ve 19 kJ/kg'dan düşük yanma ısı üreten soğutkanları ifade eder (HOC<19 MJ/kg),
- Sınıf 3; 21 °C'de, 101 kPa basınçta 0,10 kg/m³ yoğunlukta yüksek yanıcılık gösteren ve 19 kJ/kg dan büyük veya ona eşit yanma ısı üreten soğutkanları ifade eder (HOC>19 MJ/kg).

2.6. Yanıcılık Temelleri

Yanma limitlerini belirleyen iki kavram; alt yanma limiti (LFL: lower flame limit) ve üst yanma limiti (UFL: upper flame limit). Alt yanma limiti bir soğutucu akışkanın yanması için ortamda bulunması gereken minimum miktarını belirtmektedir. Üst yanma limiti ise yanma oluşması için havada bulunabilecek maksimum soğutucu miktarını göstermektedir. Havadaki soğutucu yüzdesi belli bir miktarın üzerine çıktığı zaman yanması için yeterli oksijen miktarı bulunmayacaktır. Şekil 1'de ise sağ üst köşeye doğru yanma etkisinin arttığı görülmektedir. Şekilden de görüleceği üzere R-152a'nın bir miktar yanma etkisi bulunmaktadır.

R-152a soğutkanı R-12 ve R-134a'dan daha iyi COP'a sahip olan, termodinamik ve fiziksel özellikleri R-12 ve R134a'ya çok yakın olan, bu yüzden dönüşümlerde kompresörde herhangi bir modifikasyona gerek bulundurmuyan bir soğutkandır ve R-152a gazı mineral yağlarla da iyi uyum sağlayan gazdır.

Ozon tahribatına neden olmayan ve sera etkisi çok düşük olan bir gazdır. Yanıcı ve kokusuz olan R-152a zehirleyici özellik göstermez [13]. Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve kullanımı yasaklanan gazların yerine kullanılabilmesi için, teknik özelliklerinin, istenen seviyede olması gerekmektedir.



Şekil 1. Yanmanın Yaratacağı Etki

Tablo 4. Soğutucu Gaz R-152a'nın Teknik Özellikleri

Kimyasal Bileşimi	CH ₂ H ₄ F ₂ – Difluoroethane [7]
Yanıcılık Sınıfı	2A [7]
Yanması için gerekli Limitleri (Havada) (UFL-LFL)	%16.9 - %3.9 [9]
Kaynama Noktası @ 101,325 kPa	-24.7 °C [7]
Yoğunluk	0,90 g/cc 25 °C – Sıvı [7]
Buhar basıncı	87 psi 25 °C [9]
Moleküler Ağırlığı	66.05 [9]
ODP	0 [7]
GWP	140 [8]
Zehirlenme Etkisi (ATEL)	50.000 ppm [10]
Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı	454 °C [9]
Gaz Sabiti	125,882 j/(kg.K) [12]
Isı İletim Katsayısı (25°C)	0.0113 (w/m.k) [12]

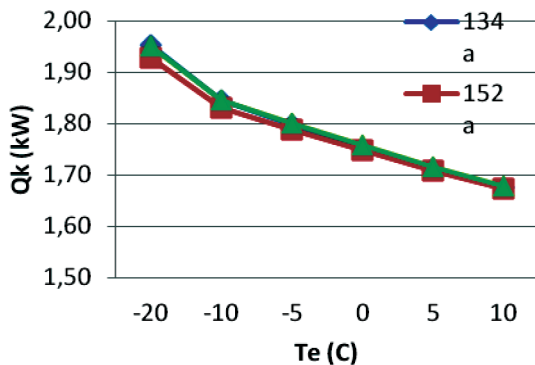
dir. R-152a soğutkanı için bazı teknik özellikler yukarıdaki aşağıdaki gibidir.

3. SOĞUTMA SİSTEMİ İÇİN HESAPLAMALAR

Otomobil soğutma sistemlerinin performans değerlerini bulmak için farklı evaporatör sıcaklıkları ($T_e = (-20) - 10$ °C), farklı kompresör devir sayıları ($n = 450-1800$ dev/dak), sabit kondenser sıcaklığı ($T_k = 40$ °C) ve sabit soğutma yük ($Q_e = 1,5$ kW) değeri için hesaplamalar paket programı COOL-PACK kullanılarak yapılmıştır. Soğutucu gazlar R-152a, R-134a ve R-22 dikkate alınmıştır. Tüm hesaplamalarda gerçek uygulamalara benzemesi için soğutma sisteminde aşırı soğutma $\Delta T_{asog} = 7$ °C, aşırı kızdırma $\Delta T_{akizg} = 5$ °C, volumetrik verim $= 0,7$ alınmıştır. Kompresör 4 silindirli, silindir çapı 35 mm, strok uzunluğu 28,5 mm alınmıştır.

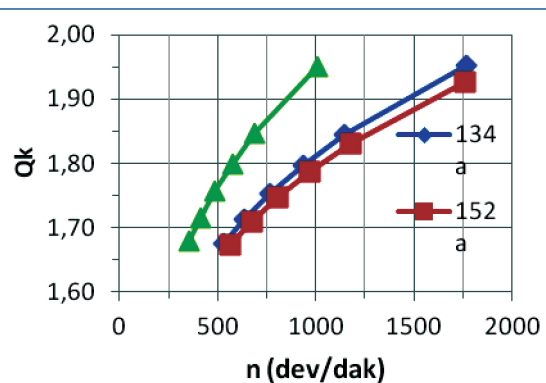
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Şekil 2'de kondenserde atılan ısı yükünün (Q_k) evaporatör buharlaşma sıcaklığına (T_e) göre değişimi

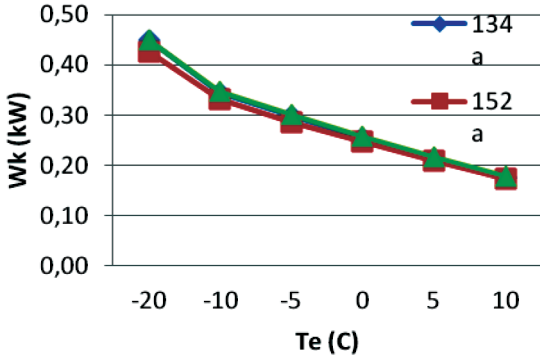


Şekil 2. Kondenserde Atılan Isı Yükünün Evaporatör Buharlaşma Sıcaklıkları İle Değişimi ($T_k = 40$ °C, $Q_e = 1,5$ kW)

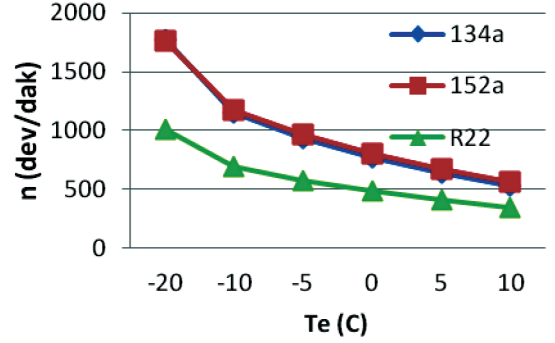
gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi R-152a, R-134a ve R-22 gazları için kondensere atılan ısı yükleri büyük benzerlik göstermektedir. Düşük evaporatör buharlaşma sıcaklıklarında kondenserde atılan ısı yükleri daha fazla olmakta ve evaporatör sıcaklığı yükseldikçe kondenserde de atılan ısı yükleri yavaşça azalmaktadır. Bunun nedeni düşük evaporatör sıcaklıklarında kompresör için daha fazla güç çekmekte ve bunun sonucunda kondenserde ısı yükü de artmaktadır (Şekil 3). Çünkü kondenserde atılan ısı yükü (Q_k) evaporatör soğutma yükü (Q_e) ile kompresörde tüketilen enerjilerin (W_k) toplamına eşittir. Evaporatör soğutma yükü (Q_e) = 1,5 kW sabit olduğu için kondenser ısı yükü (Q_k)'de kompresör işiyle artış göstermektedir. Bu durum Şekil 4'den de açıkça görülebilir. Şekil 5'de ise kondenserde atılan ısı yükünün kompresör devir sayısı ile değişimi gösterilmiştir. Artan devir sayısı ile birlikte kondenserde atılan ısı yükü de artmaktadır. Burada devir sayısı ile birlikte kompresörde harcanan iş artmakta ve sonuçta evaporatörde atılan ısı yükü de artmaktadır.



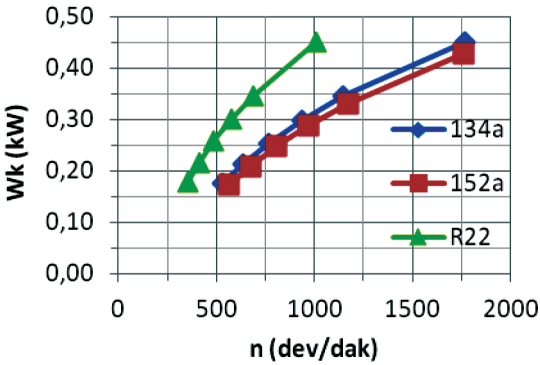
Şekil 3. Kondenserde Atılan Isı Yükünün Kompresör Devir Sayısı İle Değişimi ($T_k = 40$ °C, $Q_e = 1,5$ kW)



Şekil 4. Kompresör İşinin Evaporatör Buharlaşma Sıcaklıkları İle Değişimi ($T_k = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, $Q_e = 1,5 \text{ kW}$)



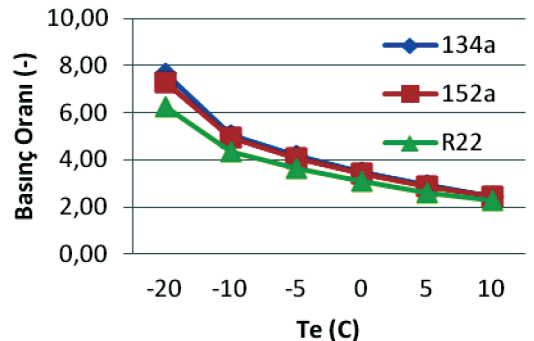
Şekil 6. Kompresör Devir Sayısının Evaporatör Buharlaşma Sıcaklıkları İle Değişimi ($T_k = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, $Q_e = 1,5 \text{ kW}$)



Şekil 5. Kompresör İşinin Kompresör Devir Sayısı İle Değişimi ($T_k = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, $Q_e = 1,5 \text{ Kw}$)

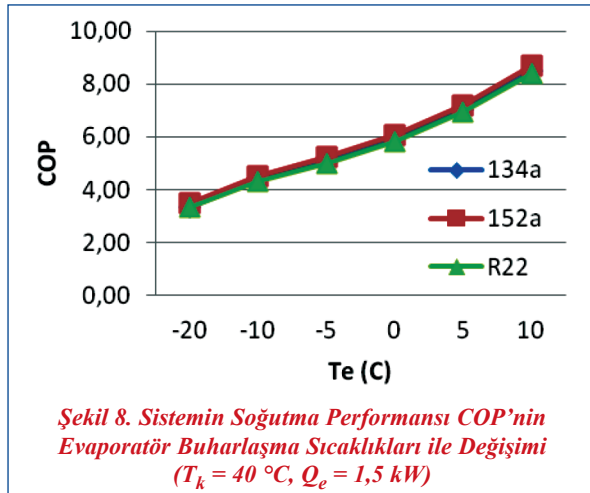
Şekil 6'da incelenen soğutucu gazlar için kompresörün devir sayısının evaporatör buharlaşma sıcaklığına göre değişimi gösterilmiştir. Buradan görüldüğü gibi düşük buharlaşma sıcaklığında kompresör daha yüksek devirlerde dönmekte ve artan buharlaşma sıcaklığıyla devir sayısı düşmektedir. Burada yine kompresör devir sayıları R-134a ile R-152a gazları için büyük benzerlik göstermektedir. Burada devir sayılarının, düşük buharlaşma sıcaklıklarında büyük olmasının nedeni artan kompresör işiyle açıklanabilir. İncelenen gazlar için kompresör devir sayısı, artan buharlaşma sıcaklığı ile yavaşça azalış göstermektedir ve devir sayıları evaporatör sıcaklığına göre R-134a ve R-152 gazları için hemen hemen aynı olmaktadır. Diğer iki gazın devir sayıları R-22 gazı ile karşılaştırıldığında düşük evaporatör sıcaklıklarında yaklaşık %80'lik bir artış görülmektedir.

Şekil 7'de kompresörün giriş ve çıkış basınç oranlarının evaporatör buharlaşma sıcaklıklarına göre değişimi gösterilmiştir. Buradan görüldüğü gibi artan buharlaşma sıcaklığı ile basınç oranları düşmekte ve basınç oranları R-134a ve R-152 gazları için hemen hemen aynı olmaktadır. Bu durum soğutma tesisatında herhangi bir değişiklik yapılmadan aynı basınç oranlarında çalışan tesisatta R-134a gazı yerine R-52a gazının kullanılabilmesini bize göstermektedir. Ya da çok küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilmesi anlamına gelmektedir. Genelde soğutma sistemleri tesisatında yapılacak değişiklik sistemin basınç oranları değiştiği zaman dikkate alınmaktadır. Bunun yanı sıra aynı zamanda boru malzemesinin soğutucu gaz ile uyumunun da dikkate alınması gerekmektedir. Uyumsuzluk halinde boru malzemesinin tipinde de değişikliğe gidilmesi gerekir.



Şekil 7. Kompresör Basınç Oranının Evaporatör Buharlaşma Sıcaklıkları İle Değişimi ($T_k = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, $Q_e = 1,5 \text{ kW}$)

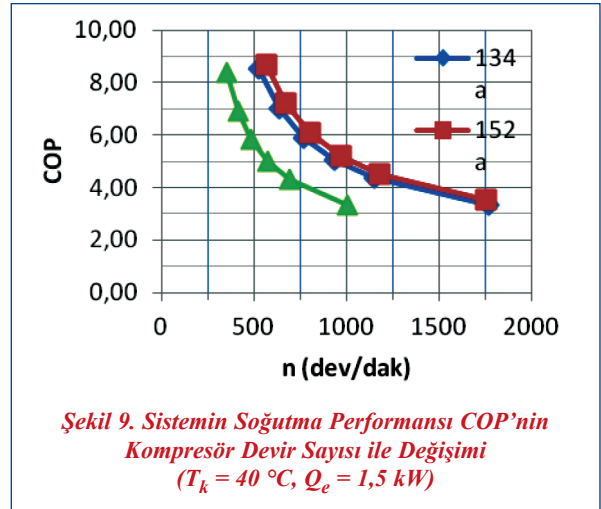
Şekil 8’de soğutma sisteminin performansını gösteren COP değerinin evaporatör buharlaşma sıcaklığı ile değişimi gösterilmiştir. Buradan görüldüğü gibi sistemin COP si her zaman düşük evaporatör sıcaklığında daha düşük ve artan buharlaşma sıcaklıkları ile ise daha büyük olmaktadır. En yüksek COP değeri en yüksek evaporatör sıcaklığında elde edilmektedir. Sonuçta sıcaklık farkı (kondenser ve evaporatör arasındaki sıcaklık farkı) büyüdükçe sistemin COP değeri düşmekte ve küçülen sıcaklık farkı ile artmaktadır.



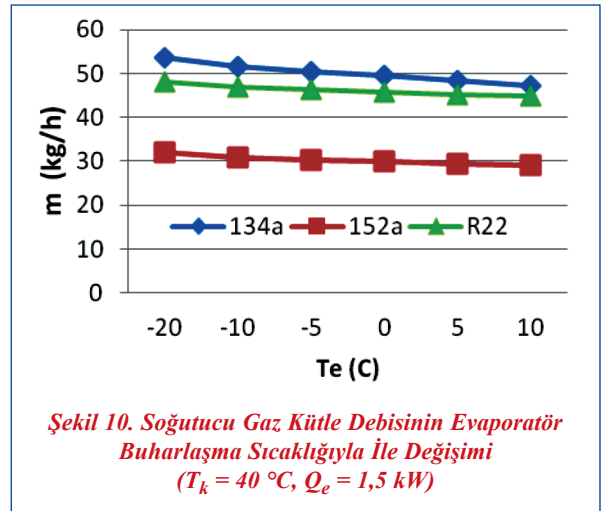
Şekil 8. Sistem Soğutma Performansı COP'nin Evaporatör Buharlaşma Sıcaklıkları ile Değişimi ($T_k = 40\text{ }^\circ\text{C}$, $Q_e = 1,5\text{ kW}$)

Şekil 9’da ise soğutma sisteminin COP değerinin devir sayısı ile değişimi gösterilmiştir. Soğutucu gazlar için düşük devir sayılarında sistemin COP si yüksek olmakta ve devir sayısı arttıkça sistemin COP’si de yavaşça azalmaktadır. Buradan soğutma sistemi düşük devirlerde çalıştırıldığı zaman her zaman sistem daha büyük COP değerlerine sahip olacağı görülmektedir.

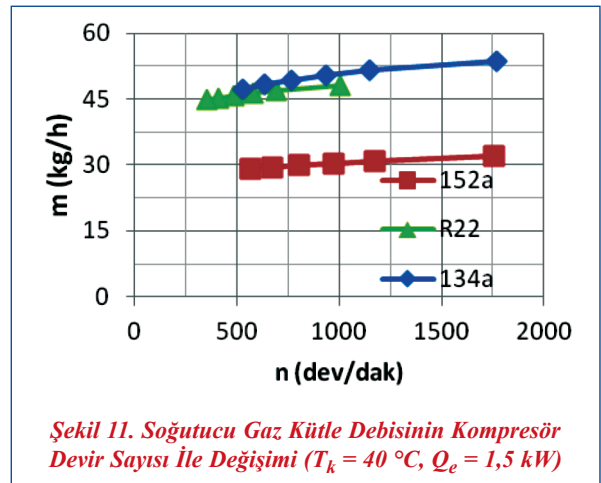
Şekil 10 ve 11’da soğutma sisteminde dolaşan soğutucu gaz kütleli debisinin evaporatör buharlaşma sıcaklığı ve kompresör devir sayısı ile değişimi sırasıyla gösterilmiştir. Bu şekillerden sistemde en fazla soğutucu gaz kütlesi R-134a için olmakta ondan sonra R-22 gazı için olmaktadır. En az kütleli gaz debisi ise R-152a gazı için olmaktadır. Burada sistemde dolaşan soğutucu gaz kütleli debisinin minimum olması soğutma sistemi için bir avantajdır. Ayrıca yine soğutucu kütleli debisinin sistemde



Şekil 9. Sistem Soğutma Performansı COP'nin Kompresör Devir Sayısı ile Değişimi ($T_k = 40\text{ }^\circ\text{C}$, $Q_e = 1,5\text{ kW}$)



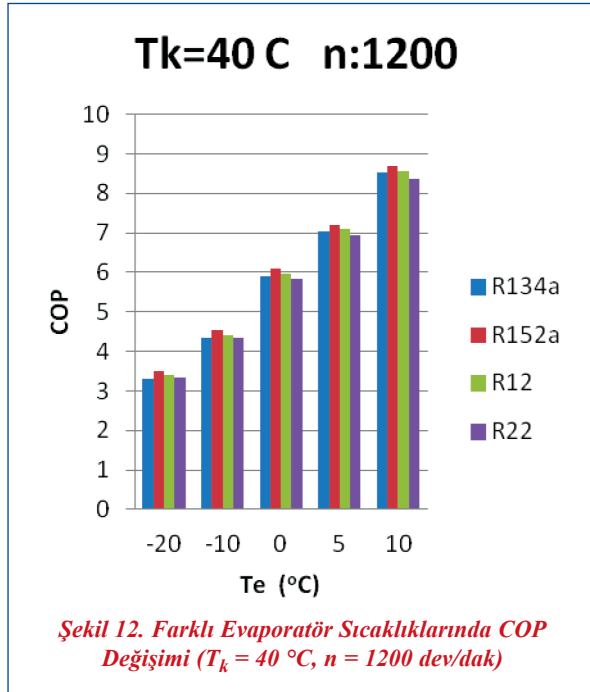
Şekil 10. Soğutucu Gaz Kütle Debisinin Evaporatör Buharlaşma Sıcaklığıyla İle Değişimi ($T_k = 40\text{ }^\circ\text{C}$, $Q_e = 1,5\text{ kW}$)



Şekil 11. Soğutucu Gaz Kütle Debisinin Kompresör Devir Sayısı İle Değişimi ($T_k = 40\text{ }^\circ\text{C}$, $Q_e = 1,5\text{ kW}$)

devir sayısına göre miktarı yine aynı sıralamada olmakta ve aynı devir sayısında en az gaz R-152a için olmaktadır. Bu da soğutma sistemlerinde enerji tüketimleri açısından istenilen bir durumdur.

Şekil 12’de farklı evaporatör sıcaklıklarında soğutma sisteminin COP değerleri gösterilmiştir ($T_k=40$ °C, $n=1200$ dev/dak). Farklı evaporatör sıcaklıklarında COP değeri R-152a gazı için her zaman en iyi olmuştur. R-134a ve R-12 gazı için ise COP değerleri yaklaşık aynı olmaktadır. Yüksek evaporatör sıcaklıklarında COP değeri en düşük R-22 gazı için olmaktadır. Burada R-12 gazının gösterilmesi soğutma sistemlerinde yaygın kullanıldığı için karşılaştırma amaçlı verilmiştir.



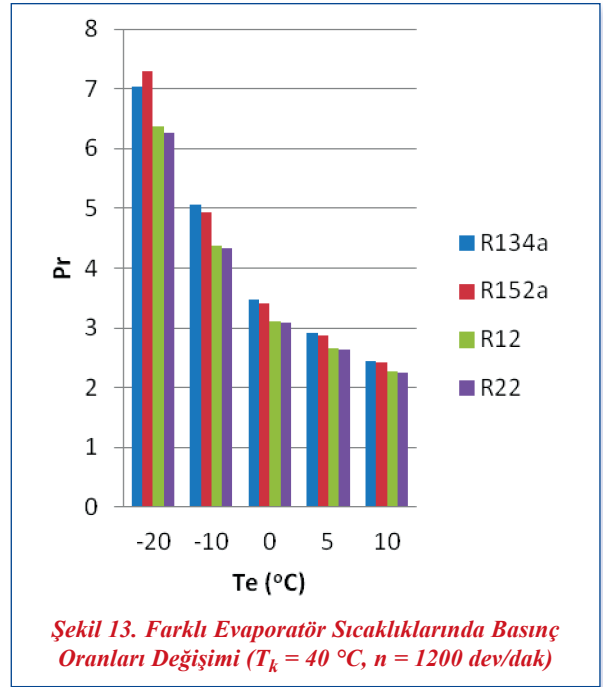
Şekil 12. Farklı Evaporatör Sıcaklıklarında COP Değişimi ($T_k = 40$ °C, $n = 1200$ dev/dak)

Şekil 13’de farklı evaporatör sıcaklıklarında kompresör emme ve basma basınç oranlarının değişimi gösterilmiştir ($T_k=40$ °C, $n=1200$ dev/dak). Buradan görüldüğü gibi düşük evaporatör sıcaklıklarında basınç oranı en büyük olmakta ve artan evaporatör sıcaklıkları ile artış göstermektedir.

SONUÇ

Farklı evaporatör sıcaklıklarında sabit soğutma ısısı için soğutma sisteminde elde edilen sonuçlar aşağıda sıra ile verilmiştir;

- R-152a dazı kullanan soğutma sistemi, mevcut R-134a gazı kullanan sistemden daha iyi soğutma performansı sağlamıştır.



Şekil 13. Farklı Evaporatör Sıcaklıklarında Basınç Oranları Değişimi ($T_k = 40$ °C, $n = 1200$ dev/dak)

- Kondenserde atılan ısı yükünün evaporatör buharlaşma sıcaklığına göre değişiminde R-152a, R-134a ve R-22 gazları için kondensere atılan ısı yükleri büyük benzerlik göstermiş ve düşük evaporatör buharlaşma sıcaklıklarında kondenserde atılan ısı yükleri daha fazla olmuştur. Evaporatör sıcaklığı yükseldikçe kondenserde atılan ısı yükü azalmıştır.
- Kondenserde atılan ısı yükü kompresör devir sayısı ile değişiminde artan devir sayısı ile birlikte kondenserde atılan ısı yükü artmıştır. Bunun sebebi artan devir sayısı ile birlikte kompresörde harcanan iş artmıştır. Bu sebeple evaporatörde atılan ısı yükü artmıştır.
- Kompresör devir sayısının evaporatör buharlaşma sıcaklığıyla değişiminde düşük buharlaşma sıcaklıklarında kompresör daha yüksek devirlerde dönmekte ve artan buharlaşma sıcaklıklarıyla devir sayısı düşmüştür. Buharlaşma sıcaklıkları için devir sayıları R-134a ile R-152a gazları için büyük benzerlik göstermiştir.
- Kompresör giriş ve çıkış basınç oranlarının evaporatör buharlaşma sıcaklıklarına göre değişimi incelendiğinde artan buharlaşma sıcaklığı ile basınç oranları düşüş göstermiş ve basınç oranları R-134a ve R-152 gazları için aynı olmaktadır. Bu durum

soğutma tesisatında herhangi bir değişiklik yapılmadan aynı basınç oranlarında çalışan tesisatta R-134a gazı yerine R-52a gazının kullanılabilceğini bize göstermiştir.

- Soğutma sisteminde düşük evaporatör sıcaklığında COP değeri daha düşük olmuş ve artan buharlaşma sıcaklıkları ile artış göstermiştir. En yüksek COP değeri en yüksek evaporatör sıcaklığında elde edilmiştir. Bu sonuca göre sıcaklık farkı (kondenser ve evaporatör arasındaki sıcaklık farkı) büyüdüğü zaman sistemin COP değeri düşmüş ve küçülen sıcaklık farkı ile artmıştır.
- Soğutma sisteminin COP değeri, düşük devir sayılarında daha yüksek olmuş ve artan devir sayılarında azalmıştır.
- Farklı evaporatör sıcaklıklarında R-152a gazının COP değeri diğerlerine göre en yüksek olmuştur. R-134a ve R-12 gazının COP değerleri hemen hemen aynı olmuş ve yüksek evaporatör sıcaklıklarında COP değeri en düşük R-22 gazına ait olmuştur.
- Farklı evaporatör sıcaklıklarında kompresör emme ve basma basınç oranları incelendiğinde ($T_k = 40$ °C, $n = 1200$ dev/dak) düşük evaporatör sıcaklıklarında basınç oranı en büyük olmuş ve artan evaporatör sıcaklığı ile artmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] McMullan, J. T., "Refrigeration And The Environment Issues And Strategies For The Future", International Journal of Refrigeration, 25(5), 89-99, 2002.
- [2] Bolaji, B. O., CFC Refrigerant And Stratospheric Ozone: Past, Present And Future. In: Okoko E, Adekunle VAJ, Editors. Environmental Sustainability And Conservation in Nigeria, 37, 231-239, 2005.
- [3] Ataer, Ö. E., Türkoğlu, H., Usta, H., "Küçük Üretim Kapasiteli Ticari Soğutucu Üreticileri İçin CFC-12 Yerine HFC-134a ve HFC-404A Soğutucu Akışkanların Kullanımı", Türkiye Teknolojiler Geliştirme Vakfı, Pro. No. TTGV-P12/P3, Ankara, 29, 1999.
- [4] Çomaklı, K., Şimsek, F., Özyurt, Ö., Bakırcı, K., "Soğutma Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Alternatifleri", Mühendis ve Makina, 47 (562), 33-45, 2008.
- [5] Talley, E., "R1234yf Refrigerant", Fall 2010 ICAIA Conference, 2010.
- [6] Bryson, D., Affil, A., Dixon, C., StHill, S., "Testing of HFO-1234yf and R152a as Mobile air Conditioning Refrigerant Replacements", Ecolibrium, 30-38, 2011.
- [7] R-152a Material Safety Data Sheet (MSDS) 04.2012.
- [8] Bolaji, B. O., Akintunde, M. A., "Comparative Analysis of Performance of Three Ozone-Friends HFC Refrigerants in a Vapor Compression Refrigerator"
- [9] "R152-a Material Safety Data Sheet", National Refrigerants, "<http://www.refrigerants.com/msds/r152a.pdf>"
- [10] Spatz, M., Minor, B.; "HFO-1234yf: A Low GWP Refrigerant for MAC", SAE World Congress, Detroit, Michigan, 14-17 April, 2008.
- [11] Koban, M., "Automotive Material Investigation with Low GWP Refrigerant HFO-1234yf", Willmington, DE.
- [12] http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/assets/downloads/SmartAutoAC/20110514_VTMS_Automotive_Material_Investigation.pdf
- [13] ASHRAE, Thermophysical Properties of Refrigerants, ASHRAE Fundamental, Inc. Atlanta (GA), 20, 1-67, 2001.
- [14] Koyun, T., Koyun, A., Avar, M., "Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Bu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkileri", Tesisat Mühendis Dergisi, 88, 46-53, 2005.