

Otomobil İklimlendirme Sistemlerinde Farklı Soğutucu Akışkan Kullanılmasında Kompresörün Hacimsel Verim Analizi

Ümit İşkan¹, Mehmet Direk^{2*}, Fikret Yüksel², Eren Soylu³

¹Enerji Sistemleri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü Yalova Üniversitesi, Yalova, Türkiye

²Enerji Sistemleri Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Yalova Üniversitesi, Yalova, Türkiye

³Günsel Otomotiv, Yakın Doğu Bulvarı, Lefkoşa, KKTC

umitiskan2@gmail.com^{ID}, *mehmet.direk@yalova.edu.tr^{ID}, fyuksel@yalova.edu.tr^{ID}, ernsoylu@gmail.com^{ID}

Makale gönderme tarihi: 18.02.2021, Makale kabul tarihi: 08.04.2021

Öz

Bu çalışmada otomobil klima sisteminde farklı soğutucu akışkanlar kullanılarak kompresör hacimsel verim değerlerinin analizi yapılmıştır. Literatürde önerilen ampirik bağıntıdan elde edilen hacimsel verim değerlerinin çalışma şartlarındaki verim değerleri ile uyumluluğu karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlara bağlı olarak önerilen bağıntının sınır değerleri, ampirik bağıntılara uyumluluğu ve farklı soğutucu akışkanlar için kullanılabilirliği araştırılmıştır. Kompresörün farklı devir ve sıkıştırma oranları için hacimsel veriminin analizi yapılmıştır. R134a yerine R1234yf ve R1234ze(E) kullanılması durumunda otomobil iklimlendirme sistemlerinde kompresörün 1000 – 2750 d/dk devir aralıklarında hacimsel verim değerinin %50 ile %75 aralığında değiştiği görülmüştür. R134a ve R1234ze(E) için Tian ve arkadaşlarının önerdiği ampirik bağıntıdan 1500 d/dk üzerindeki devir sayılarında hesaplanan hacimsel verim değeri, deneysel çalışmalardan elde edilen değerlerden maksimum %10 sapma göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Otomobil klima sistemi, R134a, R1234yf, R1234ze(E), hacimsel verim, ampirik bağıntı

Volumetric Efficiency Analysis of Automobile Air Conditioning System Using Different Refrigerants

Abstract

Volumetric efficiency of the compressor used in automobile air conditioning system using different refrigerants was investigated in this study. The compatibility of the empirical correlation which was obtained from the literature with the volumetric efficiency values in the working conditions was evaluated. Depending on the results obtained from the experimental studies, the limit values of the proposed correlation, its compatibility with empirical correlations and its usability for different refrigerants have been investigated. Volumetric efficiency analysis was performed for different speed and compression ratios of the compressor. In the case of using R1234yf and R1234ze(E) instead of R134a, it has been observed that the volumetric efficiency value of the compressor varies between 50% and 75% at the ranges of 1000 - 2750 rpm. The volumetric efficiency value calculated from the empirical correlation (proposed by Tian et al. 2004) for R134a and R1234ze (E) at values of above 1500 rpm, showed a maximum deviation of 10% from the values obtained from experimental studies.

Keywords: Automotive air conditioning system, R134a, R1234yf, R1234ze(E), volumetric efficiency, empirical correlation

GİRİŞ

Ülkemizde enerji ihtiyacının büyük bir kısmı fosil enerji kaynaklardan sağlanmaktadır. Bu enerjinin büyük bir kısmı ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. Bundan dolayı son yıllarda ısıtma ve soğutma sistemleri üzerine yapılan araştırmalar giderek artmaktadır (Işık ve Tuğan

2017, Ural ve ark. 2020). Bununla birlikte, Avrupa Parlamentosu (AP) ve Konseyinin 517/2014 yönergesi 2022'den itibaren özellikle mobil soğutma uygulamalarında küresel ısınma potansiyeli (Global Warming Potential, GWP) değeri 150'nin üzerinde olan akışkanların kullanımına kademeli olarak yasak

getirmektedir (Direktif 517/2014). Bu kapsamda GWP değeri 1300 olan R134a'nın kullanımı da sınırlandırılmaktadır (Lemmon ve ark. 2014, Direk ve ark. 2017). Otomobil iklimlendirme sistemlerinde R134a'nın yerine düşük GWP değerlerine sahip akışkanların araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Düşük GWP değerine sahip R1234yf, R1234ze(E) ve bu soğutucu akışkanlarla yapılabilecek karışımların araştırılması da bu kapsamda ön plana çıkmaktadır (Direk ve Eren 2018, Direk ve ark. 2018, Umut ve Hoşöz, 2021). R134a'nın alternatif olabilecek bu akışkanlar sistemde yapılabilecek çeşitli modifikasyonlar ile doğrudan kullanılabilir. Farklı soğutucu akışkanlar aynı sistemde hiçbir değişiklik yapılmadan kullanıldığında, benzer şartlar için elde edilen performans değerleri değişiklik gösterebilmektedir. Bu kapsamda buhar sıkıştırmalı soğutma sistemi bütün olarak değerlendirileceği gibi her bir ekipman bazında da değerlendirmeler yapılabilir. Umut ve Hoşöz, (2020) yaptıkları deneysel çalışmada genleşme elemanı tipinin soğutma sistemleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak, termostatik genleşme elemanı kullanan sistemin orifis tüp kullanan sisteme göre % 12,7'ye kadar daha yüksek soğutma sağladığını belirlemişlerdir.

Buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimlerinde kullanılan kompresör enerji tüketen eleman olduğu için sistem performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Literatürde konu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde; (Tian ve ark. 2004), beş silindri değişken deplasmanlı kompresörün sürekli rejim koşullarında matematiksel modelini oluşturmuşlardır. Taşıt iklimlendirmesinde kullanılan kompresörlerde, sürüş koşulları sebebiyle sürekli rejimden uzaklaşıldığı görülmüştür. Kompresörü oluşturan birçok elemanın fiziksel ve geometrik özelliklerini ve maruz kalacakları fiziksel kuvvetleri göz önünde bulundurarak matematiksel modellemeler yapmışlardır. Yapılan matematiksel modellemelerin deneylerden elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu belirtilmiştir. Tian ve ark. (2006) tarafından yapılan diğer bir çalışmada; yedi silindri değişken deplasmanlı kompresörlü sistemde, kararlı durum için matematiksel model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelin, benzer yapıdaki pistonlu kompresör içeren sistemler için de kullanılabilirliğini belirlemişlerdir. Belirlenen sıkıştırma oranı ve kompresör devir aralıklarında

benzer yapıdaki kompresörlerde hacimsel ve izantropik verim değerlerinin hesaplanabileceğini tespit etmişlerdir. Sotomayor ve Parise (2016) soğutucu akışkan olarak R134a kullandıkları bir otomobil klimasının kompresörü için matematiksel bir model oluşturmuşlar ve bu modeli alternatif soğutucu akışkan kullanılması durumları için uygulamışlardır. R1234yf ve R290 soğutucu akışkanları kullanılması durumunda, geliştirilen model ve elde edilen verilerin diğer çalışmalarla uyumlu olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada değişken kapasite kompresör ile çalıştırılan bir soğutma sisteminin sabit kapasite kullanan kompresör kullanılan bir sisteme göre daha yüksek enerji performans değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Alkan ve Hoşöz, 2010a). Ayrıca değişken kapasiteli kompresör kullanan sistemde termostatik genleşme valfi kullanımının orifis tüpe göre sistemin enerji performansı açısından fayda sağladığı tespit edilmiştir (Alkan ve Hoşöz, 2010b). İşkan ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada düşük GWP değerlerine sahip akışkanların performansları değerlendirilmiştir. Soğutma sistemlerinde R134a yerine düşük GWP değerine sahip R445a, R515a, R456a, ND ve R516a kullanılması durumunda kompresörün hacimsel verimine bağlı sistemin performansı karşılaştırmalı olarak belirlemişlerdir. Sonuç olarak en yüksek soğutma kapasitesi değeri sistemde R445a'nın kullanılması durumunda elde edilmiştir.

Soğutma sistemlerinin performansı bir bütün olarak değil her bir ekipmanın performanslarının değerlendirilmesine bağlıdır. Bu çalışmada bu bağlamda kompresör performansı değerlendirilmiştir. Bunun en büyük gerekçesi sistemdeki her bir ünitenin en düşük performansı olanı sistemin bütünü tanımlamada etkin parametredir. En düşük performansa sahip ekipman belirlenerek ekipman üzerinde durulabilir.

Bu çalışmada soğutma sistemlerinde kompresörlerin hacimsel verimleri için (Tian ve ark. 2004) tarafından geliştirilen ampirik bağıntı ile elde edilen değerlerin çalışma şartlarındaki verim değerleri ile uyumluluğu karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Farklı soğutucu akışkanlar (Tablo 1) için deneysel klima sisteminde aynı kompresörden benzer koşullarda elde edilen deneysel sonuçlarla ampirik bağıntıdan elde edilen sonuçların uyumluluğu değerlendirilmiştir. Farklı soğutucu

Research article/Araştırma makalesi
 DOI: 10.29132/ijpas.881952

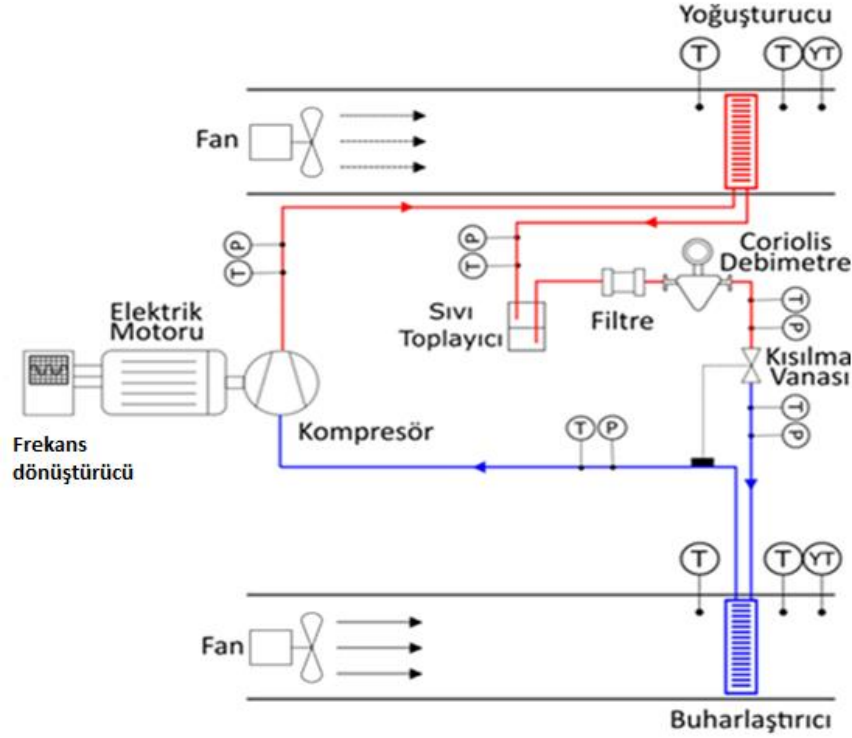
akışkanların kullanılması durumu için hacimsel verim değerleri (Tian ve ark. 2004) tarafından önerilen bağıntı ile uyumluluğu değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Deneysel Sistemin Tanıtımı

Deneyssel otomobil iklimlendirme sisteminin ekipmanları ve akışkanın izlediği yollar Şekil 1’de

verilmiştir. Soğutma sisteminin bileşenlerine ait özellikler ise Tablo 2’de verilmiştir. Deney sisteminde kullanılan, ölçüm cihazlarının ölçüm aralıkları ve hassasiyet değerleri Tablo 3’te verilmiştir.



Şekil 1. Deneysel otomobil iklimlendirme sistemi çevrim şeması

1

Tablo 1. Soğutucu akışkanların özellikleri (lemmon ve ark, 2014)

Soğutucu akışkanların özellikleri			
Akışkan	R134a	R1234ze(E)	R1234yf
ASHRAE Güvenlik Sınıfı	A1	A2L	A2L
Ozon tüketim miktarı (ODP)	0	0	0
GWP	1300	4	4
Kritik sıcaklık (K)	374,21	382,51	367,85
Kritik basınç (kPa)	4059,3	3634,9	3382,2
Buhar yoğunluğu (25°C) (kg/m ³)	32,35	26,32	37,92
Sıvı yoğunluğu (25°C) (kg/m ³)	1294,8	1240,1	1176,3
Buharlaştırma gizli ısı (kJ/kg)	177,78	166,92	145,37

Tablo 2. Deney düzeneğinin ana elemanlarının özellikleri

Ekipmanlar	Özellikler
Kompresör	Plakalı tip: 138 cm ³ Silindir Sayısı: 5
Yoğuşturucu	(580 × 350 × 20) mm ³
Buharlaştırıcı	(220 × 260 × 60) mm ³
Isıl Genleşme Vanası	TXV (5,27 kW)
İç Isı Değiştirici	(192 x 73 x 63) mm ³ Tip: Lehimli Plakalı Plaka Sayısı: 24 Isı Transfer Alanı: 0,6 m ²

Tablo 3. Ölçüm Cihazlarının Hassasiyetleri

Ölçüm	Araç	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
Sıcaklık	K-Tipi ısı çift	-100 °C - 1370 °C	±0,8 °C
Basınç	Elektronik Manifold	-1 bar - 60 bar	± % 0,5
Hava Hızı	Anemometre	0 ms ⁻¹ - 30 ms ⁻¹	± % 2
Soğutucu Akışkan Kütleli Debisi	Coriolis Debimetre	0 kg s ⁻¹ - 5 kg s ⁻¹	± % 0,1
Güç	Pens Avometre	0 kW - 600 kW	± % 2
Kompresör Hızı	Frekans İnverteri	10 Hz - 50 Hz	± % 0,2

Research article/Araştırma makalesi
 DOI: 10.29132/ijpas.881952

Sistemde ilk olarak R134a şarj edilmiş ve deneyler yapılmıştır daha sonra aynı kompresör ve ekipmanlar kullanılarak R1234yf ve R1234ze(E) soğutucu akışkanları şarj edilmiş ve deneyler tekrarlanmıştır.

Deneyel Yöntem

Soğutma sistemlerinde, kompresör çalışma şartlarının sistem performansına etkileri araştırılmakta, bir parametrenin diğer bir parametreye etkisi değerlendirilmektedir. Sistem yapılan tüm deneylerde buharlaştırıcıdan geçen havanın sıcaklığı 27°C, yoğuşturucudan geçen havanın sıcaklığı 35°C sabit tutulmuştur. Bu bağlamda çalışan Tian ve ark. (2004) belirli kompresör devir aralıklarında, sıkıştırma oranlarında ve kızgın akışkan buharı (superheat) sıcaklığında hacimsel verim tespiti için bağıntı geliştirmiştir (Denklem 3). Bağıntının kullanım aralığı olarak sıkıştırma oranı $\varepsilon = 3,6 - 6,2$, kompresör devri $N_c = 900 - 3000$ d/dk olması, kızgın akışkan buharı sıcaklık (superheat) değerinin ise 15 °C sabit tutulması gerekmektedir. Verilen aralıklar göz önüne alınarak farklı soğutucu akışkanlarla deneyler yapılmıştır. Bunun için deneyel sistemde ilk olarak R134a, farklı kompresör hızlarında test edilmiştir. Daha sonra aynı kompresör ve ekipmanlar ile

$$\eta_{vol,Tian} = 1,81 - 0,35 \cdot \varepsilon + 0,026 \cdot \varepsilon^2 - 0,00081 \cdot N_c + 2,51 \cdot 10^{-7} \cdot N_c^2 + 0,00026 \cdot \varepsilon \cdot N_c - 2,07 \cdot 10^{-5} \cdot \varepsilon^2 \cdot N_c - 8,68 \cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon \cdot N_c^2 + 7,07 \cdot 10^{-9} \cdot \varepsilon^2 \cdot N_c^2 \quad (3)$$

Çalışmada farklı soğutucu akışkanlardan elde edilen hacimsel verim değerlerindeki maksimum ve minimum sapma miktarları Tian ve ark. (2004) tarafından önerilen ampirik bağıntıdan elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Düşük GWP değerine sahip alternatif soğutucu akışkanların literatürden alınan bağıntının kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Deneyel otomobil klima sisteminde aynı kompresörün kullanılması durumunda farklı akışkanların hacimsel verim değerlerinin devre bağılı olarak değişimi grafiklerde verilmiştir.

Deney verileri alınırken önerilen bağıntıda buharlaştırıcı çıkış sıcaklığı ile buharlaşma sıcaklığı arasındaki fark 15 °C civarında olmasına önem verilmiştir. Kızgın akışkan buharı sıcaklık (superheat) değeri 15°C getirilirken yoğuşturucu ve buharlaştırıcının giriş ve çıkış taraflarındaki hava hızları ve sıcaklıkları değiştirilmiştir.

sisteme sırasıyla R1234yf ve R1234ze(E) soğutucu akışkanları şarj edilerek aynı şartlarda deneyler tekrarlanmıştır. Soğutucu akışkanların sıvı haldeki yoğunlukları dikkate alınarak sisteme R134a'dan 600 g, R1234yf'den 575 g, R1234ze(E)'den 625 g şarj edilmiştir. Sistem kararlı hale gelince veriler alınmış ve soğutucu akışkanların yoğunluk değerleri REFPROP programı kullanılarak elde edilmiştir. Soğutucu akışkan sıcaklıklarına bağlı buhar yoğunlukları, kompresörün iç hacmi ve devir sayıları kullanılarak Denklem 1'den teorik debi değerleri elde edilmiştir.

$$\dot{m}_{soğ.} = \rho_{soğ.} V_G N / 60 \quad (1)$$

Deneylerde ölçülen kütleli debi değerinin, kompresörün çalışma şartlarına bağlı olarak elde edilen teorik kütleli debi oranı hacimsel verim olarak tanımlanır ve kompresör ile ilgili işlemlerde kullanılır. Hacimsel verim değeri hesaplanmasında Denklem 2 kullanılır.

$$\eta_{vol,deney} = \dot{m}_r / \dot{m}_{soğ.} \quad (2)$$

Deneyel çalışma bilgileri verilerek Tian ve ark. (2004) tarafından önerilen bağıntıdan (Denklem 3) hareketle hacimsel verim değerleri tekrar hesaplanmıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

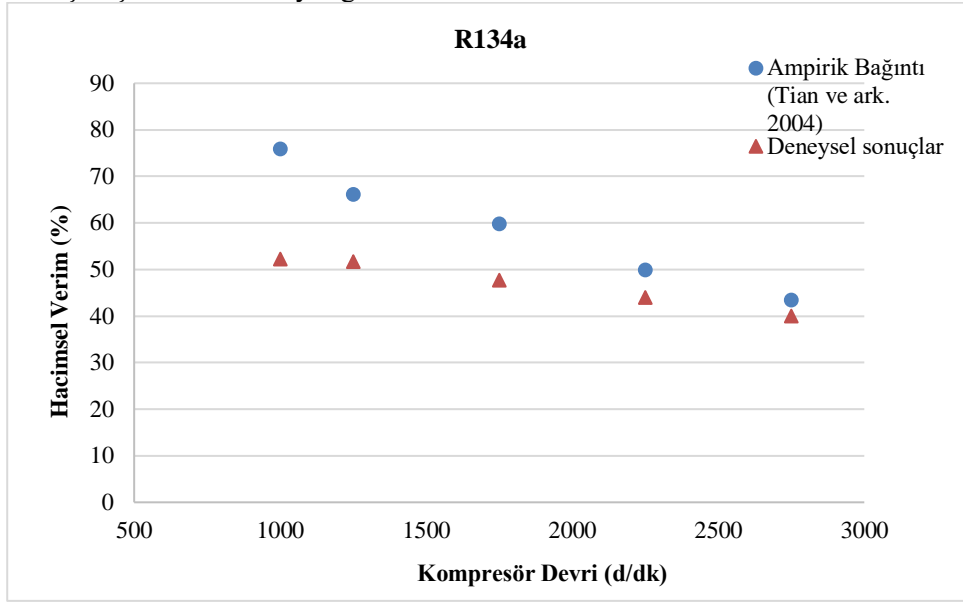
Soğutucu akışkan olarak R134a'nın yerine R1234yf ve R1234ze(E) kullanımının kompresörün hacimsel verim değeri, deneylerden elde edilen hacimsel verim değerleri ve önerilen ampirik bağıntı sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Kompresör devri 1000 - 2750 d/dk, sıkıştırma oranı 3-6, kızgın akışkan buharı (superheat) değeri ise 15 °C civarında tutulmuştur. Tian ve ark. (2004) tarafından önerilen ampirik bağıntıdan elde edilen sonuçlar, ölçülen sonuçların üzerinde değerler vermektedir. Verimin %100 olması ve önerilen bağıntı (Tian ve ark. 2006) ile deneyel değerlerin tamamen örtüşmesi beklenemez. Ancak elde edilen değerlerin ampirik bağıntıdan sapma miktarı dikkate alınarak bağıntının kullanım alanı sınırlandırılabilir. Çalışmalarımızda önerilen ampirik bağıntının sapma miktarı maksimum ve minimum değerleri

Research article/Araştırma makalesi
 DOI: 10.29132/ijpas.881952

bulunmuştur. Tian ve ark. (2004) önerdiği deneysel bağıntı soğutucu akışkanın kompresör giriş sıcaklığına bağlı olarak hacimsel verimde erişilebilecek maksimumu verim değeri olarak değerlendirilebilir.

Kompresör devri 1000'den 2750'ye çıkarken R134a soğutucu akışkanı için hacimsel verim değerinin ampirik bağıntıya (Tian ve ark.) göre %76'dan %43'e düşmüş Denklem 2'ye göre ise

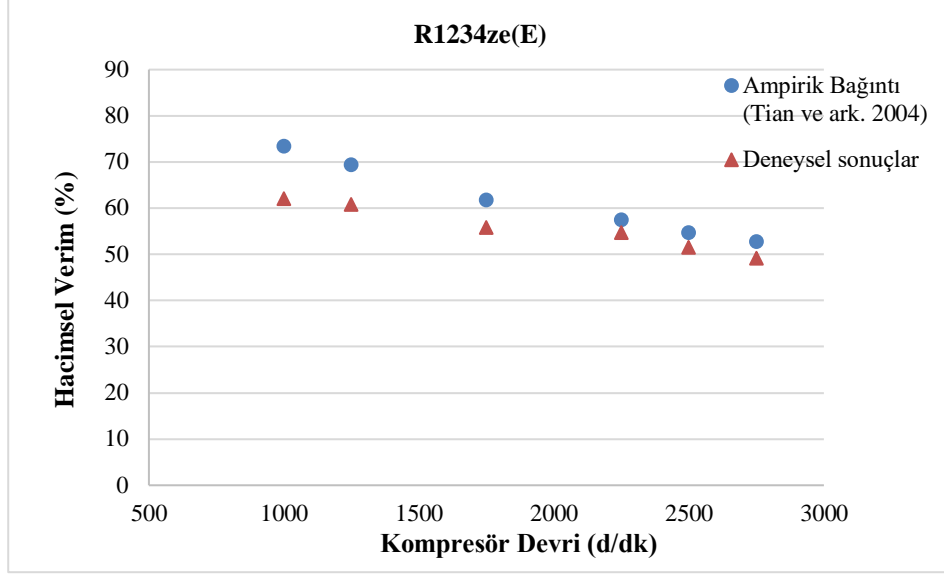
%52'den %40'a düştüğü görülmüştür. İki bağıntıya göre de artan kompresör devri ile birlikte hacimsel verim değerlerinin %50'nin altına düştüğü görülmektedir. Birbirleri arasındaki fark düşük kompresör hızı değerlerinde %30 iken kompresör devri yükseldikçe %7 ye kadar yaklaştığı görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Kompresör devrine göre hacimsel verimin değişimi (R134a)

Kompresör devri arttıkça sevk edilen debi artmaktadır. Bu durum kompresöre giren akışkan sıcaklığını düşürmektedir. Soğutucu akışkanın yoğunluğundaki değişim hacimsel verim değerleri azalmaktadır. Soğutucu akışkan olarak sistemde R1234ze(E) kullanılması durumunda hacimsel verimin değişimleri Şekil 3'te verilmektedir.

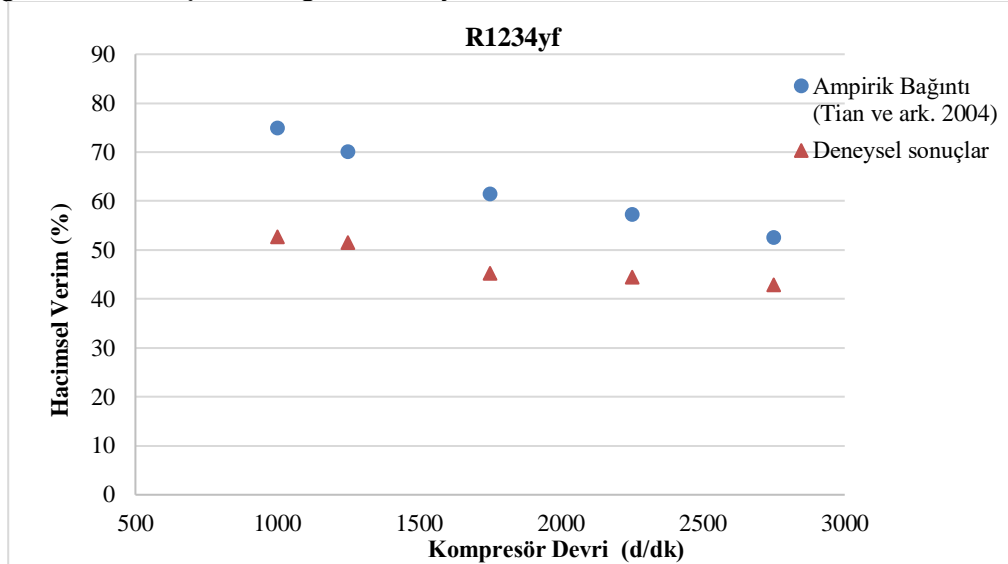
Kompresör devri 1000'den 2750 d/dk'ya çıkarılırken hacimsel verim değerlerinin Denklem 3'e göre %73'ten %53'e düştüğü Denklem 2'ye göre ise %62'den %49'a düştüğü görülmektedir. İki bağıntının birbiri arasındaki en büyük fark %15'ken en küçük fark ise %5 olarak bulunmuştur (Şekil 3).



Şekil 3: Kompresör devrine göre hacimsel verimin değişimi (R1234ze(E))

Şekil 3 incelendiğinde 1500 d/dk ile 2500 d/dk arasındaki değerlerin birbiriyle örtüştüğü bağıntının bu aralıkta daha etkin olduğu görülmektedir. Teorik debinin gerçek debi değerine oranlanması ile bulunan hacimsel verim değerinin literatürden alınan denklemlerle bulunan değerle yaklaşık olarak %5 oranında örtüştüğü görülmektedir. Düşük devirlerde ise bulunan hacimsel verim değerleri arasındaki farkın arttığı görülmektedir. Şekil 4'e göre R1234yf

yapılan deneylerde hacimsel verim ifadesi Tian deneysel bağıntısına göre %75'ten %52'ye gerçek hacimsel verim denklemine göre ise %52'den %43'e düşmektedir. İki bağıntının birbiri arasındaki en büyük fark %30 en düşük fark ise %18'dir. Örneğin 2750 d/dk iki denklem R134a ve R1234ze(E) için yaklaşık olarak %10 benzerlik göstermektedir.

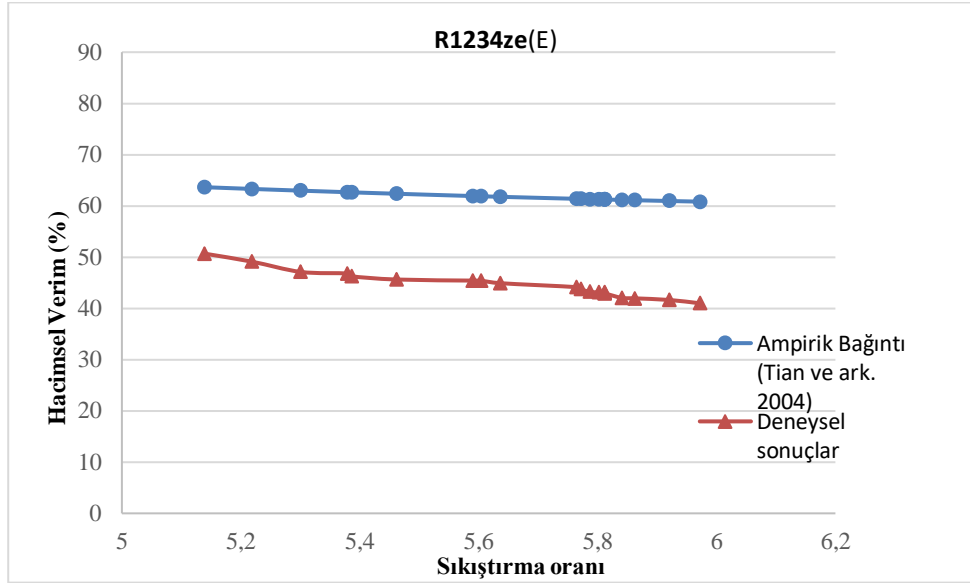


Şekil 4: Kompresör devrine göre hacimsel verimin değişimi (R1234yf)

Research article/Araştırma makalesi
 DOI: 10.29132/ijpas.881952

Şekil 4'te sıkıştırma oranları değişimlerinin hacimsel verim değeri üzerindeki etkileri anlık olarak Tian ve ark. (2004) tarafından önerilen deneysel bağıntıya ve gerçek değerlere göre değerlendirilmiştir. Tian ve ark. (2004) bağıntısına göre hacimsel verim değeri sıkıştırma oranına göre %60-63 aralığında yer almaktadır. R1234ze(E)'nin 15 °C kızgın akışkan buharı sıcaklık (superheat) değerindeki 1750 d/dk devirde hacimsel verim

değeri %61'dir (Şekil 4). Sıkıştırma oranları arttıkça hacimsel verimin değeri değişmektedir. Sıkıştırma oranlarının değişimlerine göre hacimsel değişimi %3'e kadar değişiklik göstermektedir. Deneysel çalışmadan elde edilen hacimsel verim değişimi %50 – 40 aralığı gibi büyük bir aralıkta gerçekleşmektedir. Bu da gerçek hacimsel verim ifadesinin sıkıştırma oranına göre %10'luk değişim olabileceğini gösterir.



Şekil 5. Sabit devir değerinde hacimsel verimin sıkıştırma oranına bağlı değişimi

Kompresör devir sayısı sabit tutulsa dahi buharlaştırıcı ve yoğuşturucudaki şartlar akışkan debisini dolaylı olarak da kompresör hacimsel verimini etkilemektedir. Otomobil iklimlendirme sistemlerinde dış hava şartları, motorda yaşanan ani güç artışları ve azalışları, yol şartlarındaki değişikliklerden dolayı sürekli rejim mümkün olmamaktadır. Devir sayısı, sıkıştırma oranı ve kızgın akışkan buharı sıcaklığının yanı sıra kompresör çıkış şartlarında etkin olan yoğuşturucu sıcaklığı da verim üzerinde etkili olmaktadır. Yoğuşturucudaki ısı aktarım miktarı artırılırsa devir sayısı sabit olan kompresördeki hacimsel verim yoğuşturucu şartına bağlı olarak değişmektedir. Kompresör devri sabit tutulmak kaydıyla yoğuşturucudan ısı çekilme miktarı değiştirilirse artan ısı aktarımı miktarına bağlı olarak kütleli debi değişimi gerçekleşmekte kompresör devri aynı

kalmasına rağmen hacimsel verim değeri değişmektedir.

DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada otomobil klimalarında kullanılan kompresörlerin hacimsel veriminin bulunmasında, Tian ve ark. (2004) tarafından önerilen ampirik bağıntının farklı düşük GWP'li soğutucu akışkanlar için kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde Tian ve ark. (2004) tarafından önerilen hacimsel verim bağıntısının 1500 d/dk ve üzeri değerlerde iyi bir sonuç verdiği ve gerçek değerler ile paralellik sağladığı söylenebilir. Ancak 1500 d/dk'ya kadar olan değerlerde gerçek değerlerden bir miktar sapmalar olmaktadır. İlgili bağıntının gerçek değerler ile uyumlu olması için çalışmalar yapılabilir. Soğutma sistemlerinde R134a yerine R1234yf ve R1234ze(E) kullanılması durumunda otomobil ikliması için en çok kullanılan

Research article/Araştırma makalesi
 DOI: 10.29132/ijpas.881952

devir aralıkları olan 1000 – 2750 d/dk aralığında hacimsel verim değerinin %75 ile %50 aralığında değiştiği görülmüştür. Örneğin 2750 d/dk’da Tian ve ark. (2004) tarafından önerilen bağıntıya göre R134a ve R1234ze(E) için bulunan sonuç ölçülen sonuçlara göre yaklaşık olarak %10 benzerlik göstermektedir (Şekil 5). Kompresörün çalışma şartlarına bağlı olarak kullanılan yağlama sıvısının kompresörün çalışmasına etkisi analiz edilmelidir.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Tarafından Desteklenmiştir. Proje Numarası: 216M437. Yazarlar TÜBİTAK’a desteklerinden dolayı teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

- Alkan, A., Hosoz, M., 2010a. Experimental performance of an automobile air conditioning system using a variable capacity compressor for two different types of expansion device., *International Journal of Vehicle Design*. 52: 160–176.
- Alkan, A., Hosoz, M., 2010b. Comparative performance of an automotive air conditioning system using fixed and variable capacity compressors. *International Journal of Refrigeration*, 33: 487–495.
- Direk, M., Kelesoglu, A., Akin, A. (2017) Drop-in Performance Analysis and Effect of IHX for an Automotive Air Conditioning System with R1234yf as a Replacement of R134a. *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 63: 314-319.
- Direk, M., Mert, M.S., Yüksel, F. and Keleşoğlu, A. 2018 Exergetic investigation of R1234yf automotive air conditioning system with internal heat exchanger. *International Journal of Thermodynamics*, 21(2): 103–108.
- Direk, M., Soylu, E. 2018. “The Effect of internal heat exchanger using R1234ze(E) as an alternative refrigerant in a mobile air-conditioning system”, *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, vol. 64, 2, pp.114-120.
- Güngör U., Hoşöz M., 2021. Experimental performance evaluation of an R1234yf

- automobile air conditioning system employing an internal heat exchanger. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 10(1) : 50-59.
- Güngör U., Hoşöz M., 2021 R134a’lı bir otomobil iklimlendirme sisteminde genişleme elemanı tipinin performansa etkisinin deneysel analizi. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 3(2): 214-222.
- Işık, E., Tuğan, V., 2017. Tunceli,Hakkari ve Kars optimum ısı yalıtımı kalınlığının hesaplanması. *International Journal of Pure and Applied Sciences* 3(2): 50-57
- İşkan, Ü., Direk, M., Koyunoğlu, C., Yüksel, F., 2021. Volumetric efficiency evaluation of the use of refrigerants R445a, R456a, ND and R516a with low GWP instead of R134a. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* Vol 11 (1) : 500-511.
- Lemmon, E.W., Huber, M.L., McLinden, M.O. (2014) REFPROP, NIST Standard Reference Database 23, v.9.1. National Institute of Standards. Gaithersburg, MD, USA.
- Mota-Babiloni, A., Navarro-Esbrí, J., Mendoza-Miranda, J. M., & Peris, B. (2017) Experimental evaluation of system modifications to increase R1234ze(E) cooling capacity. *Applied Thermal Engineering*, 111, pp.786–792.
- Tian, C., Dou, C., Yang, X., Li, X., 2004. A mathematical model of variable displacement wobble plate compressor for automotive air conditioning system. *Applied Thermal Engineering*, 24: 2467–2486.
- Tian, C., Dou, C., Yang, X., Li, X., 2006. A mathematical model of variable displacement swash plate compressor for automotive air conditioning system *International Journal of Refrigeration*, 29: .270–280.
- Paul Ortega Sotomayor., José Alberto Reis Parise., 2016. Characterization and simulation of an open piston compressor for application on automotive air-conditioning systems operating with R134a, R1234yf and R290” *International journal of refrigeration*, 61, pp.100–116.
- Ural, T., Akgün, M., Ertürk, M., 2020. Türkiye’de doğalgazın tüketildiği mahallerde kullanılan havalandırma menfezlerin optimizasyonu. *International Journal of Pure and Applied Sciences* 6(2): 157-168.

Research article/Araştırma makalesi
DOI: 10.29132/ijpas.881952

Ünlüsoy, S., Tekin, G. (2010) Design and Simulation of an Integrated Active Yaw Control System for Road Vehicles. International Journal of Vehicle Design, 52 (1): 5-19.