



R22 GAZINA ALTERNATİF BİR SOĞUTUCU GAZIN, YENİDEN DOLUM İŞLEMİ İÇİN ARAŞTIRILMASI

Alternative cooling fluid study to replace R22 gas for the refilling of air conditioners

Sadık Berk Zeybek
Miraç Kan

ÖZET

R22 gazının 2015 yılında yasaklanması ile birlikte, piyasada halihazırda kullanılan klimaların bakım onarım süreçlerinde, klimanın gaz eksilmesi gibi durumlarda olası bir yeniden dolun işlemi gibi operasyonlar için alternatif bir gaz türünün belirlenmesi için araştırma yapılmıştır. R22 gazına alternatif olarak bilinen R407c, R410a, R417a gazları araştırılmıştır. Sistemde herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılacak gazın R417a gazı olduğu anlaşılmıştır. Tüketilen güç, basınç düşümü, ısı transfer katsayısı, kapasite ve verimlilik testlerinin sonuçları R22 gazı ile kıyaslanmıştır. Bu doğrultuda bakım onarım süreçlerinde R22 gazı yerine R417a gazı ile dolun yapılabileceği de tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Klima, R22, R417a, yeniden doldurma, soğutucu akışkan.

ABSTRACT

R22 refrigerant has been forbidden since 2015, therefore in this study the new alternative cooling liquids are tested to refill the air conditioners currently used in market. R407c, R410a, R417a gases known as alternatives to R22 gas were investigated. It has been understood that R417a gas can be used without any changes in the system. The results of the test which include power consumption, pressure drop of evaporation and condensation process, heat transfer coefficient, capacity and efficiency values were compared with R22 gas. In this direction, it has been determined that filling can be made with R417a instead of R22 gas in maintenance and repair processes.

Key Words: Air conditioner, R22, R417a, refilling, refrigerant.

1. GİRİŞ

R22 gazı yaygın bir şekilde, klimalarda, ısı pompalarında ve derin dondurucularda soğutucu akışkan olarak kullanılmıştır [1]. Ancak bu gazın sahip olduğu ozon gazını azaltma potansiyeli ve küresel ısınmaya etkisi nedeniyle bu gaz Montreal Protokolüne göre kademeli olarak yasaklanmıştır [2]. Alternatif olarak kullanılan R410a, R407c ve R404a gibi gazların yüksek küresel ısınma potansiyeli (GWP) değeri nedeniyle kullanılması iyi bir çözüm olarak görülmemektedir. Bu nedenle R22 gazına alternatif olabilecek soğutucu gazların bulunması ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Bu doğrultuda, piyasaya satışı yapılmış ve müşterilerde kullanılan klimalarda bakım/onarım sırasında yasaklanmış R22 gazının yerine, aynı sistemde herhangi bir optimizasyona gerek duymadan güvenli bir şekilde çalışabilecek bir soğutucu gazın tespit edilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, çalışmada R407c, R410a ve R417a gazlarının klimalar üzerinde herhangi bir sistem optimizasyonu yapmadan kullanılabilirliği araştırılmıştır.

R22 gazı mineral yağlı, alkil benzen yağlı ve sentetik yağlı sistemlerde çalışabilmektedir. R407c ve R410a, hidroflorokarbon (HFC) soğutucu akışkanlardır. HFC soğutucu akışkanlar mineral yağ ile iyi karışmadığından, bu gazların kullanıldığı sistemlerde yağlayıcı olarak sentetik yağ gereklidir [3,4,5,6,7]. R417a, sentetik yağ gerektirmez. Çünkü R417a, ağırlıkça %3,4 R600 (bütan) içerir. R417a'nın bu benzersiz özelliği, karışımdaki %3,4'lük R600 (bütan) gazının mükemmel bir yağ taşıyıcı özelliğine sahip olmasından kaynaklanır, ek olarak geleneksel mineral yağlar veya alkil benzen yağlayıcılarla uyumludur [8]. Bu sayede, R417a herhangi bir değişiklik yapılmadan mevcut R22 gazı içeren sistemde gerçek bir yedek parça olarak hizmet edebilir.

Tablo 1. R22 gazına alternatif olarak incelenen gazların özellikleri

| Özellikler | R22 | R407c | R410a | R417a |
|--|--------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Birleşim | CHCIF ₂ | R32/R125/R134A (%23 / %25 /%52) | R32/R125 (%50 / %50) | R125/R134A/R600 (%46,6/%50/%3,4) |
| ODP [R11]=1 | 0,055 | 0 | 0 | 0 |
| GWP _(100a) [CO ₂]=1 | 1700 | 1525 | 1725 | 1950 |
| Kritik sıcaklık (°C) | 96,15 | 86,1 | 70,2 | ---- |
| Kritik basınç | 49,9 | 46,35 | 47,90 | ---- |
| Kullanılacak yağ | MO, AB, POE | POE | POE | MO, AB, POE |

Teorik açıdan COP değerleri incelendiğinde, R22 gazı en yüksek COP değerine sahiptir, bu gazı sırasıyla R417a, R407c ve R410a gazları izlemektedir. Soğutucu akışkanlar kapasite değerlerine göre yüksekten düşüğe sıralandığında R410a, R407c, R22 ve son olarak ise R417a gazı gelmektedir. Evaporasyon ve kondenzasyon süreçlerinde R417a gazının basınç düşümü R22 ve R407c gazlarına göre düşük, ancak R410a gazına göre oldukça yüksektir. R407c gazı R22 gazı ile hemen hemen aynı basınç düşümü değerine sahiptir. R417a gazının R22'ye göre daha düşük basınç düşümü değerinin olması COP değerini artırıcı bir etki yaratmaktadır [9]. Fakat R417a gazının R22'ye göre ısı transfer katsayısının %30 daha düşük olması da COP değerini ve kapasiteyi aşağıya çekmektedir [3,7,8]. R417a gazının R22 gazına göre hacimsel kapasitesi %20 daha düşüktür. Kompresör çıkış sıcaklıkları ve sıkıştırma oranları kıyaslandığında ise R22 gazı ile R417a gazı arasında dikkate değer bir fark yoktur. R22'den R417a gazına geçilmesi durumunda %10-15 arası EER ve COP kaybı, %12-20 arasında kapasite kaybı meydana gelmiştir. R417a gazının kompresör çıkış sıcaklığının R22'ye göre düşük olması gazın kompresöre zarar verme riskini ortadan kaldırmaktadır [9].

Tüm bu durumları göz önünde bulundurarak, R417a gazının R22'ye uygun bir alternatif soğutucu akışkan olduğu kanaatine vararak, literatür araştırmalarının paralelinde deneysel olarak analizler yapılmıştır. R22 sistemler için sahadan temin edilen R22 gazlı klimalar kullanılmıştır.

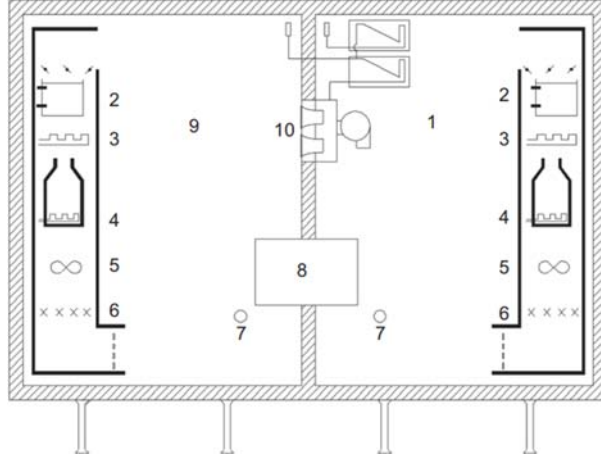
2. DENEYLERİN SONUÇLARI

2.1. Deney Parametrelerinin Belirlenmesi

2.1.1. Deneylerde Kullanılan Cihazlar

Kapasite, güç girişi, EER ve kompresör çıkış sıcaklıklarını ölçmek için test odaları kullanılmıştır. Test odalarının temel amacı, farklı test koşullarını gerçekleştirmektir. Şekil 1'de gösterilen test odasında, ASHRAE 'de de açıklandığı gibi ölçümler; soğutma kapasitesi, nem alma kapasitesi ve klimanın ısı değiştiricisinden geçen hava kütle akış hızları hakkında hava tarafı verilerini içermelidir. Test odası sıcaklık ve nem ayarlamaları yaparak, test odasının kuru termometre ve yağ termometre sıcaklıklarını test koşullarına getirir. Test odası farklı kuru ve yağ termometre sıcaklıklarına ayarlanmış iç ve dış odadan oluşmaktadır. ASHRAE 37'de tanımlanan Sekil-2'de gösterilen tünel hava entalpi ölçüm metoduna uygun olarak klimaların kapasite ve verimlilik ölçümleri iç odada yer alan entalpi tüneli

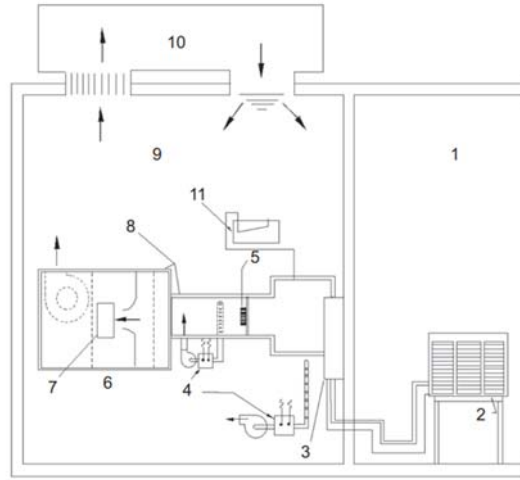
sayesinde net bir şekilde gerçekleştirilir. Sıcaklık ve basınç sensörleri düzenli olarak kalibre edilmektedir.



- | | |
|---------------------|----------------------------|
| 1) dış ünite odası | 6) karışım bölmesi |
| 2) soğutucu eşanjör | 7) hava örnekleme tüpü |
| 3) ısıtıcı eşanjör | 8) test numunesi |
| 4) nemlendirici | 9) iç ünite odası |
| 5) fan | 10) basınç eşitleme cihazı |

Şekil 1. Kalorimetrik Test Odası (ISO 5151, 2010)

Kalibrasyonu yapılmış PT100 sensörleri sıcaklık ölçümü için kullanılmaktadır. Klimanın güç tüketimi $\pm 0,1\%$ hassasiyet değerine sahip WT330, YOKOGAWA marka güç ölçer ile, klimanın iç ünite hava debisi ölçümü ise $\pm 0,25$ hassasiyet değerine sahip EJA110A, YOKOGAWA marka fark basınç dönüştürücüsü ile hesaplanmaktadır. Sıcaklık, basınç farkı ve güç tüketimlerini elde etmek için is MX100, YOKOGAWA marka veri kaydedici kullanılmıştır.



- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1) dış ünite odası | 7) kapı/pencere |
| 2) dış ünite | 8) izolasyon |
| 3) iç ünite | 9) iç ünite odası |
| 4) hava sıcaklığı ve nem ölçer | 10) oda şartlandırma ekipmanları |
| 5) karıştırıcı | 11) fark basınç ölçüm cihazı |

Şekil 2. Tünel hava entalpisi ölçüm yöntemi (ISO 5151, 2010)

Kapasite ölçümleri, iç ünite odası tarafında, klimanın emiş yaptığı ve üflediği havanın entalpi farklı ve hava debisi ölçülerek gerçekleştirilir. Hava debisi ölçüm ekipmanları ASHRAE 51 standartlarına uygundur.

Bu odalarda altı farklı test koşulu ayarlanarak kapasite ölçümleri yapılmıştır. Soğutma ve ısıtma modlarında soğutucu gazların performansları farklı ortam koşullarında test edilmiştir. Soğutma testleri aşağıdaki koşullarda yürütülmüştür.

- İç ortam sıcaklığı 27°C kuru termometre sıcaklığı, 19°C yaş termometre sıcaklığı değerine getirilmiş, dış ortam sıcaklığı ise 35°C kuru termometre, 24°C yaş termometre sıcaklığı değerinde ayarlanmış ve kapasite, EER, güç tüketimi ve kompresör çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür.
- Zorlayıcı termal şartlarda soğutucu gazların performans ölçümlerini yapabilmek için, iç ortam sıcaklığı 32°C kuru termometre sıcaklığı, 23°C yaş termometre sıcaklığı değerine getirilmiş, dış ortam sıcaklığı ise 43°C kuru termometre, 24°C yaş termometre sıcaklığı değerinde ayarlanmış ve kapasite, EER, güç tüketimi ve kompresör çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür.
- Aşırı zorlayıcı termal şartlarda gazların performans ölçümlerini yapabilmek için, iç ortam sıcaklığı 32°C kuru termometre sıcaklığı, 23°C yaş termometre sıcaklığı değerine getirilmiş, dış ortam sıcaklığı ise 48°C kuru termometre, 29°C yaş termometre sıcaklığı değerinde ayarlanmış ve kapasite, EER, güç tüketimi ve kompresör çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür.

Deney şartları Tablo 2'de özetlenmiştir. Tablo 2'de görülen Soğutma 43°C deneyi: Zorlayıcı termal şartları, Soğutma 48°C deneyi ise aşırı zorlayıcı termal şartları ifade etmektedir.

Isıtma testleri aşağıdaki koşullarda yürütülmüştür.

- İç ortam sıcaklığı, 20°C kuru termometre sıcaklığı, 15°C yaş termometre sıcaklığı değerine getirilmiş, dış ortam sıcaklığı ise 7°C kuru termometre, 6°C yaş termometre sıcaklığı değerinde ayarlanmış ve kapasite, EER, güç tüketimi ve kompresör çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür.
- Zorlayıcı termal şartlarda soğutucu gazların performans ölçümlerini yapabilmek için iç ortam sıcaklığı 20°C kuru termometre sıcaklığı, 15°C yaş termometre sıcaklığı değerine getirilmiş, dış ortam sıcaklığı ise, 2°C kuru termometre, 1°C yaş termometre sıcaklığı değerinde ayarlanmış ve kapasite, EER, güç tüketimi ve kompresör çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür.
- Aşırı zorlayıcı termal şartlarda gazların performans ölçümlerini yapabilmek için, iç ortam sıcaklığı 20°C kuru termometre sıcaklığı, 15°C yaş termometre sıcaklığı değerine getirilmiş, dış ortam sıcaklığı ise, -5°C kuru termometre, -6°C yaş termometre sıcaklığı değerinde ayarlanmış ve kapasite, EER, güç tüketimi ve kompresör çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür.

Deney şartları Tablo 2'de özetlenmiştir. Tablo 2'de görülen Isıtma 2/1°C deneyi: Zorlayıcı termal şartları, Soğutma -5°C deneyi ise aşırı zorlayıcı termal şartları ifade etmektedir.

Tablo 2. Deneylerin Gerçekleştirildiği Ortam Sıcaklıkları

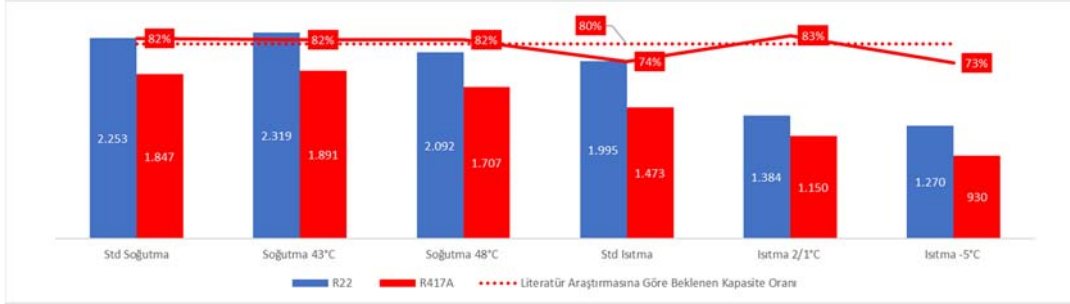
| | Test | İç Ortam* | Dış Ortam* |
|---------|--------------|-------------|-------------|
| SOĞUTMA | Std Soğutma | 27°C (19°C) | 35°C (24°C) |
| | Soğutma 43°C | 32°C (23°C) | 43°C (24°C) |
| | Soğutma 48°C | 32°C (23°C) | 48°C (29°C) |
| ISITMA | Std Isıtma | 20°C (15°C) | 7°C (6°C) |
| | Isıtma 2/1°C | 20°C (15°C) | 2°C (1°C) |
| | Isıtma -5°C | 20°C (15°C) | -5°C (-6°C) |

*Kuru Termometre Sıcaklığı (Yaş Termometre Sıcaklığı)

2.2. Kapasite Ölçümleri

Aynı klimada R417a ve R22 gazları ile yapılan kapasite ölçüm sonuçları aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Kapasite ölçümleri tablo 2'de belirtilen ortam şartlarında yapılmıştır. R22 gazından R417a gazına geçildiğinde eklenen gaz miktarında kütlece %20 artış olmuştur. R417a gazı R22'ye

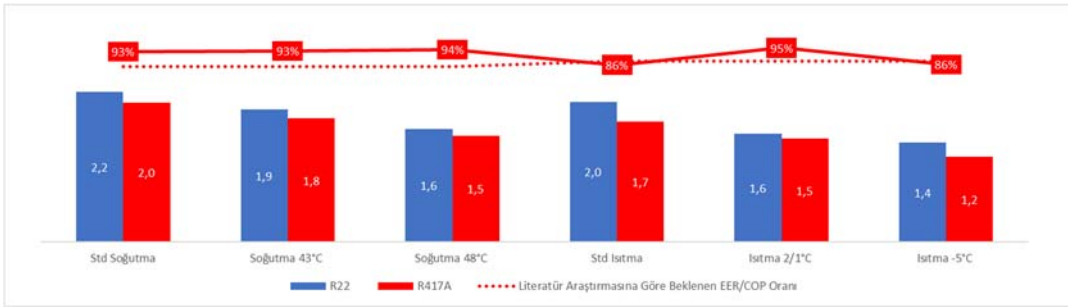
göre soğutmada %18, ısıtmada ise %17 ile %27 arasında düşüş göstermiştir. Böylece R417a gazının R22 yerine kullanımı için yapılan kapasite testi sonucunda elde edilen değerler literatür verisini doğrulamıştır.



Şekil 2. R22 ve R417A gazı kapasite kıyaslanması.

2.3. EER ve COP Ölçümleri

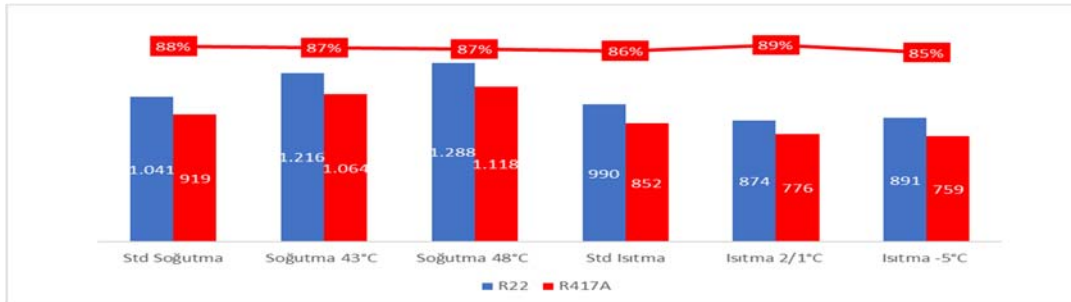
Aynı klimada R417a ve R22 gazları ile yapılan kapasite ölçüm sonuçları aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Kapasite ölçümleri tablo 2'de belirtilen ortam şartlarında yapılmıştır. Deneylerde R417a gazı R22 gazına göre %20 daha fazla kullanılmıştır. EER değerleri soğutma testlerinden, COP değerleri ise ısıtma testlerinden elde edilmiştir. Grafikten de görüleceği üzere, R417a gazı R22 gazına göre soğutmada %7, ısıtmada ise %5 ile %14 arasında düşüş göstermiştir. Böylece R417a gazının R22 yerine kullanımı için yapılan EER ve COP ölçümleri literatür verisini doğrulamıştır.



Şekil 3. R22 ve R417A gazı EER ve COP değerlerinin kıyaslanması.

2.4. Güç Tüketimi Ölçümleri

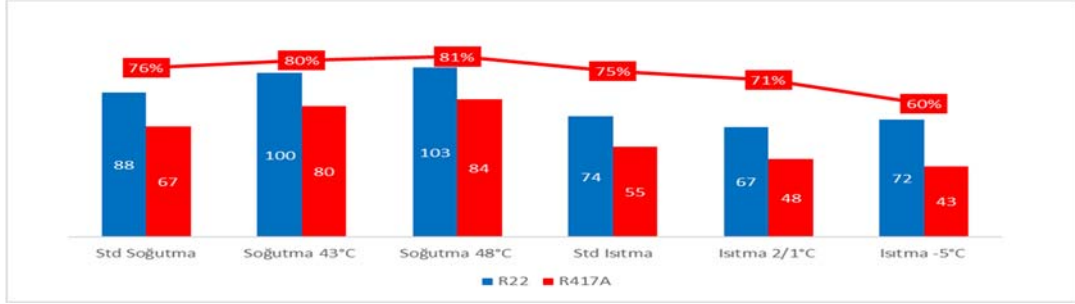
Aynı klimada R417a ve R22 gazları ile yapılan güç tüketimi ölçüm sonuçları aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Güç tüketimi ölçümleri tablo 2'de belirtilen ortam şartlarında yapılmıştır. Deneylerde R417a gazı R22 gazına göre %20 daha fazla kullanılmıştır. Grafikten de görüleceği üzere, R417a gazı R22'ye göre soğutmada %13, ısıtmada ise %11 ile %15 arasında düşüş göstermiştir. Böylece R417a gazının R22 yerine kullanımı için yapılan güç tüketimi ölçümleri literatür verisini doğrulamıştır.



Şekil 4. R22 ve R417A gazı güç tüketimi değerlerinin kıyaslanması.

2.4. Soğutucu Akışkan Kompresör Çıkış Sıcaklığı Ölçümleri

Aynı klimada R417a ve R22 gazları ile yapılan kompresör çıkış sıcaklığı ölçüm sonuçları aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Kompresör çıkış sıcaklığı ölçümleri tablo 2’de belirtilen ortam şartlarında yapılmıştır. Deneylerde R417a gazı R22 gazına göre %20 daha fazla kullanılmıştır. Grafikten de görüleceği üzere, R417a gazı R22’ye göre soğutmada %19 ile %24, ısıtmada ise %25 ile %40 arasında düşüş göstermiştir. Bu durum kompresörün yüksek sıcaklıklar nedeniyle zarar görmesini engellemektedir. Böylece R417a gazının R22 yerine kullanımı için yapılan kompresör çıkış sıcaklığı ölçümleri literatür verisini doğrulamıştır.



Şekil 5. R22 ve R417a gazı kompresör çıkış sıcaklığı değerlerinin kıyaslanması.

Yapılan ısıtma deneylerinde ısıtma sırasında kondenser üzerinde biriken buz çözmek için gerçekleştirdiği sıcak-gaz ile buz çözme süresinde bir artış gözlenmemiş, dolayısıyla ısıtma esnasında konfor şartlarını negatif anlamda etkileyecek bir durum oluşmamıştır.

SONUÇ

R417a soğutucu gazı kullanıldığında, sistemde herhangi bir ekipman değişikliğine gidilmeden klimanın çalışabildiği görülmüştür. Ayrıca R22 gazına göre daha düşük kompresör çıkış sıcaklığına sahip olduğu için kompresörün yanma riski de ortadan kaldırılmıştır. R417A gazının hacimsel kapasitesinin R22 gazına göre %20 ve ısı transfer katsayısının %30 daha düşük olması nedeniyle yeniden dolum işlemlerinde R22’ye göre %20 kadar fazla miktarda R417a gazı kullanılmıştır. R417a gazı R22 gazına göre kapasitenin soğutmada %82’sini, ısıtmada ise kapasitenin %73-83 arasını verebildiği görülmüştür. R417a gazı R22’ye göre soğutmada EER değerinin %93’ünü, ısıtmada ise COP değerinin %86 ile %95’ini verebildiği görülmüştür. Güç tüketimi olarak R417a gazının çektiği güç, R22 gazına göre soğutmada %12-13, ısıtmada ise %11-15 daha düşüktür. Kompresör çıkış sıcaklıklarının R22 gazına göre oldukça düşük olması da R417a gazına geçişte kompresör yanması gibi problemlerin ortaya çıkmayacağını göstermektedir. Yapılan deneylerde klima emniyetli bir şekilde çalışmış herhangi bir uygunsuzluk gözlenmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Wang, L., et al., *Feasibility of using near-azeotropic refrigerant mixture R290/R1234ze (E) as substitute for R22. Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2021. 40(3): p. e13574.
2. Fang, Y., et al., *Evaluation on Cycle Performance of R161 as a Drop-in Replacement for R407C in Small-Scale Air Conditioning Systems. Journal of Thermal Science*, 2022. 31(6): p. 2068-2076.
3. Sami, S.M., Song, B., and Poirier, B., “Energy Efficiency Analysis of A new Ternary HFC Alternative,” *Int. J. Refrigeration*, Vol. 21, 1997, pp.1071–1079.



4. Wijaya, Halim, "Two-Phase Flow Heat transfer and Pressure Drop Characteristics of R22 and R32/R125," *ASHRAE Transactions*, Vol. 101(2), 1995.
5. Mei, V.C., Domitrovic, R., and Chen, F.C., "Experimental Study of an R407c Drop-in Test on an Off-the-Shelf Air Conditioner with a CounterCross-Flow Evaporator," *ASHRAE Transactions*, 104(2), 1998, pp.833–840.
6. Greco, A., Mastrullo, R., and Palombo, A., "R407c as an Alternative to R22 in Vapour Compression plant: An Experimental Study," *Int. J. of Energy Research*, 21(12), 1997, pp.1087–1098.
7. Henderson, P.C., Mongey, B., Hewitt, N.J., and McMullan, J.T., "Replacing R22 with a Hydrocarbon or Hydrofluorocarbon?" *Int. J. Energy Research*, Vol.25, 2001, pp.281-290.
8. Hundy, G.F., and Pham, H.M., "Effect of Refrigerant Choice on Efficiency in Air Conditioning," *Annual Conference of the Institute of Refrigeration*, Nov. 1, 2001, London, UK.
9. Investigation of R417A as a Drop-In Alternative for R22 in a Residential Heat Pump. Zhiming Gao, Viung C Mei, Fang C Chen, John Tomlinson Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN 37831-6070

ÖZGEÇMİŞ

Sadık Berk ZEYBEK

1992 yılı Elazığ doğumludur. 2015 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2016 yılından HVAC sektöründe çeşitli firmalarda Ar-Ge mühendisi olarak görev almıştır. 2022 yılı itibarıyla Arçelik-LG firması bünyesinde Ar-Ge Sistem Tasarım Yöneticiliğinde Ar-Ge mühendisi olarak görev yapmaktadır. Klima santralleri, Isı geri kazanım üniteleri ve RAC ürün gamları özelinde çalışmaları bulunmaktadır.

Miraç KAN

1992 yılı Rize-Çayeli doğumludur. 2014 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversitede Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir. 2015 yılında Arçelik-LG Klima A.Ş. Ar-Ge Müdürlüğü Sistem Tasarım Yöneticiliğinde Araştırma Geliştirme Mühendisi olarak işe başlamıştır. Aynı şirkette 2019 yılında Kıdemli Uzman, 2021 yılında Teknik Lider unvanları almış ve 2022 yılında da aynı ekibin yöneticisi olmuştur. Soğutma sistemlerinin tasarımı, CFD analizleri ve psikrometrik tip test laboratuvarında performans ve güvenilirlik testleri konularında çalışmaları yapmaktadır.