

OTOMOBİL KLİMA SİSTEMLERİNDE R152a GAZI KULLANIMI VE ÖZELLİKLERİ

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 (yanıcılık, zehirliliği, termodinamik özellikleri ve 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 152a gazı performansını değerlendirmek için hesaplamalar yapılmıştır. Sabit bir evaporatör soğutma yükünde ($Q_e=1,5$ kW) kondenserde atılan ısı yükler, kompresörün çektiği güç (W_k) ve soğutma tesir katsayıları (COP) farklı evaporatör buharlaşma sıcaklıkları ($T_e=(-20)-10^\circ\text{C}$ aralığında) ve farklı kompresör devir sayılarında ($n=450-1800$ dev/dak aralığında) incelenmiştir. Çalışma sonunda incelen gazlar için R152 gazının R134a gazı ile hemen hemen aynı performansa sahip olduğu görülmüştür. Buda mevcut otomobil sistemlerinde R-134a gazı kullanan soğutma sistemlerinde çok küçük değişiklikler yapılarak veya hiç değişiklik yapılmadan kullanabileceğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: R-152a gazı, Otomobil Klima Sistemleri, Küresel Isınma, Ozon incelmesi, Ozon delinmesi, Alternatif Gazlar

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-152 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 ($Q_e=1,5$ Kw), the heat rejected from the condenser, compressor power and performance coefficient of the AC system (COP) have been studied for various evaporator temperature ($T_e=(-20)-10^\circ\text{C}$) and compressor

rotational speeds ($n=450-1800$ 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.

Keywords: R-152a refrigerant, Air conditioning system of automobile, Global warming, Ozone depletion, Ozone hole, Alternative refrigerants

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].

CFC ve HCFC Soğutucu akışkanların ise atmosferin yukarı tabakasında bulunan, stosfer 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 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 R134a gazı kullanımı tamamen ortadan kaldırılmış olacaktır. Bu değişim sürecinde Otomotiv endüstrisi ve kimya endüstrisi, soğutucu akışkan olabilecek bir alternatif üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Bu alternatifin, mevcut sistem ekipmanların da 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 yapısal ayrıca değişikliklere neden olacağı için, sentetik soğutucu akışkanlara doğru çalışmalar yoğunlaştırılmaktadır [6]. Yapılan çalışmalarda R134a soğutucu akışkanının yerine kullanılacak doğrudan sistemde yapısal değişikliğe sebep olmadan çalışabilecek alternatif gazlardan R152a 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.

Bu akışkanların 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 doğalgazlardan sentezlenmiş olup klor yerine hidrojen ikame 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 dolaşmamaktadır. Bunun sonucunda yağ, sistemin kondenser ve özellikle evaporatörde sıvılaşıp ısı geçişini önemli ölçüde azaltmaktadır.

R22 Gazı: Diğer florokarbon soğutucu akışkanlarda olduğu gibi R22'de emniyetle kullanılacak zehirsiz, yanmayan, patlamayan bir akışkandır. R22, 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 (R12'ye nazaran takriben 0.60 katı) ve dolayısıyla yer kazancı sağlaması yönünden tercih edilir. Çalışma basınçları ve sıcaklıkları R12'den daha yüksek seviyede ve fakat birim soğutma kapasitesi için gerekli tahrik gücü takriben aynıdır.

R134a gazı (CF₂CH₂F): Ev tipi soğutucular, dondurucular ve otomobil klimaları. R134a, termodinamik ve fiziksel özellikleri ile R12'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 R12 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. Hidroflorokarbon soğutucu akışkanı R134a, buzdolaplarında kullanım açısından lider durumundadır. R134a'nın ozon tüketim potansiyeli (ODP) sıfır olmasına rağmen, Küresel ısınma potansiyeli (GWP) diğer soğutucu akışkanlara göre yüksektir (Tablo 1).

Tablo 1. Gazların Termodinamik Özellikleri.

Soğutucu Akışkan	Kimyasal Formül	Molekül Ağırlığı	Kaynama Noktası (°C)	Ozon Tüketim Potansiyeli (ODP)	Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)
R32	CH ₂ F ₂	52	-51.7	0	650
R134a	C ₂ H ₂ F ₂	102	-26.1	0	1300
R152a	C ₂ H ₄ F ₂	66	-24.0	0	140

Yüksek Küresel Isınma Potansiyeline (GWP) sahip R134a gazı için uluslararası endişeler, bazı Avrupa ülkelerini R134a'nın soğutucu/donduruculardan kaldırılmasına ve buzdolaplarında kullanımının terk etmesine yol açmıştır. Bu sebepten dolayı R134a'nın kullanımı ve üretimi yakın gelecekte sona erdirilecektir. Bu nedenle termodinamik olarak R134a kadar etkili soğutucu akışkanlara ihtiyaç

duyulacaktır. Bu makalede, buhar sıkıştırılmalı arabaların soğutucu sistemlerinde R134a ve diğer iki düşük GWP ye sahip HFC soğutucu akışkanın (R22 ve R152a) 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 gösterilmiştir. 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 sınıfını B olarak belirtilmiştir.

Tablo 2. Soğutucu Akışkanların Zehirlenme Etkisi.

Soğutucu akışkan	ATEL (ppm)-(mg/L)
R-12	18 000
R-134a	50 000
R152a	50 000
CO2	40 000
R-1234yf	101 000

Tablo.3. Yanıcılık Sınıflandırılması.

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.

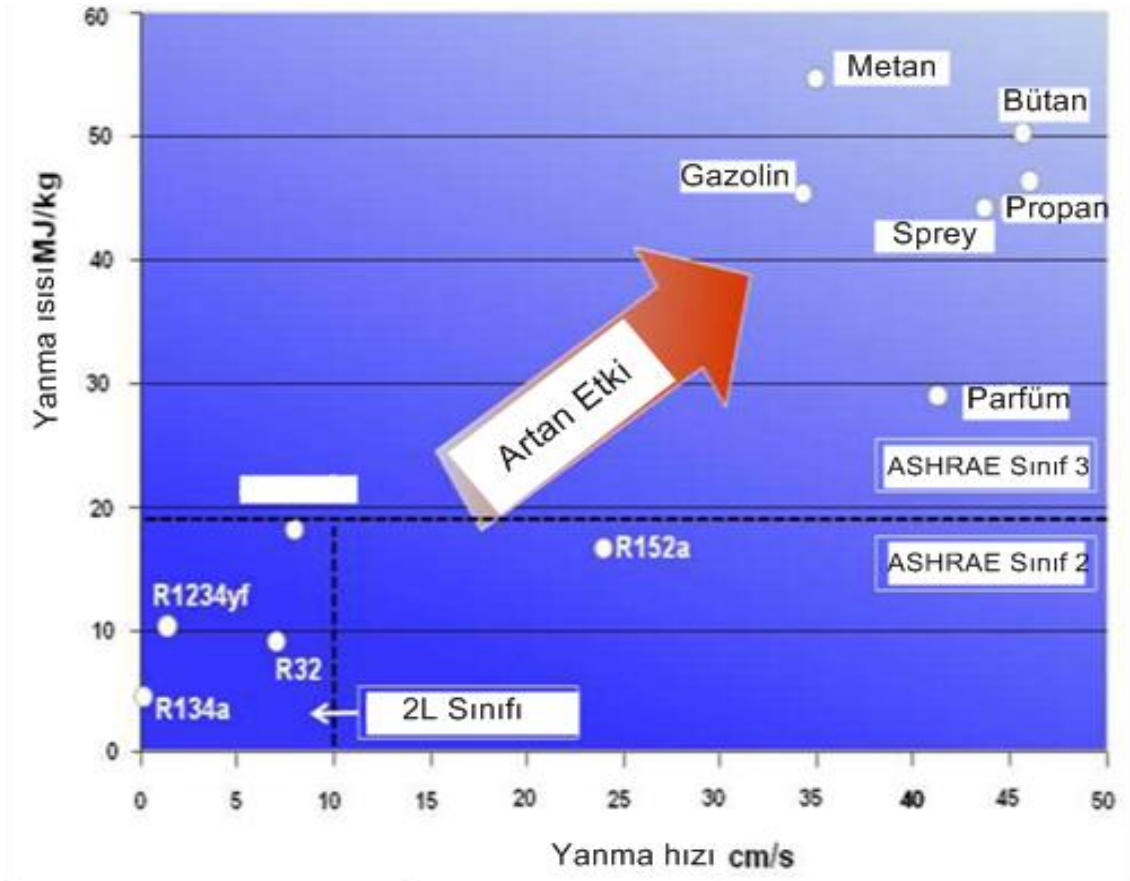
- Sınıf 1; 21°C'de ve 101 kPa basınçta alevlenme testinde yanmayan soğutkanları gösterir;
- Sınıf 2; 21°C'de, 101 kPa basınçta 0.10 kg/m³ yoğunlukta düşük yanıcılık gösteren ve 19 kJ/kg dan düşük yanma ısısı üreten soğutkanları ifade eder (HOC<19MJ/kg),

- 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 ısısı üreten soğutkanları ifade eder (HOC>19MJ/kg).

2.6. Yanıcılık Temelleri

Yanma limitlerini belirleyen iki kavram; alt yanma limiti (LFL: lower flame limit) ve üst yanma limitidir (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 soğutkan miktarını göstermektedir. Havadaki soğutkan 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.

R152a Soğutkanı R12 ve R134a dan daha iyi COP'a sahip olan, Termodinamik ve fiziksel özellikleri R12 ve R134a'ya çok yakın olan bu yüzden dönüşümlerde kompresörde herhangi bir modifikasyona gerek bulundurmayan bir soğutkandır ve R152a gazı mineral yağlarla da iyi uyum sağlayan gazdır.



Şekil 1. Yanmanın Yaratacağı Etki

Ozon tahribatına neden olmayan ve sera etkisi çok düşük olan bir gazdır. Yanıcı ve kokusuz olan R152a zehirleyici özellik göstermez [13]. Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve kullanımı yasaklanan gazların yerine kullanılabilmesi için, teknik özelliklerinin, istenen seviyede olması gerekmektedir. R152a soğutkanı için bazı teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 4. Soğutucu gaz R152a'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]

3. SOĞUTMA SİSTEMİ İÇİN HESAPLAMALAR

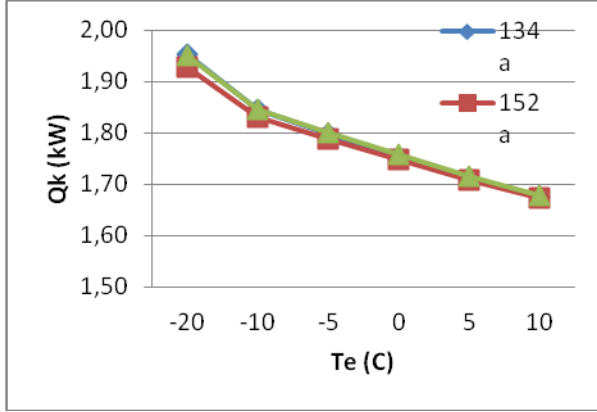
Otomobil soğutma sistemlerinin performans değerlerini bulmak için farklı evaporatör sıcaklıkları ($T_e = (-20) - 10^\circ\text{C}$), farklı kompresör devir sayıları ($n = 450 - 1800$ dev/dak), sabit kondenser sıcaklığı ($T_k = 40^\circ\text{C}$) ve sabit soğutma yük ($Q_e = 1,5$ KW) değeri için hesaplamalar paket programı COOLPACK kullanılarak yapılmıştır. Soğutucu gazlar R152a, R134a ve R22 dikkate alınmıştır. Tüm hesaplamalarda gerçek uygulamalara benzemesi için soğutma sisteminde aşırı soğutma $\Delta T_{asog} = 7^\circ\text{C}$, aşırı kızdırma $\Delta T_{akizg} = 5^\circ\text{C}$, volumetrik verim $= 0,7$ alınmıştır. Kompresör 4 silindirli, silindir çapı 35 mm, strok uzunluğu 28,5 mm alınmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

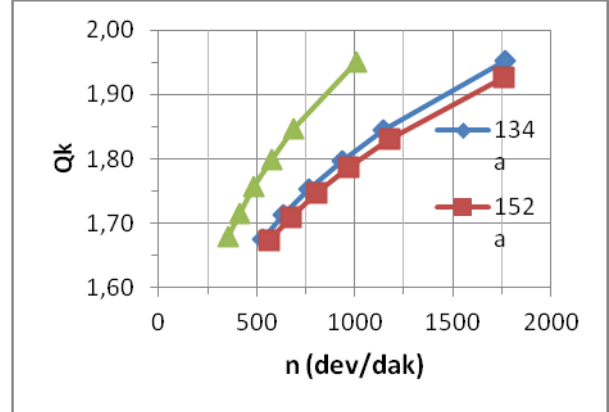
Şekil 2'de Kondenserde atılan ısı yükünün (Q_k) evaporatör buharlaşma sıcaklığına (T_e) göre değişimi gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi R152a, R134a ve R22 gazları için kondensere atılan ısı yükleri büyük benzerlik göstermektedir. Düşük evaporatör buharlaşma sıcaklıklarında kondenserde atılan ısı yükleri daha fazla olmakta ve evaporatör sıcaklığı yükseldikçe kondenserde de atılan ısı yükleri de yavaşça azalmaktadır. Bunun nedeni düşük evaporatör sıcaklıklarında kompresör için daha fazla güç çekmekte ve bunun sonucunda kondenserde ısı yükü 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 kondenser atılan ısı yükü artmaktadır. Burada devir sayısı ile birlikte kompresörde harcanan iş artmakta ve sonuçta evaporatörde atılan ısı yükü de artmaktadır.

Şekil 6'de 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 R134a ile R152a 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 R134a ve R152 gazları için hemen hemen aynı olmaktadır. Diğer iki gazın devir sayıları R22 gazı ile karşılaştırıldığında düşük evaporatör sıcaklıklarında yaklaşık %80'lik bir artış görülmektedir.

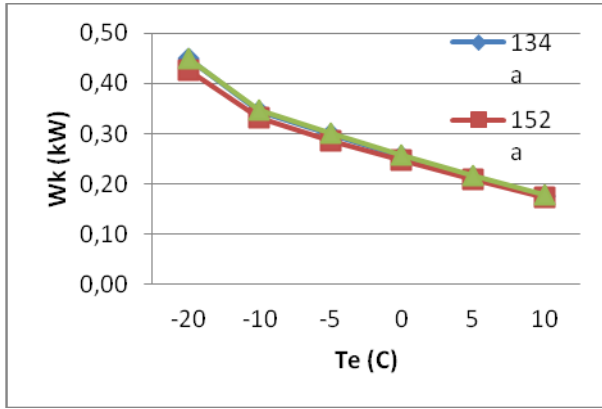
Şekil 7’de kompresörün giriş ve çıkış basınç oranlarının evaporatör buharlaşma sıcaklıklarına göre değişimi gösterilmiştir. Buradan görüldüğü gibi artan buharlaşma sıcaklığı ile basınç oranları düşmekte ve basınç oranları R134a ve R152 gazları için hemen hemen aynı olmaktadır. Bu durum soğutma tesisatında herhangi bir değişiklik yapılmadan aynı basınç oranlarında çalışan tesisatta R134a gazı yerine R52a gazının kullanılabilceğini bize göstermektedir. Ya da çok küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilceği anlamına gelmektedir. Genelde soğutma sistemleri tesisatındaki 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.



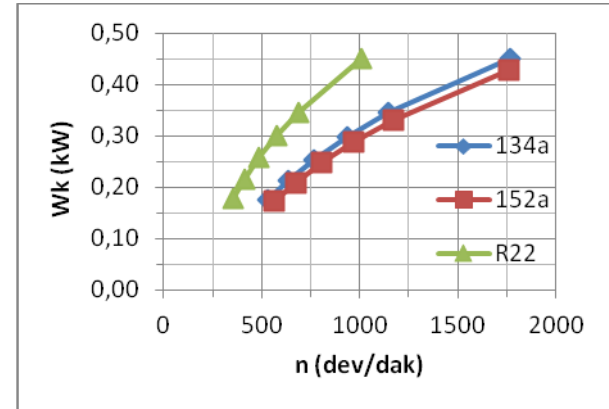
Şekil 2. Kondenser de Atılan Isı Yükünün Evaporatör Buharlaşma Sıcaklıkları İle Değişimi ($T_k=40^\circ\text{C}$, $Q_e=1,5\text{ kW}$)



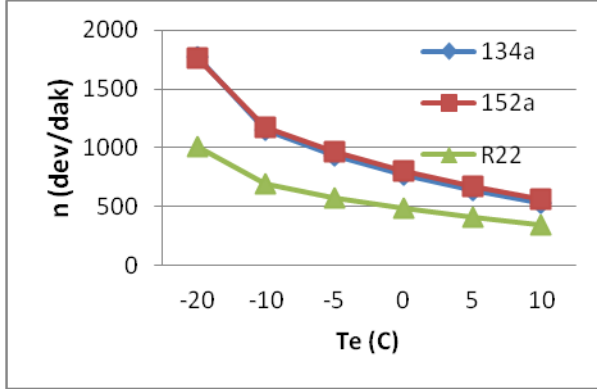
Şekil 3. Kondenser de Atılan Isı Yükünün Kompresör Devir Sayısı İle Değişimi ($T_k=40^\circ\text{C}$, $Q_e=1,5\text{ kW}$)



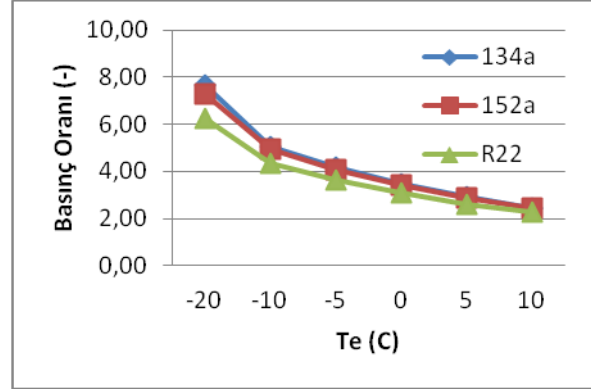
Şekil 4. Kompresör İşinin Evaporatör Buharlaşma Sıcaklıkları İle Değişimi ($T_k=40^\circ\text{C}$, $Q_e=1,5\text{ kW}$)



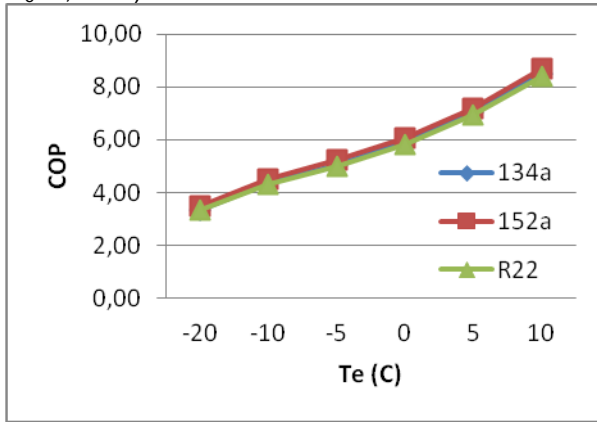
Şekil 5. Kompresör İşinin Kompresör Devir Sayısı İle Değişimi ($T_k=40^\circ\text{C}$, $Q_e=1,5\text{ Kw}$)



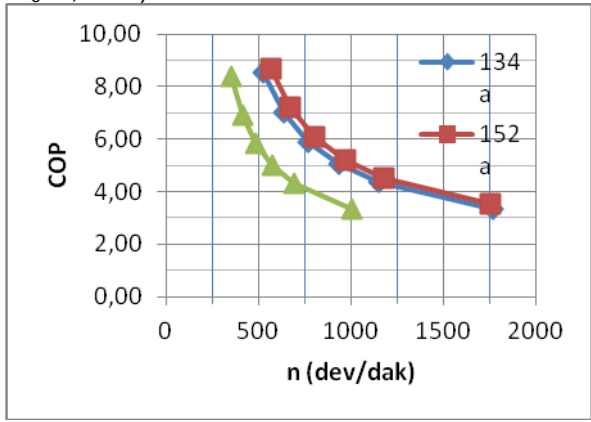
Şekil 6. Kompresör devir sayısının evaporatör buharlaşma sıcaklıkları ile değişimi ($T_k=40^\circ\text{C}$, $Q_e=1,5\text{ kW}$)



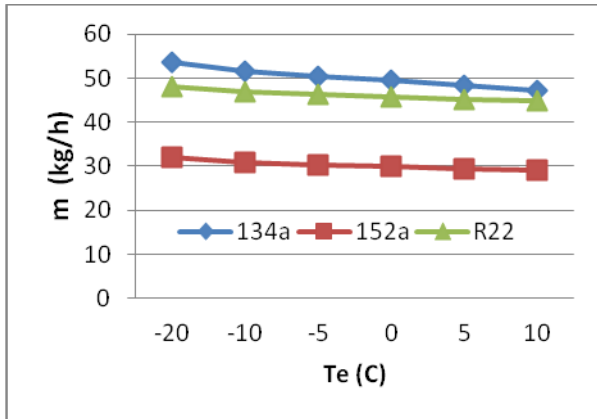
Şekil 7. Kompresör basınç oranının evaporatör buharlaşma sıcaklıkları ile değişimi ($T_k=40^\circ\text{C}$, $Q_e=1,5\text{ kW}$)



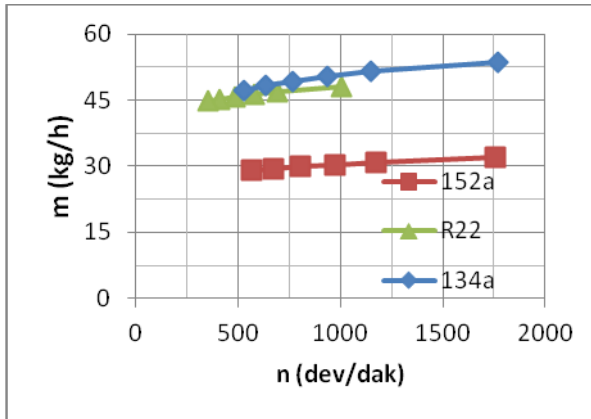
Şekil 8. Sistemin soğutma performansı COP'nin evaporatör buharlaşma sıcaklıkları ile değişimi ($T_k=40^\circ\text{C}$, $Q_e=1,5\text{ kW}$)



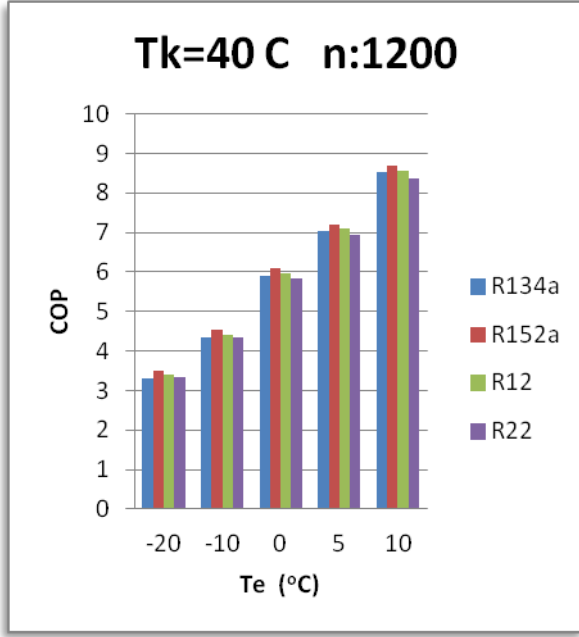
Şekil 9. Sistemin soğutma performansı COP'nin kompresör devir sayısı ile değişimi ($T_k=40^\circ\text{C}$, $Q_e=1,5\text{ kW}$)



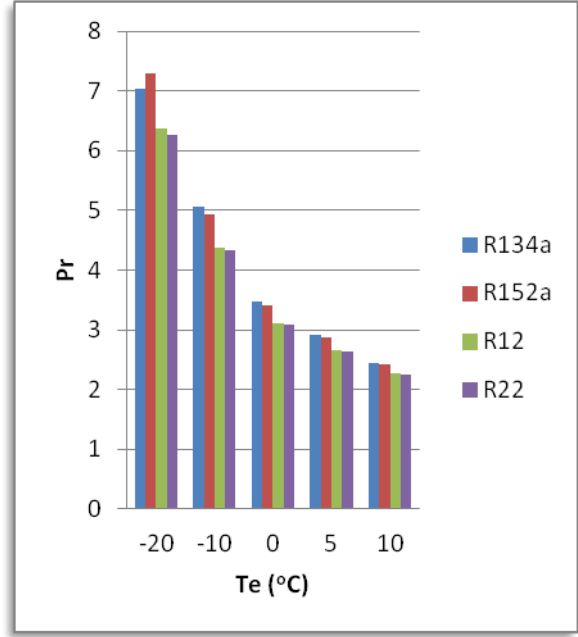
Şekil 10. Soğutucu Gaz Kütle Debisinin Evaporatör Buharlaşma Sıcaklığıyla İle Değişimi ($T_k=40^\circ\text{C}$, $Q_e=1,5\text{ kW}$)



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



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



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

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 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 R134a için olmakta ondan sonra R22 gazı için olmaktadır. En az kütleli gaz debisi ise R152a gazı için olmaktadır. Burada sistemde dolaşan soğutucu gaz kütleli debisinin minimum olması soğutma sistemi için bir avantajdır. Ayrıca yine soğutucu kütleli debisinin sistemde devir sayısına göre miktarı yine aynı sıralamada olmakta ve aynı devir sayısında en az gaz R152a için olmaktadır. Buda soğutma sistemlerinde enerji tüketimleri açısından istenilen bir durumdur.

Şekil 12'de farklı evaporatör sıcaklıklarında soğutma sisteminin COP değerleri gösterilmiştir (Tk=40°C, n=1200 dev/dak). Farklı evaporatör sıcaklıklarında COP değeri 152a gazı için her zaman en iyi olmuştur. R134a ve R12 gazı için ise COP değerleri yaklaşık aynı olmaktadır. Yüksek evaporatör sıcaklıklarında COP değeri en düşük R22 gazı için olmaktadır. Burada R12 gazının gösterilmesi soğutma sistemlerinde yaygın kullanıldığı için karşılaştırma amaçlı verilmiştir.

Şekil 13'de farklı evaporatör sıcaklıklarında kompresör emme ve basma basınç oranlarının değişimi gösterilmiştir (Tk=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.
- Kondenserde atılan ısı yükünün evaporatör buharlaşma sıcaklığına göre değişiminde R152a, R134a ve R22 gazları için kondensere atılan ısı yükler büyük benzerlik göstermiş ve düşük evaporatör buharlaşma sıcaklıklarında kondenserde atılan ısı yükler daha fazla olmuştur. Evaporatör sıcaklığı yükseldikçe kondenserde de atılan ısı yük de azalmıştır.
- Kondenserde atılan ısı yükün kompresör devir sayısı ile değişiminde artan devir sayısı ile birlikte kondenserde atılan ısı yük artmıştır. Bunun sebebi artan devir sayısı ile birlikte kompresörde harcanan iş artmıştır. Bu sebeple evaporatörde atılan ısı yükte 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 R134a ile R152a 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 R134a ve R152 gazları için aynı olmaktadır. Bu durum soğutma tesisatında herhangi bir değişiklik yapılmadan aynı basınç oranlarında çalışan tesisatta R134a gazı yerine R52a 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 152a gazının COP değeri diğerlerine göre en yüksek olmuştur. R134a ve R12 gazının COP değerleri hemen hemen aynı olmuş ve yüksek evaporatör sıcaklıklarında COP değeri en düşük R22 gazına ait olmuştur.
- Farklı evaporatör sıcaklıklarında kompresör emme ve basma basınç oranları incelendiğinde ($T_k=40^{\circ}\text{C}$, $n=1200$ 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 BO. 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. And Usta, H., "Küçük üretim kapasiteli ticari soğutucu üreticileri için 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] R152a Material Safety Data Sheet (MSDS) 04.2012
- [8] BOLAJİ 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.

ÖZGEÇMİŞ

Kadir BİLEN

1986 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden Mezun oldu. Atatürk Üniversitesinde göreve başladı. 1989 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsünde yüksek lisansını, 1994 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Doktorasını tamamladı ve aynı yıl Atatürk Üniversitesinde Yrd. Doç. Dr. olarak göreve başladı. 1999-2000 Tarihleri arasında Doktora sonrası çalışmalar için Amerika’da Miami Üniversitesi ve Florida Üniversitelerinde çalışmalarda bulundu. 2002 tarihinde Doçent oldu. 2006 tarihinde TÜBİTAK bursu ile Amerika Dallas’da Southern Methodist Üniversitesinde doktora sonrası çalışmalarda bulundu. 2007 yılında Profesör oldu ve halen Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim dalında öğretim üyesi ve Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığını yürütmektedir. Isı transferi artırma mekanizmaları, Faz değişim materyalleriyle enerji depolama, Araçlarda turbo şarj, Elektronik bileşenlerin soğutulması, Araçlarda alternatif soğutucu gaz kullanımları konularında çalışmaktadır.

Ahmet Tahir KALKIŞIM

1985 yılında Akçaabat’ta doğdu. Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü 2007 yılında bitirdi. 2007-2010 yılları arasında Isıtma sistemleri alanında piyasada mühendis olarak çalıştı. 2011 yılından beri Gümüşhane Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Atatürk üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsünde Yüksek lisansına devam etmektedir.

Hüseyin BULGURCU

1962 yılında İzmir Kınık’ta doğdu. 1984 yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makine Enerji dalından mezun dalından lisan 1989 yılında M.Ü Fen Bilimler Enstitüsünden Yüksek Lisans, 1994 yılında aynı enstitüden doktora derecesini aldı. 1986-1989 yılları arasında Kartal Teknik lisesinde, 1989-1995 yılları arasında Çankırı Meslek Yüksekokulunda öğretim elemanı olarak çalıştı. 1994 yılında İngiltere’de mesleki araştırmalarda bulundu. 1995-2012 yılları arasında Balıkesir Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme ve Soğutma programında çalıştı. Ağustos 2012’den bu yana Balıkesir Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde çalışmalarına devam etmektedir. 2005 yılında kurduğu deney setleri üreten bir firmanın kurucusu ve eğitim danışmanıdır.

İsmail SOLMUŞ

1980 Erzincan doğumludur. 2002 yılında Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden Lisans derecesi ile mezun olmuştur. 2006 yılında ODTÜ Mühendislik

Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden Yüksek Lisans, 2011 yılında yine aynı Üniversiteden Doktora derecesi almıştır. 2010-2011 yılları arasında bir yıl süreyle İngiltere’de Bath Üniversitesinde Doktora tez konusu ile ilgili çalışmalarda bulunmuştur. 2012 yılı Aralık ayından beri Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalında Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. Adsorpsiyonlu soğutma, güneş enerjisi destekli temiz su eldesi, mikro ısı boruları, gözenekli malzemede ısı ve kütle transferi konularında çalışmaktadır.

Hakan YALDIRAK

1966 yılında Almanya’da doğu. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden 1989 yılında mezun oldu. SAFKAR Ege Soğutmacılık A.Ş.’de, 1990-1992 yılları arasında üretim mühendisi olarak, 1995-1998 yılları arasında üretim müdürü ve 1998 yılından beri Ar-Ge ve Mühendislik Hizmetleri müdürü olarak çalışmaktadır. Almanca ve İngilizce bilmektedir.