



Research Article / Araştırma Makalesi

**EVALUATION THE EFFECTS OF USED REFRIGERANTS R134a AND R600a
IN COOLING SYSTEMS ON THE SYSTEM PERFORMANCE**

Selçuk SELİMLİ*, Ziyaddin RECEBLİ, Mehmet GÖRKEN

Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, KARABÜK

Received/Geliş: 25.02.2014 Revised/Düzelme: 01.05.2014 Accepted/Kabul: 10.05.2014

ABSTRACT

Known as R134a refrigerant is in the class of refrigerants as uneconomic and having global warming potential. In the scope of study, determination the effect of R600a refrigerant which is known more environment friendly and economic alternative of R134a refrigerant on the cooling performance of the cooling machine was aimed. In this reason, effect of R134a and R600a refrigerants on the cooling performance of the cooling machine was experimentally studied. Experimentation setup was established with 70x70x50 cm dimensions cooling room and cooling unit. 100 gr refrigerant filled experimentation setup was operated at 28°C and 35°C ambient temperature in a period of time and according to the taken measurements cooling systems COP value was compared. As a result, using R600a refrigerant instead of R134a refrigerant, the cooling machine average COP value was increased 4%. This case demonstrates that R600a using cooling machine performs higher performance than R134a using cooling machine. Also, it was seen that a using coolant R134a cooled the space faster than a using coolant R600a in cooling machine.

Keywords: Cooling machine, refrigerant, R134a, R600a, COP.

**SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN R134a VE R600a SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN
SİSTEM PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

ÖZET

Bilindiği üzere R134a soğutucu akışkanı ekonomik olmayan ve küresel ısınma potansiyeline sahip soğutucu akışkanlar sınıfındadır. Çalışma kapsamında, R134a soğutucu akışkanına alternatif daha çevre dostu ve ekonomik olarak bilinen R600a soğutucu akışkanının soğutma makinesi soğutma performansına etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple, R134a ve R600a soğutucu akışkanlarının soğutma makinesi soğutma performansına etkisi deneysel olarak çalışılmıştır. Deneysel düzeneği 70x70x50 cm boyutlarında izole edilmiş bir soğutma odası ve soğutucu üniteden oluşturulmuştur. 100 gr soğutucu akışkan basılmış deneysel düzeneği 28° ve 35°C ortam sıcaklığında belirli bir süre çalıştırılmış ve alınan ölçümler sonucu soğutma sistemi STK değerleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, R134a soğutucu akışkanı yerine R600a soğutucu akışkanı kullanılmasıyla soğutma makinesi ortalama STK değeri %4 artırılmıştır. Bu durum, R600a soğutucu akışkanı kullanılan soğutma makinesinin, R134a soğutucu akışkanı kullanan soğutma makinesine göre daha performanslı çalıştığını göstermiştir. Ayrıca, soğutma makinesinde kullanılan R134a soğutucu akışkanın R600a soğutucu akışkana göre, soğutulacak mahali daha çabuk soğuttuğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Soğutma makinesi, soğutucu akışkan, R134a, R600a, STK.

*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: selcukselimli@karabuk.edu.tr, tel: (370) 433 82 00

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun günlük yaşantısı içerisinde yaşadığı ortamları, gıdaları, içecekleri soğutarak koruması yaşamının önemli gereksinimleri arasındadır. Soğutma teknolojilerinin yaşam içerisinde yoğun kullanımı, enerji performans ve tasarrufu beraberinde getirmektedir. Montreal Protokolü kapsamında; yüksek enerji taşıma kapasiteli, insan ve çevreye minimum zararlı, yeni nesil soğutucu akışkanların geliştirilmesi ve kullanımı evrensel olarak teşvik edilmektedir. Halojen soğutucu akışkanlara alternatif olarak CFC/HCFC karışımları, HCFC/HFC karışımları ve saf HFC soğutucu akışkanlar önerilmektedir. Bolaji ve Huan (2013) yaptıkları çalışmada R-290, R-600 ve R600a soğutucu akışkanları performansını R134a soğutucu akışkanı ile kıyaslamışlardır. R-600 ve R600a STK değerini %4,6 ve bu değer R134a soğutucu akışkanından %2,2 daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir [1]. Baskaran ve Mathews (2012) yaptıkları çalışmada buhar sıkıştırılmalı bir soğutma çevriminde R-152a, R-32, R-290, R-1270, R600a ve R-170 çevre dostu soğutucu akışkanlarının soğutma performanslarını R134a soğutucu akışkanı ile kıyaslamışlardır. Sonuç olarak R-170, R-152a ve R600a soğutucu akışkanlarının daha yüksek STK değeri ile daha iyi performans gösterdiğini açıklamışlardır [2]. Bilir vd. (2011) yaptıkları çalışmada, soğutucu akışkan türüne bağlı olarak ejektör genleştiricili kompresörlü soğutucunun (EGKS) soğutma etkinliği katsayısı ve genleştirici olarak ejektör kullanıldığında klasik soğutuculara göre performanstaki iyileşme oranı araştırmışlardır. Sonuç olarak ejektör genleştiricili kompresörlü bir soğutucuda incelenen soğutucu akışkanlar içinde en yüksek soğutma etkinlik katsayısını R600a'nın sağlayacağı ve bunu R134a'nın izleyeceğini belirlemişlerdir [3]. MacLaine-cross vd. (1996) yaptıkları derleme çalışmasında R600a, R134a ve R-12 soğutucu akışkanlarının fiziksel özelliklerinin soğutma performansına etkilerini araştırmışlardır. İdeal çevrimlerde kullanılan R600a ve popüler soğutucu akışkanlar arasındaki performans farkının daha düşük buhar basıncı ve moleküler kütlelerden kaynaklandığını açıklamışlardır. Bu da R600a kullanan soğutucularda yaklaşık %20 enerji tasarrufu sağlanabileceğini göstermektedir. R600a'nın sızıntı, basınç kaybı ve kondenser basıncı gibi parametrelerinin R134a ve R-12 akışkan parametrelerinin yarısı kadar olduğu, ayrıca ısı transfer katsayısının iki katı olduğunu belirlemişlerdir [4]. Lee vd. (2008) yaptıkları çalışmada küçük kapasiteli bir soğutucu performansını R-290/R600a (55/45) ve R134a soğutucu akışkanları ile test etmişlerdir. R-290/R600a soğutucu akışkanın spesifik hacminin, R134a soğutucu akışkanının spesifik hacminin iki katı büyük olması nedeniyle sisteme % 50 daha az kütlele miktarda şarj edilmiştir. Optimize edilmiş R-290/R600a sistemi optimize edilmiş R134a sistemine göre daha iyi performans sağlamıştır[5]. Gürler (2006) çalışmasında R600A ve R134A soğutucu akışkanların ekserji analizi incelenmiştir. Çalışmalar sonucunda R134A soğutucu akışkanının R600A soğutucu akışkana göre aşırı kızdırma veriminin düşük çıktığı görülmüştür. Ayrıca evaporatör çıkışı ile kompresör girişindeki sıcaklık farklarının daha yüksek olmasının aşırı kızdırma veriminin daha verimli hale getireceğini savunmuşlardır. Kılcal boru ile dönüş borusunun oluşturduğu ısı değiştirici kısmının uzatılabileceği önerisini getirmişlerdir. Bu sebeple, performansın artacağı kanısına varmışlardır. Buzdolaplarında kullanılan soğutucu akışkanların R600A olarak tercih edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir [6]. Esen ve Hoşöz (2006) yaptıkları çalışmada, R-12 ve R134a soğutucu akışkanları ile şarj edilmiş bir otomobil iklimlendirme sistemini çeşitli kompresör devirlerinde ve ısı yüklerinde çalıştırarak, iki farklı akışkan durumu için karşılaştırmalı enerji performans analizi yapmışlardır. Ölçüm değerleri kullanılarak uygulanan enerji analizi sonucunda, aynı soğutma kapasitesi için R134a'nın yaklaşık %6-7 daha düşük soğutma tesir katsayısı (STK) değerleri verdiğini belirtmişlerdir [7]. Özgür ve Bayrakçı (2008) yaptıkları çalışmada, R134a ve R600a soğutucu akışkanları için farklı buharlaşma ve yoğunlaşma sıcaklıklarındaki, STK ve buharlaşma gizli ısı değerlerini karşılaştırmışlardır. Aşırı kızdırmanın, STK değeri üzerine etkisi gösterilmiştir. R600a soğutucunun, R134a soğutucu için iyi bir alternatif olabilme potansiyeli olduğu, sisteme şarj edilmesi için gerekli soğutucu miktarı değerlerini belirtmişlerdir [8]. Mohanraj vd. (2009) yaptıkları deneysel çalışmada hidrokarbon

soğutucu akışkan karışımını (kütleli 45.2:54.8 oranında R-290 ve R600a karışımı) ev tipi bir soğutucuda R134a soğutucu akışkanına alternatif olarak kullanmışlardır. Çalışma sonucunda hidrokarbon karışımında R134a soğutucu akışkanına göre % 3,25-3,6 daha yüksek ITK değeri sağladığını tespit etmişlerdir [9]. Wongwises ve Chimres (2005) yaptıkları deneysel çalışmada propan (R-290) ve bütan (R600a) soğutucu akışkanlarını %60 ve %40 oranlarında karıştırarak HFC-134a soğutucu akışkanı ile çalışan bir soğutucu da alternatif soğutucu akışkan olarak kullanmayı araştırmışlardır. Propan/bütan karışımı ile çalışan soğutucu sistemin HFC-134a soğutucu akışkanı ile çalışan sisteme göre %4,86 daha az enerji tükettiğini belirlemişlerdir [10]. Jwo vd. (2010) çalışmalarında R134a soğutucu akışkanı kullanan ev tipi bir nem alıcıya 50:50 kütleli R600a/R-290a karışımını basarak ITK değerinin fizibilitesini incelemişlerdir. R134a soğutucu akışkanının kütleli yarısı kütlede R290a/R600a karışımının kullanıldığı sistem için nem alıcı verim faktörünün %11,8 oranında arttığını ifade etmişlerdir [11]. Almeida vd. (2010) HFC-134 soğutucu akışkanı kullanan ev tipi bir soğutucu da R290/R600a soğutucu akışkanlarının farklı oranlardaki karışımlarının alternatif akışkan olarak kullanımını çalışmışlardır. Soğutucu akışkan karışım kullanılan sistemin ITK değerinin R134a soğutucu akışkanı kullanan sisteme göre %5 arttığını bulmuşlardır [12]. Mani vd. (2013) yaptıkları çalışmada buhar sıkıştırma soğutma çevriminde farklı soğutucu akışkan ve karışımlarının soğutma performansına etkisi araştırılmıştır. R290/R600a soğutucu akışkan karışımı kullanılan soğutma sisteminin, R-12 ve R134a akışkanı kullanılan sistemlere göre %10,7-23,6 daha yüksek ITK değerine sahip olduğunu ifade etmişlerdir [13]. Ahamed vd. (2010) çalışmalarında farklı soğutucu akışkanlarını kullanan soğutma sistemlerinin termodinamik analizlerinden bahsetmişlerdir. R600a soğutucu akışkanı kullanılan soğutma sisteminin ikinci yasa veriminin R134a kullanılan sisteme göre %50 daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir [14]. Sattar vd. (2007) ev tipi bir soğutucuda R134a soğutucu akışkanı yerine bütan, izobütan ve propan, bütan, izobütan karışımlarının kullanılmasının performans üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar bütan ve izobütan akışkanlarının kullanıldığı sistem kompresörlerinin %2-3 daha az enerji tükettiğini bu durumda ITK değeri üzerine pozitif etkisini açıklamışlardır [15]. Yapılan deneysel çalışmada R134a ve R600a soğutucu akışkanlarının basıldığı soğutma sistemleri belirli bir zaman periyodunda çalıştırılarak yapılan ölçümleme sonuçları karşılaştırmış ve yapılan değerlendirmeler görsel olarak sunulmuştur.

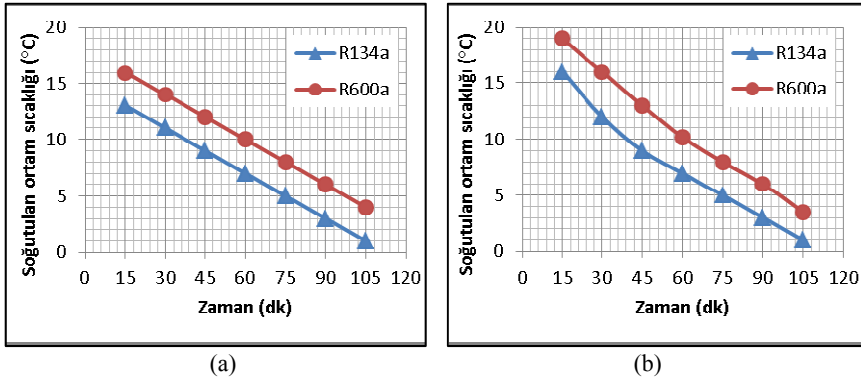
2. YÖNTEM

R134a ve R600a soğutucu akışkanlarının farklı sıcaklığa sahip ortamlarda soğutma performanslarının incelenmesi amacıyla oluşturulan deney düzeneği 70x70x50 cm ölçülerinde soğutma odası ve soğutucu üniteden oluşmaktadır. Soğutma odası iç duvarı cam yünü ile izole edilmiştir. Oluşturulan soğutucu deney düzeneği Şekil 1 de gösterilmiştir.



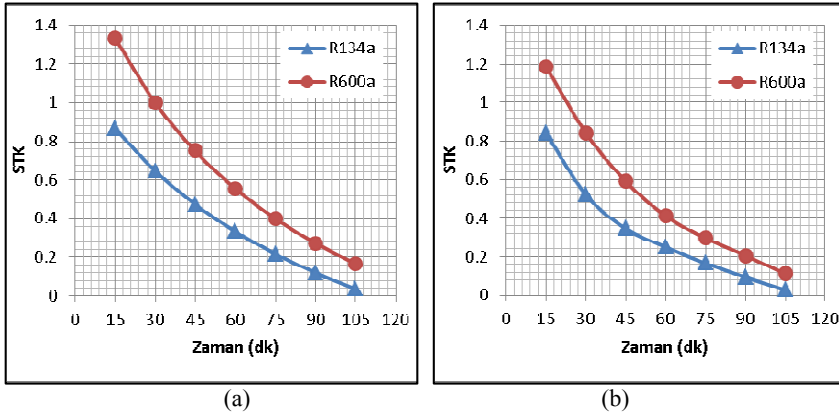
Şekil 1. Soğutucu deney düzeneği

Çevre sıcaklığının 28 °C ve 35 °C olduğu iki farklı ortam şartında, 100 gr R134a ve R600a soğutucu akışkanlarının basılmış olduğu soğutma sistemleri 105 dakika boyunca çalıştırılmıştır. 15 er dakikalık periyodlarla soğutma odası sıcaklık değerleri TESTO 435 çok fonksiyonlu ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Yapılan çalışma ile iki farklı soğutucu akışkanın (R134a ve R600a), aynı çalışma şartlarında soğutma çevrimi STK değerleri hesaplanmış ve incelenmiştir. Ayrıca iki farklı soğutucu akışkanın farklı sıcaklıklara sahip çevre şartlarında çalışan soğutma çevrimleri STK değerleri hesaplanmış ve görsel olarak karşılaştırılmıştır. R134a ve R600a soğutucu akışkanlarının 100 er gr basıldığı soğutma ünitelerinin çalıştıkları ortam sıcaklığı 28 °C ve 35 °C iken soğutma odasında sağladıkları sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişim grafikleri Şekil 2 (a, b) de verilmiştir.



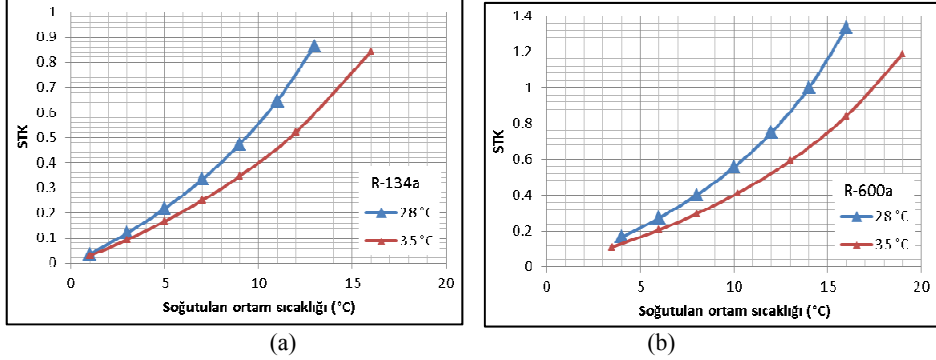
Şekil 2 (a, b). Zaman ve sıcaklık grafiği

Şekil 2 (a, b)'de R600a soğutucu akışkanın R134a soğutucu akışkana göre soğutma odasını aynı süre zarfında daha çok soğuttuğu görülmektedir. Ölçümler sonrası yapılan hesaplamalar sonucunda, R134a soğutucu akışkanının kullanıldığı soğutma makinesinin 28°C ortam sıcaklığında %35, 35 °C ortam sıcaklığında ise %29 soğutma performansı gösterdiği belirlenmiştir. Şekil 3 (a, b)'de; R134a ve R600a soğutucu akışkanlarının 100 er gr basıldığı, soğutma ünitelerinin çalıştıkları ortam sıcaklığının 28 °C ve 35 °C iken soğutma sistemi STK değerlerinin zamana bağlı değişim grafikleri verilmiştir.



Şekil 3(a, b). STK zaman grafiği

Şekil 3 (a, b)'de soğutma sisteminde soğutucu akışkan olarak kullanılan R134a soğutucu akışkanın, R600a soğutucu akışkanına göre sistemdeki STK değerlerinin aynı süre zarfında daha büyük olduğu görülmüştür. R600a soğutucu akışkanının kullanıldığı durumda ortalama STK değerleri sırasıyla 28 °C ortam sıcaklığında %66, 35 °C ortam sıcaklığında ise %60 olarak belirlenmiştir. R134a ve R600a soğutucu akışkanlarının 100 gr basıldığı soğutma ünitelerinin çalıştıkları ortam sıcaklığı 28 °C ve 35 °C iken soğutma sistemi STK değerlerinin soğutma odası sıcaklığına bağlı değişim grafikleri Şekil 4 (a, b)'de verilmiştir.



Şekil 4(a, b). STK zaman grafiği

Şekil 4 (a, b)'de R134a ve R600a soğutucu akışkanları ile çalışan soğutma sistemlerinin 28 °C ortam sıcaklığındaki STK değerlerinin 35 °C ortam sıcaklığındaki sistemin STK değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Ortalama STK değerleri sırasıyla R134a soğutucu akışkanı kullanıldığı durum için %19, R600a soğutucu akışkanı kullanıldığı durum için %23 olarak hesaplanmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çevresel açıdan daha zararsız, düşük maliyetli R600a soğutucu akışkanının R134a soğutucu akışkanı yerine kullanımının sistem performansı açısından da incelenmesi bu çalışmanın amacıdır. Bu amaçla, R134a ve R600a soğutucu akışkanlarının 100 er gram şarj edilerek oluşturulan soğutma düzenekleri ile 28°C ve 35°C ortam sıcaklıklarında yapılan deneyler sonucunda STK ve soğutma sıcaklıklarının zamana ve akışkan türüne bağlı değişimi incelenmiştir.

1. R134a soğutucu akışkanın, R600a soğutucu akışkanına göre soğutma odasını aynı zaman diliminde daha çok soğuttuğu belirlenmiştir.

2. R600a soğutucu akışkanın, R134a akışkanına göre soğutma sistemi soğutucu akışkanı olarak kullanılması durumunda sistemin ortalama STK değerinin %4 arttığı tespit edilmiştir. Bu artış miktarı literatürde verilen [9, 10, 12, 15] numaralı çalışmalarda elde edilen sonuçlarla desteklenmektedir.

3. R134a ve R600a soğutucu akışkanları ile çalışan soğutma sistemlerinin 28 °C ortam sıcaklığındaki STK değerlerinin 35 °C ortam sıcaklığındaki sistemin STK değerlerinden büyük olduğu görülmektedir.

Çevresel ve ekonomik olarak dezavantajlı R134a soğutucu akışkanının alternatifi olarak R600a soğutucu akışkanının kullanılması ile çevresel ve ekonomik kazanımlar yanında sistem performansında artış ve dolayısıyla enerji tasarrufu potansiyeli belirlenmiştir. Uygulamaya bağlı olarak soğutmanın hızlı gerçekleşmesi gereksinimi durumunda R134a soğutucu akışkanın, sistem

performans ve enerji verimliliğinin önem arz ettiği uygulamalarda ise R600a soğutucu akışkanı seçiminin önemli olduğu görülmektedir.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] B.O. Bolaji and Z. Huan. Thermodynamic analyses of hydrocarbon refrigerants in a subcooling refrigeration system. *J. Eng. Res.*, 1: 317-333, 2013.
- [2] A. Baskaran and P.K. Mathews. A performance comparison of vapour compression refrigeration system using eco-friendly refrigerants of low global warming potential. *Int. J. Sci. R Pub.*, 2: 1-8, 2012.
- [3] N. Bilir, H.K. Ersoy, A. Hepbaşlı, Farklı soğutucu akışkanlar için genleştirici olarak ejektör kullanan kompresörlü soğutucunun performans analizi, X. Ulusal Tesilat Mühendisliği Kongresi, (İzmir, April 2011), p. 1317-1325.
- [4] I.L. MacLaine-cross and E. Leonardi, Comparative performance of hydrocarbon refrigerants, I.I.F. - I.I.R. – Commissions Report, (Melbourne, 1996), p. 1-11.
- [5] M.Y. Lee, D.Y. Lee and Y. Kim. Performance characteristics of a small-capacity directly cooled refrigerator using R290/R600a (55/45). *Int. J. Refrig.*, 31: 734-741, 2008.
- [6] S. Gürler. R 134a ve R 600a Soğutucu akışkanlı ev tipi buzdolaplarında ekserji analizi. YL tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2006.
- [7] D.Ö. Esen ve M. Hoşöz. R12 ve R134a soğutucu akışkanları kullanan otomobil iklimlendirme sisteminin deneysel performans analizi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 21: 703-709, 2006.
- [8] A.E. Özgür ve H.C. Bayrakçı. Farklı buharlaşma ve yoğuşma sıcaklıklarına göre R134a ve R600a akışkanlarının karşılaştırılması. *SDÜ Fen Bil. E. Der.*, 12: 223-226, 2008.
- [9] M. Mohanraj, S. Jayaraj, C. Muraleedharan and P. Chandrasekar. Experimental investigation of R290/R600a mixture as an alternative to R134a in a domestic refrigerator. *Int. J. Therm. Sci.*, 48: 1036-1042, 2009.
- [10] S. Wongwises and N. Chimres. Experimental study of hydrocarbon mixtures to replace HFC-134a in a domestic refrigerator. *Energ. Convers. Manage.*, 46: 85-100, 2005.
- [11] C.S. Jwo, L.Y. Jeng and T.P. Teng. Performance assessment of an R134A domestic dehumidifier retrofitted with a hydrocarbon mixture. *Int. J. Green Energy*, 7: 485-497, 2010.
- [12] I.M.G. Almeida, C.R.F. Barbosa and F.A.O. Fontes. Thermodynamic and thermophysical assessment of hydrocarbons application in household refrigerator. *Tech.*, 9: 19-27, 2010.
- [13] K. Mani, V. Selladurai and N. Murugan. Experimental investigations with eco-friendly refrigerants using design of experiments technique–mathematical modelling and experimental validation. *Therm. Sci.*, Online 00: 114-130, 2013.
- [14] J.U. Ahamed, R. Saidur and H.H. Masjuki. Thermodynamic performance analysis of R-600 and R600a as refrigerant. *Eng. e- Trans.*, 5: 11-18, 2010.
- [15] M.A. Sattar, R. Saidur and H.H. Masjuki. Performance investigation of domestic refrigerator using pure hydrocarbons and blends of hydrocarbons as refrigerants. *Int. J. Mech. Ind. Sci. Eng.*, 1: 32-37, 2007.