



Lpg (R1270-Propilen) Soğutucu Akışkan Kullanılan Buhar Sıkıştırma Soğutma Sisteminin Enerji Analizi

Bayram KILIÇ^{1*}, Emre ARABACI²

¹Dr. Öğr. Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez T.B.M.Y.O.,
Motorlu Taşıtlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, orcid id: 0000-0002-8577-1845

²Dr. Öğr. Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez T.B.M.Y.O.,
Motorlu Taşıtlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, orcid id: 0000-0002-6219-7246

Geliş Tarihi/Received: 26.07.2018

Kabul Tarihi/Accepted: 17.08.2018

Araştırma Makalesi/Research Article

ÖZET

Bu çalışmada, hidrokarbon soğutucu akışkanlardan biri olan LPG (R1270-Propilen) kullanılan buhar sıkıştırma soğutma sisteminin enerji analizi yapılmıştır. Hesaplamalar için Coolpack programı kullanılmıştır. LPG'nin (R1270-Propilen) farklı çalışma şartları için sistem performansına olan etkileri incelenmiştir. Evaporatör sıcaklığı değişimine bağlı olarak yapılan analizde çevrimin en yüksek COP değeri olan 8.65 değerine -1°C evaporatör sıcaklığı, 25°C kondenser sıcaklığı olan çalışma şartında ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Buhar Sıkıştırma Soğutma, COP, Enerji analizi, LPG, Propilen.

Energy Analysis of Vapor Compression Refrigeration System Using Lpg (R1270-Propylene) As Refrigerant

ABSTRACT

In this study, energy analysis of the vapor compression refrigeration system using LPG (R1270-Propylene), one of the hydrocarbon refrigerants, was performed. Coolpack program is used for calculations. The effects of LPG (R1270-Propylene) on system performance for different operating conditions are examined. In the analysis based on the evaporator temperature change, the highest COP value of the cycle is 8.65 for -1°C evaporator temperature, 25°C condenser temperature.

Keywords: Vapor Compression Refrigeration, COP, Energy Analysis, LPG, Propylene.

1. GİRİŞ

Düşük sıcaklıktaki bir ortamdan ısı çekerek daha yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı atma işlemini yapan sistemler soğutma sistemi olarak isimlendirilir. Bu sürecin gerçekleşebilmesi için sistemde soğutucu akışkan dolaştırılırken sisteme dışarıdan iş verilir. Bu süreçler sırasında soğutucu akışkan, sistem elemanlarında faz değişimine uğrar. Tüm bu süreçler çevrim olarak bilinir (Sincar, 1999).

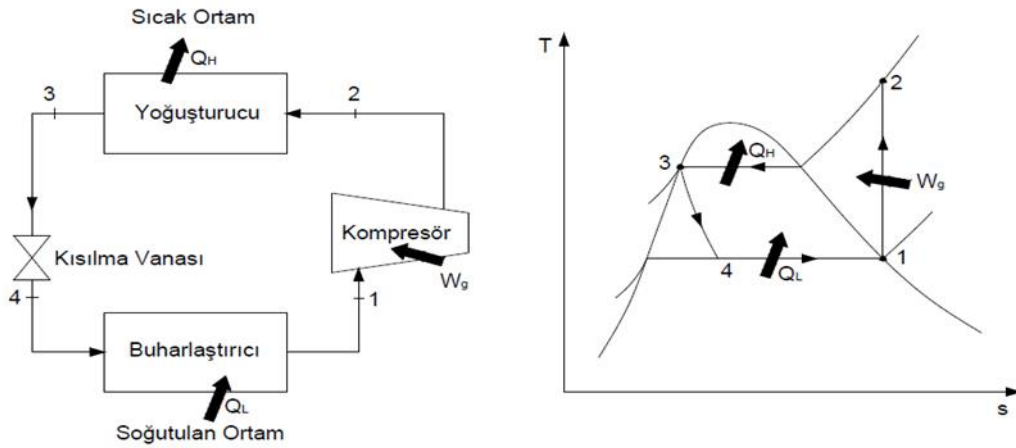
Hidrokarbonlar doğal soğutucu gazlar olarak isimlendirilirler bunun nedeni kullanımları sonucu tekrar topraktaki madde döngüsünde ortaya çıkarlar. Yani doğalgaz üretiminin ya da petrol rafineri işleminin yan ürünü olarak ortaya çıkarlar. Hidrokarbonlar ilk kez 1920 yıllarında soğutucu akışkan olarak kullanılmaya başlanmıştır fakat bir süre sonra yerlerini halojenli ve florlu hidrokarbonlara bırakmışlardır. Halojenli ve florlu hidrokarbon akışkanların kısa zaman içerisinde kullanımının terk edileceğinden dolayı bu tip soğutucu akışkanlar soğutma sistemleri için önemli bir alternatif oluşturmaktadır. En Önemli Hidrokarbonlar n-bütan, iso-bütan, propan, propilen, etan, etilendir. Hidrokarbonlar ozon tabakasına zarar vermeyen ve geleneksel soğutucu akışkanlarla karşılaştırıldıklarında küresel ısınma potansiyelleri yok denebilecek kadar azdır. Ayrıca hidrokarbon akışkan kullanılan soğutma sistemleri işletim maliyetleri açısından önemli avantajlara sahiptir. Soğutma sistemindeki akışkan kaçağının tamamlanmasında sırasında düşük maliyet ve düşük enerji tüketimi sağlamaktadırlar. Bu akışkanlar günümüzde soğutma sistemleri, meşrubat dolapları, derin dondurucular ve ısı pompaları gibi uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Geleneksel soğutucu akışkanların kullanıldığı soğutma sistemlerinin performans analizleri üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Aprea ve Renno (2004) R22 soğutucu akışkan kullanılan soğuk hava deposu soğutma sistemi ile R417a kullanılan deneysel bir buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminin performansını karşılaştırmışlardır. Kabul vd. (2008) R600a kullanılan ısı değiştiricili buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminin enerji ve ekserji analizlerini çalışmışlardır. Çalışmalarının sonucunda soğutma sistemin her bir bileşeni için enerji ve ekserji akışını ve tersinmezlik değerlerini belirlemişlerdir. Arora ve Kaushik (2008) gerçek bir buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminin ekserji analizini yapmışlardır. R502, R404a ve R507a soğutucu akışkanları için sistem performansı analizi, ekserji yıkımı ve ekserji verimini çalıştırmışlardır.

Yapılan çalışmalara ek olarak bu çalışmada, farklı yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklıkları için LPG (R1270-Propilen) soğutucu akışkanı kullanılan buhar sıkıştırırmalı

soğutma sisteminin performans değerleri belirlenmiştir. Hesaplamalar Coolpack bilgisayar programı ile gerçekleştirilmiştir.

2. ÇEVİRİM AÇIKLAMASI

Birinci durumda doymuş buhar halindeki LPG (R1270-Propilen) soğutucu akışkan kompresör tarafından sıkıştırılır. İkinci durumda yüksek sıcaklık ve basınçtaki LPG (R1270-Propilen) soğutucu akışkan kızgın buhar olarak yoğuşturucuya girer. Üçüncü durumda sıcaklığını çevreye atarak doymuş sıvı haline gelen LPG (R1270-Propilen) yoğuşturucudan ayrılarak kısılma vanasına girer. Son olarak düşük basınçtaki akışkan sıvı+buhar fazda buharlaştırıcıya girerek çevrimi tamamlar. Çevrimin sıcaklık-entropi diyagramı Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin şematik gösterimi ve çevrimin sıcaklık-entropi diyagramı

Bu çalışmada kullanılan LPG'nin (R1270-Propilen) yüksek enerjiye sahip ve oldukça iyi termodinamik özelliklere sahiptir. Ticari soğutucularda, soğutma kabinlerinde, endüstriyel soğutma sistemlerinde, buzdolaplarında, havalandırma ve soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. Tablo 1'de LPG'nin (R1270-Propilen) bazı genel özelliklerini verilmiştir.

Tablo 1. LPG'nin (R1270-Propilen) genel özellikleri

Soğutucu akışkan	LPG (R1270-Propilen)
Kimyasal formülü	C ₃ H ₆
Moleküler ağırlık, (g/mol)	42.081
Kaynama noktası at 1 atm, (°C)	-47.690
Kritik sıcaklık, (°C)	-92.420

Kritik yoğunluk, kg/m ³	223.39
Kritik basınç, (kPa)	4664.6
Ozon delme potansiyeli (ODP)	0
Küresel ısınma potansiyeli (KIP)	<1

3. ENERJİ ANALİZİ

Buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminin enerji analizi için yapılan hesaplamalardaki kabuller aşağıda verilmiştir;

- Tüm bileşenler kararlı durumda çalışmaktadır.
- Çevrimi oluşturan elemanlardaki kinetik ve potansiyel enerjilerdeki değişimler ihmal edilmiştir.
- Sistemin soğutma kapasitesi, $Q_E = 1$ kW dır ve sabittir.
- Kompresörün izentropik verimi, $\eta_{komp} = \%100$ 'dür.

LPG (R1270-Propilen) kullanılan buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin enerji analizi yapılmıştır. Termodinamiğin birinci kanununa göre soğutma sisteminin soğutma kapasitesi aşağıdaki gibi belirlenir (Çengel ve Boles, 1994);

$$\dot{Q}_E = \dot{m}_R (h_1 - h_4) \quad (1)$$

Yoğuşturucudaki ısı transfer miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$\dot{Q}_C = \dot{m}_R (h_2 - h_3) \quad (2)$$

Kompresörünün çalışma yükü aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir;

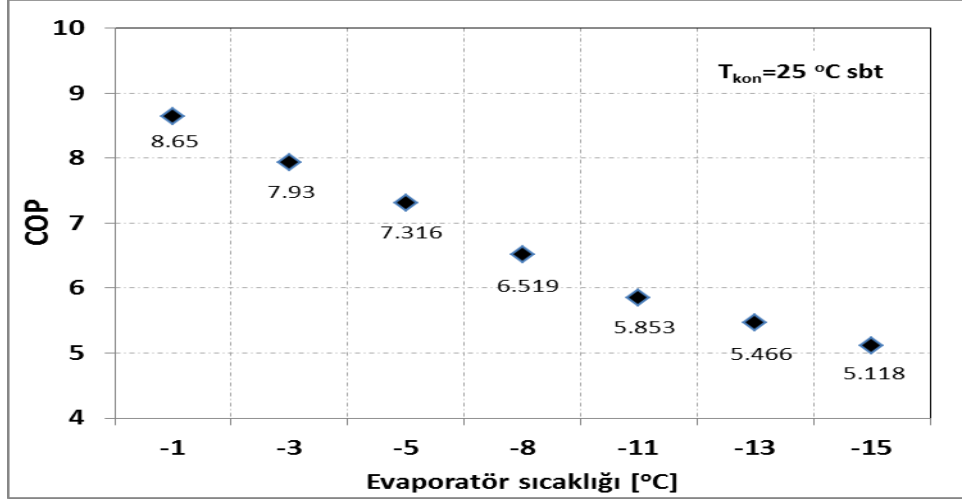
$$\dot{W}_{Net} = \dot{m}_R (h_2 - h_1) \quad (3)$$

Soğutma sisteminin soğutma performans katsayısı (COP), net soğutma etkisinin kompresör çalışma yüküne oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Çengel ve Boles, 1994);

$$COP = \frac{\dot{Q}_E}{\dot{W}_{Net}} \quad (4)$$

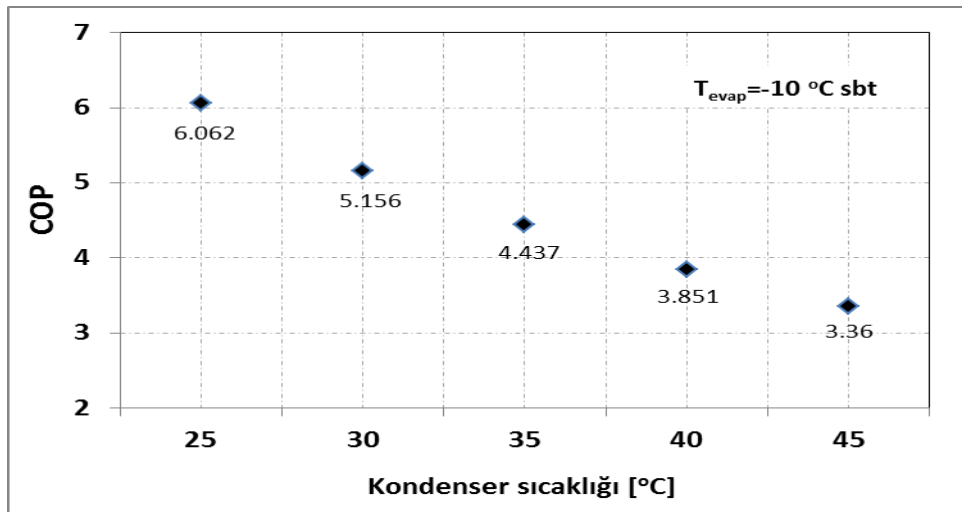
4. BULGULAR

Buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminin soğutma performans katsayısı evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak hesaplanmış ve Şekil 2’de verilmiştir. Çevrimde kondenser sıcaklığı 25°C’de sabit tutulmuş ve evaporatör sıcaklığı değiştirilmiştir. Evaporatör sıcaklığı değişimine bağlı olarak yapılan analizde çevrimin en yüksek COP değeri olan 8.65 değerine -1°C evaporatör sıcaklığı, 25°C kondenser sıcaklığı olan çalışma şartında ulaşılmıştır.



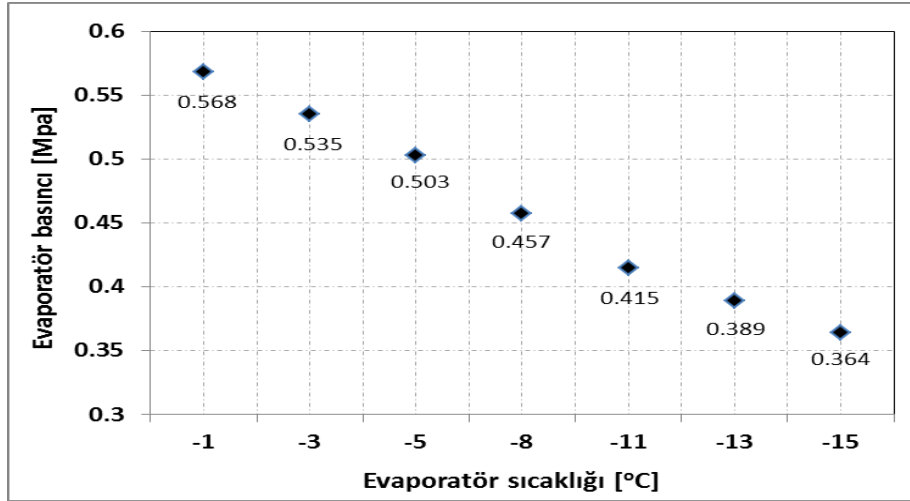
Şekil 2. Evaporatör sıcaklığı ile soğutma performans katsayısının değişimi

Analizi yapılan soğutma sisteminin soğutma performans katsayısı kondenser sıcaklığı değişime bağlı olarak hesaplanmış ve Şekil 3.’de verilmiştir. Çevrimde evaporatör sıcaklığı -10°C’de sabit tutulmuş ve kondenser sıcaklığı değiştirilmiştir. Kondenser sıcaklığı değişimine bağlı olarak yapılan analizde çevrimin en yüksek COP değeri olan 6.062 değerine -10°C evaporatör sıcaklığı, 25°C kondenser sıcaklığı olan çalışma şartında ulaşılmıştır.



Şekil 3. Kondenser sıcaklığı ile soğutma performans katsayısının değişimi

Buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminin evaporatör sıcaklığı ile evaporatör basıncı değişimi hesaplanarak Şekil 4’de verilmiştir. Çevrimde evaporatör sıcaklığı değiştirilerek evaporatör basıncı belirlenmiştir. Evaporatör basıncının, sıcaklığının artmasıyla yükseldiği görülmektedir. Yapılan analizde en yüksek evaporasyon basıncına -1°C evaporatör sıcaklığında 0.568 MPa olarak ulaşılmıştır.



Şekil 4. Evaporatör sıcaklığı ile evaporatör basıncının değişimi

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, hidrokarbon soğutucu akışkanlardan biri olan LPG (R1270-Propilen) kullanılan buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminin enerji analizi yapılmıştır. LPG’nin (R1270-Propilen) farklı çalışma şartları için sistem performansına olan etkileri incelenmiştir. Analizi yapılan çalışma şartları için buharlaştırıcı sıcaklığı arttığı zaman COP’nin arttığı, yoğuşurucu sıcaklığı arttığı zaman ise COP ‘nin azaldığı görülmüştür. Evaporatör sıcaklığı değişimine bağlı olarak yapılan analizde çevrimin en yüksek COP değeri olan 8.65 değerine -1°C evaporatör sıcaklığı, 25°C kondenser sıcaklığı olan çalışma şartında ulaşılmıştır. Dolayısıyla LPG (R1270-Propilen) kullanılan buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminden daha yüksek verim alabilmek için sistemin analizde elde edilen çalışma şartlarında işletilmesi uygun olacaktır. Bu çalışmada kullanılan LPG (R1270-Propilen) soğutucu akışkan klor içermemesi sebebiyle sıfır ozon delme potansiyeline (ODP) sahiptir. Bu yüzden bu tür çevrimler için oldukça iyi bir alternatif soğutucu akışkandır ve kullanımını artırılmalıdır.

REFERENCES / KAYNAKLAR

Apra, C. & Renno, C. (2004). Experimental Comparison of R22 with R417A Performance in A Vapour Compression Refrigeration Plant Subjected to A Cold Store. *Energy Conversion and Management*, (45),1807-1819.

Arora, A. & Kaushik, S.C. (2008). Theoretical Analysis of A Vapour Compression Refrigeration System with R502, R404A and R507A. *International Journal of Refrigeration*, (31), 998-1005.

Çengel, A.Y. & Boles, A.M. (1994). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill, New York, A.B.D.

Kabul, A. Kızılkın, O. & Yakut, A.K. (2008). Performance and Exergetic Analysis of Vapor Compression Refrigeration System with An Internal Heat Exchanger Using A Hydrocarbon, Isobutane (R600a). *International Journal of Energy Research*, (32), 824-836.

Sincar, S. (1999). R134a Soğutucu Akışkan ile Çalışan Ticari Soğutucu Tasarımı, İmalatı ve Performans Deneyleri. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.