

EV TİPİ BUZDOLAPLARINDA PERFORMANS KATSAYISI- TERSİNMEZLİK İLİŞKİSİ

Özgür BAYER¹, Barbaros ÇETİN, Elif DİRGİN
ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara
¹E-posta: bayer@metu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, sabit tutulan soğuk-oda ve oda sıcaklıkları arasında çalışan buhar sıkıştırma soğutma çevrimine sahip ev tipi buzdolaplarında, farklı buharlaşma ve yoğuşma basınçları oranı gözetilerek performans katsayısı (COP)-tersinmezlik (I) ilişkisini belirlemeyi hedeflemektedir. Çalışmada farklı basınç oranları (P_H/P_L), farklı çevrimler (buzdolabı bileşenlerinin farklı boyutlandırılması) anlamına gelmekte olup kıyaslama yapılabilmesi için P_H/P_L oranı tasarımın ekonomik analiz boyutunu etkilemeyecek bir aralıkta tutulmuştur.

Analiz, sabit durum çalışma karakterinin benzeşimini sağlayan koşullarda yapılmış, soğutucu akışkanı olarak da R-134a (CH_2FCF_3) kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Soğutma, kararlı durum sistem benzeşimi, performans katsayısı, tersinmezlik

ABSTRACT

Considering different evaporation and condensation pressure ratios; this study aims to examine the relationship between coefficient of performance (COP) and irreversibility (I) of an actual vapor compression refrigeration cycle for household refrigerator, which is working between user-specified cold room and ambient air temperatures. Since different pressure ratios correspond to different cycles in the study, to be able to make a comparison, P_H/P_L ratio is fixed in a range such that economical analysis is not affected.

Analysis is performed for conditions satisfying steady-state operation characteristic and R-134a (CH_2FCF_3) is used as the refrigerant.

Keywords: Refrigeration, steady-state system simulation, coefficient of performance, irreversibility.

1.GİRİŞ

Soğutma, bir ortamın ya da maddenin çevre sıcaklığından aşağıda tutulması işlemidir. Bu işlemde ısı emici olarak kullanılan madde soğutucu adını alır. Soğutucu, soğuk odadan çektiği ısıyı uzaklaştırarak dış ortama verir.

Soğutma işlemini gerçekleştirebilmek için, pratikte, buhar sıkıştırma soğutma çevrimi en yaygın kullanılanıdır. Buhar sıkıştırma soğutma çevriminde, gaz fazındaki soğutucu kompresörde sıkıştırılıp basınçlandırılarak kondensöre girer. Kondensörde dış ortama ısı vererek yoğuşan soğutucunun, sıvı fazda girdiği genişleme valfinden basıncı, izentalpik kabul edilen bir işlemle kondensör basıncından evaporatör basıncına düşürülür. Genişleme valfinden sıvı-gaz karışımı olarak çıkan soğutucu son olarak soğuk odadan ısı çekmeye yarayan evaporatöre girer ve bu bileşeni kızgın buhar fazında terkeder.

Söz konusu soğutma çevrimi ideal kabul edildiğinde, termodinamik açıdan;

- izentropik sıkıştırma
- izobarik ısı atılımı
- izentalpik genişleme
- izobarik ısı emilimi

basamaklarından oluşmaktadır[1].

Pratikte, işlemlerdeki tersinmezlikler nedeniyle ideal çevrimden sapmalar olmaktadır. Gerçek çevrimi idealden ayıran en belirgin fark kondensör ve evaporatördeki basınç düşümlerinin dikkate alınmasıdır[2].

Ev tipi buzdolaplarında, yukarıda anlatılan gerçek buhar sıkıştırma soğutma çevrimi geçerlidir.

2.TEORİ VE METODOLOJİ

Bu çalışma, önceden tasarlanmış bilgisayar programı kullanılarak (**DeSiRe**) sabit tutulan soğuk-oda ve oda sıcaklıkları arasında çalışan buhar sıkıştırma soğutma çevrimine sahip ev tipi buzdolaplarında, farklı buharlaşma ve yoğuşma basınçları oranı gözetilerek performans katsayısı (COP)- tersinmezlik (I) ilişkisi belirlemeyi hedeflemektedir[3].

Tasarlanmış bilgisayar programı (**DeSiRe**), kullanıcı tarafından girilen oda sıcaklığı (T_0), soğuk-oda sıcaklığı (T_c), yüksek ve düşük çalışma basınçları (P_H, P_L), soğutma yükü (Q_L) ve

çevrimdeki bileşenlerin boyutsal parametreleri (kondensör, evaporatör boru çapları, kompresör silindir sayısı vb.) dikkate alarak; soğutucunun kütsel debisinin hesabı, kompresör hızının belirlenmesi, evaporatör ve kondensör boyutlandırması, genişleme valfi olarak modellenen kılcal boru boyunun hesaplanması işlemlerini gerçekleştirip çevrimi tasarlamaktadır. Boyutsal analizin yanında program yardımıyla tasarlanan döngünün performans katsayısı ve tersinmezliği gibi performans parametrelerini de hesaplamak mümkündür.

Bu çalışmada COP_{II}-I ilişkisi, T₀=298 K, T_c=265 K değerleri sabit tutularak, kompresördeki sıkıştırma ve genişleme işlemleri politropik seçilip n=m=1.19 alınarak ve soğutucu olarak R-134a kullanılarak farklı P_H/P_L oranları ve Q_L değerlerinde belirlenmeye çalışılmıştır.

Döngüdeki tersinmezlik değeri, her bir bileşenin tersinmezlik değerlerinin toplamıdır.

$$I_{\text{komp}} = m \cdot T_0 (s_e - s_i) - Q_{\text{komp}} \quad (2.1)$$

$$I_{\text{kond}} = m \cdot T_0 (s_e - s_i) - Q_{\text{kond}} \quad (2.2)$$

$$I_{\text{gen v.}} = m \cdot T_0 (s_e - s_i) \quad (2.3)$$

$$I_{\text{evap}} = m \cdot T_0 (s_e - s_i) - Q_{\text{evap}} \cdot \frac{T_0}{T_c} \quad (2.4)$$

$$I_{\text{çevrim}} = I_{\text{komp}} + I_{\text{kond}} + I_{\text{gen v.}} + I_{\text{evap}} \quad (2.5)$$

Diğer yandan ikinci kanun bazında tanımlanan performans katsayısı (COP_{II}), ekserji denklemleri yardımıyla aşağıdaki gibi tanımlanmıştır[4].

$$\text{COP}_{\text{II}} = \frac{Q_L \left(1 - \frac{T_0}{T_c}\right)}{W} \quad (2.6)$$

3. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Performans katsayısı-tersinmezlik ilişkisi analizi, normal (T₀=298 K) ve tropik (T₀=313 K) iklim koşullarında çalışan ev tipi buzdolaplarında, düşük çalışma basıncı 120 kPa'da sabit tutularak gerçekleştirilmiştir.

Normal koşullarda, basınç oranı 6-7.5 aralığında tutularak farklı soğutma yükleri (Q_L=90-130 W) için çevrimlerin performans katsayısı ve tersinmezliklerinin davranışları gözlemlenmeye çalışılmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki; her bir soğutma yükü için P_H/P_L oranı artışı performans katsayısında azalmaya, döngünün tersinmezliğinde artışa neden olmaktadır.

Tropik koşullarda ise basınç oranı 8.5-10 aralığında tutularak farklı soğutma yükleri (Q_L=110-150 W) için çevrimlerin performans katsayısı ve tersinmezliklerinin davranışları yeniden gözlemlenmeye çalışılmıştır. Normal koşullardakine paralel olarak her bir soğutma yükü için P_H/P_L oranı artışı performans katsayısında azalmaya, döngünün tersinmezliğinde artışa neden olmaktadır.

Normal ve tropik koşullar için elde edilen COP_{II} değerleri, COP değerleri farklılık göstermelerine rağmen birbirine yakındır. Bu da COP_{II} tanımındaki oda sıcaklığı teriminin etkisidir. Her iki koşulda da incelenen basınç oranı aralığında COP_{II}'de yadsınamayacak ölçüde düşüşler gözlemlenmiştir.

İkinci kanun bazında tanımlanan performans katsayısının aksine tropik çalışma koşulunda çevrimin tersinmezliği normal çalışma koşuluyla karşılaştırıldığında aynı Q_L değeri için yaklaşık iki katı olmaktadır. Bu karşılaştırmanın sabit soğutma yükü için yapıldığı, basınç oranının aynı olmadığı unutulmamalıdır. Tersinmezlik artışında basınç oranı önemli rol oynamaktadır.

Her iki çalışma koşulu için elde edilen grafikler incelendiğinde, düşük basınç oranında COP_{II}'nin yüksek ve tersinmezliğin düşük olması, bu oranın (normal koşul için 6, tropik koşul için 8.5) tasarım için en iyi değer olduğunu gösterdiği düşünülse de tasarım için en uygun değer değildir. Çünkü bu çalışma ekonomik analiz boyutunu içermediğinden çevrimler için optimizasyon analizi yapmak mümkün değildir.

Normal çalışma koşulu için 6.5-6.8, tropik çalışma koşulu için de 9-9.4 basınç oranı aralığında, optimizasyon analizinin sınırlandırıcı koşulu olan kondensörün ve evaporatörün toplam boyutunda önemli değişiklikler olmadığından ekonomik analiz boyutu bu aralıklar için ihmal edilebilir.

Bu çalışmanın devamı olarak, buhar sıkıştırma soğutma çevriminin optimizasyon analizi termoekonomik çözümleme yoluyla gerçekleştirilebilir.

4. SEMBOLLER

COP_{II}: 2. kanun bazında performans katsayısı
I: tersinmezlik

m: soğutucu kütle debisi
P_H: yüksek çalışma basıncı
P_L: düşük çalışma basıncı
Q: ısı akımı
Q_L: soğutma yükü
s: entropi
T_c: soğuk-oda sıcaklığı
T₀: oda sıcaklığı
W: kompresör gücü

5. KAYNAKLAR

[1] Sonntag Richard E., Borgnakke Clause, Van Wylen Gordon J., Fundamentals of Thermodynamics, 5th Edition, John Wiley & Sons Inc., Toronto, (1998).

[2] Stoecker W.F., Jones J.W., Refrigeration and Air Conditioning, 2nd Edition, McGraw-Hill, International Editions Mechanical Technology Series, (1982).

[3] Bayer Ö., “Performance Improvement of Household Refrigerators”, M.S.Thesis in Mechanical Engineering, Middle East Technical University, Ankara (2002).

[4] Prof. Dr. Hafit YÜNCÜ, ME 537 Lecture Notes.