Küçük Kapasiteli Ticari ve Ev Tipi Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Kompresörlerin Özelliklerinin Analizi

İsmail MUTLU[a], Hüseyin BULGURCU[b], Ayhan ONAT[c], Musa G. ÖZKAYA[d]
[a]BAÜ, Edremit Meslek Yüksekokulu, Ev Cihazları ve Gereçleri Programı, Edremit, Balıkesir
[b]BAÜ, Balıkesir Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme ve Soğutma Programı, Balıkesir
[c]BAÜ, Gönen Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme ve Soğutma Programı, Gönen, Balıkesir
[d]GÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Tesisat Anabilim Dalı, Ankara

ÖZET: Bu çalışmada; ülkemizde üretilen ve ithal edilen, genelde küçük ticari ve evsel soğutma sistemlerinde kullanılan orta dönüş basınçlı (MBP), 1/4 hp kapasitedeki hermetik kompresörlerin performansları karşılaştırılmıştır. Deney düzeneği Balıkesir Üniversitesi Balıkesir Meslek Yüksekokulu'nda hazırlanmış olup; deneyler İklimlendirme ve Soğutma Programının Laboratuarında yapılmıştır. Deneylerde yedi farklı firmanın kompresörünün karakteristik özellikleri analiz edilmiştir. Aynı çalışma şartlarında yapılan deneylerle kompresörlerin STK, ITK, kızgınlık, güç katsayısı, emme-basma hattı basınçları ve çektikleri elektrik akım değerleri gibi temel karakteristikleri tespit edilmiştir. Yapılan bu deneysel çalışmanın sonucunda genel olarak en verimli A_5 kodlu kompresör bulunmuştur.
Anahtar Kelimler: Analiz, kompresör, soğutma, verim.

Analysis of Compressor Specifications in Using Small Capacity Commercial and Domestic Refrigeration Systems

ABSTRACT: In this study, the performances of domestic and imported hermetic compressors used in the refrigeration system of small capacity commercial and domestic were compared. These are in medium return pressure and 1/4 hp capacity. The experimental equipment was prepared at Balıkesir University Balıkesir Vocational School of Higher Education, and the experiments were conducted in the Laboratory of the Air-Conditioning and Refrigeration Program. Characteristics of compressors produced by seven different companies were analyzed. The experiments conducted in the same conditions, and the COP_{ref}, COP_{heat}, superheated, power coefficient, pressures section-discharge lines, and electrical current values were determined. It was found by the results of these experiments that the most productive compressor was the one coded as A5.
Key Words: Analysis, compressor, refrigeration, efficiency.

GİRİŞ

Soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde çok farklı kapasitelerde farklı tip ve özelliklerde kompresörler kullanılmaktadır. Ülkemizde çok çeşitli kompresörler ithal edilmekte olup, ithalat aşamasında bunlar için herhangi bir uluslararası kalite sertifikası istenmemektedir. İthal edilen kalitesiz kompresörler fazla enerji tüketmekte ve kısa ömürlü olmalarından dolayı, ülkemiz yüksek oranda zarara uğramaktadır. Hermetik pistonlu tip kompresörlerde aranan özellikler; yüksek performans, dayanıklılık, düşük titreşim ve ses seviyesi, enerji verimliliği, emniyetli çalışma olmalıdır (Erol, 1996), (Bulgurcu ve Kılıçaslan, 2000). Bu çalışmada küçük ticari tip soğutuculardaki kullanılan ¼ hp gücünde orta dönüş basınçlı (MBP) hermetik kompresörler için performans değerlendirmesi yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmada aynı çalışma şartlarında yapılan deneylerle kompresörlerin STK, ITK, kızgınlık, güç katsayısı, emme-basma hattı basınçları ve çektikleri elektrik akım değerleri gibi temel karakteristikleri tespit edilmiştir.

Gültekin (1996), tarafından yapılan çalışmada kompresör deneylerinin standartlara uygun olarak yapılabilmesi için bir yöntem oluşturulmuştur. Çalışmada dört çeşit kompresör deney örneği verilerek (Pistonlu-gel git hareketli, komple yağ süzmeli döner vidalı, portatif yağ süzmeli döner vidalı ve segmanlı basitleştirilmiş kompresör deney örnekleri) konunun daha iyi anlaşılabilir olması amaçlanmıştır. Scalabrin ve Bianco (1991), tarafından yapılan çalışmada açık tip soğutma kompresörünün termodinamik davranışının bir deneysel analizi, onun hızı değiştirilmek suretiyle kapasite modülasyonlu olarak gösterilmiştir. Değişik hızlardaki ve farklı emme ve basma basınçlarındaki performansı ve termodinamik verimi tanımlayan ana parametreler de gösterilmiş ve tartışılmıştır. Sonuç olarak düşük hızlarda kompresör veriminde önemli bir artış olduğu bulunmuştur.

McGovern ve Harte (1994), tarafından yapılan çalışmada kompresör performans analizi için bir ekserji yöntemi gösterilmiştir. Çalışmanın amacı kompresör mil gücünün kullanımındaki hataların ölçülmesi ve belirlenmesidir. Bu bilgi kompresör tasarımındaki iyileştirmelerde kullanılabilir. Hatalar sürtünmelerden, tersinir olamayan ısı geçişinden, sıvı kısılmasından ve tersinir olmayan sıvı karışımından kaynaklanır. Ekserji, yaygın olarak kullanıldığı gibi bozulma seviyesi olarak tanımlanmış ve onların yerleşimleri tanımlanmıştır. Bu yöntem herhangi bir pozitif sıkıştırmalı kompresöre uygulanabilir. Kompresör için hazırlanacak detaylı bir simülasyon programına kolaylıkla uygulanabilir. Açık tip pistonlu soğutma kompresör analizine R-12 kullanılarak bir örnek verilmiştir. Tassou ve Qureshi (1996), tarafından yapılan çalışmada değişken hızlı

kapasite kontrolü uygulamaları için pozitif sıkıştırmalı soğutma kompresörlerinin performans incelemesi sonuçlarını göstermektedir. Test edilen kompresörler, açık pistonlu, yarı hermetik pistonlu ve açık rotorlu tiplerdir. Her üç tip kompresörler sabit ve değişken basma basınçlı çalışma şartlarında test edilmiştir. Sonuçlar her üç tip kompresörün anma devir sayılarında maksimum verim sağlayacak şekilde tasarlandığını göstermektedir. Sabit basınç altında sadece açık tip kompresörde, düşük hızlarda COP değeri bir iyileşme göstermiştir. Değişken basma basınç kontrolünde her üç tip kompresör hızlar düştükçe COP değerlerinde bir artış görülmüştür. Enerji analizinin sonuçları deneysel sonuçlara ve hava şartlarına taşındığında, ılıman ve sıcak hava koşullarında her üç kompresörde değişken hızlarda sabit hıza göre daha yüksek enerji tasarrufu sağlamaktadırlar. Analizler sonunda açık tip kompresörlerin ılıman iklimlerde %12 ve sıcak iklimlerde %24 enerji tasarrufu yaptığı anlaşılmıştır. Stouffs ve ark. (1999), tarafından yapılan çalışmada pistonlu kompresörlerin termodinamik analizi için küresel bir model hazırlanmıştır. Model beş ana ve dört adet ikincil derece fiziksel boyutsuz parametrelere dayanmaktadır. Hacimsel verimler için eşitlikler, birim kütle başına iş ve verim olarak çıkarılmıştır. Model pistonlu kompresörlerin değişik çalışma şartları altında performansını tahmin için kullanılmaktadır. Model denenmiş olup kompresör performansının analizinde oldukça hassas olduğu anlaşılmıştır.

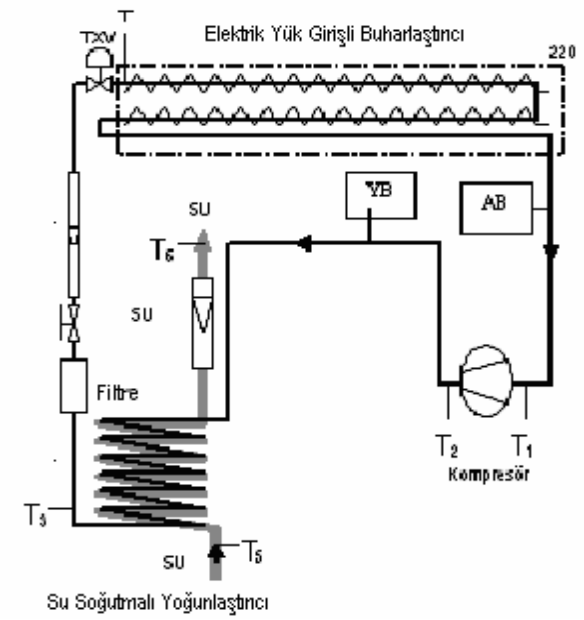
Giovanni ve Gasperalla (2002), tarafından yapılan çalışmada evsel soğutma uygulamaları için kullanılan küçük tip hermetik pistonlu kompresörün kararsız durumda sıkıştırma çevrim analizi gerçekleştirilmiştir. Supaplar için özel tek boyutlu model geliştirilmiş ve silindir içindeki gaz kütlesini, basınç ve sıcaklık değişimlerini belirlemek için soğutucu akışkana kütle ve enerji dengesi uygulanmıştır. Bu analiz, kompresör cihazının performansını ve sıkıştırma verimini değerlendirmek için geleneksel bir kararlı durum içine konulmuştur.

Rigola ve ark. (2004), tarafından yapılan çalışmada Hermetik pistonlu kompresörlerin termal ve akışkanlar dinamiği optimizasyonu için bir ileri seviye sayısal simülasyon modeli geliştirilmiştir. Sayısal çözümün kalitesi farklı hata kaynaklarının kritik analizi ve geniş bir deneysel karşılaştırma ile geçerliliği kanıtlanmıştır. Bu çalışma sayısal simülasyon modeline dayalı hermetik pistonlu kompresörlerin farlı para metrik çalışmaların temsili üzerine odaklanmıştır. Hazırlanan sonuçlar farklı özelliklerin (geometri, motor, supaplar, çalışma şartları vb) etkisini kompresör davranışını etkileyen boyutsuz parametreler üzerinde (hacimsel ve izentropik verim, COP vb.) göstermektedir. Winandy ve ark. (2001), tarafından yapılan çalışmada hermetik sarmal kompresörün üretici tarafından iç duyargaların takılmasıdır. Analiz, kompresör gücü ve basma sıcaklığı gibi soğutucu akışkan kütlesel debisinin etkilediği ana işlemleri açıklamaktadır. Bu deneysel sonuçlar, sarmal kompresör için basitleştirilmiş bir model ileri sürer. Üniform duvarlardan ısı kazancı arttığında emme hattı sıcaklığının artmasından dolayı soğutucu akışkan debisinin etkilendiği kabul edilmiştir. Bu hayali duvar, basma hattındaki elektro mekanik kazançlara ve emme hattından ortama olan kayıplara göre önerilmiştir. Ozu ve Itami (1981), tarafından yapılan çalışmada oda tipi iklimlendirme cihazlarındaki küçük hermetik rotorlu kompresörlerin teorik ve deneysel çalışmalar rapor edilmiştir. Rotorlu ve pistonlu kompresörler verim yönünden mukayese edildiğinde rotorlu kompresörler dezavantajlıdır, çünkü sıkıştırma odasındaki kayan yüzeyler sürtünme katsayısını arttırır, buna rağmen üç önemli özelliğe sahiptirler: hacimsel verimleri yüksektir, supap kayıpları düşüktür, emme, sıkıştırma ve basma aynı anda yapılabilir, emme hızı basıma hızının yaklaşık yarısı olduğunu ifade etmişlerdir. Böylelikle rotorlu kompresörlerin verimi pistonlu kompresörlerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada ise ülkemizde üretilen ve ithal edilen, genelde küçük ticari ve evsel soğutma sistemlerinde kullanılan orta dönüş basınçlı (MBP), 1/4 hp kapasitedeki hermetik kompresörlerin performansları karşılaştırılmıştır. Deneyler Balıkesir Üniversitesi Balıkesir Meslek Yüksekokulu İklimlendirme ve Soğutma Programının Laboratuarında yapılmıştır.

MATERYAL ve METOD

Materyal

Deney cihazı elektrik ısıtmalı buharlaştırıcılı ve kangal borulu su soğutmalı yoğunlaştırıcılı soğutma devresi olup buharlaştırıcıdaki ısı girişi varyak tipi potansiyometre ile ayarlanabilmektedir. Buharlaştırıcı; L tipi olup, 7/8 boru içine yerleştirilmiş 2 adet defrost ısıtıcısından oluşmuştur. Böylece buharlaştırıcı yükü, gerilim (U) ile akımın (I) çarpımı olarak kolayca hesaplanabilmektedir. Yoğunlaştırıcı olarak kangal borulu tipte (su batarya içerisinde dolaşır) ısı transfer alanı $0.075m^2$ olan ve R-134a sıvı seviyesinin gözlenebilmesi için gözetleme camı takılmış olup, su tarafına da rotametre tipi debimetre bağlanmıştır. Sıvı hattında soğutucu akışkanın temizliğinin sağlanması için filtre-kurutucu bağlanmıştır. Sıvı hattındaki akışkanın kütlesel debisinin ölçümü için soğutucu akışkan (R-134a) debimetresi kullanılmıştır. Genleşme vanası olarak içten dengelemeli termostatik tip vana kullanılmıştır. Kompresör bağlantıları için iki adet servis hortumu ara vanalarla basma ve emme hattına bağlanmış olup her kompresör değişiminde vanalar kapalı konumda iken kompresör gövdesine vakum ve şarj işlemi uygulanmıştır. Kullanılan soğutucu akışkan **(**R134a, Tetrafloroetan, CF_3 CH_2F), yoğunlaşma sıcaklığı**:** maksimum 50 °C ve buharlaşma sıcaklığı: soğutma yükünün ve buharlaştırıcı soğutma suyunun ayarlarına bağlı olarak - 40 °C ile +10 °C olarak ölçülmüştür. Tasarımı yapılan buhar sıkıştırmalı soğutma siteminin deney cihazının devre şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Tasarımı yapılan buhar sıkıştırmalı soğutma sisteminin devre şeması.

Metod

Deneyler Balıkesir Üniversitesi Balıkesir Meslek Yüksekokulu Soğutma Laboratuarında 20 °C iç ortam şartlarında 2004 yılı Mayıs-Ekim aylarında yapılmıştır. Her bir kompresör için belirli bir kondenser su akış seviyesinde sistemin kararlı hale gelmesi için 2 saat beklenmiştir. Soğutma suyu; 50 g/s, 30 g/s ve 10 g/s olarak üç farklı debide denenmiştir. Ticari ve ev tipi soğutucu kompresörler, dünya çapında onu aşkın firma tarafından üretilmekle beraber bu kompresörlerden bazıları temin edilememiştir. Deneyleri yapılan kompresör markaları ve tipleri şunlardır:

- EMBRACCO (FG 85HAKW)
- LG (LX72LBEG)
- TEE (AE176YD)
- ASPERA (NE6170Z)
- SAMSUNG (HK672Q2Z)
- DANFOSS (FR8.5.6)
- L'UNITE HERMETIQUE (AEZ2380Y)

Yapılan deneysel çalışmalarda her bir kompresöre kod verilerek (A_1, A_2, A_3, A_4 A_5, A_6 ve A_7) deney sonuçlarının değerlendirilmesi bu kodlara göre yapılmıştır. Kodlama sıralaması karışık olup, yukarıdaki sıralamaya göre verilmemiştir. Deneyleri yapılan kompresörler sabit soğutma yükü altında, ısıtıcıya sabit gerilim uygulanarak (150 V) ve farklı yoğunlaşma basınçlarında incelenmiştir. Tasarımı yapılan deney cihazında aşağıdaki karakteristikler ölçülen değerlerdir:

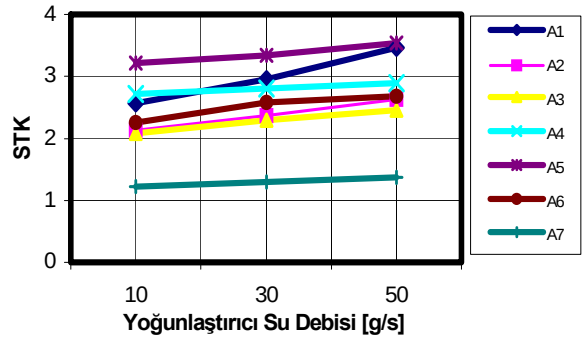
- Emme hattı basıncı, P_e [kPa]
- Basma hattı basıncı, P_b [kPa]
- Yoğunlaştırıcı sıcaklığı, T_y [°C]
- Buharlaştırıcı sıcaklığı, T_e [°C]
- Kompresör giriş sıcaklığı, T_1 [°C]
- Kompresör çıkış sıcaklığı, T_2 [°C]
- Sıvı hattı sıcaklığı, T_3 [°C]
- Genleşme hattı sıcaklığı, T_4 [°C]
- Yoğunlaştırıcı su giriş sıcaklığı, T_5 [°C]
- Yoğunlaştırıcı su çıkış sıcaklığı, T_6 [°C]
- Su debisi, $\dot{m}_{su}$ [g/s]
- Soğutucu akışkan debisi $\dot{m}_r$ [g/s]
- Isıtıcı gerilimi, V_e [Volt]
- Buharlaştırıcı elektrik akımı, I_e [A]
- Kompresör elektrik gerilimi, V_m [Volt]
- Kompresör elektrik akımı, I_m [A]
- Kompresör güç katsayısı (Cosϕ)

Hesap parametreleri:

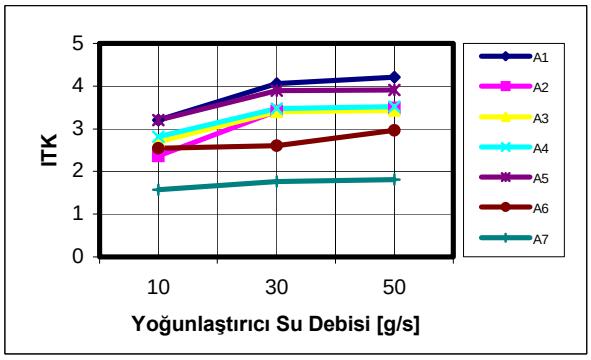
- Buharlaştırıcı giriş gücü ($V_e.I_e$) [W]
- Yoğunlaştırıcı ısı yükü, Q_Y [W]
- Soğutma tesir katsayısı, (STK_{el})
- Isıtma tesir katsayısı, (ITK_{el})
- Kompresör giriş gücü, Q_W [W]
- Kızgınlık (T_1-T_e) [°C]
- Sıkıştırma oranı

BULGULAR ve TARTIŞMA

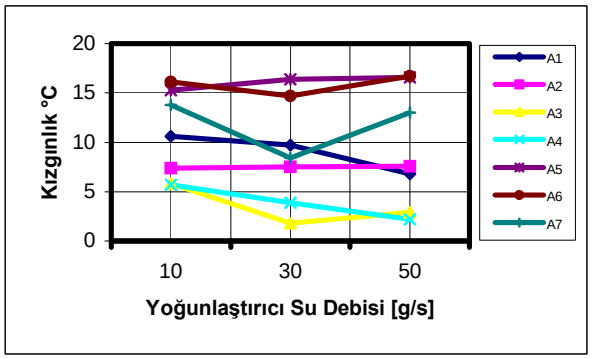
Yapılan deneylerde ortam sıcaklığı 20 ^{0}C olarak ölçülmüş olup, yoğunlaştırıcı su akış seviyeleri 50 g/s, 30 g/s ve 10 g/s olarak üç farklı yoğunlaşma kademesi elde edilmiştir. Şekil 2'de yoğunlaştırıcı soğutma suyu ve STK değişimine göre yapılan değerlendirmede STK değeri en düşük A_7, en yüksek ise A_5 bulunmuştur. STK değeri açısından en verimli kompresör A_5 olmaktadır. Şekil 3'e ITK açısından bakıldığında en verimli kompresör A_1 bulunmuştur. STK değeri en düşük olan kompresör ise A_7 olmuştur. Şekil 4'de A_5 ve A_6 kompresörlerinde en fazla kızgınlık ölçülmüştür. En düşük kızgınlık ise A_3 ve A_4 kompresörlerinde elde edilmiştir. Şekil 5'de ise emiş basıncı en düşük A_1, en yüksek değer ise A_7 ve A_3 kompresörlerinde bulunmuştur. Şekil 6' da görüleceği gibi basma hattı basıncı en yüksek A_2, A_3 ve A_7 kompresörleri olmuştur. En düşük basma hattı basınçları ise A_5 ve A_6 kompresörlerinde görülmektedir. Şekil 7'de en fazla akım çeken kompresörün A_7, en az akım çeken kompresörün ise A_5 olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 8'de ise A_7 kompresörünün diğerlerine göre aşırı miktarda güç harcadığı görülmektedir. Şekil 9'dan sıkıştırma oranı değerinin en fazla A_1 ve A_2 kompresörlerinde, en düşük değerin ise A_3, A_6 ve A_7 kompresörlerinde olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmanın devamı niteliğinde yapılacak çalışmalarda aşağıdaki önerilerin dikkate alınması gerekmektedir. Şekil 10'da deneylerde kullanılan farklı kod numaralarındaki kompresörlerin fiyat açısından karşılaştırılması grafiği incelendiğinde performans yönünden en iyi kompresör olan A_5'in en kötü performansa sahip olan A7 ve diğer kompresörlerden daha ucuz olması, kendisi gibi performans değerleri beğenilen A_1 kompresörünün yanında fiyat bazında maliyetinin ucuz olması ise A_5 kompresörünün bu sistemlerde kullanılabilecek en uygun kompresör olduğunu göstermektedir.



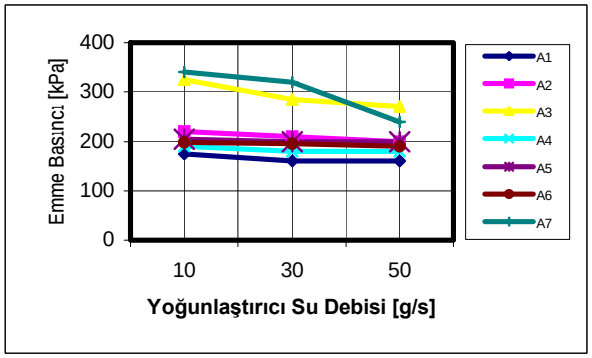
Şekil 2. Yoğunlaştırıcı soğutma suyu ve soğutma tesir katsayısı değişimi.



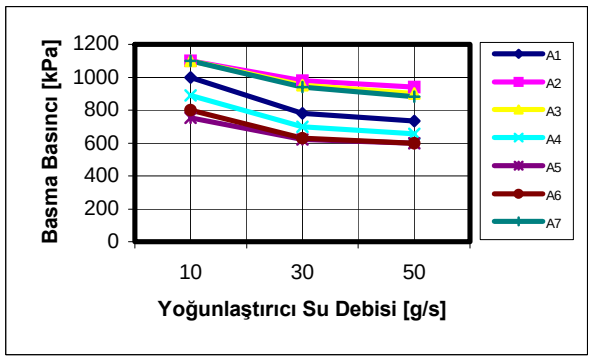
Şekil 3. Yoğunlaştırıcı soğutma suyu ve ısıtma tesir katsayısı değişimi.



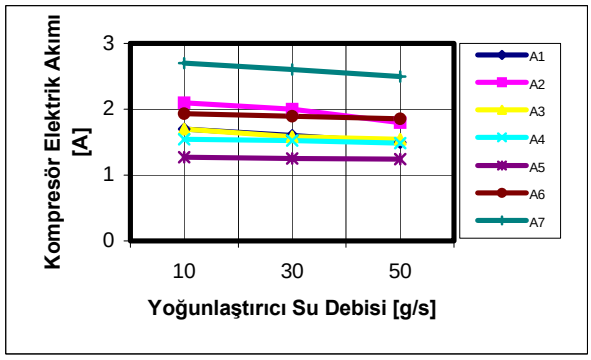
Şekil 4. Yoğunlaştırıcı soğutma suyu ve kızgınlık ilişkisi.



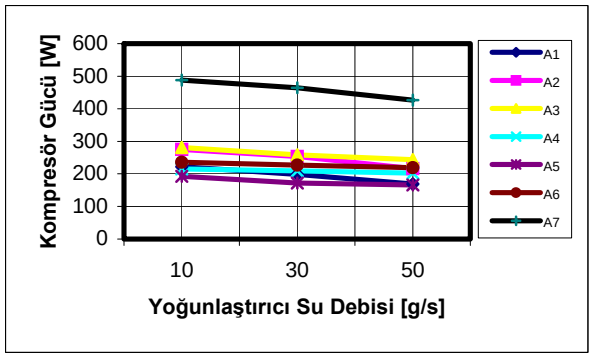
Şekil 5. Yoğunlaştırıcı soğutma suyu ve emme hattı basıncı ilişkisi.



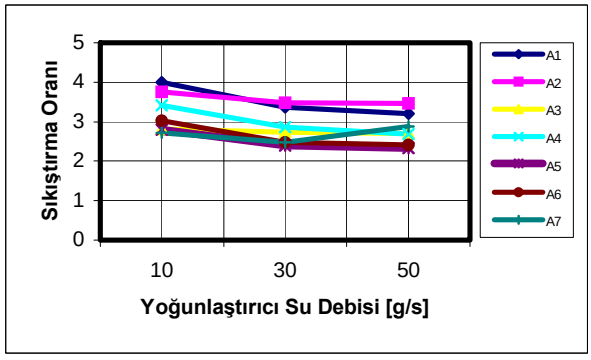
Şekil 6. Yoğunlaştırıcı soğutma suyu ve basma hattı basıncı ilişkisi.



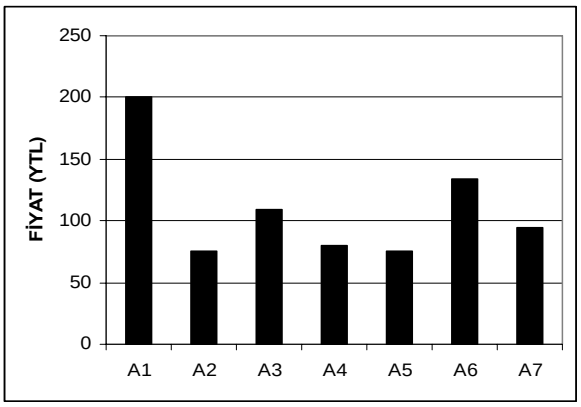
Şekil 7. Yoğunlaştırıcı soğutma suyu ve kompresör elektrik akımı değişimi.



Şekil 8. Yoğunlaştırıcı soğutma suyu ve kompresör gücü ilişkisi.



Şekil 9. Yoğunlaştırıcı soğutma suyu ve sıkıştırma oranı değişimi.



Şekil 10. Deneylerde kullanılan farklı kod numaralarındaki kompresörlerin fiyat açısından karşılaştırılması.

Yeni yapılacak bilimsel çalışmalar ve araştırmalar için aşağıda belirtilen önerilerin dikkate alınması gerekmektedir.

- Cihazların ses seviyeleri de önemli bir parametredir. Ancak desibel metre bulunmadığından ses seviyeleri ölçülememiştir. Daha sonraki çalışmalarda bu durum değerlendirmesi kullanıcılar için uygun olacaktır.
- Soğutucu akışkan ve su debisi rotametre yerine daha hassas cihazlarla ölçülebilir. Su hattındaki basınç değişken olmamalıdır. Soğutma suyu debisi değişeceğinden ölçüm sonuçlarını direkt olarak etkileyebilir.
- Sadece basma hattı basınçlarına bağlı parametreler yerine, buharlaştırıcı yükü de değiştirilerek emme hattına da bağlı grafikler elde edilebilir.
- Şebeke girişindeki gerilim sabit kalmalıdır. Sabit gerilimlerde deneyler yapılmazsa kompresör performanslarından sabit değer ve sonuçlar alınamayacaktır.

SONUÇLAR

Bu çalışmada ülkemizde üretilen ve ithal edilen, genelde küçük ticari ve evsel soğutma sistemlerinde kullanılan orta dönüş basınçlı (MBP), 1/4 hp kapasitedeki hermetik kompresörlerin performansları karşılaştırılmıştır. Deney düzeneği Balıkesir Üniversitesi Balıkesir Meslek Yüksek Okulu'nda hazırlanmış olup; deneyler İklimlendirme ve Soğutma Programının Laboratuarında yapılmıştır. Deneylerde yedi farklı firmanın kompresörünün karakteristik özellikleri analiz edilmiştir. Yapılan deneylerde ortam sıcaklığı 20 ^{0}C olarak ölçülmüş olup, yoğunlaştırıcı su akış seviyeleri 50 g/s, 30 g/s ve 10 g/s olarak üç farklı yoğunlaşma kademesi elde edilmiştir. Ayrıca kompresörler sabit soğutma yükü altında, ısıtıcıya sabit gerilim uygulanarak (150 V) ve değişen yoğunlaşma basınçlarında incelenmiştir. Bu deneysel çalışma kompresörleri pazarlayan ve kullanan firmalara performansları hakkında yardımcı olabilir. Küçük tip hermetik pistonlu kompresörler için yapılan performans deneyleri sonucunda aynı güç girişine sahip kompresörler arasında gerek kompresör ve gerekse motor tasarımından kaynaklanan ciddi performans farklılıklarının olduğu anlaşılmıştır. Önemli bir sonuçta kompresör performansları ile fiyatları arasında doğru orantılı bir ilişki olmadığı ve bazı pahalı marka kompresörlerin performans yönünden çok geride kaldıkları görülmüştür. Yapılan deneysel çalışmalara göre ticari ve evsel soğutma sistemlerinde hem performans hem de fiyat analizi açısından en uygun kompresörün A_5 kompresörü olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Bulgurcu, H., Kılıçaslan, A. 2000. Soğutma Sistem Tasarımı. Ders Notları, Balıkesir, 17-30s.

Erol, H. 1996. Soğutucularda Kullanılan Tek Silindirli Kompresörlerin Dinamik Ve Statik Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Doktora Tezi, İstanbul, 2-3.

Giovanni, A. L., Gasperalla, A. 2002. Unsteady State Analysis of A Hermetic Reciprocating Compressor. International Journal of Refrigeration, 7(2):17-25.

Gültekin, H. 2000. Kompresör Deneyleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 1-5.

Mcgovern, J. A., Harte, S. 1994. An Exergy Method For Compressor Performance Analysis. International Journal of Refrigeration, 20(2):17-27.

Ozu, M., Itami, T. 1981. Efficiency Analysis Of Power Consumption in Small Hermetic Refrigerant Compressors. International Journal of Refrigeration, 15(1): 1-7

Rigola, J., Perez-Segarra, C. D., Oliva A. 2004. Parametric Studies on Hermetic Reciprocating Compressor. International Journal of Refrigeration, 11(1): 5-15.

Scalabrin, G., Bianco, G. 1991. Experimental Thermodynamic Analysis of A variable-Speed Open Reciprocating Refrigeration Compressors. International Journal of Refrigeration, 21(1):15-25.

Stouffs, P., Tazerout, M., Wauters, P. 1999. Thermodynamic Analysis of Reciprocating Compressors. International Journal of Refrigeration, 8(1): 7-15.

Tassou, S. A., Qureshi, T. Q. 1996. Comparative Performance Evaluation of Positive Displacement Compressors in Variable Speed Refrigeration Applications. International Journal of Refrigeration, 10(1): 18-32.

Winandy, E., Saavedra, C., Lebrun, J. 2001. Exprimental Analysis And Simplified Modeling of A Hermetic Scroll Reciprocating Compressor. International Journal of Refrigeration, 18(1): 5-15.