

## BUHAR SIKIŞTIRMALI ISI POMPASINA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Recep YAMANKARADENİZ\*

### ÖZET

*Isıtma tesir katsayısı yüksek ve randımanlı çalışan bir ısı pompası yapabilmek için ısı pompasına etki eden parametrelerin iyi bilinmesi ve yerinde kullanılması gereklidir. Bu nedenle bu çalışmada ısı pompasına etki eden parametreler detaylı olarak incelenmiştir.*

### ABSTRACT

*In this study, the cycle calculations and the determination of the coefficient of performance for the vapour compression heat pump are explained. The variation of the coefficient of performance according to changes in the condenser and evaporator temperatures, calculat by a computer program are given. The effect of superheating and subcooling on the coefficient of performance is explained by curves. Concepts of heat pump efficiency and primary energy rate are given and the factors affecting them are examined.*

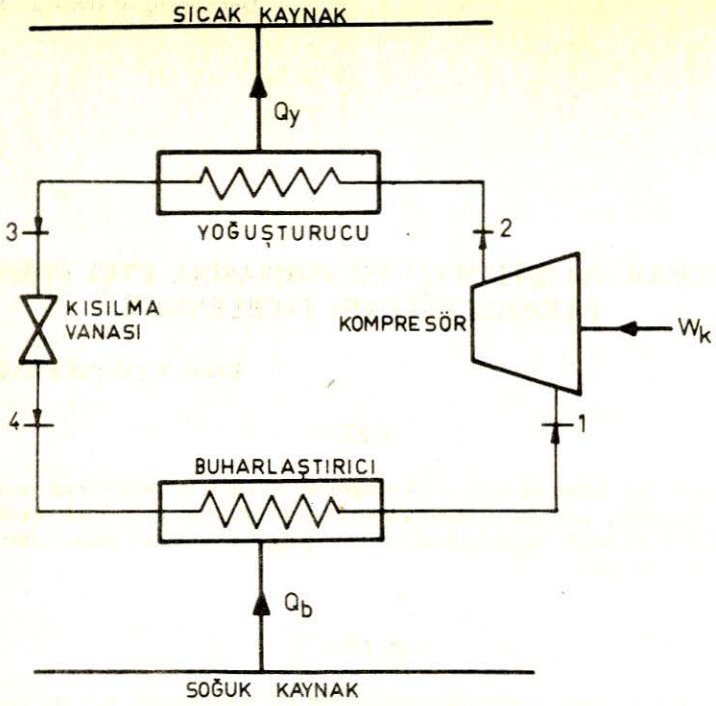
### 1- BUHAR SIKIŞTIRMALI ISI POMPASI ÇEVİRİMİ

Pratikte ısıtma maksadı ile genellikle buhar sıkıştırma ısı pompaları kullanılmaktadır. Buhar sıkıştırma ısı pompasının basit tesisat şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. Isı pompasının belli başlı temel elemanları, soğuk ısı kaynağından ısı çeken buharlaştırıcı, elektrik motoru ile tahrik edilen kompresör, sıcak ısı kaynağına ısı terkeden yoğunlaştırıcı ile kısıtma vanasıdır.

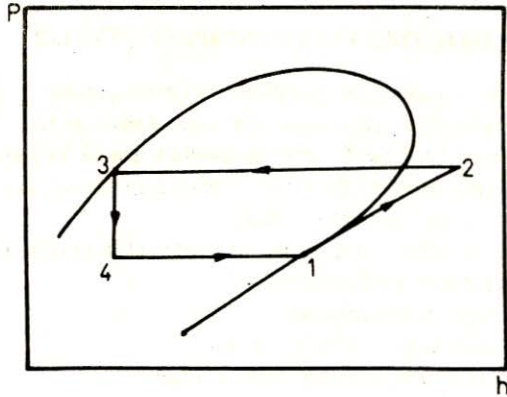
Şekil 2'de ideal buhar sıkıştırma ısı pompasının çevrimi lnP-h diyagramında gösterilmiştir. Şekil 2'deki ideal çevrim;

1. 2 Tersinir adyabatik sıkıştırma
2. 3 Tersinir sabit basınçta ısı terk etme
3. 4 Kısıtma vanasında sabit entalpide genişleme
4. 1 Tersinir sabit basınçta ısı çekmeden oluşur.

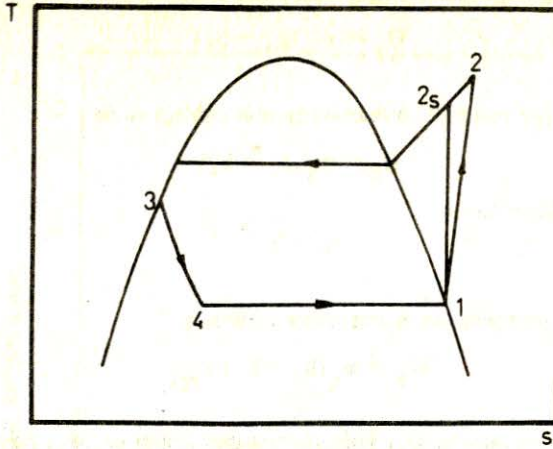
\* Yard. Doç. Dr.; Uludağ Univ. Mühendislik Fakültesi Makina Müh. Bölümü.



Şekil: 1 – Buhar sıkıştırırmalı ısı pompasının tesisat şeması



Şekil: 2 – İdeal buhar sıkıştırırmalı ısı pompasının P-h diyagramı



Şekil: 3 — Buhar sıkıştırmalı ısı pompasının T-s diyagramı

## 2- ISI POMPASININ ÇEVİRİM HESAPLARININ YAPILMASI

Buhar sıkıştırmalı ısı pompasının hesapları Şekil 3'de gösterilen T-S diyagramındaki noktalar esas alınarak yapılacaktır. Isı pompası devresinde dolaşan soğutucu akışkan kütlesi,  $m_s$ , kompresörün strok hacmi  $V_s$ , kompresörün mekanik verimi  $\lambda$ , kompresöre giren soğutucu akışkanın kütlesi  $v_1$  olmak üzere

$$m_s = \frac{\lambda V_s}{v_1} \quad (1)$$

yazılabilir.

İdeal ısı pompası çevriminde,  $s_1$  kompresör girişinde özgül entropi,  $s_{2s}$  kompresör çıkışında özgül entropi olmak üzere, termodinamiğin ikinci kanununa göre

$$s_1 = s_{2s} \quad (2)$$

yazılabilir.

Gerçek ısı pompası çevriminde, kompresör çıkışında  $h_2$  özgül entalpisi

$$h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_{ik}} \quad (3)$$

şeklinde ifade edilir.

Burada;  $h_1$  kompresör girişinde özgül entalpi,  $h_{2s}$  tersinir adyabatik sıkıştırma çıkışındaki özgül entalpi ve  $\eta_{ik}$  da kompresör iç verimidir. Kompresör iç verimi, ideal ısı pompasının kompresör işi  $W_{ki}$  olmak üzere

$$\eta_{ik} = \frac{W_{ki}}{W_k} \quad (4)$$

ile ifade edilir.



Gerçek ısı pompasında, yoğuşturucudan atılan ısı ise

$$Q_y = m_s (h_2 - h_3) \quad (5)$$

ile ifade edilir.

Gerçek ısı pompasında, buharlaştırıcının çektiği ısı da

$$Q_b = m_s (h_1 - h_4) \quad (6)$$

Kısılma vanasında ise

$$h_4 = h_3 \quad (7)$$

yazılabilir.

Gerçek ısı pompasında, kompresöre verilen iş

$$W_k = m_s (h_2 - h_1) / \eta_{mk} \quad (8)$$

şeklinde bulunur.

İdeal ısı pompasında,  $Q_{yi}$  yoğuşturucudan atılan ısı,  $W_{ki}$  kompresöre verilen iş olmak üzere ideal ısı pompası çevriminin ısıtma tesir katsayısı;

$$ITK\hat{I} = \frac{Q_{yi}}{W_{ki}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (9)$$

olarak yazılabilir.

Gerçek ısı pompası çevriminin ısıtma tesir katsayısı ise gerçek ısı pompasında,  $Q_y$  yoğuşturucudan atılan ısı,  $W_k$  kompresöre verilen iş olmak üzere

$$ITK = \frac{Q_y}{W_k} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \eta_{mk} \quad (10)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $\eta_{mk}$  kompresörün mekanik verimidir. Gerçek ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı ITK ile ideal ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı arasında

$$ITK = (ITK\hat{I} + \frac{1}{\eta_{ik}} - 1) \eta_{ik} \eta_{mk} \quad (11)$$

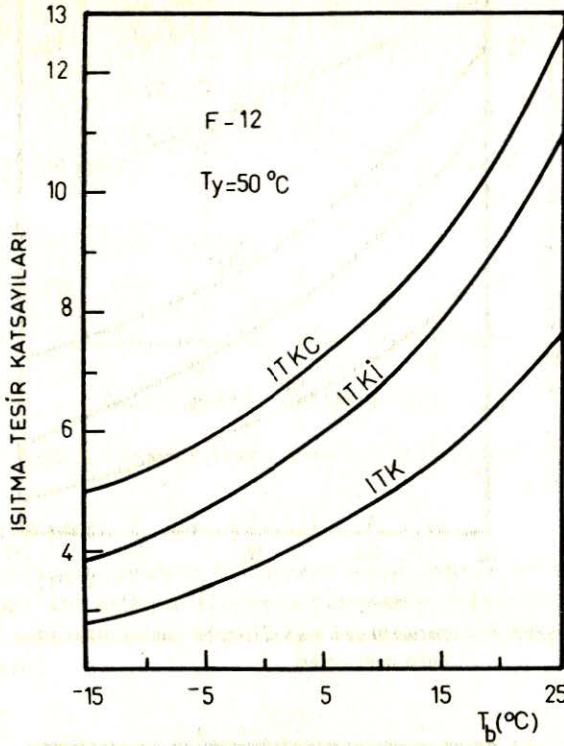
bağıntısı vardır.

Buhar sıkıştırılmalı ısı pompasının, yoğuşma sıcaklığı  $T_y$  ve buharlaşma sıcaklığı  $T_b$  yi kaynak olarak alan, Carnot ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı ise

$$ITKC = \frac{T_y}{T_y - T_b} \quad (12)$$

olarak yazılabilir.

İsı pompasının ısıtma tesir katsayılarının buharlaşma sıcaklığına bağlı değişimleri, bilgi-işlem programıyla yapılan hesaplara göre çizilerek Şekil 4'de gösterilmiştir. Eğrilerin çiziminde, ısı pompası hesapları  $\eta_{ik} = 0.75$ ,  $\eta_{mk} = 0.9$ ,  $T_y = 50$  C ve soğutucu akışkan Freon-12 kabul edilerek yapılmıştır.



Şekil: 4 — Isıtma tesir katsayılarının buharlaşma sıcaklığına bağlı değişimleri

Şekilden de anlaşılacağı gibi buharlaşma sıcaklığı  $T_b$  arttıkça ısıtma tesir katsayıları artmaktadır.  $T_b$  buharlaşma sıcaklığı da, ısı çekilen kaynak sıcaklığına bağlıdır. Böylece ısı çekilen kaynak sıcaklığı arttıkça, yoğuşma sıcaklığı  $T_y$  sabit kaldıkça, ısıtma tesir katsayıları artacaktır.

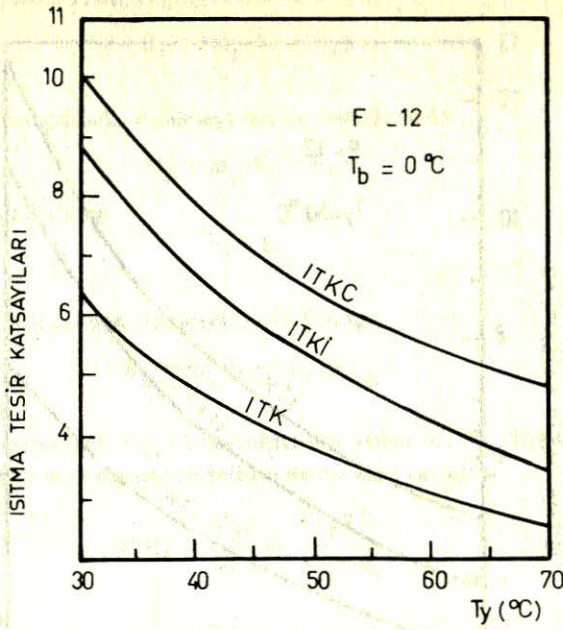
Isı pompasının ısıtma tesir katsayılarının, yoğuşma sıcaklığına bağlı değişimleri, bilgi-işlem programıyla yapılan hesaplara göre çizilerek Şekil 5'de gösterilmiştir<sup>1</sup>. Eğrilerin çiziminde, ısı pompası hesapları  $\eta_{ik} = 0.75$ ,  $\eta_{mk} = 0.9$ ,  $T_b = 0^\circ\text{C}$  ve soğutucu akışkan Freon-12 kabul edilerek yapılmıştır.

Şekil 5'den görüldüğü gibi yoğuşma sıcaklığı  $T_y$  arttıkça, buharlaşma sıcaklığı  $T_b$  sabit olduğundan ısıtma tesir katsayıları azalmaktadır. Bu sebeple yoğuşma sıcaklığını gereğinden fazla artırarak sistemi çalıştırmak, ısıtma tesir katsayılarının düşmesine sebep olur.

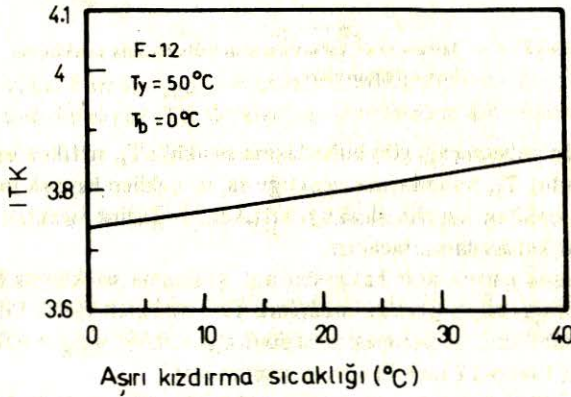
Aşırı kızdırmanın, gerçek ısı pompasının ısıtma tesir katsayısına etkisi, bilgi-işlem programıyla yapılan hesaplara göre çizilerek Şekil 6'da gösterilmiştir.

Şekil 6'dan da görüldüğü gibi aşırı kızdırma sıcaklığı arttıkça, az miktarda da olsa ısıtma tesir katsayısı artmaktadır.





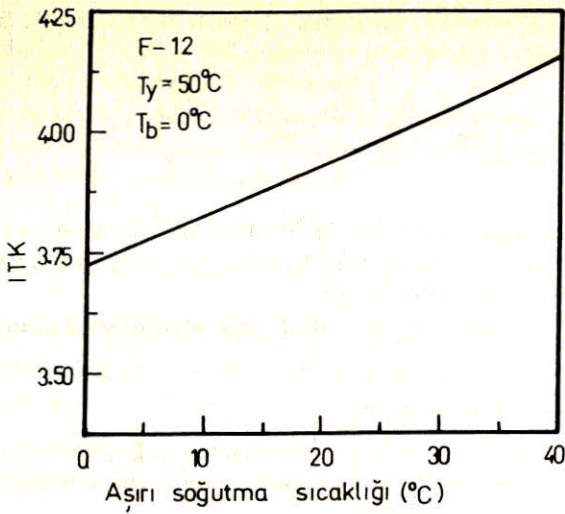
Şekil:5 – Isıtma tesir katsayılarının yoğuşma sıcaklığına bağlı değişimleri



Şekil: 6 – Aşırı kızdırmanın ısıtma tesir katsayısına etkisi

Aşırı soğutmanın, gerçek ısı pompasının ısıtma tesir katsayısına etkisi, bilgisayar programı yardımıyla yapılan hesaplara göre çizilmiş Şekil 7'de görülmektedir.

Şekil 7'den de görüldüğü gibi aşırı soğutma miktarı arttıkça ısıtma tesir katsayısı artmaktadır. Bu sebeple pratikte aşırı soğutma yapmak ısı pompasının ısıtma tesir katsayısını iyileştirmek açısından iyidir.



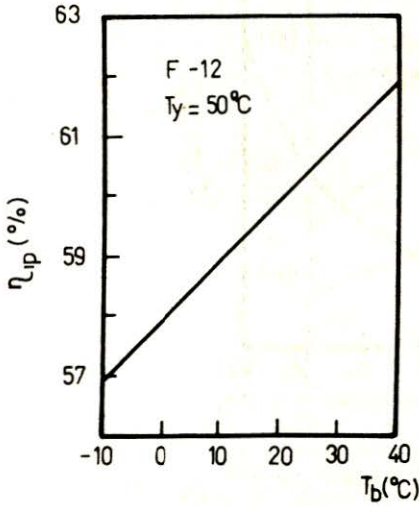
Şekil: 7 – Aşırı soğutmanın ısıtma tesir katsayısına etkisi

### Isı Pompası Verimi

Gerçek buhar sıkıştırımlı ısı pompasının verimi, gerçek buhar sıkıştırımlı ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı ITK ve ısı pompasının yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklıklarını kaynak kabul eden Carnot ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı ITKC olmak üzere

$$\eta_{ip} = \frac{ITK}{ITKC} \quad (13)$$

şeklinde yazılabilir<sup>2</sup>.



Şekil: 8 – Isı pompası veriminin buharlaştırıcı sıcaklığına bağlı değişimi

Denklem (10) dan ITK, denklem (12) den de ITKC alınarak, denklem (13) de yerlerine konularak

$$\eta_{ip} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \eta_{mk} \left(1 - \frac{T_b}{T_y}\right) \quad (14)$$

elde edilir.

Gerçek ısı pompasının veriminin,  $T_b$  buharlaştırıcı sıcaklığına bağlı değişimi, soğutucu akışkanın F-12 olması halinde, bilgi-işlem programıyla yapılan hesaplara göre çizilerek Şekil 8'de gösterilmiştir.

Şekil 8'den de görüldüğü gibi buharlaşma sıcaklığı arttıkça ısı pompasının verimi artmaktadır.

### Isı Pompasının İyilik Derecesi

Gerçek buhar sıkıştırımlı ısı pompasında, yoğuşturucudan atılan ısı  $Q_y$ , kompresöre verilen enerji  $W_K$  ve kompresöre verilen enerjinin üretildiği tesisin verimi  $\eta_s$  olmak üzere, iyilik derecesi,

$$\dot{I}YD = \frac{Q_y}{W_K / \eta_s} \quad (15)$$

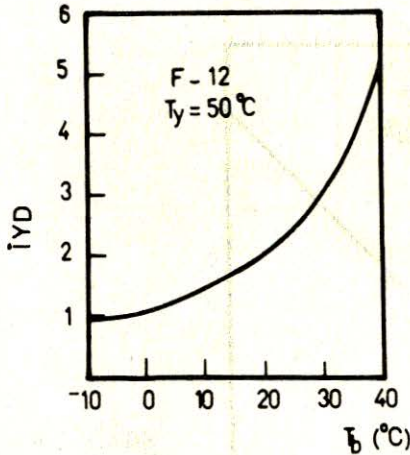
olarak yazılabilir<sup>3</sup>.

Gerekli düzenleme yapılırsa

$$\dot{I}YD = ITK \cdot \eta_s \quad (16)$$

haline getirilir.

Gerçek ısı pompasında iyilik derecesinin, buharlaştırıcı sıcaklığına bağlı değişimi, soğutucu akışkanın F-12 olması halinde, bilgi-işlem programıyla yapılan hesaplara göre, çizilerek Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil:9 – İyilik derecesinin buharlaştırıcı sıcaklığına bağlı olarak değişimi



Şekil 9'dan da görüldüğü gibi gerçek ısı pompasının iyilik derecesi, buharlaşma sıcaklığı arttıkça eksponansiyel artmaktadır.

Rankine güç çevrimine göre çalışan sistem ile ısı pompasının kombine çalışması durumunda,  $\eta_s$  Rankine güç çevriminin verimi ve ITK ısı pompasının ısıtma tesir katsayısı ise kombine sistemin iyilik derecesi

$$\dot{Y}DC = \eta_s (ITK - 1) + 1$$

şeklinde yazılabilir.

### Isı Pompasının Hacimsel Isıtma Yüğü

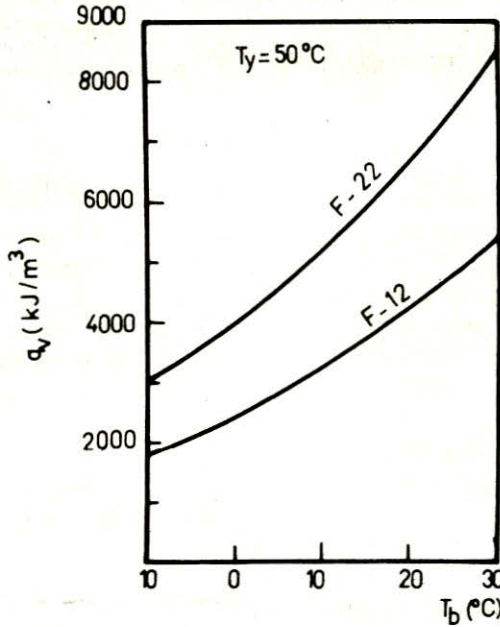
Gerçek buhar sıkıştırırmalı ısı pompasında, hacimsel ısıtma yüğü, kompresörün birim hacmi başına düşen ısı miktarı olup

$$q_v = \frac{h_2 - h_3}{v_1} \quad (17)$$

denkleminde bulunur.

Burada,  $h_2$  yoğuşturucu girişinde özgül entalpi,  $h_3$  yoğuşturucu çıkışında özgül entalpi ve  $v_1$  kompresör içindeki özgül hacimdir.

Hacimsel ısıtma yükünün, ısı pompalarında en çok kullanılan F-12 ve F-22 soğutucu akışkanları için, yoğuşturucu sıcaklığı sabit kalmak üzere, buharlaştırıcı sıcaklığına bağlı olarak değişimi bilgi-işlem programıyla yapılan hesaplara göre çizilerek Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil: 10 – Hacimsel ısıtma yükünün buharlaştırıcı sıcaklığına bağlı değişimi

Şekil 10'dan da görüldüğü gibi buharlaştırıcı sıcaklığı arttıkça, soğutucu akışkanların hacimsel ısıtma yükleri artmakta ve en yüksek hacimsel ısıtma yüküne F-22 nin sahip olduğu görülmektedir.

## SONUÇ

Isı pompasının en önemli kavramlarından olan ısıtma tesir katsayısının buharlaşma sıcaklığına, yoğuşma sıcaklığına, aşırı kızdırma miktarına ve aşırı soğutma miktarına bağlı değişimleri detaylı olarak incelenmiştir. Böylece ısıtma tesir katsayısını arttıran ve azaltan parametreler belirlenmiş olmaktadır. Verilen şartlar için ısıtma tesir katsayısı en büyük ve randımanlı bir ısı pompası dizaynı bu bilgilerin ışığında gerçekleştirilebilir.

Ayrıca bu çalışmada, ısı pompası verimi, iyilik derecesi ve özgül ısıtma yükü gibi kavramlar ve bunlara etki eden parametreler incelenmiştir.

## KAYNAKLAR

1. KILIÇ, A.: "Freon-12'nin termodinamik özellikleri", MMLS Diploma Tezi, İTÜ Makina Fakültesi (1976).
2. REAY, D.A. ve D.B.A. MACHICHAEL: "Heat Pumps: Design and Applications", Pergamon Press (1979).
3. COLLIE, M.S.: "Heat Pump Technology for Saving Energy" McGraw Hill Book Co. (1979).
4. DOSSAT, R.S.: "Principles of Refrigeration", Toppan Company, Ltd. (1961).
5. SULLIVAN, H.F.: "Principles of Vapour Compression Heat Pumps", ASI Heat Pumps Fundamentals Espinho (1980).