

TASARIMA YARDIMCI BİLGİLER



GÜNEŞ ENERJİSİ KAYNAKLI ISI POMPASI İÇİN GELİŞTİRİLEN TEORİK ANALİZ MODELİ

Yazar 1954 yılında Bafra'da doğdu. İTÜ Makina Fakültesini 1975'de bitirdi. 1983 yılında Isı Pompası konusundaki doktorasını tamamladı. Halen Bursa Uludağ Üniversitesi Makina Bölümünde Y.Doç. olarak çalışmaktadır.

Y.Doç.Dr. Recep YAMANKARADENİZ
Makina Mühendisliği Bölümü
Uludağ Üniversitesi-BURSA

SUMMARY

In this study, a theoretical analysis model was developed for instantaneous, daily and seasonal heating effectiveness number of solar resourced heat pump at clear days by considering the change of vaporizing temperature of heat pump depending on the tank temperature. For this purpose a computer program was prepared and the instantaneous, daily and seasonal properties of the solar resourced heat pump was observed at Istanbul conditions for 7 winter months.

ÖZET

Bu çalışmada, güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının açık günler için anlık, günlük ve mevsimlik ısıtma tesir katsayısı ve diğer özelliklerini; ısı pompası buharlaştırıcı sıcaklığının depo sıcaklığına bağlı olarak değişmesini de göz önüne alarak, bulmaya yarayan teorik analiz modeli geliştirilmiştir. Bunun için bir bilgi-işlem programı hazırlanarak, İstanbul şartlarında 7 aylık kış mevsimi için güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının anlık, günlük ve mevsimlik özellikleri incelenmiştir.

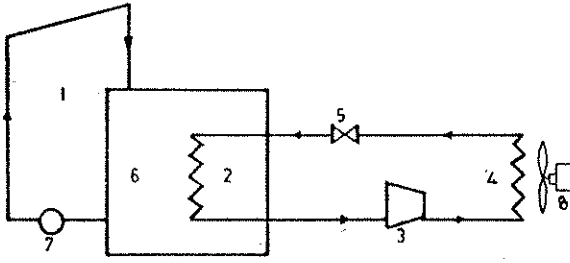
GİRİŞ

Enerji meselesinin önem kazandığı günümüzde yeni enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar hızla artmaktadır. Isı pompaları elektrikle ısıtmaya nazaran 3 ila 6 misli iyi, çevre kirlenmesine neden olmamaları, aynı tesisatla hem ısıtma hem soğutma yapılabilirleri ve endüstriyel uygulamalarda kullanılabilmeleri gibi özellikleri sebebi ile son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapılan bir konu haline gelmiştir.

Bu çalışmada, incelenen güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası, esas olarak güneş toplayıcıları, sıcak suyun toplandığı sıcak su tankı ve ısı pompasından meydana gelmektedir. Şekil 1'de gösterilen güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası, güneş toplayıcıları (1) buharlaştırıcı (2), kompresör (3), yoğunlaştırıcı (4), termik kısılma vanası (5), sıcak su tankı (6), sirkülasyon pompası (7) ve fan (8) elemanlarında meydana gelmektedir. Şimdiye kadarki

yapılan çalışmalarda güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının açık günler için anlık, günlük, aylık ve mevsimlik ısıtma tesir katsayısı ve diğer özellikleri incelenmemiştir. Ayrıca ısı pompasında buharlaşma sıcaklığının depo sıcaklığına bağlı olarak değişmesi göz önüne alınmamıştır. Bu sebeplerle, bu çalışmada ısı pompasının buharlaşma sıcaklığının, depo sıcaklığına bağlı olarak değişmesini de göz önüne alarak, güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının açık günler için özelliklerini hesap etmeye yarayan teorik analiz modeli geliştirilmiştir. Bunun için bir bilgi-işlem programı hazırlanarak, İstanbul şartlarında 7 aylık kış mevsimi için güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının özellikleri incelenmiştir.

* Eylül ayında İTÜ'de yapılan 5. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi'nde sunulmuştur.



Şekil 1 Güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası tesisi

AÇIK GÜNDE ANLIK EĞİK YÜZEYE GELEN TÜM GÜNEŞ IŞINIMININ HESABI

Anlık olarak güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının özelliklerini inceleyeceğimiz için anlık olarak eğik yüzeye gelen tüm güneş ışınımının bilinmesi gerekmektedir. Bu maksatla, hesaplar aşağıdaki safhalardan geçilerek yapılacaktır.

Açık günlerde yatay yüzeye gelen direkt güneş ışınımı, Q_o yatay birim yüzeye atmosfer dışında gelen tüm güneş ışınımı miktarı, W_i yoğunlaştırulabilir su buharı miktarı, e enlem, d deklinasyon açısı olmak üzere

$$Q_{da} = Q_o \{0.6714 - 0.0846 W_i + 0.2230 \ln[\cos(e-d)]\} \quad (1)$$

denkleminde hesaplanabilir (1).

Açık günlerde yatay yüzeye gelen günlük tüm güneş ışınımı ise

$$Q_a = \left(\frac{Q_{da} Q_o}{1.13} \right)^{1/2} \quad (2)$$

şeklinde hesaplanabilir (2).

Yatay birim yüzeye atmosfer dışında gelen tüm güneş ışınımı miktarı

$$Q_o = \frac{24}{\pi} I_{gs} \cdot f \cdot \sin e \cdot \sin d \left(\frac{\pi}{180} H - \tan H \right) \quad (3)$$

bağıntısıyla bulunur. Burada, I_{gs} güneş sabiti, f güneş sabiti düzeltme faktörü, e enlem, d deklinasyon açısı ve H güneş doğuş açısıdır.

Yatay yüzeye gelen günlük tüm güneş ışınımı, direkt ışınım ile yayılı ışınımın toplamı olduğundan, açık günler için yatay yüzeye gelen günlük tüm yayılı güneş ışınımı;

$$Q_{ya} = Q_a - Q_{da} \quad (4)$$

eşitliğinden bulunur.

Yatay yüzeye gelen anlık güneş ışınımının dağılımı

$$I(t) = I_{ort} \frac{\cosh - \cos H}{\frac{180}{\pi} \frac{\sin H}{H} - \cos H} \quad (5)$$

şeklinde hesaplanır.

Burada, I_{ort} anlık ortalama ışınım miktarı, H güneş doğuş açısı ve h saat açısıdır.

Eğik yüzeye gelen anlık direkt güneş ışınımının, yatay yüzeye gelen anlık direkt güneş ışınımına oranı R_d , e enlem S toplayıcının yatayla yaptığı açı, d deklinasyon, h saat açısı olmak üzere

$$R_d = \frac{I_{ed}}{I_d} = \frac{\cos(e-S) \cos d \cosh + \sin(e-S) \sinh}{\cos e \cos d \cosh + \sin e \sinh} \quad (6)$$

denkleminde hesaplanabilir.

Eğik yüzeye gelen anlık tüm güneş ışınımı I_e , yatay yüzeye gelen anlık yayılı ışınım I_y ve çevrenin yansıtma katsayısı ρ olmak üzere

$$I_e = R_d I_d + I_y \frac{1+\cos S}{2} + I \rho \frac{1-\cos S}{2} \quad (7)$$

hesaplanır (3,4,5).

Bir anda eğik yüzeye gelen tüm ışınımın, yatay yüzeye gelen tüm güneş ışınımına oranı

$$R = \frac{I_e}{I} = R_d \left(1 - \frac{I_y}{I} \right) + \frac{I_y}{I} \frac{(1+\cos S)}{2} + \rho \frac{(1-\cos S)}{2} \quad (8)$$

denkleminde bulunabilir (6).

R oranı ve yatay yüzeye gelen anlık tüm güneş ışınımı I belli iken, eğik yüzeye gelen anlık tüm güneş ışınımı I_e

$$I_e = R \cdot I \quad (9)$$

ifadesiyle hesaplanabilir.

TOPLAYICILARIN VERİM HESABI

Toplayıcılar, kuzey-güney doğrultusunda, güneye yönelik olarak, İstanbul şartlarında kış mevsimi için optimum eğim açısı olan $55^\circ C$ eğimle yerleştirildikleri kabul edilmiştir.

Bir düz toplayıcı için K toplam ısı geçiş katsayısı, T_c çevresıcaklığı, T_{ag} toplayıcı

giriş sıcaklığı, F_R toplayıcı ısı kazanç faktörü, (τ_α) toplayıcı yutma geçirme çarpanı, I toplayıcı üzerine gelen anlık tüm güneş ışıını olmak üzere, anlık toplayıcı verimi

$$\eta_t = F_R(\tau_\alpha) - F_R K \frac{T_{ag} - T_c}{I} \quad (10)$$

şeklinde hesaplanabilir (5).

Toplayıcılardan toplanan anlık faydalı ısı

$$Q_f = \eta_t A_t I$$

denklemleriyle hesaplanır.

Bu çalışmada tek camlı düz toplayıcılar kullanılarak, toplayıcı toplam ısı kayıp katsayısı $K = 8 \text{ W/m}^2\text{-K}$, toplayıcı ısı kazanç faktörü $F_R = 0.9$, toplayıcı yutma geçirme çarpanı 0.8 seçilerek (10) denkleminde anlık toplayıcı verimleri hesaplanmıştır.

Güneş toplayıcılarının verimi çevre sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple çevre sıcaklığının gün boyunca değişiminin bilinmesi gereklidir.

Çevre sıcaklığının gün boyunca dağılımı sinüsoidal kabul edilerek ve İstanbul için saat 7.00, 14.00 ve 21.00'deki ölçülen sıcaklıklardan yararlanılarak, günün herhangi bir saatindeki çevre sıcaklığı bulunmuştur (5). Bu çalışmada saat 7.00, 14.00 ve 21.00'deki sıcaklıklar, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Bültenlerinden (7) alınmıştır.

SICAK SU TANKINDAKİ ENERJİ DENGESİNİN İNCELENMESİ

Bu sistemde, toplayıcılarda ısınan su, sıcak su tankına ve sıcak su tankından çıkan su ise pompa vasıtasıyla toplayıcılara gönderilmektedir. Tankdaki sıcak su içine daldırılan ısı pompasının buharlaştırıcısı, içindeki soğutucu akışkanı buharlaştırmak için gerekli enerjiyi sıcak sudan çekmektedir.

Bir dt anındaki sıcak su tankındaki enerji dengesi, M_d tankda bulunan su miktarı, Q_f toplayıcılarda toplanan faydalı enerji, Q_b ısı pompası buharlaştırıcısının sıcak su tankından çektiği ısı olmak üzere ve sıcak su tankından çevreye ısı kaybı ihmal edilerek

$$M_d C_p \cdot \frac{dT_d}{dt} = Q_f - Q_b \quad (11)$$

ile hesaplanabilir.

Toplayıcılar üzerine gelen güneş ışıını

şiddeti ve çevre sıcaklığı zamana bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeplerle bir t zaman aralığında güneş ışıını ve çevre sıcaklığının sabit kaldığı kabul edilerek, bir n an için sıcak su tankının sıcaklığı (12) denkleminde sonlu farklarla

$$T_{d,n} = T_{d,n-1} + \frac{(Q_f - Q_b)\Delta t}{M_d C_p} \quad (12)$$

şeklinde hesap edilir.

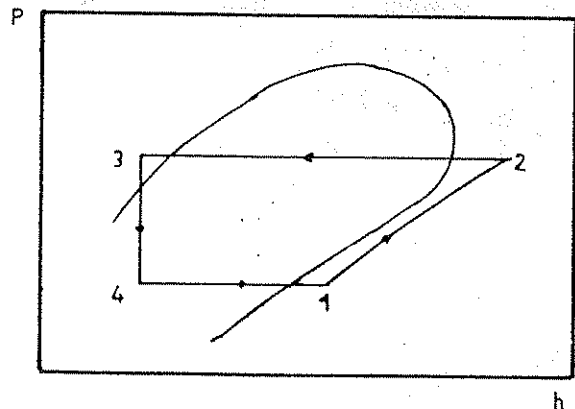
Bu çalışmada Δt 15 dakika, tankda bulunan su miktarı 1200 kg, toplayıcı alanı 9.6 m^2 ve toplayıcılarda dolaşan su debisi 500 kg/h olarak alınmıştır.

ISI POMPA HESABI

Isı pompasının buharlaştırıcısı sıcak su tankı içine daldırılmış vaziyettedir. Bu teorik analiz çalışmasında, diğer çalışmalardan farklı olarak tatbikatdaki duruma daha yakın olduğu için ısı pompasının buharlaştırıcısı sıcaklığının depo sıcaklığına (tankdaki su sıcaklığına) bağlı olarak değiştiği kabul edilmiştir.

Üzerinde teorik analiz çalışması yapılacak ısı pompası çevriminin P-h diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2'de gösterilen ısı pompasının çevrimi, 1-2 adyabatik sıkıştırma, 2-3 sabit basınçta yoğunluktan ısı atılması, 3-4 sabit entalpide kısılma ve 4-1 sabit basınçta buharlaştırıcının ısı çekmesi hal değişimlerinden meydana gelmiştir.



Şekil 2 Isı pompasının P-h diyagramı

Isı pompası çevriminin hesabı yapılırken yapılan kabuller aşağıda belirtilmiştir.

1. Buharlaştırıcı sıcaklığı depo sıcaklığından 10°C aşağı olarak alınmıştır.

2. 5°C aşırı kızdırma yapılmıştır.
3. 5°C aşırı soğutma yapılmıştır.
4. Kompresör iç verimi 0.7 olarak alınmıştır.
5. Kompresör mekanik verimi 0.9 alınmıştır.
6. Strok hacmi 34.24 cm³/devir olarak alınmıştır.
7. Kompresörün doldurma oranı 0.8 olarak kabul edilmiştir.
8. Yoğuşma sıcaklığı 45°C alınmıştır.
9. Yoğuşturucunun hava soğutmalı olduğu kabul edilmiştir.
10. Yoğuşturucuda kullanılan fanın gücü 120 W'dır.
11. Soğutucu akışkan olarak F-12 kullanılmaktadır.
12. Çevrimde basınç kayıpları olmamaktadır.

Isı pompası devresinde dolaşan soğutucu akışkan miktarı, kompresörün strok hacmi vs., kompresörün doldurma oranı λ , kompresöre giren soğutucu akışkanın özgül hacmi v_1 olmak üzere

$$m_s = \frac{\lambda V_s}{v_1} \quad (13)$$

yazılabilir.

Isı pompasında, yoğuşturucudan atılan ısı miktarı

$$Q_y = m_s(h_2 - h_3) \quad (14)$$

bağıntısıyla hesaplanır.

Isı pompasında, buharlaştırıcının çektiği ısı miktarı

$$Q_b = m_s(h_1 - h_4) \quad (15)$$

ifadesiyle bulunur.

Isı pompasında, kompresöre verilen iş, mekanik verim η_{mk} olmak üzere

$$W_K = m_s(h_2 - h_1)/\eta_{mk} \quad (16)$$

hesaplanır.

Isı pompasının ısıtma tesir katsayısı

$$ITK = \frac{Q_y}{W_K} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \eta_{mk} \quad (17)$$

şeklinde ifade edilir (8).

Bütün ısı pompası sisteminin ısıtma tesir katsayısı ITKS, fan soğutmalı yoğuşturucunun, fan gücü W_{fy} göz önüne alınarak

$$ITKS = \frac{Q_y + W_{fy}}{W_K + W_{fy}} \quad (18)$$

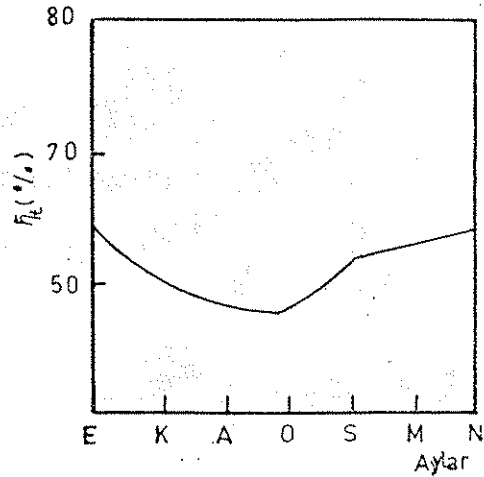
denklemleriyle hesaplanır (9).

Freon-12 soğutucu akışkanın hal denklemlerine göre yapılan bir bilgi-işlem programıyla (10), her andaki durum için, ısı pompası çevrimindeki 4 noktanın termodinamik özellikleri hesaplanmakta ve bunlardan hareketle, ısı pompası çevrimi hesapları yapılmaktadır.

SONUÇ

Bu bölümde, açık günler için İstanbul şartlarında güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının özellikleri değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler, depo içindeki su miktarı 1200 kg, toplayıcılarda dolaşan su debisi 500 kg/h ve toplam toplayıcı alanı 9.6 m² alınarak yapılmıştır.

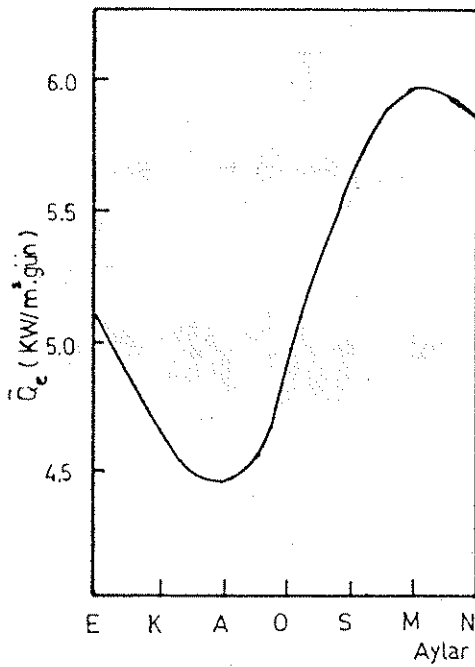
Şekil 3'de aylık ortalama günlük toplayıcı veriminin aylara göre değişimi görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi Ekim ayında toplayıcı verimi en yüksek değerdedir.



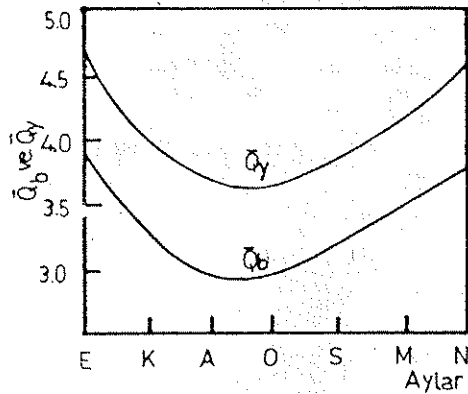
Şekil 3 Aylık ortalama günlük toplayıcı veriminin değişimi

Şekil 4'de aylık ortalama günlük tüm güneş ışıması Ekim ayından itibaren azalmakta, Aralık ayı civarında minimum olmakta, daha sonra artmakta ve Mart ayından sonra optimum toplayıcı eğim açısının büyük olmasından dolayı düşmektedir.

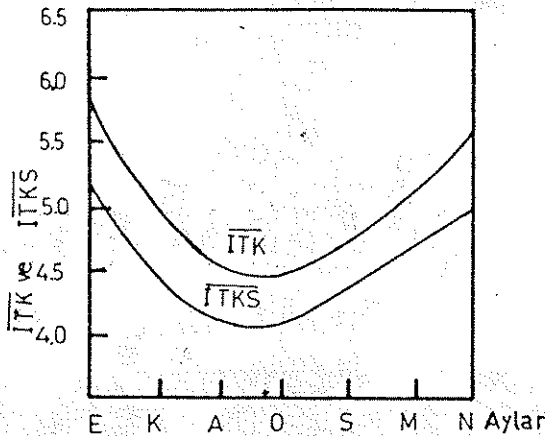
Şekil 5'de ısı pompasındaki aylık ortalama Q_y ve Q_b 'nin aylara göre değişimi görülmektedir.



Şekil 4 Aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamının değişimi



Şekil 5 Aylık ortalama $\bar{Q}_b$ ve $\bar{Q}_y$ 'nin değişimi



Şekil 6 Aylık ortalama $\bar{ITKS}$ ve $\bar{ITK}$ 'nin değişimi

Şekil 6'da aylık ortalama İTK ve İTKS'nin aylara göre değişimi verilmiştir. İstanbul şartlarında kış mevsimi için sistemin mevsimlik ısıtma tesir katsayısı 4.6 civarında olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Kılıç, A., "Direkt Güneş Işınımı Tayini İçin Yeni bir Metod", Doktora Tezi, İ.T.Ü. Müh.Mim.Fakültesi, 1982.
2. Page, J.K., "The Estimation of Monthly Mean Values of Daily Total Short-Wave Rodiation on Vertical and Inclined Surface from Sunshine Records for Latitudes" 40 N-40 S. Proc. UN Conf. on New Sources of Energy, 1961.
3. Duffie, J.A. ve Beckman, W.A., "Solar Energy Thermal Process", John Wiley, New York, 1974.
4. Sayigh, A.A.M., "Solar Energy Engineering", Academic Press, 1977.
5. Öztürk, A. ve Kılıç, A., "Güneş Enerjisi", Kipaş, 1983.
6. Kreith, F. ve Kreider, J.K., "Principles of Solar Engineering", Hemisphere Publ. Corp., 1978.
7. Meteoroloji Bülteni, Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Başbakanlık Basınevi, Ankara, 1976.
8. Reay, D.A. ve Muchichanel, D.B.A., "Heat Pumps: Design and Applications", Pergamon Press, Oxford, 1980.
9. Collie, M.S., "Heat Pump Technology For Saving Energy", McGraw Hill Book Co., 1979.
10. Yamankaradeniz, R., "Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompasının Teorik ve Deneyel Olarak İncelenmesi", Doktora Tezi, İ.T.Ü., Makina Fakültesi, 1983.