

Ünsal, M.; Yıldırım, M.; Varol, A.: “Soğuk Su Depolamalı Bir İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi ve Bilgisayarda Simülasyonu”, Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 16-18 Mayıs 1990, S:82-88, Adana

4.4. SOĞUK SU DEPOLAMALI BİR İKLİMLENDİRME SİSTEMİNİN MODELLENMESİ VE BİLGİSAYARDA SİMÜLASYONU

Mazhar Ünsal*

Murtaza Yıldırım**

Asaf Varol**

Özet

Bu çalışmada, iklimlendirme sistemi kondenserinin enerji deposu olarak kullanılan bir tanktaki su ile soğutulması ve anılan enerji deposunun da hava sıcaklığının düşük olduğu gece saatlerinde bir ısı değiştirgeciyle soğutulması durumunda iklimlendirme sisteminin modellenmesi ve bilgisayarda simülasyonu yapılmıştır. Geceleri düşük sıcaklık da ki hava ile soğutulan suyun depolanması ve gündüzleri kondenserin soğutulmasında kullanılmasının İklimlendirme sisteminin günlük enerji bilançosu üzerindeki etkisinin kuramsal yöntemle teshili sunulan araştırmanın amacım oluşturmaktadır.

* Gaziantep Üniv. Müh. Fak., Gaziantep

** Fırat Üniv. T.E.F., Elazığ

Ünsal, M.; Yıldırım, M.; Varol, A.: “Soğuk Su Depolamalı Bir İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi ve Bilgisayarda Simülasyonu”, Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 16-18 Mayıs 1990, S:82-88, Adana

**MODELLING AND COMPUTER SIMULATION OF AN
AIR CONDITIONING SYSTEM
WITH A COLD WATER STORAGE TANK**

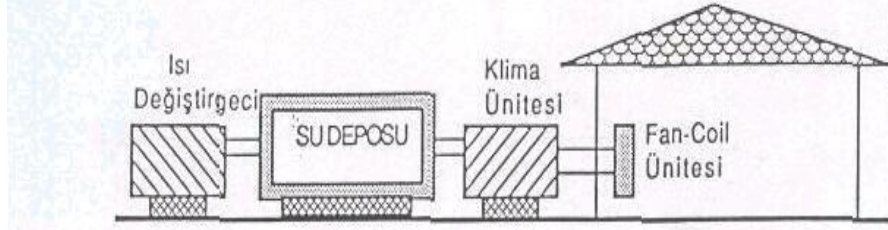
ABSTRACT

Modelling and computer simulation of an air conditioning system with a cold storage tank is the subject of this investigation. The cold storage tank is cooled by low temperature nighttime atmospheric air via an air/water heat exchanger and the air conditioning system condenser is cooled by the water in the cold storage tank during daytime when the air conditioning system is operational. The purpose of the study is the estimation of the effects daily cold storage on the daily energy balance of the air conditioning system.

1. GİRİŞ

İncelenen sistem Şekil 1 de gösterilmiştir. Sistem saatlik ısı kazançları bilinen bir bina, bu binanın iklimlendirilmesi için kullanılan evaporatör-kompresör-kondenser grubu, bir adet su deposu ile suyun geceleri soğutulmasında kullanılan havadan/suya karşıt akışlı bir ısı değiştirgecinden oluşmaktadır. Modellemede, öncelikle ilk prensiplerden hareketle, sistemdeki her eleman için enerji bilançoları yazılacaktır. Tamamlanan problem formülasyonu sonlu farklar yöntemiyle bilgisayarda çözülerek sistemdeki sıcaklıkların gün boyunca değişimi hesaplanacak ve sistemin günlük enerji bilançosu simülasyon neticesinde tespit edilecektir. Simülasyondan elde edilen sonuçların yardımıyla, soğuk su depolamalı iklimlendirme sisteminin 24 saatlik periyodik çalışmasına ilişkin kuramsal sonuçlar grafiklerle gösterilecektir.

Ünsal, M.; Yıldırım, M.; Varol, A.: "Soğuk Su Depolamalı Bir İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi ve Bilgisayarda Simülasyonu", Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 16-18 Mayıs 1990, S:82-88, Adana



Şekil 1. Su Depolu Klima Sisteminin Şeması

2. ANALİZ

Şekil 1 de gösterilen sistemin her elemanı için model denklemler yazılacaktır. Klimatize edilen ortamda fan-coil üniteleri bulunduğu varsayılacaktır.

Ortam fan-coil üniteleri için Kaynak [1] deki eşanjörler ile ilgili formülasyondan yararlanılarak

$$Q_{fc} = (\epsilon C_{\min})_{fc} (T_r - T_{wi}) \quad (1a)$$

$$\epsilon_{fc} = \frac{1}{X} \frac{T_{wo} - T_{wi}}{T_r - T_{wi}} \quad (2a)$$

ifadeleri yazılabilir. (2a) ifadesinde $C_p \Delta T_r < c_w \Delta T_w$ olması halinde $X=1$ aksi takdirde $X = (C_{\min}/C_{\max})_{fc}$ alınır.

Klima evapöralörü için;

$$Q_e = (\epsilon C_{\min})_e (T_{wo} - T_e) \quad (3a)$$

Klima kompresörü için:

$$Q_c = Q_e + W$$

$$Q_e = \frac{W\beta}{T_c/T_e - \gamma} \quad (4a-5a)$$

Ünsal, M.; Yıldırım, M.; Varol, A.: "Soğuk Su Depolamalı Bir İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi ve Bilgisayarda Simülasyonu", Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 16-18 Mayıs 1990, S:82-88, Adana

Klima kondenseri için:

$$Q_c = - (\epsilon C_{\min})_c \{T_w - T_c\} \quad (6a)$$

Su deposu için;

$$Q_s = \rho_w V_w c_w \frac{dT}{dt} + (UA)_s \{T_w - T_\infty\} \quad (7a)$$

Isı değiştirgeci için:

$$Q_{he} = (\epsilon C_{\min})_{he} \{T_w - T_a\} \quad (8a)$$

Klimatize edilen ortam için:

$$Q_{ld} = M C_p \frac{dT_r}{dt} + \delta_1 Q_{fc} \quad (9a)$$

Yukarıdaki (1a)-(9a) ifadeleri simgeler kısmında tanımlanmış olan q, f, R, N, ve w değişkenleri kullanılarak boyutsuz hale getirilecektir. Bu işlem sonunda elde edilen ifadeler aşağıda verilmiştir.

Ortam fan-coil üniteleri için:

$$\begin{aligned} N_{fc} q_{fc} &= \phi_r - \phi_{wi} \\ \epsilon_{fc} &= \frac{1}{X} \frac{\phi_{wo} - \phi_{wi}}{\phi_r - \phi_{wi}} \end{aligned} \quad (1b-2b)$$

(2a) ifadesinde $C_p \Delta \Phi_r < c_w / \Delta \Phi_w$ olması halinde $X = 1$ aksi takdirde $X = (C_{\min} / C_{\max})_{fc}$ alınır.

Klima evaporalörü için:

$$R_{e,fc} N_e q_e = \phi_{wo} - \phi_e \quad (3b)$$

Klima kompresörü için:

Ünsal, M.; Yıldırım, M.; Varol, A.: "Soğuk Su Depolamalı Bir İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi ve Bilgisayarda Simülasyonu", Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 16-18 Mayıs 1990, S:82-88, Adana

$$q_c = q_e + w$$

$$q_e = \frac{w\beta}{\frac{\phi_c + 1}{\phi_e + 1} - \gamma}$$

(4b-5b)

Klima kondenseri için:

$$R_{c,fc} N_c q_c = -(\phi_w - \phi_c)$$

(6b)

Su deposu için

$$q_s = \rho \frac{d\phi_w}{d\tau} + R_{fc,s} \phi_w$$

(7b)

Isı değiştirgeci için:

$$R_{he,fc} N_{he} q_{he} = \phi_w - \phi_a$$

(8b)

Klimatize edilen ortam için:

$$q_{Ld} = S \frac{d\phi_r}{d\tau} + \delta_1 q_{fc}$$

(9b)

yukarıdaki denklemde δ_1 çarpanı klima kompresörü çalışırken $\delta_1=1$, aksi halde $\delta_1=0$ alınacaktır. (2b) ifadesi Φ_{wo} (3b) ifadesindeki yerine konularak Φ_{wo} probleminden yok edilecektir. Ayrıca, $q_{fc}=q_c$ olduğundan (1b) eşitliğinde q_{fc} yerine q_e yazılacaktır. Daha sonra. (1b) ifadesinde Φ_{wi} çekilerek (3b) ifadesindeki yerine konulduğunda

$$Rq_e = \phi_r - \phi_e$$

(10a)

ifadesi elde edilir. (4b) kullanılarak q_e terimi probleminden yok edildiğinde (5b),(9b) ve (10a) numaralı denklemler aşağıdaki şekilde yazılabilirler.

Ünsal, M.; Yıldırım, M.; Varol, A.: "Soğuk Su Depolamalı Bir İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi ve Bilgisayarda Simülasyonu", Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 16-18 Mayıs 1990, S:82-88, Adana

$$q_c - w = \beta w \frac{\phi_e + 1}{\phi_c + 1 - \gamma(\phi_e + 1)}$$

$$S \frac{d\phi_r}{d\tau} = \delta_1(w - q_c) + q_{Ld}$$

$$R(q_c - w) = \phi_r - \phi_e \quad (5c-9c-10b)$$

(10b) kullanılarak Φ_e terimi (5c) ifadesinden yok edilirse

$$q_c - w = \beta w \frac{\phi_r - R(q_c - w) + 1}{\phi_c + 1 - \gamma(\phi_r - R(q_c - w) + 1)} \quad (5d)$$

bulunur. (6b) kullanılarak Φ_c yok edilirse. (5d) ifadesi q_c için çözümlenerek

$$q_c = -\frac{b}{a} + \left\{ \left(\frac{b}{a} \right)^2 - \frac{c}{a} \right\}^{1/2} \quad (11)$$

ifadesi bulunur. Bu ifadedeki a, b, c terimleri simgeler kısmında verilmiştir. q_s teriminin q_c ile q_{he} nin farkına eşit olması nedeniyle, depodaki su sıcaklığı için aşağıdaki boyutsuz adi türevli denklem elde edilir.

$$p \frac{d\phi_w}{d\tau} + R_{fc,s} \phi_w = \delta_1 q_c - q_{he} \delta_2 \quad (7c)$$

Yukarıdaki (7c) ve (9c) denklemleri kullanılarak; depo sıcaklığı ile ortam sıcaklığının boyutsuz zamanla değişimi için bir bilgisayar simülasyon programı hazırlanmıştır. Ortam sıcaklığı belli bir otomatik kontrol değerinin üzerine çıktığı zaman kompresör çalıştırılır ve $\delta_1=1$, olur. Ortam sıcaklığı otomatik kontrol alt ayar noktasına ulaştığı zaman $\delta_1=0$ olur. Dış ham alçaklığı depo suyu sıcaklığından düşük olduğunda ısı değiştirgeci sirkülasyon pompası çalıştırılır. ($\delta_2=1$) aksi halde ısı değiştirgeci devre dışı bırakılır ($\delta_2=0$).

Ünsal, M.; Yıldırım, M.; Varol, A.: “Soğuk Su Depolamalı Bir İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi ve Bilgisayarda Simülasyonu”, Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 16-18 Mayıs 1990, S:82-88, Adana

(7c) ve (9c) denklemleri Newton yöntemi kullanılarak bilgisayarda çözülmüştür. $\Delta t = 1$ boyutsuz zaman aralığı 24 saate eşittir. Problemde S, w, q, Y, R, Rç, fc, Nc, β , p, Rfc, s, Rhe, fc, Nhe ve Φ_a olmak üzere 13 adet boyutsuz parametre mevcuttur.

3. BOYUTSUZ PARAMETLERİN TESBİTİ

Bu tebliğde örnek bir uygulama ele alınacak, yaz kliması yapılacak bir sistem incelenerek, sistem için tasarım ısı yükü, saatlik yük dağılımı ve dış hava çanları belirlenecek, boyutsuz sistem parametreleri de belirlendikten son (7c) ve (9c) denklemlerinin bilgisayarda Newton yöntemiyle çözülmesi sonucu elde edilen sistem simülasyonuna ilişkin sonuçlar grafiklerle gösterilecektir.

İncelenecek 400 m² alanı olan ortamın yaz kliması için tasarım ısı yükünün 20 kw olduğu kabul edilecektir. Klimatize edilecek ortamın 1200m³ hacimde 1440 kg hava kütleşme sahip olduğu varsayılacaktır. Ortam fan-coil üniteleri 22C-10C=12C sıcaklık farkında 40 kw yük kaldıracak kapasitede seçilerek. ortam fan-coil ünitelerinin (UA) değeri (UA)_{fc} = 40kw/12C = 3.33 kW/C kabul edilecektir. Bir varsayıma göre boyutsuz S parametresi $S=(1440kJ/C)/((3.33kW/C)(24hr)(3600s/hr)) = 0.0125$ olur.

T_{∞} sıcaklığı 288K alınacaktır. Soğutma kompresörü gücü 10kW seçildiğinde w boyutsuz sayısı $w = (10kW)/(3.33 kW/K)(288K)=0.001$ olur. Her saat için boyutlu ısı yükü (UA) T_{∞} çarpımına bölünerek her saatteki boyutsuz ısı yükü tespit edilir. örneğin, anlık ısı yükü 4kW ise, boyutsuz ısı yükü $q_{Ld}=(4kW)/(3.33kW/K)(288K)=0.00417$ olur. Kompresör modellemesinde 10kW motor kapasiteli bir kompresör esas alınarak $y= 1.04$ ve $\beta = 0.183$ seçilecektir.

Fan-coil su ve hava debileri eşit olsun (X=1). Evaporatör etkinliği

$$\epsilon=(10-6)/(10-0)=0.4$$

Ünsal, M.; Yıldırım, M.; Varol, A.: “Soğuk Su Depolamalı Bir İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi ve Bilgisayarda Simülasyonu”, Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 16-18 Mayıs 1990, S:82-88, Adana

kabul edilerek evaporatör için

$$N_e = (UA)_e / (\epsilon C_{\min})_e = (4.96 \text{ kW/C}) / (0.4)(2.3 \text{ kg/s})(4.18 \text{ kJ/kgC}) = 1.3$$

alınacaktır. Fan-coil unites: için

$$N_{fc} = (UA)_{fc} / (\epsilon C_{\min})_e = (3.33 \text{ kW/C}) / (0.25)(2.3 \text{ kg/s})(4.18 \text{ kJ/kgC}) = 1.4$$

bulunur. $\epsilon_{fc} = (10-6)/(22-6) = 0.25$ alınacaktır.

$$R_{e,fc} = (UA)_{fc} / (UA)_e = 3.33/4.96 = 0.67 \text{ olur.}$$

Bu değerler için R boyutsuz sayısı

$$R = (0.67)1.3 + (1-0.25)1.4 = 1.9$$

bulunur. $40\text{C}-20\text{C} = 20\text{C}$ maksimum sıcaklık farkında 50000 kW kapasiteli condenser seçilecektir. Bu kondenser için logaritmik ortalama sıcaklık farkı

$$T_{LM} = (20-10)/\ln(20/10) = 15\text{C}$$

olur. ve

$$(UA)_c = 50000/15 = 3.33 \text{ kW/C}$$

bulunur. Böylece

$$R_{fc} = (UA)_{fc} / (UA)_c = 3.33/3.33 = 1$$

olur

$$(\epsilon C_{\min})_c = 50000/(40-20) = 2500 \text{ W/C}$$

olacaktır.

$$N_c = (UA)_c / (\epsilon C_{\min})_c = 3.33/2.5 = 1.3$$

olur. 10 m^3 lük depo için p boyutsuz sayısı,

$$p = (1000)(10)(4.18) / (3.33)(24)(3600) = 0.145$$

olur.

Su tankı izolasyonunun 5cm kalınlıkta camyünü olması ve tank toplam dış yüzey alanının 28 m^2 olduğu kabul edilirse $(UA)_s = 17 \text{ W/C}$ olur.

Böylece

$$R_{fc} = (UA)_s / (UA)_{fc} = 17/3333 = 0.005$$

olur. Tank suyunu soğulmak için iki adet her biri 15000 kcal/hr kapasiteli sudan havaya ısı esanjörü kullanılacaktır. Bu durumda

$$R_{he,fc} = (UA)_{fc} / (UA)_{he} = 3333/1800 = 1.9$$

Ünsal, M.; Yıldırım, M.; Varol, A.: “Soğuk Su Depolamalı Bir İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi ve Bilgisayarda Simülasyonu”, Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 16-18 Mayıs 1990, S:82-88, Adana

olur.

$$N_{he}=(UA)_{he}/\epsilon C_{minhe}=(1800W/C)/(0.362)(8000)=0.62$$

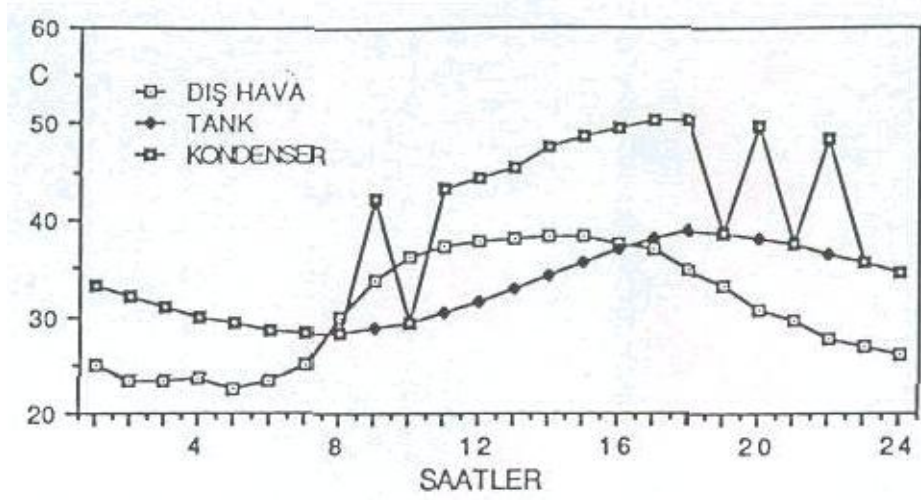
olur.

Yukarıdaki hesaplamalar neticesinde seçilen sistemin boyutsuz parametreleri

$$S=0.0125, W=0.001, y=1.04, \beta=0.183, R=1.9, R_{cjc}=1.3, p=0.145,$$

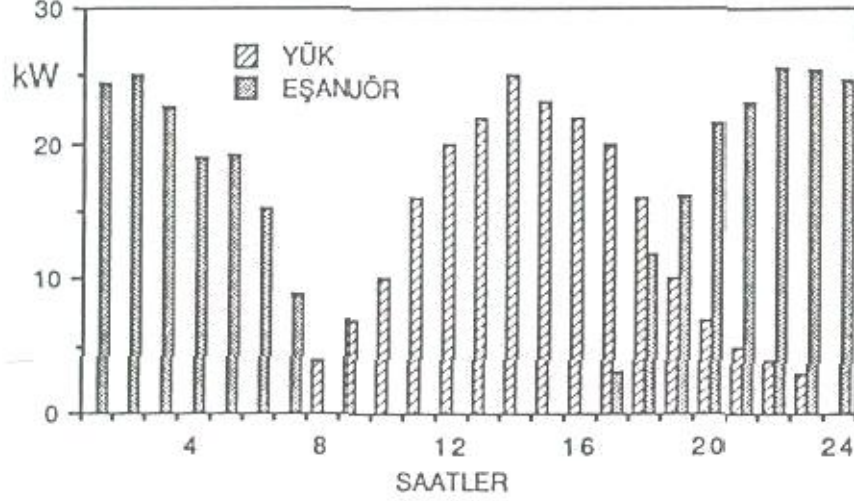
$$R_{fce}=0.005, R_{hefc}=1-9 \text{ ve } N_{he}=0.62$$

olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2: Dış Hava, Tank ve Kondenserin 24 Saatlik Periyodik Sıcaklık Dağılımları

Ünsal, M.; Yıldırım, M.; Varol, A.: “Soğuk Su Depolamalı Bir İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi ve Bilgisayarda Simülasyonu”, Birinci Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 16-18 Mayıs 1990, S:82-88, Adana



Şekil 3: Klimatize Edilen Ortamın ve Eşanjörün 24 Saatlik Peryodik Yük Dağılımları

4. ÖRNEK SİMÜLASYON

Sistem parametrelerinin bir önceki kısımda özet olarak belirtildiği yöntemle ve imalatçı firmanın bildirdiği cihaz parametrik değerleri kullanılarak (7c) ve (9c) denklemleri Newton yöntemiyle çözülerek sistem simülasyonu gerçekleştirilebilir. 20m³ depo hacmi. Şekil 2 de gösterilen dış hava sıcaklık dağılımı ve bir önceki kısımda verilen boyutsuz parametrik değerler anılarak Şekil 3 de gösterilen klima yük dağılımı için simülasyon sonucu Alenen tank suyu ve kondenser günlük sıcaklık dağılımları Şekil 2 de verilmiştir. Yapılan simülasyonda δ_1 kontrol parametresinin alt ve üst kontrol sıcaklık değerleri 22C ve 24C alınmıştır. Simülasyonda, depo suyunu soğutmak amacıyla kullanılan eşanjör dış hava sıcaklığının depo sıcaklığından küçük olduğu zamanda çalıştırılmış ve eşanjörün simülasyon neticesi bulunan soğulma yük dağılımı Şekil 3 de gösterilmiştir.