

Soğutma Kulelerinin Isıl Hesaplarında Kullanılan Pratik Yöntemin Hata Analizi

Hilmi Cenk BAYRAKÇI*
Arif Emre ÖZGÜR**

Özet

Soğutma kuleleri, iklimlendirme sistemleri ve soğutma sistemleri gibi atık ısı üreten birçok sistemde kullanılırlar. Soğutma kulelerinin ısı hesaplarının hassas olarak yapılması zor ve detaylı bir işlemdir. Bu sebeple soğutma kuleleri için yapılan ısı hesaplarında birçok basitleştirici kabuller yapılır. Pratik uygulamalar da yapılan bu kabuller ısı hesaplarının hassasiyetini azaltmaktadır. Pratik olarak kullanılan en yaygın soğutma kulesi hesap metodu, Merkel metodu olarak da bilinen Entalpi Potansiyeli metodudur. Bu metod iklimlendirme ile ilgili birçok kaynak kitap ve yayında açıklanmaktadır.

Bu çalışmada, Entalpi Potansiyeli metodu ile, soğutma kulelerinin ısı hesapları için geliştirilmiş hassas bir metod karşılaştırılmıştır. Hassas metod, entalpi potansiyeli yönteminde yapılan ihmalleri ve literatürdeki birçok çalışmada göz ardı edilen birçok hususu da dikkate alır. Hassas yöntemde üretilen denklemler Runge - Kutta yöntemi ile çözülmüştür.

DeneySEL amaçlı bir soğutma kulesinden elde edilen veriler ışığında her iki yöntem ile ısı hesapları yapılmıştır. Sonuç olarak iki yöntemin birbirleri ile kıyaslanması yapılarak, entalpi potansiyeli yönteminin hassas yönetime göre hata oranı yüzde olarak sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Soğutma kuleleri, iklimlendirme sistemleri ve soğutma sistemleri gibi atık ısı üreten birçok sistemde kullanılırlar. Soğutma kulelerinin ısı hesaplarının hassas olarak yapılması zor ve detaylı bir işlemdir. Bu sebeple soğutma kuleleri için yapılan ısı hesaplarında birçok basitleştirici kabuller yapılır. Pratik uygulamalarda yapılan bu kabuller ısı hesaplarının hassasiyetini azaltmaktadır. Pratik olarak kullanılan en yaygın soğutma kulesi hesap metodu, Merkel metodu olarak da bilinen "Entalpi Potansiyeli" metodudur.

Merkel analizinde, bir soğutma kulesinde buharlaşma sırasında olan su kaybı ihmal edilmiştir ve sistem için Lewis sayısı "1" kabul edilmiştir. Sistemden çıkış şartlarının belirlenmesi birden çok diferansiyel denklemin tekrarlı sayısal integrasyonunu gerektirmektedir.

Detaylı yöntemde ise Merkel metodunda kullanılan kabulleri kullanmayarak eğer doğru transfer katsayısı kullanılırsa

Bu çalışmada, Entalpi Potansiyeli metodu ile, soğutma kulelerinin ısı hesapları için geliştirilmiş hassas bir metod karşılaştırılmıştır.

* Öğr. Gör., Süleyman Demirel Üniversitesi, Senirkent MYO, İklimlendirme-Soğutma Bölümü

** Arş. Gör., Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü

elde edilir.

Hassas yöntemde izlenen yol şu şekildedir. Soğutma kulesi dolgu yüksekliği l , kule enine kesit alanı A , 1 m^3 kule dolgu hacmindeki su yüzeyi a ise

$$F = A.l.a$$

yazılabilir. $A = 1 \text{ m}^2$ seçilerek diferansiyel alınır - sa

$$dF = a.dl$$

olur.

(2.2) denkleminin dl 'ye göre değişimi, sC_p/a_{sh} oranı Lewis faktörü Le ile gösterilerek,

$$\frac{dm_s}{dl} = \frac{a_{sh} a Le}{C_p} (x_d - x) \quad (2.9)$$

şeklinde olurken, (2.3.) no'lu denklemin değışı - şimi;

$$\frac{dx}{dL} = \frac{a_h a Le}{c_p G_h} (x_d - x) \quad (2.10)$$

olmaktadır. Aynı şekilde (2.7) ve (2.8) ifadeleri de gerekli ara işlemler ve dl 'ye göre diferansi - yelleri alınarak;

$$\frac{dT_s}{dL} = \frac{1}{G_s c_s} a_{sh} a (T_d - T_h) + \frac{a a_{sh}}{c_p} Le (x_d - x) (h_{fg} + h_{s,i} - h_s) \quad (2.11)$$

ve

$$\frac{dT_h}{dL} = \frac{a_{sh} a Le (T_d - T_h)}{c_p G_h} + \frac{1}{Le} + \frac{c_{p,b}}{c_p} (x_d - x) \quad (2.12)$$

sıcaklığı verilmektedir. $L/G = 0,4$ oranı için bir kısımda çakışma görülürken, $L/G = 0,36$ oranında ise veriler birbirine yakın olmakla beraber çakışma olmamaktadır.

Şekil 3. Hava sıcaklığı değışı - şimi



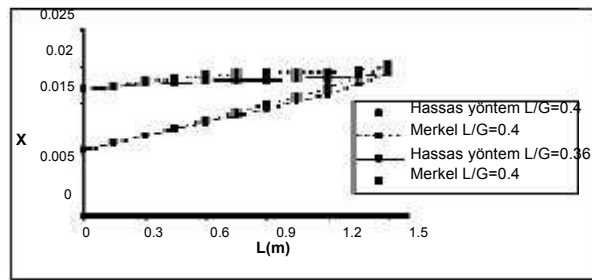
şimini, su sıcaklığının değışı - şimini ve hava sıcaklığının değışı - şimini ifade etmektedir.

Su ve havanın kuleye giriş büyüklükleri bilindiğine göre önceden kule yüksekliğine göre belirlenen adıma uygun artışlar verilerek G_s , x , t_h ve t_s belirtilen denklem sistemlerinden bulunabilir. Bu değerler bulunurken iterasyonlu olarak Runge-Kutta Metodu kullanılmıştır. Kullanılan hassas yöntem, Merkel metodundaki yapılan kabullerin ve ihmal edilen kısımların hesaba katılmasıyla şekillenmiştir.

3. BULGULAR

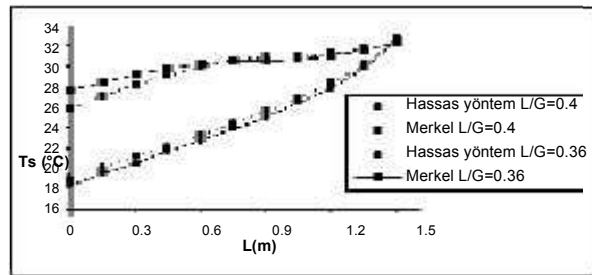
Yapılan deneyler neticesinde elde edilen veriler hassas yöntem ve Merkel metoduyla çözümlenmiş ve elde edilen değerler karşılaştırmalı grafikler halinde verilmiştir.

Şekil 1. Özgül nem değışı - şimi



Şekil 1'de iki farklı L/G (hava debinin su debisine oranı) değeri için hassas yöntem ve Merkel ile yapılan hesaplamalar neticesinde bulunan özgül nem değışı - şimi yüksekliğe bağlı olarak grafiksel olarak verilmiştir.

Şekil 2. Su sıcaklığı değışı - şimi

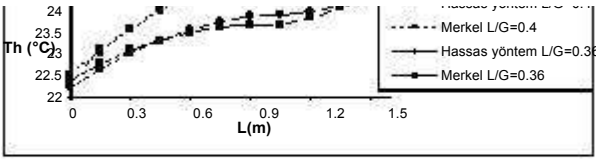


Şekil 2'de ise kule yüksekliğine bağlı olarak su

için kullanılan hesaplamalar yüzde 4 ila 10 arasında hata payı içermektedir. Bu da hassas yöntemle yapılacak hesapların daha verimli olacağını göstermektedir.

KAYNAKLAR

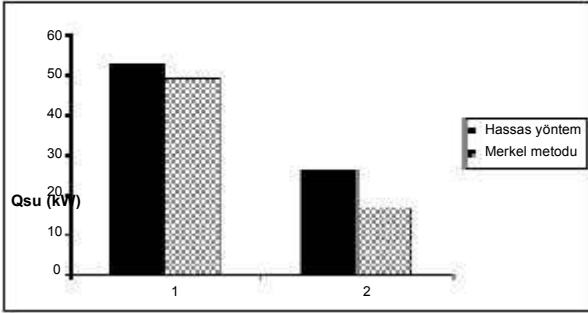
- ASHRAE Handbook, Applications, 1991.
- ASHRAE Handbook, Fundamentals, 1993.
- Dreyer, A.A., Erens, P.J., 1990. Heat and Mass Transfer Coefficient and Pressure



Şekil 3'de ise kule yüksekliğine bağlı olarak hava sıcaklığı değişimi görülmektedir. $L/G = 0,4$ ve $L/G = 0,36$ oranları için farklılıklar açıkça görülmektedir.

Şekil 4. Sudan transfer olan ısı (Q_{su}) değişimi

Şekil 4'de sudan transfer edilen ısı miktarları



görülmektedir. Hassas yöntemle yapılan hesaplamalarda transfer edilen ısı miktarının Merkel Metoduna göre daha fazla olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ

Soğutma kulelerinin ısı hesapları hassas, zor ve detaylı bir işlemdir. Bu sebeple soğutma kuleleri için yapılan ısı hesaplarında birçok basitleştirici kabuller yapılır. Pratik uygulamalarda yapılan bu kabuller ısı hesaplarının hassasiyetini azaltmaktadır. Bu çalışmada hassas yöntemle yapılan hesaplamalarda transfer edilen ısı miktarının Merkel Metoduna göre daha fazla olduğu görülmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda deney sonuçları ile hassas metodun, Merkel metoduna göre daha uyumlu olduğu görülmüştür. Buna dayanarak, incelenen sistemde ısı ve kütle transferi mekanizmaları

Mass Transfer Coefficient and Pressure

- Drop Correlations for a Crossflow Evaporative Cooler. Proceedings of The Ninth International Heat Transfer Conference. (Hetsroni, G.,- eds), 233 – 238, Jarusalem.
- Hasan, A., Siren, K., 2002. Theoretical and Computational Analysis of Closed Wet Cooling Towers and its Applications in Cooling of Buildings. Energy and Buildings. 34, 447 – 486.
- Kim, J.K., Smith, R., 2001. Cooling Tower System Design. Chemical Eng. Science. 56, 3641 – 3658.
- Kunduz, M., 1992. Soğutma Kulelerinde Isı ve Kütle Transferi Analizi ve Çözümü, Güneş Enerjisi Enstitüsü Dergisi. Cilt:1, Sayı: 4, 63-71.
- Merkel, F. 1926. Verdunstungskühlung, VDI-Zeitschrift, Vol.70, 95-102.
- Stefanovic, V., Lakovic, S., Radojkovic, N., Ilic, G., 2000. Experimental Study on Heat and Mass Transfer in Cooling Towers. Facta Universitatis Mechanical Eng. Series. 1(7), 849 – 861.
- Sutherland, J.W., 1983. Analysis of Mechanical-Draught Counterflow Air/Water Cooling Towers. Trans. of ASME. 105, 576 – 582.
- Webb, R.L., 1988. A Critical Evaluation of Cooling Tower Design Methodology. Heat Transfer Equipment Design. (Shah, R.K., Subba Rao, E.C., Mashelkar, R.A.,- eds), 547 – 558, Hemisphere Publishing Company, Washington.
- Zalewski, W., Gryglaszewski P.A., 1997. Mathematical Model of Heat and Mass Transfer Processes in Evaporative Fluid Coolers. Chemical Eng. and Processing. 36, 271 – 280.