

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MM 410 MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI II

DENEY 5

SOĞUTMA KULESİ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

1. AMAÇ

Soğutma kulesi performansının değişik hava kütleli debilerinde belirlenmesi

2. GİRİŞ

Birçok endüstri dalında, sıcaklık artışını önlemek ve atık ısıları tahliye etmek için fabrikanın belli bölümlerinden ısı transferi gereklidir. Bazen, ısı doğal veya zorlanmış taşınım ile atmosfere aktarılır, ama çoğunlukla suyu soğutmak hem gerekli hem de ekonomiktir. Suyun bol olduğu yerlerde kaynak bir nehirden, gölden alınabilir ve yüksek sıcaklıkta tekrar geri verilir. Fakat seçilen alanda kaynak yeterli görülmediğinde, bu olay mümkün değildir. Böyle durumlarda, fabrika soğutma suyu, ısının soğutma suyundan atmosfere aktarıldığı soğutma kulelerinden geçirilerek sirküle edilir.

Soğutma kuleleri çektiği ısıyı aşağıdaki biçimlerde çevreye dağıtır:

- 1) Havaya ısı verilmesi
- 2) Dolaşım suyunun bir kısmının buharlaşması

Soğutma kuleleri, dolgu yada paketleme denilen birbirine yakın yatay olarak yerleştirilmiş çubuk yada tirizlerin üzerinden suyu püskürten yada yağdıran sıcak su dağıtma sistemine sahiptirler. Dolgu, yerçekimi nedeniyle bir seviyeden diğer bir seviyeye su sıçrarken, dolgu boyunca akan havayı su ile eksiksiz bir biçimde karıştırır. Dışarıdaki hava kulenin kenarlarındaki açıklıklardan girer. Soğuk su, kulenin alt kısmından beton hüvette toplanır. Daha sonra yoğunlaştırıcıya geri pompalanır. Diğer tarafta sıcak nemli hava kuleyi tepeden terkeder.

3. DENEY DÜZENİĞİ HAKKINDA BİLGİLER

Hilton Bench Top Soğutma Kulesi H891, öğrencilerin modern bir buharlaştırıcı soğutucu sistemin kurulum, tasarım ve işletim karakteristiklerini değerlendirmelerini sağlamak için özellikle tasarlanmıştır. Bu ürün ayrıca hava ve su gibi iki akışkanın aktığı ve birinden diğerine kütle transferinin olduğu açık sistemlerine iyi bir örnektir. Deney düzeneğinin şematik görünümü EK 3'de verilmiştir.

3.1. Su Dolaşımı

Sıcak su yükleme tankından (load tank) kontrol vanası (control valve) ve debi ölçer (flow meter) boyunca kolonun (packed column) tepesine pompalanır. Sıcaklığı (T_5) ölçüldükten sonra, su en üstteki paketleme (packing) katından düzgün olarak dağıtılır. Bu dağıtım plakalara (plates) sıçratma yoluyla olur ve ince su filmi akış halindeki havayla temas ettirilir. Aşağı akışı sırasında su

soğutulur ve toplam akıştan bir miktar su buharlaşır. Soğutulmuş su paketlemenin en alt kısmından (basin) küvete dökülür. Küvette sıcaklığı (T_6) tekrar ölçülür sonra yükleme tankına (load tank) gönderilir ve burada dolaşıma yendiden katılmadan önce ısıtılır. Buharlaşmadan dolayı yükleme tankındaki (load tank) su seviyesi düşme eğilimi gösterir. Bu, dubayla çalışan iğneli vananın(float valve) açılmasına neden olur ve takviye tankından (make up tank) yükleme tankına (load tank) su transferi meydana gelir.

3.2. Hava dolaşımı

Atmosferden hava, fanın üzerinde bulunan kapağın açıklık miktarı ile kontrol edilen bir değerde fana girer. Fan dağıtım odasına(air distribution chamber) açılmaktadır ve hava paketlemeye(packed column) boyunca ilerlerken girmeden önce yaş(T_2 wet bulb) ve kuru(T_1 dry bulb) sıcaklıkları ölçen termometrelerden geçer. Hava paketleme (packed column) boyunca ilerlerken nem miktarı artar ve su soğutulur. Hava, kolonun yukarısındaki damla önleyiciden (droplet arrester) geçerken havada bulunan su damlaları bu damla önleyicilere takılır ve paketlemeye geri döner. Hava daha sonra hava ölçüm orifisleri (orifice differential pressure), yaş(T_4) ve kuru(T_3) termometrelerden geçer ve dışarı atılır. Kolondaki akış kolon duvarlarının şeffaf olması nedeniyle izlenebilir.

3.3. Ölçüm cihazları

- a) Sıcaklık Göstergesi :K tipi termocouple lara sahip 6 noktadan ölçüm yapan dijital göstergesi. Bu göstergeyle su sıcaklıkları, yaş ve kuru termometre hava sıcaklıkları ölçülür.
- b) Eğik Manometre 1 :0 – 40 mm H₂O skalalı, orifis basıncını ölçen bir manometre
- c) Eğik Manometre 1 :0 – 25 mm H₂O skalalı, paketleme direncini(basınç düşümünü) ölçen manometre
- d) Değişken Alanlı Debi Ölçer :0 – 50 g/s skalalı, kontrol vanalı, paketlemeye giden suyun debisini ölçen debi ölçer.

4. DENEYİN YAPILIŞI

Deneyde suyun kütleli debisi sabit tutulur ve 1 kW lık elektriksel ısıtıcı kullanılarak farklı hava kütleli debileri için sistem kararlı hale gelinceye kadar beklenir. Suyun sisteme giriş sıcaklığı sabitlendiğinde kararlı hale ulaşmış olur. Kararlı hal şartlarında aşağıdaki veriler okunarak veri toplama formuna yazılır. Veriler:

- a) Giren ve çıkan havanın kuru ve yaş termometre sıcaklıkları
- b) Giren ve çıkan suyun sıcaklıkları
- c) Takviye tankındaki suyun sıcaklığı
- d) Orifis basınç farkı
- e) Suyun kütleli debisi
- f) Takviye tankından kullanılan suyun miktarı
- g) Sistem boyunca olan basınç düşümü

5. HESAPLAMALAR

- 1) Eklerde verilen psikometrik diyagram kullanılarak giriş ve çıkıştaki havanın özgül entalpisini, özgül ve bağıl nemlerin, ayrıca özgül hacmini her bir kütleli debi için bulup işaretleyiniz.
- 2) Havanın kütleli debisini aşağıda verilen formülü kullanarak bulunuz.

$$\dot{m}_h = 0.0137 \sqrt{\frac{\Delta h_{orifis}}{(1 + w_\varphi) v_{h,\varphi}}}$$

Δh_{orifis}	orifis diferansiyeli(mm H ₂ O)
w_φ	çıkıştaki havanın özgül nem miktarı(kg/kg)
$v_{h,\varphi}$	çıkıştaki havanın özgül hacmi(m ³ /kg)

- 3) Manometreden okunan basınç değerindeki belirsizlik 0.5 mm H₂O, w_φ deki belirsizliği 0.00005 kg/kg ve $v_{h,\varphi}$ deki belirsizliğin 0.005 m³/kg olduğunu kabul ederek havanın kütleli debisindeki belirsizliğin analizini yapınız ve hata yüzdesini belirleyiniz.
- 4) Takviye tankında kullanılan suyun kütleli debisini deney esnasında aldığınız tankta kullanılan su miktarı değeri ve zaman aralığını kullanarak bulunuz ve hata payını hesaplayınız. Ayrıca termodinamik tablolardan suyun özgül entalpi değerini yazınız.

$$\dot{m}_{t,s} = \frac{m_{t,s}}{\Delta t}$$

$\dot{m}_{t,s}$	takviye suyunun kütleli debisi(kg/s)
Δt	ölçüm zaman aralığı(s)

- 5) Deney sırasında buharlaşan su miktarını kütle dengesini yazarak aşağıdaki formülden hesaplayınız.

$$\dot{m}_{t,s} = \dot{m}_h (w_\varphi - w_g)$$

w_g	girişteki havanın özgül nem miktarı(kg/kg)
w_φ	çıkıştaki havanın özgül nem miktarı(kg/kg)

- 6) Kararlı hal için bir enerji dengesi yazarak giriş ve çıkış entalpileri arasındaki farkı aşağıdaki formülden hesaplayınız.

$$\Delta \dot{H} = \dot{H}_{çıkış} - \dot{H}_{giriş} = \dot{m}_h (h_\varphi - h_g) - \dot{m}_{b,s} h_{b,s}$$

$\dot{m}_{b,s}$	buharlaşan suyun miktarı(kg/s)
$h_{b,s}$	buharlaşan suyun entalpisi(kJ/kg)

- 7) Sistemin basınç düşümü ve buharlaşan su miktarını havanın kütleli debisine bağlı olarak iki ayrı grafik üzerinde gösteriniz.

6. TARTIŞMA SORULARI

- 1) Hesaplamalarda 4 ve 5 te elde edilen sonuçların farklı olmasının olası sebeplerini yazınız.
- 2) Yukarıda elde ettiğimiz giriş ve çıkış entalpileri arasındaki farkı sisteme teorik olarak verdiğimiz 1 kW ılık elektriksel ısıtma ve 0.1 kW pompa gücü toplamıyla karşılaştırınız. Arasındaki farkın olası sebeplerini yazınız.
- 3) Deney esnasında havanın çıkış noktasına yakın yerlerde cam kolon üzerindeki yoğuşmanın sebebi ne olabilir? Yorum yapınız.
- 4) Deneyde basınç ölçümünde kullandığımız manometreleri dikey değilde yatayla küçük bir açı yapacak şekilde yerleştirilmesinin sebebi ne olabilir? Yorum yapınız.

- 5) Böyle bir sistemde suyun soğutulabileceği en düşük sıcaklık ve havanın ısınabileceği maksimum sıcaklık ve maksimum ısı transferi ne olabilir? Açıklayınız.
- 6) Kuru ve yaş termometre sıcaklıkları arasındaki fark havanın hangi özelliğinin bir göstergesidir. Soruyu giriş ve çıkıştaki havanın durumunu düşünerek cevaplayınız.
- 7) 1000 mbar yerine 900 mbar için yapılmış psikometrik diyagramın kullanılma sebebi nedir?

7. SEMBOLLER VE BİRİMLER

Δh_{orifis}	orifis diferansiyeli	(mm H ₂ O)
w_g	girişteki havanın özgül nem miktarı	(kg/kg)
$w_{\check{c}}$	çıkıştaki havanın özgül nem miktarı	(kg/kg)
$v_{h,\check{c}}$	çıkıştaki havanın özgül hacmi	(m ³ /kg)
$h_{b,s}$	buharlaşan suyun entalpisi	(kJ/kg)
$\dot{m}_{b,s}$	buharlaşan suyun kütleli debisi	(kg/s)
$h_{b,s}$	buharlaşan suyun entalpisi	(kJ/kg)
Δt	ölçüm zaman aralığı	(s)
h_g	girişteki havanın entalpisi	(kJ/kg)
$h_{\check{c}}$	çıkıştaki havanın entalpisi	(kJ/kg)

SOĞUTMA KULESİ VERİ TOPLAMA FORMU

Tarih:

Atmosfer Basıncı = 900 mbar

Test	1	2	3	4	5	6
Paketleme Tipi						
Paketleme Yoğunluğu(1/m)						
Hava Giriş Kuru Termometre Sıcaklığı(°C)						
Hava Giriş Yaş Termometre Sıcaklığı(°C)						
Hava Çıkış Kuru Termometre Sıcaklığı(°C)						
Hava Çıkış Yaş Termometre Sıcaklığı(°C)						
Su Giriş Sıcaklığı(°C)						
Su Çıkış Sıcaklığı(°C)						
Besleme Tankı Su Sıcaklığı(°C)						
Orifis Basıncı(mm H ₂ O)						
Suyun Debisi(g/s)						
Soğutma Yüğü(kW)						
Besleme Suyu miktarı(kg)						
Zaman Aralığı(s)						
Kolon Boyunca Basınç Düşümü (mm H ₂ O)						

H891 Bench Top Cooling Tower – Basic Unit

