

การทดสอบสมรรถนะการทำงานของคูลลิ่งทาวเวอร์ตามมาตรฐาน CTI
Field Performance Testing of Cooling Tower by CTI (Bulletin ATP105
and Form ATP-107R)

มนตรี พิรุณเกษตร¹ และสันติ ลักษิตานนท์²

Montri Pirunkaset and Santi Laksitanonta

บทคัดย่อ

การทดสอบขีดความสามารถของคูลลิ่งทาวเวอร์ชนิดรีฟทางกลในโรงงาน ตัวแทนจำหน่ายและผู้ซื้อควรเข้าใจมาตรฐานการทดสอบโรงงานและการคำนวณขีดความสามารถของคูลลิ่งทาวเวอร์ในแนวทางเดียวกันตามมาตรฐานของสถาบันคูลลิ่งทาวเวอร์(CTI) ตัวแทนจำหน่ายควรแสดงเอกสารยืนยันสมรรถนะด้วยเส้นลักษณะเฉพาะของคูลลิ่งทาวเวอร์ในภาวะทดสอบ ในรูปกราฟที่พล็อตระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร, KaV/L กับ อัตราส่วนการไหลของน้ำต่ออากาศ, L/G ภายใต้แอปโพรชที่ออกแบบ จากข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบและข้อมูลที่เก็บระหว่างการทดสอบนำมาพิจารณาค่าออกแบบและค่าทดสอบของอัตราส่วน L/G อัตราส่วนระหว่างค่าทดสอบของ L/G ต่อค่าออกแบบของ L/G แล้วคูณด้วย 100 นั้นใช้แสดงอัตราการไหลเวียนค่าออกแบบของน้ำที่ถูกทำให้เย็นลงภายใต้ค่าออกแบบของเรนจ์ ,แอปโพรช และภาวะอากาศทางเข้าเดียวกัน ในประการที่สำคัญก็คือการทดสอบคูลลิ่งทาวเวอร์โรงงานที่ได้มาตรฐาน และพิสูจน์ให้หลักประกันทางเทคนิคอันเป็นข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและตัวแทนจำหน่าย

Abstract

The performance testing of mechanical draft cooling tower in the field of tower installation, the supplier and purchaser should understand in the standards of field testing and calculations of tower capability in the same way by following the Cooling Tower Institute standards(CTI standards).The supplier should submit this testing tower characteristic curves in the form of a plot of tower characteristics, KaV/L versus water to air flow ratio, L/G under the design approach to the purchaser. From the design data and test data of the same tower, the design and test values of L/G can be determined from the standard procedure. The ratio of test value of L/G to the design value of L/G and multiplying by 100 (percentage tower capability) represents the design circulating flow which can be cooled at the design range, approach, and inlet air conditions. It is important to standardize the field testing of cooling tower and verify the technical concerning guarantees for agreement of the purchaser and supplier eventually.

Key Words : Field testing, Mechanical draft cooling tower, CTI

¹ นิสิตระดับปริญญาเอก ² รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900

สัญลักษณ์

A_{NF}	พื้นที่หน้าตัดอิสระสุทธิ , m^2	L/G	อัตราส่วนการไหลของน้ำต่ออากาศ
$A_{NF} = \pi (D_F^2 - D_{PIPE}^2)/4$		T_1	อุณหภูมิน้ำร้อนทางเข้า , $^{\circ}C$
C_w	ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ , $kJ/kg-K$	T_2	อุณหภูมิน้ำเย็นทางออก , $^{\circ}C$
h_{a1}	เอนทัลปีของอากาศชั้นทางเข้าแผงขยายฟิล์มน้ำซึ่งพิจารณาที่ t_{wb1} , $kJ/kg-dry\ air$	t_{wb1}	อุณหภูมิกระเปาะเปียกทางเข้า , $^{\circ}C$
h_{a2}	เอนทัลปีของอากาศชั้นทางออกแผงขยายฟิล์มน้ำ , $kJ/kg-dry\ air$	t_{a2}	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศทางออก , $^{\circ}C$
h_{s1}	เอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิน้ำร้อนทางเข้า , $kJ/kg-dry\ air$	vel_{AVG}	ความเร็วลมเฉลี่ย , m/s
KaV/L	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรของแผงขยายฟิล์มน้ำ	v_{a2}	ปริมาตรจำเพาะของอากาศชั้นทางออก , m^3/kg
		\dot{V}_w	อัตราการไหลของน้ำ , L/min
		\dot{V}_a	อัตราการไหลของอากาศ , m^3/min
		ρ_w	ความหนาแน่นของน้ำ , kg/m^3
		ω_2	อัตราส่วนความชื้นในอากาศทางออก

คำนำ

สำหรับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องทาวเวอร์นั้นจะถือปฏิบัติตามมาตรฐาน CTI ซึ่งเป็นสถาบันกำหนดมาตรฐานการทดสอบและควบคุมการผลิตเครื่องทาวเวอร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา จะกำหนดมาตรฐานการวัดอัตราการไหลของน้ำและอากาศ อุณหภูมิน้ำร้อนทางเข้า อุณหภูมิน้ำเย็นทางออก อุณหภูมิกระเปาะเปียกทางเข้า กำลังม้าเบรกของพัดลมที่หน้างานตามมาตรฐาน จากนั้นจะคำนวณเปอร์เซ็นต์ขีดความสามารถของเครื่องทาวเวอร์ ผู้ผลิตจะต้องจัดทำใบรับรองผลการวิเคราะห์ดังกล่าวก่อนส่งมอบงาน การทดสอบเครื่องทาวเวอร์หน้างานที่ติดตั้งแล้ว ผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายจะเดินเครื่องทดสอบสมรรถนะและทำการเก็บข้อมูลด้านน้ำ ด้านอากาศ และการกินไฟของมอเตอร์พัดลมในเครื่องทาวเวอร์ตัวดังกล่าว การวัดเก็บข้อมูลและการคำนวณขีดความสามารถของเครื่องทาวเวอร์ จะอาศัยการคำนวณตาม CTI-Bulletin ATP-105 And Form ATP-107R วิศวกรผู้เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นด้านผู้ติดตั้งและในด้านของผู้ใช้ก็ตาม ควรจะต้องรับทราบและทำความเข้าใจกันทั้งสองฝ่ายไปในแนวทางเดียวกัน เพื่อให้ได้เครื่องทาวเวอร์ที่สามารถทำงานในขีดความสามารถที่ต้องการ และจะไม่ส่งผลเสียกับระบบที่ออกแบบไว้ให้ใช้กับเครื่องทาวเวอร์ตัวดังกล่าว การปรับแก้หน้างานในบางปัญหาอาจทำได้ แต่ในบางปัญหาอาจแก้ไขไม่ได้โดยตรง และกลับส่งผลเสียและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายหลายต่อ

หลักเกณฑ์และการคำนวณตามมาตรฐาน CTI

โดยทั่วไปแล้วค่าออกแบบของอัตราส่วนการไหลของผู้ผลิต (L/G)_{design} เป็นข้อมูลที่ผู้ผลิตต้องกำหนดให้มาในใบชี้แจงรายละเอียด (specification) หรือบนแผ่นป้ายผลิตภัณฑ์ของเครื่องทาวเวอร์ของบริษัทผู้ผลิตเอง ซึ่งจะกำหนดในพจน์ของอัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศในหน่วย m^3/min และอัตราการไหลโดยปริมาตร

ของน้ำในหน่วย L/min ในมาตรฐานCTI กำหนด ค่าของ $(L/G)_{design}$ คำนวณตามBulletin ATP-105และForm ATP-107ในมาตรฐานCTI โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลในใบชี้แจงรายละเอียดได้แก่

อัตราการไหลของน้ำ, $\dot{V}_w = \text{_____}$ L/min อัตราการไหลของอากาศ, $\dot{V}_a = \text{_____}$ m³/min
อุณหภูมิน้ำร้อนที่ทางเข้า, $T_1 = \text{_____}$ °C อุณหภูมิน้ำเย็นที่ทางออก, $T_2 = \text{_____}$ °C
อุณหภูมิกระเปาะเปียกทางเข้า, $t_{wb1} = \text{_____}$ °C เวนจ์ค่าออกแบบ, $R = (T_1 - T_2) = \text{_____}$ °C

การคำนวณ L/G และ KaV/L ที่จุดออกแบบ

จากข้อมูลทั้งหมดในใบชี้แจงรายละเอียดการทำงานของคูลลิ่งทาวเวอร์ จะนำมาคำนวณหาปริมาณจำเพาะของอากาศ สำหรับเอนทัลปีของอากาศทางออกนั้นพิจารณาจากสมดุลของพลังงานความร้อนระหว่างน้ำและอากาศขณะไหลผ่านคูลลิ่งทาวเวอร์

$$h_{a2} = h_{a1} + \left(\frac{4.175 \dot{V}_w \rho_w R v_{a2}}{1000 \dot{V}_a} \right) \quad (1)$$

ขั้นตอนการคำนวณปริมาณจำเพาะของอากาศทางออก

1. สมมติอุณหภูมิทางออกของอากาศ และกำหนดให้ h_{a1} พิจารณาเป็น เอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกทางเข้า t_{wb1}
2. สมมติสภาวะของอากาศทางออกเข้าใกล้สภาวะของอากาศอิ่มตัวมากที่สุดเท่าที่ทำได้ แล้วนำไปหาค่าของปริมาณจำเพาะของอากาศขึ้น v_{a2} และอัตราส่วนความชื้น ω_2 จากแผนภูมิอากาศขึ้น
3. แทนค่าลงในสมการ(1) และคำนวณเอนทัลปีของอากาศทางออก h_{a2}
4. จากอัตราส่วนความชื้น ω_2 และเอนทัลปีของอากาศทางออก h_{a2} ที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 2 และ 3 นำไปหาอุณหภูมิทางออกของอากาศ, t_{a2}
5. ตรวจสอบ อุณหภูมิทางออกของอากาศค่าสมมติในขั้นตอนที่1 และอุณหภูมิทางออกของอากาศค่าคำนวณในขั้นตอนที่4 ถ้าค่าทั้งสองยังแตกต่างกันให้สมมติอุณหภูมิทางออกของอากาศค่าใหม่ แล้วดำเนินตั้งแต่ขั้นตอนที่1 ถึงขั้นตอนที่ 4 จนกว่าค่าทั้งสองจะเข้าใกล้กัน ถ้าค่าทั้งสองเข้าใกล้กันจึงหยุดคำนวณ และที่ค่านั้นเป็นคำตอบ

หลังจากคำนวณปริมาณจำเพาะของอากาศทางออกแล้ว นำมาคำนวณอัตราส่วนการไหลค่าออกแบบดังนี้

$$\left(\frac{L}{G} \right)_{design} = \frac{\dot{V}_w \rho_w / 1000}{\dot{V}_a / v_{a2}} = \frac{\dot{V}_w \rho_w v_{a2}}{1000 \dot{V}_a} \quad (2)$$

โดยใช้ค่าออกแบบของอัตราส่วนการไหล $(L/G)_{design}$ ที่คำนวณได้ข้างต้น นำมาคำนวณ $(KaV/L)_{design}$ พร้อมกับต้องทราบอุณหภูมิของน้ำร้อนทางเข้า, T_1 อุณหภูมิของน้ำเย็นทางออก, T_2 และอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศทางเข้า, t_{wb1} ซึ่งใช้เป็นค่าเดียวกับค่าออกแบบของผู้ผลิตที่แสดงในใบชี้แจงรายละเอียด จากข้อมูลดังกล่าวจะนำมาคำนวณ $(KaV/L)_{design}$ ตามวิธีที่เซบายเซฟฟีในมาตรฐาน CTI ที่เตรียมในรูปของซีต

คำนวณในตารางที่ 1 ในตารางที่ 1 นี้จะคำนวณได้จะต้องป้อนค่าของอุณหภูมิของน้ำร้อนทางเข้า, T_1 อุณหภูมิของน้ำเย็นทางออก, T_2 อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศทางเข้า, t_{wb1} และอัตราส่วนการไหล, $(L/G)_{design}$

ตารางที่ 1 ตารางคำนวณค่าออกแบบของ KaV/L ตามวิธีที่เซบายเซฟฟีในมาตรฐาน CTI

อุณหภูมิของน้ำ (°C)	h_s (kJ/kg)	h_a (kJ/kg)	Δh	$1/\Delta h$
อุณหภูมิน้ำออก, $T_2 =$ _____	—	อากาศทางเข้าที่ $t_{wb1}, h_{a1} =$ _____	—	—
$T_A = T_2 + 0.1(T_1 - T_2) =$ _____	—	$h_A = h_{a1} + 0.1C_w \left(\frac{L}{G} \right) (T_1 - T_2) =$ _____	—	—
$T_B = T_2 + 0.4(T_1 - T_2) =$ _____	—	$h_B = h_{a1} + 0.4C_w \left(\frac{L}{G} \right) (T_1 - T_2) =$ _____	—	—
$T_C = T_1 - 0.4(T_1 - T_2) =$ _____	—	$h_C = h_{a2} - 0.4C_w \left(\frac{L}{G} \right) (T_1 - T_2) =$ _____	—	—
$T_D = T_1 - 0.1(T_1 - T_2) =$ _____	—	$h_D = h_{a2} - 0.1C_w \left(\frac{L}{G} \right) (T_1 - T_2) =$ _____	—	—
อุณหภูมิน้ำเข้า, $T_1 =$ _____	—	$h_{a2} = h_{a1} + C_w \left(\frac{L}{G} \right) (T_1 - T_2) =$ _____	—	—
$\Sigma(1/\Delta h) =$				—

จากผลการคำนวณ $\Sigma(1/\Delta h)$ ในตารางที่ 1 นี้ $(KaV/L)_{design}$ จึงคำนวณได้จาก

$$\left(\frac{KaV}{L} \right)_{design} = C_w (T_1 - T_2) \frac{(\Sigma 1 / \Delta h)}{4} \quad (3)$$

การคำนวณ L/G และ KaV/L ที่จุดทดสอบ

ในหัวข้อข้างต้นที่ผ่านเป็นการคำนวณจาก $(L/G)_{design}$ และ $(KaV/L)_{design}$ โดยอาศัยข้อมูลบนแผ่นป้ายแสดงรายละเอียดของสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำความเย็นจากผู้ผลิต ซึ่งได้รับการทดสอบมาจากโรงงานโดยตรง การคำนวณค่าทดสอบของ L/G หรือ $(L/G)_{test}$ มาตรฐาน CTI ได้กำหนดการคำนวณจากอัตราส่วนอัตราการไหลค่าทดสอบโดยพิจารณาจากปริมาตรของน้ำที่ทดสอบได้, $\dot{V}_{w,test}$ (L/min) และอัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศ ค่าทดสอบ, $\dot{V}_{a,test}$ (m³/min) ดังสมการต่อไปนี้

$$\left(\frac{L}{G} \right)_{test} = \left(\frac{L}{G} \right)_{design} \times \left(\frac{\dot{V}_{w,test}}{\dot{V}_{w,design}} \right) \times \left(\frac{HP_{design}}{HP_{test}} \right)^{1/3} \quad (4)$$

ถ้าใช้อัตราการไหลของอากาศ จะคำนวณได้จาก

$$\left(\frac{L}{G} \right)_{test} = \left(\frac{L}{G} \right)_{design} \times \left(\frac{\dot{V}_{a,test}}{\dot{V}_{a,design}} \right) \quad (5)$$

จากอัตราส่วนการไหลค่าทดสอบ, $(L/G)_{test}$ ที่คำนวณได้จากสมการ (4) หรือ (5) จะนำมาเป็นข้อมูลในการคำนวณค่า KaV/L ที่จุดทดสอบโดยวิธีที่ขยายเซฟฟ์ โดยมีข้อมูลใหม่ที่จะต้องเก็บหน้างานดังนี้ คุณสมบัติของน้ำร้อนทางเข้า, T_1 คุณสมบัติของน้ำเย็นทางออก, T_2 คุณสมบัติกระเปาะเปียกของอากาศทางเข้า, t_{wb1} ข้อมูล $(L/G)_{test}$, $(KaV/L)_{test}$ ที่คำนวณได้ จะนำไปพล็อตเส้นลักษณะเฉพาะที่จุดทดสอบต่อไป

การวัดอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านคูลลิ่งทาวเวอร์ โดยจะต้องวัดความเร็วอากาศเหนือแผงขยายฟิล์มน้ำ ตามตำแหน่งต่างๆบนพื้นที่หน้าตัดของแผงขยายฟิล์มน้ำที่กำหนดโดยมาตรฐาน CTI PFM-143: 1994 เรื่อง “Recommend Practice for Airflow Testing of Cooling Tower” ตำแหน่งวัดความเร็วของอากาศเหนือแผงขยายฟิล์มน้ำตามมาตรฐานCTI โดยที่ D_F คือเส้นผ่านศูนย์กลางของแผงขยายฟิล์มน้ำ และ D_{PIPE} คือเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่กลางแผงขยายฟิล์มน้ำ พื้นที่หน้าตัดใช้กำหนดปริมาณลมเรียกว่าพื้นที่อิสระสุทธิ A_{NF} ซึ่งคำนวณจาก $A_{NF} = \pi(D_F^2 - D_{PIPE}^2)/4$ และพื้นที่หน้าตัดของแผงขยายฟิล์มน้ำคำนวณจาก $A_F = \pi D_F^2/4$ ก่อนจะกำหนดตำแหน่งวัดและแบ่งพื้นที่หน้าตัดอิสระสุทธิออกเป็น 5 ส่วน พื้นที่จัดแบ่ง, A_{ratio} คือพื้นที่อิสระสุทธิหารด้วยสองเท่าของจำนวนพื้นที่ที่ต้องการแบ่ง ดังนั้น $A_{ratio} = A_{NF}/10$ จากนั้นคำนวณแต่ละพื้นที่และรัศมีกำหนดจุดวัดในแต่ละส่วนตามลำดับดังนี้

พื้นที่ส่วนที่5	$A_5 = A_F - A_{ratio}$, รัศมีของจุดวัดความเร็ว $R_5 = \sqrt{A_5 / \pi}$
พื้นที่ส่วนที่4	$A_4 = A_5 - 2A_{ratio}$, รัศมีของจุดวัดความเร็ว $R_4 = \sqrt{A_4 / \pi}$
พื้นที่ส่วนที่3	$A_3 = A_4 - 2A_{ratio}$, รัศมีของจุดวัดความเร็ว $R_3 = \sqrt{A_3 / \pi}$
พื้นที่ส่วนที่2	$A_2 = A_3 - 2A_{ratio}$, รัศมีของจุดวัดความเร็ว $R_2 = \sqrt{A_2 / \pi}$
พื้นที่ส่วนที่1	$A_1 = A_2 - 2A_{ratio}$, รัศมีของจุดวัดความเร็ว $R_1 = \sqrt{A_1 / \pi}$

จากการกำหนดตำแหน่งของจุดวัดความเร็วของอากาศ ทำให้วัดความเร็วของอากาศได้ทั้งหมด 20 จุด แล้วนำมาหาความเร็วเฉลี่ย, vel_{AVG} และคำนวณอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศผ่านคูลลิ่งทาวเวอร์ได้จาก $\dot{V}_a = A_{NF} vel_{AVG}$

การสร้างเส้นลักษณะเฉพาะผ่านจุดออกแบบและจุดทดสอบ

หลังจากที่คำนวณได้ค่า $(L/G)_{design}$ และ $(KaV/L)_{design}$ แล้ว จากนั้นจะนำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์, C ของสมการ $KaV/L = C(L/G)^{-0.6}$ (ข้อแนะนำตามมาตรฐานCTI) และจะได้สมการลักษณะเฉพาะที่ผ่านจุดออกแบบของคูลลิ่งทาวเวอร์ และนำไปพล็อตกราฟจะได้เส้นกราฟลักษณะเฉพาะผ่านจุดออกแบบ

การสร้างเส้นกราฟลักษณะเฉพาะผ่านจุดทดสอบพิจารณาในทำนองเดียวกันกล่าวคือจะนำค่า $(L/G)_{test}$ และ $(KaV/L)_{test}$ ที่คำนวณได้ไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์, C โดยอาศัยการแทนค่าในสมการ $KaV/L = C(L/G)^{-0.6}$ เช่นเดียวกัน จะได้สมการเส้นกราฟลักษณะเฉพาะที่ผ่านจุดทดสอบ นำไปพล็อตในกราฟเดียวกับเส้นกราฟลักษณะเฉพาะที่ผ่านจุดออกแบบ

การสร้างเส้นแอปโพรชหรือเส้นกำหนดภาวะของคูลลิ่งทาวเวอร์

ก่อนที่จะสร้างเส้นแอมไพร์ต่อไปนั้นจะต้องทราบช่วงของ L/G ซึ่งพิจารณาในช่วงของ $0 < L/G < (L/G)_{\max}$ สำหรับค่าของ $(L/G)_{\max}$ นั้นพิจารณาจากหลักของสมดุลพลังงานความร้อนระหว่างน้ำและอากาศ โดยสมมติให้อากาศที่ทางออกเป็นอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิน้ำร้อนทางเข้า HWT ดังนั้น

$$(L/G)_{\max} = \frac{h_{s1} - h_{a1}}{C_w(T_1 - T_2)} \quad (6)$$

การสร้างเส้นแอมไพร์ตามมาตรฐานของ CTI มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1.) กำหนดภาวะการทำงานที่อุณหภูมิ $T_1 = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_2 = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{wb1} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$
- 2.) กำหนดค่าของ L/G ในช่วงของ $0 \leq L/G \leq (L/G)_{\max}$ โดย $(L/G)_{\max}$ คำนวณจากสมการ (6)
- 3.) ภายใต้ $T_1 = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_2 = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{wb1} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$ ที่กำหนดให้ตามขั้นตอน 1.) และหลังจากทราบช่วงของ L/G ตามขั้นตอน 2.) จากนั้นจะกำหนดค่า L/G ที่ละค่า แล้วนำไปคำนวณ KaV/L ตามวิธีที่เขบายเชฟฟ์ ใน ตารางที่ 1
- 4.) นำชุดข้อมูล L/G และ KaV/L ที่ได้ในขั้นตอน 3 ไปพล็อตในกราฟรูปเดียวกับเส้นลักษณะเฉพาะที่ผ่านจุดออกแบบ และ เส้นลักษณะเฉพาะที่ผ่านจุดทดสอบ จะได้เส้นแอมไพร์ตามที่ต้องการตัดกับเส้นลักษณะเฉพาะทั้งสอง ที่จุดตัดอ่านได้ค่าของ $(L/G)_{\text{design}}$ และ $(L/G)_{\text{intersec}}$ ตามลำดับ ดังนั้นขีดความสามารถของเครื่องทำความเย็นได้จาก

$$\text{Cooling} - \text{Capacity} = \frac{(L/G)_{\text{intersec}}}{(L/G)_{\text{design}}} \times 100 \quad (7)$$

ข้อมูลที่ได้จากสภาวะการออกแบบและสภาวะทดสอบโรงงาน

ก่อนส่งมอบงานบริษัทผู้จำหน่ายเครื่องทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นโรงงานที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยต้องมีการเดินเครื่องทดสอบสมรรถนะและทำการเก็บข้อมูลด้านน้ำด้านอากาศ และ การกินไฟของมอเตอร์พัดลมในเครื่องทำความเย็นตัวดังกล่าว ข้อมูลที่จำเป็นต่อการคำนวณแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ ข้อมูลที่ได้จากสภาวะการออกแบบ และข้อมูลที่ได้จากสภาวะทดสอบโรงงาน ดังแสดงรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2 ข้อมูลที่ได้จากสภาวะการออกแบบ และข้อมูลที่ได้จากสภาวะทดสอบโรงงาน

ข้อมูล	ออกแบบ	ทดสอบ
อุณหภูมิของน้ำร้อนทางเข้า T_1 ($^\circ\text{C}$)	43	42.2
อุณหภูมิของน้ำเย็นทางออก T_2 ($^\circ\text{C}$)	34	32
อุณหภูมิกระเปาะเปียกทางเข้า t_{wb1} ($^\circ\text{C}$)	29	27.5
อัตราการไหลของน้ำ \dot{V}_w (L/min)	58,333	47,100
อัตราการไหลของอากาศ \dot{V}_a (m^3/min)	28,665	31,250
โวลต์ (volt)	3,300	3,300

แอมแปร์ (amp)	34.7	29
กำลังม้าเบรก (hp)	215	208.6

$$(HP = (1.73 \times A \times V \times Power_Factor \times Motor_Efficiency) / 746)$$

ผลของการคำนวณจากข้อมูลออกแบบและทดสอบ

ผลการคำนวณจากข้อมูลในตารางที่ 2 แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณตามมาตรฐาน CTI

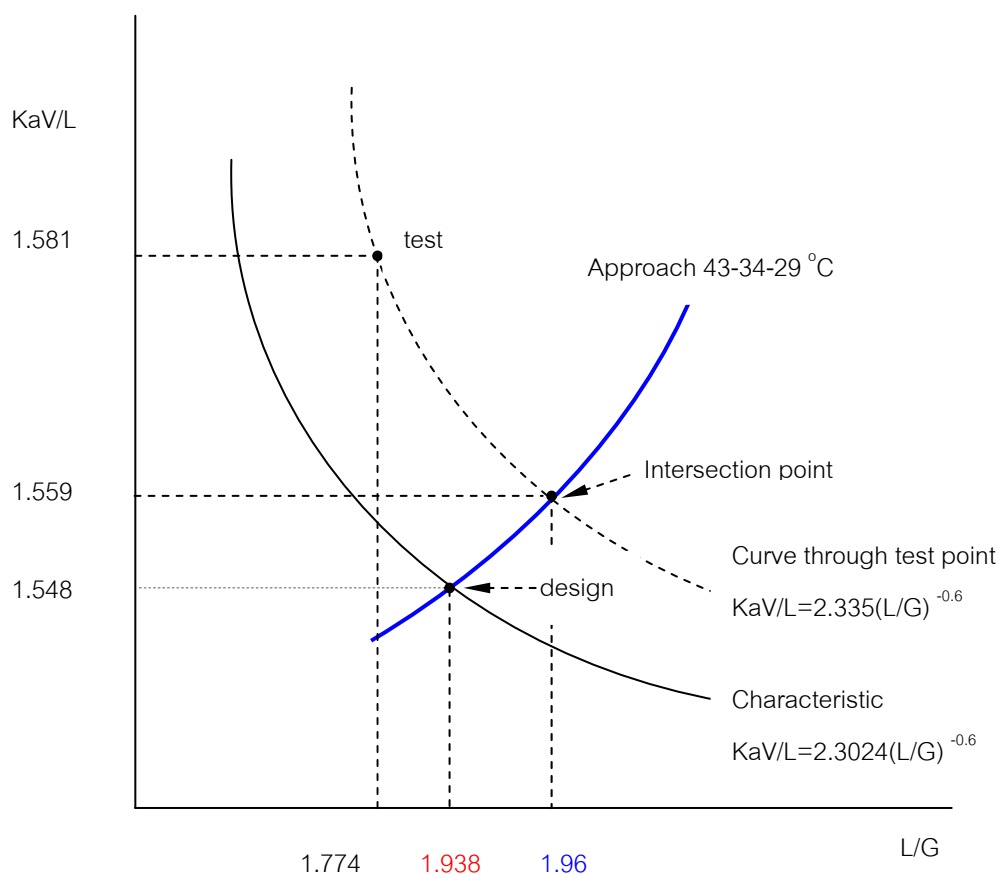
รายละเอียด	ออกแบบ	ทดสอบ
L/G	1.938	1.538
KaV/L	1.548	1.774
ค่าสัมประสิทธิ์, C	2.3024	2.335
สมการลักษณะเฉพาะ	$KaV/L = 2.3024(L/G)^{-0.6}$	$KaV/L = 2.335(L/G)^{-0.6}$
แอปไพเราะค่าออกแบบ	$T_1 = 43^{\circ}\text{C}, T_2 = 34^{\circ}\text{C}, t_{wb1} = 29^{\circ}\text{C}$	
L/G ที่จุดตัดระหว่างเส้นแอปไพเราะ กับเส้นลักษณะเฉพาะ	1.938	1.960

จุดตัดระหว่างเส้นกราฟผ่านจุดทดสอบและเส้นแอปไพเราะ อ่านได้ $(L/G)_{intersec} = 1.96$ ดังแสดงในกราฟภาพที่ 1

ดังนั้นขีดความสามารถของเครื่องทำความเย็นที่คำนวณได้จาก

$$Cooling - Capacity = \frac{(L/G)_{intersec}}{(L/G)_{design}} \times 100 = \frac{1.96}{1.938} \times 100 = 101.14\%$$

จากขีดความสามารถของเครื่องทำความเย็นเท่ากับ 101.14% แสดงว่าเครื่องทำความเย็นตัวนี้จะสามารถทำให้น้ำเย็นลงตามเงื่อนไขการทำงานดังกล่าว ด้วยอัตราการไหลของน้ำที่กำหนดเท่ากับ 101.14% ของอัตราการไหลค่าออกแบบภายใต้ เอนจ์ แอปไพเราะ และสภาวะอากาศทางเข้าที่กำหนดออกแบบไว้ จากนั้นผู้แทนจำหน่ายต้องจัดทำใบรายงานผลการทดสอบเครื่องทำความเย็นนี้ให้กับผู้ซื้อต่อไป



ภาพที่ 1 การหาขีดความสามารถของคูลลิ่งทาวเวอร์

สรุป

การทดสอบขีดความสามารถของคูลลิ่งทาวเวอร์ที่โรงงานจะทำให้ผู้เชื่อมั่นใจและทราบถึงความสามารถ ทำให้น้ำเย็นถึงระดับอุณหภูมิที่ต้องการหรือไม่ ทั้งตัวแทนจำหน่ายและผู้ซื้อจำเป็นต้องตระหนักและเข้าใจถึง มาตรฐานการทดสอบและการนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณอย่างถูกต้อง ผลการทดสอบแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของ ขีดความสามารถของคูลลิ่งทาวเวอร์ ตัวเลขเปอร์เซ็นต์ที่ได้จะบ่งบอกถึงปริมาณของอัตราการไหลของน้ำที่จุด ทดสอบหน้านั้น คิดเป็นกี่เท่าของอัตราการไหลค่าออกแบบภายใต้แอปโพรช เวนจ์ และภาวะอากาศทางเข้า เดียวกัน มาตรฐานในการทดสอบคูลลิ่งทาวเวอร์โรงงานจึงนับได้ว่ามีความสำคัญและจำเป็นต่อตัวแทน จำหน่าย ซึ่งต้องทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้ และยึดปฏิบัติเป็นบรรทัดฐานตลอดไป ทั้งนี้เพื่อความมี มาตรฐานในด้านการผลิต การติดตั้ง และการทดสอบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Mills , A. F., Heat and Mass Transfer, Richard D. Irwin Inc., Chicago, 1995.

[2] Hill , G.B ., Pring E.J. and Osborn P.D. ,Cooling Towers Principles and Practice, Butterworth-Heinemann Ltd, London, 3rd ed .,1990.

[3] Nicholas P.Ch. and Paul N.Ch., Cooling Tower (Selection ,Design and practice), Ann arbor Science Publishers, the Butterworth-Group, Michigan, 2nd ed.,1983.

[4] British Standard Institution, British Standard Specification for Water Cooling Towers ,Method for Performance Testing ,BS 4485 ; Part 2,1988.

[5] Cooling Tower Institute, Acceptance Test Code for Water Cooling Towers. CTI Code ATC-105,1982.

[6] Cooling Tower Institute, Cooling Tower Performance Curves, 1967.

[7] Cooling Tower Institute, Cooling Tower Manual Chapter 5, July, 1983.
