การออกแบบและสร้างหอระบายความร้อนแบบระเหย

Design and Build of Evaporative Cooling Tower

ธีระ ฮวบขุนทด*, กิตติ แก้วชาติ, อภิวัฒน์ เพชรวงศ์ และ ทวีศิลป์ เล็กประดิษฐ์

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*ติดต่อ: khew@hotmail.com, โทร : 0939835426

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างหอระบายความร้อนแบบระเหยให้กับไดนาโมมิเตอร์สำหรับเครื่องทดสอบแรงม้าประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อหาประสิทธิผลของหอระบายความร้อน งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองโดยการออกแบบหอระบายความร้อนให้มีอัตราการไหลของน้ำ 125 ลิตรต่อนาที เงื่อนไขการทดลองหอระบายความร้อน 2 สภาวะอากาศ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,000, 1,200, 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที ภาระของเครื่องยนต์ 150, 250, 350 และ 450 นิวตันเมตร จากการทดลองพบว่าที่สภาวะที่ 1 อากาศมีความชื้น 62% ที่ความเร็วรอบ 1,400 รอบต่อนาที และภาระของเครื่องยนต์ 450 นิวตันเมตร (กรณีเปิดพัดลม) หอระบายความร้อนมีประสิทธิผลสูงสุดที่ 83.3% และสภาวะที่ 2 อากาศมีความชื้น 70% ที่ความเร็วรอบ 1,600 รอบต่อนาที และภาระของเครื่องยนต์ 450 นิวตันเมตร (กรณีเปิดพัดลม) หอระบายความร้อนมีประสิทธิผลสูงสุดที่ 66%

คำหลัก: หอระบายความร้อนแบบระเหย, ประสิทธิผล, ไดนาโมมิเตอร์

Abstract

This research article presents the design and construction of an evaporative cooling tower for a dynamometer for Laboratory of Mechanical Engineering. To find the effectiveness of the cooling tower. This research was conducted by designing a cooling tower to have a water flow rate of 125 liters per minute. Conditions for the experiment of cooling tower 2 weather conditions, the engine speed of 1,000, 1,200, 1,400 and 1,600 rpm, load of engine 150, 250, 350 and 450 Nm. From the first conditions was relative humidity 62%, speed 1,400 rpm and a load of the engine is 450 Nm (open fan case) the Cooling Tower has the most effective is 83.3%. And the second conditions were relative humidity 70%, speed 1,600 rpm and a load of the engine is 450 Nm (open fan case) the cooling tower has the most effective is 66%.

Keywords: Evaporative Cooling Tower, Effective, Dynamometer.

1. บทนำ

หอระบายความร้อน คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำฝับอากาศ เพื่อทำให้น้ำร้อนมีอุณหภูมิที่ลดลงจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ [1-6] หลักการของหอระบายความร้อน คือ มีอุปกรณ์ที่ช่วยในการฉีด พ่นน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ให้กระจายไปเป็นละอองฝอย ขนาดเล็ก แล้วตกผ่านแผงกระจายละอองน้ำ ซึ่งจะสัมผัสกับอากาศที่ถูกดูดผ่านแผงกระจายละอองน้ำและก่อให้เกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ระหว่างหยดน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ขณะเดียวกันหยดน้ำบางส่วนจะระเหยกลายเป็นไอน้ำลอยไปกับอากาศ การระเหยดังกล่าวจะใช้ความร้อนแฝง (Latent heat) ดังนั้นไอน้ำที่ระเหยจึงดึงความร้อนจากปริมาณน้ำในส่วนที่ยังเป็นของเหลว

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของของหอทำเย็น [2-3] คือ 1. ขนาดละออง ฝอยของน้ำที่ถูกพ่นขณะแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ 2. พื้นผิวเปียก (Fill) ที่เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับน้ำ และ 3. อัตราการไหลของอากาศ [1-2,4-6]

การจำแนกประเภทของหอระบายความร้อนตามทิศทางการแลกเปลี่ยนความร้อนของน้ำและอากาศได้อีก 2 แบบ ได้แก่ Counterflow Cooling Tower [1] ใช้หลักการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศแบบสวนทางกันในแนวดิ่ง Crossflow Cooling Tower [1-2] ใช้หลักการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศแบบสวนทางกันในแนวตั้งฉาก Cooling Tower ระบบปิด [1-3] ที่ปรับสภาวะการทำงานได้ตามสภาพอากาศในระบบวนรอบปิด น้ำจาก Condenser จะไหลผ่านอุปกรณ์ทำความเย็นแล้วหมุนเวียนกลับ Condenser

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ได้ติดตั้งเครื่องทดสอบแรงม้า แต่ยังไม่มีหอระบายความร้อน การทดสอบแรงม้าจะใช้หอระบายความร้อนของชุดทดสอบแรงม้าอีกชุดซึ่งมีขนาดเล็กทำให้การระบายความร้อนได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

เมื่อปี 2558 นายยุทธภูมิ หนูจิตต์, นายสิทธิชัย สูญกลาง และนายกฤษณะ สุขนิล (2558) [6] ได้ทำการออกแบบและสร้างหอระบายความร้อนที่ใช้ร่วมกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อของเครื่องทดสอบแรงม้า โดยใช้แผ่นไม้ฝาเฌอร่าในการรับน้ำที่อัตราการไหลในระบบ 5 m^3/h ผลพบว่าหอระบายความร้อนมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด 70% ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,200 rpm ภาระของเครื่องยนต์ 30%

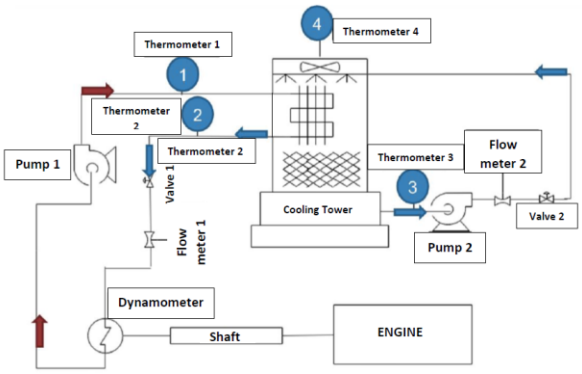
จากผลการทดลองดังกล่าวจึงยังทำให้ไม่สามารถทดสอบเครื่องทดสอบแรงม้าได้เต็มกำลัง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างหอระบายความร้อนให้กับไดนาโมมิเตอร์สำหรับเครื่องทดสอบแรงม้า ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกล ให้เหมาะกับโหลดของไดนาโมมิเตอร์ เพื่อทำให้การทดสอบเครื่องยนต์ได้อย่างมีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการศึกษาและทดสอบ เพื่อหาประสิทธิผลของหอระบายความร้อนที่ใช้ร่วมกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดเปลือกและท่อโดยมีส่วนประกอบดังนี้

2.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

รูปที่ 1 แสดงแผนผังอุปกรณ์การทดลอง ประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ ได้แก่ ส่วนที่แรกเป็นวงจรน้ำจากไดนาโมมิเตอร์ น้ำวงจรนี้จะไหลเข้าไดนาโมมิเตอร์เพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับวงจรน้ำที่นำไประบายความร้อนที่หอระบายความร้อน ส่วนที่สองเป็นวงจรน้ำสเปรย์ คือน้ำที่ฉีดให้เป็นฝอยละอองทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับผิวท่อน้ำที่รับความร้อนจากไดนาโมมิเตอร์ พร้อมกับทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ ซึ่งใช้พัดลมดูดอากาศสวนทางกับน้ำเพื่อทำให้อุณหภูมิของน้ำลดลง



รูปที่ 1 แผนผังอุปกรณ์การทดลอง

2.2 วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างหอระบายความร้อนให้กับไดนาโมมิเตอร์สำหรับเครื่องทดสอบแรงม้า ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกล การออกแบบหอระบายความร้อนให้มีอัตราไหลของน้ำ 125 ลิตรต่อนาที เพื่อศึกษาประสิทธิผลของหอระบายความร้อน โดยทำการทดลอง 2 สภาวะอากาศ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,000, 1,200, 1,400 และ 1,600 rpm และภาระของเครื่องยนต์ 150, 250, 350 และ 450 Nm ทั้งนี้ค่าในการทดลองอ้างอิงตามกราฟสมถรรณของเครื่องยนต์

2.3 การหาค่าประสิทธิผลของหอระบายความร้อน

การคำนวณหาค่าประสิทธิผลของหอระบายความร้อน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

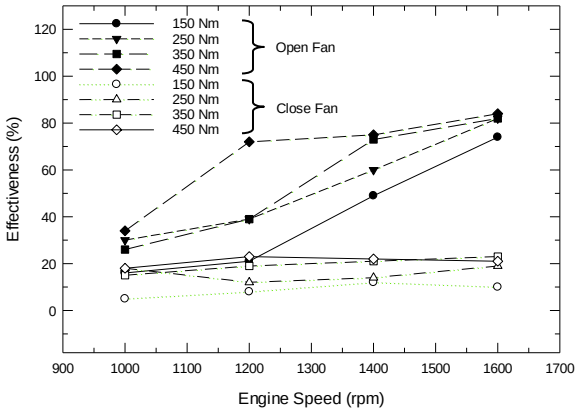
$$\text{ประสิทธิผล} = \frac{\text{ปริมาณความร้อนจากการทดลอง}}{\text{ปริมาณความร้อนจริง}} \times 100$$

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การออกแบบและสร้างหอระบายความร้อนให้กับไดนาโมมิเตอร์สำหรับเครื่องทดสอบแรงม้า เพื่อหาประสิทธิผลของหอระบายความร้อน ผลการทดลองมีดังนี้

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์แรงบิด ต่อประสิทธิผลของหอระบายความร้อน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 62%

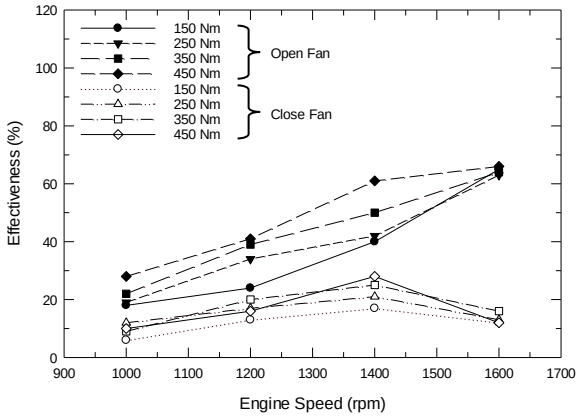
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แรงบิด ต่อประสิทธิผลของหอระบายความร้อน ผลการทดลองพบว่าหอระบายความร้อน ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 62% ในกรณีเปิดพัดลม ประสิทธิผลของการระบายความร้อนที่ดีที่สุด 84% ที่แรงบิดเบรก 450 Nm ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,600 rpm ซึ่งเมื่อเทียบกับกรณีปิดพัดลม ประสิทธิผลสูงสุดอยู่ที่ 23%



รูปที่ 2 ผลของความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แรงบิด ต่อประสิทธิผลของหอระบายความร้อน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 62%

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์แรงบิด ต่อประสิทธิผลของหอระบายความร้อน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 70%

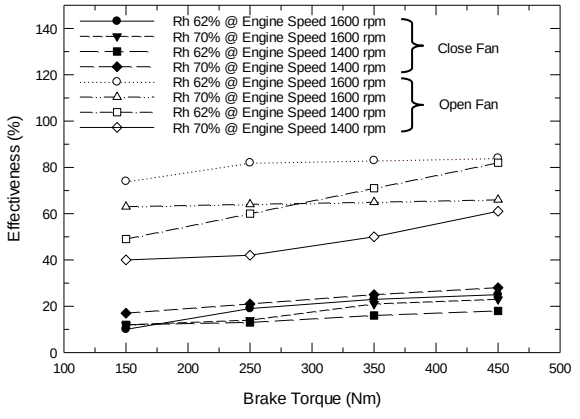
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แรงบิด ต่อประสิทธิผลของหอระบายความร้อน ผลการทดลองพบว่าหอระบายความร้อน ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 70% ในกรณีเปิดพัดลม ประสิทธิผลของการระบายความร้อนที่ดีที่สุด 66% ที่แรงบิดเบรก 450 Nm ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,600 rpm ซึ่งเมื่อเทียบกับกรณีปิดพัดลม ประสิทธิผลสูงสุดอยู่ที่ 28%



รูปที่ 3 ผลของความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แรงบิด ต่อประสิทธิผลของหอระบายความร้อน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 70%

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด ความชื้น และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ต่อประสิทธิผลของหอระบายความร้อน

รูปที่ 4 ผลการทดลองพบว่าหอระบายความร้อนมีประสิทธิผลของการระบายความร้อนที่ดีที่สุดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 1,400 และ 1,600 rpm ซึ่งเปรียบเทียบให้เห็นทั้งการเปิดพัดลมและปิดพัดลม ของการทดลองที่ Rh 62% และ Rh 70%



รูปที่ 4 ผลของแรงบิด ความชื้น และรอบของเครื่องยนต์ ต่อประสิทธิผลของหอระบายความร้อน

จากกราฟจะเห็นได้ว่าประสิทธิผลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามภาระของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น เนื่องจากประสิทธิผลจะแสดงค่าได้สูงสุดเมื่อความเร็วรอบเพิ่มและภาระโหลดสูงขึ้น สำหรับค่าความเร็วรอบ 1,000 rpm และ 1,200 rpm การกระจายตัวของความร้อนภายในไดนาโมมิเตอร์มีความไม่เสถียร และแสดงค่าประสิทธิผลออกมาได้ไม่สูงตามการออกแบบ

4. บทสรุป

การออกแบบและสร้างหอระบายความร้อนให้กับไดนาโมมิเตอร์สำหรับเครื่องทดสอบแรงม้า เพื่อหาประสิทธิผลของหอระบายความร้อน ผลการทดลองพบว่าการทดลองที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ 62% พบว่าในกรณีที่เปิดพัดลมพบว่าที่ความเร็วรอบ 1,600 rpm และภาระของเครื่องยนต์ 450 Nm หอระบายความร้อนมีประสิทธิผลสูงสุดที่ 83.3% สำหรับการทดลองที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ 70% พบว่าในกรณีที่เปิดพัดลมที่ความเร็วรอบ 1,600 rpm และภาระของเครื่องยนต์ 450 Nm หอระบายความร้อนมีประสิทธิผลสูงสุดที่ 66%

จากข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ภาระของเครื่องยนต์ อัตราการไหลของน้ำเข้าหอระบายความร้อน และอัตราการไหลของลมเท่ากัน แต่ความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน ส่งผลให้ประสิทธิผลของหอระบายความร้อนแตกต่างกัน เพราะเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำจะทำให้น้ำสามารถระเหยได้มากขึ้นทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนสูง แต่ในทางกลับกันเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง น้ำจึงระเหยได้น้อยลงทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนต่ำ

ทั้งนี้ผลของการวิจัยยังสามารถสรุปได้ว่าหอระบายความร้อนแบบระเหยเหมาะสมกับระบบที่มีข้อจำกัดของปริมาณน้ำสำหรับการระบายความร้อนของระบบ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (มทร. อีสาน) ที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์การทดลองและสถานที่ในการทดลองในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ นักศึกษาและเจ้าหน้าที่ รวมถึงคณาจารย์ ที่ช่วยให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Majumdar A.K, Singhai A.K, Spalding D.B. (1983). Numerical Modeling of Wet Cooling Tower-Part1: Mathematical and Physical Models [J], ASME Journal of Heat Transfer, vol. 105, February 1983, pp.728-735.

[2] ดวงฤดี ชูตระกูล. (2553) การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็นระบบปิดแบบไหลขวางกัน. ปริญญานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[3] Jianfeng Qian, Lina Li, Yankun Tan and Dayu Zheng. (2012), Research and application of closed cooling tower, 2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology, vol.2, September 2012, pp.2213-2215.

[4] Kaijun Donga, Pingjie Lia, Zhilin Huang, Lin Su, Qin Sun. (2017), Research on Free Cooling of Data Centers by Using Indirect Cooling of Open Cooling Tower, 1 0 th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, October 2017, Jinan, China, pp.2831-2838.

[5] Zhu Yanhe, Deng Yahong, Li Chang, Zeng Junyong, Wu Xuezhi, Zhong Jian and Jiang Changwei. (2017), Numerical Simulation of Airflow Around Cooling Towers in Semi-closed Space, 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, October 2017, Jinan, China, pp.95-100.

[6] นายยุทธภูมิ หนูจิตต์, นายสิทธิชัย สูญกลาง และนายกฤษณะ สุขนิล (2558). การออกแบบและสร้างหอระบายความร้อนที่ใช้ร่วมกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน