

การออกแบบและวิเคราะห์ชุดทดสอบสมรรถนะสำหรับพัดลมและเครื่องเป่า

Design and Analysis of Performance Test Set for Fan and Blower

นิวัตร มุลปา* และ ทวีศักดิ์ มหาวรรณ

กลุ่มวิจัยกลศาสตร์ วัสดุ และการออกแบบวิศวกรรม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่
128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300 *อีเมล nmp@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การออกแบบชุดทดสอบสมรรถนะของพัดลมและเครื่องเป่าในครั้งนี้ได้ออกแบบตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานของ AMCA ซึ่งจะแบ่งถึงทดสอบเป็น 2 ห้องที่คั่นระหว่างห้องด้วยหัวฉีดที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาดจำนวน 21 หัว สำหรับสร้างความดันแตกต่างและออกแบบช่องทางเข้าและช่องทางออกให้มีความเหมาะสม โดยวิธีวิจัยได้ทำการออกแบบโดยการกำหนดขนาดให้มีสัดส่วนตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานข้างต้นและสร้างชุดทดสอบตามรูปร่างและขนาดตามที่ได้ออกแบบไว้แล้วทดสอบเพื่อหาจำนวนหัวฉีดที่มีความเหมาะสมกับขนาดของพัดลมที่คัดสรรมา ส่วนการวิเคราะห์ได้วิเคราะห์การไหลของอากาศโดยใช้วิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลแล้วเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับผลการทดสอบด้วยการวัด จากผลการวิจัยพบว่าผลที่ได้จากการวัดและการวิเคราะห์มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน จำนวนหัวฉีดจะมีผลต่อขนาดของพัดลมที่นำมาทดสอบและชุดทดสอบที่ออกแบบและสร้างสามารถนำไปใช้ทดสอบตามมาตรฐาน AMCA

คำหลัก: การออกแบบและการวิเคราะห์ พัดลม เครื่องเป่า การทดสอบสมรรถนะ หัวฉีด

Abstract

The design performance testing set for fans and blower was designed by using guidelines from the standards of AMCA, which divides the chamber is a two room, separate room with an nozzle of different sizes, 3 sizes of 21 for creating a pressure difference and the channel designed to be appropriate. The methodology was designed to determine the size and proportion as set forth in the above standards and to set the shape and size, as has already designed an experiment to find the number of nozzles that are appropriate to the size of the fan selected. The analysis of the air flow using the computational fluid dynamics and compare the results with the test measurements. The results showed that the results of the measurements and analysis are likely to be in the same way. The number of nozzle will affect the size of the fan and this test set can be used in accordance with AMCA standard.

Keywords: Design and Analysis, Fan, Blower, Performance Test, Nozzle.

1. บทนำ

พัดลมที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้พัฒนามาจากการเลียนแบบและพัฒนา (C&D) และมีการทดสอบจากผู้ผลิตเพียงไม่กี่ยี่ห้อที่ได้ผ่านการทดสอบที่ได้รับจากมาตรฐานสากล ดังนั้นการพัฒนาชุดทดสอบและวิธีทดสอบสำหรับผู้ประกอบการในประเทศ โดยเฉพาะผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) น่าจะเป็นประโยชน์ต่อวงการอุตสาหกรรมพัดลมและเครื่องเป่าของไทย ซึ่งการวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาชุดทดสอบสำหรับทดสอบสมรรถนะของพัดลมและเครื่องเป่า โดยจะเป็นการออกแบบและวิเคราะห์โดยใช้แนวทางและสัดส่วนจาก AMCA ซึ่งเป็นองค์กรสากลที่ได้รับการยอมรับและเป็นผู้กำหนดมาตรฐานให้กับพัดลมและเครื่องเป่า โดยการวิจัยได้ออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างชุดทดสอบขึ้นมา แล้วนำไปทดสอบกับพัดลมอุตสาหกรรมแบบเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง โดยที่ผ่านมาได้มีผู้วิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาชุดทดสอบอย่างต่อเนื่อง [1, 2, 3] โดยรายละเอียดของการวิจัยและพัฒนาในครั้งนี้จะกล่าวในแต่หัวข้อต่อไป

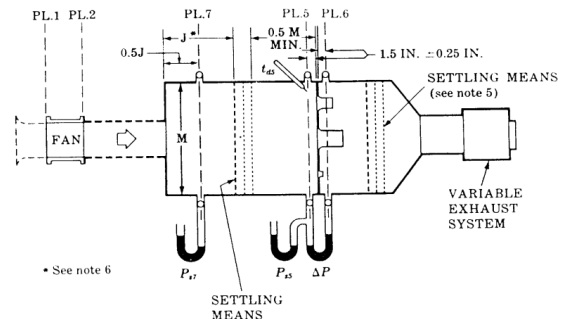
2. การออกแบบอุปกรณ์ทดสอบ

ในการออกแบบชุดทดสอบจะประกอบด้วย การออกแบบถังทดสอบ การออกแบบหัวฉีด การออกแบบทางเข้าและทางออก การออกแบบระบบการวัดและเครื่องมือวัด ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อย่อยดังนี้

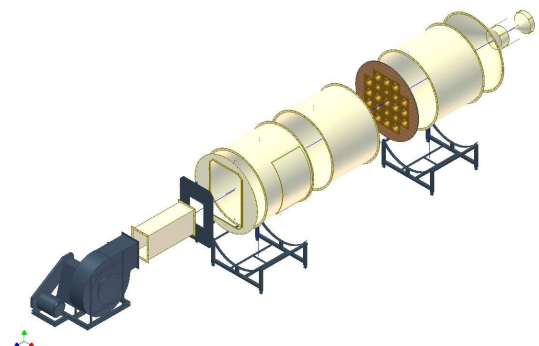
2.1 การออกแบบถังทดสอบ

ชุดทดสอบพัดลมและเครื่องเป่าที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ได้ออกแบบตามมาตรฐาน ANSI/AMCA-STANDARD 210-85 (1986) [4] เป็นถังกลมที่ถูกคั่นด้วยหัวฉีดเป็น 2 ห้อง มีสัดส่วนของถังเป็นไปตามมาตรฐานดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งจะเป็นขนาดของถังและตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ประกอบที่เป็นสัดส่วนกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยในงานวิจัยได้ออกแบบเป็นถังกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.63 เมตร ความยาวของถัง 3.60 เมตร โดยห้องแรกจะเป็นส่วนที่รับอากาศจากทางเข้าที่ต่อกับพัดลมหรือเครื่องเป่า ส่วนห้องที่สองจะรับอากาศที่ไหลผ่านหัวฉีด และถูก

ควบคุมการไหลออกด้วยอุปกรณ์ควบคุมการไหล โดยแต่ละห้องจะติดตั้งหัววัดความดัน ซึ่งแบบของอุปกรณ์ทดสอบที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ได้แสดงในรูปที่ 2



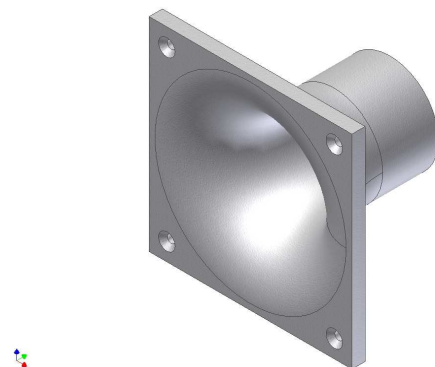
รูปที่ 1 มิติของชุดทดสอบตามมาตรฐาน [4]



รูปที่ 2 แบบอุปกรณ์ทดสอบที่ได้จากงานวิจัยนี้

2.2 การออกแบบหัวฉีด

ดังที่กล่าวผ่านมามี ถังทดสอบที่ได้ออกแบบในครั้งนี้ใช้หัวฉีดเป็นตัวคั่น ซึ่งลักษณะของหัวฉีดแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้ออกแบบและสร้างหัวฉีด 3 แบบตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร 60 มิลลิเมตร และ 80 มิลลิเมตร



รูปที่ 3 หัวฉีดที่ได้จากงานวิจัยนี้
เมื่อนำมาติดตั้งกับชุดทดสอบเพื่อกันห้องเป็น 2 ห้อง
โดยใช้หัวฉีดจำนวน 21 ตัวดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การติดตั้งหัวฉีดในชุดทดสอบ

2.3 การออกแบบทางเข้าและทางออก

จากแบบที่ได้แสดงในรูปที่ 2 จะเห็นชิ้นส่วนของชุดทดสอบที่รับปริมาณอากาศเข้าจากพัดลมหรือเครื่องเป่า ซึ่งทำจากท่อสี่เหลี่ยมขนาดเท่ากับขนาดปากท่อทางออกของพัดลมต่อเข้ากับฝาลังที่รูปร่างเป็นแผ่นกลมที่มีขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง ส่วนท่อทางออกจะเป็นฝาลังที่ทำเป็นรูปกรวยสำหรับปรับทิศทางการไหลของลมเพราะจะมีอิทธิพลต่อหัววัดความดัน และมีอุปกรณ์ควบคุมการไหลออกที่สามารถปรับอัตราการไหลได้ดังแสดงในรูปที่ 5

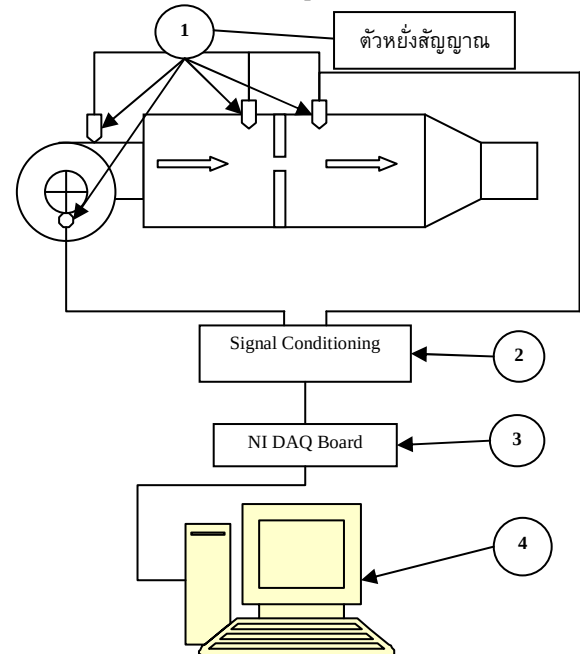


รูปที่ 5 ช่องทางออกสำหรับปรับอัตราการไหล

2.4 การออกแบบระบบการวัดและเครื่องมือวัด

ระบบการวัดและเครื่องมือวัดสำหรับชุดทดสอบนี้จะประกอบด้วย การวัดแรงบิดจากมอเตอร์ การวัดรอบของพัดลม การวัดอุณหภูมิของช่องทางเข้าพัดลม การวัดความดันและอุณหภูมิในถังทั้ง 2 ห้องซึ่งจะได้ความดันในแต่ละห้องและความดันแตกต่าง ในที่นี้ได้ออกแบบระบบการวัดที่น่าสนใจจากหัววัดแรง หัววัดความดัน และหัววัดอุณหภูมิเชื่อมต่อกับ

คอมพิวเตอร์ผ่านการ์ดเชื่อมต่อ NI DAQ card และแสดงผลด้วยซอฟต์แวร์ LabView ซึ่งไดอะแกรมของระบบเครื่องมือวัดแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ระบบการวัดสำหรับชุดทดสอบ

3. การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม

เมื่อได้แบบรูปร่างดังที่กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา ในขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมทั้งการวิเคราะห์การไหลและการวิเคราะห์ความแข็งแรงโดยใช้วิธีการแม่นยำ และจะจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรม การไหลของอากาศในชุดทดสอบและอากาศที่ไหลผ่านหัวฉีดด้วยวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล โดยจะกล่าวในรายละเอียดดังนี้

3.1 การวิเคราะห์การไหล

การวิเคราะห์การไหลจะเป็นการหาความสัมพันธ์ของปริมาณที่วัดได้จากชุดทดสอบ ซึ่งปริมาณที่วัดได้จากการทดสอบได้แก่ ความดันแต่ละห้อง ความดันแตกต่างระหว่างห้อง แล้วนำไปหาความดันสถิต ความดันพลวัต และความดันสมบูรณ์ อัตราการไหล กำลังที่ได้จากพัดลมหรือเครื่องเป่า อุณหภูมิของอากาศในแต่ละตำแหน่งตั้งแต่อากาศไหลเข้าพัดลมจนอากาศออกจากชุดทดสอบ ซึ่งจากผลการวัดจะนำไปคำนวณหาความดันสถิต (P_s) ความดันพลวัต (P_v) และความดันรวม (P_t) ดังความสัมพันธ์

$$P_s = P_t - P_v \quad (1)$$

และ $P_t = P_{t2} - P_{t1}$ (2)

โดยที่ $P_{t1} = 0$ และ $P_{t2} = P_{s7} + P_v$ ซึ่งค่าของ $P_v = P_{v2}$ ดังนั้น

$$P_{v2} = \left(\frac{V_2}{1096} \right)^2 \rho_2 \quad (3)$$

โดยที่ $V_2 = \left(\frac{Q}{A} \right) \left(\frac{\rho}{\rho_2} \right)$, $Q = Q_5 \left(\frac{\rho_5}{\rho} \right)$ (4)

และ $Q_5 = 1096Y \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho_5}} \sum (CA_5)$ (5)

นอกจากนี้ยังนำไปหาค่ากำลังที่พัดลมผลิตได้ ซึ่งอัตราส่วนของกำลังที่ผลิตได้ต่อกำลังที่ใส่เข้าไป ก็คือประสิทธิภาพของพัดลม ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\eta_t = QP_t K_p / 6362 H \quad (6)$$

$$\eta_s = \eta_t (P_s / P_t) \quad (7)$$

สมการ (6) เป็นประสิทธิภาพเชิงกลและสมการ (7) เป็นประสิทธิภาพเชิงสถิติ จะเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ที่กล่าวผ่านมามีค่าผันแปรกับอัตราการไหล (Q) เมื่อนำมาพล็อตกราฟระหว่างพารามิเตอร์ในแกนตั้งกับอัตราการไหลในแกนนอน จะได้กราฟสมรรถนะของพัดลม

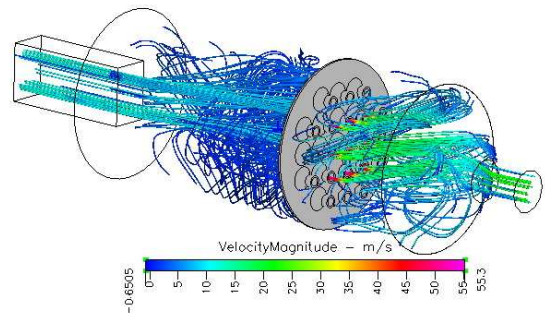
3.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรง

การทดสอบสมรรถนะของพัดลมและเครื่องเป่าจะเป็นการสร้างความดันแตกต่างของห้องในชุดทดสอบ ดังนั้นจึงได้วิเคราะห์ความแข็งแรงเพื่อเลือกความหนาของชุดทดสอบที่ทำจากเหล็กแผ่นบาง ทรงกระบอกหรือใช้หลักการของทรงกระบอกผนังบาง ซึ่งผู้อ่านสามารถหาได้จากเอกสารอ้างอิง [5]

3.3 การจำลองการไหล

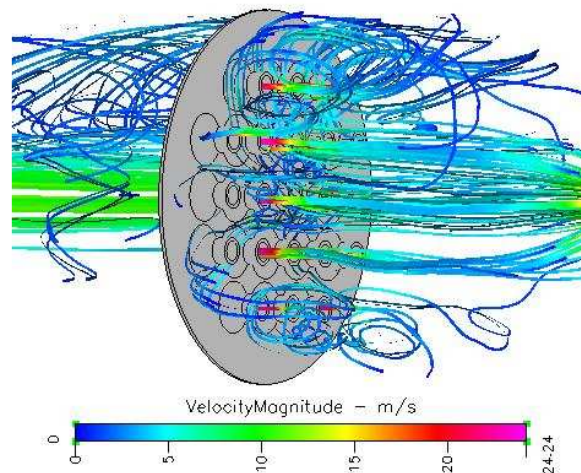
ชุดทดสอบที่ได้ออกแบบขึ้นมีลักษณะที่มี 2 ห้องที่ถูกขึ้นด้วยหัวฉีด จึงยากต่อการอธิบายถึงพฤติกรรมของการไหลภายใน นอกจากนี้การจำลองการไหลจะช่วยในการออกแบบฝาถังและท่อทางเข้าออกของชุดทดสอบที่มีอิทธิพลต่อการไหลในชุดทดสอบ และจะส่งผลต่อการวัดความดัน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้จำลองพฤติกรรมการไหลด้วยวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลดังแสดงในรูปที่ 7 จะเห็นว่า หัววัดความดัน

จะถูกติดตั้งในตำแหน่งที่มีความปั่นป่วนน้อย คือตำแหน่งใกล้กับฝาถังและตำแหน่งใกล้กับผนัง



รูปที่ 7 พฤติกรรมการไหลในชุดทดสอบ

เมื่อพิจารณาการไหลที่หัวฉีดจะเห็นว่าหัวฉีดจะช่วยลดความเร็วการไหลลง และช่วยให้เกิดการกระจายการไหลให้ทั่วห้องความดันดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 พฤติกรรมการไหลผ่านหัวฉีด

4. วิธีทดสอบ

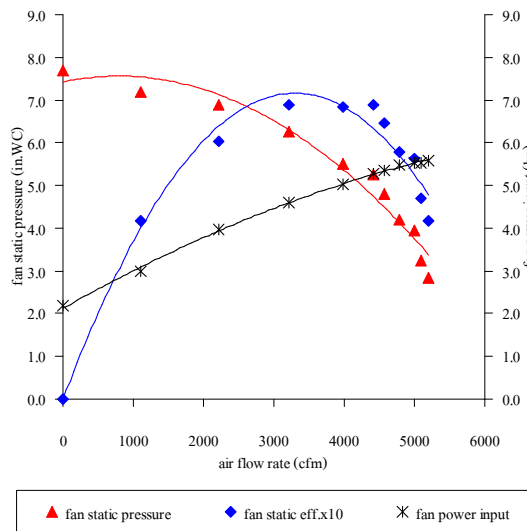
เมื่อนำแบบไปสร้างชุดทดสอบแล้ว จึงทำการทดสอบการทำงานโดยใช้กับพัดลมแบบเหวี่ยงเหวน ศูนย์ยี่ห้อ Artith รุ่น AV-4.5DCS-T-D ขนาด 7.5 KW 380V 1450 RPM ซึ่งจะเป็นการทดสอบที่อัตราการไหลแตกต่างกัน วิธีการที่ได้ทำการทดสอบชุดทดสอบได้แก่ ขั้นตอนแรกหาจำนวนหัวฉีดที่เหมาะสมกับพัดลมหรือจำนวนหัวฉีดที่เหมาะสมกับอัตราการไหลหรือความดันโดยใช้จำนวนหัวฉีดที่แตกต่างกันในการทดสอบแต่ละครั้ง ขั้นตอนที่สองใช้จำนวนหัวฉีดที่หาได้ไปทดสอบหาสมรรถนะของพัดลม ขั้นตอนที่สามทดสอบพัดลมหรือเครื่องเป่าโดยการปรับอัตราการไหลและวัดปริมาณที่ได้กล่าวผ่านมา

5. ผลการวิจัย

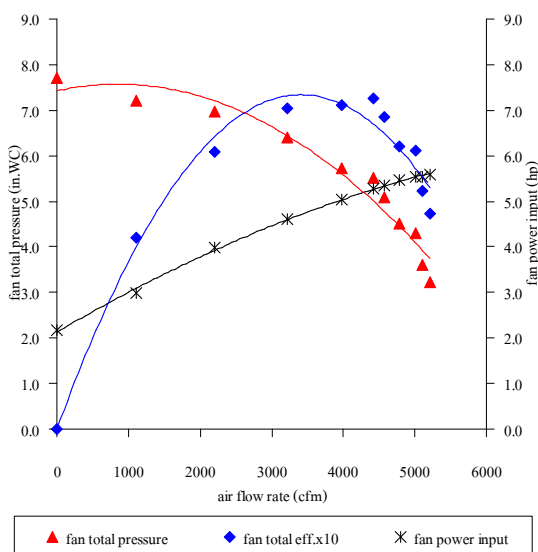
ผลการวิจัยได้แบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ผลการทดสอบ ผลการจำลอง และการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับผลการจำลอง ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละส่วนดังนี้

5.1 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบพบว่าเมื่อใช้จำนวนหัวฉีดที่เหมาะสมกับพัดลมจะทำการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของพัดลม ในที่นี้ได้ใช้จำนวนหัวฉีดทั้งหมด และได้แสดงสมรรถนะที่ได้จากการทดสอบด้วยชุดทดสอบนี้ดังแสดงในรูปที่ 9 และรูปที่ 10



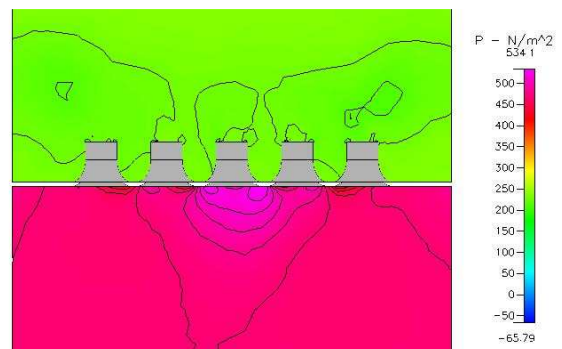
รูปที่ 9 สมรรถนะเชิงสถิตที่ได้จากการทดสอบ [6]



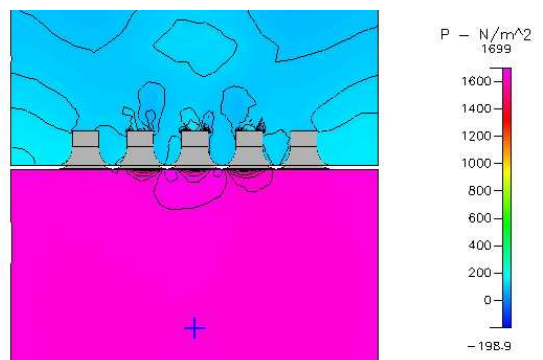
รูปที่ 10 สมรรถนะเชิงกลที่ได้จากการทดสอบ [6]

5.2 ผลการจำลองการไหล

การจำลองจะเป็นศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นทั้งพฤติกรรมการไหลภายในชุดทดสอบทั้งกรณีที่ใช้หัวฉีดทั้งหมดและกรณีที่ใช้หัวฉีดบางส่วนดังแสดงในรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ จะเห็นว่าความดันของการใช้หัวฉีดบางส่วนจะมีความดันของห้องที่รับอากาศจากพัดลมหรือเครื่องเป่ามีความดันสูงกว่ากรณีที่ใช้หัวฉีดทั้งหมด แต่ความดันของห้องหลังหัวฉีดของกรณีที่ใช้หัวฉีดทั้งหมดสูงกว่ากรณีที่ใช้หัวฉีดบางส่วนเนื่องจากกรณีที่ใช้หัวฉีดบางส่วนทำให้อากาศในห้องหลังหัวฉีดมีปริมาณการไหลเข้าและไหลออกใกล้เคียงกัน หรือความดันของห้องหน้าหัวฉีดกรณีใช้หัวฉีดบางส่วนจะมีค่าสูงเนื่องจากปริมาณการไหลของอากาศเข้ามามากกว่าปริมาณการไหลของอากาศออก ทำให้ความดันที่เกิดขึ้นมีค่าสูงกว่ากรณีใช้หัวฉีดทั้งหมด



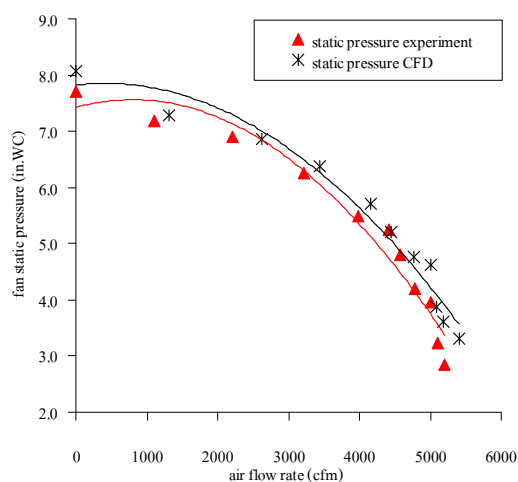
รูปที่ 11 ความดันแตกต่างในกรณีใช้หัวฉีดทั้งหมด



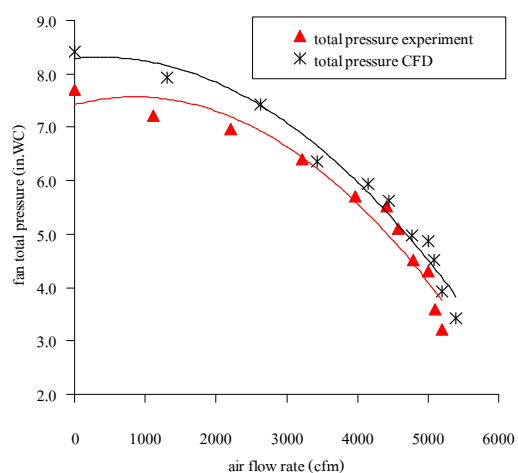
รูปที่ 12 ความดันแตกต่างในกรณีใช้หัวฉีดบางส่วน
ส่วนความดันการไหลในแต่ละห้องทั้งกรณีที่ใช้หัวฉีดทั้งหมดและกรณีใช้หัวฉีดบางส่วนแสดงในรูปที่ 11 และรูปที่ 12

5.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับผลการทดสอบ

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์และผลการทดสอบจะเปรียบเทียบความดันที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองพัดลมด้วยวิธีการคำนวณพลศาสตร์ของไหลกับความดันที่ได้จากการทดสอบจากพัดลมจริงด้วยชุดทดสอบที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยผลการเปรียบเทียบทั้งความดันสถิตดังรูปที่ 13 และความดันรวมดังรูปที่ 14 มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน



รูปที่ 13 ผลการเปรียบเทียบความดันสถิตจากการจำลองและการทดลอง [6]



รูปที่ 14 ผลการเปรียบเทียบความดันรวมจากการจำลองและการทดลอง [6]

6. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่ได้กล่าวผ่านมาสรุปลงได้ว่า ความดันสถิตที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองพัดลมด้วยวิธีคำนวณพลศาสตร์ของไหลมีแนวโน้มไปทางเดียวกันกับความดันสถิตที่ได้จากการทดสอบพัดลมจริงด้วยชุดทดสอบที่ได้ออกแบบและสร้างในงานวิจัยนี้ ดังนั้นชุดทดสอบที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถใช้ทดสอบสมรรถนะพัดลมและเครื่องเป่าตามมาตรฐาน ANSI/AMCA STANDARD 210-85 (1986) ได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ห้างหุ้นส่วนจำกัดอาทิตยเวเนติเลเตอร์ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์พัดลมอุตสาหกรรมเพื่อใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณศูนย์ที่ปรึกษาการออกแบบเครื่องจักรกลเพื่ออุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้งบประมาณสนับสนุนในการจัดสร้างชุดทดสอบ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] เพ็ญยศ อินทะพันธ์ และ ณัฐพงษ์ สันนัย (2550). *ปฏิญานิพนธ์เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบสมรรถนะสำหรับพัดลมและเครื่องเป่าแบบถั่ง*, สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาฯ เชียงใหม่
- [2] ชีรศักดิ์ ศรีคำปวง และ เรวัต โฉมยงค์ (2550). *ปฏิญานิพนธ์เรื่อง ชุดทดสอบสมรรถนะสำหรับพัดลมและเครื่องเป่าชนิดท่อปีโตต์*, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาฯ เชียงใหม่
- [3] นครินทร์ อุดมธาดา และ สุพจน์ ถาว์อินแก้ว (2552). *ปฏิญานิพนธ์เรื่อง การศึกษาและพัฒนาวิธีการวัดโดยใช้เซนเซอร์สำหรับเครื่องทดสอบสมรรถนะพัดลม*, สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาฯ เชียงใหม่

[4] ANSI/AMCA STANDARD 210-85 (1986).
*Laboratory Methods of Testing Fan for Rating Air
Movement and Control Associations, Inc.*

[5] Beer, B. P., Johnston, E. R., and Dewolf, J. T.
(2004). *Mechanics of Materials*, Singapore.
McGraw-Hill.

[6] ทวีศักดิ์ มหาวรรณ (2553). วิทยานิพนธ์เรื่อง การ
ปรับปรุงและวิเคราะห์การไหลของอากาศภายในตัว
เรือนของพัดลมแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางชนิดใบพัดโค้ง
หลังโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล,
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่