

โครงการการออกแบบและวิเคราะห์พัดลมเซนตริฟูกอลโดยใช้โปรแกรม CFX

Design & Analysis of Centrifugal Flow Fan Using CFX.

ชัยเอก สอนโพธิ์¹⁾, วีรศักดิ์ โฉมเชิด²⁾, อธิต สุภาจรรยาวัฒน์²⁾, จามร วงศ์สุขเสมอใจ²⁾
และ ผศ.ดร. วันชัย อัครภูมิติกุล²⁾

- 1) KRUGER VENTILATION INDUSTRIES (THAILAND) CO., LTD. นิคมอุตสาหกรรมสมุทรสาคร
2) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Email: wanchai.asv@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ Software ทำการ Simulation เพื่อใช้ทำนายสมรรถนะของพัดลม และวิเคราะห์ผลทางกายภาพที่เกิดขึ้นภายในพัดลมจากการทำ Simulation โดยผลการทดสอบที่ได้จากการทำ Numerical Simulation จะนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบพัดลมจริงของบริษัท Kruger Ventilation Ind. (Thailand) โดย AMCA Standard Test เพื่อเป็นการยืนยันผลการทำนายที่ได้จากการ Simulation โดยใช้โปรแกรม CFX ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับช่วยแก้ปัญหาในการคำนวณและวิเคราะห์ผลทางด้านพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics) สำหรับเครื่องจักรเทอร์โบ (Turbo Machinery) เป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในเรื่องของการช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์และออกแบบพัดลมแบบเซนตริฟูกอลทางด้านพลศาสตร์ของไหล โดยใช้เทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย พัดลมที่นำมาใช้ในการทดสอบของโครงการวิจัยนี้คือ พัดลมแบบเซนตริฟูกอลชนิด Backward Curve Blade ประกอบด้วยใบพัดจำนวน 11 ใบ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร โดยจากการทดสอบการทำงานของพัดลมนี้ที่ความเร็วรอบพัดลม 1800 รอบต่อนาทีและอัตราการไหล 0.7848 m³/s พัดลมสามารถสร้างความดันสถิตย (Static Pressure) ได้ 679.75 Pa ซึ่งเป็นจุดที่พัดลมมีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 58.99 %

จากการ Simulation โดยโปรแกรม CFX ที่สภาวะการทำงานเดียวกันสามารถสร้างความดันสถิตยได้ 772.9 Pa และพัดลมมีประสิทธิภาพการทำงาน 68.9 %

คำสำคัญ CFX, Fan Design, Centrifugal Fan, Computational Fluid Dynamics, Fan Test

1. บทนำ

การผลิตพัดลมเพื่องานอุตสาหกรรมถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญ สามารถผลิตและประกอบได้ภายในประเทศไทย การออกแบบใบพัดของพัดลมเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะทำให้การทำงานของพัดลมเป็นไปตามที่ต้องการ (เช่น ความดันอากาศของพัดลมที่สร้างขึ้น อัตราการไหลของอากาศ) โดยทั่วไปการออกแบบใบพัดจะต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญมากมาช่วยในการออกแบบเพื่อให้ได้สมรรถนะตามที่ต้องการ หลังจากที่ได้ทำการออกแบบรูปร่างของใบพัดแล้วจะ

ทำการผลิตพัดลมต้นแบบแล้วทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลที่ได้กับจุดที่ได้ออกแบบไว้ หากผลที่ได้มีความแตกต่างกันมากก็ต้องทำการปรับปรุงรูปร่างของใบพัดใหม่ และทำการผลิตพัดลมต้นแบบ ตลอดจนทดสอบยืนยันผลจนกว่าจะได้ผลที่ยอมรับได้ ซึ่งขบวนการนี้จะเสียค่าใช้จ่ายและเวลาในการทำอย่างมาก ปัจจุบันเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์สามารถทำการคำนวณที่รวดเร็วและค่าใช้จ่ายที่ต่ำลง การประยุกต์ใช้การคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD) ในเครื่องคอมพิวเตอร์จึงเป็นที่นิยมกันมากขึ้นโดยเฉพาะในทางอุตสาหกรรมที่ต้องมีการแข่งขันทั้งทางด้านค่าใช้จ่าย และเทคนิคการ

ผลิตที่ต้องผลิตของให้ทันกับความต้องการของตลาดในระยะเวลาที่จำกัด ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ซื้อลิขสิทธิ์โปรแกรมช่วยในการคำนวณพลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านใบพัดเครื่องจักรเทอร์โบ CFX เพื่อการศึกษา ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบใบพัดของพัดลมเซนตริฟูกอล จึงเป็นโอกาสดีที่จะฝึกให้นักศึกษาเข้าใจกระบวนการและขั้นตอนการออกแบบใบพัดของพัดลม โดยใช้ข้อมูลจากภาคอุตสาหกรรมโดยตรง เพื่อเป็นการเสริมทักษะและความเข้าใจถึงผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อสมรรถนะของพัดลมเซนตริฟูกอล อีกทั้งยังเป็นการเตรียมและสร้างบุคลากรให้มีความพร้อมสำหรับภาคอุตสาหกรรมที่จะเข้าไปช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์การออกแบบสำหรับพัดลมอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังเป็นการเสริมให้อุตสาหกรรมการผลิตพัดลมเพื่องานอุตสาหกรรมภายในประเทศมีความแข็งแกร่งมากขึ้นมีความสามารถที่ทัดเทียมหรือดีกว่าต่างประเทศ

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อฝึกฝนให้นักศึกษารู้จักการประยุกต์ นำความรู้ที่ศึกษามาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหาจริงที่เกิดขึ้นในทางอุตสาหกรรม ผลิตงานวิจัยและพัฒนาเบื้องต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกแบบปรับปรุงใบพัดของพัดลมสำหรับงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ประเทศไทยมีขีดความสามารถที่แข่งขันกับต่างประเทศได้ดี ซึ่งนำไปสู่การมีความร่วมมือที่ดีระหว่างสถาบันการศึกษา กับภาคอุตสาหกรรม

3. แนวทาง และขอบเขตของการศึกษา

โปรแกรมช่วยในการคำนวณพลศาสตร์ของไหล ที่ไหลผ่านใบพัดเครื่องจักรเทอร์โบ CFX ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้ผู้ใช้งานทำงานได้สะดวกและรวดเร็ว โดยผู้ใช้งานต้องมีความรู้เฉพาะเกี่ยวกับข้อมูลการออกแบบพัดลม ตลอดจนการวิเคราะห์ที่ได้ถือว่ามี ความสำคัญมาก ดังนั้นในช่วงแรกของการวิจัยจะเน้นที่

การทำความเข้าใจในส่วนของคุณสมบัติและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของพัดลมเซนตริฟูกอล และความเข้าใจในการใช้งานของโปรแกรม CFX เมื่อมีความเข้าใจในกระบวนการขั้นต้นแล้ว จะทำการส่งถ่ายข้อมูล การออกแบบใบพัดเซนตริฟูกอลที่ทางภาคอุตสาหกรรมจัดเตรียมไว้ เพื่อให้โปรแกรม CFX ทำการคำนวณและทำนายผล จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลอง เพื่อเป็นการยืนยันผลและทราบถึงความแม่นยำในการทำนายผลจากโปรแกรม CFX นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับนักศึกษาเกี่ยวกับการขบวนการออกแบบ การคำนวณ และการวิเคราะห์ผล ในขั้นตอนสุดท้ายจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการพัฒนา ปรับปรุงการทำงานของพัดลมให้ดีขึ้น โดยเฉพาะที่จุด Off-Design ว่ามีผลอย่างไรต่อสมรรถนะของใบพัดพัดลม เมื่อทำการพัฒนาปรับปรุงรูปร่างของใบพัดได้ตามที่ต้องการก็จะทำการเสนอผลการคำนวณ และการทำนายผลที่ได้ต่อภาคอุตสาหกรรม เพื่อพิจารณาหรือปรับปรุงแก้ไขจนกว่าจะได้ต้นแบบที่เหมาะสมเพื่อให้ทางภาคอุตสาหกรรมนำไปใช้ในการผลิตต่อไป

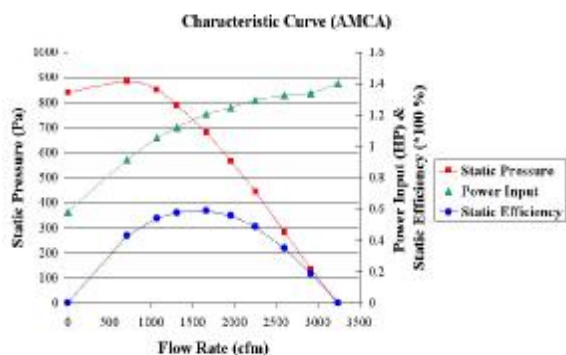
4. การศึกษาข้อมูลที่ได้รับมาจากภาคอุตสาหกรรม

พัดลมที่ได้นำมาทำโครงการวิจัยนี้ได้แก่ พัดลมแบบเซนตริฟูกอลชนิด Backward Curve Blade ประกอบด้วยใบพัด 11 ใบ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร จากบริษัท Kruger Ventilation Ind. (Thailand) จำกัด ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. พัฒนแบบเซนตริฟูกอลที่ใช้ในโครงการวิจัย

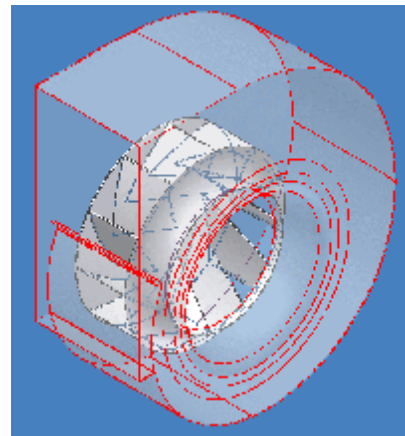
โดยมีผลจากการทดสอบจริงตามมาตรฐานโดย Air Movement and Control Association International, Inc. (AMCA) ดังนี้



รูปที่ 2. เส้นคุณลักษณะของพัฒนแบบเซนตริฟูกอลที่ได้จาก AMCA Standard

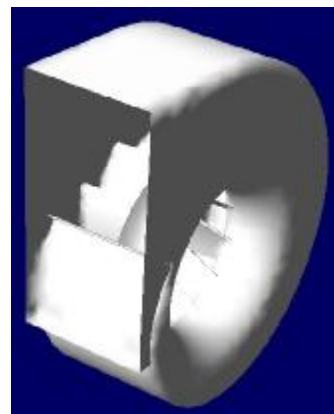
5. การทดสอบพัฒมโดยใช้โปรแกรม CFX

ก่อนที่การทำงานจะได้เริ่มขึ้นในส่วนของการกระบวนการ Pre-processing ทางทีมงานได้ศึกษาข้อมูลต้นแบบทาง Geometry ของพัฒมเซนตริฟูกอล และผลจากการทดสอบสมรรถนะจริงโดย AMCA Standard ที่ได้รับจากภาคอุตสาหกรรมไปสร้างรูปร่างของพัฒมโดยใช้โปรแกรมทางด้าน CAD ได้รูปร่างของพัฒมดังนี้



รูปที่ 3. พัฒนแบบเซนตริฟูกอลที่ได้จากการเขียนแบบโดยโปรแกรมทางด้าน CAD

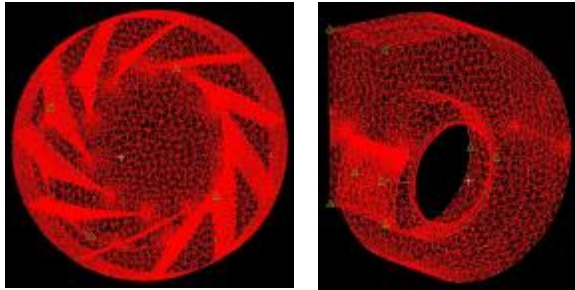
เมื่อได้รูปร่างจากการเขียนแบบโดยโปรแกรมทางด้าน CAD แล้ว ทำการ Export Data เข้าไปในโปรแกรม CFX จะได้รูปร่างของพัฒมแบบเซนตริฟูกอลดังรูปที่ 4.



รูปที่ 4. พัฒนแบบเซนตริฟูกอลที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรม CFX

ขั้นตอนต่อไปก็คือ การสร้าง Mesh ด้วยโปรแกรม CFX ซึ่ง Mesh นั้นมีความจำเป็นในการวิเคราะห์การไหลเนื่องจากเราใช้วิธี Finite Volume ในการวิเคราะห์การไหล ซึ่งเป็นกระบวนการการประยุกต์ใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลในเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือที่เรียกว่า CFD

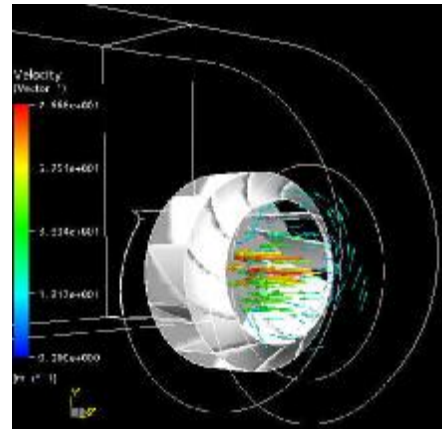
(Computational Fluid Dynamics) และนำผลของการคำนวณที่ได้มาวิเคราะห์ผล



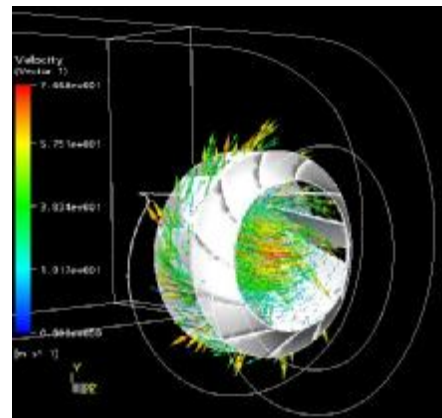
รูปที่ 5. Mesh ของพัดลมแบบเซนตริฟูกอล ที่ได้จากโปรแกรม CFX

สำหรับโครงสร้าง Mesh ของพัดลมแบบเซนตริฟูกอลตัวนี้ใช้จำนวน Node ประมาณ 40000 Node และจำนวน Element ประมาณ 190000 Element ซึ่งถือว่าค่อนข้างมีความละเอียดที่มากพอสมควร ทำให้ค่าของคำตอบที่ได้จะมีค่าความถูกต้องมาก แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบก็จะมากตามไปด้วย เมื่อเราได้รูปร่างของ Mesh ที่สมบูรณ์แล้ว ทำการ Export Mesh เพื่อเข้าสู่กระบวนการ Pre-processing ซึ่งเป็นกระบวนการเบื้องต้นในการคำนวณทาง CFD กระบวนการนี้เป็นการกำหนดค่า Boundary Condition ต่างๆ เช่น อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 0.858 kg/s ความเร็วรอบเฉลี่ยของพัดลมคือ 1800 รอบต่อนาที เป็นต้น หลังจากทำการกำหนดค่า Boundary Condition ต่างๆ เสร็จสิ้น จะเข้าสู่กระบวนการ Processing หรือกระบวนการหาคำตอบทาง Numerical เป็นกระบวนการในการคำนวณทาง CFD เพื่อหาผลลัพธ์จากโปรแกรม CFX ซึ่งกระบวนการนี้โปรแกรม CFX จะแสดงผลออกมาในหลายรูปแบบดังต่อไปนี้

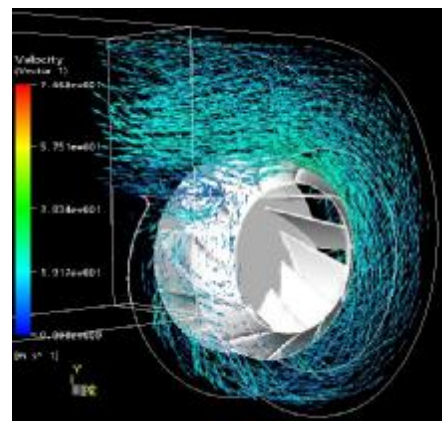
5.1 Vector Plot แสดงถึงเวกเตอร์ความเร็วของอากาศที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของพัดลมดังนี้



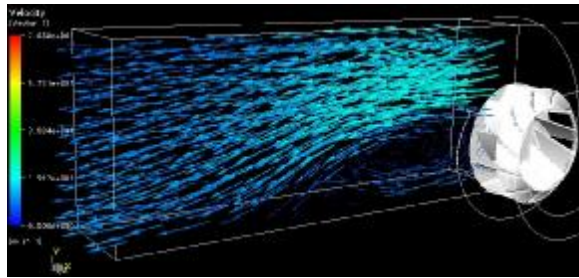
รูปที่ 6.เวกเตอร์ความเร็วที่เกิดขึ้นที่ทางเข้าของพัดลม



รูปที่ 7. เวกเตอร์ความเร็วที่เกิดขึ้นที่ใบพัด

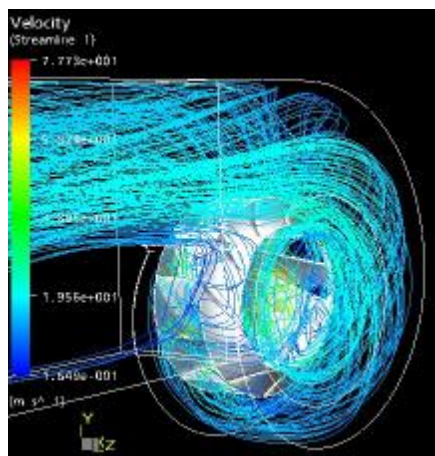


รูปที่ 8. เวกเตอร์ความเร็วที่เกิดขึ้นที่ Volute Casing

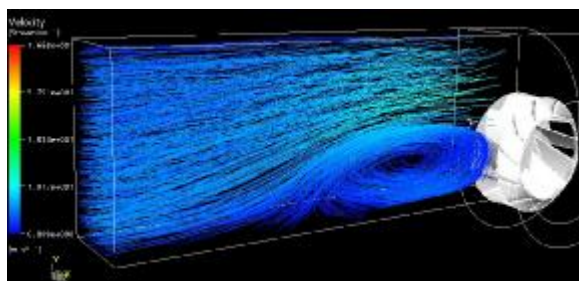


รูปที่ 9. เวกเตอร์ความเร็วที่เกิดขึ้นที่ท่อทางออกของพัดลม

5.2 Stream Line แสดงเส้นทางการไหลของของไหลที่เกิดขึ้นบนแต่ละส่วนของพัดลมดังนี้



รูปที่ 10. Stream Line ที่เกิดขึ้นที่ใบพัดและ Volute Casing



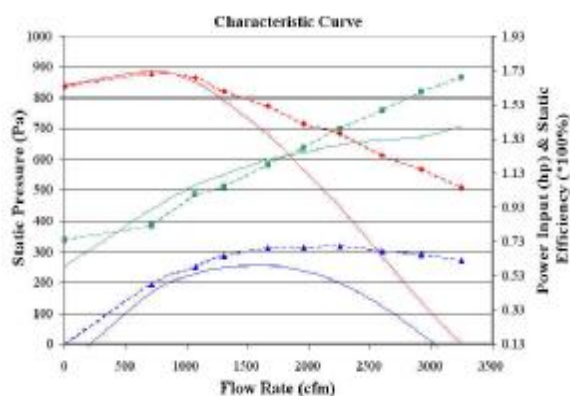
รูปที่ 11. Stream Line ที่เกิดขึ้นที่ท่อทางออกของพัดลม

ผลลัพธ์เหล่านี้เป็นเพียงผลลัพธ์ส่วนหนึ่งที่ได้จากกระบวนการ Post-processing จากโปรแกรม CFX ซึ่งทีมงานจะต้องนำผลลัพธ์ที่ได้เหล่านี้มาทำการวิเคราะห์ และนำไปทำการคำนวณทาง Numerical หาเส้นคุณลักษณะของพัดลมแบบเซนตริฟูกอลตัวนี้เพื่อนำไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบจริง หลังจากที่ทีมงานทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จาก Numerical Solution โดยโปรแกรม CFX พบว่าความดันที่ทางออกของพัดลม (Outlet Pressure) นั้นจะมีค่าที่ต่ำกว่าค่าความดันที่ทางออกที่ได้จากการทดสอบจริงมาก ทางทีมงานจึงร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นพบว่าสาเหตุนี้น่าจะเกิดจากการไหลวนของอากาศ (Swirl) ที่เกิดขึ้นบริเวณ Discharge ทำให้โปรไฟล์ของการไหลไม่เป็น Uniform Flow (ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 11) ส่งผลให้ค่าความดันทางออกที่ได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นจึงแก้ปัญหาโดยการติดตั้งท่อทางออก (Outlet Duct) บริเวณ Discharge และวัดค่าความดันที่ทางออก ณ ตำแหน่งทางออกของ Outlet Duct ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ไม่เกิดการไหลวนของอากาศ และมีโปรไฟล์การไหลของอากาศที่เป็น Uniform Flow แทนที่การวัดตรงตำแหน่งเดิม (ดังแสดงให้เห็นในรูปของ Vector Plot และ Stream line ข้างต้น) โดยอ้างอิงถึงหลักการของวิธีการทดสอบจริงตามมาตรฐาน ซึ่งจะทำการวัดความดัน ณ ตำแหน่งที่ไม่มีผลกระทบจากการเกิด Swirl

6. การเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการทดสอบจริงกับผลที่ได้จากการ Simulation

จากการเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการทดสอบจริงกับผลที่ได้จากการ Simulation โดยโปรแกรม CFX พบว่า ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันไปบางจุด โดยเฉพาะในช่วงที่อัตราการไหลมีปริมาณสูง (2000 cfm ขึ้นไป) จะเห็นค่าความแตกต่างได้ค่อนข้างชัดเจน ซึ่งทางทีมงานได้วิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวและได้ข้อสรุปว่า เป็นผลเนื่องจากการไหลวนของอากาศหรือ Swirl และการเกิด Secondary Flow กล่าวคือ

ในช่วงที่อัตราการไหลมีปริมาณสูง อัตราการไหลวนของอากาศก็จะสูง ส่งผลให้เกิด Secondary Flow สูงตามไปด้วย ดังนั้นผลที่ได้จากการ Simulation จึงมีค่าที่เบี่ยงเบนจากความเป็นจริง ส่วนในช่วงที่อัตราการไหลมีปริมาณน้อยๆ กราฟที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากผลกระทบจากการไหลวนของอากาศหรือ Swirl และการเกิด Secondary Flow มีค่าน้อย ซึ่งผลที่ได้จากการทำ Simulation เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบจริงเป็นดังนี้



รูปที่ 12. เส้นคุณลักษณะของพัดลมแบบเซนตริฟูกอลที่ได้จากโปรแกรม CFX (เส้นประ) เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบจริง (เส้นทึบ)

7. สรุปผลการทำวิจัย

โปรแกรม CFX เป็นโปรแกรมที่มีความเหมาะสมสำหรับการทำนายผลที่เกิดขึ้นใน Turbo Machinery แม้ว่าผลที่ได้จากการ Simulation นั้นจะแตกต่างกับผลที่ได้จากการทดสอบ แต่จุดเด่นของโปรแกรม CFX คือ สามารถแสดงปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้นได้อย่างเด่นชัด เช่น เส้นทางการไหลของของไหล ความเร็วของของไหลที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งต่างๆ ของโมเดลทดสอบ เป็นต้น ซึ่งทำให้เราสามารถคาดเดาปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ และทำให้ง่ายในการวิเคราะห์สำหรับการปรับปรุงแก้ไข Geometry ของโมเดลเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546 ที่มอบทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบริษัท Kruger Ventilation Ind (Thailand) จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์พัดลม รวมทั้งให้ความร่วมมือ คำแนะนำ และข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อโครงการงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Eck, B. Fans design and operation of centrifugal, axial-flow and cross-flow fans 1st English edition., Pergamon Press Inc., New York, 1973
- Lewis, R.I. Turbomachinery Performance Analysis, John Wiley and Sons Inc., New York, 1996
- Osborne, William C. FANS^{2nd} Edition (in SI/Metric Units), Pergamon Press Inc., New York, 1977
- Sayer, A.T. Hydraulic and compressible flow Turbomachine, McGRAW- Hill International Edition 1990 McGraw-Hill Book company (UK) Limited.
- Stepanoff, A.J. Turboblower, John Willy & Sons Inc., 1995
- Wright, T. Fluid Machinery, CRC Press LLC, 2000 N.W. Corporate Blvd., Boca Raton, Florida 33431