

พัฒนและเครื่องเป่าลม

1. บทนำ.....	1
2. ประเภทของพัฒนและเครื่องเป่าลม.....	5
3. การประเมินสมรรถภาพพัฒนและเครื่องเป่าลม.....	10
4. โอกาสในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	13
5. รายการตรวจสอบทางเลือก	18
6. ตารางงาน	19
7. เอกสารอ้างอิง	21

1. บทนำ

หัวข้อนี้จะอธิบายถึงรูปแบบหลักๆ ของพัฒนและเครื่องเป่าลม

1.1 พัฒนและเครื่องเป่าลมคืออะไร?

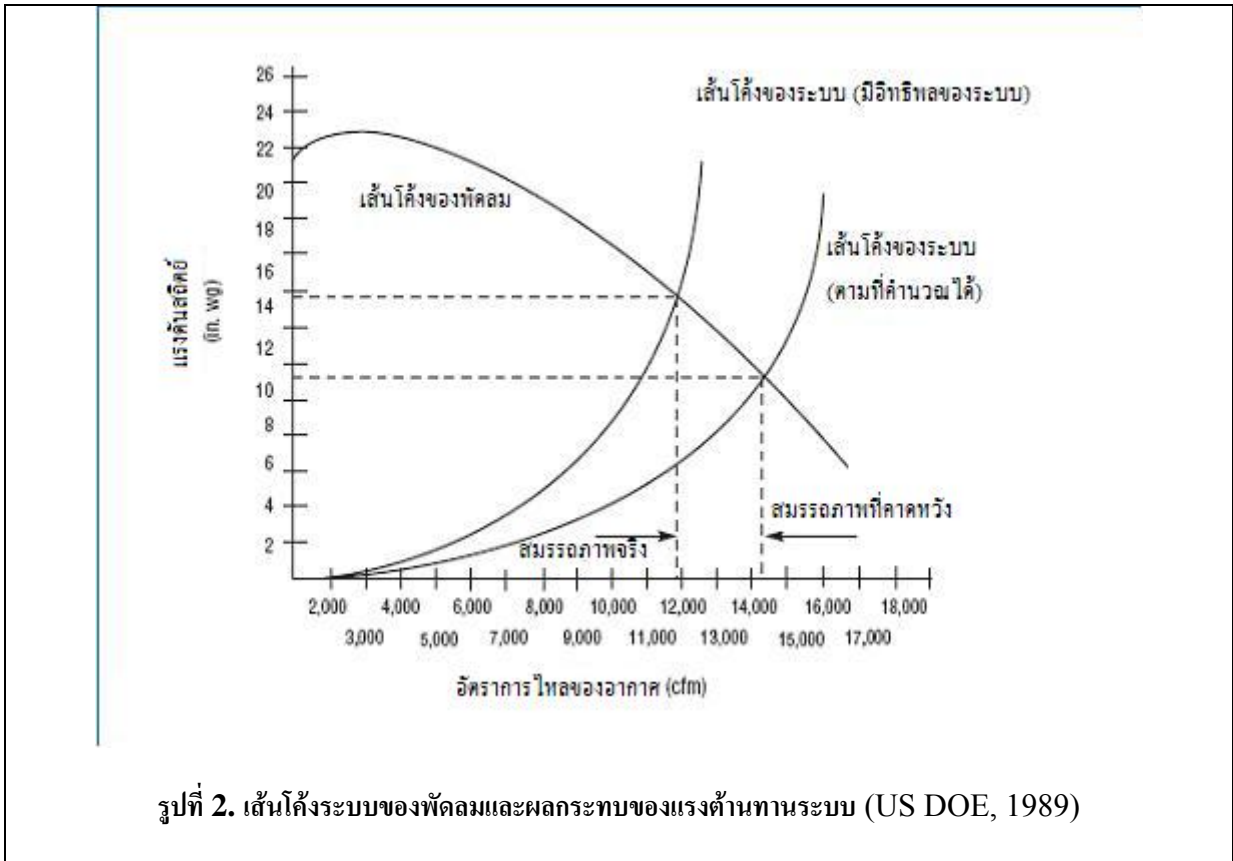
โรงงานผู้ผลิตสินค้าส่วนใหญ่จะใช้พัฒนและเครื่องเป่าลมสำหรับการระบายอากาศและกระบวนการอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งต้องการใช้การไหลของอากาศ ระบบพัฒนเป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาให้กระบวนการผลิตได้ทำงานตลอดเวลา โดยจะประกอบไปด้วยพัฒน มอเตอร์ไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อน ท่อลม อุปกรณ์ควบคุมการไหล และอุปกรณ์การปรับอากาศ (ไส้กรอง ขดลวดระบายความร้อน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอื่นๆ) ตัวอย่างของระบบแสดงไว้ในรูปที่ 1 กรมการพลังงานของสหรัฐอเมริกาได้ประมาณการไว้ว่า 15% ของไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมการผลิตของสหรัฐอเมริกานำมาใช้โดยมอเตอร์ ส่วนในภาคการค้านั้น ก็มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์พัฒน ซึ่งก็เป็นค่าใช้จ่ายในปริมาณมากเช่นเดียวกันสำหรับการปรับสภาพอากาศในพื้นที่ (US DOE, 1989)

พัฒน เครื่องเป่าลม และเครื่องอัดอากาศจะมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันโดยวิธีการเคลื่อนที่อากาศโดยแรงดันที่ใช้ในระบบ สมาคมวิศวกรเครื่องกลอเมริกัน (ASME) ได้ใช้คำอัตราส่วนเฉพาะ ซึ่งเป็นคำอัตราส่วนของแรงดันปล่อยต่อแรงดันดูดเข้า เพื่อจำแนกพัฒน เครื่องเป่าลม และเครื่องอัดอากาศ (ดูตารางที่ 1)

ตารางที่ 1: ความแตกต่างระหว่าง พัฒน เครื่องเป่าลม และ เครื่องอัดอากาศ (Ganasean)

อุปกรณ์	คำอัตราส่วนเฉพาะ	ความดันที่เพิ่มขึ้น (mmWg)
พัฒน	มากถึง 1.11	1136
เครื่องเป่าลม	1.11 ถึง 1.20	1136 –2066
เครื่องอัดอากาศ	มากกว่า 1.20	-

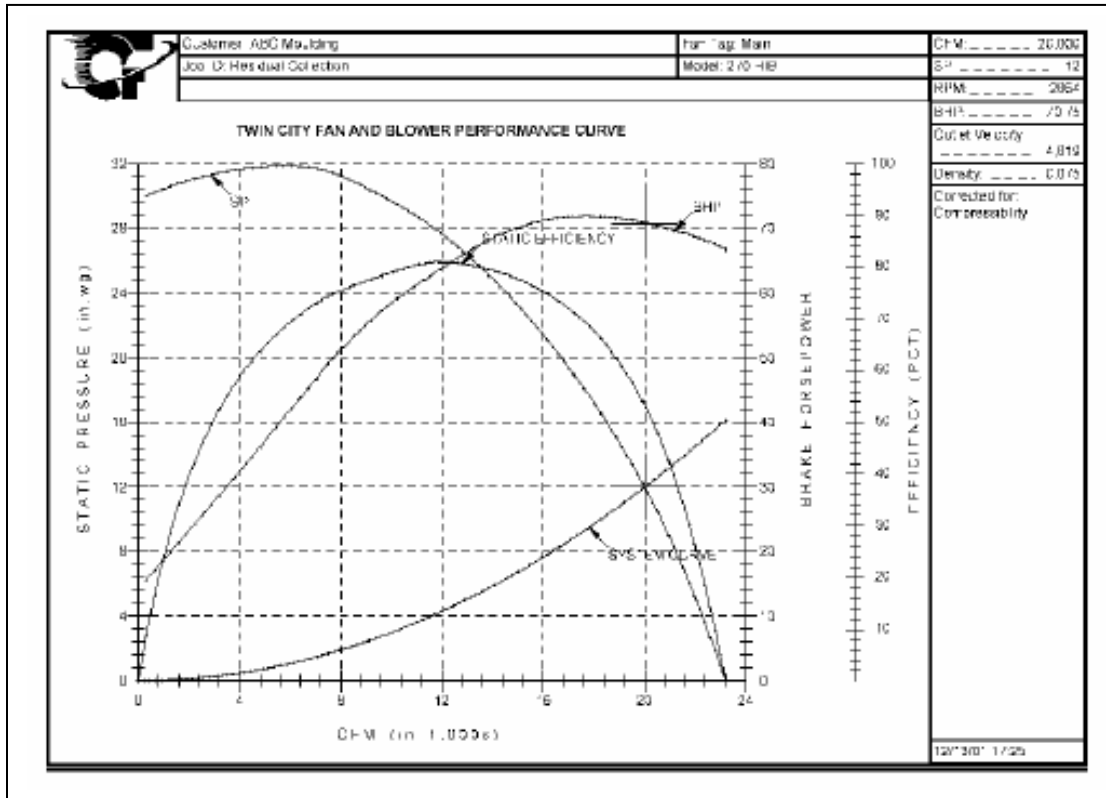
ในระบบที่มีการออกแบบไว้แล้ว แต่ยังไม่ได้สร้าง ก็จะต้องคำนวณแรงต้านทานระบบไว้ด้วย เส้นโค้งของแรงต้านทานระบบโดยทั่วไป (ดูรูปที่ 2) จะถูกสร้างขึ้นโดยใช้ค่าอัตราการไหลต่างๆ บนแกน X และค่าแรงต้านทานระบบบนแกน Y



1.2.2 คุณลักษณะของพัดลม

คุณลักษณะของพัดลมแสดงได้โดยการใช้เส้นโค้งของพัดลม ซึ่งเป็นเส้นโค้งแสดงสมรรถภาพของพัดลมภายใต้เงื่อนไขที่ตั้งขึ้นมาโดยเฉพาะ เส้นโค้งของพัดลมจะเป็นรูปภาพที่แสดงถึงปัจจัยต่างๆ ที่สัมพันธ์ต่อกัน โดยทั่วไปแล้วเส้นโค้งของระบบจะถึงสร้างขึ้นโดยใช้ชุดของเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งรวมถึงปริมาณของพัดลม แรงดันสถิตของระบบ ความเร็วพัดลม และกำลังแรงม้าเบรกที่ต้องการใช้ในการขับเคลื่อนพัดลมภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดมาให้ เส้นโค้งของพัดลมบางชนิดจะรวมถึงเส้นโค้งประสิทธิภาพด้วย ซึ่งจะทำให้รู้ว่าพัดลมจะทำงานตามเงื่อนไขที่เลือกมาให้ ณ จุดใดของเส้นโค้งพัดลม (ดูรูปที่ 3) จากหลายๆ เส้น ที่แสดงไว้ในรูปนั้น เส้นโค้งของแรงดันสถิต (SP) กับการไหล จะมีความสำคัญเป็นพิเศษ

จุดตัดระหว่างเส้นโค้งของระบบกับเส้นโค้งของแรงดันสถิตจะบอกถึงจุดปฏิบัติงาน เมื่อแรงต้านทานระบบเปลี่ยนแปลงไป จุดปฏิบัติงานก็จะเปลี่ยนไปด้วย ทันทีที่จุดปฏิบัติงานถูกกำหนดให้ไม่เปลี่ยนค่า ก็สามารถคำนวณค่ากำลังที่ต้องการได้ โดยดูตามเส้นในแนวดิ่งซึ่งจะผ่านจุดปฏิบัติการไปยังจุดตัดกับเส้นโค้งกำลัง (BHP) ส่วนเส้นในแนวนอนที่เขียนผ่านจุดตัดกับเส้นโค้งกำลัง จะนำไปสู่ค่ากำลังที่ต้องการบนแกนแนวดิ่ง เส้นโค้งต่างๆ ที่บรรยายไว้นี้จะแสดงเส้นโค้งประสิทธิภาพไว้ด้วย



รูปที่ 3. เส้นโค้งประสิทธิภาพของพัดลม (BEE India, 2004)

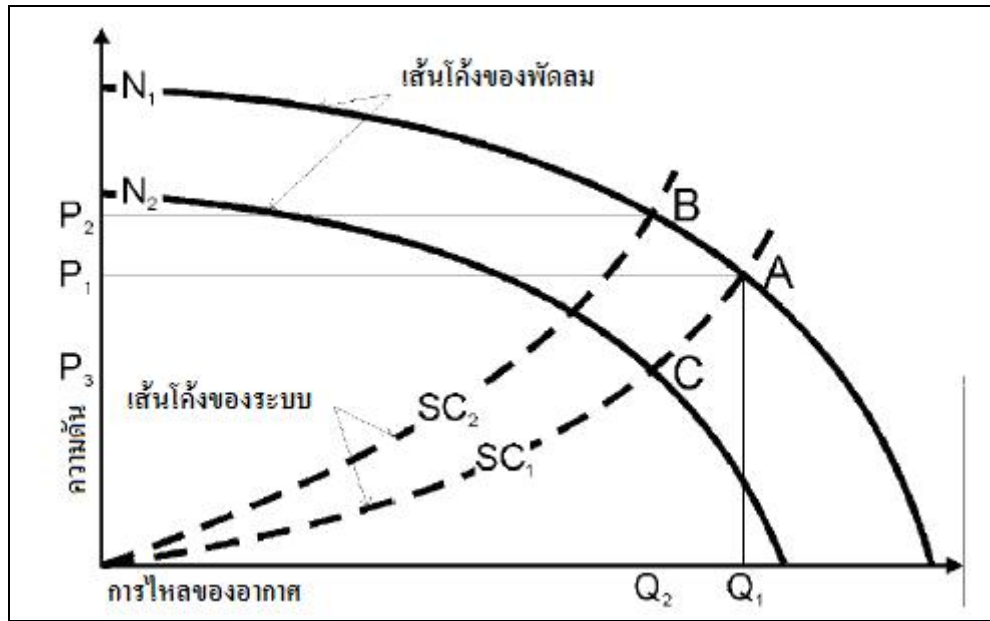
1.2.3 คุณลักษณะของระบบและเส้นโค้งของพัดลม

ในระบบพัดลมใดๆ แรงต้านทานการไหลของอากาศ (แรงดัน) จะเพิ่มขึ้นเมื่อการไหลของอากาศได้เพิ่มขึ้น ดังที่กล่าวมาแล้ว ค่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่ากำลังสองของการไหล และสามารถคำนวณแรงดันที่ต้องการโดยระบบในช่องของการไหลได้ และก็สามารถสร้างเส้นโค้งประสิทธิภาพของระบบได้ (ดังแสดงเป็นเส้นโค้ง SC) (ดูรูปที่ 4)

เส้นโค้งระบบนี้จะถูกเขียนลงบนเส้นโค้งของพัดลมได้ เพื่อแสดงจุดปฏิบัติงานที่แท้จริงของพัดลมที่จุด "A" ซึ่งเป็นจุดที่เส้นโค้งสองเส้น (N_1 และ SC_1) ตัดกัน จุดปฏิบัติงานนี้อยู่ที่ปริมาณการไหลของอากาศ Q_1 ที่ถูกส่งมาสวนกลับแรงดัน P_1 พัดลมจะทำงานตามสมรรถภาพที่กำหนดมาโดยผู้ผลิต ตามความเร็วพัดลมแต่ละค่า แผนภูมิสมรรถภาพของพัดลมจะแสดงเส้นโค้งสมรรถภาพของพัดลมตามค่าความเร็วต่างๆ ที่ความเร็วพัดลม N_1 นั้น พัดลมจะทำงานโดยมีสมรรถภาพตามเส้นโค้งสมรรถภาพ N_1 ดังแสดงในรูปที่ 4 จุดปฏิบัติงานที่แท้จริงของพัดลมบนเส้นโค้งนี้จะขึ้นอยู่กับแรงต้านทานของระบบคือ จุดปฏิบัติการของพัดลมที่ "A" ซึ่งก็คือคือการไหล (Q_1) ที่พบกับแรงดันต้าน (P_1)

การลดปริมาณการไหลจาก Q_1 ไปเป็น Q_2 สามารถทำได้โดย 2 วิธีการ

- วิธีแรก คือ การจำกัดการไหลบางส่วนโดยปิดตัวกันลมในระบบ การทำเช่นนั้น จะทำให้เกิดเส้นโค้งสมรรถภาพของระบบเส้นใหม่ขึ้น (SC_2) โดยจะต้องการใช้แรงดันมากกว่าสำหรับปริมาณการไหลค่าหนึ่งๆ พัดลมจะทำงานที่จุด "B" เพื่อให้ปริมาณการไหลของอากาศที่ลดลงนี้ (Q_2) ได้ไหลต้านกับแรงดันที่สูงกว่าคือ P_2
- วิธีที่สองก็คือ การลดการไหลของอากาศโดยลดความเร็วจาก N_1 ไปเป็น N_2 โดยเปิดตัวกันลมไว้ตลอด พัดลมจะทำงานที่จุด "C" เพื่อให้ได้ปริมาณการไหล Q_2 ที่เท่ากัน แต่ว่ามีแรงดันต่ำกว่าคือ P_3 ดังนั้น การลดความเร็วพัดลม จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการลดการไหลของอากาศ เนื่องจากต้องการใช้กำลังและพลังงานน้อยกว่า



รูปที่ 4. เส้นโค้งสมรรถภาพของพัดลม (BEE India, 2004)

1.2.4 กฎของพัดลม

พัดลมจะทำงานตามกฎซึ่งสามารถทำนายได้ โดยจะคำนึงถึงความเร็ว กำลัง และแรงดัน การเปลี่ยนแปลงความเร็ว (รอบต่อนาที หรือ RPM) ของพัดลมใดก็ตาม จะเปลี่ยนแปลงไปตามแรงดันและกำลังที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการทำงานด้วยความเร็วรอบใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 5

การไหล ∝ ความเร็ว	ความดัน ∝ (ความเร็ว) ²	กำลัง ∝ (ความเร็ว) ³
$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$	$\frac{SP_1}{SP_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$	$\frac{kW_1}{kW_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$
<p>การเปลี่ยน RPM จำนวน 10% จะลดหรือเพิ่มการเข้าเสียอากาศเป็นปริมาณ 10%</p>	<p>การเปลี่ยน RPM จำนวน 10% จะลดความดันสถิตย์ได้ 19% และการเพิ่ม RPM จำนวน 10% จะเพิ่มความดันสถิตย์ได้ 21%</p>	<p>การเพิ่ม RPM จำนวน 10% จะลดความต้องการใช้กำลังได้ 27% และการเพิ่ม RPM 10% จะเพิ่มความต้องการใช้กำลังได้ 33%</p>

โดยที่ Q - การไหล, SP - ความดันสถิตย์, kW - กำลัง และ N - ความเร็ว (RPM)

รูปที่ 5. ความเร็ว แรงดัน และกำลังของพัดลม (BEE India, 2004)

2. ประเภทของพัดลมและเครื่องเป่าลม

หัวข้อนี้จะอธิบายถึงพัดลมและเครื่องเป่าลมประเภทต่างๆ พอสังเขป

2.1 ประเภทของพัดลม

พัดลมมีอยู่สองประเภท พัดลมแบบแรงเหวี่ยงจะใช้วงล้อใบพัดที่หมุนเพื่อทำให้เกิดกระแสการไหลของอากาศ ส่วนพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนนั้นจะดึงอากาศให้เคลื่อนที่ไปตามแนวแกนของพัดลม

2.1.1 พัดลมแบบแรงเหวี่ยง

พัดลมแบบแรงเหวี่ยง (รูปที่ 6) จะเพิ่มความเร็วของกระแสลมโดยใช้การหมุนของวงล้อใบพัด ความเร็วจะเพิ่มมากขึ้นที่จุดปลายของใบพัด และจะถูกเปลี่ยนให้เป็นแรงดันพัดลมเหล่านี้ สามารถทำให้เกิดแรงดันสูงๆ ได้ ซึ่งก็ทำให้มีความเหมาะสมสำหรับสภาพการทำงานที่ลำบากได้ เช่น ระบบที่มีอุณหภูมิสูง มีความชื้นสูง กระแสลมสกปรก และมีการจัดการควบคุมวัสดุเป็นจำนวนมาก พัดลมแบบแรงเหวี่ยง จะถูกจำแนกออกตามรูปร่างของใบพัด ดังสรุปไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. คุณลักษณะของพัดลมแบบแรงเหวี่ยงชนิดต่างๆ (ดัดแปลงมาจาก US DOE, 1989)

ประเภทของพัดลมและใบพัด	ข้อดี	ข้อเสีย
พัดลมแบบแรงเหวี่ยงชนิดใบพัดตรงตามแนวรัศมี (รูปที่ 7)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ เหมาะสำหรับการใช้งานในแรงดันสถิตย์สูงและอุณหภูมิสูง (มากได้ถึง 1400 mmWC) ▪ มีการออกแบบที่ง่ายซึ่งสามารถติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเพื่อการใช้งานพิเศษต่างๆ ได้ ▪ สามารถทำงานเมื่อมีการไหลของอากาศน้อยๆ ได้โดยไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการสั่นสะเทือน ▪ มีความทนทานสูง ▪ มีประสิทธิภาพมากถึง 75% ▪ มีระยะห่างของการหมุนมาก ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการควบคุมจัดการวัสดุแข็งที่มีอยู่ในอากาศ (ฝุ่น เศษไม้ และเศษโลหะ) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ เหมาะสำหรับการใช้งานที่มีอัตราการไหลของอากาศปานกลาง
พัดลมแบบใบพัดโค้งหน้า (รูปที่ 8)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ สามารถเคลื่อนย้ายอากาศในปริมาณมากได้โดยใช้แรงดันค่อนข้างต่ำ ▪ มีขนาดค่อนข้างเล็ก ▪ มีเสียงดังน้อย (เนื่องจากมีความเร็วต่ำ) และเหมาะสำหรับการทำความร้อนในที่พักอาศัย การระบายอากาศ และการปรับอากาศ (HVAC) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ เหมาะสำหรับการใช้งานที่สะอาด แต่ไม่เหมาะกับการใช้งานที่มีแรงดันสูงและยากลำบาก ▪ ยากที่จะปรับปริมาณการทำงานได้อย่างถูกต้อง ▪ ต้องเลือกตัวขับอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้มอเตอร์ทำงานหนักเกินไป เนื่องจากเส้นโค้งกำลังจะเพิ่มขึ้นตามการไหลอย่างต่อเนื่อง ▪ มีประสิทธิภาพด้านพลังงานต่ำ (55-65%)
พัดลมแบบใบพัดโค้งกลับ (รูปที่ 9)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ สามารถทำงานโดยมีแรงดันสถิตย์เปลี่ยนแปลงได้ (เนื่องจากไม่ได้ทำให้มอเตอร์ทำงานหนักเกินไป) ▪ เหมาะสมกับระบบที่ไม่แน่ว่าจะมีการไหลที่มากหรือไม่ ▪ เหมาะสมกับการใช้งานที่มีกระแสลมบังคับ ▪ ใบพัดแบนมีความแข็งแรงมากกว่า ▪ ใบพัดโค้งมีประสิทธิภาพมากกว่า (มากกว่า 85%) ▪ พัดลมที่มีใบพัดแบบพวยกที่บางจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ไม่เหมาะกับการทำงานกับกระแสอากาศที่สกปรก (เนื่องจากรูปร่างของพัดลมจะทำให้เกิดการสะสมตัวของฝุ่น) ▪ ใบพัดแบบพวยกจะมีความมั่นคงน้อยกว่า เพราะว่าจะพังการพวยกมากเมื่อเกิดแรงยกโดยพัดแต่ละใบ ▪ ใบพัดแบบพวยกที่บางจะเกิดการกัดกร่อนได้

<p>รูปที่ 6. พัดลมแบบแรงเหวี่ยง (FanAir Company)</p>	<p>รูปที่ 7. พัดลมแบบแรงเหวี่ยงชนิดใบพัดตรงตามแนวรัศมี (Canadian Blower)</p>
<p>รูปที่ 8. พัดลมแบบใบโค้งหน้า (Canadian Blower)</p>	<p>รูปที่ 9. พัดลมแบบใบโค้งกลับหลัง (Canadian Blower)</p>

2.1.2 พัดลมแบบหมุนตามแนวแกน

พัดลมแบบหมุนตามแนวแกน (รูปที่ 10) จะดึงให้อากาศเคลื่อนที่ไปตามแนวแกนของพัดลม การทำงานของพัดลมเหล่านี้เปรียบเทียบกับได้กับใบพัดของเครื่องบิน ซึ่งใบพัดของเครื่องบินจะสร้างแรงยกตามหลักกลศาสตร์ของไหลโดยสร้างแรงกดอากาศ พัดลมแบบนี้เป็นที่นิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรมเพราะว่ามีราคาไม่แพง มีขนาดกระทัดรัด และมีน้ำหนักเบา รูปแบบหลักๆ ของพัดลมแบบแนวแกน (ใบพัดขับเคลื่อนธรรมดา, แบบหัวเพลลาใหญ่ และแบบครีป) ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3

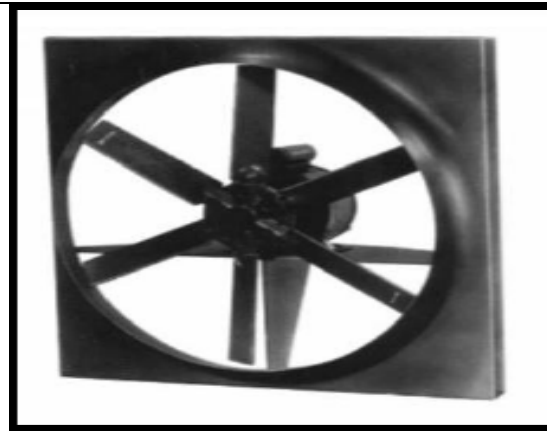
ตารางที่ 3. คุณลักษณะของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนชนิดต่างๆ (ดัดแปลงมาจาก US DOE, 1989)

ประเภทของพัดลม	ข้อดี	ข้อเสีย
แบบใบพัดธรรมดา (รูปที่ 11)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ผลิตระแสอากาศไหลได้มากโดยใช้แรงดันต่ำ ▪ ไม่รวมตัวกับโครงข่ายท่อที่หนาแน่น (เพราะมีแรงดันเพียงเล็กน้อย) ▪ มีราคาไม่แพงเพราะว่ามีกรก่อสร้างที่ง่าย ▪ มีประสิทธิภาพสูงสุด แทบจะไม่ต้องเสียอะไรในการนำส่ง และมักถูกนำมาใช้ในการระบายอากาศจากบนหลังคา ▪ สามารถสร้างการไหลย้อนกลับได้ ซึ่งจะมีประโยชน์ในการใช้งานด้านระบายอากาศ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ มีประสิทธิภาพด้านพลังงานค่อนข้างต่ำ ▪ ค่อนข้างเสียงดัง

ประเภทของพัดลม	ข้อดี	ข้อเสีย
แบบหัวเพลาลูกใหญ่ จะเป็นใบพัดแบบติดตั้งภายในถังทรงกระบอก (รูปที่ 12)	<ul style="list-style-type: none"> มีแรงดันสูง และมีประสิทธิภาพในการทำงาน มากกว่าพัดลมแบบใบพัดธรรมดา เหมาะกับการใช้งานที่มีแรงดันปานกลาง มีอัตราการไหลของอากาศสูง เช่น การติดตั้งท่อลม สามารถเร่งอัตราการความเร็วได้อย่างรวดเร็ว (เพราะมีมวลในการหมุนน้อย) และสร้างการไหลย้อนกลับได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการระบายอากาศ สามารถสร้างแรงดันได้เพียงพอที่จะเอาชนะการสูญเสียภายในท่อได้ และค่อนข้างมีประสิทธิภาพด้านพื้นที่ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการระบายไอเสีย 	<ul style="list-style-type: none"> ค่อนข้างแพง มีเสียงดังปานกลาง มีประสิทธิภาพด้านพลังงานค่อนข้างต่ำ (65%)
แบบครีป (รูปที่ 13)	<ul style="list-style-type: none"> เหมาะสำหรับการใช้งานที่มีแรงดันปานกลางถึงแรงดันสูง (มากได้ถึง 500 mm WC) เช่น กระแสลมเหนียวน้ำ สำหรับการระบายไอเสียในหม้อไอน้ำ สามารถเร่งอัตราการความเร็วได้อย่างรวดเร็ว (เพราะมีมวลในการหมุนน้อย) และสร้างการไหลย้อนกลับได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการระบายอากาศ เหมาะสำหรับการเชื่อมต่อกับเพลามอเตอร์โดยตรง มีประสิทธิภาพด้านพลังงานมากที่สุด (มากถึง 85% ถ้าติดตั้งกับพัดลมแบบพวย และมีระยะห่างการหมุนน้อยๆ) 	<ul style="list-style-type: none"> มีราคาค่อนข้างแพง เมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมแบบใบพัดธรรมดา



รูปที่ 10. พัดลมแบบหมุนตามแนวแกน (NISCO)



รูปที่ 11. แบบใบพัดธรรมดา (FanAir Company)



รูปที่ 12. ใบพัดลมแบบหัวเพลาลูกใหญ่ (NISCO)



รูปที่ 13. ใบพัดลมแบบครีป (NISCO)

2.2 ประเภทของเครื่องเป่าลม

เครื่องเป่าลมสามารถสร้างแรงดันได้มากกว่าพัดลม ซึ่งอาจสูงได้ถึง 1.2 กก/ ซม. (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) โดยจะถูกใช้ ในการสร้างแรงดันลบสำหรับระบบสุญญากาศในภาคอุตสาหกรรม เครื่องเป่าลมแบบแรงเหวี่ยง และ เครื่องเป่าลมแบบ แทนที่ จะเป็น 2 ประเภทหลัก ซึ่งได้อธิบายดังต่อไปนี้²

2.2.1 เครื่องเป่าลมแบบแรงเหวี่ยง

เครื่องเป่าลมแบบแรงเหวี่ยง จะมีลักษณะคล้ายกับเครื่องสูบลมแบบแรงเหวี่ยงมากกว่าพัดลม เครื่องผลักดันจะเป็นแบบ ขับเคลื่อนด้วยฟันเฟืองและหมุนได้เร็วถึง 15,000 รอบต่อนาที ในเครื่องเป่าลมแบบหลายชั้นตอนนั้น อากาศจะถูกเร่งใน ขณะที่ผ่านมาเข้าไปในเครื่องผลักดันแต่ละเครื่อง ส่วนในเครื่องเป่าลมแบบชั้นตอนเดียว อากาศจะไม่ถูกทำให้หมุนหลายๆ รอบ ดังนั้น จึงมีประสิทธิภาพมากกว่า

โดยปกติแล้วเครื่องเป่าลมแบบแรงเหวี่ยงจะทำงานด้านแรงดันที่มีค่าระหว่าง 0.35 ถึง 0.70 กก/ ซม.² แต่อาจมีแรงดัน มากกว่านี้ได้ คุณลักษณะอย่างหนึ่งก็คือ กระแสไหลของอากาศมีแนวโน้มที่จะตกอย่างมากในขณะที่แรงดันของระบบ เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นข้อเสียในระบบของการขนถ่ายวัสดุ โดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่คงที่ ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้เครื่องเป่า ลมมากในการทำงานที่แนวโน้มว่าจะเกิดการอุดตันได้



รูปที่ 14. เครื่องเป่าลมแบบแรงเหวี่ยง (FanAir Company)

2.2.2 เครื่องเป่าลมแบบแทนที่

เครื่องเป่าลมแบบแทนที่จะมีใบพัดหมุน ซึ่งจะ “ดัก” อากาศ แล้วดันอากาศเข้าไปในตัวโครง เครื่องเป่าลมชนิดนี้จะให้ ปริมาณอากาศที่คงที่ แม้ว่าแรงดันของระบบจะเปลี่ยนไป และมีความเหมาะสมกับการใช้งาน ที่มีแนวโน้มที่จะเกิดการอุดตัน เนื่องจากเครื่องเป่าลมนี้สามารถสร้างแรงดันได้เพียงพอ (โดยปกติแล้ว มีค่าได้ถึง 1.25 กก/ ซม.²) เพื่อเป่าวัสดุที่อุดตัน ให้หลุดออกไป เครื่องเป่าลมชนิดนี้มีการหมุนช้ากว่าเครื่องเป่าลมแบบแรงเหวี่ยง (เช่น 3,600 รอบต่อนาที) และมักจะใช้ สายพานขับเคลื่อนเพื่อช่วยในการเปลี่ยนความเร็ว

² หัวข้อ 2.2 นี้ มีพื้นฐานมาจาก *Energy Efficiency Guide Book* (2004), บทที่ 5, หน้า 93-112, โดยได้รับอนุญาตจาก the Bureau of Energy Efficiency, Government of India

3. การประเมินสมรรถภาพของพัดลมและเครื่องเป่าลม

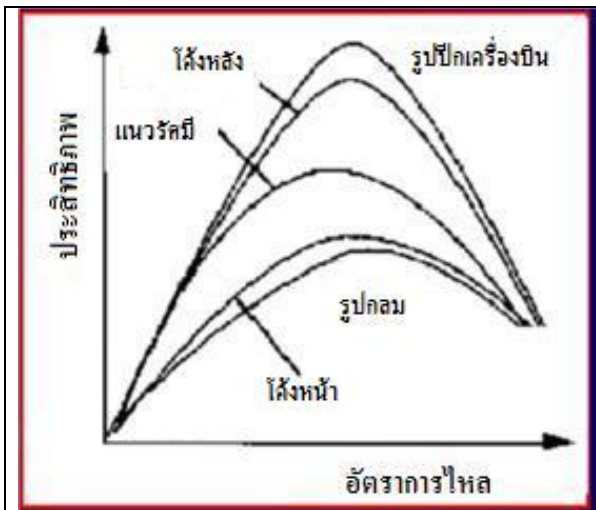
หัวข้อนี้จะอธิบายถึงการประเมินสมรรถภาพของพัดลมแต่ก็สามารถนำไปใช้เครื่องเป่าลมได้ด้วย³

3.1 ประสิทธิภาพ / สมรรถภาพ ของพัดลมคืออะไร?

ประสิทธิภาพของพัดลม คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังที่ถ่ายเทให้กับกระแสลมและกำลังที่ผลิตออกมาได้โดยมอเตอร์ไปให้แก่พัดลม กำลังของการไหลของอากาศเป็นผลิตภัณฑ์ของแรงดันและการไหลและถูกปรับค่าสำหรับความต่อเนื่องของหน่วยการวัด

อีกความหมายหนึ่งของประสิทธิภาพซึ่งนำมาใช้กับพัดลมอยู่เสมอก็คือ ประสิทธิภาพสถิตย์ ซึ่งใช้ค่าแรงดันสถิตย์แทนที่จะใช้แรงดันรวมทั้งหมดในการประมาณค่าประสิทธิภาพ เมื่อจะทำการประเมินสมรรถภาพของพัดลม การรู้และเข้าใจในความหมายของประสิทธิภาพที่ใช้อยู่จึงเป็นสิ่งสำคัญ

ประสิทธิภาพของพัดลมจะขึ้นอยู่กับประเภทของพัดลมและเครื่องผลักดัน ในขณะที่อัตราการไหลเพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นด้วยเพื่อให้แน่ใจว่ามีประสิทธิภาพสูง (สูงสุด) จากนั้นก็จะลดลงเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นต่อไปอีก (ดูรูปที่ 15) ช่วงของค่าประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับพัดลมแบบแรงเหวี่ยงและพัดลมแบบหมุนตามแนวแกน ได้แสดงไว้แล้วในตารางที่ 4



รูปที่ 14. ประสิทธิภาพ กับ อัตราการไหล (BEE India, 2004)

ชนิดของพัดลม	ช่วงประสิทธิภาพสูงสุด
พัดลมแบบแรงเหวี่ยง	
รูปปีกเครื่องบิน โด้งหลัง / แบบเอียง	79-83
คัตเปอเลในแนวรัศมี	72-79
แนวรัศมี	69-75
เครื่องเป่าแรงดัน	58-68
โด้งหน้า	60-65
พัดลมแบบหมุนตามแนวแกน	
แกนใบพัด	78-85
แกนท่อ	67-72
ใบพัดจับดิน	45-50

ตารางที่ 4. ประสิทธิภาพของพัดลมชนิดต่างๆ (BEE India, 2004)

โดยปกติแล้ว สมรรถภาพของพัดลมจะถูกประมาณโดยการใช้แผนภาพซึ่งแสดงแรงดันต่างๆ ที่สร้างขึ้นโดยพัดลมและค่ากำลังที่ต้องการสอดคล้องกัน ผู้ผลิตมักจะให้เส้นโค้งสมรรถภาพมาด้วย การเข้าใจความสัมพันธ์นี้เป็นสิ่งจำเป็นในการออกแบบ การจัดหาและการใช้งานระบบพัดลม และยังเป็นกุญแจสำคัญในการที่จะเลือกพัดลมที่สร้างประโยชน์ได้สูงสุด

³ หัวข้อ 3 นี้ มีพื้นฐานมาจาก *Energy Efficiency Guide Book* (2004), บทที่ 5, หน้า 93-112, โดยได้รับอนุญาตจาก the Bureau of Energy Efficiency, Government of India

3.2 วิธีการประเมินสมรรถภาพของพัดลม

ก่อนที่จะคำนวณค่าประสิทธิภาพของพัดลม จะต้องทำการวัดค่าของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานเสียก่อน โดยจะรวมถึง ค่าอัตราความเร็วของลม ค่าความดันเนื่องจากน้ำหนักของน้ำ อุณหภูมิของกระแสลมที่ด้านข้างของพัดลม และค่ากำลังกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งจะมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ทั้งนี้ การที่จะทำให้มีรูปแบบการปฏิบัติงานที่ถูกต้องนั้น จะต้องทำให้แน่ใจว่า

- พัดลมและส่วนประกอบอื่นๆ ของพัดลมนั้น มีการทำงานอย่างเหมาะสม โดยมีความเร็วตามค่าที่ตั้งไว้
 - พัดลมมีการทำงานอย่างสม่ำเสมอ กล่าวคือ มีอุณหภูมิคงที่ มีความหนาแน่นคงที่ มีแรงต้านทานระบบคงที่ และอื่นๆ
- การคำนวณค่าประสิทธิภาพของพัดลม สามารถอธิบายได้อยู่ 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1: คำนวณค่าความหนาแน่นของก๊าซ

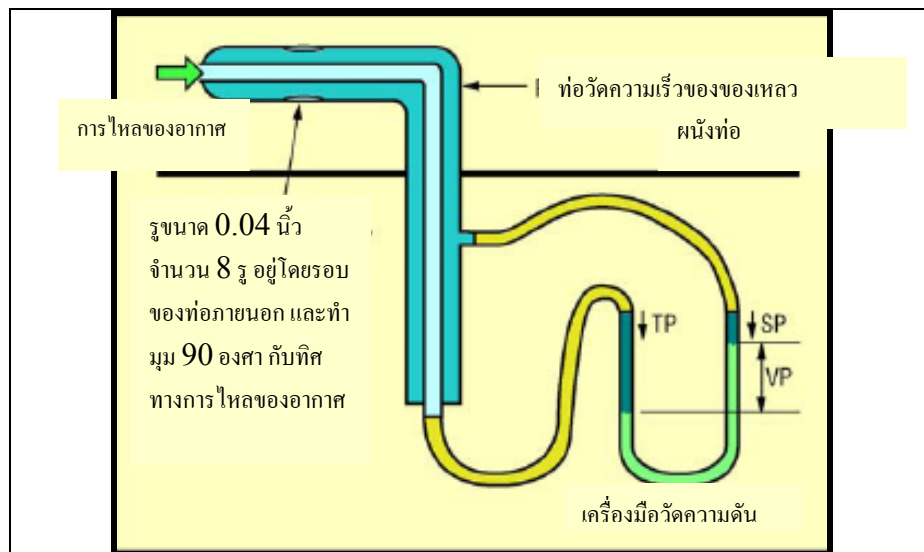
ขั้นตอนแรกก็คือ การคำนวณค่าความหนาแน่นของอากาศหรือก๊าซ โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\text{ความหนาแน่นของอากาศหรือก๊าซ (y)} = \frac{273 \times 1.293}{273 + t \text{ } ^\circ\text{C}}$$

โดยที่ $t \text{ } ^\circ\text{C}$ = อุณหภูมิของอากาศหรือก๊าซตามสภาวะของตำแหน่งที่ตั้ง

ขั้นตอนที่ 2: คำนวณค่าอัตราความเร็วของอากาศ และค่าอัตราความเร็วเฉลี่ยของอากาศ

ค่าอัตราความเร็วของอากาศจะถูกวัดโดยใช้ท่อวัดความเร็วของของเหลว และเครื่องมือวัดความดันหรือเครื่องส่งสัญญาณตรวจจับการไหล (เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความดันแตกต่างกัน) หรือจะใช้เครื่องมือวัดอัตราความเร็วของลมก็ได้ รูปที่ 15 แสดงให้เห็นถึงวิธีการวัดความดันเคลื่อนที่โดยใช้ท่อวัดความเร็วของของเหลวและใช้เครื่องมือวัดความดัน ค่าความดันรวมจะถูกวัดโดยใช้ท่อภายในของท่อวัดความเร็วของของเหลว และค่าความดันสถิตย์จะถูกวัดโดยใช้ท่อภายนอกของท่อวัดความเร็วของของเหลว เมื่อส่วนปลายของทั้งท่อภายในและท่อภายนอกถูกเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องมือวัดความดันแล้ว เราก็จะได้ค่าความดันเคลื่อนที่ (ซึ่งก็คือค่าความแตกต่างระหว่างค่าความดันรวมและค่าความดันสถิตย์) การวัดแรงดันซึ่งมีความเร็วน้อยกว่า นั้น มักจะนิยมให้ใช้เครื่องมือวัดความดันที่มีท่อเอียง แทนที่จะใช้เครื่องมือวัดความดันที่มีท่อปัดวู ถ้าต้องการคำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับเครื่องมือวัดความดัน ให้ไปดูได้ที่บทที่มีเนื้อหาของเรื่อง อุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบ



รูปที่ 16 การวัดแรงดันเคลื่อนที่โดยใช้ท่อวัดความเร็วของของเหลว (BEE India, 2004)

เครื่องมือที่ใช้พลังงานไฟฟ้า: พัดลมและเครื่องเป่าลม

คำนวณค่าอัตราความเร็วเฉลี่ยของอากาศโดยนำค่าของความดันเคลื่อนที่ ซึ่งจะอ่านได้จากส่วนหน้าตัดขวางของท่อ โดยใช้สมการต่อไปนี้ (หมายเหตุ: อย่างนำค่าความดันเคลื่อนที่ที่หาค่าเฉลี่ย แต่ให้หาค่าเฉลี่ยของอัตราเร็ว!)

$$\text{Velocity } v, \text{ m/s} = \frac{C_p \times \sqrt{2 \times 9.81 \times \Delta p \times \gamma}}{\gamma}$$

โดยที่:

C_p = ค่าคงที่ของท่อวัดความเร็วของของเหลว คือ 0.85 (หรือ) ตามที่กำหนดมาให้โดยผู้ผลิต

Δp = ค่าความดันแตกต่างเฉลี่ย ที่วัดได้จากท่อวัดความเร็วของของเหลว โดยทำการวัดค่าที่จุดต่างๆ ทั่วทั้งส่วนหน้าตัดขวางของท่อ

γ = ค่าความหนาแน่นของอากาศ / ก๊าซ ณ สภาวะของการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3: คำนวณปริมาตรของการไหล

ขั้นตอนที่สามก็คือ การคำนวณปริมาตรของการไหล ดังนี้

- ใช้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (หรือใช้ความยาวของเส้นรอบวง เพื่อนำมาประมาณค่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง).
- คำนวณปริมาตรของอากาศ / ก๊าซ ภายในท่อ โดยใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\text{Volumetric flow } (Q), \text{ m}^3 / \text{sec} = \text{Velocity}, V (\text{m/sec}) \times \text{Area } (\text{m}^2)$$

ขั้นตอนที่ 4: วัดค่ากำลังของมอเตอร์ขับ

ทำการวัดค่ากำลังของมอเตอร์ขับ (กิโลวัตต์) ได้โดยการใช้เครื่องมือวิเคราะห์น้ำหนักบรรทุก และเมื่อนำค่าที่ได้ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์นี้ไปคูณกับค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ ก็จะได้ค่ากำลังเพลลาของพัดลม

ขั้นตอนที่ 5: คำนวณค่าประสิทธิภาพของพัดลม

ในขั้นตอนนี้ จะสามารถคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงกล และประสิทธิภาพเชิงสถิตย์ของพัดลมได้ ดังต่อไปนี้

a). ประสิทธิภาพเชิงกล :

$$\text{Fan Mechanical Efficiency } (\eta_{\text{mechanical}}), \% = \frac{\text{Volume in m}^3 / \text{sec} * \Delta p (\text{total pressure}) \text{ in mmWC}}{102 * \text{power input to fan shaft in kW}} \times 100$$

b) ประสิทธิภาพเชิงสถิตย์ ซึ่งจะมีค่าคงที่ โดยมีข้อยกเว้นว่า จะไม่นำค่าความดันเคลื่อนที่ ณ ช่องทางออก มารวมเข้ากับค่าความดันสถิตย์ของพัดลม :

$$\text{Fan Static Efficiency } (\eta_{\text{static}}), \% = \frac{\text{Volume in m}^3 / \text{sec} * \Delta p (\text{static pressure}) \text{ in mmWC}}{102 * \text{power input to fan shaft in kW}} \times 100$$

3.3 อุปสรรคของการประเมินสมรรถภาพของพัดลมและเครื่องเป่าลม

ในทางปฏิบัติก็จะต้องพบกับอุปสรรคต่างๆ ในขณะที่ทำการประเมินสมรรถภาพของพัดลมและเครื่องเป่าลม ซึ่งอุปสรรคบางอย่างก็อธิบายได้ดังนี้

- **การที่ไม่มีข้อมูลจำเพาะของพัดลม** ข้อมูลจำเพาะของพัดลม (คู่มือการใช้งาน 1) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการประเมินสมรรถภาพของพัดลม ส่วนใหญ่แล้ว ในภาคอุตสาหกรรมจะไม่มีกรเก็บข้อมูลเหล่านี้อย่างเป็นทางการ หรือไม่มีข้อมูลเหล่านี้เลย ในกรณีเช่นนี้ จะไม่สามารถประมาณค่าเปอร์เซ็นต์ของปริมาณงาน (โหลด) การไหลหรือแรงดันได้อย่างน่าพอใจ ข้อมูลจำเพาะของพัดลมนี้ควรถูกนำมาจากโรงงานผู้ผลิต (OEM) และเก็บบันทึกข้อมูลไว้
- **อุปสรรคในการวัดค่าอัตราเร็ว** การวัดค่าอัตราเร็วที่แท้จริงจะกลายเป็นงานที่ยากลำบากในการประเมินสมรรถภาพของพัดลม ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการยากที่จะจัดให้ท่อหันไปทั้งสองทิศทาง ถ้าเป็นเช่นนี้แล้วก็จะสามารถวัดค่าอัตราเร็วได้ที่จุดศูนย์กลางของท่อแล้วปรับแก้โดยการคูณด้วยค่าตัวประกอบ 0.9
- **การสอบเทียบที่ไม่เหมาะสมแก่เครื่องมือวัดอัตราของของเหลว เครื่องมือวัดความดัน เครื่องมือวัดความเร็วลม และเครื่องมือวัดอื่นๆ** อุปกรณ์ทั้งหมดนี้และอุปกรณ์วัดกำลังอื่นๆ ควรจะได้รับการสอบเทียบอย่างถูกต้องเพื่อหลีกเลี่ยงการวัดค่าต่างๆ ที่ไม่ถูกต้อง ระหว่างการประเมินสมรรถภาพของพัดลม และเครื่องเป่าลมนั้น การประเมินควรจะดำเนินไปโดยใช้ค่าตัวคูณเพื่อปรับแก้ไขให้สอดคล้องกับความคลาดเคลื่อนต่างๆ เหล่านี้
- **การผันแปรของปัจจัยต่างๆ ของกระบวนการในระหว่างการทดสอบ** ถ้าปัจจัยต่างๆ ของกระบวนการ มีการแปรผันมากๆ ระหว่างการวัดค่าในการทดสอบ การประเมินสมรรถภาพครั้งนั้นก็จะไม่น่าเชื่อถือ

4. โอกาสในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

หัวข้อนี้จะอธิบายถึงโอกาสที่สำคัญที่สุดในการใช้พัดลมและเครื่องเป่าลมอย่างมีประสิทธิภาพด้านพลังงาน

4.1 เลือกใช้พัดลมที่ถูกต้อง

ข้อควรคำนึงในการเลือกใช้พัดลม ได้แก่ (US DOE, 1989)

- เสีย
- ความเร็วในการหมุน
- คุณลักษณะของกระแสอากาศ
- ช่วงอุณหภูมิ
- การเปลี่ยนแปลงของสภาพของการทำงาน
- ข้อจำกัดของพื้นที่และการจัดวาง
- ค่าใช้จ่ายในการซื้อ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (คิดจากประสิทธิภาพและการบำรุงรักษา) และอายุการใช้งาน

แต่กฎที่ว่า ไปนี้ จำเป็นจะต้องรู้ว่า การที่จะปรับปรุงและเพิ่มสมรรถภาพของระบบพัดลมได้นั้น ผู้ออกแบบและผู้ควบคุมเครื่องจะต้องมีความเข้าใจในหน้าที่ของส่วนประกอบอื่นๆ ในระบบด้วยเช่นกัน วิธีการ “เข้าถึงระบบ” จำเป็นต้องรู้ปฏิกริยาระหว่างพัดลม อุปกรณ์ที่สนับสนุนการทำงานของพัดลม และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ให้บริการจากพัดลม การใช้วิธีการแบบ “เข้าถึงระบบ” ในการเลือกใช้พัดลมนี้จะส่งผลให้ได้ระบบที่เจียบ มีประสิทธิภาพมากกว่า และเชื่อถือได้มากกว่า

ปัญหาที่พบได้อยู่เสมอได้แก่ การที่บริษัทซื้อพัดลมที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าความต้องการใช้งานพัดลมเหล่านั้น จึงไม่ได้ทำงานที่จุดประสิทธิภาพสูงสุด (BEP) และในกรณีที่เลวร้ายมาๆ ก็คือ พัดลมจะทำงานไม่สม่ำเสมอ เพราะว่ามีจุดการทำงานของพัดลมอยู่บนเส้นโค้งของการไหลของอากาศ-แรงดัน พัดลมที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะสร้างพลังงานในการไหลมากเกินไป ส่งผลให้การไหลของอากาศมีเสียงดัง และเพิ่มแรงเค้นให้กับพัดลมและระบบ ผลที่ตามมาก็คือ พัดลมที่มีขนาดใหญ่เกินไปนั้น ไม่เพียงแต่จะมีค่าใช้จ่ายมากกว่าในการซื้อหา และการใช้งานเท่านั้น ยังจะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสมรรถภาพของระบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ ทางแก้ปัญหาก็เป็นไปได้นั่นจะรวมถึง การเปลี่ยนทดแทนพัดลม การเปลี่ยนทดแทนมอเตอร์ หรือการนำมอเตอร์ซึ่งมีตัวขับเคลื่อนที่ปรับเปลี่ยนความเร็วได้มาใช้

4.2 ลดแรงต้านทานของระบบ

เส้นโค้งแรงต้านทานของระบบและเส้นโค้งของพัดลม ได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อที่ 1.2 โดยพัดลมจะทำงานที่จุดซึ่งเป็นจุดตัดระหว่างเส้นโค้งแรงต้านทานของระบบและเส้นโค้งของพัดลม แรงต้านทานของระบบจะมีบทบาทสำคัญในการกำหนดค่าสมรรถภาพและประสิทธิภาพของพัดลม แรงต้านทานของระบบจะเปลี่ยนแปลงไปโดยขึ้นอยู่กับกระบวนการ ตัวอย่างเช่น การก่อตัวของคราบสกปรก/การกัดกร่อนของวัสดุที่บุภายในท่อจะเปลี่ยนแปลงแรงต้านทานของระบบไปเพียงเล็กน้อย ในบางกรณี การเปลี่ยนอุปกรณ์ การปรับแต่งท่อ ก็จะยกจุดปฏิบัติงานขึ้นได้อย่างมาก ส่งผลให้มีประสิทธิภาพต่ำลง (ดูรูปที่ 2) ในกรณีเช่นนั้น จะต้องเปลี่ยนพัดลมเพื่อให้สามารถรักษาสมรรถภาพไว้ให้ได้เหมือนเดิม

ดังนั้น จึงต้องมีการตรวจสอบแรงต้านทานของระบบอยู่เป็นระยะๆ และต้องตรวจสอบมากขึ้นเมื่อได้มีการปรับแต่งและต้องทำในทันที เพื่อให้พัดลมได้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 การทำงานที่จุดใกล้กับ BEP

ได้มีการอธิบายไว้ก่อนหน้านี้แล้วว่า ประสิทธิภาพของพัดลมจะเพิ่มขึ้นเมื่อการไหลได้เพิ่มขึ้นถึงจุดๆ หนึ่ง และหลังจากนั้นก็จะมีค่าลดลง จุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เรียกว่า “จุดที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด” (BEP) ซึ่งโดยปกติแล้ว ก็จะมีค่าใกล้เคียงกับกำลังการผลิตของพัดลมที่ระบุมา โดยมีความเร็วตามที่ออกแบบมาและมีแรงต้านทานของระบบค่าหนึ่ง การเบี่ยงเบนออกจากค่า BEP จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียและขาดประสิทธิภาพ

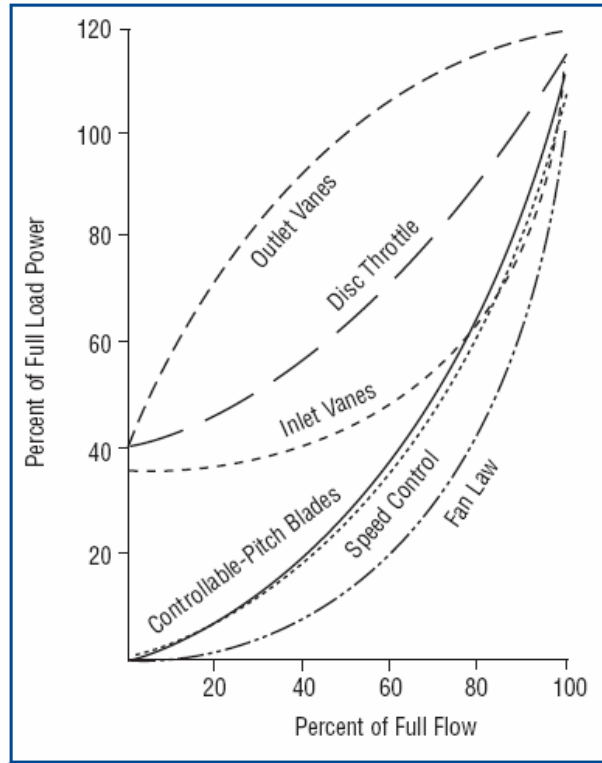
4.4 การบำรุงรักษาพัดลมอย่างสม่ำเสมอ

การบำรุงรักษาพัดลมอย่างสม่ำเสมอเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาระดับสมรรถภาพไว้ กิจกรรมในการบำรุงรักษาจะรวมถึง (US DOE, 1998)

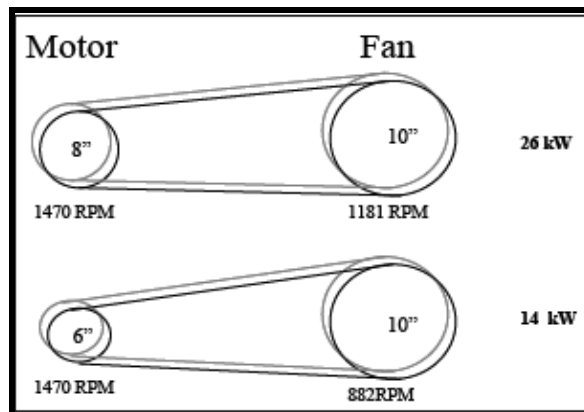
- การตรวจสอบส่วนประกอบทั้งหมดของระบบอยู่เป็นระยะๆ
- การหล่อลื่นและการเปลี่ยนทดแทนลูกปืน
- การปรับสายพานให้แน่น และการเปลี่ยนสายพาน
- การซ่อมหรือการเปลี่ยนมอเตอร์
- การทำความสะอาดพัดลม

4.5 การควบคุมอากาศไหลของพัดลม

โดยปกติแล้ว พัดลมที่ถูกติดตั้งแล้วจะทำงานด้วยความเร็วคงที่ แต่ในบางสถานการณ์อาจต้องมีการปรับเปลี่ยนความเร็ว ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้มีอากาศไหลจากพัดลมมากขึ้น เมื่อมีการติดตั้งท่อเข้ามาใหม่ หรืออาจต้องการให้มีอากาศไหลน้อยลงถ้าพัดลมมีขนาดใหญ่เกินไป มีหลายวิธีที่จะลดหรือควบคุมการไหลของอากาศจากพัดลมตามที่สรุปไว้ในตารางที่ 5 ส่วนการเปรียบเทียบกำลังรับโหลดเต็มที่กับการไหลเต็มที่ โดยการควบคุมการไหลที่แตกต่างกันนั้นได้แสดงไว้ในรูปที่ 17



รูปที่ 17. ปริมาณการใช้กำลังงานระหว่างทางเลือกต่างๆ ในการควบคุมการไหล (US DOE, 1989)

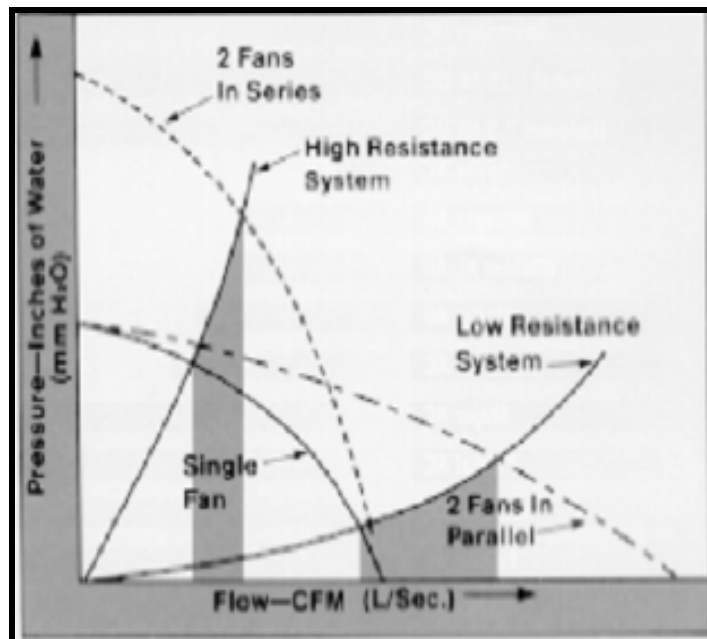


รูปที่ 18. การเปลี่ยนแปลงขนาดของรอก (BEE India, 2004)

ตารางที่ 5. การเปรียบเทียบวิธีต่างๆ ในการควบคุมการไหล (ดัดแปลงมาจาก US DOE, 1989, and BEE, 2004)

ประเภทของการควบคุมการไหล	ข้อดี	ข้อเสีย
การเปลี่ยนแปลงขนาดของรอก: ลดขนาดของมอเตอร์ / ลูกรอกขับเคลื่อน	<ul style="list-style-type: none"> ความเร็วถาวรลดลง ลดพลังงานจริง (ดูรูปที่ 18: การลดขนาดลง 2 นิ้ว จะทำให้ประหยัดได้ 12 kW) 	<ul style="list-style-type: none"> พัดลมจะต้องจัดการควบคุมการเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิตได้ พัดลมจะต้องถูกขับเคลื่อนโดยระบบสายพานตัววี หรือ โดยมอเตอร์
แผ่นกั้น: จะลดปริมาณการไหลและเพิ่มแรงดันต้านทาง ซึ่งจะส่งผลผลิตของพัดลมลดลง	<ul style="list-style-type: none"> ไม่แพง ติดตั้งง่าย 	<ul style="list-style-type: none"> มีการปรับแต่งได้จำกัด ลดปริมาณการไหลและการใช้พลังงาน มีค่าใช้จ่ายสูงในการทำงานและการบำรุงรักษา
ครีบนำร่องที่ช่องทางเข้า: ทำให้มีการหมุนวนในทิศทางของพัดลมซึ่งจะลดมุมระหว่างอากาศเข้าและใบพัดของพัดลม ดังนั้น จึงเป็นการลดไหลของพัดลม ลดแรงดัน และลดการไหลของอากาศ	<ul style="list-style-type: none"> เพิ่มประสิทธิภาพของพัดลมเพราะว่าทั้งไหลของพัดลมและอากาศไหลที่ต่างมีปริมาณลดลง มีความคุ้มค่าน่าสนใจ เมื่อมีการไหลของอากาศ ที่ 80-100% ของการไหลเต็มที่ 	<ul style="list-style-type: none"> มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเมื่อมีอากาศไหลน้อยกว่า 80% ของการไหลเต็มที่
ปรับเปลี่ยนระยะห่างของพัดลมได้: เป็นการเปลี่ยนมุมของอากาศไหลเข้าและพัดลมโดยการปรับเอียงใบพัดของพัดลม ซึ่งจะเป็นการลดทั้งไหลของพัดลมและปริมาณการไหล	<ul style="list-style-type: none"> สามารถรักษาประสิทธิภาพของพัดลมให้สูงกว่าช่วงเอียงไขของการทำงาน หลีกเลี่ยงปัญหาของการเกิดเสียงสะท้อนเนื่องจากได้มีการรักษาความเร็วของการทำงานปกติ สามารถทำงานได้ตั้งแต่การที่ไม่มีอากาศไหลเลยจนถึงการมีอากาศไหลเต็มที่ โดยที่ไม่มีการหยุดกลางคัน 	<ul style="list-style-type: none"> ใช้ได้กับพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนบางชนิดเท่านั้น มีปัญหาเรื่องความสกปรก ถ้ามีการสะสมตัวของสิ่งปนเปื้อนที่ภายในของเครื่องกระตุ้นเชิงกลซึ่งควบคุมใบพัด การทำงานโดยมีปริมาณงานน้อยๆ เป็นระยะเวลานานๆ จะทำให้ตัวประกอบกำลังและประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดลง ดังนั้น จึงเป็นการสูญเสียข้อดีด้านประสิทธิภาพและทำให้มีความเสี่ยงต่อการมีค่าใช้จ่ายจากตัวประกอบกำลังที่ต่ำกว่าระบบที่ใช้งาน
ตัวขับเคลื่อนที่ปรับเปลี่ยนความเร็วได้ (VSD): ลดความเร็วของมอเตอร์ของพัดลมเพื่อให้ได้ตามความต้องการลดความเร็ว <ul style="list-style-type: none"> VSD เชิงกล: เป็นคัลท์ไฮดรอลิก ข้อต่อของเหลว และสายพานที่ปรับได้และลูกรอก VSD เชิงไฟฟ้า: เป็นคัลท์กระแสแสมหมุนวน ตัวควบคุมมอเตอร์แบบหมุนพันรอบแกนหมุน และตัวขับเคลื่อนที่ปรับเปลี่ยนความเร็วได้ (VFDs: จะเปลี่ยนรอบการหมุนของมอเตอร์โดยการปรับเปลี่ยนความถี่ไฟฟ้าของกำลังที่ส่งให้) 	<ul style="list-style-type: none"> ส่วนใหญ่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการควบคุมการไหล ยอมให้มีการปรับเปลี่ยนความเร็วได้อย่างต่อเนื่อง <p>สำหรับ VFDs โดยเฉพาะ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ควบคุมการไหลได้ง่ายและได้ผลดี เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพัดลมได้ในช่วงและสภาพการทำงานที่กว้าง สามารถติดตั้งเข้ากับมอเตอร์ที่มีอยู่ได้โดยดี ไม่มีปัญหาเรื่องความสกปรก ลดการสูญเสียพลังงานและค่าใช้จ่ายโดยการลดการไหลโดยรวมของระบบ 	<ul style="list-style-type: none"> VSD เชิงกลจะมีปัญหาเรื่องความสกปรก ค่าใช้จ่ายในการลงทุนอาจเป็นอุปสรรค
เครื่องสูบลมที่มีความเร็วหลายค่า	<ul style="list-style-type: none"> ควบคุมการไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะกับการใช้งานที่มีความเร็วเพียงสองค่า 	<ul style="list-style-type: none"> ต้องกระโดดจากความเร็วนิ่งไปอีกความเร็วนิ่ง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนอาจเป็นอุปสรรค

ประเภทของการควบคุมการไหล	ข้อดี	ข้อเสีย
งานบังคับลิ้น: ลิ้นบังคับเลื่อนจะเปลี่ยนความกว้างของเครื่องผลักดันซึ่งสัมพันธ์กับกระแสอากาศ	<ul style="list-style-type: none"> มีการออกแบบที่ง่าย 	<ul style="list-style-type: none"> ใช้ได้ในงานบางชนิดเท่านั้น
ให้พัดลมทำงานแบบขนาน: ใช้พัดลมสองตัวหรือมากกว่าแทนที่จะใช้ตัวใหญ่เพียงตัวเดียว	<ul style="list-style-type: none"> มีประสิทธิภาพสูงในการใช้งานหลายประเภทตามความต้องการของระบบ มีเครื่องให้ใช้อย่างเหลือเฟือ เพื่อลดความเสี่ยงในการหยุดทำงานเนื่องจากการชำรุดเสียหายหรือการบำรุงรักษาที่ไม่ได้คาดหมายมาก่อน พัดลมตัวเล็กสองเครื่องจะมีราคาถูกกว่าและมีประสิทธิภาพดีกว่าพัดลมที่ใหญ่กว่าเครื่องเดียว สามารถติดตั้งอุปกรณ์การควบคุมอื่นๆ ได้เพิ่มเพิ่มความยืดหยุ่นและความน่าเชื่อถือ 	<ul style="list-style-type: none"> ควรนำมาใช้เมื่อพัดลมสามารถทำงานได้ โดยมีแรงต้านทานต่ำในสภาวะการนำส่งเกือบแบบอิสระ (ดูรูปที่ 19)
ให้พัดลมทำงานแบบอนุกรม: ใช้พัดลมพัดลมหลายๆ ตัวทำงานในการจัดเรียงตัวแบบต้น-คิง	<ul style="list-style-type: none"> มีแรงดันในท่อลมเฉลี่ยต่ำกว่า เกิดเสียงดังน้อยกว่า ต้องการสิ่งสนับสนุนทางโครงสร้างและทางไฟฟ้าน้อยกว่า เหมาะสำหรับระบบที่มีท่อยาว มีแรงดันตกมากๆ ในส่วนประกอบทั่วทั้งระบบ หรือมีแรงต้านทานสูง 	<ul style="list-style-type: none"> ไม่เหมาะกับการใช้งานในระบบที่มีแรงต้านทานต่ำ (ดูรูปที่ 19)



รูปที่ 19. การให้พัดลมทำงานแบบอนุกรมและแบบขนาน (BEE India, 2004)

5. รายการตรวจสอบทางเลือก

หัวข้อนี้จะแสดงรายการทางเลือกต่างๆ ที่สำคัญที่สุดในการเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานของพัดลมและเครื่องเป่าลม

- ใช้กรวยส่งอากาศเข้าที่มีลักษณะเรียบและกลมสมดุ สำหรับพัดลมดูดอากาศเข้า
- หลีกเลี่ยงการใช้ลิ้นพัดลมดูดอากาศที่มีการกระจายลมไม่ดี
- ลดสิ่งกีดขวางการดูดอากาศเข้าและออกของพัดลม
- ทำความสะอาดหน้ากาก แผ่นกรอง และ ใบพัดของพัดลมอย่างสม่ำเสมอ
- ลดความเร็วของพัดลม
- ใช้สายพานแบบแบนหรือลื่นน้อยสำหรับส่งกำลัง
- ตรวจสอบสายพานให้ตึงสม่ำเสมอ
- ขจัดระดับของรอกที่ไม่คงที่
- ใช้เครื่องขับเคลื่อนที่ปรับเปลี่ยนความเร็วได้สำหรับปริมาณงานของพัดลมที่มีจำนวนมากและผันแปรได้
- ใช้มอเตอร์ประหยัดพลังงานสำหรับการใช้งานที่ต่อเนื่องหรือเกือบต่อเนื่องตลอด
- ขจัดรอยร้าวในท่อลม
- ลดจำนวนการงอโค้งของท่อลม
- ปิดพัดลมหรือเครื่องเป่าลมเมื่อไม่ใช้งาน
- ลดความเร็วของพัดลมโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอกในกรณีที่มีมอเตอร์มีขนาดใหญ่เกินไป
- ใช้ใบพัดนำอากาศเข้าแทนการใช้เครื่องระบายความชื้น
- เปลี่ยนวงล้อใบพัดที่เป็นโลหะหรือแก้วเสริมใยพลาสติก (GRP) โดยใช้วงล้อใบพัดที่มีประสิทธิภาพพลังงานมากกว่า ซึ่งเป็น FRP แบบกลวง และออกแบบให้พุ่งอากาศ
- พยายามใช้พัดลมในจุดที่สามารถทำงานได้ดีที่สุด (BEP)
- พยายามใช้สายพานแบบแบนที่ประหยัดพลังงาน หรือ สายพานร่องตัววี แบบ cogged raw edged V แทนระบบสายพานร่องตัววีที่ใช้กันอยู่ทั่วไปเพื่อลดการสูญเสียในการส่งพลังงาน
- ลดความต้านทานที่มีต่อระบบ และแรงดันตกโดยการปรับปรุงระบบท่อส่ง
- ต้องมั่นใจว่าการขับเคลื่อนและระบบขับเคลื่อนเป็นแนวเดียวกัน
- ต้องมั่นใจว่าการส่งกำลังไปยังมอเตอร์ขับเคลื่อนเป็นไปอย่างเหมาะสม
- ตรวจสอบแนวโน้มการสั่นสะเทือนอย่างสม่ำเสมอเพื่อคาดการณ์ว่าจะมีความผิดพลาดในระยะแรกหรือไม่เช่น โอกาสเกิดความเสียหาย เช่น การชำรุดเสียหายของลูกปืน การไม่อยู่ในแนวเดียวกัน ความไม่สมดุล มีฐานรองรับที่หลวม และอื่นๆ

6. ตารางงาน

หัวข้อนี้จะรวมถึงตารางงานต่อไปนี้

- ข้อมูลจำเพาะของพัดลมและเครื่องเป่าลม
- การคำนวณค่าประสิทธิภาพของพัดลมและเครื่องเป่าลม

ตารางงาน # 1: ข้อมูลจำเพาะของพัดลมและเครื่องเป่าลม

หมายเลข	ปัจจัยกำหนด	หน่วย	หมายเลขพัดลม/เครื่องเป่าลม		
			1	2	3
1	ผู้ผลิต				
2	ประเภท (ลูกสูบ/หมุนเหวี่ยง)				
3	ความสามารถในการปล่อยออก	m ³ /hr			
4	เฮดที่สร้างขึ้น	mmWC			
5	ของไหลที่ถูกควบคุมจัดการ				
6	ความหนาแน่นของของไหล	kg/m ³			
7	ปริมาณฝุ่น	kg/m ³			
8	อุณหภูมิของของไหล	°C			
9	ประเภทของการควบคุมการไหล				
10	ช่วงของการควบคุมการไหล	%			
11	กำลังที่ใส่เข้าพัดลม	kW			
12	ความเร็วพัดลม	RPM			
13	ค่าประสิทธิภาพที่ระบุไว้ของพัดลม	%			
14	การใช้พลังงานเฉพาะ	kW/(m ³ /hr)			
15	มอเตอร์ของพัดลม				
	อัตรากำลังที่ระบุไว้	kW			
	กระแสไหลเต็มพิกัด	Amp			
	ความเร็วที่ระบุไว้	RPM			
	แรงดันไฟฟ้าที่ส่งให้	Volts			
	ค่าประสิทธิภาพที่ระบุไว้	%			
	ค่าตัวประกอบกำลังที่ระบุไว้				
	ความถี่ที่ส่งให้	Hz			
16	ประเภทของลูกปืน				
	พัดลม (ด้านขับเคลื่อน)				
	พัดลม (ด้านที่ไม่ขับเคลื่อน)				
	มอเตอร์ (ด้านขับเคลื่อน)				
	มอเตอร์ (ด้านที่ไม่ขับเคลื่อน)				
17	ชั้นคุณภาพของสารหล่อลื่น				

ตารางงาน # 2: การคำนวณค่าประสิทธิภาพของพัดลมและเครื่องเป่าลม

หมายเลข	ปัจจัยกำหนด	หน่วย	หมายเลขพัดลม/เครื่องเป่าลม		
			1	2	3
1	การไหล (ปานกลาง) ของของไหล (Q) (วัดโดยการใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลของของเหลวที่ด้านปล่อย ออกของพัดลม)	m ³ /sec			
2	สำหรับแรงดันดูดเข้า (วัดที่ช่องทางเข้าของพัดลมโดยใช้เครื่องวัดความดันแบบท่อด้วย)	mmWC			
3	สำหรับแรงดันปล่อยออก (วัดที่ช่องทางออกของพัดลมโดยใช้เครื่องวัดความดันแบบท่อด้วย)	mmWC			
4	แรงดันสถิตรวมทั้งหมด (ΔP) [3-4]	mmWC			
5	แรงดันแตกต่างทั้งหมด (dP) (วัดโดยการใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลของของเหลวที่จุดต่างๆ ของ หน้าตัดของท่อ)	mmWC			
6	ค่าคงที่ของเครื่องมือวัดอัตราการไหลของของเหลว (Cp)				
7	พื้นที่หน้าตัดของท่อ (A)	m ²			
8	อุณหภูมิของตัวกลางของไหล (วัดที่ช่องทางเข้าของพัดลมโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ)	⁰ C			
9	ความหนาแน่นของของไหลที่ถูกควบคุมจัดการ (r) (นำมาจากข้อมูลมาตรฐานและปรับแก้ไขให้เข้ากับสภาวะของ อุณหภูมิ/แรงดัน)	kg/m ³			
10	กำลังใส่เข้ามอเตอร์ (P) (วัดที่ขั้วไฟของมอเตอร์หรืออุปกรณ์เปิดปิดวงจร โดยใช้กล่องควบคุมห มื่อมาตรวัดพลังงานเคลื่อนที่/เครื่องวิเคราะห์กำลัง)	kW			
11	กำลังใส่เข้าเพลลา (P1) ($P \times$ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ \times ประสิทธิภาพในการส่งจ่าย)	%			
12	ความถี่ที่ส่งให้	Hz			
13	กำลังเครื่องสูบเข้า	kW			
14	ความเร็วอากาศ/ก๊าซ (V) $[= (Cp \times \sqrt{2 \times 9.81 \times dP \times r}) / r]$	m/sec			
15	อัตราการไหล (Q) (= V \times A)	m ³ /sec			
16	ประสิทธิภาพเชิงกลของพัดลม (ηF) $(Q \times \Delta P) / (102 \times P1) \times 100$	%			
17	ปริมาณการใช้พลังงานจำเพาะ (P/Q)	kW/(m ³ / sec)			
18	% ปริมาณงานของมอเตอร์เนื่องจากกำลัง	%			
19	% ปริมาณงานของพัดลมเนื่องจากการไหล	%			
20	% ปริมาณงานของพัดลมเนื่องจากแรงดันสถิตยรวม	%			

7. เอกสารอ้างอิง

ได้มีการใช้แหล่งข้อมูลต่อไปนี้ในการเตรียมการจัดทำเนื้อหาของบทนี้

Bureau of Energy Efficiency (BEE), Government of India. *Energy Efficiency Guide Book*, chapter 5, p 93-112. 2004

Canadian Blower. *Industrial Fans and Blowers*,
www.canadianblower.com/blowers/index.html

FanAir Company, *product presentation*. www.fanair.com/products.pdf

Ganasean, Indian Institute of Technology. *Fans, Pumps and Compressors*

Northern Industrial Supply Company (NISCO), *Products – Fans and Blowers, New York Blowers*. www.nisco.net/nyb.html

US Department of Energy (US DOE), Energy Efficiency and Renewable Energy, 1989.
Improving Fan System Performance – a sourcebook for industry
www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/fan_sourcebook.pdf

ลิขสิทธิ์:

สงวนลิขสิทธิ์ © โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (ปี2006)

สิ่งพิมพ์นี้สามารถนำไปทำการคัดลอกทั้งหมดหรือเพียงบางส่วนในรูปแบบใดก็ตามได้ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาหรือกิจกรรมที่มีได้แสวงหาผลกำไร โดยไม่ต้องขออนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ ขอเพียงมีการอ้างถึงแหล่งที่มาไว้ในกิตติกรรมประกาศ โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติจะมีความยินดีเป็นอย่างยิ่งหาก ได้รับสำเนาของสิ่งพิมพ์ที่นำไปเผยแพร่โดยใช้สิ่งพิมพ์นี้เป็นแหล่งข้อมูล ทั้งนี้ ห้ามมิให้นำสิ่งพิมพ์นี้ไปจัดพิมพ์เพื่อจำหน่ายหรือเพื่อใช้ในการค้า โดยมีได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ

คำสงวนสิทธิ์

สิ่งพิมพ์หัวข้อเครื่องมือที่ใช้พลังงานความร้อนนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมในเอเชียและแปซิฟิก ดำเนินการโดยสภาพแวดล้อมแห่งชาติ ประเทศอินเดีย แม้จะมีความพยายามอย่างยิ่งที่จะสร้างความมั่นใจว่าเนื้อหาของสิ่งพิมพ์นี้มีความถูกต้องตามข้อเท็จจริง อย่างไรก็ตาม โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติจะไม่รับผิดชอบในเรื่องความถูกต้องหรือความสมบูรณ์ของเนื้อหาและไม่รับผิดชอบในความสูญเสียหรือความเสียหายใดๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นไม่ว่าโดยทางตรงหรือทางอ้อมจากการใช้หรือการยึดถือเนื้อหาของสิ่งพิมพ์นี้ © UNEP, 2006.