



## บทที่ 7

# การอนุรักษ์พลังงานสำหรับพัดลม (Energy Conservation for Fan)

### ความสำคัญของเนื้อหาวิชา

พัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้เกิดการไหลของอากาศ ปัจจุบันพัดลมเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้โดยทั่วไปในโรงงานและอาคาร อาทิ พัดลมในระบบระบายอากาศ พัดลมในระบบจ่ายลมเย็นภายในอาคาร พัดลมทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้า ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม จะช่วยให้ทราบถึงแนวทางในการใช้งานและบำรุงรักษาพัดลมอย่างถูกวิธี จะทำให้ประหยัดไฟฟ้า

### วัตถุประสงค์

1. ทราบชนิดและหลักการทำงานของพัดลม
2. ทราบปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม
3. ทราบวิธีการสำรวจและประเมินประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม
4. สามารถประเมินประสิทธิภาพพลังงานของพัดลมจากตัวอย่างข้อมูลการสำรวจ
5. ทราบแนวทางการอนุรักษ์พลังงานของพัดลม

### 7.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพัดลม

พัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบังคับอากาศให้เคลื่อนที่ด้วยความกดดันต่ำๆ พัดลมที่ใช้ในงานวิศวกรรมส่วนใหญ่จะใช้งานนอกเหนือจากวัตถุประสงค์ การระบายอากาศ การทำความเย็น การลำเลียง การให้ความร้อน เป็นต้น

การกำหนดความหมายของคำว่า Fan และ Blower บางครั้งมักจะใช้สับสนกันอยู่เสมอๆ ดังนั้น สมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งประเทศไทยญี่ปุ่น Japan Society of Mechanical Engineers (JSME) จึงได้กำหนดความแตกต่างของอุปกรณ์ทั้งสอง ดังนี้

- **แฟน (Fan)** ใช้เรียกอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดันที่น้อยกว่า 1 เมตรน้ำ หรือ 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb/in<sup>2</sup>) หรือ 27.7 นิ้วของน้ำ หรือ 1,000 มิลลิเมตรน้ำ อุปกรณ์ในประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีชื่อเรียกว่า Centrifugal Fans, Fan และ Exhausters
- **โบลเวอร์ (Blower)** ใช้เรียกอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดันที่มากกว่า 1 เมตรน้ำ จนถึง 10 เมตรน้ำ

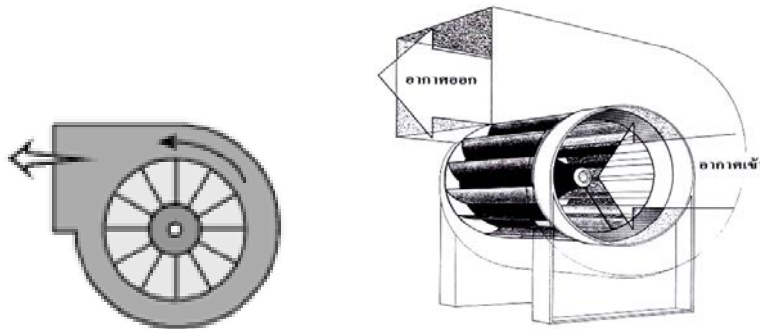
ในกรณีที่ต้องการสร้างอัตราการไหลของลมที่ความดันสูงกว่า 1 บาร์ หรือ 10 เมตรน้ำ จะต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor)

## 7.2 ประเภทของพัดลม

พัดลมมีหลายชนิด ปัจจุบันได้มีการจัดแบ่งประเภทของพัดลมหลายรูปแบบ และมีการเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปมากมาย การจัดประเภทของพัดลมสามารถแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow Fan) และแบบพัดลมอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan) ซึ่งพัดลมแต่ละประเภทสามารถแบ่งออกเป็นชนิดย่อยๆ ได้ดังนี้

<p><b>ประเภทของพัดลม แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ เป็น 2 ประเภท</b></p>
<p><b>7.2.1 พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow Fan)</b></p>
<p>พัดลมแบบหมุนเหวี่ยงนี้ใช้ได้กับงานที่มีความต้านทานลมสูง หรือ “เฮดลมสูง” โดยการทำงานของพัดลมจะมีการไหลเข้าของอากาศขนานกับแกนของใบพัดและจะไหลออกในแนวตั้งฉากกับแกนของใบพัดหรือในแนวรัศมี โครงสร้างของพัดลมประเภทนี้จะประกอบด้วยใบพัดซึ่งหมุนอยู่ภายในตัวเรือนของพัดลม (Fan House) โดยชุดใบพัดจะประกอบด้วยแผ่นใบเล็กๆ ประกอบเข้าด้วยกันเป็นลักษณะก่อดู ความดันของอากาศจะถูกทำให้มีค่าสูงขึ้นภายในตัวเรือนของพัดลม ซึ่งสามารถเพิ่มค่าให้สูงขึ้นได้ด้วยการเพิ่มขนาดความยาวของใบพัด ซึ่งจะทำให้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางภายในระบบมากยิ่งขึ้นนั่นเอง พัดลมประเภทนี้จำแนกตามลักษณะรูปร่างของใบพัดเป็น 3 แบบ คือ แบบใบพัดรัศมีตรง แบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า และแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง</p>
<p><b>1) พัดลมแบบใบพัดรัศมีตรง (Straight Blade หรือ Radial Fans)</b></p>
<p>จะมีเพลานาโต มีจำนวนซี่ใบพัด 5 – 20 ซี่ ลักษณะการสร้างเป็นใบล้อม้วนด้วยความเร็วรอบต่ำ และใบพัดจะอยู่ในแนวตั้งฉากกับเพลานาโต ใบพัดหมุนด้วยความเร็วรอบอย่างต่ำประมาณ 500 – 3,000 รอบ/นาที จึงเหมาะกับงานที่ต้องการปริมาตรของอากาศที่ถูกขับเคลื่อนจำนวนน้อยๆ ที่มีค่าความกดดันของอากาศสูงๆ เช่น ใช้</p>

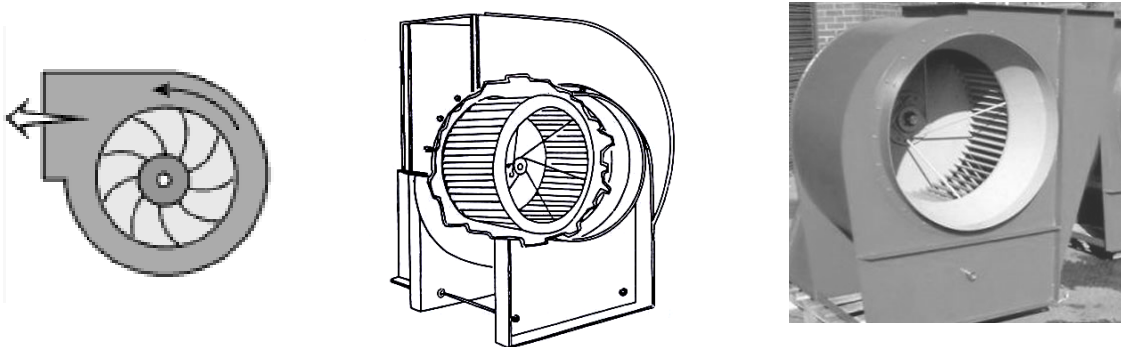
เป็นพัดลมระบายอากาศเสียออกไปสู่ภายนอก เหมาะกับอากาศสกปรก หรืองานที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุซึ่งไหลผ่านตัวพัดลม ดังรูปที่ 7.2-1



รูปที่ 7.2-1 พัดลมแบบใบพัดรัศมีตรง

2) พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า (Forward Curved Blade Fans)

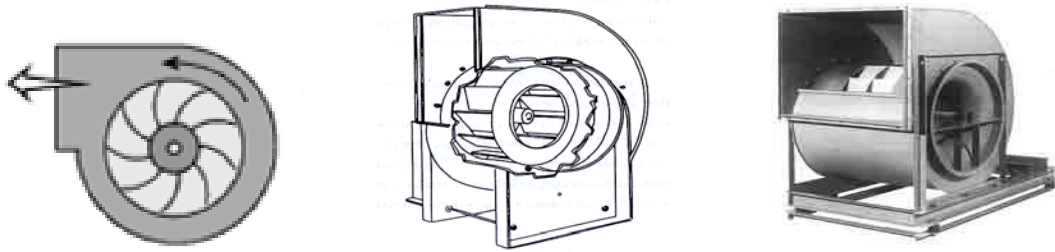
จะมีใบพัดโค้งไปข้างหน้า ในทิศทางเดียวกับการหมุนของชุดใบพัด จะมีจำนวนแผ่นใบพัดประมาณ 20 – 64 ใบ ชุดใบพัดจะมีลักษณะคล้ายกับกรงกระรอก (Squirrel Cage) เพลาใบพัดจะมีขนาดเล็กหมุนด้วยความเร็วรอบที่สูงกว่าพัดลมชนิดใบพัดตรง ส่วนความเร็วลมที่เคลื่อนที่เร็วกว่าพัดลมใบพัดโค้งไปข้างหน้า หลัง การทำงานของพัดลมชนิดนี้มีเสียงเบาที่สุด มีข้อเสียคือจะมีลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลังและมีช่วงการทำงานที่ **ไม่เสถียร** ดังนั้นจึงไม่ควรใช้กับงานหรือระบบที่มีอัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา พัดลมชนิดนี้จะให้ค่าความดันลมและอัตราการไหลของอากาศสูงที่สุด ดังรูปที่ 7.2-2



รูปที่ 7.2-2 พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า

3) พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง (Backward Curved Blade Fans)

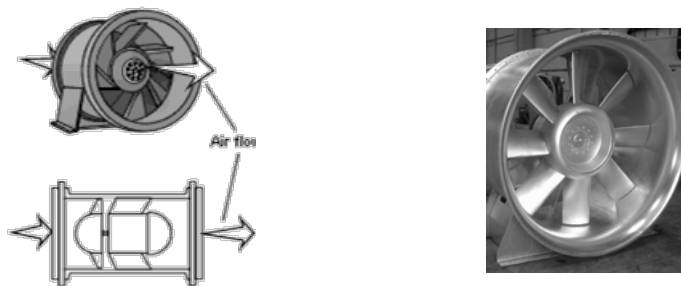
จะมีใบพัดเอียงไปข้างหลัง ในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการหมุนของใบพัด จะมีจำนวนใบพัดประมาณ 10 – 50 ใบ ซึ่งใบพัดจะไม่ถี่ละเอียดเท่ากับพัดลมใบพัดโค้งไปข้างหน้า และเป็นพัดลมที่มีความเร็วรอบสูง ไม่ก่อให้เกิดเสียงดังเกินควร ไม่มีลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลัง และไม่มีช่วงการทำงานที่ **ไม่เสถียร** จึงเหมาะที่จะใช้งานระบายอากาศและอากาศที่ใช้ต้องสะอาดด้วย เนื่องจากสามารถที่จะควบคุมความกดดันและปริมาณลมได้ง่าย พัดลมชนิดนี้จะมีราคาสูงกว่าชนิดอื่นๆ เมื่อเทียบกับขนาดที่เท่ากัน ดังรูปที่ 7.2-3



รูปที่ 7.2-3 พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

### 7.2.2 พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan)

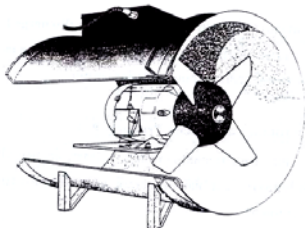
พัดลมแบบนี้จะไหลขนานกับแกนของใบพัดและตั้งฉากกับระนาบการหมุนของใบพัด ชุดใบพัดจะถูกติดตั้งบนแกนเพลลาขับของมอเตอร์ต้นกำลัง ซึ่งอยู่ภายในตัวพัดลม ทำให้มอเตอร์สามารถระบายความร้อนออกไปกับอากาศที่ถูกขับเคลื่อน พัดลมชนิดนี้มีราคาถูก การทำงานของพัดลมมีเสียงดังเมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมแบบหมุนเหวี่ยง และมีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่เสถียร จึงเหมาะกับการระบายอากาศ และงานที่มีความดันทานลมต่ำ พัดลมแบบนี้ส่วนมากมีขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายง่าย สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ ลักษณะที่พัดลมเป็นเกลียว (Tube Axial Fans) และลักษณะที่พัดลมเป็นเส้นตรง (Vane Axial Fans) ดังรูปที่ 7.2-4



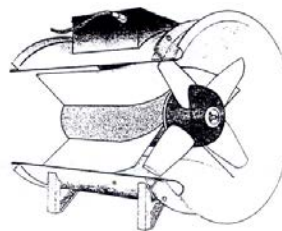
รูปที่ 7.2-4 พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน

#### 1) พัดลมลักษณะที่พัดลมเป็นเกลียว (Tube Axial Fans)

จะมีโครงสร้างประกอบด้วยชุดใบพัดซึ่งหมุนอยู่ในท่อรูปทรงกระบอกกลมที่ถูกขับเคลื่อนให้ผ่านชุดใบพัดจะหมุนเป็นเกลียว มีลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน พัดลมชนิดนี้ให้ค่าความกดดันของลมปานกลาง ดังรูปที่ 7.2-5 และ 7.2-6



รูปที่ 7.2-5 ลักษณะที่พัดลมเป็นเกลียว



รูปที่ 7.2-6 ลักษณะที่พัดลมเป็นเส้นตรง

## 2) พัดลมลักษณะที่พัดลมเป็นเส้นตรง (Vane Axial Fans)

จะมีแผ่นครีปเพื่อใช้ในการบังคับการไหลของอากาศ ที่ถูกขับเคลื่อน ติดตั้งอยู่ภายในตัวเรือนของพัดลม บริเวณท่อทางออกบริเวณด้านหลังชุดใบพัด เพื่อช่วยในการไหลของอากาศที่ถูกขับเคลื่อนให้มีการไหลเป็นเส้นตรงมากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดลักษณะการไหลของอากาศปั่นป่วนให้ลดลง และลดพลังงานสูญเสียเนื่องจากการไหลของอากาศปั่นป่วนภายในระบบให้น้อยลงด้วย ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานและราคาสูงกว่าพัดลมชนิด Tube Axial Fans

### 7.3 การสูญเสียพลังงานการไหลในท่อลม

การสูญเสียพลังงานการไหลในท่อลมเป็นส่วนสำคัญหนึ่งของการวิเคราะห์พลังงานในระบบพัดลม เหตุการสูญเสียรวมในท่อลมจะประกอบด้วยเสดสูญเสียเนื่องจากความฝืดในท่อลม  $H_{L_f}$  และเสดสูญเสียเนื่องจากการไหลผ่านอุปกรณ์  $H_{L_e}$

#### 7.3.1 เสดความฝืดในท่อลม

การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความเสียดทานหรือเสดความฝืดในท่อลมสามารถประมาณค่าได้ด้วยวิธีเดียวกันกับการสูญเสียเนื่องจากเสดความฝืดของเหลว โดยใช้สมการของ Darcy-Weisbach ควบ คู่กับการใช้ Moody's Diagram (ดูหัวข้อ 6.3 เสดในบทที่ 6)

$$H_{L_f} = f \times \frac{L}{D} \times H_V \quad (7-1)$$

- เมื่อ  $f$  = สัมประสิทธิ์ของความฝืด ประมาณค่าได้จาก Moody's Diagram  
 $L$  = ความยาวของท่อ  
 $D$  = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ  
 $H_V$  = เสดความเร็ว

ในหน่วยเมตริก เสดความเร็วอาจแสดงในหน่วยของ Pa เมื่อคิดที่สภาวะมาตรฐานที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 15 °C และความเร็ว  $V$  ในหน่วย m/s ค่า  $H_V$  จะคำนวณได้ดังสมการ

$$H_V = \frac{\gamma_a V^2}{2g} \quad (\text{Pa})$$

$$H_V = \left( \frac{V}{1.289} \right)^2 \quad (\text{Pa}) \quad (7-2)$$

โดยที่  $\gamma_a$  คือค่าน้ำหนักจำเพาะของอากาศ นอกจากนั้นการใช้งานในหน่วยเมตริกในทางปฏิบัติ เสดความเร็วอาจแสดงในหน่วย เมตรน้ำ หรือมิลลิเมตรน้ำ ดังสมการข้างล่าง โดยที่ความเร็ว  $V$  มีหน่วยเป็น m/s

$$H_V = \frac{V^2}{2g} \cdot \frac{\gamma_a}{\gamma_w}$$

$$H_V = \left( \frac{V}{128} \right)^2 \quad (\text{เมตรน้ำ}) \quad (7-3)$$

$$H_V = \left( \frac{V}{4.04} \right)^2 \quad (\text{มิลลิเมตรน้ำ}) \quad (7-4)$$

เสดความฝืดในท่อลม  $H_{L_f}$  ที่คำนวณได้จากสมการ (5-1) จะมีหน่วยเดียวกันกับหน่วยของเสดความเร็ว  $H_V$  ที่เลือกใช้

สำหรับในหน่วยอังกฤษนั้น เสดความเร็วมักจะคำนวณให้มีหน่วยเป็นนิ้วน้ำในกรณีที่ความเร็ว  $V$  มีหน่วยเป็น ฟุตต่ออนาที และค่าน้ำหนักจำเพาะของอากาศและน้ำ ( $\gamma_a$  และ  $\gamma_w$ ) คิดที่สภาวะมาตรฐานที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 15 °C เสดความเร็วคำนวณได้จาก

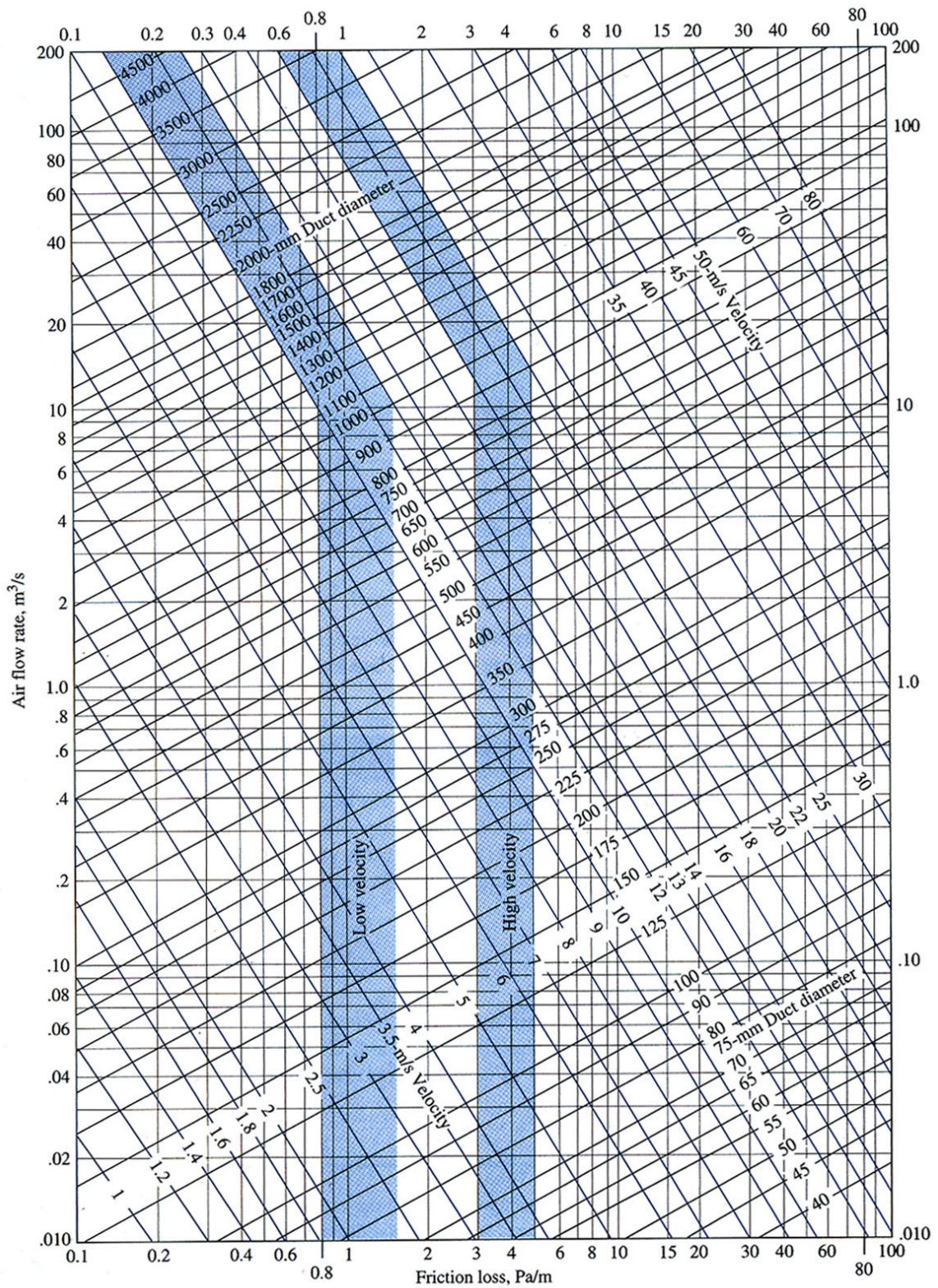
$$H_V = \left( \frac{V}{4005} \right)^2 \quad (\text{นิ้วน้ำ}) \quad (7-5)$$

นอกจากการใช้สมการ Darcy-Weisbach ควบคู่กับการใช้ Moody's Diagram การประมาณค่าการสูญเสียเสดเนื่องจากความเสียดทานในท่อลมยังสามารถประมาณได้จากการใช้กราฟ (รูปที่ 7.3-1 และ 7.3-2) ซึ่งเป็นไปตามข้อเสนอแนะของสมาคมวิศวกรการทำความร้อน ทำความเย็น และการปรับอากาศแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) โดยค่าการสูญเสียเสดที่ได้จากกราฟ จะมีค่าเป็นหน่วย Pa/m ในหน่วยเมตริก และมีค่าเป็นหน่วยนิ้วน้ำต่อความยาวท่อ 100 ฟุต ในหน่วยอังกฤษ การประมาณการสูญเสียเสดเนื่องจากความเสียดทานในท่อจากกราฟในรูปที่ 7.3-1 และ 7.3-2 จะมีค่าขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและขนาดของท่อ ภายใต้เงื่อนไขดังตาราง

ตารางที่ 7.3-1 ตารางเงื่อนไขการประมาณเสดความฝืดด้วยกราฟในรูปที่ 7.3-1 และ 7.3-2

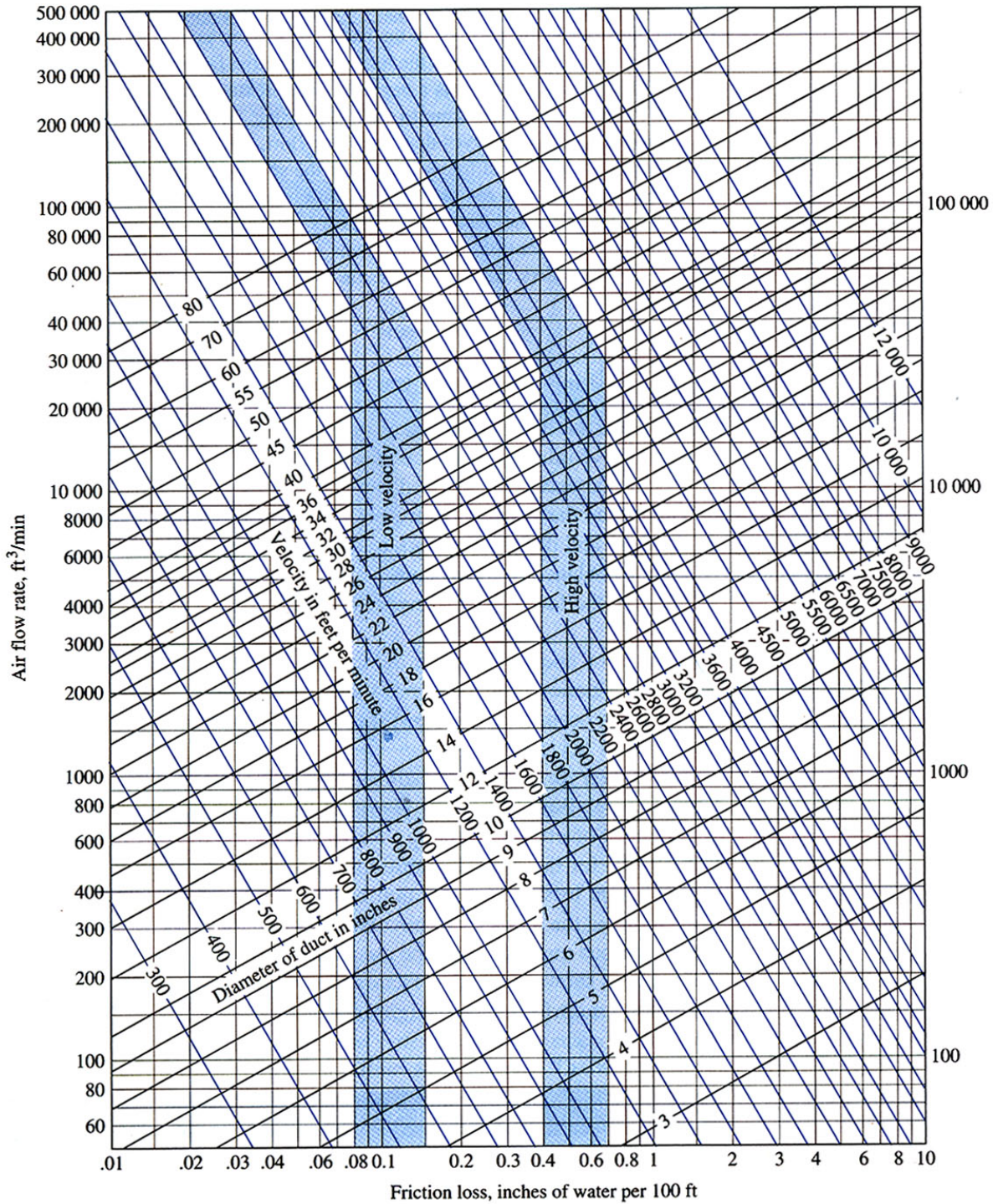
รายละเอียด	หน่วยอังกฤษ	หน่วย SI
อัตราการไหล	m <sup>3</sup> / s	ft <sup>3</sup> / min (cfm)
เสดความฝืด, $H_{L_f}$	Pa / m	in H <sub>2</sub> O / 100 ft
ความเร็วลม	m / s	ft / min
เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	mm	in
น้ำหนักจำเพาะของลม	11.81 N / m <sup>3</sup>	0.075 lb / ft <sup>3</sup>
ความขรุขระของผนังท่อ	1.5 × 10 <sup>-4</sup> m	5 × 10 <sup>-4</sup> ft
ความดันและอุณหภูมิของลม	101.3 kPa ; 20 °C	14.7 psia ; 68 °F





รูปที่ 7.3-1 การสูญเสียในท่อลมเนื่องจากความเสียดทาน (หน่วยเมตริก)





รูปที่ 7.3-2 การสูญเสียในท่อลมเนื่องจากความเสียดทาน (หน่วยอังกฤษ)



ในกรณีท่อกลมมีลักษณะหน้าตัดเป็นทอสี่เหลี่ยม สามารถใช้เส้นผ่าศูนย์กลางเสมือนของท่อ (Equivalent Diameter,  $D_e$ ) กับรูปที่ 7.3-1 และ 7.3-2 ในการประมาณค่าการสูญเสียเสดความฝืด โดยประมาณค่าจากขนาดความกว้าง ( $a$ ) และยาว ( $b$ ) ของพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมของท่อ

$$D_e = \frac{1.3(ab)^{5/8}}{(a+b)^{1/4}} \quad (7-6)$$

ตารางที่ 7.3-2 แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางเสมือน  $D_e$  ของท่อเหลี่ยมขนาดต่างๆ ที่คำนวณจากสมการข้างต้น

ตารางที่ 7.3-2 เส้นผ่านศูนย์กลางเสมือน  $D_e$  ของท่อเหลี่ยมขนาดต่างๆ

Side $a$ (in)	Side $b$ (in)													
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
6	6.6													
8	7.6	8.7												
10	8.4	9.8	10.9											
12	9.1	10.7	12.0	13.1										
14	9.8	11.5	12.9	14.2	15.3									
16	10.4	12.2	13.7	15.1	16.4	17.5								
18	11.0	12.9	14.5	16.0	17.3	18.5	19.7							
20	11.5	13.5	15.2	16.8	18.2	19.5	20.7	21.9						
22	12.0	14.1	15.9	17.6	19.1	20.4	21.7	22.9	24.0					
24	12.4	14.6	16.5	18.3	19.9	21.3	22.7	23.9	25.1	26.2				
26	12.8	15.1	17.1	19.0	20.6	22.1	23.5	24.9	26.1	27.3	28.4			
28	13.2	15.6	17.7	19.6	21.3	22.9	24.4	25.8	27.1	28.3	29.5	30.6		
30	13.6	16.1	18.3	20.7	22.0	23.7	25.2	26.6	28.0	29.3	30.5	31.7	32.8	

### 7.3.2 การสูญเสียเสดเนื่องจากการไหลผ่านอุปกรณ์

ขณะลมไหลผ่านท่อตรง จะเกิดความฝืดระหว่างลมกับผิวท่อด้านใน การสูญเสียเสดเนื่องจากการฝืดในท่อตรงได้กล่าวแล้วข้างต้น สำหรับการไหลผ่านข้อเสด ข้อต่อ (Fittings) ท่อสาขา (Branches) แดมเปอร์ เป็นต้น ลมจะมีการสูญเสียเสดเช่นกัน การคำนวณเสดสูญเสียเนื่องจากการไหลผ่านอุปกรณ์ จะพิจารณาจากเสดความเร็วดังนี้

$$H_{Le} = K \times H_v \quad (7-7)$$

โดยที่  $K$  คือสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหลซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของอุปกรณ์ ซึ่งจะพิจารณาเหมือนกับกรณีการไหลของของเหลวในบทที่ 6 หรือดูจากตารางที่ 7-3 และ  $H_v$  คือค่าเสดความเร็ว มีค่าในหน่วย Pa หรือเมตรน้ำ หรือมิลลิเมตรน้ำในระบบหน่วยเมตริก ดังสมการ (7-2) (7-3) และ (7-4) และมีค่าในหน่วยนิ้วน้ำสำหรับระบบหน่วยอังกฤษ ดังสมการ (7-5)

ตารางที่ 7.3-3 สัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K)

ชนิดของอุปกรณ์	ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K)
ข้อต่อ 90°	
ข้อต่อกลม ผิวเรียบ	0.22
ข้อต่อกลม งอ 5 ชั้น	0.33
ข้อต่อกลม งอ 4 ชั้น	0.37
ข้อต่อกลม งอ 3 ชั้น	0.42
ข้อต่อกลม ต่อฉาก	1.20
ข้อต่อสี่เหลี่ยม ผิวเรียบ	0.18
ข้อต่อ T	
ไหลผ่านท่อหลัก	0.10
ไหลแยกออกจากท่อหลัก (ไหลแยกไปท่อสาขา)	1.00
ข้อต่อ Y	0.30
แคมเปอร์	
เปิดเต็มที่	0.20
ห้ 10°	0.52
ห้ 20°	1.50
ห้ 30°	4.50
ห้ 40°	11.00
ห้ 50°	29.00
บานเกร็ดทางด้านดูด (Intake Louvers)	สมมติการสูญเสีย 0.07 นิ้วน้ำ หรือ 17 Pa
ตะแกรงลมออก (Outlet Grille)	สมมติการสูญเสีย 0.06 นิ้วน้ำ หรือ 15 Pa

#### 7.4 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม

ด้วยพัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนการไหลของลมในท่อ อากาศซึ่งถูกขับจากใบพัดของพัดลมจะทำให้อากาศมีค่าความกดดันสูงขึ้น เมื่อถูกส่งเข้าสู่ระบบท่อจะพบกับความต้านทานต่อการไหลของอากาศ ซึ่งเรียกว่า การลดลงของความดัน (Pressure Drop) ซึ่งเป็นผลจากการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากความเสียดทานภายในของระบบท่อและอื่นๆ ดังนั้นพัดลมจึงต้องสร้างความแตกต่างของความดันรวม ทั้งทางด้านดูดและด้านจ่ายของระบบท่อ เพื่อให้อากาศไหลเข้าสู่ระบบท่อได้ตามปริมาณที่ต้องการและมีอัตราการไหลอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นประสิทธิภาพพลังงานของพัดลมจึงขึ้นอยู่กับ การสูญเสียพลังงานซึ่งจะประกอบด้วยการสูญเสียเนื่องจากความฝืดในท่อลมและเสดสูญเสียเนื่องจากการไหลผ่านอุปกรณ์

### 7.4.1 เกณฑ์การออกแบบพัดลม

จากความต้องการออกแบบพัดลม, อัตราการลม, หัวพลังงานรวม และสภาพการติดตั้งการใช้งาน เราจะสามารถกำหนดเกณฑ์การออกแบบ เช่น ความเร็วรอบ และกำลังงานจากเครื่องต้นกำลังได้ สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้ตามมาขั้นตอนการออกแบบพัดลม

ขั้นตอนการออกแบบพัดลม					
1. สมมุติค่าความเร็วจำเพาะที่เหมาะสมจากสูตร					
	$N = \frac{N_s H^{3/4}}{\sqrt{Q}}$				
เมื่อ	N = ความเร็วรอบ (rpm)				
	Q = อัตราลม (m <sup>3</sup> / min)				
	H = หัวพลังงานรวม (m)				
2. หาคความเร็วรอบจากสูตร (รอบ / นาที)					
	$N = \frac{N_s H^{3/4}}{\sqrt{Q}}$				
3. หาค่า NPSH ที่ต้องการจากสูตร (เมตร)					
	$h_{sv} = \left( \frac{N\sqrt{Q}}{S} \right)^{4/3}$				
เมื่อ	h <sub>sv</sub> = ค่าหัวความดันรวมที่พัดลมต้องการที่ท่อดูดเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด Cavitation ซึ่งเป็นไปตามค่าความดันที่ลดลงที่ทางเข้าใบจักร				
	S = จะมีค่าระหว่าง 1200 – 1500 ณ จุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด				
4. เปรียบเทียบ NPSH ที่มีจากสูตร					
	$H_{sv} = H_a + h_s - h_c - h_v$				
เมื่อ	H <sub>sv</sub> = ค่าความดันรวมที่มีมากกว่าความดันไออิ่มตัวที่จุดทางเข้าใบพัดลม				
	H <sub>a</sub> = ค่าความดันสัมบูรณ์ที่ผิวด้านที่ถูกดูด				
	h <sub>s</sub> = ค่ายกน้ำจากที่เก็บถึงระดับพัดลม (ถ้าต้องการดูดขึ้นมาจะเป็นลบ)				
	h <sub>c</sub> = ค่าความดันที่สูญเสียไปเนื่องจากความฝืดในท่อดูด				
	h <sub>v</sub> = ค่าความดันไออิ่มตัว				
<b>ตารางที่ 7.4-1 หัวความดันบรรยากาศกับระดับความสูง (H<sub>a</sub>)</b>					
ระดับความสูง (เมตร)	0	200	400	800	1000
ความดันสัมบูรณ์ (เมตร) น้ำ	10.5	10.2	9.85	9.38	9.14



5. กำลังที่ไหลม (kW)
$L_w = 0.163\gamma QH$ <p>เมื่อ <math>\gamma</math> = น้ำหนักจำเพาะ (<math>\text{kg}/\text{m}^3</math>)  <math>Q</math> = อัตราการลม (<math>\text{m}^3/\text{min}</math>)  <math>H</math> = หัวพลังงานรวม (m)</p>
6. กำลังที่เพลาชับ (kW)
$L_p = L_w / e_p$ <p>เมื่อ <math>L_w</math> = กำลังที่ไหลม (kW)  <math>e_p</math> = ประสิทธิภาพพัดลม</p>
7. กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า (kW)
$L_m = L_p / e_m$ <p>เมื่อ <math>L_p</math> = กำลังที่เพลาชับ (kW)  <math>e_m</math> = ประสิทธิภาพมอเตอร์</p>

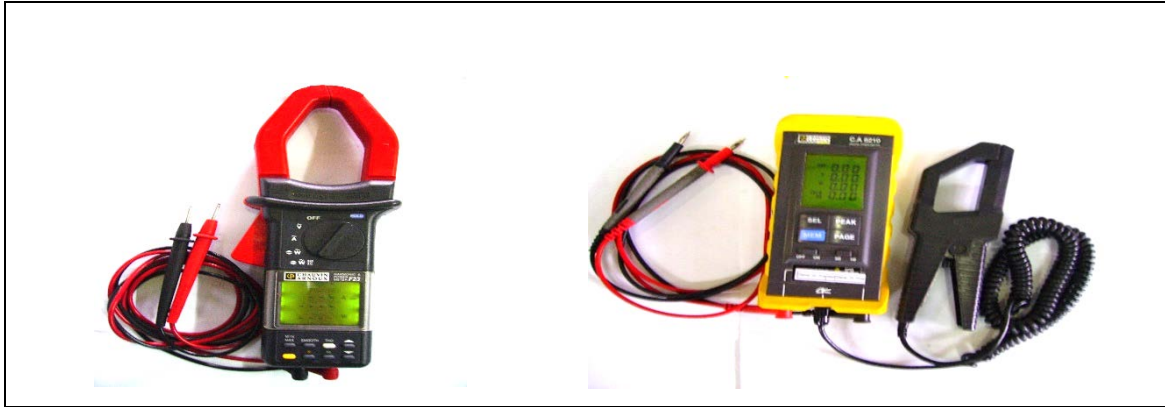
### 7.5 การตรวจสอบการทำงานและประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม

การใช้พัดลมภายหลังการออกแบบและติดตั้ง จำเป็นต้องมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องเป็นประจำเพื่อให้พัดลมทำงานอย่างปกติและมีประสิทธิภาพ

<b>7.5.1 ข้อมูลที่สำคัญที่ควรตรวจวัด</b>
<p>สำหรับข้อมูลในระบบพัดลมที่ต้องตรวจวัด จะประกอบด้วยข้อมูลเบื้องต้น และข้อมูลการใช้งานจริง โดยข้อมูลที่สำคัญ มีดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. สํารวจข้อมูลเบื้องต้นของพัดลม</li> <li>2. สํารวจระบบและการเปิดใช้งานจริง</li> <li>3. ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า</li> <li>4. ตรวจวัดค่าความดันของอากาศ</li> <li>5. ตรวจวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ</li> </ol>
<b>7.5.1.1 การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของพัดลม</b>
<p>ขั้นตอนแรกในการรวบรวมข้อมูล คือการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของพัดลม เพื่อให้ทราบถึง Spec ของเครื่องที่มีการใช้งาน และข้อมูลประสิทธิภาพจากผู้ผลิต ซึ่งควรมีรายละเอียดในเรื่องของ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ชนิดของพัดลมที่ใช้งาน ว่าเป็นแบบ Centrifugal หรือ Axial Flow เป็นต้น พร้อมทั้งควรระบุลักษณะของใบพัดด้วย</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• ขนาดของพัดลม เช่น พิกัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลม พิกัดอัตราการไหลของอากาศที่พิกัดความดันที่ผลิตได้ พิกัดแรงดันของพัดลม ความเร็วรอบของพัดลม</li> <li>• ลักษณะของตัวพัดลม ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำใบพัด อุปกรณ์หรือส่วนประกอบต่างๆ รวมถึงสภาพการบำรุงรักษา</li> <li>• จำนวน และยี่ห้อของพัดลมที่ใช้งาน</li> </ul>
<b>7.5.1.2 การสำรวจระบบและการเปิดใช้งานจริง</b>
<p>เพื่อให้ทราบสภาพและลักษณะการใช้งาน และการเดินเครื่องพัดลม ควรมีรายละเอียดในเรื่องของ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• แผนผังการจัดวางพัดลม และระยะเวลาการใช้งานแต่ละเครื่อง</li> <li>• เวลาการเปิด - ปิด พัดลม (ชั่วโมงการทำงาน/วัน)</li> </ul>
<b>7.5.1.3 การตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า</b>
<p>เพื่อให้ทราบค่ากำลังไฟฟ้าที่พัดลมใช้งาน ซึ่งควรมีรายละเอียดในเรื่องของ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• แรงดันไฟฟ้า (Volt)</li> <li>• กระแสไฟฟ้า (Amps)</li> <li>• ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor, PF)</li> <li>• กำลังไฟฟ้า (kW)</li> </ul>
<b>7.5.1.4 การตรวจวัดค่าความดันของอากาศ</b>
<p>เพื่อให้ทราบค่าอัตราการไหลและความดันตกคร่อมของพัดลม ควรมีรายละเอียดในเรื่องของ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• อัตราการไหล (<math>m^3/hr</math>)</li> <li>• Total Pressure (<math>mm H_2O</math>)</li> </ul>
<b>7.5.1.5 การตรวจวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ</b>
<p>เพื่อหาพื้นที่สำหรับคำนวณค่าอัตราการไหลของอากาศ ควรมีรายละเอียดในเรื่องของ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ความยาวท่อ (เมตร)</li> </ul>

<b>7.5.2 เครื่องมือที่ใช้สำหรับการตรวจวัดพัดลม</b>
<b>7.5.2.1 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าหรือวัตต์มิเตอร์</b>
<p>ในการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและตัวประกอบกำลังไฟฟ้านั้นเครื่องมือที่นิยมใช้ในปัจจุบันกันอย่างแพร่หลาย คือ เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า หรือที่เรียกกันว่า Clamp ON Power Meter ด้วยรูปร่างที่มีขนาดเล็กกระทัดรัด ใช้งานได้ง่าย ในอดีตจะวัดค่าได้เพียงแบบชั่วขณะ (Spot Check) เท่านั้น แต่ในปัจจุบันเครื่องมือชนิดนี้พัฒนาจนสามารถเก็บบันทึกข้อมูลต่างๆ จากการวัดในช่วงเวลาหนึ่งที่น่าสนใจอย่างต่อเนื่องได้อีกด้วย</p>



### 7.5.2.2 เครื่องมือวัดความเร็วลมแบบแอนิเมเตอร์ (Anemometer)

เครื่องมือวัดความเร็วลมที่ใช้ในตรวจสอบและวิเคราะห์การทำงานเพื่อหาสาเหตุของปัญหาต่างๆ หรือเพื่อการประหยัดพลังงานในรูปแบบพกพา ใช้งานง่าย ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมมี 2 ชนิดคือ Hot Wire Anemometer และ Vane Anemometer



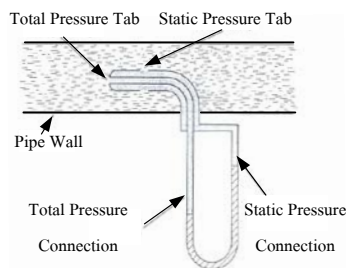
ก. Hot Wire Anemometer



ข. Vane Anemometer

### 7.5.2.3 เครื่องวัดความเร็วลมแบบท่อปีโต (Pitot tube)

เป็นเครื่องมือวัดความเร็วลมอีกแบบ ซึ่งวัดความเร็วลมจากการวัดค่าความดันทั้งหมดและความดันสถิต ผลต่างของค่าความดันทั้งสองจะเป็นค่าความดันไดนามิกส์ ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาความเร็วของลมได้





### 7.5.2.4 เครื่องมือวัดความดันอากาศ มาโนมิเตอร์ (Manometer)

เป็นเครื่องมือวัดความดันเทียบเป็นความสูงของของไหล โดยหลักการทำงานของไหลที่ไม่เคลื่อนที่ เมื่อมีความสูงเท่ากันจะมีความดันเท่ากันดังสมการ

$$P_A = P_C$$

$$P_D + \gamma_A h = P_B + \gamma_o h$$

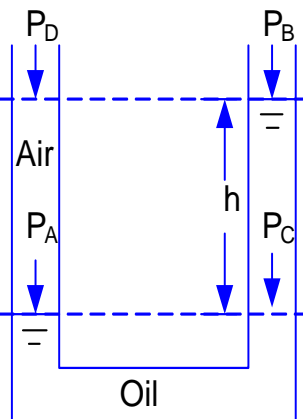
$$P_D - P_B = (\gamma_o - \gamma_A) h$$

$$P_D - P_B \sim \gamma_o h$$

เมื่อ

$$\gamma_o = \text{น้ำหนักจำเพาะของน้ำมัน } 8900 \text{ N/m}^3$$

$$\gamma_A = \text{น้ำหนักจำเพาะของอากาศ } 11 \text{ N/m}^3$$



รายละเอียดการดำเนินการสำรวจตรวจวัดค่าต่างๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.5-1 สำหรับตารางที่ 7.5-2 เป็นตัวอย่างแสดงการบันทึกข้อมูลจากการตรวจวัดพัดลม

ตารางที่ 7.5-1 สรุปข้อมูลที่ควรดำเนินการสำรวจ

ลำดับ	การตรวจวัด/ วิธีการตรวจวัด	จุดประสงค์การ ตรวจวัด	ค่าที่บันทึก	จุดตรวจวัด	เครื่องมือที่ใช้	ระยะเวลา การบันทึก
1	สำรวจ ชนิด ขนาด จำนวน ยี่ห้อและรุ่น	เพื่อทราบ Spec ของ เครื่องที่มีการใช้งาน และข้อมูล ประสิทธิภาพจาก ผู้ผลิต	- พิกัดกำลังไฟฟ้าของ มอเตอร์พัดลม - พิกัดอัตราการไหล ของอากาศที่พิกัด ความดันที่ผลิตได้ - พิกัดแรงดันของพัดลม - ความเร็วรอบของพัดลม - สภาพการบำรุงรักษา	- Name Plate - Performance Curve ของพัด ลม	-	-

ลำดับ	การตรวจวัด/ วิธีการตรวจวัด	จุดประสงค์การ ตรวจวัด	ค่าที่บันทึก	จุดตรวจวัด	เครื่องมือที่ใช้	ระยะเวลา การบันทึก
2	สำรวจระบบ และการเปิดใช้ งานจริง	เพื่อทราบสภาพและ ลักษณะการใช้งาน และการเดินในแต่ละ เครื่อง	- จัดทำแผนผังการจัด วางเครื่องและ ระยะเวลาการใช้งาน แต่ละเครื่อง  - เวลาการเปิด ปิด เครื่อง(ชั่วโมงการ ทำงาน/วัน)	บริเวณที่ติดตั้ง เครื่องและ ระบบท่อส่ง จ่ายลม	-	-
3	ตรวจวัดค่า กำลังไฟฟ้า	หาค่ากำลังไฟฟ้า	- แรงดันไฟฟ้า (Volt) - กระแสไฟฟ้า (Amps) - Power Factor - กำลังไฟฟ้า (kW)	ตู้ควบคุม	- Power Meter	บันทึก ชั่วขณะ
4	ตรวจวัดค่าความ ดันของอากาศ	เพื่อกำหนดค่าอัตรา การไหลและความดัน ตกคร่อมของพัดลม	- อัตราการไหล (m <sup>3</sup> /hr) - Total Pressure (mm H <sub>2</sub> O)	- ตำแหน่งท่อ ทางดูดและท่อ ทางส่ง	- Pitot tube	-
5	ตรวจวัดขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ท่อ	เพื่อหาพื้นที่สำหรับ คำนวณค่าอัตราการ ไหลของอากาศ	- ความยาวท่อ (เมตร)	- ตำแหน่งท่อ ทางดูดและท่อ ทางส่ง	- ตลับเมตร	บันทึก ชั่วขณะ

ตารางที่ 7.5-2 ตัวอย่างแสดงการบันทึกข้อมูลจากการตรวจวัดพัดลม

รายการตรวจสอบ	การตรวจวัดครั้งที่		
	1	2	3
<b>ข้อมูลสำรวจเบื้องต้น</b>	<b>พัดลม เครื่องที่ 1</b>		
ยี่ห้อ			
ปี พ.ศ.	2540		
รุ่น	Centrifugal TYPE 125-400		
หมายเลขเครื่อง	Blower 001		
อัตราการไหล (cfm)	900		
ความดัน (mm.H <sub>2</sub> O)	40 - 60		
ความเร็วรอบ (rpm)	1450		
<b>พิกัดมอเตอร์</b>			
ค่ากำลังไฟฟ้า (kW)	25.0		
แรงดันไฟฟ้า (Volt)	380 – 416		
กระแสไฟฟ้า (Amps)	-		
Power Factor	0.9		
<b>ข้อมูลตรวจวัด</b>			
ค่ากำลังไฟฟ้า (kW)	22	23	22.5
แรงดันไฟฟ้า (Volt)	380	380	380
กระแสไฟฟ้า (Amps)	41.8	42.6	42.2
Power Factor	0.84	0.86	0.85
<b>ความดัน</b>			
Suction Pressure (mmH <sub>2</sub> O)	116.8	116.8	116.8
Outlet Pressure (mmH <sub>2</sub> O)	-	-	-
Velocity Pressure ( $\Delta P$ , mmH <sub>2</sub> O)	16.5	16.4	16.6
<b>เส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม (cm)</b>	70		
<b>หมายเหตุ</b>	1. มีการปรับแอมเปอร์เหลือ 80% เพื่อลดอัตราการไหล		



### 7.5.3 เทคนิคการตรวจวัดพัดลม (Fan & Blower)

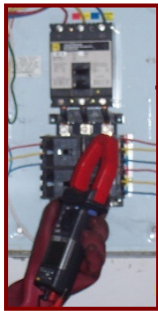
การตรวจวัดประสิทธิภาพของพัดลมเหมือนกับเครื่องสูบน้ำ จะแตกต่างกันเพียงการวัดอัตราการไหลของอากาศกับอัตราการไหลของน้ำเท่านั้นซึ่งต้องใช้เครื่องมือแตกต่างกันไป

#### เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด

1. เครื่องมือวัดพลังไฟฟ้า (Clamp On Power Meter)
2. เครื่องมือวัดความเร็วลม (Vane Anemometer)
3. ตลับเมตร

1. วัดพลังไฟฟ้าของพัดลม

.....kW



2. วัดความเร็วลม

.....fpm



3. ตลับเมตร  
วัดพื้นที่ที่ส่งลม



.....ft<sup>2</sup>

### 7.6 การวิเคราะห์การใช้พลังงานของพัดลม

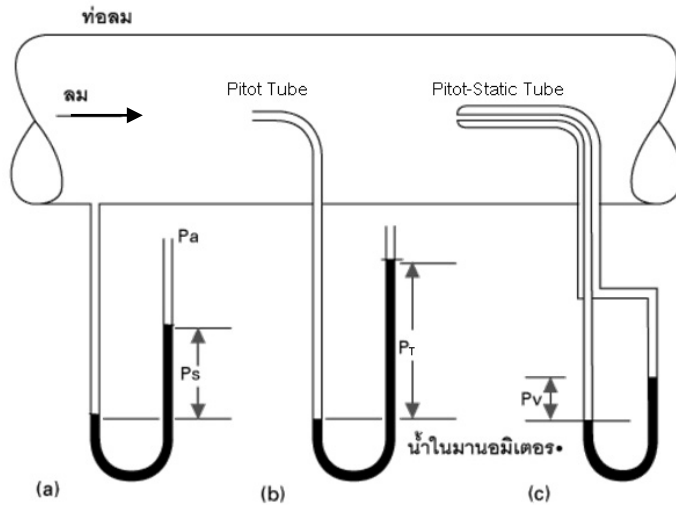
การวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบพัดลมนั้น เป็นขั้นตอนสำคัญในการหาประสิทธิภาพของพัดลมเพื่อประเมินแนวทางในการเดินเครื่องจักรอุปกรณ์ รวมถึงการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพได้

#### 7.6.1 กำลังลม

กำลังลม (Air Power,  $P_A$ ) หมายถึงกำลังที่พัดลมจ่ายให้ลม โดยผ่านใบพัดที่หมุน มีหน่วยเป็น kW ในหน่วยเมตริกสามารถคำนวณได้จากสมการข้างล่างตามลำดับ

**ความดันของอากาศ** ความดันของลมที่ตำแหน่งต่างๆ ในท่อลม ประกอบด้วยความดันสถิตย์ (Static Pressure  $P_S$ ) ความดันจลน์ (Velocity Pressure  $P_V$ ) และความดันรวม (Total Pressure  $P_T$ ) ซึ่งเป็นผลรวมของความดันสองค่าแรก รูปที่ 7-13 แสดงการวัดค่าความดันทั้งสาม ค่าความดันสถิตย์สามารถวัดได้ด้วยมานอมิเตอร์ (รูปที่ 7.6-1a)

ความดันรวมสามารถวัดได้ด้วยท่อพิทอต์แบบธรรมดา (รูปที่ 7.6-1b) และค่าความดันจลน์วัดได้ด้วย Pitot-Static Tube ซึ่งต้องใช้ร่วมกับமானอมิเตอร์ (รูปที่ 7.6-1c)



รูปที่ 7.6-1 แสดงวิธีการวัดค่าความดันสถิตย์ (a) ความดันรวม (b) และความดันจลน์ (c)

$$P_T = P_s + P_v \quad (7-8)$$

สำหรับค่าความดันจลน์ ( $P_v$ ) นั้นจะมีค่าเป็นบวกเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากความดันทั้งหมด ( $P_T$ ) มีค่ามากกว่าความดันสถิตย์ ( $P_s$ ) เสมอ ส่วนความดันทั้งหมดอาจมีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้

**อัตราการไหลของลม** สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = A \times V \quad (7-9)$$

เมื่อ  $Q$  = อัตราการไหลของลมในท่อ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$A$  = พื้นที่หน้าตัดของท่อลม ( $\text{m}^2$ )

$V$  = ความเร็วลม ( $\text{m/s}$ )

ในการวัดค่าความเร็วของลม สามารถใช้เครื่องมือวัดค่าอัตราการไหลได้โดยตรงเช่น Vane Anemometer แต่มีข้อจำกัดในกรณีเป็นการวัดสำหรับท่อปิด จะเป็นการเหมาะสมกว่าในการวัดค่าความเร็วของอากาศในท่อปิดด้วย Pitot Tube การคำนวณค่าความเร็วลมโดยใช้ Pitot Tube สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$V = \frac{C_p \times \sqrt{2 \times 9.81 \times P_v \times \gamma}}{\gamma} \quad (7-10)$$

ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศภายในท่อสามารถหาได้จากสมการ

$$Q = \frac{A \times C_p \times \sqrt{2 \times 9.81 \times P_v \times \gamma}}{\gamma} \quad (7-11)$$

เมื่อ  $V$  = ความเร็วลมในท่อ (m/s)

$Q$  = อัตราการไหลของลมในท่อ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$A$  = พื้นที่หน้าตัดของท่อลม ( $\text{m}^2$ )

$C_p$  = สัมประสิทธิ์ของ Pitot Tube

$\gamma$  = ความหนาแน่นของอากาศ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$P_v$  = ความดันจลน์ ( $\text{mmH}_2\text{O}$ )

กำลังลม (Air Power) ค่ากำลังลม ( $P_A$ ) จำนวนในระบบ SI มีเป็นหน่วย kW สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$P_A = \frac{Q \times P_T}{102} \quad (7-12)$$

เมื่อ  $Q$  = อัตราการไหลของลมในท่อ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$P_T$  = ความดันรวม ( $\text{mmH}_2\text{O}$ )

เนื่องจากกำลังขนาด 1 แรงม้า มีค่าเทียบเท่ากับ 0.746 kW กำลังม้าลมหรือ Air Horsepower (AHP) ในหน่วยแรงม้า จึงสามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} AHP &= \frac{P_A}{0.746} \\ AHP &= \frac{Q \times P_T}{76} \end{aligned} \quad (7-13)$$

ในหน่วยอังกฤษ กำลังม้าลมหรือ Air Horsepower (AHP) ในหน่วยแรงม้า สามารถคำนวณได้จาก

$$AHP = \frac{Q \times P_T}{6536} \quad (7.14)$$

เมื่อ  $Q$  = อัตราการไหลของลมในท่อ (cfm)

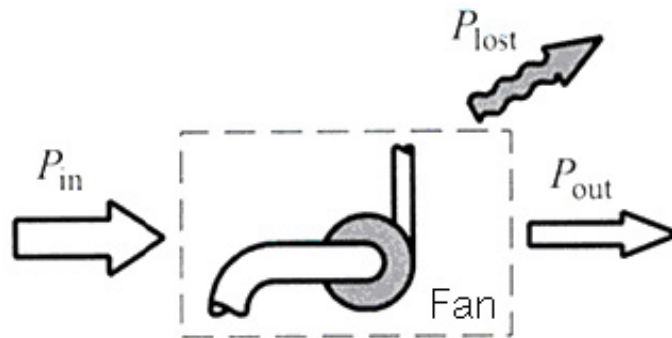
$P_T$  = ความดันรวม (inH<sub>2</sub>O)

### 7.6.2 ประสิทธิภาพของพัดลม

ประสิทธิภาพของพัดลมหมายถึง ร้อยละของกำลังที่ปั๊มผลิตได้ ซึ่งหมายถึงกำลังลม เทียบกับกำลังขับพัดลม ซึ่งเป็นกำลังที่พัดลมรับมาจากต้นกำลังผ่านเพลาคับ

$$\eta_F = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (7-15)$$

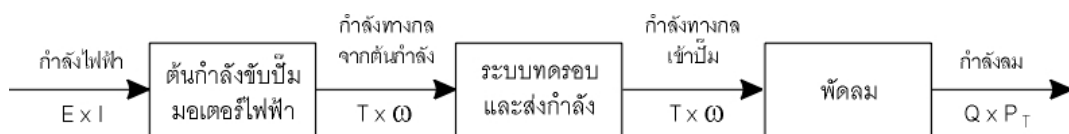
เมื่อ  $P_{out}$  = กำลังที่พัดลมผลิตได้ซึ่งหมายถึงกำลังลม (kW หรือแรงม้า)  
 $P_{in}$  = กำลังขับที่เพลาคับของพัดลม (kW หรือแรงม้า)



รูปที่ 7.6-2 การคำนวณหาค่า ประสิทธิภาพของพัดลม

### 7.6.3 การคำนวณขนาดต้นกำลังขับพัดลม

ในกรณีที่ต้นกำลังขับพัดลมเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ต้นกำลังรับเข้ามาจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานกล เพื่อไปขับพัดลม และพัดลมจะเปลี่ยนพลังงานทางกลที่รับเข้ามาให้เป็นกำลังไฮดรอลิก ในการคำนวณขนาดของต้นกำลังขับพัดลมนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของต้นกำลังด้วย



รูปที่ 7.6-3 การเปลี่ยนรูปของพลังงานของระบบพัดลม

ประสิทธิภาพของพัดลมคำนวณได้จาก

$$\eta_F = \frac{\text{กำลังลม}}{\text{กำลังทางกลเข้าพัดลม}} \quad (7-16)$$

ประสิทธิภาพของระบบทศรอบและส่งกำลังคำนวณได้จาก

$$\eta_T = \frac{\text{กำลังทางกลเข้าพัดลม}}{\text{กำลังทางกลจากต้นกำลัง}} \quad (7-17)$$

ประสิทธิภาพของระบบทศรอบและส่งกำลังมีค่าประมาณดังนี้

1. ส่งกำลังโดยตรง (ขับตรง) มีค่า 100 %
2. ระบบส่งกำลังแบบเฟืองทดมีค่าประมาณ 98 % สำหรับการทศรอบแต่ละครั้ง
3. ระบบส่งกำลังด้วยสายพานแบนมีค่าประมาณ 97 %
4. ระบบส่งกำลังด้วยสายพานรูปตัว V มีค่าประมาณ 95 %

ประสิทธิภาพของต้นกำลังขับพัดลมคำนวณได้จาก

$$\eta_{\text{ต้นกำลัง}} = \frac{\text{กำลังทางกลจากต้นกำลัง}}{\text{กำลังที่ติดงให้กำเนิดต้นกำลัง}} \quad (7-18)$$

นำสมการ (7-16) คูณกับสมการ (7-17) และ (7-18) เพื่อคำนวณหากำลังที่ต้องให้กับต้นกำลังขับพัดลม

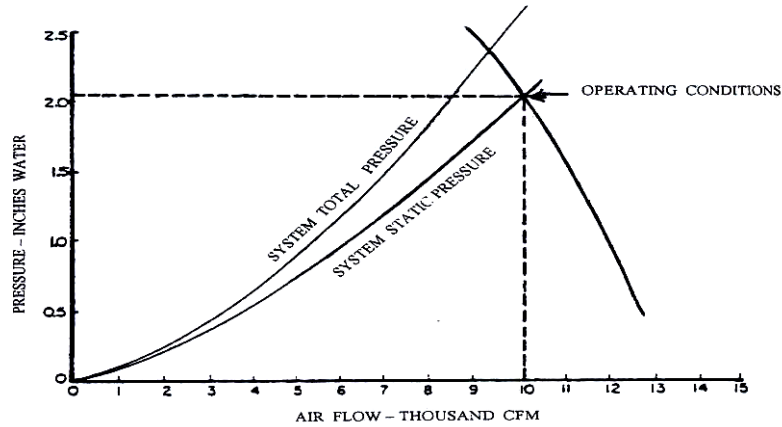
$$\eta_F \times \eta_T \times \eta_{\text{ต้นกำลัง}} = \frac{\text{กำลังลม}}{\text{กำลังที่ต้องให้กับต้นกำลัง}}$$

$$\text{กำลังที่ต้องให้กับต้นกำลัง} = \frac{\text{กำลังลม}}{\eta_F \times \eta_T \times \eta_{\text{ต้นกำลัง}}} \quad (7-19)$$

#### 7.6.4 คุณลักษณะและสมรรถนะการทำงานของพัดลม

ขณะที่พัดลมทำงาน จะทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ได้ด้วยค่าความกดดันที่เกิดขึ้น เมื่ออากาศเคลื่อนที่ออกไปได้ด้วยระยะทางที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้ความกดดันลดลง ถ้านำค่าความกดดันในช่วงต่างๆ มาเขียนกราฟเทียบกับอัตราการไหลของอากาศที่ได้ในช่วงความกดดันนั้นๆ ถ้าวัดค่าความกดดันดังกล่าวเป็นค่าความกดดันรวมของระบบ เมื่อนำค่าความกดดันรวมที่ลดลงของระบบมาหักออกจากค่าความกดดันความเร็ว จะได้กราฟอีกเส้นซึ่งแสดงถึงความดันสถิตของระบบ เราสามารถนำกราฟดังกล่าวไปใช้ในการเลือกจุดทำงานที่เหมาะสมที่ของพัดลมชนิดนั้นได้ ดังรูปที่ 7.6-4



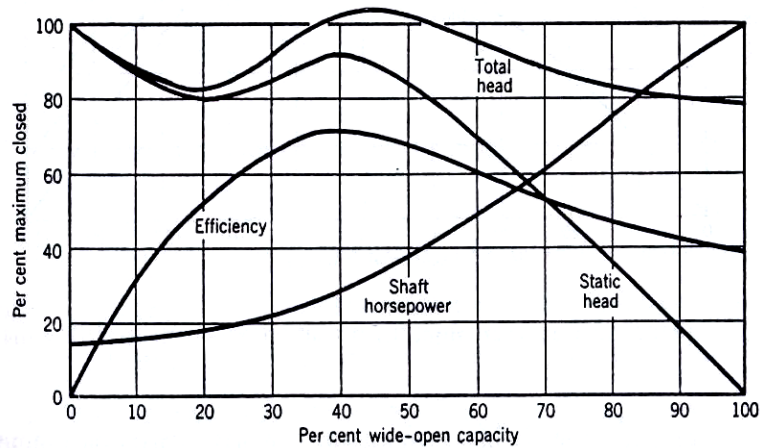


รูปที่ 7.6-4 การหาจุดทำงานของพัดลมที่เหมาะสมจากกราฟคุณลักษณะของระบบพัดลมแบบหมุนเหวี่ยง ชนิดใบพัดโค้งไปข้างหลัง ขนาด 27 นิ้ว ที่ 1,080 รอบต่อนาที

เนื่องจากปริมาณอากาศที่ได้จากพัดลมตามที่กำหนดจากผู้ผลิต ปกติแล้วจะทำการทดสอบ ณ สภาพแวดล้อมมาตรฐาน เช่น ที่อุณหภูมิ  $15^{\circ}\text{C}$  มีความกดดันบรรยากาศแวดล้อมเท่ากับ 1 บาร์ และความสูงเทียบเท่ากับระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นต้น ซึ่งสภาพดังกล่าวอาจแตกต่างจากสภาพจริงที่ติดตั้งใช้งานจึงทำให้สภาวะการใช้งานไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนั้นสมรรถนะของพัดลมจะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมต่างๆ อาทิ อุณหภูมิ ความเร็วรอบ และความหนาแน่นของอากาศ

#### 7.6.4.1 กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งไปข้างหน้า

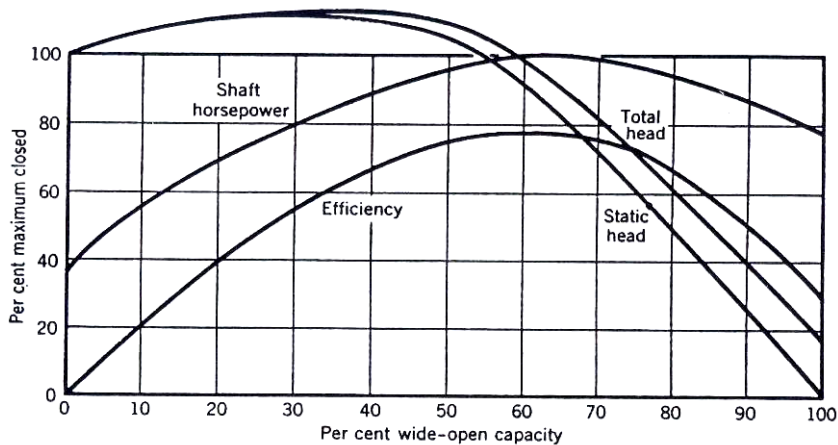
จากรูปที่ 7.6-5 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่ากำลังงานที่ป้อนให้เพลลาของพัดลมมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วยซึ่งมีผลทำให้มอเตอร์ของพัดลมทำงานเกินกำลังในขณะที่ความต้านทานของระบบมีค่าลดลง ดังนั้นจึงไม่ควรใช้พัดลมชนิดนี้กับระบบที่มีอัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมชนิดนี้ คือ ช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณ 30 – 50% ซึ่งจะทำให้การทำงานของพัดลมมีค่าประสิทธิภาพสูงสุด เส้นกราฟค่าความดันสถิต จะมีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่มีความเสถียรภาพคือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างในช่วงไม่เกิน 40% ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ปริมาตรที่เปิดกว้างให้อากาศเข้าสู่ตัวเรือนของพัดลมในช่วงนี้



รูปที่ 7.6-5 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งไปข้างหน้า

#### 7.6.4.2 กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งไปข้างหลัง

จากรูปที่ 7.6-6 จะเห็นได้ว่าช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมชนิดนี้คือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างให้อากาศเข้าสู่ตัวเรือนของพัดลม มีค่าประมาณ 50 – 65% ซึ่งจะทำให้การทำงานของพัดลมชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด ค่าประสิทธิภาพของพัดลมจะมีค่าสูงสุดเมื่อใช้กำลังงานในการขับเปลาของพัดลมสูงด้วยเช่นกัน พัดลมชนิดนี้จะไม่มีลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลังและไม่มีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่มีเสถียรภาพ



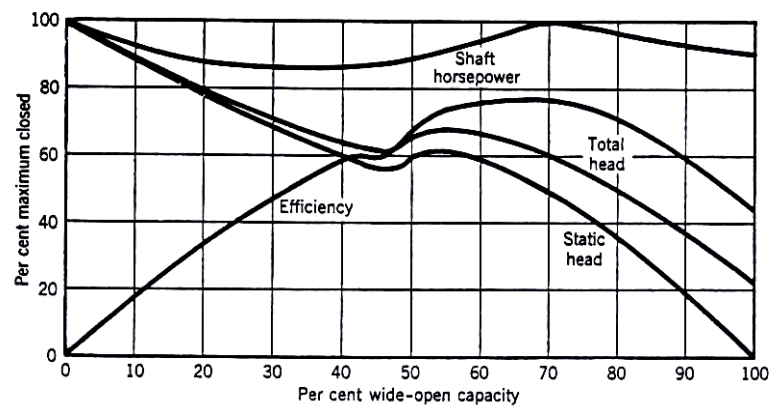
รูปที่ 7.6-6 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งไปข้างหลัง

### 7.6.4.3 กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดตรง

กราฟสมรรถนะของพัดลมชนิดนี้ จะเหมือนกับกราฟสมรรถนะของพัดลมชนิดใบพัดโค้งไปข้างหน้า กล่าวคือ เส้นกราฟกำลังงานของพัดลมจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ แม้ว่าค่าความกดดันของระบบจะลดลงก็ตาม แต่ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านตัวเรือนพัดลมชนิดนี้จะมีค่าต่ำกว่าพัดลมชนิดใบพัดโค้งไปข้างหน้า

### 7.6.4.3 กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fans)

ในรูปที่ 7.6-7 จะเห็นว่าเส้นกราฟของเสถียรคติและเสถรรวมของระบบจะลดลงและเพิ่มขึ้น ในช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรเปิดให้อากาศเข้าสู่ตัวเรือนพัดลมมีค่าอยู่ประมาณ 30 – 50% ถ้าพัดลมชนิดนี้ทำงานอยู่ในช่วงดังกล่าว จะก่อให้เกิดความไม่เสถียรภาพขึ้นภายในระบบ และช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมก็คือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณ 55 – 75% ซึ่งจะทำให้การทำงานของพัดลมมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถขับเคลื่อนอากาศได้ปริมาณที่มาก และใช้กำลังงานในการขับเคลื่อนไม่มากนักเกินไป เส้นกราฟการทำงานของพัดลมจะค่อนข้างแบนราบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายในช่วงการทำงานที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรเปิดกว้างประมาณ 40% นั่นคือกำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนพัดลมภายในช่วงดังกล่าวจะมีค่าค่อนข้างคงที่



รูปที่ 7.6-7 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน

### 7.7 กฎความคล้ายของพัดลม

เช่นเดียวกันกับการทำงานของเครื่องสูบน้ำ สมรรถนะของพัดลมที่นำมาใช้งานกับระบบระบายอากาศ ถูกกำหนดด้วยกฎของพัดลม (Fan Laws) โดยอยู่ภายใต้ความหนาแน่นของอากาศคงที่ เนื่องจากพัดลมทุกชนิดทำงานตามหลักการของเครื่องสูบน้ำชนิดโคเนติกส์ กฎของพัดลมจึงสามารถใช้ได้กับพัดลมทุกชนิด

### 7.7.1 เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดมีค่าคงที่แต่มีการเปลี่ยนแปลงรอบความเร็ว

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (7-20)$$

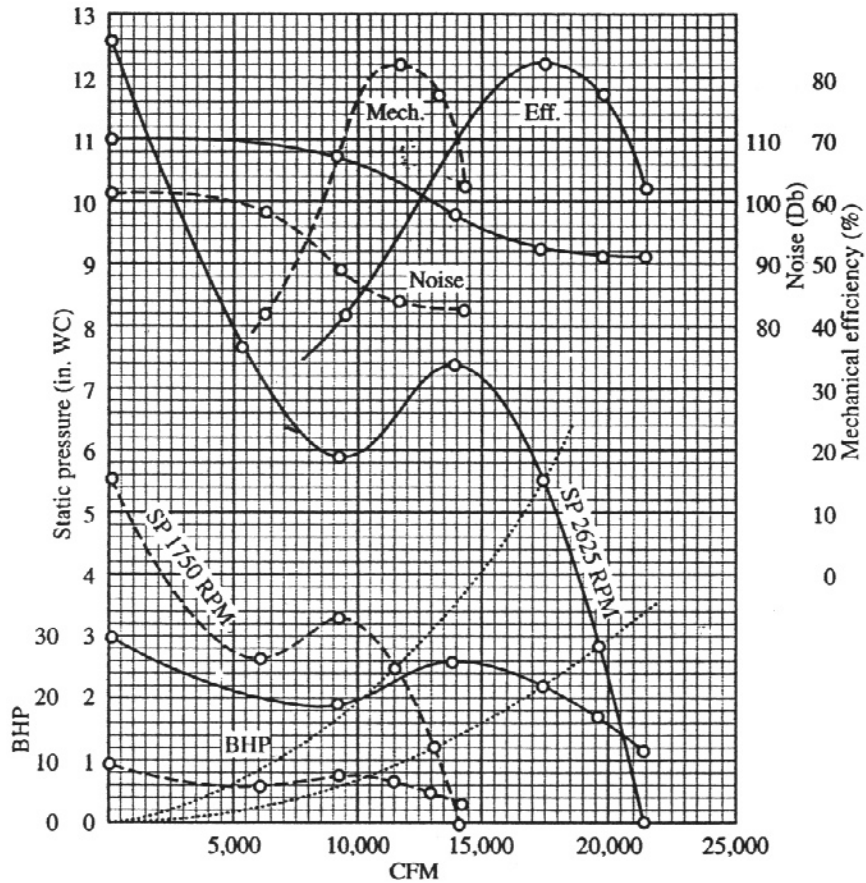
$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad (7-21)$$

$$\frac{\text{Bhp}_1}{\text{Bhp}_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \quad (7-22)$$

$$\text{SPL}_1 - \text{SPL}_2 = 50 \log_{10} \left(\frac{N_1}{N_2}\right) \quad (7-23)$$

เมื่อ  $Q_1$ ,  $H_1$ ,  $\text{Bhp}_1$  และ  $\text{SPL}_1$  เป็นอัตราการสูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ (Brake Horsepower) และระดับความดังของเสียง (Sound Pressure Level) ในหน่วย dB เมื่อใบพัดหมุนด้วยอัตราเร็ว  $N_1$  ตามลำดับ และ  $Q_2$ ,  $H_2$ ,  $\text{Bhp}_2$  และ  $\text{SPL}_2$  เป็นอัตราการสูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ และระดับความดังของเสียง เมื่อความเร็วการหมุนของใบพัดเปลี่ยนไปเป็น  $N_2$

รูปที่ 7.7-1 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบ อัตราการสูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ ระดับความดังของเสียง และประสิทธิภาพ ของพัดลมแบบไหลตามแนวแกน เมื่อทำงานที่รอบความเร็ว 1,750 รอบต่อนาที และเมื่อทำงานที่รอบความเร็ว 2,625 รอบต่อนาที จากรูปจะเห็นว่า อัตราการสูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ และระดับความดังของเสียง มีค่ามากขึ้นเมื่อพัดลมทำงานที่รอบความเร็วที่สูงขึ้น แต่ประสิทธิภาพของพัดลมมีค่าคงเดิม



รูปที่ 7.7-1 ตัวอย่างสมรรถนะของพัดลมแบบไหลตามแนวแกน เมื่อความเร็วการหมุนของใบพัดเปลี่ยนไป

### 7.7.2 เมื่อรอบความเร็วมีค่าคงที่ แต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดเปลี่ยนไป

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad (7-24)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad (7-25)$$

$$\frac{Bhp_1}{Bhp_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \quad (7-26)$$

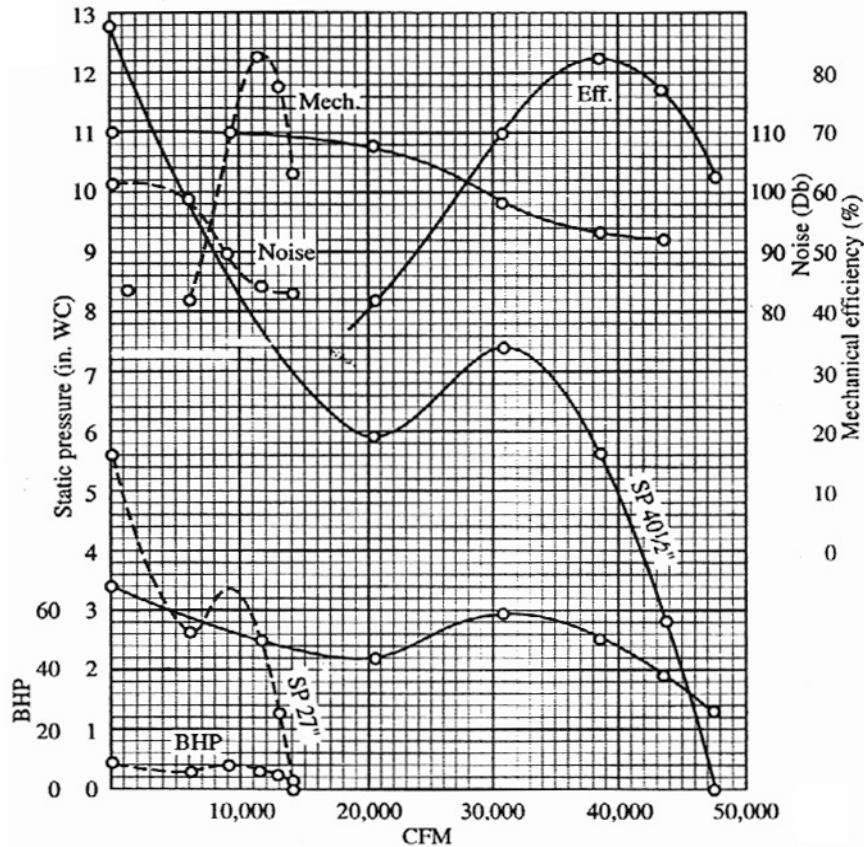
$$SPL_1 - SPL_2 = 50 \log_{10} \left(\frac{D_1}{D_2}\right) \quad (7-27)$$

เมื่อ  $Q_1, H_1, Bhp_1$  และ  $SPL_1$  เป็นอัตราการสูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ (Brake Horsepower) และระดับความดังของเสียง (Sound Pressure Level) ในหน่วย dB เมื่อใบพัดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง  $D_1$  ตามลำดับ และ



$Q_2, H_2$  Bhp<sub>2</sub> และ SPL<sub>2</sub> เป็นอัตราการสูบลม เส้นกำลังขับที่พัดลมต้องการ และระดับความดังของเสียง เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดเปลี่ยนไปเป็น  $D_2$  ตามลำดับ

รูปที่ 7.7-2 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบ อัตราการสูบลม เส้นกำลังขับที่พัดลมต้องการ ระดับความดังของเสียง และประสิทธิภาพ ของพัดลมแบบไหลตามแนวแกน ที่มีขนาดใบพัด 27 นิ้ว และพัดลมขนาดใบพัด 40.5 นิ้ว จากรูปจะเห็นว่า อัตราการสูบลม เส้นกำลังขับที่พัดลมต้องการ และระดับความดังของเสียง มีค่ามากขึ้นเมื่อพัดลมมีขนาดใบพัดที่ใหญ่ขึ้น แต่ประสิทธิภาพของพัดลมมีค่าคงเดิม



รูปที่ 7.7-2 ตัวอย่างสมรรถนะของพัดลมแบบไหลตามแนวแกน ที่มีขนาดของใบพัด 27 และ 40.5 นิ้ว

<p><b>ตัวอย่างที่ 7.1</b> พัดลมแบบไหลตามแนวแกนขนาดใบพัด 27 นิ้ว จ่ายลมได้ 14,200 cfm กำลังขับที่พัดลมต้องการเท่ากับ 3.45 แรงม้า และมีระดับความดังของเสียงขณะทำงานเท่ากับ 83.2 dB เมื่อใบพัดหมุนด้วยความเร็ว 1,750 รอบต่อนาที จงประมาณค่าอัตราการจ่ายลม กำลังขับที่พัดลมต้องการ และระดับความดังของเสียงขณะทำงาน เมื่อรอบความเร็วเปลี่ยนไปเป็น 2,625 รอบต่อนาที</p>		
วิธีทำ	จากสมการ	$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$ $Q_1 = \frac{2,625}{1,750} \times 14,200$ $= 21,300 \text{ cfm}$
	จากสมการ	$\frac{Bhp_1}{Bhp_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$ $Bhp_1 = \left(\frac{2,625}{1,750}\right)^3 \times 3.45$ $= 11.64 \text{ แรงม้า}$
	จากสมการ	$SPL_1 - SPL_2 = 50 \log_{10} \left(\frac{N_1}{N_2}\right)$ $SPL_1 = 83.2 + 50 \log_{10} \left(\frac{2,625}{1,750}\right)$ $= 92.0 \text{ dB}$

## 7.8 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในพัดลม

ตัวอย่างแนวทางการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในพัดลมนั้น มีดังนี้

<p><b>แนวทางการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในพัดลม</b></p>
<p><b>7.8.1 การควบคุมการเปิด-ปิดพัดลม</b></p> <p>หากสามารถระบุช่วงระยะเวลาที่ไม่ต้องการใช้พัดลมได้ ก็อาจดำเนินการหยุดพัดลมไว้จนกว่าถึงเวลาที่ต้องการใช้ ซึ่งสามารถควบคุมโดยใช้เจ้าหน้าที่เปิด-ปิด หรืออาจใช้วิธีควบคุมโดยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมที่เหมาะสม เช่น เครื่องควบคุมแบบตั้งเวลา (Timer) , เครื่องตรวจจับ (Sensor)</p> <p>อย่างไรก็ตาม การเปิด-ปิดเครื่องบ่อยๆ จะทำให้เกิดสภาวะการรับภาระโหลดแบบทันที (Shock Loads) และทำให้มอเตอร์เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นสูง เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นขณะเริ่มเดินเครื่อง ดังนั้น การควบคุมการเปิด-ปิด (Timer, Sensor) จึงใช้ได้เฉพาะกับพัดลมที่มีช่วงพักนานพอ (ถ้าประเมินได้) ช่วงพักกะและช่วงวันหยุด</p>

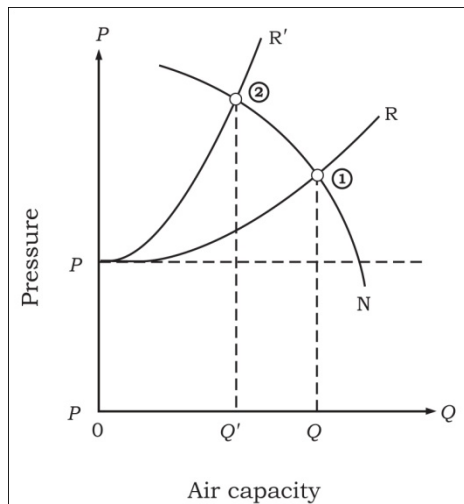
**7.8.2 การลดปริมาณลม – ความดัน ให้เหมาะสมกับที่ภาระต้องการ**

**1. เมื่อปริมาณลมที่ต้องการลดลงและมีการเปลี่ยนแปลงน้อย**

หากวางแผนเพื่อไว้มากเกินไปและต้องการลดปริมาณลมเนื่องจากการลดกำลังการผลิต หากใช้วิธีปรับด้วยแฉมเปอร์ขาออกจะทำให้การเดินเครื่องมีการสูญเสียสูง วิธีการแก้ไขในกรณีนี้ คือ ลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดเปลี่ยนไปใช้ใบพัดที่มี Capacity ต่ำลง ลดจำนวนชั้นของโบลเวอร์หลายชั้น ปรับมุมใบพัดของพัดลมแบบ Axial flow

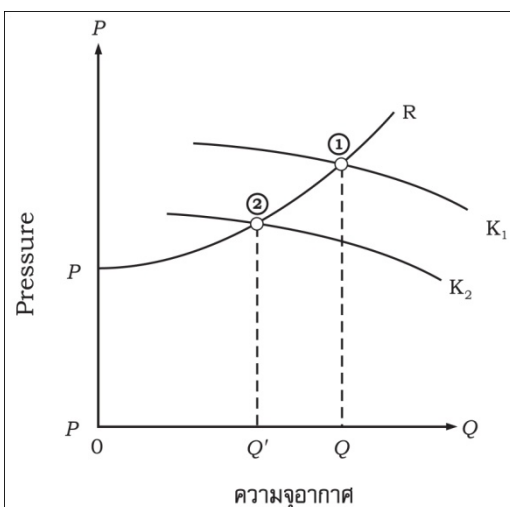
**2. เมื่อปริมาณลมที่ต้องการมีการเปลี่ยนแปลง**

- **หรี้แฉมเปอร์ขาออก** วิธีนี้ก่อให้เกิดการลดการใช้พลังงานได้น้อยที่สุดในทุกวิธีการควบคุมการไหล เนื่องจากความต้านทานของระบบจะมีค่ามากขึ้น ดังรูปที่ 7.8-1 เมื่อจุดทำงานเปลี่ยนจาก (1) ไป (2)



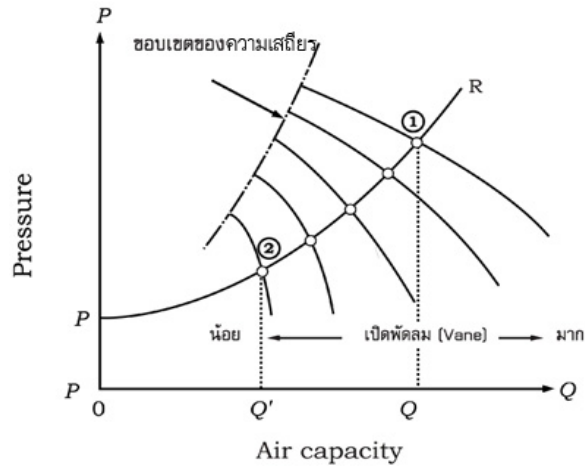
**รูปที่ 7.8-1** การลดปริมาณลมด้วยวิธีหรี้แฉมเปอร์ขาออก

- **หรี้แฉมเปอร์ด้านเข้า** ด้วยวิธีนี้ความดันที่ด้านจ่ายจะถูกลดเนื่องจากความที่ดันด้านเข้าเป็นลบเป็นสัดส่วนกับความต้านทานของไดอะแฟรมของแฉมเปอร์จาก  $K_1$  ไป  $K_2$  และจุดทำงานเปลี่ยนจาก (1) ไป (2) ในรูป 7.8-2 จะก่อให้เกิดการลดพลังงานได้มากกว่าการหรี้แฉมเปอร์ขาออก



**รูปที่ 7.8-2** การลดปริมาณลมด้วยวิธีหรี้แฉมเปอร์ด้านเข้า

- การควบคุมใบนำทางลม (Vane) ด้านเข้า การปรับใบนำทางลมด้านเข้าจะส่งผลให้เส้นโค้งการทำงานจะเคลื่อนไปทางด้านความจุอากาศต่ำ การลดปริมาณลมด้วยวิธีนี้จะลดการใช้พลังงานได้ดีกว่าการควบคุมแอมเปอร์

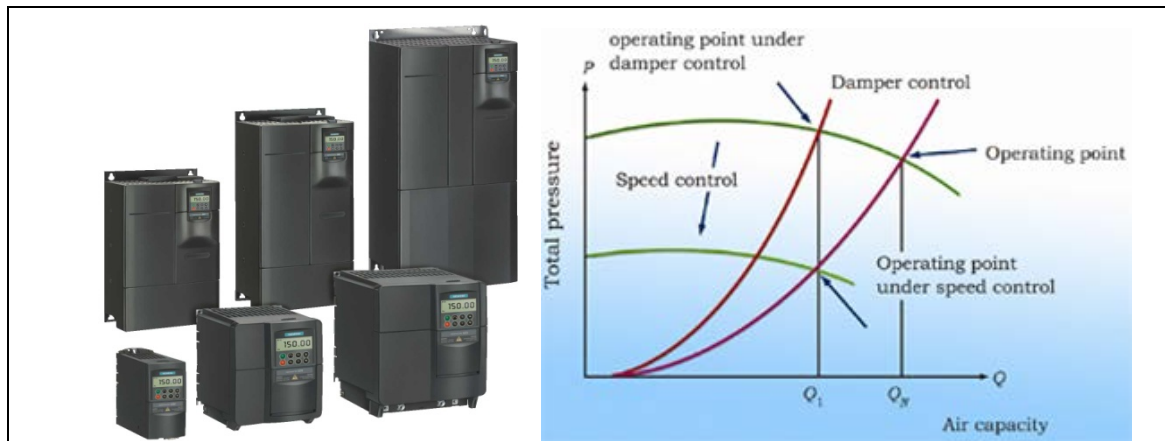


รูปที่ 7.8-3 การลดปริมาณลมด้วยการควบคุมใบนำทางลมด้านเข้า

- ควบคุมจำนวนเครื่อง (กรณีที่ดินเครื่องพัดลมขนานกันหลายตัว สามารถลดจำนวนเครื่องที่ดินให้สอดคล้องกับปริมาณลม)
- ควบคุม Variable pitch ของ Moving blade ของพัดลม Axial flow (สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงในการช่วงปริมาณลมกว้าง)

### 7.8.3 การควบคุมความเร็วรอบพัดลม

อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบพัดลมอุตสาหกรรมคืออุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ VFD คือระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยผ่านวิธีการควบคุมความถี่ของการจัดหาพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องปรับความเร็วรอบสำหรับควบคุมความถี่หรือความเร็วมอเตอร์ชนิดหนึ่งอย่างเป็นพิเศษ อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ยังมีชื่อที่รู้จักกันไปว่าเครื่องปรับการเปลี่ยนแปลงความถี่ (AFD) อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ (VSD) เอซีไดรฟ์ (AC drives) microdrives หรือว่าอินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ ภาษาอังกฤษบางทีก็เรียกว่า variable voltage variable frequency หรืออุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (ASD) ควบคุมความเร็วรอบ การลดปริมาณลมด้วยวิธีนี้จะลดการใช้พลังงานได้มากกว่าการควบคุมแอมเปอร์ เนื่องจากเส้นกราฟสมรรถนะของพัดลมจะลดระดับลงตามความเร็วรอบที่ลดลง ทำให้สามารถลดได้ทั้งระดับความดันและปริมาณลม ดังแสดงในรูปที่ 7.8-4



รูปที่ 7.8-4 การเปรียบเทียบการลดปริมาณลมด้วยการควบคุมแฉมเปอร์และด้วยการลดความเร็วรอบ

#### 7.8.4 การตรวจสอบและบำรุงรักษาพัดลม

เพื่อให้พัดลมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีอายุการใช้งานยาวนาน และไม่ต้องหยุดทำงานเพื่อซ่อมแซมบ่อยครั้ง พัดลมขนาดใหญ่ทุกเครื่องควรมีสमुคประวัติการใช้งานและบำรุงรักษา ตลอดจนมีตารางเวลาสำหรับตรวจสอบและบำรุงรักษาที่แน่นอน การตรวจสอบและบำรุงรักษาอาจแบ่งออกเป็น การตรวจสอบประจำวัน การตรวจสอบทุก 6 เดือน และการตรวจสอบประจำปี รายการตรวจสอบดังกล่าวนี้ควรจะขอจากบริษัทผู้ผลิตพัดลม เพราะว่าวิธีการอาจจะแตกต่างกันไปบ้างสำหรับพัดลมแต่ละระบบ ดังตารางที่ 7.8-1

ตารางที่ 7.8-1 ตัวอย่างการตรวจสอบและบำรุงรักษาประจำวัน

รายการ	สถานะ		หมายเหตุ
	ปกติ	ผิดปกติ	
ระดับน้ำมันหล่อลื่น/ความหนืด			
ตรวจสอบสายพานความตึง/สึกหรอ			
สภาพวาล์วดูด/จ่ายอากาศ			
ความดันและอุณหภูมิ			
เสียง/แรงสั่นสะเทือนผิดปกติ			
คุณภาพอากาศ			

เนื่องจากรายละเอียดของวิธีการตรวจสอบและการซ่อมบำรุงจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพัดลมและบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นขอให้ศึกษาจากคู่มือผู้ใช้สำหรับพัดลมนั้นๆ โดยเฉพาะ



### 7.9 การตรวจวินิจฉัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

สิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบพัฒมนั้น เหตุของการสูญเสียพลังงาน ดังนั้นควรทำการตรวจวินิจฉัยเพื่อหาสิ่งผิดปกติ เพื่อทำการแก้ไขอย่างสม่ำเสมอดังตาราง

รายการตรวจ	เกณฑ์พิจารณา	แนวทางปฏิบัติที่ดี
1. ตรวจสอบการทำความสะอาดใบพัด	ใบพัดสกปรกส่งผลให้ใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นและประสิทธิภาพลดลง	<ul style="list-style-type: none"> <li>ทำความสะอาดเป็นประจำโดยดูจากสภาพที่เกิดขึ้นจริง</li> </ul>
2. ตรวจสอบการรั่วของโครง พัดลม	ปริมาณลมส่งออกลดลง และประสิทธิภาพลดลง	<ul style="list-style-type: none"> <li>ซ่อมรูรั่วโครงพัดลม</li> </ul>
3. ตรวจสอบความตึงของ สายพาน	ความตึงมากจะใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น และความตึงน้อยรอบการหมุนจะลดลง	<ul style="list-style-type: none"> <li>ปรับตั้งความตึงของสายพานให้เหมาะสมอยู่เสมอ</li> </ul>
4. ตรวจสอบว่าลมย้อนกลับออกทางปากทางดูดหรือไม่	ปริมาณลมที่ได้จะลดลงและประสิทธิภาพลดลง	<ul style="list-style-type: none"> <li>ลดขนาดของช่องทางดูดให้เล็กลง</li> </ul>
5. ตรวจสอบเสียงการทำงานของพัดลม	พัดลมเสียงดังผิดปกติอาจทำให้ประสิทธิภาพลดลง	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใบพัดแตกหัก</li> <li>ลูกปืนชำรุด</li> <li>ใบพัดสกปรก</li> <li>ใบพัดไม่สมดุล</li> </ul>
6. ตรวจสอบการสั่นของพัดลม	พัดลมสั่นผิดปกติ	<ul style="list-style-type: none"> <li>น๊อตยึดต่างๆ หลวมคลอน</li> <li>ใบพัดเสียสมดุล</li> <li>ลูกปืนชำรุด</li> </ul>
7. ตรวจสอบกรองอากาศ	กรองอากาศตันจะส่งผลให้ปริมาณลมดูดลดลงและประสิทธิภาพลดลง	<ul style="list-style-type: none"> <li>ทำความสะอาดเป็นประจำโดยดูจากสภาพที่เกิดขึ้นจริง</li> <li>เปลี่ยนกรองอากาศเมื่อหมดอายุ</li> </ul>
8. ตรวจสอบวัดกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้	กระแสไฟฟ้าไม่ควรสูงกว่าพิกัดและไม่ควรเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม	<ul style="list-style-type: none"> <li>ตรวจสอบความผิดปกติของพัดลมและระบบส่งจ่ายลม</li> </ul>
9. ตรวจสอบขนาดของพัดลม	ไม่ควรใช้พัดลมขนาดใหญ่แล้วทำการหรีวาล์ว เพราะประสิทธิภาพจะลดลง	<ul style="list-style-type: none"> <li>ลดขนาดใบพัด</li> <li>ลดขนาดพัดลม</li> <li>ลดความเร็วรอบพัดลม</li> </ul>

รายการตรวจ	เกณฑ์พิจารณา	แนวทางปฏิบัติที่ดี
10. ตรวจสอบอุณหภูมิผิวมอเตอร์	มอเตอร์มีอุณหภูมิผิวสูงผิดปกติ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ตรวจสอบความผิดปกติของพัดลม</li> <li>ตรวจสอบความผิดปกติของมอเตอร์</li> </ul>
11. ตรวจสอบขนาดของมอเตอร์	มอเตอร์ควรใช้งานที่ภาระไม่ต่ำกว่า 80% โดยภาระที่ต่ำกว่า 80% ในทุกๆ 10% ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะลดลงประมาณ 1%	<ul style="list-style-type: none"> <li>หามอเตอร์ในโรงงานที่มีขนาดเหมาะสมมาเปลี่ยน</li> <li>เปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ที่มีขนาดเหมาะสม</li> </ul>
12. ตรวจสอบประวัติการซ่อมมอเตอร์	มอเตอร์ชุดที่เคยใหม่จะมีประสิทธิภาพลดลง โดยการใหม่แต่ละครั้งประสิทธิภาพลดลงประมาณ 4%	<ul style="list-style-type: none"> <li>ควรใช้งานพัดลมที่มอเตอร์เคยใหม่ให้น้อยลง</li> <li>นำมอเตอร์ที่มีขนาดเหมาะสมในโรงงานมาเปลี่ยน</li> <li>เปลี่ยนไปใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง</li> </ul>
13. ตรวจสอบการรั่วของระบบท่อลม	ท่อลมดูดอากาศหรือท่อลมส่งอากาศเมื่อรั่วจะส่งผลให้ปริมาณลมดูดหรือลมส่งที่จุดใช้งานลดลง	<ul style="list-style-type: none"> <li>ซ่อมรั่วในระบบท่อลม</li> </ul>
14. ตรวจสอบตำแหน่งการติดตั้งพัดลม	ระบบท่อดูดและระบบท่อส่งลมควรสั้นที่สุดเพื่อลดการสูญเสียความดันในระบบและเพิ่ม ประสิทธิภาพพัดลม	<ul style="list-style-type: none"> <li>ปรับปรุงแก้ไขตำแหน่งการติดตั้งพัดลม</li> </ul>
15. ตรวจสอบขนาดท่อและจำนวนข้อต่อข้องอ	มีขนาดท่อเล็กและจำนวนข้อต่อข้องอมาก การสูญเสียความดันในระบบสูง	<ul style="list-style-type: none"> <li>ปรับปรุงเพิ่มขนาดท่อและลดจำนวนข้อต่อข้องอ</li> </ul>
16. ตรวจสอบว่าพัดลมมีการหริ่ลมทางเข้า / ทางออกหรือไม่	ควรเปลี่ยนจากการใช้ใบปรับหรือลมเป็นการลดรอบพัดลม	<ul style="list-style-type: none"> <li>ลดรอบโดยการเพิ่มขนาดพูลเลย์ตัวตาม หรือ ลดขนาดพูลเลย์ตัวขับ</li> </ul>
17. ตรวจสอบการสมดุลลมในจุดใช้งานแต่ละจุด	จุดใช้งานแต่ละจุดควรได้รับปริมาณลมตามต้องการ โดยการสมดุลลม	<ul style="list-style-type: none"> <li>ทำการปรับสมดุลลมในจุดใช้งานทั้งหมด</li> </ul>
18. ตรวจสอบการเปิดหัวดูดลมในจุดใช้งานทิ้งไว้	หัวลมดูดที่จุดใช้งานต่างๆ เมื่อไม่ใช้ควรปิดให้สนิท จะส่งผลให้ พัดลมดูดใช้พลัง ไฟฟ้าลดลง	<ul style="list-style-type: none"> <li>รณรงค์และออกข้อกำหนดในการใช้งาน</li> </ul>

รายการตรวจ	เกณฑ์พิจารณา	แนวทางปฏิบัติที่ดี
19. ตรวจสอบตำแหน่งและขนาดของปากทางดูดของพัดลมดูด	ปากทางดูดฝุ่นหรือดูดก๊าซต่างๆ จะต้องอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดของเสียและมีขนาดเหมาะสมเพื่อลดปริมาณลมดูดของพัดลม	<ul style="list-style-type: none"> <li>ออกแบบขนาดปากทางดูดใหม่</li> <li>เลื่อนตำแหน่งปากทางดูดให้ใกล้กับจุดที่เกิดอากาศเสีย</li> </ul>
20. ตรวจสอบว่ามี การเปิดพัดลมทิ้งไว้หรือไม่	พื้นที่ไม่ใช้งานไม่ควรมีการเปิดพัดลมทิ้งไว้	<ul style="list-style-type: none"> <li>รณรงค์และออกข้อกำหนดในการใช้งาน</li> </ul>
21. ตรวจสอบมีการใช้งานพัดลมขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพต่ำหรือไม่	พัดลมเพดานจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าพัดลมโถจร	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปลี่ยนจากพัดลมเพดานเป็นพัดลมโถจร</li> </ul>
22. ตรวจสอบมีการใช้พัดลมขนาดเล็กจำนวนมากหรือไม่	พัดลมขนาดเล็กมีประสิทธิภาพต่ำและใช้อากาศหมุนเวียนซึ่งเป็นอากาศที่ร้อนและสกปรก	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปลี่ยนเป็นพัดลมขนาดใหญ่ที่ดูดอากาศจากภายนอกในจุดที่มีอุณหภูมิต่ำส่งตามท่อลมไปจ่ายในแต่ละจุด</li> </ul>
23. ตรวจสอบระบบระบายอากาศร้อนภายในโรงงาน	ไม่ควรใช้พัดลมติดผนังดูดความร้อนออกจากโรงงานเพราะจะต้องใช้จำนวนมาก เนื่องจากความร้อนได้กระจายตัวไปทั่วโรงงาน	<ul style="list-style-type: none"> <li>ติดตั้งพัดลมดูดขนาดใหญ่และท่อลมเพื่อดูดอากาศเฉพาะจุดที่เกิดความร้อนก่อนที่จะกระจายตัว</li> </ul>

### 7.10 แบบตรวจสอบศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน


แบบตรวจสอบศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานนี้มีประโยชน์ในการค้นหาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานก่อนที่จะดำเนินการตรวจวิเคราะห์เชิงลึก เพื่อหาผลการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

รายการศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	ผลการตรวจสอบศักยภาพ		
	ดำเนินการแล้ว	พร้อมดำเนินการ	ไม่พร้อมดำเนินการ
1. การลดเวลาการเปิดใช้พัดลม			เพราะ...
2. การลดปริมาณลมโดยการหีวาล้ว			เพราะ...
3. การลดการใช้พัดลมชุดที่มอเตอร์เคยใหม่			เพราะ...
4. การซ่อมรูรั่วของโครงพัดลม			เพราะ...
5. การลดขนาดใบพัดลม			เพราะ...

รายการศึกษภาพการอนุรักษ์พลังงาน	ผลการตรวจสอบศักยภาพ		
	ดำเนิน การแล้ว	พร้อม ดำเนินการ	ไม่พร้อม ดำเนินการ
6. การใช้พัดลมขนาดเล็กกลางและประสิทธิภาพสูง			เพราะ...
7. การลดรอบพัดลมโดยการเปลี่ยนพู่ล่ย์			เพราะ...
8. การลดรอบพัดลมโดยการใช้ Invertor			เพราะ...
9. การใช้มอเตอร์ให้ขนาดเหมาะสมกับพัดลม			เพราะ...
10. การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง			เพราะ...
11. การเพิ่มประสิทธิภาพระบบส่งกำลัง			เพราะ...
12. การปิดปากทางดูดที่ไม่ได้ใช้งานของระบบดูดฝุ่นควัน			เพราะ...
13. การซ่อมรูรั่วระบบท่อลมดูดหรือเป่า			เพราะ...
14. การเพิ่มขนาดท่อลมให้ใหญ่ขึ้น			เพราะ...
15. การลดความยาวและข้อต่อข้องระบบท่อลม			เพราะ...
16. การออกแบบปากท่อดูดฝุ่นควัน และระยะห่างให้เหมาะสม			เพราะ...
17. การเปลี่ยนระบบระบายอากาศจากการใช้พัดลมเป่าเฉพาะจุดเป็นการใช้พัดลมขนาดใหญ่ดูดอากาศเย็นจากภายนอกส่งตามท่อลมไปจ่ายในจุดใช้งาน			เพราะ...
18. การเปลี่ยนวิธีดูดลมร้อนทิ้งโดยใช้พัดลมติดผนังโรงงานจำนวนมากเป็นการติดตั้งฝาชี (Hood) ครอบดูดเฉพาะจุดที่เกิดความร้อน			เพราะ...
19. การปรับความตึงของสายพานให้เหมาะสม			เพราะ...
20. การทำความสะอาดใบพัดลมอย่างสม่ำเสมอ			เพราะ...
21. การเปลี่ยนใบพัดลมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น			เพราะ...
22. การทำความสะอาดกรองอากาศอย่างสม่ำเสมอ			เพราะ...
23. การเลือกใช้ชนิดพัดลมให้เหมาะสมกับการใช้งาน			เพราะ...
24. การติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่มอเตอร์พัดลม			เพราะ...

## 7.11 โปรแกรมวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

เพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนในการวิเคราะห์ผลการอนุรักษ์พลังงาน จึงทำเป็นโปรแกรม Microsoft Excel โดยผู้ใช้งานข้อมูลเบื้องต้น และข้อมูลตรวจวัดกรอกลงในช่องว่าง โปรแกรมจะคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงานที่ถูกต้องได้ทันที

มาตรการที่ 1 การลดขนาดใบพัด
<b>1. หลักการและเหตุผล</b>
<p>โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งพัดลมใช้ในการส่งจ่ายลมจำนวน 1 ตัว ขนาดพิกัด 5 HP (3.7 kW) เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดพัดลม 20 นิ้ว ความเร็วรอบของพัดลม 1,250 rpm อัตราการไหล 35 ลบ.ม.ต่อนาที เฮด 5 นิ้วน้ำใช้งาน 10 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี อัตราค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย ทางโรงงานต้องการ ลดอัตราการไหลลงเหลือ 30 ลบ.ม.ต่อนาที</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><b>รูปพัดลมที่ลดขนาดใบพัด</b></p>
<b>2. สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์</b>
<b>2.1 สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเทคนิค</b>
<p>2.1.1 เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดที่ปรับลด = เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดก่อนปรับลด x (อัตราการไหลของไหลหลังปรับลด / อัตราการไหลของไหลก่อนปรับลด)</p> <p>2.1.2 กำลังของพัดลมหลังลดขนาดใบพัด = (เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดหลังปรับลด / เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดก่อนปรับลด)<sup>3</sup> x กำลังของพัดลมก่อนปรับปรุง</p>
<b>2.2 สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์การลงทุน</b>
<p>2.2.1 ระยะเวลาคืนทุน (y)</p> $PB = \text{เงินลงทุนในการเปลี่ยนใบพัด (฿)} / \text{ค่าพลังงานที่ลดลง (฿/y)}$
<b>3. การวิเคราะห์ข้อมูล</b>
<p>ใช้โปรแกรม excel ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยป้อนข้อมูลเบื้องต้นและข้อมูลตรวจวัดใส่ในช่องสีฟ้า</p>

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
<b>1. ข้อมูลเบื้องต้น</b>				
1.1 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	$E_C$	บาท/kWh	3.00	จากใบแจ้งหนี้ค่าไฟ
1.2 ชั่วโมงการใช้งานต่อปี	$h_r$	hr/y	3,000.00	จากการใช้งานจริง
1.3 อัตราการไหลของอากาศหลังปรับปรุง	$Q_2$	$m^3/min$	30.00	การใช้งานจริง
1.4 เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดก่อนปรับปรุง	$D_1$	นิ้ว	20.00	ข้อมูลของพัดลม
1.5 เหนือของพัดลมก่อนปรับปรุง	$H_1$	นิ้วน้ำ	5.00	ข้อมูลของพัดลม
1.6 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	CI	บาท	5,000.00	จากการประเมิน
<b>2. ข้อมูลตรวจวัด</b>				
2.1 กำลังของพัดลมก่อนปรับปรุง	$P_1$	kW	3.70	จากการตรวจวัด
2.2 อัตราการไหลของอากาศก่อนปรับปรุง	$Q_1$	$m^3/min$	35.00	จากการตรวจวัด
<b>3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค</b>				
3.1 เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดที่ปรับลด $D_2 = \left( \frac{Q_2}{Q_1} \right) \times D_1$	$D_2$	นิ้ว	17.14	
3.2 เหนือของพัดลมหลังลดขนาดใบพัด $H_2 = \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2 \times H_1$	$H_2$	นิ้วน้ำ	3.67	
3.3 กำลังของพัดลมหลังลดขนาดใบพัด $P_2 = \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^3 \times P_1$	$P_2$	kW	1.71	



รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
3.4 พลังงานไฟฟ้าลดลงต่อปี $E_s = (P_1 - P_2) \times \text{hr}$	$E_s$	kWh/y	5,970.00	
3.5 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง $S_c = (E_s \times E_c)$	$S_c$	บาท/ปี	17,910.00	
<b>4. การวิเคราะห์การลงทุน</b>				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C_1 / S_c$	PB	y	0.28	
<b>5. สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์</b>				
5.1 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	$E_s$	kWh/y	5,970.00	
5.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง	$S_c$	บาท/ปี	17,910.00	
5.3 ระยะเวลาคืนทุน	PB	y	0.28	
หมายเหตุ : ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณในเบื้องต้นอาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงดังนั้น ในทางปฏิบัติควรนำค่าพลังไฟฟ้าจากการตรวจวัดมาคำนวณเพื่อหาผลประหยัดจริง				

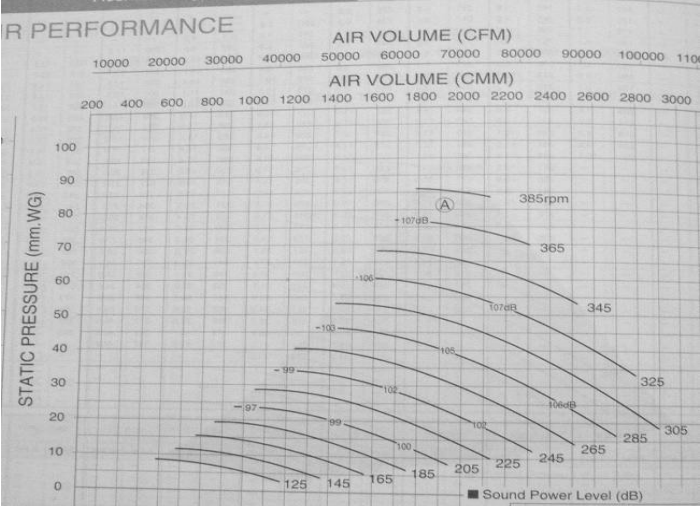
มาตรการที่ 2 การปรับความเร็วรอบของพัดลม	
1. หลักการและเหตุผล	
<p>โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งพัดลมใช้ในการส่งจ่ายลมจำนวน 1 ตัว ขนาดพิกัด 5 HP (3.7 kW) เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดพัดลม 20 นิ้ว ความเร็วรอบของพัดลม 1,250 rpm อัตราการไหล 35 ลบ.ม.ต่อนาที เฮด 15 นิ้วน้ำใช้งาน 10 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี อัตราค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย ทางโรงงานต้องการ ลดอัตราการไหลลงเหลือ 30 ลบ.ม.ต่อนาทีโดยวิธีการลดความเร็วรอบลง เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน</p>	
	
รูปพัดลมที่จะปรับลดรอบ	รูปอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ
2. สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์	
2.1 สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเทคนิค	
<p>2.1.1 ความเร็วรอบของพัดลมที่ปรับลด = ความเร็วรอบก่อนปรับลด x ( อัตราการไหลของอากาศหลังปรับลด / อัตราการไหลของอากาศก่อนปรับลด)</p> <p>2.1.2 กำลังของพัดลมหลังลดรอบ = (ความเร็วรอบหลังปรับลด / ความเร็วรอบก่อนปรับลด)<sup>3</sup> x กำลังของพัดลมก่อนปรับลด</p>	
2.2 สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์การลงทุน	
<p>2.2.1 ระยะเวลาคืนทุน (y)</p> $PB = \text{เงินลงทุนที่ใช้ (฿)} / \text{ค่าพลังงานที่ลดลง (฿/y)}$	
3. การวิเคราะห์ข้อมูล	
ใช้โปรแกรม excel ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยป้อนข้อมูลเบื้องต้นและข้อมูลตรวจวัดได้ในช่องสีฟ้า	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
<b>1. ข้อมูลเบื้องต้น</b>				
1.1 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	$E_C$	บาท/kWh	3.00	ใบแจ้งหนี้ค่าไฟ
1.2 ชั่วโมงการใช้งานต่อปี	$h_r$	hr/y	3,000.00	การใช้งานจริง
1.3 อัตราการไหลของอากาศหลังปรับ	$Q_2$	$m^3/min$	30.00	การใช้งานจริง
1.4 เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดก่อนปรับ	$D_1$	นิ้ว	20.00	ข้อมูลของพัดลม
1.5 ความเร็วรอบของพัดลมก่อนปรับ	$N_1$	rpm	1,250.00	ข้อมูลของพัดลม
1.6 เหนดของพัดลมก่อน	$H_1$	นิ้วน้ำ	15.00	ข้อมูลของพัดลม
1.7 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	$C_1$	บาท	20,000.00	จากการประเมิน
<b>2. ข้อมูลตรวจวัด</b>				
2.1 กำลังของพัดลมก่อนปรับลด	$P_1$	kW	3.70	จากการตรวจวัด
2.2 อัตราการไหลของอากาศก่อนปรับปรุง	$Q_1$	$m^3/min$	35.00	จากการตรวจวัด
<b>3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค</b>				
3.1 ความเร็วรอบหลัง $N_2 = \left( \frac{Q_2}{Q_1} \right) \times N_1$	$N_2$	rpm	1,071.43	
3.2 เหนดของพัดลมหลังลดความเร็วรอบ $H_2 = \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 \times H_1$	$H_2$	นิ้วน้ำ	11.02	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มา
3.3 กำลังของพัดลมหลังลดความเร็วรอบ $P_2 = \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^3 \times P_1$	$P_2$	kW	2.33	
3.4 พลังงานไฟฟ้าลดลงต่อปี $E_s = (P_1 - P_2) \times \text{hr}$	$E_s$	kWh/y	4,110.00	
3.5 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง $S_c = (E_s \times E_c)$	$S_c$	บาท/ปี	12,330.00	
<b>4. การวิเคราะห์การลงทุน</b>				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C_1 / S_c$	PB	y	1.62	
<b>5. สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์</b>				
5.1 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	$E_s$	kWh/y	4,110.00	
5.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง	$S_c$	บาท/ปี	12,330.00	
5.3 ระยะเวลาคืนทุน	PB	y	1.62	
หมายเหตุ : ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณในเบื้องต้นอาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงดังนั้น ในทางปฏิบัติควรนำค่าพลังไฟฟ้าจากการตรวจวัดมาคำนวณเพื่อหาผลประหยัดจริง				

## 7.12 กรณีศึกษา

กรณีศึกษาถือเป็นต้นแบบของมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ประสบผลสำเร็จในการอนุรักษ์พลังงานที่โรงงานสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดผลการอนุรักษ์พลังงานที่เป็นรูปธรรมต่อไป

กรณีศึกษาที่ 1 : การลดความเร็วรอบพัดลมโดยเปลี่ยนขนาด Pulley
<b>1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน</b>
สถานประกอบการใช้พัดลมเครื่องบด Jacobson ขนาดพิกัด 45 kW จำนวน 15 ชุด เพื่อส่งอาหารสัตว์บดไปตามท่อลมความเร็วสูงในปริมาณที่ต้องการของกระบวนการผลิต โดยใช้ Damper ที่ติดตั้งบริเวณท่อส่งลมเป็นตัวปรับปริมาณลมที่ส่งอาหารสัตว์ มีการใช้งาน 24 ชั่วโมง/วัน 300 วัน/ปี
<b>2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง</b>
การปรับลดปริมาณลมส่งด้วยการหรี Damper นั้นเป็นการเพิ่มแรงเสียดทานในระบบท่อลม โดยส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการขับพัดลมลดลงเล็กน้อยเท่านั้น
<b>3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน</b>
การลดปริมาณอากาศที่ส่งโดยการลดความเร็วรอบของพัดลมจะส่งผลให้ลดแรงเสียดทานในระบบท่อลม ซึ่งส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ขับพัดลมลดลงเป็นกำลังสามของรอบที่ลดลง และจาก Performance Fan Curve ของพัดลมจะเห็นว่าเมื่อความเร็วรอบลดลงกำลังที่ใช้ขับพัดลมจะลดต่ำลง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า อัตราการไหลของลมและรอบการหมุนของพัดลม</li> <li>2. ทำการเปิด Damper ให้กว้างสุด (100%) แล้วใช้อุปกรณ์ปรับลดรอบมอเตอร์ (VSD) ลดรอบจนได้อัตราการไหลของลมเท่าเดิม</li> <li>3. ทำการวัดรอบของพัดลมเพื่อนำไปวิเคราะห์หาขนาด Pulley ที่เหมาะสม</li> <li>4. ติดตั้ง Pulley แล้วทำการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า อัตราการไหลของลมและรอบการหมุนของพัดลม</li> <li>5. นำกำลังที่พัดลมใช้ก่อนและหลังการเปลี่ยน Pulley ไปวิเคราะห์หาพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด</li> </ol>

<b>รูปที่ 7.12-1 แสดงคุณลักษณะการทำงานของพัดลม (Performance Fan Curve)</b>

#### 4. สภาพก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจพบว่าพัดลมเครื่องบด Jacobson No.10 มีการหรี Damper ไว้ที่ 60% โดยทำการตรวจวัดพบว่าใช้กำลังไฟฟ้า 36.3 kW อัตราการไหลของลม 5,755 m<sup>3</sup>/hr แรงเสียดทานสถิต 24.0 in.WG. รอบการหมุนของพัดลม 3,140 RPM ขนาดPulley ขับ/ตาม 475/224 mm.

รายละเอียด	จุดทำงานเดิม	จุดทำงานใหม่
อัตราการไหล(m <sup>3</sup> /hr)	5,755	5,755
แรงเสียดทานสถิต(in.WG.)	24.0	14.0
รอบมอเตอร์พัดลม(RPM)	3,140	2,500
ขนาดPulley ขับ/ตาม(mm.)	475/224	475/280
กำลังไฟฟ้า(kW)	36.3	19.0



รูปที่ 7.12-2 แสดงการหรี Damper และ Pulley เดิมของพัดลมเครื่องบด Jacobson

#### 5. สภาพหลังปรับปรุง

ทำการเปิด Damper ไว้ที่ 100 % และเพิ่มขนาด Pulley ตัวตามจาก 224 mm. เป็น 280 mm.จากการตรวจวัดพบว่าใช้กำลังไฟฟ้า 19.0 kW อัตราการไหลของลม 5,755 m<sup>3</sup>/hr แรงเสียดทานสถิต 14.0 in.WG. รอบการหมุนของพัดลม 2,500 RPM

#### 6. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

เวลาการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ก่อนลดรอบ =	36.3	kW
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ หลังลดรอบ =	19.0	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง =	(กำลังไฟฟ้าเดิม – กำลังไฟฟ้าใหม่) x ชั่วโมงทำงาน x วันทำงานต่อปี	
	= ( 36.3 - 19.0 ) x 24 x 300	
	<b>124,560</b>	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ =	124,560 x 2.60	
	<b>323,856</b>	บาท/ปี



7. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน			
เงินลงทุน (ติดตั้งเอง)	=	2,000	บาท
ประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้า	=	323,856	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	2,000/323,856	
	=	0.01	ปี

กรณีศึกษาที่ 2 : การลดขนาดใบพัดของพัดลม
<b>1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน</b>
สถานประกอบการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำโดยใช้ระบบการเผาไหม้เชื้อแบบฟลูอิด ไคซ์เบด (Fluidized bed) ซึ่งใช้พัดลมเป่าทรายที่ใช้เป็นวัสดุเบด (Bed materials) ด้วยความดันที่เหมาะสมเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สุด โดยพัดลมใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนขนาดพิกัด 37 kW ทำการปรับอัตราการไหลของลมด้วย Damper มีการใช้งาน 24 ชั่วโมง/วัน 365 วัน/ปี
<b>2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง</b>
การออกแบบและติดตั้งพัดลมที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานในระบบท่อลมเมื่อทำการลดปริมาณลมด้วยวิธีการหรี่แฉมเปอร์ (Damper)
<b>3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน</b>
การลดอัตราการไหลของลมด้วยการเปลี่ยนใบพัดให้มีขนาดลดลงจะส่งผลให้มอเตอร์ใช้กำลังในการขับพัดลมน้อยลงในขณะที่อัตราการไหลเท่าเดิม แต่การลดอัตราการไหลที่มากเกินไปอาจทำให้ความดันของลมที่ส่งต่ำกว่าที่ต้องการได้ โดยดำเนินการดังนี้
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตรวจสอบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ อัตราการไหลของลม ความดันในการส่งลม</li> <li>2. ตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะของพัดลมชุดนั้นจากผู้ผลิต</li> <li>3. เลือกขนาดใบพัดลมที่มีอัตราการไหล และความดันตามต้องการ</li> <li>4. ติดตั้งใบพัดพร้อมกับหรี่แฉมเปอร์ให้ได้ปริมาณลมตามต้องการ</li> <li>5. ตรวจสอบกำลังไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์</li> <li>6. วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน</li> </ol>
<b>4. สภาพก่อนปรับปรุง</b>
ขณะที่ปรับแฉมเปอร์ (Damper) ด้านดูดของพัดลมประมาณ 60 % และขนาดของใบพัดเดิมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 708 มิลลิเมตร มอเตอร์ขับเคลื่อนใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 24.67 kW



รูปที่ 7.12-3 พัดลมเป่าทรายและการปรับหรีดแอมเปอร์ ก่อนลดขนาดใบพัด

### 5. สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากทดลองเปลี่ยนใบพัดอันใหม่ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลดลงจาก 708 มิลลิเมตรเป็น 670 มิลลิเมตร และปรับแอมเปอร์พัดลมใหม่ (เปิด 80 %) ให้ได้ปริมาณอากาศเท่าเดิม พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนพัดลมลดลงจาก 24.67 kW เป็น 18.90 kW



รูปที่ 7.12-4 ใบพัดของพัดลมเป่าทรายชุดใหม่และการปรับแอมเปอร์พัดลมใหม่ (เปิดให้มากขึ้น)

### 6. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

$P_1$	คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ก่อนปรับปรุง	=	24.67	kW
$P_2$	คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ หลังปรับปรุง	=	18.90	kW
$N$	คือ จำนวนมอเตอร์ ที่ปรับปรุง	=	1	ชุด
$h$	คือ จำนวนชั่วโมงทำงาน	=	24	ชั่วโมงต่อวัน
$d$	คือ จำนวนวันทำงานต่อปี	=	300	วันต่อปี
$O_p$	คือ เปอร์เซนต์การทำงานของมอเตอร์	=	0.90	
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	$N \times (P_1 - P_2) \times h \times d \times O_p$		
	=	$1 \times (24.67 - 18.90) \times 24 \times 300 \times 0.90$		
	=	<b>37,390</b>		kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	$37,390 \times 2.63$		
	=	<b>98,336</b>		บาท/ปี

7. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน			
เงินลงทุน	=	20,000	บาท
ประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้า	=	98,336	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	20,000/98,336	
	=	0.20	ปี

กรณีศึกษาที่ 3 : การติดตั้ง Timer ลดเวลาการใช้พัดลมเป่ายางเพื่อระบายความร้อน			
<b>1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน</b>			
สถานประกอบการใช้พัดลมขนาด 0.74 kW จำนวน 10 ชุด เพื่อระบายร้อนให้กับยางที่ออกจากเครื่องผสมซึ่งมีอุณหภูมิ 78 องศาเซลเซียส โดยเปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง/วัน 298 วัน/ปี			
<b>2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง</b>			
การระบายความร้อนให้กับยางนั้นจะใช้เวลาประมาณ 10 นาที อุณหภูมิยางจะเท่ากับอุณหภูมิแวดล้อม ซึ่งในทางปฏิบัติพนักงานจะเปิดพัดลมทิ้งไว้ตลอดเวลา ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่เกิดประโยชน์			
<b>3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน</b>			
ทำการติดตั้งระบบตรวจจับชิ้นงานที่ป้อนเข้าเครื่อง ถ้ามีชิ้นงานพัดลมจะทำงาน และทำงานเพียง 10 นาที ซึ่งเป็นเวลาเพียงพอที่จะลดอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม โดยตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ขับพัดลมใช้ และบันทึกเวลาในขณะที่พัดลมหยุดทำงานหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม			
<b>4. สภาพก่อนปรับปรุง</b>			
กำลังไฟฟ้าที่พัดลมใช้เฉลี่ยประมาณ 0.32 kW เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง/วัน 298 วัน/ปี			
<b>5. สภาพหลังปรับปรุง</b>			
หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของพัดลม พบว่าชั่วโมงการทำงานลดลงประมาณ 6 ชั่วโมง/วัน ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงาน			
<b>6. การวิเคราะห์ทางเทคนิค</b>			
กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้เฉลี่ยต่อชุด	=	0.32	kW
จำนวนพัดลมเป่ายาง	=	10	ชุด
ชั่วโมงทำงานของพัดลมลดลง	=	6	ชั่วโมง/วัน
ชั่วโมงทำงานใน 1 ปี	=	298	วัน
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	=	3	บาท/kWh
พลังงานที่ประหยัดได้	=	0.32x10x745	
	=	5,721.60	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	5,721.6 x 3.00	
	=	17,164.80	บาทต่อปี

7. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน			
เงินลงทุน	=	25,000	บาท
ประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้า	=	17,164.80	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	25,000/17,164.80	
	=	1.46	ปี

#### กรณีศึกษาที่ 4: การลดการเปิดใช้ฟาร์มเพดาน

##### 1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในการขนส่งเครื่องปั้นดินเผาของโรงงานผ่านระบบสายพานและรถเลื่อนนั้น ได้มีการสถานประกอบการติดตั้งฟาร์มบนเพดาน เพื่อระบายความร้อนเป็นจำนวนมาก จึงทำการลดจำนวนการเปิดในส่วนที่มากเกินไป ความจำเป็นลง 20% และลดเวลาการเปิดช่วงเวลา 18.00-22.00 น.

##### 2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การเปิดฟาร์มในจำนวนมากเกินไปความจำเป็นและในช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่เกิดประโยชน์ และทำให้อายุการใช้งานลดลงรวมทั้งค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูง

##### 3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

ทำการสำรวจจำนวนฟาร์มที่ไม่จำเป็นต้องใช้งานและฟาร์มที่สามารถปิดได้แล้วทำการตรวจวัดการใช้กำลังไฟฟ้า เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน

##### 4. สภาพก่อนปรับปรุง

ฟาร์มที่สามารถยกเลิกการใช้งานได้ จำนวน 20 ตัว ใช้กำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ต่อตัว มีชั่วโมงการใช้งานปกติ 16 ชั่วโมงต่อวัน 350 วันต่อปี ฟาร์มที่สามารถปิดการใช้งานในช่วงเวลา 18.00-22.00 น. วันละ 4 ชั่วโมง จำนวน 702 ตัว ใช้กำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ต่อตัว



รูปที่ 7.12-5 ลดการเปิดใช้งานฟาร์มเพดานในบริเวณโรงผลิต จำนวน 20 ตัว

##### 5. สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินงานดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิตและประสิทธิภาพในการทำงาน



รูปที่ 7.12-6 แสดงการยกเลิกการใช้พัดลมเพดานบริเวณส่วนลำเลียงผลิตภัณฑ์

#### 6. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

การยกเลิกการเปิดใช้งานพัดลมเพดานจำนวน 20 ตัว

$$\begin{aligned}
 \text{ผลประหยัดที่ได้} &= P1 \times N1 \times H \times D / 1000 \\
 &= 100 \times 20 \times 16 \times 350 / 1000 \\
 &= \mathbf{11,200} \quad \text{kWh ต่อปี}
 \end{aligned}$$

การลดการเปิดใช้งานพัดลมเพดานในช่วงเวลา 18.00-22.00 น. จำนวน 702 ตัว

$$\begin{aligned}
 \text{ผลประหยัดที่ได้} &= P2 \times N2 \times H2 \times D / 1000 \\
 &= 100 \times 702 \times 4 \times 350 / 1000 \\
 &= \mathbf{98,280} \quad \text{kWh ต่อปี}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้รวม} &= 11,200 + 98,280 \\
 &= \mathbf{109,480} \quad \text{kWh ต่อปี} \\
 &= 109,480 \times 2.7 \\
 &= \mathbf{295,596} \quad \text{บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

#### กรณีศึกษาที่ 5: การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบพัดลมระบายอากาศ

##### 1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงพ่นสีของสถานประกอบการติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาดพิกัด 110 kW จำนวนทั้งหมด 3 ชุด เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีแรงลมในการดูดมากกว่าความต้องการใช้งานทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยไม่เกิดประโยชน์

##### 2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การติดตั้งและใช้งานพัดลมระบายอากาศที่มีขนาดใหญ่กว่าความต้องการใช้งานจริงมากส่งผลให้มอเตอร์ต้องใช้กำลังไฟฟ้าในการขับพัดลมมากขึ้น

### 3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

ทำการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า และอัตราการไหลของอากาศเพื่อให้ทราบว่าการไหลของอากาศมากกว่าความต้องการใช้เป็นร้อยละเท่าใด ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์หาผลการประหยัดพลังงานจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมรอบมอเตอร์

### 4. สภาพก่อนปรับปรุง

มอเตอร์พัดลมใช้กำลังไฟฟ้า 83.97 kW ที่ความถี่ 50 Hz ใช้งาน 24 ชั่วโมง/วัน 365 วัน/ปี



รูปที่ 7.12-7 แสดงมอเตอร์พัดลมระบายอากาศ

### 5. สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบที่มอเตอร์ของพัดลมระบายอากาศ โดยปรับตั้งความถี่ไว้ที่ 40 Hz พบว่าสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้า 358,961.67 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 897,404.18 บาท/ปี โดยมีระยะเวลาคืนทุน 0.99 ปี



รูปที่ 7.12-8 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบที่มอเตอร์พัดลมระบายอากาศ

6. การวิเคราะห์ทางเทคนิค			
กำลังไฟฟ้าที่พัฒนาใช้เฉลี่ย	=	83.97	kW
ความถี่ก่อนปรับลด	=	50	Hz
ความถี่หลังปรับลด	=	40	Hz
กำลังไฟฟ้าที่พัฒนาใช้หลังปรับลด	=	$\left(\frac{kW_1}{kW_2}\right) = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^3$	
	=	(40/50) <sup>3</sup> x 83.97	
	=	42.99	kW
กำลังไฟฟ้าที่พัฒนาใช้ลดลง	=	83.97-42.99	
	=	40.98	kW
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	40.98 x 24 x 365	
	=	<b>358984.8</b>	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	358,984.8 x 2.50	
	=	<b>897,462.00</b>	บาท/ปี
7. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน			
เงินลงทุน	=	<b>884,000.00</b>	บาท
ผลประโยชน์ที่ได้	=	<b>897,462.00</b>	บาทต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	884,000.00/ 897,462.00	
	=	<b>0.98</b>	ปี

กรณีศึกษาที่ 6 : การปรับลดความเร็วรอบมอเตอร์พัดลมดูดอากาศในห้องพ่นสีให้เหมาะสม
<b>1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน</b>
สถานประกอบการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกสำหรับรถยนต์ โดยมีชั่วโมงการทำงานวันละ 24 ชั่วโมง และทำงาน 365 วันต่อปี ในกระบวนการผลิต มีการใช้งานห้องพ่นสีเพื่อให้ได้สีตามต้องการและในห้องพ่นสีมีพัดลมดูดอากาศเข้าห้องและใช้งานส่วนอื่นๆจำนวน 6 ชุด โดยมีขนาด 95 ,18.5, 7.5, 5.5 และขนาด 30 kW จำนวน 2 ตัว
<b>2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง</b>
พัดลมทั้ง 6 ชุดได้ติดตั้ง inverter ที่ความถี่ 50 Hz ซึ่งเป็นการติดตั้งที่ไม่เหมาะสม เพราะ inverter ควรใช้งานสำหรับการปรับความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขการใช้งาน ซึ่งจะทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า





รูปที่ 7.12-9 อินเวอร์เตอร์และมอเตอร์พัดลมดูดอากาศในห้องพนัสนี

### 3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

โรงงานทดลองปรับลดความถี่ลงและได้ตรวจสอบปริมาณลมที่ดูดเข้าห้องพนัสนีและใช้งานในจุดอื่นๆ พบว่าที่ความถี่ 44-45 Hz ปริมาณลมและแรงดันใช้งาน ได้เพียงพอต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และจากการปรับลดความถี่ทำให้กำลังไฟฟ้าลดลง 42.57 kW (ข้อมูลจากผลการตรวจวัด คือ ก่อนปรับความถี่ใช้กำลังไฟฟ้ารวม 143.85 kW หลังปรับความถี่ใช้กำลังไฟฟ้ารวม 101.28 kW)



### 4. สภาพหลังปรับปรุง

หลังปรับปรุงสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 372,913 kWh / y

### 5. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

การปรับลดรอบมอเตอร์พัดลมดูดอากาศในห้องพนัสนี

รายละเอียด	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูลที่ใช้	แหล่งข้อมูล
<b>ข้อมูล</b>				
กำลังไฟฟ้ารวมที่ลดลงเมื่อปรับความถี่	kW	kW1	42.57	ตรวจวัด
ชั่วโมงที่ใช้งานต่อวัน	h/d	h	24	ประเมิน
จำนวนวันใช้งานต่อปี	h/d	d	365	ประเมิน
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	UF	100	ประเมิน
ราคาพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย	B/kWh	CE	3.1	บิลไฟฟ้า
<b>การคำนวณ</b>				
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	kWh/y	$E_o$	372,913	
ราคาพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $E_c = E_s \times CE$	B/y	$S_E$	1,156,031	

กรณีศึกษาที่ 7 : การเปลี่ยนพัดลมดูดอากาศจากแบบ Centrifugal เป็น แบบ Axial
<p><b>1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน</b></p>
<p>สถานประกอบการผลิตอาหารสัตว์ ในส่วนของ line การผลิตภายในโรงงานมีการใช้พัดลมระบายอากาศเพื่อทำการระบายอากาศร้อนภายในโรงงานให้กับพนักงาน โดยพัดลมระบายอากาศที่ทางโรงงานใช้เป็นแบบ Centrifugal จากการตรวจวัดพบว่าใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 11.19 kW ในการเปิดพัดลมโรงงานจะทำการเปิดใช้งานวันละ 24 ชั่วโมง 312 วันต่อปี</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;"><b>รูปที่ 7.12-10 พัดลม Centrifugal ที่ทางโรงงานใช้งาน</b></p>
<p><b>2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง</b></p>
<p>จากการสำรวจพบว่าตำแหน่งการติดตั้งของพัดลม Centrifugal อยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม และจากการศึกษาชนิดของพัดลม พบว่าพัดลมระบายอากาศแบบ axial หรือ พัดลมแบบไหลตามแนวแกนใช้พลังงานน้อยกว่าเมื่อเทียบกับแบบ Centrifugal ทางโรงงานจึงมีแนวคิดที่จะเปลี่ยนชนิดของพัดลมระบายอากาศเป็นแบบ Axial fan</p>
<p><b>3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน</b></p>
<p>ทำการปรับปรุงโดย ทำการติดตั้งพัดลม axial fan เข้าไปแทนที่พัดลม Centrifugal fan โดยทำการติดตั้งใหม่ในตำแหน่งที่เหมาะสมกับการระบายอากาศของโรงงาน ในการดำเนินการติดตั้งมอบหมายให้แผนกช่างซ่อมบำรุงของทางโรงงานเป็นผู้ดำเนินการ</p>
<p><b>4. สภาพหลังปรับปรุง</b></p>
<p>หลังปรับปรุงพบว่าการระบายอากาศของทางโรงงานสามารถระบายอากาศได้ตามปกติ โดยไม่กระทบกับสิ่งแวดล้อมของพนักงาน จากการตรวจวัดพบว่าพัดลม axial fan ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 740 W ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานของโรงงานลงได้ โดยคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ 78,249.6 kWh/y</p>



รูปที่ 7.12-11 การติดตั้งพัดลม axial fan หลังดำเนินการ

### 5. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

จากการตรวจวัดได้ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

พลังไฟฟ้าของพัดลม Centrifugal fan จากการตรวจวัด	=	11.19	kW
พลังไฟฟ้าของพัดลม Axial fan จากการตรวจวัด	=	0.74	kW
ชั่วโมงการใช้งานของพัดลมระบายอากาศ	=	24	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันใช้งานของพัดลมระบายอากาศ	=	312	วัน/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าของโรงงาน	=	3.00	บาท/kWh
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้	=	$(11.19-0.74) \times 24 \times 312$	
kWh/year	=	<b>78,249.6</b>	kWh/year
คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด	=	$78,249.6 \times 3.00$	บาท/ปี
	=	<b>234,748.8</b>	บาท/ปี

### 6. การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

เงินลงทุน	=	<b>15,000</b>	บาท
ผลการประหยัด	=	<b>234,748.8</b>	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	$15,000/234,748.8$	
	=	<b>0.063</b>	ปี

**กรณีศึกษาที่ 8 : การลดการเดิน Blower เต็มอากาศบ่อบำบัดน้ำเสีย****1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน**

สถานประกอบการประเภทอาหารทำการผลิตไส้กรอก มีการใช้งานบ่อบำบัดน้ำเสีย โดยทำการติดตั้ง Aerator Blower สำหรับเติมอากาศในบ่อบำบัดน้ำเสีย ขนาดมอเตอร์ 15 kW จำนวน 3 ชุด และ Mixing Blower ขนาด 11 kW จำนวน 2 ชุด โดยจะทำการเปิด Blower ครั้งละ 2 ชุด เปิดใช้งานวันละ 24 ชั่วโมง 365 วันต่อปี

**2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง**

โรงงานทำการเปิด Blower สำหรับเติมอากาศจำนวน 2 ชุดต่อวัน โดยเปิดชุดที่ 2 มีขนาด 15 kW จำนวน 1 ชุด และชุดที่ 1 ขนาด 11 kW จำนวน 1 ชุด เพื่อใช้เติมอากาศให้กับบ่อบำบัดน้ำเสีย การเปิด Blower ที่มากเกินไปทำให้สิ้นเปลืองการใช้พลังงาน

ตำแหน่ง	พลังไฟฟ้า (kW)
Aerator Blower No 2 (15 kW)	9.68
Mixing Blower No.1 (11 kW)	8.45



รูปที่ 7.12-12 Blower เต็มอากาศบ่อบำบัดน้ำเสีย

**3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน**

ทีมงานทำการตรวจสอบระบบบ่อบำบัดน้ำเสียว่าค่าที่ใช้ในการควบคุมอยู่ในระดับที่กำหนดไว้ จึงเห็นว่าการเปิด Aerator Blower ขนาด 15 kW เพียงชุดเดียวก็เพียงพอ จึงทำการลดการเปิดใช้งาน Mixing Blower ขนาด 11 kW ลง 1 ชุด ทำให้โรงงานสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

**4. สภาพหลังปรับปรุง**

หยุดเดิน Mixing Blower เต็มอากาศขนาด 11 kW ลง 1 ชุดเหลือเดินใช้งานขนาด 15 kW เพียงชุดเดียวทำให้ลดการใช้พลังงานได้



5. การวิเคราะห์ทางเทคนิค			
พลังไฟฟ้า Mixing Blower No.1 ใช้	=	8.45	kW
ชั่วโมงการเปิดใช้งาน	=	24 x 365	
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	8.45 x 24 x 365	
	=	<b>74,022.00</b>	kWh/y
ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย	=	3.35	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	74,022.00 x 3.35	
	=	<b>247,973.70</b>	บาท/ปี

### กรณีศึกษาที่ 9 : ลดการใช้งานพัดลมระบายความร้อนในห้องหม้อแปลง

#### 1. ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

หม้อแปลงของโรงงานขนาด 115 kV / 380 V จำนวน 11 ชุด ติดตั้งภายในห้องหม้อแปลง 4 ห้อง ( ไม่มีเครื่องปรับอากาศ ) รอบโรงงาน ระบายความร้อนด้วยอากาศจากพัดลมไฟฟ้า โดยที่ตัวหม้อแปลงเองมีพัดลมขนาด 180 วัตต์ 2 ชุด ต่อหม้อแปลง รวม 22 ชุด และติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 73 วัตต์ ที่ห้องหม้อแปลงทุกห้องจำนวน 10 ชุด

#### 2. ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เนื่องจากพัดลมระบายอากาศถูกเปิดไว้ตลอดเวลาแม้บางช่วงซึ่งไม่มีการผลิต ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน



#### 3. แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

ดำเนินการติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิเพื่อใช้ในการปิดพัดลมระบายความร้อนในช่วงภาระหม้อแปลงน้อย

#### 4. สภาพหลังปรับปรุง

ต่อพัดลมเข้ากับชุดควบคุมอุณหภูมิ ( Thermostat ) ทำให้สามารถ ตัดการทำงานของพัดลมระบายอากาศได้ในช่วงที่ภาระหม้อแปลงน้อยได้แก่ช่วง On Peak เวลา 18.30 – 21.30 น. ทุกวันและช่วงหยุดการผลิตประมาณ 65 วัน / ปี



### 5. การวิเคราะห์ทางเทคนิค

พัฒนาระบายความร้อนที่ตัวหม้อแปลงมี 22 ชุด ชุดละ 180 วัตต์ คิดเป็น 3.96 kW	
พัฒนาระบายความร้อนที่ห้องหม้อแปลงมี 10 ชุด ชุดละ 73 วัตต์ คิดเป็น 0.73 kW	
รวมเป็น	= 3.96 + 0.73
	= 4.96 kW
เวลาที่สามารถหยุดการใช้งานพัฒนาระบายความร้อนได้เท่ากับ 3 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 300 วันต่อปี และช่วงไม่มีการผลิตประมาณ 65 วัน/ปี	
ผลประหยัด	= (4.96 x 3 x 300)+(4.96 x 19 x 65)
	= 10,590 kWh / ปี
อัตราค่าไฟ TOD 1.7 บาท / kWh + FT (0.84 บาท / kWh) = 2.54 บาท / kWh	
คิดเป็นค่าใช้จ่าย	= 10,590 x 2.54
	= 27,322 บาท / ปี
คิดเป็นเงินช่วง On Peak	= 4.96 kW x 224.3 บาท / kW x 12 เดือน
	= 13,350 บาท
คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	= 27,322 + 13,350
	= 40,672 บาท / ปี

## สรุปเนื้อหาวิชา

<b>1. หน้าที่ของพัดลม</b>
พัดลมทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานกลเป็นพลังงานการไหลเพื่อส่งลมในปริมาณที่ต้องการไปยังจุดต่างๆ อุปกรณ์ส่งลมที่ทำความดันได้ต่ำกว่า 1 เมตรน้ำเรียกว่าพัดลม ถ้าสูงกว่าเรียกว่า โบลเวอร์ แต่ถ้าสูงกว่า 10 เมตรน้ำ เรียกว่า เครื่องอัดอากาศ
<b>2. การกำหนดความหมายของคำว่า Fan , Blower และ Air Compressor</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>แฟน (Fan)</b> ใช้เรียกอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดันที่น้อยกว่า 1 เมตรน้ำ หรือ 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb/in<sup>2</sup>) หรือ 27.7 นิ้วของน้ำ หรือ 1,000 มิลลิเมตรน้ำ อุปกรณ์ในประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีชื่อเรียกว่า Centrifugal Fans, Fan และ Exhausters</li> <li>● <b>โบลเวอร์ (Blower)</b> ใช้เรียกอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดันที่มากกว่า 1 เมตรน้ำ จนถึง 10 เมตรน้ำ</li> <li>● <b>เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor)</b> ใช้เรียกอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดันสูงกว่า 1 บาร์ หรือ 10 เมตรน้ำ</li> </ul>
<b>3. ประเภทของพัดลม</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow or Radial Fans)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- แบบใบพัดตรง (Straight Blade หรือ Radial Fans) ความเร็วต่ำ แต่ได้ความดันมาก อัตราการไหลน้อย</li> <li>- แบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า (Forward Curved Blade Fans) ให้ความดันและอัตราการไหลสูงสุด</li> <li>- แบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง (Backward Curved Blade Fans) ควบคุมปริมาณและความดันได้ง่าย เสียเงินยิบราคาสูง หมุนด้วยความเร็วสูง</li> </ul> </li> <li>● <b>พัดลมแบบไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fans)</b> เสียเงินแพง ราคาถูก เหมาะกับความดันต่ำๆ</li> <li>● <b>พัดลมแบบทิศทางการไหลผสม (Mixed Flow Fans)</b></li> </ul>
<b>4. กำลังลม</b>
$P_A = \frac{Q \times P_T}{102}$ <p><math>Q</math> = อัตราการไหลลมในท่อ (m<sup>3</sup>/s)  <math>P_T</math> = ความดันรวม (mmH<sub>2</sub>O)</p>
<b>5. ประสิทธิภาพระบบพัดลมหรือปั๊ม</b>
$\eta_{\text{system}} = \frac{P_{\text{out}}}{E \times I} \times 100\% = \eta_{\text{สัน}} \times \eta_{\text{ส่ง}} \times \eta_{\text{pump/fan}}$
<b>6. กฎความคล้ายของปั๊มหรือพัดลม</b>
<p>(เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดมีขนาดคงที่)</p> $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{rpm_1}{rpm_2} \qquad \frac{TDH_1}{TDH_2} = \left( \frac{rpm_1}{rpm_2} \right)^2 \qquad \frac{bhp_1}{bhp_2} = \left( \frac{rpm_1}{rpm_2} \right)^3$ <p>สมการทั้งสาม ใช้ได้กับปั๊มแบบ Centrifugal ทุกประเภท และใช้ได้กับพัดลมทุกประเภท</p>



<b>7. แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในระบบพัดลม</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การปิดพัดลมเมื่อไม่เกิดประโยชน์</li> <li>2. การลดอัตราการไหลที่ความเร็วพัดลมคงที่ <ul style="list-style-type: none"> <li>- เปลี่ยนขนาดใบพัด</li> <li>- ปรับ Damper ด้านจ่าย (Discharge Damper)</li> <li>- ปรับ Damper ด้านดูด (Suction Damper)</li> <li>- ปรับใบพัดนำลมด้านดูด (Suction Vane)</li> </ul> </li> <li>3. การลดอัตราการไหลที่ความเร็วพัดลมเปลี่ยนแปลง <ul style="list-style-type: none"> <li>- ปรับความเร็วรอบของพัดลมโดยการเปลี่ยนขนาดพูลเลย์</li> <li>- ปรับความเร็วรอบของพัดลมโดยการลดรอบมอเตอร์</li> </ul> </li> <li>4. การบำรุงรักษาระบบพัดลมอย่างเหมาะสม</li> </ol>
<b>8. การบำรุงรักษาระบบพัดลม</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ลดการรั่วไหลจาก seal และหน้าแปลนต่างๆ</li> <li>• ทำความสะอาด ไม่ให้ไส้กรองอากาศอุดตัน ไม่ให้มีฝุ่นละอองเกาะอยู่ในท่อลม ในตัวถัง และในใบพัด</li> <li>• ลดการสูญเสียเปล่าหรือไม่ เช่น จ่ายลมในขณะที่ไม่จำเป็น เดินเครื่องขณะที่ปิดปากทางออกอยู่ เป็นต้น</li> <li>• ลดความเร็วลมในท่อ เพื่อลดความต้านทานของท่อ</li> </ul>

เอกสารอ้างอิง
[1] Frank P. Bleier, “Fan handbook : selection, application, and design”,
[2] Food and Agriculture Organization of the United Nations, www.fao.org
[3] คู่มือการเดินเครื่องจักร การตรวจวัด และการบำรุงรักษาระบบอากาศอัด, กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
[4] ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (ผชพ) เล่ม 2, PREs อวูโส ด้านไฟฟ้า, กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
[5] คู่มือฝึกอบรมการอนุรักษ์พลังงานภาคปฏิบัติด้านไฟฟ้า (Mini Plant), โครงการทดลองจัดระบบการสอบและการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม PRE, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
[6] คู่มือการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน, กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
[7] ศศ.ดร.สุธรรม นียมवास และบัญญัติ นียมवास, เครื่องจักรกลของไหล, สำนักพิมพ์ วิทยพัฒน์ จำกัด, กรุงเทพฯ, 2549
[8] ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสิน โรจน์, การออกแบบระบบท่ออาคารและสิ่งแวดล้อมอาคาร, มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2537
[9] ศุภชัย ปัญญาวิรี และจตุพร สากุลเจริญ, การลดต้นทุนการผลิตด้านพลังงาน, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2549
[10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2554), ตำราฝึกอบรมหลักสูตรการตรวจวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจ