



บทที่ 6

การอนุรักษ์พลังงานสำหรับพัดลม (Energy conservation for fan)

ความสำคัญ

พัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้เกิดการไหลของอากาศ ปัจจุบันพัดลมเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้โดยทั่วไปในโรงงาน และอาคาร อาทิ พัดลมในระบบระบายอากาศ พัดลมในระบบจ่ายลมเย็นภายในอาคาร พัดทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้า ความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม จะช่วยให้ทราบถึงแนวทางในการใช้งาน และบำรุงรักษาพัดลมอย่างถูกวิธี จะทำให้ประหยัดน้ำและไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

1. ทราบชนิด และหลักการทำงานของพัดลม
2. ทราบปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม
3. ทราบวิธีการสำรวจ และประเมินประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม
4. สามารถประเมินประสิทธิภาพพลังงานของพัดลมจากตัวอย่างข้อมูลการสำรวจ
5. ทราบแนวทางการอนุรักษ์พลังงานของพัดลม

6.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพัดลม

พัดลม เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบังคับอากาศให้เคลื่อนที่ด้วยความกดดันต่ำ ๆ พัดลมที่ใช้ในงานวิศวกรรมส่วนใหญ่จะใช้งานอบแห้งวัสดุทางการเกษตร การระบายอากาศ การทำความเย็น การลำเลียง การให้ความร้อน เป็นต้น

การกำหนดความหมายของคำว่า Fan และ Blower บางครั้งมักจะใช้สับสนกันอยู่เสมอ ๆ ดังนั้นสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งประเทศไทย Japan Society of Mechanical Engineers (JSME) จึงได้กำหนดความแตกต่างของอุปกรณ์ทั้งสอง ดังนี้

- **แฟน (Fan)** ใช้เรียกอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดันที่น้อยกว่า 1 เมตรน้ำ หรือ 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb/in²) 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 จะต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor)

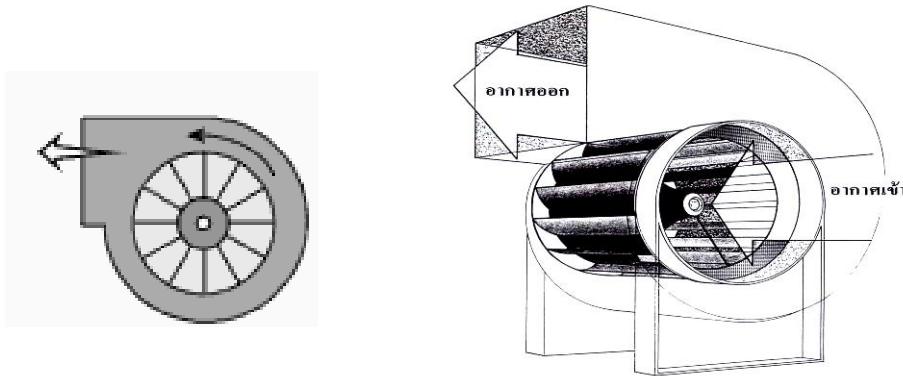
6.2 ประเภทของพัดลม

พัดลมมีหลายชนิด ปัจจุบันได้มีการจัดแบ่งประเภทของพัดลมหลายรูปแบบ และมีการเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปมากมาย การจัดประเภทของพัดลมสามารถแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow Fan) และแบบพัดลมอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan) ซึ่งพัดลมแต่ละประเภทสามารถแบ่งออกเป็นชนิดย่อย ๆ ได้ดังนี้

6.2.1 พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow Fan)

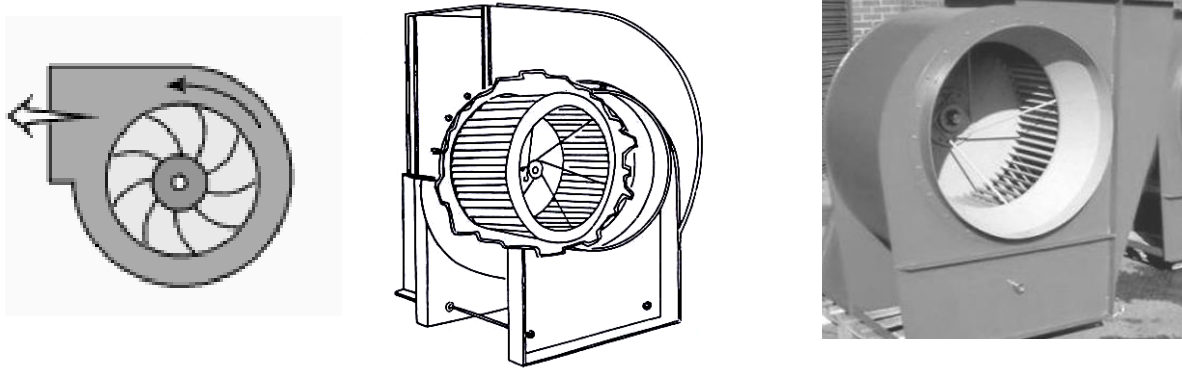
พัดลมแบบหมุนเหวี่ยงนี้ใช้ได้กับงานที่มีความต้านทานลมสูง หรือ “เฮดลมสูง” โดยการทำงานของพัดลม จะมีการไหลเข้าของอากาศชนกับแกนของใบพัด และจะไหลออกในแนวตั้งฉากกับแกนของใบพัด หรือในแนวรัศมี โครงสร้างของพัดลมประเภทนี้จะประกอบด้วยใบพัดซึ่งหมุนอยู่ภายในตัวเรือนของพัดลม (Fan House) โดยชุดใบพัดจะประกอบด้วยแผ่นใบเล็ก ๆ ประกอบเข้าด้วยกันเป็นลักษณะกงล้อ ความดันของอากาศจะถูกทำให้มีค่าสูงขึ้นภายในตัวเรือนของพัดลม ซึ่งสามารถเพิ่มค่าให้สูงขึ้นได้ด้วยการเพิ่มขนาดความยาวของใบพัด ซึ่งจะทำให้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางภายในระบบมากยิ่งขึ้นนั่นเอง พัดลมประเภทนี้จำแนกตามลักษณะรูปร่างของใบพัดเป็น 3 แบบ คือ แบบใบพัดรัศมีตรง แบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า และแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

พัดลมแบบใบพัดรัศมีตรง (Straight Blade หรือ Radial Fans) จะมีเพลาลานดโต มีจำนวนซี่ใบพัด 5-20 ซี่ ลักษณะการสร้างเป็นใบล้อม้วนด้วยความเร็วรอบต่ำ และใบพัดจะอยู่ในแนวตั้งฉากกับเพล ใบพัดหมุนด้วยความเร็วรอบอย่างต่ำประมาณ 500-3,000 รอบ/นาที จึงเหมาะกับงานที่ต้องการปริมาตรของอากาศที่ถูกขับเคลื่อนจำนวนน้อย ๆ ที่มีค่าความกดดันของอากาศสูง ๆ เช่น ใช้เป็นพัดลมระบายอากาศเสียออกไปสู่ภายนอก เหมาะกับอากาศสกปรก หรืองานที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุซึ่งไหลผ่านตัวพัดลม ดังรูปที่ 6-1



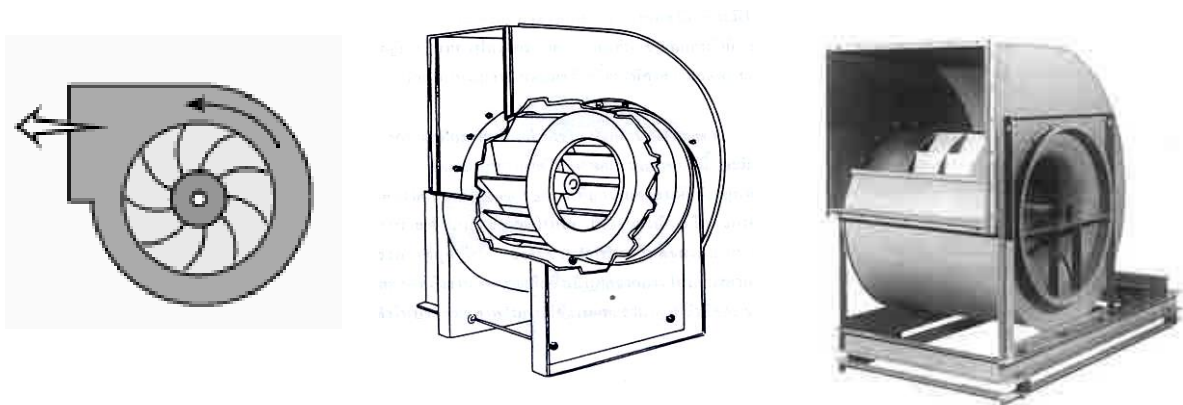
รูปที่ 6-1 พัดลมแบบใบพัดรัศมีตรง

พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า (Forward Curved Blade Fans) จะมีใบพัดโค้งไปข้างหน้า ในทิศทางเดียวกับการหมุนของชุดใบพัด จะมีจำนวนแผ่นใบพัดประมาณ 20-64 ใบ ชุดใบพัดจะมีลักษณะคล้ายกับกรงกระรอก (Squirrel Cage) เพลใบพัดจะมีขนาดเล็กหมุนด้วยความเร็วรอบที่สูงกว่าพัดลมชนิดใบพัดตรง ส่วนความเร็วลมที่เคลื่อนที่เร็วกว่าพัดลมใบพัดโค้งไปข้างหลัง การทำงานของพัดลมชนิดนี้มีเสียงเบาที่สุด มีข้อเสียคือจะมีลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลัง และมีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่เสถียร ดังนั้น จึงไม่ควรใช้กับงานหรือระบบที่มีอัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา พัดลมชนิดนี้จะให้ค่าความดันลม และอัตราการไหลของอากาศสูงที่สุด ดังรูปที่ 6-2



รูปที่ 6-2 พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า

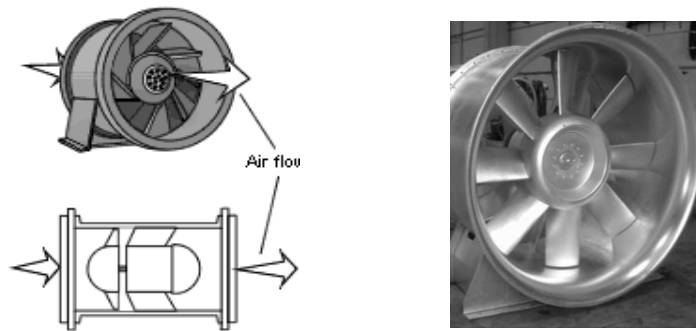
พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง (Backward Curved Blade Fans) จะมีใบพัดเอียงไปข้างหลัง ในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการหมุนของใบพัด จะมีจำนวนใบพัดประมาณ 10 – 50 ใบ ซึ่งใบพัดจะไม่ถี่ละเอียดเท่ากับพัดลมใบพัดโค้งไปข้างหน้า และเป็นพัดลมที่มีความเร็วรอบสูง ไม่ก่อให้เกิดเสียงดังเกินควร ไม่มีลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลัง และไม่มีช่วงการทำงานที่ไม่มีเสถียร จึงเหมาะที่จะใช้งานระบายอากาศและอากาศที่ใช้ต้องสะอาดด้วย เนื่องจากสามารถที่จะควบคุมความกดดัน และปริมาณลมได้ง่ายพัดลมชนิดนี้จะมีราคาสูงกว่าชนิดอื่น ๆ เมื่อเทียบกับขนาดที่เท่ากัน ดังรูปที่ 6-3



รูปที่ 6-3 พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

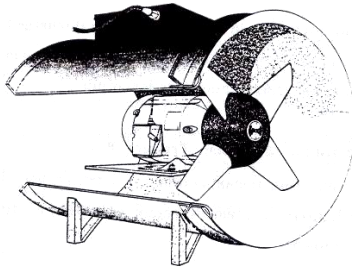
6.2.2 พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan)

พัดลมแบบนี้อากาศจะไหลขนานกับแกนของใบพัดและตั้งฉากกับระนาบการหมุนของใบพัด ชุดใบพัดจะถูกติดตั้งบนแกนเพลาชักของมอเตอร์ต้นกำลัง ซึ่งอยู่ภายในตัวพัดลม ทำให้มอเตอร์สามารถระบายความร้อนออกไปกับอากาศที่ถูกขับเคลื่อน พัดลมชนิดนี้มีราคาถูก การทำงานของพัดลมมีเสียงดังเมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมแบบหมุนเหวี่ยง และมีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่เสถียร จึงเหมาะกับงานระบายอากาศ และงานที่มีความดันทานลมต่ำ พัดลมแบบนี้ส่วนมากมีขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายง่าย สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ ลักษณะที่พัดลมเป็นเกลียว (Tube Axial Fans) และลักษณะที่พัดลมเป็นเส้นตรง (Vane Axial Fans) ดังรูปที่ 6-4

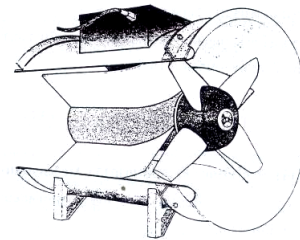


รูปที่ 6-4 พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน

พัดลมลักษณะที่พัดลมเป็นเกลียว (Tube Axial Fans) จะมีโครงสร้างประกอบด้วยชุดใบพัดซึ่งหมุนอยู่ภายในท่อรูปทรงกระบอกกลมที่ถูกขับเคลื่อนให้ผ่านชุดใบพัดจะหมุนเป็นเกลียว มีลักษณะการไหลแบบปั่นป่วนพัดลมชนิดนี้ให้ค่าความกดดันของลมปานกลาง ดังรูปที่ 6-5 และ 6-6



รูปที่ 6-5 ลักษณะที่พัดลมเป็นเกลียว



รูปที่ 6-6 ลักษณะที่พัดลมเป็นเส้นตรง

พัดลมลักษณะที่พัดลมเป็นเส้นตรง (Vane Axial Fans) จะมีแผ่นครีบเพื่อใช้ในการบังคับการไหลของอากาศ ที่ถูกขับเคลื่อน ติดตั้งอยู่ภายในตัวเรือนของพัดลมบริเวณท่อทางออกบริเวณด้านหลังชุดใบพัด เพื่อช่วยในการไหลของอากาศที่ถูกขับเคลื่อนให้มีการไหลเป็นเส้นตรงมากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดลักษณะการไหลของอากาศปั่นป่วนให้ลดลง และลดพลังงานสูญเสียเนื่องจากการไหลของอากาศปั่นป่วนภายในระบบให้น้อยลงด้วย ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานและราคาสูงกว่าพัดลมชนิด Tube Axial Fans

6.3 การสูญเสียพลังงานการไหลในท่อลม

การสูญเสียพลังงานการไหลในท่อลมเป็นส่วนสำคัญหนึ่งของการวิเคราะห์พลังงานในระบบพัดลม เหน็ดการสูญเสียรวมในท่อลมจะประกอบด้วยเหน็ดสูญเสียเนื่องจากความฝืดในท่อลม H_{Lf} และเหน็ดสูญเสียเนื่องจากการไหลผ่านอุปกรณ์ H_{Le}

6.3.1 เหน็ดความฝืดในท่อลม

การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความเสียดทานหรือเหน็ดความฝืดในท่อลมสามารถประมาณค่าได้ด้วยวิธีเดียวกันกับการสูญเสียเนื่องจากเหน็ดความฝืดของเหลว โดยใช้สมการของ Darcy-Weisbach ควบ คู่กับการใช้ Moody's Diagram (ดูหัวข้อ 5.3 เหน็ดในบทที่ 5)

$$H_{Lf} = f \times \frac{L}{D} \times H_v \quad (6-1)$$

เมื่อ	f	=	สัมประสิทธิ์ของความฝืด ประเมินค่าได้จาก Moody's Diagram
	L	=	ความยาวของท่อ
	D	=	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ
	H_V	=	เฮดความเร็ว

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

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

$$H_V = \left(\frac{V}{1.289} \right)^2 \quad (\text{Pa}) \quad (6-2)$$

โดยที่ γ_a คือค่าน้ำหนักจำเพาะของอากาศ นอกจากนั้นการใช้งานในหน่วยเมตริกในทางปฏิบัติ เฮดความเร็วอาจแสดงในหน่วย เมตรน้ำ หรือมิลลิเมตรน้ำ ดังสมการข้างล่าง โดยที่ความเร็ว V มีหน่วยเป็น m/s

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

$$H_V = \left(\frac{V}{128} \right)^2 \quad (\text{เมตรน้ำ}) \quad (6-3)$$

$$H_V = \left(\frac{V}{4.04} \right)^2 \quad (\text{มิลลิเมตรน้ำ}) \quad (6-4)$$

เฮดความฝืดในท่อกลม H_{Lf} ที่คำนวณได้จากสมการ (6-1) จะมีหน่วยเดียวกันกับหน่วยของเฮดความเร็ว H_V ที่เลือกใช้

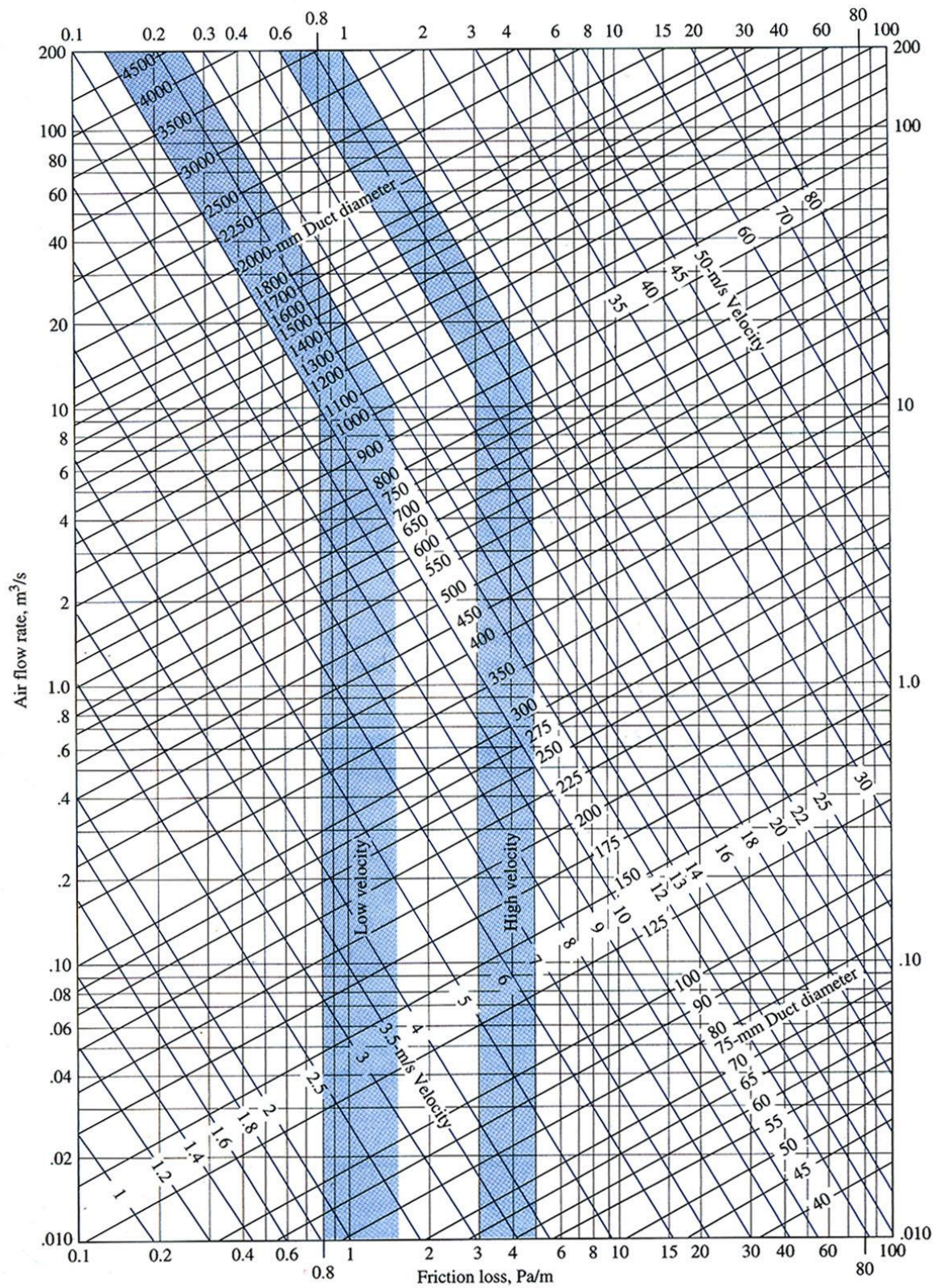
สำหรับในหน่วยอังกฤษนั้น เฮดความเร็วมักจะคำนวณให้มีหน่วยเป็นนิ้วน้ำในกรณีที่ความเร็ว V มีหน่วยเป็นฟุตต่อวินาที และค่าน้ำหนักจำเพาะของอากาศและน้ำ (γ_a และ γ_w) คิดที่สภาวะมาตรฐานที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 15 °C เฮดความเร็วคำนวณได้จาก

$$H_V = \left(\frac{V}{4005} \right)^2 \quad (\text{นิ้วน้ำ}) \quad (6-5)$$

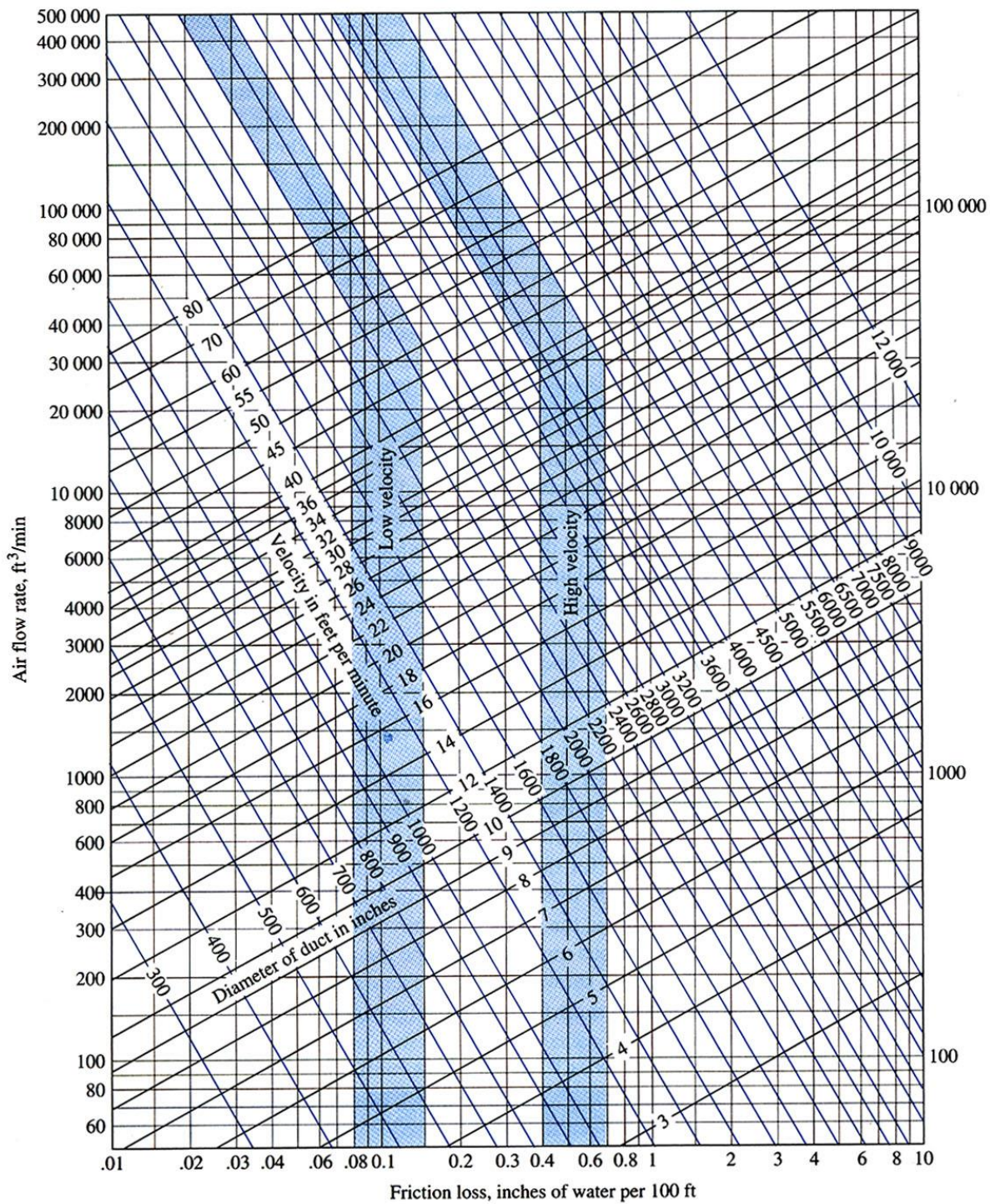
นอกจากการใช้สมการ Darcy-Weisbach ควบคู่กับการใช้ Moody's Diagram การประมาณค่าการสูญเสียเฮดเนื่องจากความเสียดทานในท่อลมยังสามารถประมาณได้จากการใช้กราฟ (รูปที่ 6-7 และ 6-8) ซึ่งเป็นไปตามข้อแนะนำของสมาคมวิศวกรการทำความร้อน ทำความเย็น และการปรับอากาศแห่งประเทศไทย วิศวกรรมอเมริกัน American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) โดยค่าการสูญเสียเฮดที่ได้จากกราฟ จะมีค่าเป็นหน่วย Pa/m ในหน่วยเมตริก และมีค่าเป็นหน่วย นิ้วน้ำต่อความยาวท่อ 100 ฟุต ในหน่วยอังกฤษ การประมาณการสูญเสียเฮดเนื่องจากความเสียดทานในท่อจากกราฟในรูปที่ 6-7 และ 6-8 จะมีค่าขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและขนาดของท่อ ภายใต้เงื่อนไขดังตาราง

ตารางที่ 6-1 ตารางเงื่อนไขการประมาณเฮดความฝืดด้วยกราฟในรูปที่ 6-7 และ 6-8

	หน่วยอังกฤษ	หน่วย SI
อัตราการไหล	m^3/s	ft^3/min (cfm)
เฮดความฝืด, H_{Lf}	Pa/m	$\text{in H}_2\text{O}/100\text{ ft}$
ความเร็วลม	m/s	ft/min
เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	mm	in
น้ำหนักจำเพาะของลม	$11.81\text{ N}/\text{m}^3$	$0.075\text{ lb}/\text{ft}^3$
ความขรุขระของผนังท่อ	$1.5 \times 10^{-4}\text{ m}$	$5 \times 10^{-4}\text{ ft}$
ความดันและอุณหภูมิของลม	$101.3\text{ kPa}; 20^\circ\text{C}$	$14.7\text{ psia}; 68^\circ\text{F}$



รูปที่ 6-7 การสูญเสียในท่อลมเนื่องจากความเสียดทาน (หน่วยเมตริก)



รูปที่ 6-8 การสูญเสียในท่อลมเนื่องจากความเสียดทาน (หน่วยอังกฤษ)

ในกรณีที่ท่อลมมีลักษณะหน้าตัดเป็นทอสี่เหลี่ยม สามารถใช้เส้นผ่าศูนย์กลางเสมือนของท่อ (Equivalent Diameter, D_e) กับรูปที่ 6-7 และ 6-8 ในการประมาณค่าการสูญเสียเฮดความฝืด โดยประมาณค่าจากขนาดความกว้าง (a) และยาว (b) ของพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมของท่อ

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

ตารางที่ 6-2 แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางเสมือน D_e ของท่อเหลี่ยมขนาดต่าง ๆ ที่คำนวณจากสมการข้างต้น

ตารางที่ 6-2 เส้นผ่านศูนย์กลางเสมือน D_e ของท่อเหลี่ยมขนาดต่าง ๆ

Side <i>a</i> (in)	Side <i>b</i> (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

6.3.2 การสูญเสียเฮดเนื่องจากการไหลผ่านอุปกรณ์

ขณะลมไหลผ่านท่อตรง จะเกิดความฝืดระหว่างลมกับผิวท่อด้านใน การสูญเสียเฮดเนื่องจากความฝืดในท่อตรงได้กล่าวแล้วข้างต้น สำหรับการไหลผ่านข้อเสี้ยว ข้อต่อ (Fittings) ท่อสาขา (Branches) แดมเปอร์ เป็นต้น ลมจะมีการสูญเสียเฮดเช่นกัน การคำนวณเฮดสูญเสียเนื่องจากการไหลผ่านอุปกรณ์ จะพิจารณาจากเฮดความเร็วดังนี้

$$H_{Le} = K \times H_V \quad (6-7)$$

โดยที่ K คือสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหลซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของอุปกรณ์ ซึ่งจะพิจารณาเหมือนกับกรณีการไหลของของเหลวในบทที่ 5 หรือดูจากตารางที่ 6-3 และ H_V คือค่าเฮดความเร็ว มีค่าในหน่วย Pa หรือเมตรน้ำ หรือมิลลิเมตรน้ำในระบบหน่วยเมตริก ดังสมการ (6-2) (6-3) และ (6-4) และมีค่าในหน่วยนิ้วน้ำสำหรับระบบหน่วยอังกฤษ ดังสมการ (6-5)

ตารางที่ 6-3 สัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K)

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

6.4 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม

ด้วยพัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนการไหลของลมในท่อ อากาศซึ่งถูกขับจากใบพัดของพัดลมจะทำให้อากาศมีค่าความกดดันสูงขึ้น เมื่อถูกส่งเข้าสู่ระบบท่อจะพบกับความต้านทานต่อการไหลของอากาศ ซึ่งเรียกว่า การลดลงของความดัน (Pressure Drop) ซึ่งเป็นผลจากการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากความเสียดทานภายในของระบบท่อและอื่น ๆ ดังนั้นพัดลมจึงต้องสร้างความแตกต่างของความดันรวม ทั้งทางด้านดูดและด้านจ่ายของระบบท่อ เพื่อให้ทำให้อากาศไหลเข้าสู่ระบบท่อได้ตามปริมาณที่ต้องการและมีอัตราการไหลอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นประสิทธิภาพพลังงานของพัดลมจึงขึ้นอยู่กับ การสูญเสียพลังงานซึ่งจะประกอบด้วยการสูญเสียเนื่องจากความฝืดในท่อลม และเฮดสูญเสียเนื่องจากการไหลผ่านอุปกรณ์

6.5 การตรวจสอบการทำงานและประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม

การใช้พัดลมภายหลังการออกแบบและติดตั้ง จำเป็นต้องมีการตรวจสอบ และบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องเป็นประจำเพื่อให้พัดลมทำงานอย่างปกติ และมีประสิทธิภาพ

6.5.1 ข้อมูลที่สำคัญที่ควรตรวจวัด

สำหรับข้อมูลในระบบพัดลมที่ต้องตรวจวัดจะประกอบด้วยข้อมูลเบื้องต้น และข้อมูลการใช้งานจริง โดยข้อมูลที่สำคัญมีดังนี้

1. สํารวจข้อมูลเบื้องต้นของพัดลม
2. สํารวจระบบและการเปิดใช้งานจริง
3. ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า
4. ตรวจวัดค่าความดันของอากาศ
5. ตรวจวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

6.5.1.1 การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของพัดลม

ขั้นตอนแรกในการรวบรวมข้อมูล คือการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของพัดลม เพื่อให้ทราบถึง Spec ของเครื่องที่มีการใช้งาน และข้อมูลประสิทธิภาพจากผู้ผลิต ซึ่งควรมีรายละเอียดในเรื่องของ

- ชนิดของพัดลมที่ใช้งาน ว่าเป็นแบบ Centrifugal หรือ Axial Flow เป็นต้น พร้อมทั้งควรระบุลักษณะของใบพัดด้วย
- ขนาดของพัดลม เช่น พิกัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลม พิกัดอัตราการไหลของอากาศที่พิกัดความดันที่ผลิตได้ พิกัดแรงดันของพัดลม ความเร็วรอบของพัดลม
- ลักษณะของตัวพัดลม ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำใบพัด อุปกรณ์หรือส่วนประกอบต่างๆ รวมถึงสภาพการบำรุงรักษา
- จำนวน และยี่ห้อของพัดลมที่ใช้งาน

6.5.1.2 การสำรวจระบบและการเปิดใช้งานจริง

เพื่อให้ทราบสภาพ และลักษณะการใช้งาน และการเดินเครื่องพัดลม ควรมีรายละเอียดในเรื่องของ

- แผนผังการจัดวางพัดลม และระยะเวลาการใช้งานแต่ละเครื่อง
- เวลาการเปิด - ปิด พัดลม (ชั่วโมงการทำงาน/วัน)

6.5.1.3 การตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า

เพื่อให้ทราบค่ากำลังไฟฟ้าที่พัดลมใช้งาน ซึ่งควรมีรายละเอียดในเรื่องของ

- แรงดันไฟฟ้า (Volt)
- กระแสไฟฟ้า (Amps)
- Power Factor
- กำลังไฟฟ้า (kW)

6.5.1.4 การตรวจวัดค่าความดันของอากาศ

เพื่อให้ทราบค่าอัตราการไหล และความดันตกคร่อมของพัดลม ควรมีรายละเอียดในเรื่องของ

- อัตราการไหล (m³/hr)
- Total Pressure (mm H₂O)

6.5.1.5 การตรวจวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

เพื่อหาพื้นที่สำหรับคำนวณค่าอัตราการไหลของอากาศ ควรมีรายละเอียดในเรื่องของ

- ความยาวท่อ (เมตร)

6.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจวัด

6.5.2.1 ประเภทและชนิดเครื่องมือวัดที่ใช้

ประเภท และชนิดของเครื่องมือวัดที่อาจใช้ในระบบพัดลมเป็นประจำ สรุปได้ดังนี้

6.5.2.1.1 ประเภทเครื่องมือวัดด้านไฟฟ้าทั่วไป ได้แก่

- ก) เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์มิเตอร์
- ข) เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าหรือแอมป์มิเตอร์
- ค) เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าหรือวัตต์มิเตอร์
- ง) เครื่องมือตรวจวัดและบันทึกพลังงานไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง
- จ) เครื่องวัดตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหรือเพาเวอร์แฟคเตอร์มิเตอร์ (P.F. meter) สำหรับทั้งระบบกระแสตรง (DC) และกระแสสลับ (AC)

เครื่องมือวัดเหล่านี้ ควรเป็นแบบพกพาได้ (Portable) และใช้งานง่าย เช่น เป็นประเภทหนีบ หรือคล้องกับสายไฟ ซึ่งในปัจจุบันเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบพกพาจะสามารถวัดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในเครื่องเดียวกัน

โดยสามารถดูภาพตัวอย่างของเครื่องมือวัดด้านไฟฟ้าเหล่านี้ได้ในตอนที่ 2 บทที่ 1

6.5.2.1.2 ประเภทเครื่องมือวัดด้านความร้อน ได้แก่

- ก) เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิผิวแบบสัมผัส
- ข) เครื่องวัดความชื้นบรรยากาศ
- ค) เครื่องวัดความเร็วและอัตราการไหลของก๊าซและของเหลว
- ง) เครื่องมือวัดความดัน

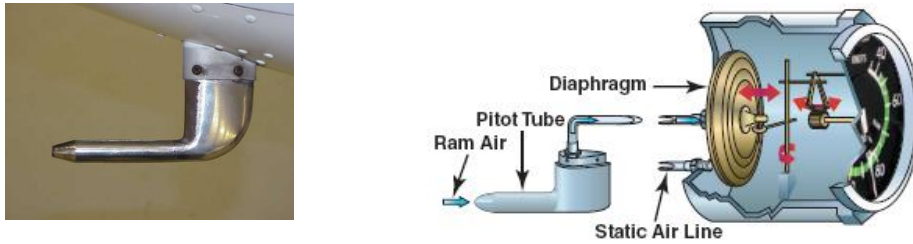
โดยสามารถดูภาพตัวอย่างของเครื่องมือวัดด้านไฟฟ้าเหล่านี้ได้ในตอนที่ 3 บทที่ 1

6.5.2.1.3 ประเภทเครื่องมือวัดด้านอื่นๆ ได้แก่

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของของไหลอย่างง่ายและเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป ได้แก่ พิโธต์ ทิวบ์ (Pitot Tube) มาตรวัดการไหลแบบเวนจูรี (Venturi Meter) มาตรวัดการไหลแบบออริฟิส (Orifice Meter) และมาตรวัดการไหลในท่อเปิด (Open Channel Weirs) เช่น มาตรวัดการไหลแบบลูกกลอย (Rotameter) โดยทั่วไปหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลข้างต้น จะอยู่บนพื้นฐานของสมการเบอร์นูลลีแบบไม่มีความเสียดทาน ในบางกรณีความเสียดทานการไหลของของไหลจะมีผลต่อการทำงานของเครื่องมือเหล่านี้ การแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการเพิ่มค่าคงที่หรือสัมประสิทธิ์บางตัวเข้าไปเพื่อชดเชยความเสียดทานที่มีในระบบ

ก. พิโธต์ทิวบ์ (Pitot Tube)

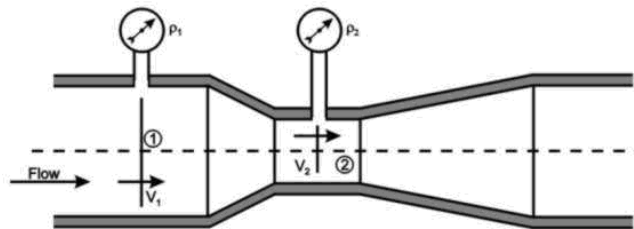
Pitot Tube เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความดัน ณ จุดหนึ่งของของไหลในท่อ เพื่อให้ทราบถึงอัตราการไหลซึ่งอธิบายได้จากความแตกต่างของความดันสถิต และความดันไดนามิกส์ ดังรูปที่ 6-9



รูปที่ 6-9 ตัวอย่างของ Pitot Tube

ข. มาตรวัดการไหลแบบเวนจูรี (Venturi Meter)

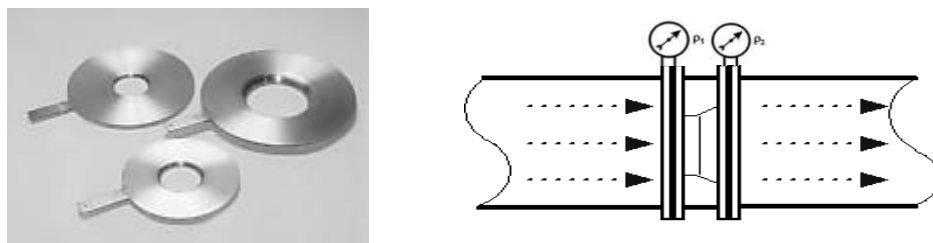
มาตรวัดแบบเวนจูรี (Venturi Meter) คือ อุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราการไหลในท่อ ประกอบด้วย Venturi Tube ซึ่งมีลักษณะเป็นคอขวด โดยความแตกต่างระหว่าง Velocity Head ของน้ำก่อนเข้าคอขวดกับภายในคอขวดจะเป็นตัวแสดงอัตราการไหลของน้ำ ดังรูปที่ 6-10



รูปที่ 6-10 ตัวอย่างของมาตรวัดแบบเวนจูรี (Venturi Meter)

ค. มาตรวัดการไหลแบบออริฟิส (Orifice Meter)

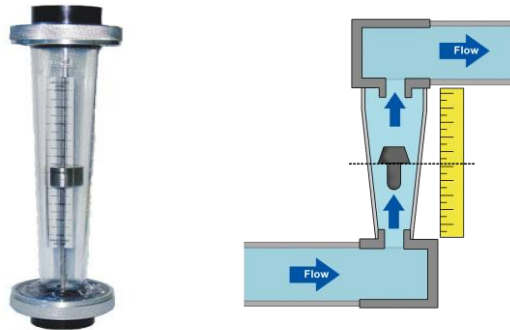
มาตรวัดแบบออริฟิส (Orifice meter) คือ อุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราการไหลซึ่งมีแผ่นโลหะที่มีรูขอบคมตรงกลางแผ่นวางทิศทางการไหลของของไหลในท่อ เพื่อทำการวัดค่าความแตกต่างของความดันของของไหลที่บริเวณทางเข้า และทางออกของบริเวณที่ติดตั้งแผ่น Orifice ดังรูปที่ 6-11



รูปที่ 6-11 ตัวอย่างของมาตรวัดแบบออริฟิส (Orifice meter)

ง. มาตรวัดการไหลแบบลูกลอย (Rotameter)

เป็นมาตรวัดที่อาศัยการลอยตัวของลูกลอย ประกอบด้วยหลอดแก้วที่อยู่ในบรรจุ ลูกลอย เมื่ออากาศไหลเข้าจะทำให้ลูกลอยเคลื่อนที่ขึ้น ระดับความสูงที่ลูกลอยลอยได้จะบอกถึงอัตราการไหล ดังรูปที่ 6-12



รูปที่ 6-12 ตัวอย่างของมาตรวัดแบบลูกลอย (Rotameter)

รายละเอียดการดำเนินการสำรวจตรวจวัดค่าต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6-4 สำหรับตารางที่ 6-5 เป็นตัวอย่างแสดงการบันทึกข้อมูลจากการตรวจวัดพัดลม

ตารางที่ 6-4 สรุปข้อมูลที่ควรดำเนินการสำรวจ

ลำดับ	การตรวจวัด/ วิธีการตรวจวัด	จุดประสงค์การ ตรวจวัด	ค่าที่บันทึก	จุดตรวจวัด	เครื่องมือที่ ใช้	ระยะเวลา การบันทึก
1	สำรวจ ชนิด ขนาด จำนวน ยี่ห้อและรุ่น	เพื่อทราบ Spec ของเครื่องที่มีการ ใช้งาน และข้อมูล ประสิทธิภาพจาก ผู้ผลิต	- พิกัดกำลังไฟฟ้าของ มอเตอร์พัดลม - พิกัดอัตราการไหลของ อากาศที่พิกัดความ ดันที่ผลิตได้ - พิกัดแรงดันของพัดลม - ความเร็วรอบของพัดลม - สภาพการบำรุงรักษา	- Name Plate - Performance Curve ของพัด ลม	-	-
2	สำรวจระบบ และการเปิดใช้ งานจริง	เพื่อทราบสภาพ และลักษณะการ ใช้งาน และการ เดินในแต่ละเครื่อง	- จัดทำแผนผังการจัด วางเครื่องและ ระยะเวลาการใช้งาน แต่ละเครื่อง - เวลาการเปิด ปิด เครื่อง(ชั่วโมงการ ทำงาน/วัน)	บริเวณที่ติดตั้ง เครื่องและระบบ ท่อส่งจ่ายลม	-	-
3	ตรวจวัดค่า กำลังไฟฟ้า	หาค่ากำลังไฟฟ้า	- แรงดันไฟฟ้า (Volt) - กระแสไฟฟ้า (Amps) - Power Factor - กำลังไฟฟ้า (kW)	ตู้ควบคุม	- Power Meter	บันทึก ชั่วขณะ
4	ตรวจวัดค่าความ ดันของอากาศ	เพื่อคำนวณค่า อัตราการไหลและ ความดันตกคร่อม ของพัดลม	- อัตราการไหล (m ³ /hr) - Total Pressure (mm H ₂ O)	- ตำแหน่งท่อทาง ดูดและท่อทางส่ง	- Pitot tube	-
5	ตรวจวัดขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ท่อ	เพื่อหาพื้นที่ สำหรับคำนวณค่า อัตราการไหลของ อากาศ	- ความยาวท่อ (เมตร)	- ตำแหน่งท่อทาง ดูดและท่อทางส่ง	- ตลับเมตร	บันทึก ชั่วขณะ

ตารางที่ 6-5 ตัวอย่างแสดงการบันทึกข้อมูลจากการตรวจวัดพัดลม

รายการตรวจสอบ	การตรวจวัดครั้งที่		
	1	2	3
ข้อมูลสำรวจเบื้องต้น	พัดลม เครื่องที่ 1		
ยี่ห้อ			
ปี พ.ศ.	2540		
รุ่น	Centrifugal TYPE 125-400		
หมายเลขเครื่อง	Blower 001		
อัตราการไหล (cfm)	900		
ความดัน (mm.H ₂ O)	40 - 60		
ความเร็วรอบ (rpm)	1450		
พิกัดมอเตอร์			
ค่ากำลังไฟฟ้า (kW)	25.0		
แรงดันไฟฟ้า (Volt)	380 - 416		
กระแสไฟฟ้า (Amps)	-		
Power Factor	0.9		
ข้อมูลตรวจวัด			
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
ความดัน			
Suction Pressure (mmH ₂ O)	116.8	116.8	116.8
Outlet Pressure (mmH ₂ O)	-	-	-
Velocity Pressure (ΔP , mmH ₂ O)	16.5	16.4	16.6
เส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม (cm)	70		
หมายเหตุ	1. มีการปรับแอมเปอร์เหลือ 80 % เพื่อลดอัตราการไหล		

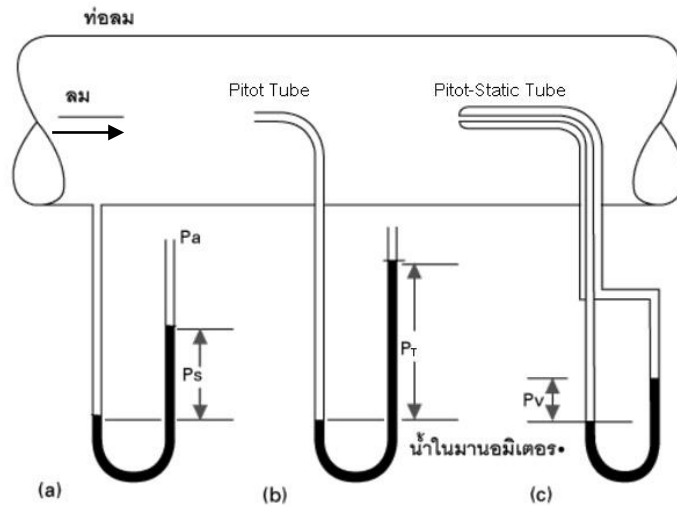
6.6 การวิเคราะห์การใช้พลังงานของพัดลม

การวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบพัดลมนั้น เป็นขั้นตอนสำคัญในการหาประสิทธิภาพของพัดลม เพื่อประเมินแนวทางในการเดินเครื่องจักรอุปกรณ์ รวมถึงการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพได้

6.6.1 กำลังลม

กำลังลม (Air Power, P_A) หมายถึงกำลังที่พัดลมจ่ายให้ลมโดยผ่านใบพัดที่หมุน มีหน่วยเป็น kW ในหน่วยเมตริก สามารถคำนวณได้จากสมการข้างล่างตามลำดับ

ความดันของอากาศ ความดันของลมที่ตำแหน่งต่างๆ ในท่อลม ประกอบด้วยความดันสถิตย (Static Pressure P_S) ความดันจลน์ (Velocity Pressure P_V) และความดันรวม (Total Pressure P_T) ซึ่งเป็นผลรวมของความดันสองค่าแรก **รูปที่ 6-13** แสดงการวัดค่าความดันทั้งสาม ค่าความดันสถิตยสามารถวัดได้ด้วยมานอมิเตอร์ (**รูปที่ 6-13a**) ความดันรวมสามารถวัดได้ด้วยท่อพิทอต์แบบธรรมดา (**รูปที่ 6-13b**) และค่าความดันจลน์วัดได้ด้วย Pitot-Static Tube ซึ่งต้องใช้ร่วมกับมานอมิเตอร์ (**รูปที่ 6-13c**)



รูปที่ 6-13 แสดงวิธีการวัดค่าความดันสถิตย (a) ความดันรวม (b) และความดันจลน์ (c)

$$P_T = P_S + P_V \quad (6-8)$$

สำหรับค่าความดันจลน์ (P_V) นั้นจะมีค่าเป็นบวกเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากความดันทั้งหมด (P_T) มีค่ามากกว่าความดันสถิตย (P_S) เสมอ ส่วนความดันทั้งหมดอาจมีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้

อัตราการไหลของลม สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = A \times V \quad (6-9)$$

เมื่อ	Q	=	อัตราการไหลของลมในท่อ (m^3/s)
	A	=	พื้นที่หน้าตัดของท่อลม (m^2)
	V	=	ความเร็วลม (m/s)

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

$$V = \frac{C_P \times \sqrt{2 \times 9.81 \times P_V \times \gamma}}{\gamma} \quad (6-10)$$

ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศภายในท่อสามารถหาได้จากสมการ

$$Q = \frac{A \times C_P \times \sqrt{2 \times 9.81 \times P_V \times \gamma}}{\gamma} \quad (6-11)$$

เมื่อ	V	=	ความเร็วลมในท่อ (m/s)
	Q	=	อัตราการไหลของลมในท่อ (m^3/s)
	A	=	พื้นที่หน้าตัดของท่อลม (m^2)
	C_P	=	สัมประสิทธิ์ของ Pitot Tube
	γ	=	ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

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

กำลังลม (Air Power) ค่ากำลังลม (P_A) คำนวณในระบบ SI มีเป็นหน่วย kW สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P_A = \frac{Q \times P_T}{102} \quad (6-12)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } Q &= \text{อัตราการไหลของลมในท่อ (m}^3\text{/s)} \\ P_T &= \text{ความดันรวม (mmH}_2\text{O)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} AHP &= \frac{P_A}{0.746} \\ AHP &= \frac{Q \times P_T}{76} \end{aligned} \quad (6-13)$$

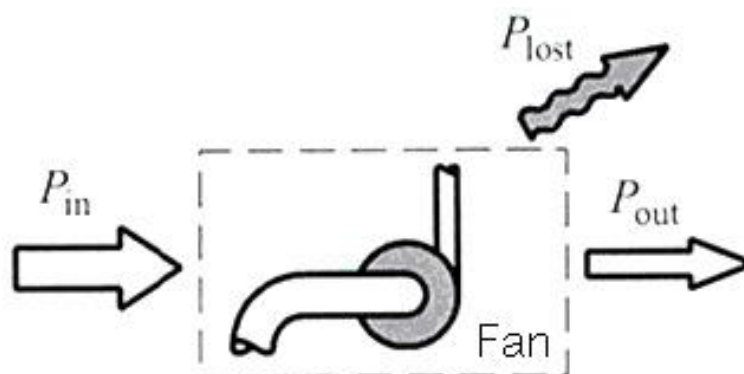
ในหน่วยอังกฤษ กำลังม้าลมหรือ Air Horsepower (AHP) ในหน่วยแรงม้า สามารถคำนวณได้จาก

$$AHP = \frac{Q \times P_T}{6536} \quad (6-14)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } Q &= \text{อัตราการไหลของลมในท่อ (cfm)} \\ P_T &= \text{ความดันรวม (inH}_2\text{O)} \end{aligned}$$

6.6.2 ประสิทธิภาพของพัดลม

ประสิทธิภาพของพัดลมหมายถึง ร้อยละของกำลังที่ปั๊มผลิตได้ ซึ่งหมายถึงกำลังลม เทียบกับกำลังขับพัดลม ซึ่งเป็นกำลังที่พัดลมรับมาจากต้นกำลังผ่านเพลาลำ



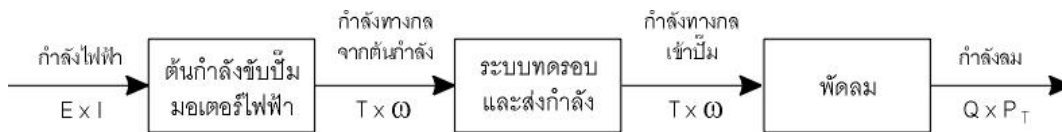
รูปที่ 6-14 การคำนวณค่า ประสิทธิภาพของพัดลม

$$\eta_F = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (6-15)$$

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

6.6.3 การคำนวณขนาดต้นกำลังขับพัดลม

ในกรณีที่ต้นกำลังขับเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ต้นกำลังรับเข้ามานั้นจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานกลเพื่อไปขับปั๊ม และปั๊มจะเปลี่ยนพลังงานทางกลที่รับเข้ามาให้เป็นกำลังไฮดรอลิก ในการคำนวณขนาดของต้นกำลังขับปั๊มนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของต้นกำลังด้วย



รูปที่ 6-15 การเปลี่ยนรูปของพลังงานของระบบพัดลม

ประสิทธิภาพของพัดลมคำนวณได้จาก

$$\eta_F = \frac{\text{กำลังลม}}{\text{กำลังทางกลเข้าพัดลม}} \quad (6-16)$$

ประสิทธิภาพของระบบท่รอบและส่งกำลังคำนวณได้จาก

$$\eta_T = \frac{\text{กำลังทางกลเข้าพัดลม}}{\text{กำลังทางกลจากต้นกำลัง}} \quad (6-17)$$

ประสิทธิภาพของระบบท่รอบและส่งกำลังมีค่าประมาณดังนี้

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

ประสิทธิภาพของต้นกำลังขับพัดลมคำนวณได้จาก

$$\eta_{\text{ต้นกำลัง}} = \frac{\text{กำลังทางกลจากต้นกำลัง}}{\text{กำลังที่ต้องให้กับต้นกำลัง}} \quad (6-18)$$

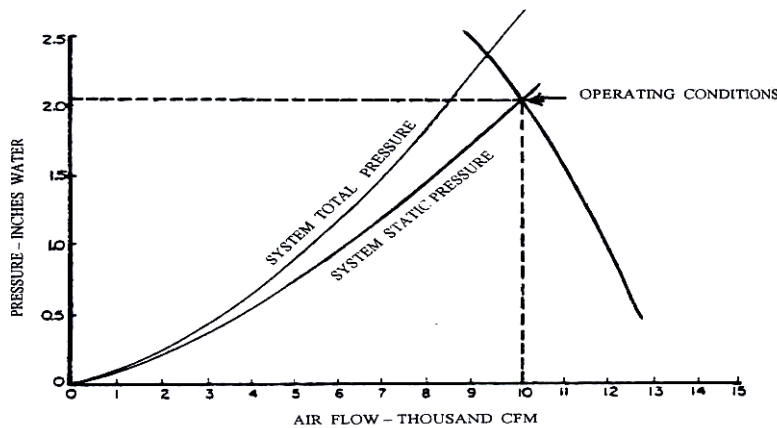
นำสมการ (7-16) คูณกับสมการ (7-17) และ (7-18) เพื่อคำนวณหา กำลังที่ต้องให้กับต้นกำลังขับพัดลม

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

$$\text{กำลังที่ต้องให้กับต้นกำลัง} = \frac{\text{กำลังลม}}{\eta_F \times \eta_T \times \eta_{\text{ต้นกำลัง}}} \quad (6-19)$$

6.6.4 คุณลักษณะและสมรรถนะการทำงานของพัดลม

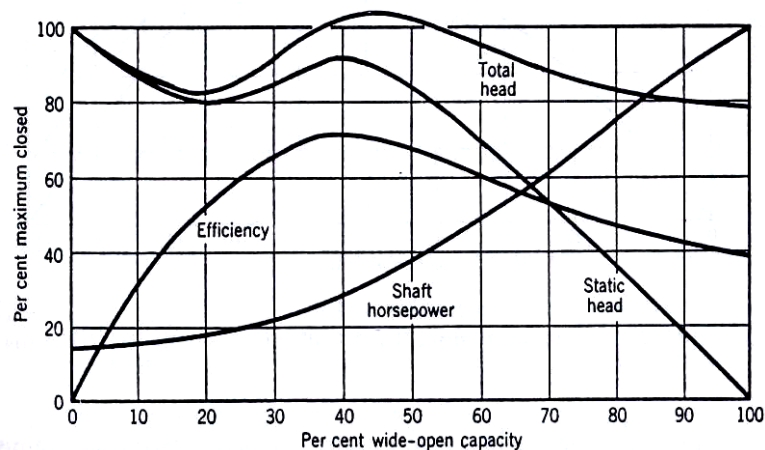
ขณะที่พัดลมทำงาน จะทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ได้ด้วยค่าความกดดันที่เกิดขึ้น เมื่ออากาศเคลื่อนที่ออกไปได้ด้วยระยะทางที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้ความกดดันลดลง ถ้านำค่าความกดดันในช่วงต่าง ๆ มาเขียนกราฟเทียบกับอัตราการไหลของอากาศที่ได้ในช่วงความกดดันนั้นๆ ถ้าค่าความกดดันดังกล่าวเป็นค่าความกดดันรวมของระบบเมื่อนำค่าความกดดันรวมที่ลดลงของระบบมาหักออกจากค่าความกดดันความเร็ว จะได้กราฟอีกเส้นซึ่งแสดงถึงความดันสถิตของระบบ เราสามารถนำกราฟดังกล่าวไปใช้ในการเลือกจุดทำงานที่เหมาะสมที่ของพัดลมชนิดนั้นได้ ดังรูปที่ 6-16



รูปที่ 6-16 การหาจุดทำงานของพัดลมที่เหมาะสมจากกราฟคุณลักษณะของระบบพัดลมแบบหมุนเหวี่ยง ชนิดใบพัดโค้งไปข้างหลัง ขนาด 27 นิ้ว ที่ 1,080 รอบต่อนาที

เนื่องจากปริมาณอากาศที่ได้จากพัดลมตามที่กำหนดจากผู้ผลิต ปกติแล้วจะทำการทดสอบ ณ สภาพแวดล้อมมาตรฐาน เช่น ที่อุณหภูมิ 15 °C มีความกดดันบรรยากาศแวดล้อมเท่ากับ 1 บาร์ และความสูงเทียบเท่ากับระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นต้น ซึ่งสภาวะดังกล่าวอาจแตกต่างจากสภาวะจริงที่ติดตั้งใช้งานจึงทำให้สภาวะการใช้งานไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนั้นสมรรถนะของพัดลมจะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ อาทิ อุณหภูมิ ความเร็วรอบ และความหนาแน่นของอากาศ

6.6.4.1 กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งไปข้างหน้า

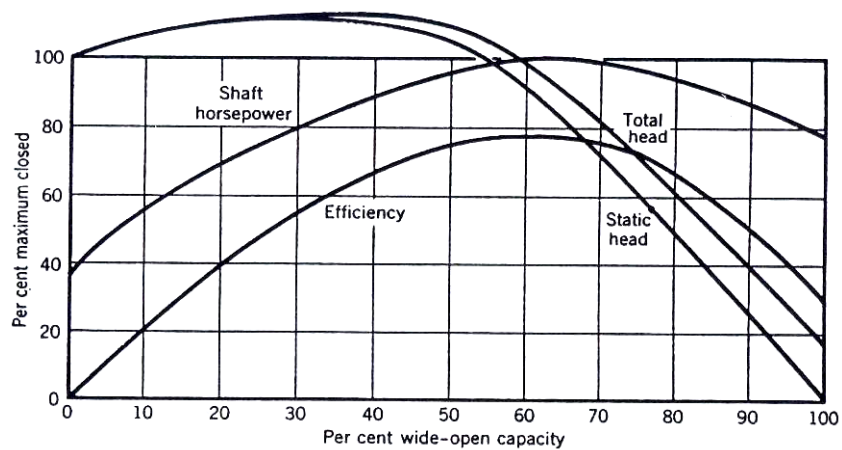


รูปที่ 6-17 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งไปข้างหน้า

จากรูปที่ 6-17 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่ากำลังงานที่ป้อนให้เพลลาของพัดลมมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งมีผลทำให้มอเตอร์ของพัดลมทำงานเกินกำลังในขณะที่ความต้านทานของระบบมีค่าลดลง ดังนั้น จึงไม่ควรใช้พัดลมชนิดนี้กับระบบที่มีอัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมชนิดนี้ คือ ช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณ 30-50 % ซึ่งจะทำให้การทำงานของพัดลมมีค่าประสิทธิภาพสูงสุด เส้นกราฟค่าความดันสถิต จะมีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่มีความเสถียรภาพคือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างในช่วงไม่เกิน 40 % ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ปริมาตรที่เปิดกว้างให้อากาศเข้าสู่ตัวเรือนของพัดลมในช่วงนี้

6.6.4.2 กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งไปข้างหลัง

จากรูปที่ 6-18 จะเห็นได้ว่าช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมชนิดนี้คือ ช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างให้อากาศเข้าสู่ตัวเรือนของพัดลม มีค่าประมาณ 50-65 % ซึ่งจะทำให้การทำงานของพัดลมชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด ค่าประสิทธิภาพของพัดลมจะมีค่าสูงสุดเมื่อใช้กำลังงานในการขับเคลื่อนเพลลาของพัดลมสูงด้วยเช่นกัน พัดลมชนิดนี้จะไม่มีลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลังและไม่มีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่มีเสถียรภาพ

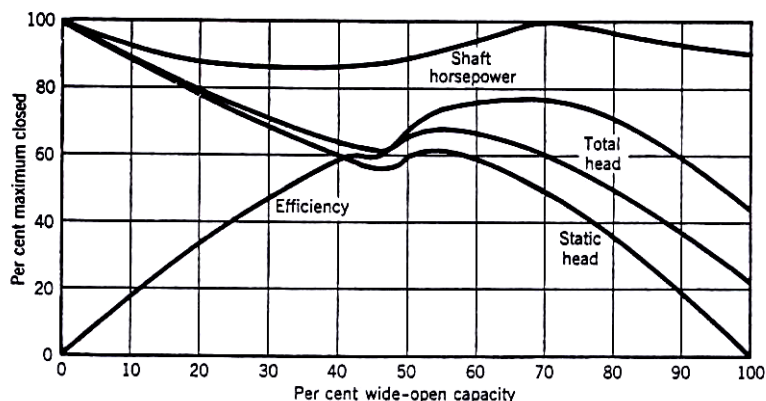


รูปที่ 6-18 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งไปข้างหลัง

6.6.4.3 กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดตรง

กราฟสมรรถนะของพัดลมชนิดนี้ จะเหมือนกับกราฟสมรรถนะของพัดลมชนิดใบพัดโค้งไปข้างหน้า กล่าวคือเส้นกราฟกำลังงานของพัดลมจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ แม้ว่าค่าความกดดันของระบบจะลดลงก็ตามแต่ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านตัวเรือนพัดลมชนิดนี้จะมีค่าต่ำกว่าพัดลมชนิดใบพัดโค้งไปข้างหน้า

6.6.4.4 กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fans)



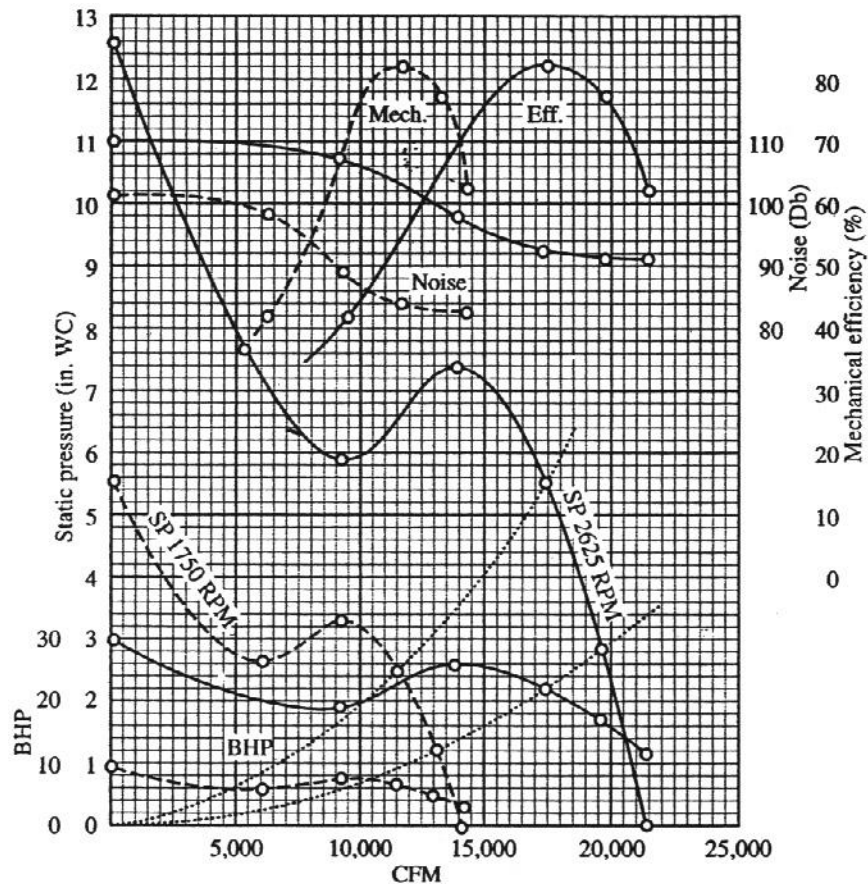
รูปที่ 6-19 กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน

ในรูปที่ 6-19 จะเห็นว่าเส้นกราฟของเฮดสถิต และเฮดรวมของระบบจะลดลง และเพิ่มขึ้น ในช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรเปิดให้อากาศเข้าสู่ตัวเรือนพัดลมมีค่าอยู่ประมาณ 30-50 % ถ้าพัดลมชนิดนี้ทำงานอยู่ในช่วงดังกล่าวจะก่อให้เกิดความไม่เสถียรภาพขึ้นภายในระบบ และช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมก็คือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณ 55-75 % ซึ่งจะทำให้การทำงานของพัดลมมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถขับเคลื่อนอากาศได้ปริมาณที่มาก และใช้กำลังงานในการขับเคลื่อนไม่มากจนเกินไป เส้นกราฟการทำงานของพัดลมจะค่อนข้างแบนราบโดยเฉพาะอย่างยิ่งภายในช่วงการทำงานที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรเปิดกว้างประมาณ 40 % นั่นคือกำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนพัดลมภายในช่วงดังกล่าวจะมีค่าค่อนข้างคงที่

6.7 กฎความคล้ายของพัดลม

เช่นเดียวกันกับการทำงานของปั๊ม สมรรถนะของพัดลมที่นำมาใช้งานกับระบบระบายอากาศ ถูกกำหนดด้วยกฎของพัดลม (Fan Laws) โดยอยู่ภายใต้ความหนาแน่นของอากาศคงที่ เนื่องจากพัดลมทุกชนิดทำงานตามหลักการของปั๊มชนิดไคเนติกส์ กฎของพัดลมจึงสามารถใช้ได้กับพัดลมทุกชนิด

6.7.1 เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดมีค่าคงที่แต่มีการเปลี่ยนแปลงรอบความเร็ว



รูปที่ 6-20 ตัวอย่างสมรรถนะของพัดลมแบบไหลตามแนวแกน เมื่อความเร็วการหมุนของใบพัดเปลี่ยนไป

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (6-20)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \quad (6-21)$$

$$\frac{Bhp_1}{Bhp_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^3 \quad (6-22)$$

$$SPL_1 - SPL_2 = 50 \log_{10} \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \quad (6-23)$$

เมื่อ Q_1 , H_1 , Bhp_1 และ SPL_1 เป็นอัตราการสูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ (Brake Horsepower) และระดับความดังของเสียง (Sound Pressure Level) ในหน่วย dB เมื่อใบพัดหมุนด้วยอัตราเร็ว N_1 ตามลำดับ และ Q_2 , H_2 , Bhp_2 และ SPL_2 เป็นอัตราการสูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ และระดับความดังของเสียง เมื่อความเร็วการหมุนของใบพัดเปลี่ยนไปเป็น N_2

รูปที่ 6-20 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบ อัตราการสูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ ระดับความดังของเสียง และประสิทธิภาพของพัดลมแบบไหลตามแนวแกน เมื่อทำงานที่รอบความเร็ว 1,750 รอบต่อนาที และเมื่อทำงานที่รอบความเร็ว 2,625 รอบต่อนาที จากรูปจะเห็นว่า อัตราการสูบ เฮด กำลังขับที่พัดลม

ต้องการ และระดับความดังของเสียง มีค่ามากขึ้นเมื่อพัดลมทำงานที่รอบความเร็วที่สูงขึ้น แต่ประสิทธิภาพของพัดลมมีค่าคงเดิม

6.7.2 เมื่อรอบความเร็วมีค่าคงที่ แต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดเปลี่ยนไป

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad (6-24)$$

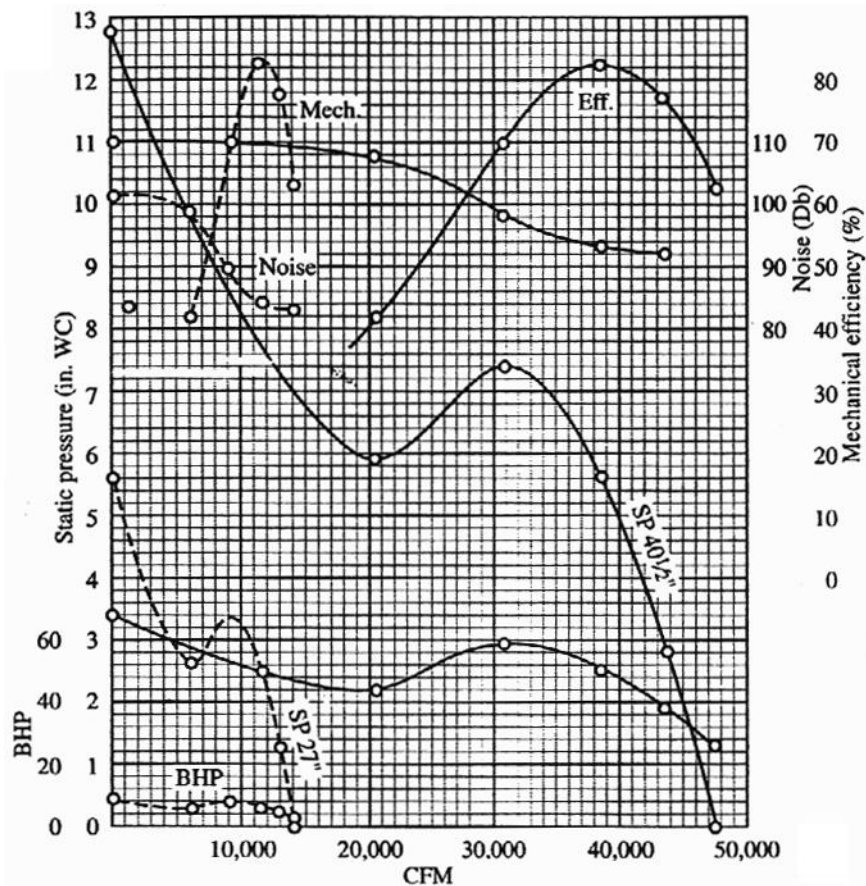
$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \quad (6-25)$$

$$\frac{\text{Bhp}_1}{\text{Bhp}_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^3 \quad (6-26)$$

$$\text{SPL}_1 - \text{SPL}_2 = 50 \log_{10} \left(\frac{D_1}{D_2} \right) \quad (6-27)$$

เมื่อ Q_1 , H_1 , Bhp_1 และ SPL_1 เป็นอัตราการสูบลูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ (Brake Horsepower) และระดับความดังของเสียง (Sound Pressure Level) ในหน่วย dB เมื่อใบพัดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง D_1 ตามลำดับ และ Q_2 , H_2 , Bhp_2 และ SPL_2 เป็นอัตราการสูบลูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ และระดับความดังของเสียง เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดเปลี่ยนไปเป็น D_2 ตามลำดับ

รูปที่ 6-21 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบ อัตราการสูบลูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ ระดับความดังของเสียง และประสิทธิภาพ ของพัดลมแบบไหลตามแนวแกนที่มีขนาดใบพัด 27 นิ้ว และพัดลมขนาดใบพัด 40.5 นิ้ว จากรูปจะเห็นว่า อัตราการสูบลูบ เฮด กำลังขับที่พัดลมต้องการ และระดับความดังของเสียง มีค่ามากขึ้นเมื่อพัดลมมีขนาดใบพัดที่ใหญ่ขึ้น แต่ประสิทธิภาพของพัดลมมีค่าคงเดิม



รูปที่ 6-21 ตัวอย่างสมรรถนะของพัดลมแบบไหลตามแนวแกน ที่มีขนาดของใบพัด 27 และ 40.5 นิ้ว

ตัวอย่างที่ 6-1 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

วิธีทำ จากสมการ
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$Q_1 = \frac{2,625}{1,750} \times 14,200$$

$$= 21,300 \text{ cfm} \quad \text{ตอบ}$$

จากสมการ
$$\frac{Bhp_1}{Bhp_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^3$$

$$Bhp_1 = \left(\frac{2,625}{1,750} \right)^3 \times 3.45$$

$$= 11.64 \text{ แรงม้า} \quad \text{ตอบ}$$

จากสมการ
$$SPL_1 - SPL_2 = 50 \log_{10} \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

$$SPL_1 = 83.2 + 50 \log_{10} \left(\frac{2,625}{1,750} \right)$$

$$= 92.0 \text{ dB} \quad \text{ตอบ}$$

6.8 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในพัดลม

ตัวอย่างแนวทางการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในพัดลมนั้น มีดังนี้

6.8.1 การควบคุมการเปิด-ปิดพัดลม

หากสามารถระบุช่วงระยะเวลาที่ไม่ต้องการใช้พัดลมได้ ก็อาจดำเนินการหยุดพัดลมไว้จนกว่าถึงเวลาที่ต้องการใช้ ซึ่งสามารถควบคุมโดยใช้เจ้าหน้าที่เปิด-ปิด หรืออาจใช้วิธีควบคุมโดยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมที่เหมาะสม เช่น เครื่องควบคุมแบบตั้งเวลา (Timer)

อย่างไรก็ตาม การเปิด-ปิดเครื่องบ่อย ๆ จะทำให้เกิดสภาวะการรับภาระโหลดแบบทันที (Shock Loads) และทำให้ออเตอร์เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นสูง เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นขณะเริ่มเดินเครื่อง ดังนั้น การควบคุมแบบเปิด-ปิด จึงใช้ได้เฉพาะกับพัดลมที่มีช่วงพักนานพอ (ถ้าประเมินได้) ช่วงพักกะ และช่วงวันหยุด

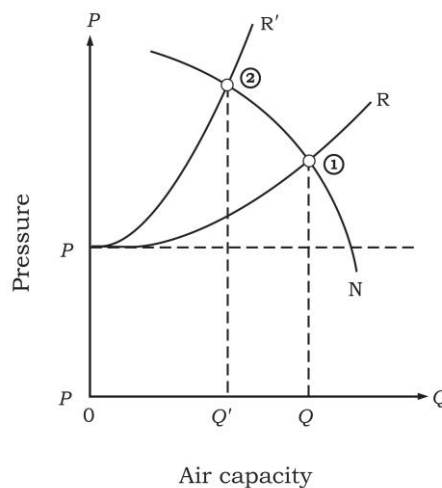
6.8.2 การลดปริมาณลม – ความดัน ให้เหมาะสมกับที่ภาระต้องการ

1. เมื่อปริมาณลมที่ต้องการลดลงและมีการเปลี่ยนแปลงน้อย

หากวางแผนเพื่อไว้มากไป และต้องการลดปริมาณลมเนื่องจากการลดกำลังการผลิต หากใช้วิธีปรับด้วยแฉกเปอร์ด้าออกจะทำให้การเดินเครื่องมีกำลังขับสูญเสียสูง วิธีการแก้ไขในกรณีนี้คือ ลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดเปลี่ยนไปใช้ใบพัดที่มีคาปาซิตีต่ำลง ลดจำนวนชั้นของโบลเวอร์หลายชั้นปรับมุมใบพัดของพัดลมแบบ Axial flow

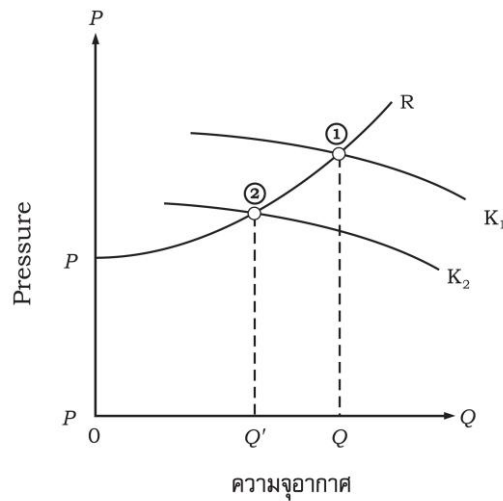
2. เมื่อปริมาณลมที่ต้องการมีการเปลี่ยนแปลง

- หรีแฉกเปอร์ด้าออก วิธีนี้ก่อให้เกิดการลดการใช้พลังงานได้น้อยที่สุดในจำนวนทุกวิธี เนื่องจากความต้านทานของระบบจะมีค่ามากขึ้น ดังรูปที่ 6-22 เมื่อจุดทำงานเปลี่ยนจาก (1) ไป (2)



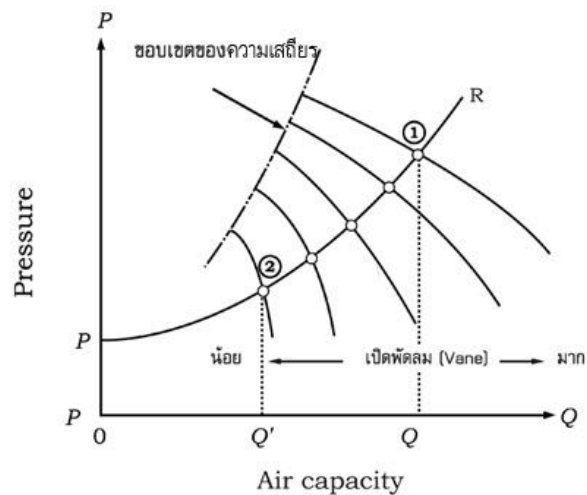
รูปที่ 6-22 การลดปริมาณลมด้วยวิธีหรีแฉกเปอร์ด้าออก

- หรีแฉกเปอร์ด้าเข้า ด้วยวิธีนี้ความดันที่ต้านง่ายจะถูกลดเนื่องจากความที่ดันด้านเข้าเป็นลบเป็นสัดส่วนกับความต้านทานของไดอะแฟรมของแฉกเปอร์ด้าจาก K_1 ไป K_2 และจุดทำงานเปลี่ยนจากจาก (1) ไป (2) ในรูป 6-23



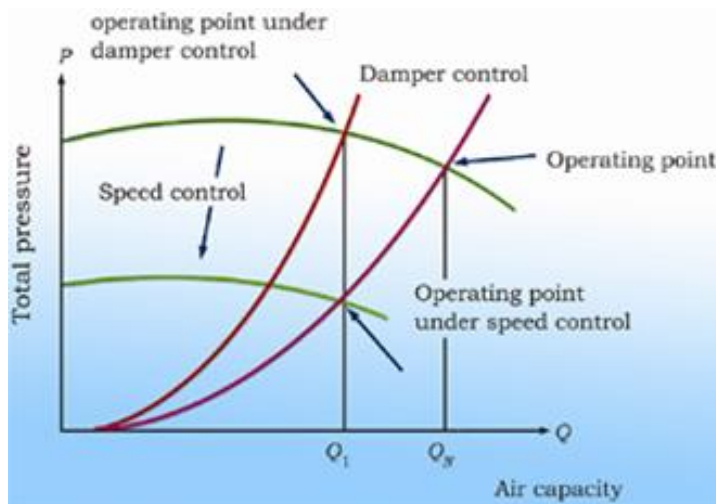
รูปที่ 6-23 การลดปริมาณลมด้วยวิธีหรี่แฉกเปอร์ด้านเข้า

- การควบคุมใบนำทางลม (Vane) ด้านเข้าการปรับใบนำทางลมด้านเข้าจะส่งผลให้เส้นโค้งการทำงานจะเคลื่อนไปทางด้านความจุอากาศต่ำ การลดปริมาณลมด้วยวิธีนี้จะลดการใช้พลังงานได้ดีกว่าการควบคุมแฉกเปอร์



รูปที่ 6-24 การลดปริมาณลมด้วยการควบคุมใบนำทางลมด้านเข้า

- ควบคุมจำนวนเครื่อง (กรณีที่ดินเครื่องพัดลมขนานกันหลายตัว สามารถลดจำนวนเครื่องที่ดินให้สอดคล้องกับปริมาณลม)
- ควบคุม Variable pitch ของ Moving blade ของพัดลม Axial flow (สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงในการช่วงปริมาณลมกว้าง)
- ควบคุมความเร็วรอบ การลดปริมาณลมด้วยวิธีนี้จะลดการใช้พลังงานได้มากกว่าการควบคุมแฉกเปอร์ เนื่องจากเส้นกราฟสมรรถนะของพัดลมจะลดระดับลงตามความเร็วรอบที่ลดลง ทำให้สามารถลดได้ทั้งระดับความดันและปริมาณลม ดังแสดงในรูปที่ 7-25



รูปที่ 6-25 การเปรียบเทียบการลดปริมาณลมด้วยการควบคุมแฉมเปอร์
และด้วยการลดความเร็วรอบ

6.8.3 การตรวจสอบและบำรุงรักษาพัดลม

เพื่อให้พัดลมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีอายุการใช้งานยาวนาน และไม่ต้องหยุดทำงานเพื่อซ่อมแซมบ่อยครั้ง พัดลมขนาดใหญ่ทุกเครื่องควรมีสมาคมประวัติการใช้งานและบำรุงรักษา ตลอดจนมีตารางเวลาสำหรับตรวจสอบ และบำรุงรักษาที่แน่นอน การตรวจสอบ และบำรุงรักษาอาจแบ่งออกเป็น การตรวจสอบประจำวัน การตรวจสอบทุก 6 เดือน และการตรวจสอบประจำปี รายการตรวจสอบดังกล่าวนี้ ควรจะขอจากบริษัทผู้ผลิตพัดลม เพราะว่าวิธีการอาจจะแตกต่างกันไปบ้างสำหรับพัดลมแต่ละระบบ ดังตารางที่ 6-6

ตารางที่ 6-6 ตัวอย่างการตรวจสอบและบำรุงรักษาประจำวัน

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

เนื่องจากรายละเอียดของวิธีการตรวจสอบ และการซ่อมบำรุงจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพัดลม และบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นขอให้ศึกษาจากคู่มือผู้ใช้สำหรับพัดลมนั้น ๆ โดยเฉพาะ

6.9 กรณีศึกษา

6.9.1 มาตรการลดความเร็วรอบพัดลมโดยเปลี่ยนขนาด Pulley

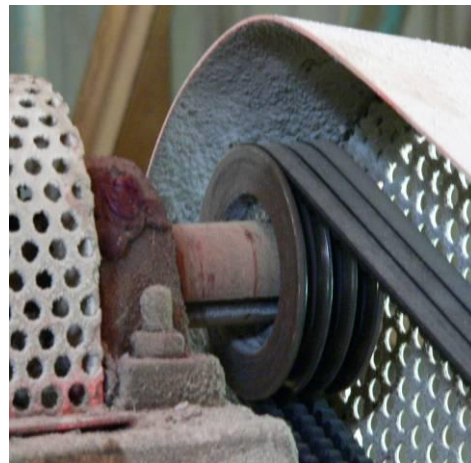
มาตรการอนุรักษ์พลังงานพัดลมของสถานประกอบการแห่งหนึ่ง เป็นมาตรการทางด้านการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน มีรายละเอียดแนวทางการดำเนินการดังนี้

หลักการ และเหตุผลของมาตรการ

ในกระบวนการผลิตของโรงงาน AA ใช้พัดลมเครื่องบด Jacobson จำนวน 15 ชุด ในการลำเลียงอาหารสัตว์บดไปตามท่อลมความเร็วสูง เพื่อที่จะสามารถพาอาหารสัตว์ส่งต่อไปยังขั้นตอนต่อไปของกระบวนการผลิต ด้วยเหตุนี้พัดลมเครื่องบด Jacobson ทั้ง 15 ชุด จะต้องใช้ขนาดกำลังไฟฟ้าที่สูงพอที่สามารถพาอาหารสัตว์ไปตามท่อลมความเร็วสูงได้ พิจารณาขนาดมอเตอร์พัดลมเครื่องบด Jacobson No.10 ที่ออกแบบติดตั้งใช้งานอยู่ มีขนาดสูงเท่ากับ 45 kW และเปิดใช้งานตลอดเวลา 24 ชั่วโมง/วัน 300 วัน/ปี

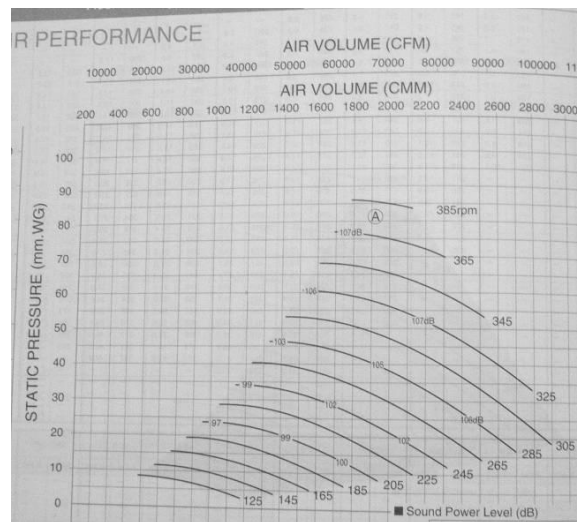
การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

เพื่อให้การลำเลียงอาหารสัตว์บดได้ปริมาณที่เหมาะสมและตรงกับที่ต้องการในกระบวนการผลิตที่กำหนดไว้ ณ ระบบท่อลมจึงจำเป็นต้องมี Damper ทำหน้าที่เป็นตัวปรับปริมาณลมส่งอาหารสัตว์บดให้ตามปริมาณที่ต้องการ แต่การหรี Damper นั้นเป็นการเพิ่มแรงเสียดทานในระบบท่อลม มีจุดประสงค์เพื่อที่จะปรับปริมาณลมให้ได้ตามที่ต้องการเท่านั้น การหรี Damper ไม่ได้ช่วยให้กำลังไฟฟ้าของพัดลมลดลงอย่างที่ควรจะเป็น ซึ่งเมื่อพิจารณาพัดลมเครื่องบด Jacobson No.10 พบว่ามีการหรี Damper ไว้ที่ 60 % ใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 36.3 kW



รูปที่ 6-26 แสดงการหรี Damper และ Pulley เดิมของพัดลมเครื่องบด Jacobson

เนื่องจากการหรี Damper ไม่ได้ช่วยให้กำลังไฟฟ้าของพัดลมลดลงอย่างที่ควรจะเป็น แต่มีแนวทางอื่นที่จะลดกำลังไฟฟ้าของพัดลมเครื่องบดนี้ได้ คือ ให้พัดลมเครื่องบดเปลี่ยนจุดทำงานใหม่ที่สามารถลดการใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลงได้ โดยจุดทำงานใหม่เป็นจุดทำงานที่แรงเสียดทานของระบบท่อลมของพัดลมลดลงจากเดิมและความเร็วรอบของพัดลมก็ลดลง ในขณะที่ปริมาณลมที่ใช้ลำเลียงอาหารสัตว์บดก็ยังคงเดิม แนวความคิดดังกล่าวนี้พิจารณาได้จากคุณลักษณะการทำงานของพัดลม (Performance Fan Curve) ดังรูปที่ 6-27



รูปที่ 6-27 แสดงคุณลักษณะการทำงานของพัดลม (Performance Fan Curve)

เมื่อพิจารณาแนวคิดการเปลี่ยนจุดทำงานของพัดลมร่วมกับ Performance Fan Curve ของพัดลมตามรูปแล้วพบว่าแนวคิดดังกล่าวนี้มีความเป็นไปได้เป็นอย่างดีที่จะลดการใช้กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลม ดังรูปที่ 6-27

รายละเอียด	จุดทำงานเดิม	จุดทำงานใหม่
อัตราการไหล(m^3/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

ดังนั้นในแนวคิดลดรอบการทำงานของพัดลมเพื่อเปลี่ยนจุดทำงานใหม่นั้นมีขั้นตอนในการดำเนินงาน คือ

- 1) ตรวจสอบปริมาณลมที่พัดลมต้องการใช้จริง ๆ จากจุดทำงานเดิมของพัดลม
- 2) ตรวจสอบกำลังไฟฟ้า ขนาด Pulley และรอบการทำงานของพัดลมที่จุดทำงานเดิม
- 3) ปรับ Damper ให้อยู่ที่ตำแหน่งเปิดสุด (100%)

ซึ่งทันทีที่ Damper เปิดสุดจะทำให้อัตราการไหลของลมเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณลมที่เพิ่มขึ้นนั้นเป็นปริมาณที่ไม่ต้องการทำการลดปริมาณลมให้เหลือเท่าที่ต้องการตามที่ตรวจสอบไว้ ณ จุดทำงานเดิม โดยใช้อุปกรณ์ VSD ทดลองลดความเร็วรอบมอเตอร์พัดลมไปจนกว่าจะได้จุดทำงานใหม่ที่ได้อัตราการไหลของลมเท่าเดิม แต่กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง หลังจากนั้นนำอุปกรณ์ VSD ออกจากการทดสอบแล้วทำการปรับปรุงจุดทำงานของพัดลมโดยการเปลี่ยน Pulley พัดลมใหม่ให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้พัดลมทำงานตามรอบที่ลดลงที่ทำการทดสอบไว้กับ VSD

การสำรวจตรวจวัด

เวลาการทำงานปกติ	24	ชั่วโมงต่อวัน	300	วันต่อปี
ชั่วโมงทำงานที่ต่อปี	7,200	ชั่วโมงต่อปี		
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	2.60	บาท/kWh		

ข้อมูลผลการตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์พัดลมเครื่องบด Jacobson No.10 และจุดทำงานใหม่ มีการใช้กำลังไฟฟ้า ดังนี้

มอเตอร์พัดลมเดิม	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)	36.3	kW
มอเตอร์พัดลมใหม่	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)	19.0	kW

การวิเคราะห์ทางเทคนิค

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	(กำลังไฟฟ้าเดิม - กำลังไฟฟ้าใหม่) x ชั่วโมงทำงาน x วันทำงานต่อปี	kWh/ปี
	=	(36.3 - 19.0) x 24 x 300	kWh/ปี
	=	124,560	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	124,560 x 2.60	บาท/ปี
	=	323,856	บาท/ปี

การวิเคราะห์การลงทุน

ค่าชุด พูลี่ (Pulley) ตัวใหม่ ขนาด 280 mm. จำนวน 1 ชุด ราคา 2,000 บาท และดำเนินการติดตั้งโดยพนักงานของทางบริษัทเอง

คิดเป็นเงินลงทุนรวม	=	2,000	บาท
เมื่อเปรียบเทียบกับเงินที่ประหยัดที่ได้	=	323,856	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	0.01	ปี

เมื่อพิจารณาเงินลงทุนเปรียบเทียบกับผลที่ประหยัดที่ได้ จะทำให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนสูงเนื่องจากมีเงินทุนไม่มากนัก เป็นเหตุจูงใจให้ผู้บริหารตัดสินใจได้ง่าย

6.9.2 มาตรการลดขนาดใบพัดของพัดลม

มาตรการอนุรักษ์พลังงานพัดลมของสถานประกอบการแห่งหนึ่ง เป็นมาตรการทางด้านการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน มีรายละเอียดแนวทางการดำเนินการดังนี้

หลักการและเหตุผลของมาตรการ

เดิมโรงงานมีการใช้ใบพัดลมขนาดใหญ่เกินไป ดังนั้นหากมีการลดขนาดใบพัด และปรับแฉกเพอร์ฟัดลมให้ได้ปริมาณอากาศแต่เดิม จะทำให้ลดค่าพลังงานลงได้

การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

โรงงาน AT มีการใช้พลังงานความร้อนคิดเป็นร้อยละ 88 ของการใช้พลังงานทั้งหมด โดยใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไอน้ำเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ โดยใช้ระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed) ซึ่งจำเป็นจะต้องมีพัดลมเป่าทรายที่ใช้เป็นวัสดุเบด (Bed materials) ด้วยความดันที่เหมาะสมเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สุด

การเลือกขนาดพัดลมส่วนมากจะมีการเผื่อไว้ให้สามารถดูดอากาศได้ในปริมาณที่สูงกว่าค่าที่คำนวณได้ และใช้แฉกเพอร์ (Damper) ปรับหรีปริมาณให้ได้ตามความต้องการหรือตามสภาพการใช้งานที่แปรเปลี่ยนไป ซึ่งการควบคุมปริมาณอากาศโดยวิธีนี้จะเกิดการสูญเสียพลังงานจากการปรับหรีที่แฉกเพอร์ โดยจากการสำรวจพบว่าพัดลมที่ใช้เป่าทรายในระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed) ของหม้อไอน้ำมีการปรับหรีแฉกเพอร์เพื่อลดปริมาณการดูดอากาศ ทำให้สูญเสียพลังงานไปกับการปรับหรีนั้น ดังรูปที่ 6-28



รูปที่ 6-28 พัดลมเป่าทราย และการปรับรีดแมเปอร์

หลังจากทดลองเปลี่ยนใบพัดอันใหม่ ซึ่งสามารถลดขนาดของใบพัดจากเดิม เส้นผ่าศูนย์กลาง 708 มิลลิเมตร เหลือ 670 มิลลิเมตร โดยปรับรีดแมเปอร์พัดลมใหม่ (หรือให้น้อยลง) ให้ได้ ปริมาณอากาศเท่าเดิมแล้ว ผลปรากฏว่าสามารถลดค่าพลังไฟฟ้าลงน้อยกว่าเดิม ดังรูปที่ 6-29



รูปที่ 6-29 ใบพัดของพัดลมเป่าทรายอันใหม่ และการปรับรีดแมเปอร์พัดลมใหม่ (หรือให้น้อยลง)

การสำรวจตรวจวัด

มอเตอร์พัดลมเป่าทราย ขนาดพิกัด 37 kW มีจำนวน 1 ตัว

ค่ากำลังไฟฟ้า ก่อนปรับปรุง 24.67 kW

ค่ากำลังไฟฟ้า หลังปรับปรุง เมื่อลดขนาดใบพัด 18.90 kW

เปอร์เซ็นต์การทำงานของมอเตอร์ 90% หรือ 0.90

ชั่วโมงการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี หรือ 7,200 ชั่วโมงต่อ

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 2.63 บาท/kWh

การวิเคราะห์ทางเทคนิค

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง = $N \times (P_1 - P_2) \times h \times d \times O_p$ (kWh/ปี)

P_1 คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ก่อนปรับปรุง = 24.67 (kW)

P_2 คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ หลังปรับปรุง เมื่อขนาดใบพัด = 18.90 (kW)

N คือ จำนวนมอเตอร์ ที่ปรับปรุง = 1 (ตัว)

h คือ จำนวนชั่วโมงทำงาน = 24 (ชั่วโมงต่อวัน)

d คือ จำนวนวันทำงานต่อปี = 300 (วันต่อปี)

O_p คือ เปอร์เซ็นต์การทำงานของมอเตอร์ = 0.90

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	$1 \times (24.67 - 18.90) \times 24 \times 300 \times 0.90$	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	$37,390 \times 2.63$	บาท/ปี
	=	98,336	บาท/ปี

การวิเคราะห์การลงทุน

ค่าแรงปรับปรุงลดใบพัดเป่าทราย

คิดเป็นเงินลงทุนรวม	=	20,000	บาท
เมื่อเปรียบเทียบกับเงินที่ประหยัดที่ได้	=	98,336	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	0.20	ปี

เมื่อพิจารณาเงินลงทุนเปรียบเทียบกับผลที่ประหยัดได้ จะทำให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนมีระยะเวลาล้นมากเพียง 0.2 ปี ซึ่งเป็นเหตุจูงใจให้ผู้บริหารง่ายต่อการตัดสินใจในการปรับปรุง

6.9.3 มาตรการติดตั้ง Timer ลดเวลาการใช้พัดลมเป่าอย่างระบายนความร้อน

มาตรการอนุรักษ์พลังงานพัดลมของสถานประกอบการแห่งหนึ่ง เป็นมาตรการทางด้านการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน มีรายละเอียดแนวทางการดำเนินการดังนี้

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในกระบวนการผลิตมีการใช้พัดลมระบายร้อนจากยางที่ออกจากเครื่องผสม ซึ่งใช้พัดลมจำนวนมาก และทำงานตลอด 24 ชั่วโมง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การควบคุมเวลาปิด และเปิดพัดลมระบบความร้อนยาง Mix ชั้นที่ 2 ที่ชั้นตากยาง 3 ชั้น เครื่อง Two - Roll - Mill 22 นิ้ว จะทำหน้าที่ลดอุณหภูมิยางจากประมาณ 78 °C ลงเหลืออุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature) การควบคุมเวลาปิดเปิดพัดลมระบายความร้อนจะใช้แรงงานคนบ่อยครั้งที่พนักงานลืมปิด ทำให้สูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ (ไม่มีชิ้นงานภายในชั้นตากยาง)

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินงาน

ทีมงานอนุรักษ์พลังงานมีความเห็นร่วมกันว่าควรติดตั้งระบบตรวจจับชิ้นงานที่ป้อนเข้าเครื่อง ถ้ามีชิ้นงานพัดลมจะทำงาน และทำงานเพียง 10 นาที ก็จะดับ ซึ่งเป็นเวลาเพียงพอที่จะลดอุณหภูมิสภาวะแวดล้อมได้ ดังนั้นการติดตั้งระบบดังกล่าว จะทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียจากการลืมปิดไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่พัดลม

สภาพหลังปรับปรุง

การปรับปรุง สามารถลดเวลาทำงานของพัดลมลงได้ ประหยัดพลังงานได้มาก ทำให้เสียงดังจากพัดลมลดลง

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

กำลังมอเตอร์ 1 ตัว วัดกำลังได้	0.32	KW
จำนวนพัดลมเป่ายาง	10	ตัว
เวลาที่ประหยัดได้ต่อวัน	6	ชั่วโมง
1 ปี ทำงาน 298 วัน คิดเป็น	1788	ชั่วโมง

ตอนที่ 2 บทที่ 6 การอนุรักษ์พลังงานสำหรับพัดลม

ค่าไฟฟ้า คิดที่ หน่วยละ 3 บาท

รวมพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี = $0.32 \times 10 \times 745 = 5,721.60$ kWh

รวมพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (ktoe) 0.0005 ktoe

อัตราค่ากระแสไฟฟ้าคิดที่ 3.00 บาท/หน่วย

คิดเป็นเงิน = $5,721.6 \times 3.00$

= 17,164.80 บาทต่อปี

การลงทุน

เงินลงทุน 25,000 บาท

คืนทุน 1.46 ปี

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 อาวุโส ด้านไฟฟ้า, กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
5. คู่มือฝึกอบรมการอนุรักษ์พลังงานภาคปฏิบัติด้านไฟฟ้า (Mini Plant), โครงการทดลองจัดระบบการสอบและการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม PRE, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
6. คู่มือการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน, กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
7. ผศ.ดร.สุธรรม นิยมวาส และบัญญัติ นิยมวาส, เครื่องจักรกลของไหล, สำนักพิมพ์ วิทยพัฒน์ จำกัด, กรุงเทพฯ, 2549
8. ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, การออกแบบระบบท่ออาคารและสิ่งแวดล้อมอาคาร, มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2537