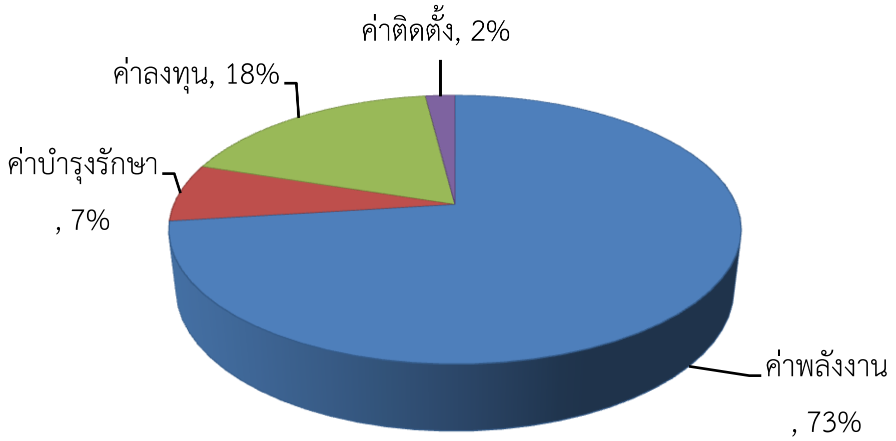
บทที่ 4 ระบบอากาศอัด

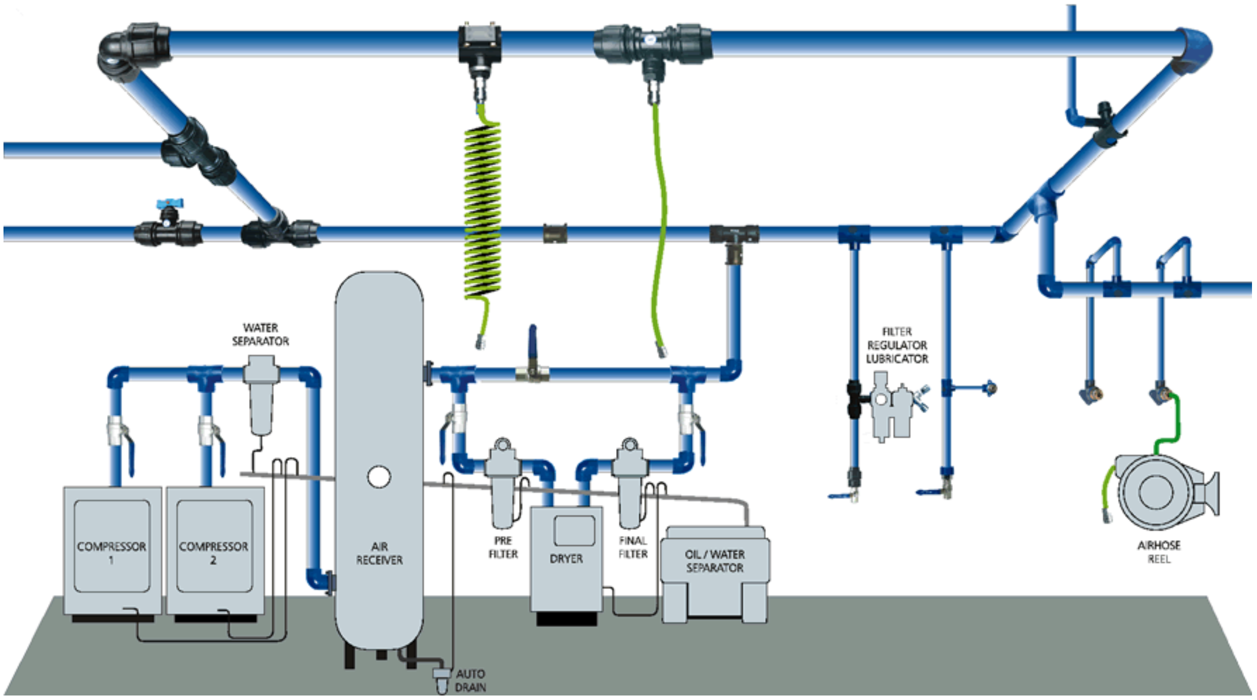
ระบบอากาศอัด (Compressed Air System) หรือที่เรียกกันง่าย ๆ ว่า “ระบบปั๊มลม” เป็นระบบที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก โดยจะใช้เป็นแหล่งกำเนิดและป้อน อากาศอัดให้แก่อุปกรณ์เครื่องมือนานาชนิด รวมทั้งระบบควบคุมนิวแมติกส์ โดยเฉลี่ยระบบอากาศอัดใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 10% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงาน

ระบบอากาศอัดจะมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานมากกว่าค่าซื้อเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) โดยมีสัดส่วนดังรูปที่ 4-1 การประหยัดพลังงานจากการปรับปรุงระบบจะมีปริมาณ 20 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าหรืออาจจะมากกว่านั้นด้วยซ้ำ นับเป็นมูลค่ามหาศาล ระบบอากาศอัดที่มีการจัดการอย่างเหมาะสมก็สามารถประหยัดพลังงาน ลดการบำรุงรักษา ลดเวลาการพักเครื่อง เพิ่มปริมาณผลผลิต และทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นได้



รูปที่ 4.1 แสดงค่าใช้จ่ายต่างๆ ของระบบอากาศอัด

4.1 องค์ประกอบของระบบ



รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบอากาศอัด

ที่มา http://www.airenergy.com.au/compressed-air-systems/

ส่วนประกอบหลักของระบบอากาศอัดได้แก่

4.1.1 เครื่องอัดอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มความดันให้กับอากาศ ทำให้อากาศมีความดันสูงขึ้น แล้วส่งผ่านอากาศที่ถูกอัด ไปยังสถานที่ ที่ใช้งาน ภายในเครื่องมีส่วนประกอบหลักๆเช่น เครื่องกรองอากาศ ชุดคอมเพรสเซอร์ ชุดระบายความร้อนอากาศอัด และชุดกรองละอองน้ำมัน

- เครื่องกรองอากาศ (Air Filter) ซึ่งจะมีทั้งส่วนของการกรองอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ และส่วนของการกรองอากาศก่อนเข้าถังเก็บอากาศ เพื่อกรองฝุ่นละอองก่อนการนำไปใช้งาน

- ชุดคอมเพรสเซอร์ (Compressor) มีหลากหลายตามลักษณะของการอัด เช่น
    a) แบบใช้แรงเหวี่ยง (Centrifugal Compressor)
    b) แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor)
    c) แบบ Rotary (Screw Compressor)
    d) แบบ Rotary (Vane Type)

a) b) c) d)

รูปที่ 4.3 ประเภทของชุด Compressor

- ชุดกรองละอองน้ำมัน (Oil Filter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองละอองน้ำมันออกจากอากาศอัดที่มาจากเครื่องอัดอากาศ เนื่องจากในเครื่องอัดอากาศมีการใช้น้ำมันหล่อลื่นในการหล่อลื่นส่วนต่าง ๆ ขณะเครื่องอัดทำงาน
- อุปกรณ์ระบายความร้อนหลังเครื่องอัดอากาศ (After Cooler) เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนของอากาศที่อัดแล้วให้เย็นลงเพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน

4.1.2 ถังเก็บอากาศ (Air Receiver tank) เป็นถังที่ใช้เก็บอากาศอัดมีประโยชน์ในเรื่องของ

- การให้เครื่องเดินและหยุดยาวออกไป เพื่อป้องกันมอเตอร์เดินและหยุดถี่เกินไปอันอาจทำให้มอเตอร์ไหม้เสียหายได้
- ใช้สำรองอากาศอัดไว้ให้เครื่องจักรที่ใช้อากาศอัดครั้งละมาก ๆ และป้องกันมิให้ความดันระบบตก เมื่อมีการใช้อากาศปริมาณมาก ๆ ในแต่ละครั้ง

4.1.3 เครื่องทำอากาศแห้ง (Air Dryer) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้อากาศอัดแห้งได้ตามที่อุปกรณ์ใช้อากาศอัดต้องการ

4.2 นิยามประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ

4.2.1 ปริมาตรอากาศอิสระ หมายถึง ปริมา ตรของอากาศที่เครื่องอัดอากาศ ดูดเข้าในรูปอัตราไหล ซึ่งเรียกว่า Free Air Delivery (FAD) มีหน่วยเป็น ลิตร/วินาที (l/s) หรือ ลูกบาศก์เมตร/นาที (m^3/min)

4.2.2 สภาวะอากาศมาตรฐาน (Standard Air)

ISO 1217 : อากาศที่ 20 $^{\circ}$C ที่ความดัน 100.00 kPa ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 0%RH

JIS B 8341 : อากาศที่ 20 $^{\circ}$C ที่ความดัน 101.30 kPa ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 65%RH

4.2.3 กำลังไฟฟ้า (Pin) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเครื่องอัดอากาศ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW)

4.2.4 อัตราการไหลของอากาศอัดที่สภาวะมาตรฐาน (Q_S) หมายถึง ปริมาณอากาศอัดที่ตรวจวัด และปรับเข้าสู่สภาวะมาตรฐาน มีหน่วยเป็น มีหน่วยเป็น ลิตร/วินาที (l/s) หรือ ลูกบาศก์เมตร/นาที (m^3/min)

4.2.5 SPC_S (Specific Power Consumption on Standard Suction Condition) หรือ ค่าสมรรถนะพลังงาน หมายถึง ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของ เครื่องอัดอากาศที่สภาวะมาตรฐาน เป็น มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร kWh/m^3 หรือ กิโลวัตต์/(ลูกบาศก์เมตร/นาที) kW/(m^3/min)

$$SPC_s = \frac{\text{Pin}}{Q_S} \qquad [\text{kW}/(\text{m}^3/\text{min})]$$

หรือ

$$SPC_s = \frac{\text{Pin}}{60 \times Q_S} \qquad (\text{kWh}/\text{m}^3)$$

4.3 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

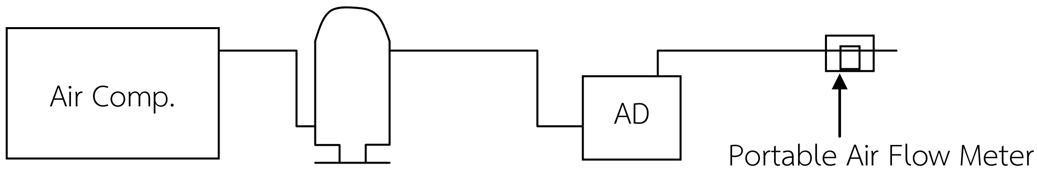
ปัจจุบันไม่มีกฎหมายเกี่ยวกับการสำรวจ ตรวจวัด หรือวิเคราะห์ประสิทธิภาพหรือสมรรถนะพลังงานแต่สามารถใช้ มาตรฐานของ UK Database ในการอ้างอิงได้

Best	Average	Worst
0.101 kWh/m^3	0.122 kWh/m^3	0.300 kWh/m^3

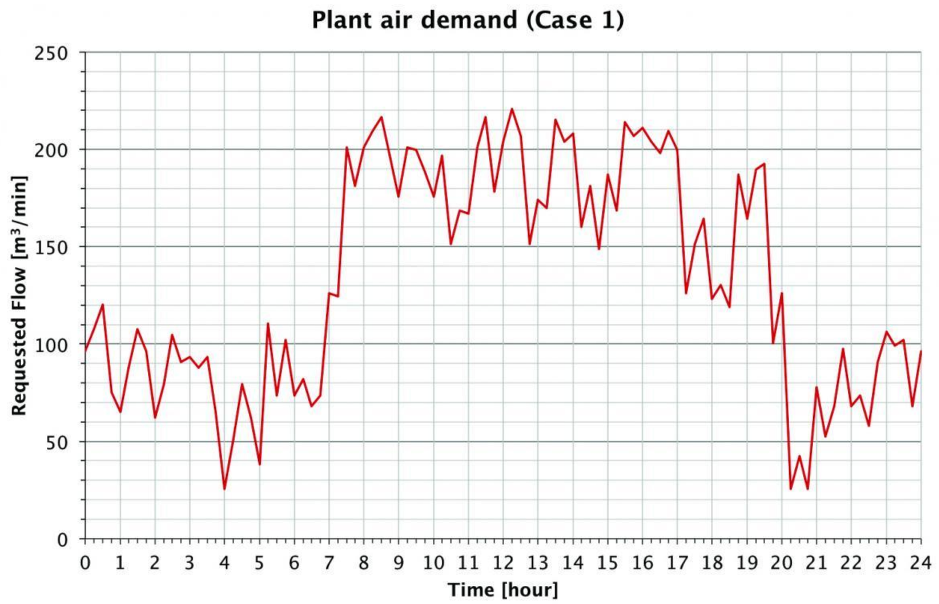
4.4 แนวทางการสำรวจและการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

4.4.1 วัดอัตราการไหลของอากาศ (Q_S) โดยใช้เครื่องมือวัด

การวัดอัตราการไหลของอากาศจะใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลชนิด Venturi Nozzle (ISO 9300) ที่ท่อด้านออกซึ่งสามารถวัดอัตราการไหลได้ทั้งในหน่วยของ l/s, m^3/hr หรือ cfm



รูปที่ 4.4 แสดงการวัดอัตราการไหลของอากาศที่ท่อด้านออก



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างกราฟแสดงอัตราการไหลของอากาศที่ได้จากการวัด

- วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ (Pin)

  วัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้ Power Meter หรือ Data logger ในกรณีที่ต้องการวัดแบบต่อเนื่อง

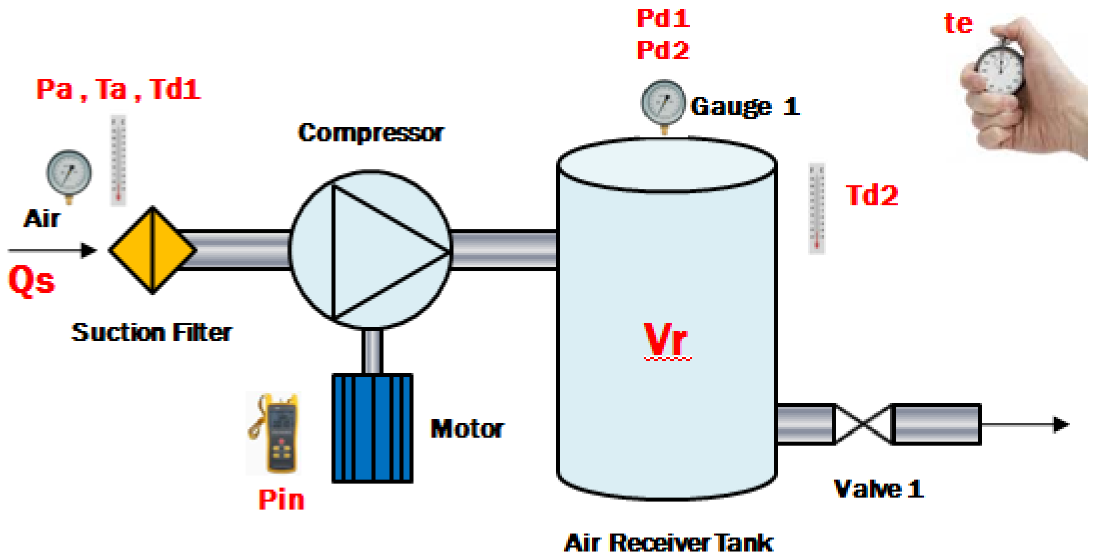
- คำนวณค่าสมรรถนะพลังงานเครื่องอัดอากาศ

$$SPC_s = \frac{\text{Pin}}{60 \text{ x } Q_s} \qquad (\text{kWh/m}^3)$$

4.4.2 Air Tank Charging สำหรับเครื่องอัดอากาศที่ทำงานในลักษณะ Load unload หรือ Load – off Load เช่นชนิด Screw Rotary Vane หรือ Reciprocating (ไม่สามารถใช้กับเครื่องชนิด VSD หรือ Modulate)

- การวัดอัตราการไหล (Q_s)

  วัดอัตราการไหลวัดโดยการจับเวลาในการอัดลมเข้า Receiver Tank โดยมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 4.6 แสดงการวัดอัตราการไหลโดยการจับเวลาในการอัดลมเข้า

1. ปล่อยลมออกจาก Receiver Tank ให้หมด (P=0 barg)
2. ปิดวาล์ว 1 ที่จ่ายลมให้กับ Process
3. เปิดเครื่องอัดอากาศ
4. จับเวลาโดยดูที่ Pressure Gauge 1 ตั้งแต่ O barg จนถึง Working Pressure หรือจนกว่าเครื่องจะ Unload (off load)
5. วัดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศและอุณหภูมิเข้า Receiver Tank
6. ดำเนินการซ้ำจากขั้นตอนที่ 1-5 อย่างน้อย 3 รอบ
7. คำนวณหาอัตราการไหล โดยสมการ

$$Q_s = \frac{V_r}{t_e} \times \frac{T_a}{P_a} \times \left(\frac{P_{d2}}{T_{d2}} - \frac{P_{d1}}{T_{d1}}\right) \text{ x } 60$$

โดยที่

Q_s	=	ปริมาณอากาศอัด (FAD) ที่ Standard Condition (m^3/min)
V_r	=	ปริมาตรของ Receiver Tank (m^3)
te	=	เวลาที่ใช้ในการอัดอากาศเข้า Receiver Tank จาก 0 barg ถึง Pressure สุดท้าย (s)
Ta	=	อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศที่ Standard Condition (K)
Td1	=	อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศที่สภาวะ Pressure เริ่มต้น (K)
Td2	=	อุณหภูมิอากาศอัดเข้า Receiver Tank ที่สภาวะ Pressure สุดท้าย (K)

Pa = ความดันบรรยากาศที่ Standard Condition (bara)

Pd1 = ความดันเริ่มต้นที่เข้า Receiver Tank (bara)

Pd2 = ความดันสุดท้ายใน Receiver Tank (barg)

- การวัดกำลังไฟฟ้า (P_{in})

  การวัดกำลังไฟฟ้า โดยใช้ Power Meter หรือดูจาก Panel board โดยวัดค่าขณะที่ Pressure ใน Receiver Tank ใกล้เคียง Pressure สุดท้าย

- ค่าสมรรถนะพลังงาน (SPC_s)

$$SPC_s = \frac{\text{Pin}}{60 \text{ x } Q_s} \qquad (\text{kWh/m}^3)$$

4.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

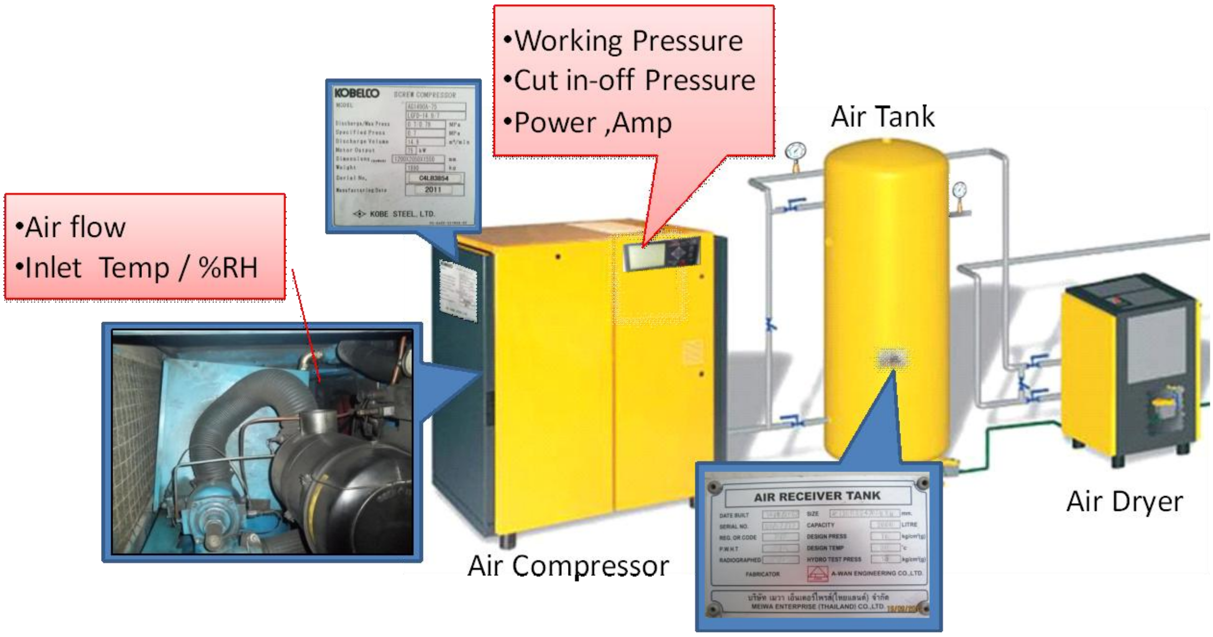
ตารางบันทึกข้อมูล Compressed air system

หมายเลขเครื่อง		Comp.No.1	Comp.No.2	แหล่งที่มา
ข้อมูลทั่วไป				
สถานที่ใช้งาน				สอบถามผู้ใช้งาน
เวลาเปิดใช้งาน				สอบถามผู้ใช้งาน
ปีที่ติดตั้งใช้งาน				สอบถามผู้ใช้งาน
ยี่ห้อ				อ่านจาก Nameplate
รุ่น				อ่านจาก Nameplate
ค่าพิกัด	ขนาดการผลิตอากาศอัด (m^3/min)			อ่านจาก Nameplate
	ความดันอากาศอัดสูงสุด (barg)			อ่านจาก Nameplate
	ชนิดของคอมเพรสเซอร์			อ่านจาก Nameplate
	กำลังไฟฟ้า (kW)			อ่านจาก Nameplate
	สมรรถนะพลังงาน (kWh/m^3)			คำนวณ
ผลการตรวจวัด				
Ambient Condition	อุณหภูมิ ($^{\circ}$C) / % RH			ใช้เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ-ความชื้น
Inlet Air	อุณหภูมิ ($^{\circ}$C) / % RH			ใช้เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ-ความชื้น
	พื้นที่หน้าตัด (m^2)			ใช้ตลับเมตร
	ความเร็ว (m/s)			ใช้เครื่องมือตรวจวัดความเร็วลม
กำลังการผลิตจริง	ขนาดการผลิตอากาศอัด (m^3/min)			คำนวณ
	ความดันใช้งาน (barg)			อ่านจาก Panel Board & Pressure gauge
	ความดันช่วง Cut in (barg)			อ่านจาก Panel Board
	ความดันช่วง Cut off (barg)			อ่านจาก Panel Board
การระบายความร้อนด้วยอากาศ	อุณหภูมิด้านเข้า ($^{\circ}$C) / % RH			ใช้เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ-ความชื้น
	อุณหภูมิด้านออก ($^{\circ}$C) / % RH			ใช้เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ-ความชื้น
การระบายความร้อนด้วยน้ำ	อุณหภูมิน้ำเข้า ($^{\circ}$C)			อ่านจาก Thermometer
	อุณหภูมิน้ำออก ($^{\circ}$C)			อ่านจาก Thermometer
	อัตราการไหล (l/s)			ใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหล
ถังความดัน	ปริมาตร (m^3)			อ่านจาก Nameplate
	ความดันภายในถัง (barg)			อ่านจาก Pressure gauge
Air Dryer	ชนิดสารทำความเย็น			อ่านจาก Nameplate
	ความดันด้าน Evaporator (psig)			อ่านจาก Pressure gauge
	ความดันด้าน Condensor (psig)			อ่านจาก Pressure gauge
ไฟฟ้า (Load/Unload)	V (Load/Unload)			ใช้เครื่องมือ Power meter
	A1 (Load/Unload)			ใช้เครื่องมือ Power meter
	A2 (Load/Unload)			ใช้เครื่องมือ Power meter
	A3 (Load/Unload)			ใช้เครื่องมือ Power meter
	kW (Load/Unload)			ใช้เครื่องมือ Power meter
	P.F. (Load/Unload)			ใช้เครื่องมือ Power meter
	Run Hours (hr.)			อ่านจาก Panel Board
	Load Hours (hr.)			อ่านจาก Panel Board

ตารางบันทึกข้อมูล Compressed air system (ต่อ)

หมายเลขเครื่อง	Comp.No.1	Comp.No.2	แหล่งที่มา
Performance Test			
Vr-ขนาดถังที่ใช้ทดสอบ (m^3)			อ่านจาก Nameplate
Pa-ความดัน Standatd (bar)			อ้างอิง Standard
Pd1-ความดันเริ่มต้นใน Air Tank (bara)			อ่านจาก Pressure gauge
Pd2-ความดันสุดท้ายใน Air Tank (bara)			อ่านจาก Pressure gauge
Ta-อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องที่ Standard Condition ($^{\circ}K$)			อ้างอิง Standard
Td1-อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องที่สภาวะเริ่มทดสอบ ($^{\circ}K$)			เท่ากับ $^{\circ}C$ + 273.15
Td2-อุณหภูมิอากาศอัดเข้า Air Tank ($^{\circ}K$)			เท่ากับ $^{\circ}C$ + 273.15
te-เวลาในการอัด-เฉลี่ย (sec)			คำนวณเวลาเฉลี่ย
te1-เวลาในการอัด-ครั้งที่ 1 (sec)			นาฬิกาจับเวลา
te2-เวลาในการอัด-ครั้งที่ 2 (sec)			นาฬิกาจับเวลา
te3-เวลาในการอัด-ครั้งที่ 3 (sec)			นาฬิกาจับเวลา
Pin-กำลังไฟฟ้าขณะอัดอากาศ (kW)			ใช้เครื่องมือ Power meter
Qs-ปริมาณอากาศอัดที่ Standard Condition (m^3/min) $Q_s = \frac{V_r}{t_e} \times \frac{T_a}{P_a} \times \left(\frac{P_{d2}}{T_{d2}} - \frac{P_{d1}}{T_{d1}}\right) x\ 60$			คำนวณ
SPCs-ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (kWh/m^3) $SPC_s = \frac{Pin}{60\ x\ Q_s}$			คำนวณ
หมายเหตุ			
วันที่ทำการตรวจวัด			
เวลาที่ทำการตรวจวัด			

การตรวจวัดระบบอัดอากาศ



รูปที่ 4.7 ตำแหน่งในการตรวจวัดระบบอากาศอัด

ตารางตัวอย่างการบันทึกผลตรวจวัดพลังงาน

หมายเลขเครื่อง		Comp.No.1	Comp.No.2	แหล่งที่มา
ข้อมูลทั่วไป				
สถานที่ใช้งาน		Fac 4		สอบถามผู้ใช้งาน
เวลาเปิดใช้งาน		24 hr		สอบถามผู้ใช้งาน
ปีที่ติดตั้งใช้งาน		2011		สอบถามผู้ใช้งาน
ยี่ห้อ		Atlas Copco		อ่านจาก Nameplate
รุ่น		G 160-7.5		อ่านจาก Nameplate
ค่าพิกัด	ขนาดการผลิตอากาศอัด (m^3/min)	30.4		อ่านจาก Nameplate
	ความดันอากาศอัดสูงสุด (barg)	7.5		อ่านจาก Nameplate
	ชนิดของคอมเพรสเซอร์	SCREW		อ่านจาก Nameplate
	กำลังไฟฟ้า (kW)	160		อ่านจาก Nameplate
	สมรรถนะพลังงาน (kWh/m^3)	0.088		คำนวณ

ตารางตัวอย่างการบันทึกผลตรวจวัดพลังงาน (ต่อ)

หมายเลขเครื่อง		Comp.No.1		Comp.No.2		แหล่งที่มา
ผลการตรวจวัด						
Ambient Condition	อุณหภูมิ (°C) / % RH	32.1	62.5			ใช้เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ-ความชื้น
Inlet Air	อุณหภูมิ (°C) / % RH	37.5	40.3			ใช้เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ-ความชื้น
	พื้นที่หน้าตัด (m^2)	0.032				ใช้ตลับเมตร
	ความเร็ว (m/s)	17.49				ใช้เครื่องมือตรวจวัดความเร็วลม
กำลังการผลิตจริง	ขนาดการผลิตอากาศอัด (m^3/min)	33.5808				คำนวณ
	ความดันใช้งาน (barg)	6.3				อ่านจาก Panel Board & Pressure gauge
	ความดันช่วง Cut in (barg)	6				อ่านจาก Panel Board
	ความดันช่วง Cut off (barg)	7				อ่านจาก Panel Board
การระบายความร้อน	อุณหภูมิด้านเข้า (°C) / % RH	-	-			ใช้เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ-ความชื้น
ด้วยอากาศ	อุณหภูมิด้านออก (°C) / % RH	-	-			ใช้เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ-ความชื้น
การระบายความร้อน	อุณหภูมิน้ำเข้า (°C)	31.67				อ่านจาก Thermometer
ด้วยน้ำ	อุณหภูมิน้ำออก (°C)	42.22				อ่านจาก Thermometer
	อัตราการไหล (l/s)	-				ใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหล
ถังความดัน	ปริมาตร (m^3)	5				อ่านจาก Nameplate
	ความดันภายในถัง (barg)	5.7				อ่านจาก Pressure gauge
Air Dryer	ชนิดสารทำความเย็น	R22				อ่านจาก Nameplate
	ความดันด้าน Evaporator (psig)	-				อ่านจาก Pressure gauge
	ความดันด้าน Condensor (psig)	-				อ่านจาก Pressure gauge
ไฟฟ้า	V (Load/Unload)	395				ใช้เครื่องมือ Power meter
(Load/Unload)	A1 (Load/Unload)	278				ใช้เครื่องมือ Power meter
	A2 (Load/Unload)	280				ใช้เครื่องมือ Power meter
	A3 (Load/Unload)	276				ใช้เครื่องมือ Power meter
	kW (Load/Unload)	169				ใช้เครื่องมือ Power meter
	P.F. (Load/Unload)	0.88				ใช้เครื่องมือ Power meter
	Run Hours (hr.)	8,987				อ่านจาก Panel Board
	Load Hours (hr.)	8,984				อ่านจาก Panel Board

การตรวจวัดและคำนวณสมรรถนะพลังงาน (SPC_s)

ตารางบันทึกและคำนวณสมรรถนะพลังงาน

หมายเลขเครื่อง	Comp.No.1	Comp.No.2	แหล่งที่มา
Performance Test			
Vr-ขนาดถังที่ใช้ทดสอบ (m^3)	5		อ่านจาก Nameplate
Pa-ความดัน Standatd (bar)	1.000		อ้างอิง Standard
Pd1-ความดันเริ่มต้นใน Air Tank (bara)	1.013	**= 0 barg + 1.013**	อ่านจาก Pressure gauge
Pd2-ความดันสุดท้ายใน Air Tank (bara)	7.013	**= 6 barg + 1.013**	อ่านจาก Pressure gauge
Ta-อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องที่ Standard Condition (°K)	293.15	**= 20 °C + 273.15**	อ้างอิง Standard
Td1-อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องที่สภาวะเริ่มทดสอบ (°K)	303.15	**= 30 °C + 273.15**	เท่ากับ °C + 273.15
Td2-อุณหภูมิอากาศอัดเข้า Air Tank (°K)	323.15	**= 50 °C + 273.15**	เท่ากับ °C + 273.15
te-เวลาในการอัด-เฉลี่ย (sec)	63.0		คำนวณเวลาเฉลี่ย
te1-เวลาในการอัด-ครั้งที่ 1 (sec)	61.0		นาฬิกาจับเวลา
te2-เวลาในการอัด-ครั้งที่ 2 (sec)	65.0		นาฬิกาจับเวลา
te3-เวลาในการอัด-ครั้งที่ 3 (sec)	63.0		นาฬิกาจับเวลา
Pin-กำลังไฟฟ้าขณะอัดอากาศ (kW)	169.0		ใช้เครื่องมือ Power meter
Qs-ปริมาณอากาศอัดที่ Standard Condition (m^3/min) $Q_s = \frac{V_r}{t_e} \times \frac{T_a}{P_a} \times \left(\frac{P_{d2}}{T_{d2}} - \frac{P_{d1}}{T_{d1}}\right) \times 60$	25.63		คำนวณ
SPCs-ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (kWh/m^3) $SPC_s = \frac{Pin}{60 \times Q_s}$	0.110		คำนวณ
หมายเหตุ			
วันที่ทำการตรวจวัด			
เวลาที่ทำการตรวจวัด			

จากผลการตรวจวัดในตารางค่า Qs ปริมาณอากาศอัด (FAD) ที่ Standard Condition สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Q_s = \frac{V_r}{t_e} \times \frac{T_a}{P_a} \times \left(\frac{P_{d2}}{T_{d2}} - \frac{P_{d1}}{T_{d1}}\right) \times 60$$

$$Q_s = \frac{5.0}{63} \times \frac{293.15}{1.00} \times \left(\frac{7.013}{323.15} - \frac{1.013}{303.15}\right) \times 60$$

$$Q_s = 25.63 \ m^3/min$$

$$SPC_s = \frac{pin}{60 \times Q_s} = \frac{169}{60 \times 25.63} = 0.110 \ kWh/m^3$$

4.6 ตัวอย่างมาตรการที่ประสบความสำเร็จ

ตัวอย่างมาตรการเพื่อพิจารณาปรับปรุง ประสิทธิภาพหรือ สมรรถนะพลังงาน มีหลายลักษณะไม่ว่าจะเป็นด้าน House Keeping หรือ Process Improvement หรือ Machine Change มีดังนี้

ลำดับที่	วัตถุประสงค์การประหยัดพลังงาน	มาตรการที่สมควรดำเนินการ
1	ลดกำลังทางกลหรือโหลดทางกลให้ต่ำสุด	1. ลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ 2. ปรับปรุงท่อเมนส่งจ่ายอากาศอัด 3. ลดความดันในการผลิตอากาศที่เครื่องผลิต 4. ลดการรั่วไหลของอากาศอัด 5. จัดโหลดของเครื่องอัดอากาศ 6. ใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงในระบบอัดอากาศ 7. บำรุงรักษาชุดกรอง และตำแหน่งที่กรองในระบบอัดอากาศ 8. ลดพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมของการใช้อากาศอัด
2	เพิ่มประสิทธิภาพการส่งกำลัง	1. ปรับตั้งสายพานส่งกำลัง 2. เปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง 3. บำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ
3	เพิ่มประสิทธิภาพมอเตอร์	1. เลือกใช้เครื่องอัดอากาศที่ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 2. เลือกใช้อินเวอร์เตอร์ที่ติดตั้งมากับเครื่อง
4	ลดระยะเวลาการทำงานของเครื่องอัดอากาศ	1. หยุดเครื่องอัดอากาศ 2. เลือกเครื่องอัดอากาศที่เหมาะสมกับโหลด 3. ลดการเดินตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศ

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> : การลดความดันใช้งานของระบบอัดอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้งานเครื่องอัดอากาศแบบสกรูระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยในส่วนของ Main Line ซึ่งประกอบด้วย ขนาด 90 kW จำนวน 2 เครื่อง และขนาด 37 kW จำนวน 1 เครื่อง รวม 3 เครื่อง

รูปที่ 4.8 เครื่องอัดอากาศที่ปรับปรุง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เปิดใช้งานเครื่องอัดอากาศ No.1 และ No.2 โดยควบคุมความดันของอากาศอัดขณะใช้งานด้วยชุดควบคุม ES-100 ที่ค่าความดัน Cut in – Cut off เท่ากับ 6.8 – 7.0 บาร์ และจากการจับเวลาเพื่อดู %การทำงานของคอมเพรสเซอร์พบว่า

No.1	%Onload	=	100%	%Unload	=	0%
No.2	%Onload	=	43.5%	%Unload	=	56.5%

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1. สำหรับ Main Line ดำเนินการทดลองปรับลดความดันให้ลงเหลือ 6.3 – 6.5 บาร์ และตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้รวมทั้ง %การทำงานของคอมเพรสเซอร์ที่เปลี่ยนแปลงไป (ก่อนและหลังดำเนินการ)
2. ตรวจสอบและติดตามผลกระทบที่มีต่อการใช้งานอากาศอัดในกระบวนการผลิต
3. วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานที่ได้

สภาพหลังปรับปรุง

ทางโรงงานสามารถลดความดันใช้งานได้ตามที่ต้องการโดยไม่มีผลกระทบใดๆต่อการผลิต และจากการจับเวลาเพื่อดู %การทำงานของคอมเพรสเซอร์พบว่า

No.1	%Onload	=	100%	%Unload	=	0%
No.2	%Onload	=	38.0%	%Unload	=	62.0%

รูปที่ 4.9 การปรับลดค่าความดัน Cut in – Cut off ที่ชุดควบคุมระบบอัดอากาศ

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ก่อนปรับปรุง

กำลังไฟฟ้าของเครื่อง GA90 No.1 (Onload)	=	91.4	kW
%Onload	=	100	%
กำลังไฟฟ้าของเครื่อง GA90 No.2 (Onload)	=	91.3	kW
%Onload	=	43.5	%
กำลังไฟฟ้าของเครื่อง GA90 No.2 (Unload)	=	46.7	kW
%Unload	=	56.5	%
ชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดอากาศ	=	22 ชั่วโมง/วัน x 350 วัน/ปี	
	=	7,700	ชั่วโมง/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวมของเครื่อง GA90 x 2 ชุด	=	(91.4 kW x 100% + 91.3 kW x 43.5% + 46.7 kW x 56.5%) x 7,700 ชั่วโมง/ปี	
	=	1,212,769	kWh/ปี

หลังปรับปรุง

กำลังไฟฟ้าของเครื่อง GA90 No.1 (Onload)	=	89.6	kW
%Onload	=	100	%
กำลังไฟฟ้าของเครื่อง GA90 No.2 (Onload)	=	90.7	kW
%Onload	=	38.0	%
กำลังไฟฟ้าของเครื่อง GA90 No.2 (Unload)	=	47.8	kW
%Unload	=	62.0	%
ชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดอากาศ	=	22 ชั่วโมง/วัน x 350 วัน/ปี	
	=	7,700	ชั่วโมง/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวมของเครื่อง GA90 x 2 ชุด	=	(89.6 kW x 100% + 90.7 kW x 38.0% + 47.8 kW x 62.0%) x 7,700 ชั่วโมง/ปี	
	=	1,183,475	kWh/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้	=	1,212,769 – 1,183,475 kWh/ปี	
	=	29,294	kWh/ปี
คิดเทียบเป็นน้ำมันดิบได้	=	0.00249	ktoe/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	29,294 kWh/ปี x 2.85 บาท/kWh	
	=	83,488	บาท/ปี

<u>ตัวอย่างที่ 2</u> : การลดปริมาณลมรั่วในระบบอัดอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ปัจจุบันทางโรงงานมีการใช้งานเครื่องอัดอากาศจำนวน 2 ชุด คือหมายเลข No.1 และ No.2 (ยี่ห้อ Kobelco รุ่น AL180 : FAD = 490 L/s @ 180 kW) โดยมีรายละเอียดการใช้งานดังนี้

No.1	FAD = 490 L/s	กำลังไฟฟ้า (Onload) = 149.4 kW @ 80%
		กำลังไฟฟ้า (Unload) = 34.3 kW @ 20%
No.2	FAD = 490 L/s	กำลังไฟฟ้า (Onload) = 150.0 kW @ 100%
FAD รวมทั้งโรงงาน	=	490 L/s x 80% + 490 L/s x 100%
	=	882 L/s

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจสภาพหน้างานโดยคณะทำงานด้านเทคนิคพบว่ามีจุดรั่วไหลภายในระบบอากาศอัดตามข้อต่อวาล์ว และอุปกรณ์ลมเป็นจำนวนมาก (ดังรูป) และจากการทดสอบหาปริมาณลมรั่วและการสูญเสียพลังงานด้วยวิธีการ

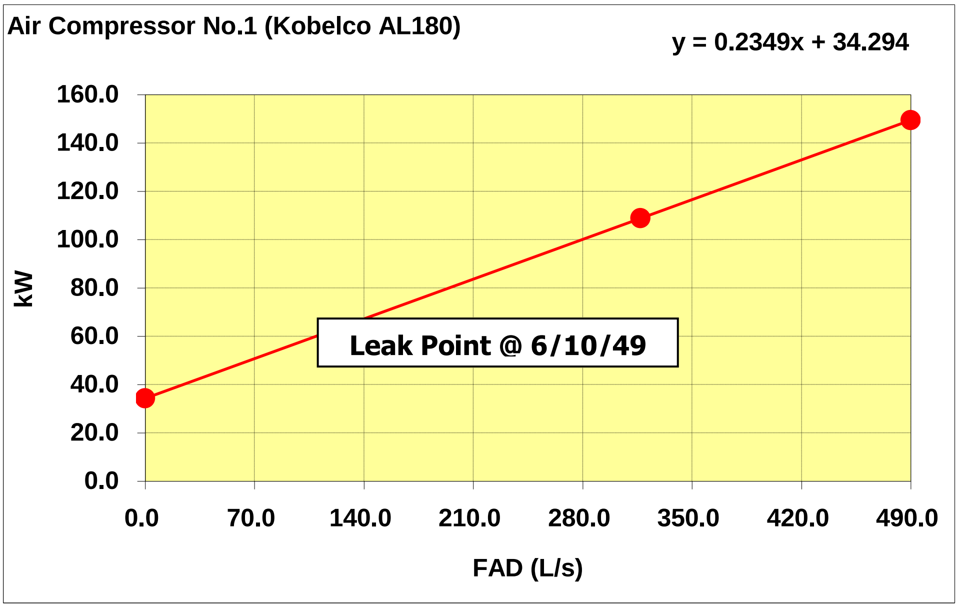
อัดลมเข้าในระบบในช่วงที่ไม่มีการผลิต (วันหยุด) ด้วยเครื่องอัดอากาศหมายเลข No.1 โดยเจ้าหน้าที่ของทางโรงงาน และจับเวลาช่วง Onload และ Unload จะได้ว่า

ปริมาณลมรั่วทั้งระบบ (FAD)	=	317	L/s
คิดเป็น %การรั่วของทั้งระบบ	=	35.9	%

(คิดเทียบจากค่า FAD รวมจริงที่ผลิตได้จากเครื่องอัดอากาศขณะใช้งานตามปกติเท่ากับ 882 L/s)

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากการรั่วของอากาศอัดเทียบเท่า	=	108.8	kW

รูปที่ 4.10 สภาพการรั่วของอากาศอัดภายในโรงงาน



รูปที่ 4.11 กราฟสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศขณะใช้ทดสอบหาปริมาณการรั่วในระบบ (ก่อนปรับปรุง)

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

กำหนดผู้รับผิดชอบในการสำรวจและซ่อมแซมจุดต่างๆที่เกิดการรั่วของอากาศอัดควบคู่ไปกับการรับแจ้งผ่านทางพนักงานในส่วนการผลิตที่พบเห็นจุดที่มีการรั่วไหล และดำ เนินการซ่อมแซม /เปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ทันที โดยจะทยอยทำเป็นประจำทุกเดือน และประเมินผลที่ได้รับด้วยวิธีการอัดลมเข้าในระบบในช่วงที่ไม่มีการผลิต เพื่อนำไปคำนวณเทียบเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้

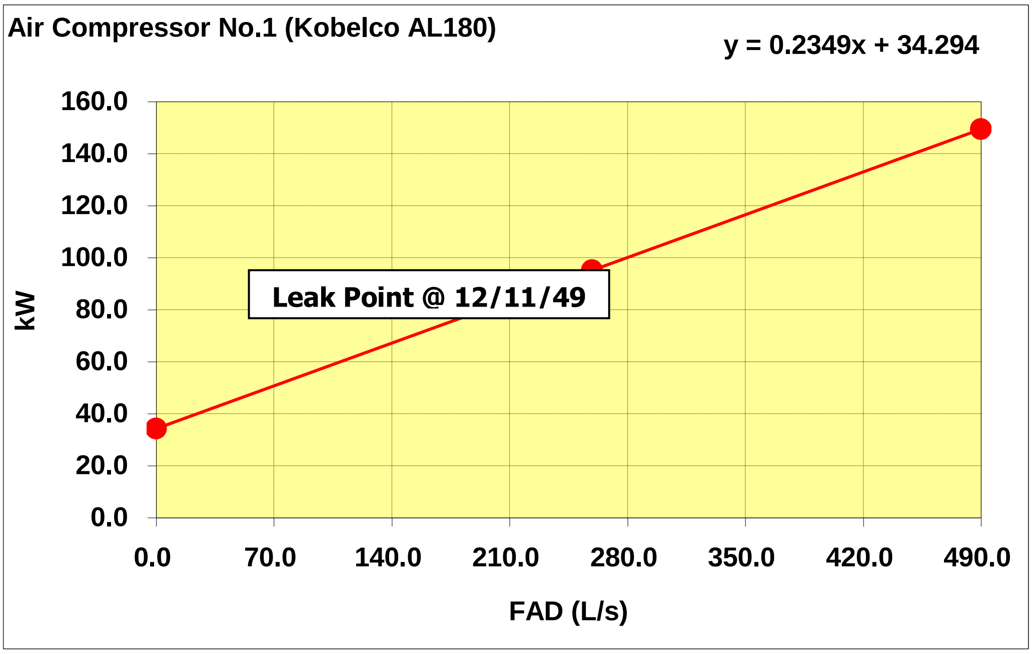
สภาพหลังปรับปรุง

ตลอดเวลา 1 เดือนที่มีการดำเนินการซ่อมแซมรอยรั่วอย่างต่อเนื่อง ทางโรงงานสามารถลดปริมาณการรั่วของอากาศอัดลงได้และช่วยลดภาระการทำงานของเครื่องอัดอากาศให้ใช้พลังงานน้อยลงกว่าเดิมดังนี้

ปริมาณลมรั่วทั้งระบบ (FAD)	=	258.9	L/s
คิดเป็น %การรั่วของทั้งระบบ	=	29.4	%

(คิดเทียบจากค่า FAD รวมจริงที่ผลิตได้จากเครื่องอัดอากาศขณะใช้งานตามปกติเท่ากับ 882 L/s)

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากการรั่วของอากาศอัดเทียบเท่า	=	95.1	kW



รูปที่ 4.12 กราฟสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศขณะใช้ทดสอบหาปริมาณการรั่วในระบบ(หลังปรับปรุง)

ข้อเสนอแนะ

1. ทางโรงงานควรดำเนินการตรวจสอบและซ่อมแซมลมรั่วเป็นประจำทุกเดือน
2. ควรให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมในการแจ้งข้อมูลมายังผู้รับผิดชอบในกรณีที่อุปกรณ์ในระบบเกิดการชำรุดเสียหายหรือมีการรั่วของลมอัดขึ้นภายในระบบ (กิจกรรม Suggestion)
3. จากการสำรวจในพื้นที่ใช้งานจริงพบว่าลมรั่วบางส่วนเกิดจากการที่พนักงานลืมปิดอุปกรณ์ลมหรือวาล์วต้นทางในช่วงที่ไม่มีการใช้งาน ทำให้เกิดการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นผู้รับผิดชอบควรมีการกวดขันและกำชับพนักงานทุกคนโดยผ่านทางสื่อประชาสัมพันธ์ หรือกิจกรรมภายในที่มีทำเป็นประจำอยู่แล้ว

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากการรั่วที่ลดลงได้	=	108.8 – 95.1	kW
	=	13.7	kW
ชั่วโมงการทำงานของระบบอัดอากาศ	=	24 ชั่วโมง/วัน x 365 วัน/ปี	
	=	8,760	ชั่วโมง/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้	=	13.7 kW x 8,760 ชั่วโมง/ปี	
	=	119,738	kWh/ปี
คิดเทียบเป็นน้ำมันดิบได้	=	$\frac{119,738 \text{ kWh/ปี} \times 3.6}{42,244,000}$	
	=	0.0102	ktoe/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	119,738 kWh/ปี x 2.54 บาท/kWh	
	=	304,135	บาท/ปี