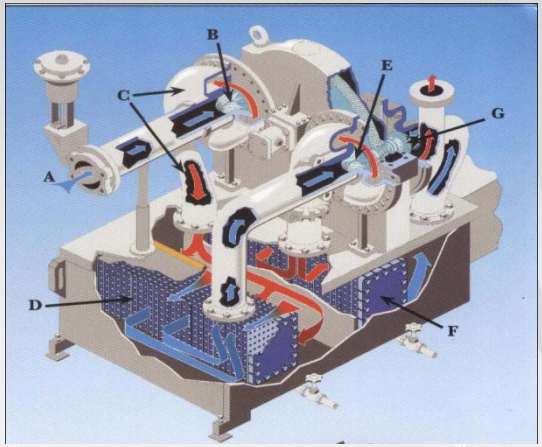
โครงการพัฒนาบุคลากรด้านการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิตของแต่ละประเภทอุตสาหกรรม ระบบอากาศอัด



BY

DR. PAITOON TERMSINVANICH

GM and consultant - Energenius co.,Ltd

Senior Committee Prime Minister Industrial Awards (Energy Management)

Invited Lecturer Technology Promotion Association(Thailand-Japan)

Invited Lecturer Chulalongkorn University

Invited Lecturer Dhurakijbundit University

นายไพฑูรย์ เตชะนิวาณิช

ENERGENIUS

วัตถุประสงค์ของหลักสูตร

- เพื่อให้ทราบและเข้าใจถึงภาพรวม และหลักการทำงานขององค์ประกอบ และหน้าที่อุปกรณ์ในระบบอากาศอัด
- เพื่อให้ทราบและเข้าใจถึงตัวแปรปัจจัยที่มีผล ต่อประสิทธิภาพของระบบอากาศอัด และเกณฑ์ของปัจจัยต่างๆ (Criteria) ได้

นายไพฑูรย์ เด[illegible]นวาณิช
ENERGENIUS

Content

- องค์ประกอบของระบบอากาศอัด
- ประเภทของเครื่องอัดอากาศ
- ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอากาศอัด และค่าเกณฑ์ที่แนะนำของปัจจัยต่างๆ (Criteria)

นายไพฑูรย์ เด[illegible]นวาณิช
ENERGENIUS

องค์ประกอบของระบบอากาศอัด

นายไพฑูรย์ เด[illegible]นวาณิช

ENERGENIUS

อากาศอัดคืออะไร

อากาศอัด คือ อากาศที่ถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้นกว่าความดันบรรยากาศ เพื่อนำมาใช้เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนระบบต่างๆ โดยมีการใช้งานความดันตั้งแต่ 2 บาร์ จนถึง 70 บาร์ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้

ENERGENIUS

อากาศอัดคืออะไร

วัตถุประสงค์การใช้งาน โดยอุปกรณ์ หรือระบบที่ใช้ลมอัด แบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. เครื่องมือ (Hand Tool) เช่น สว่านลม ปืนเป่าลม

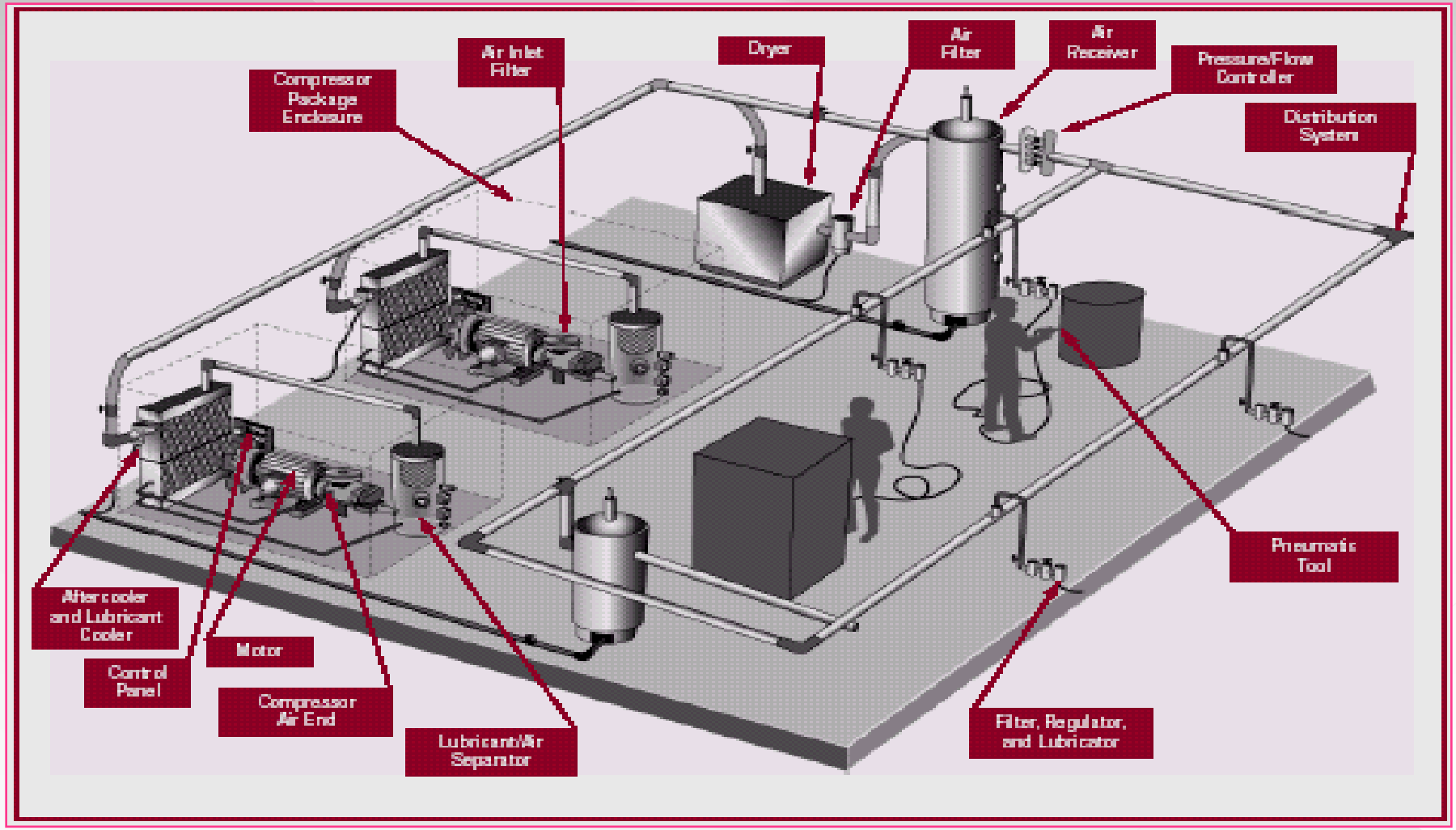
2.กระบอกสูบ (Air Cylinder) เพื่อขับเคลื่อนหรือยกวัตถุ

3.อุปกรณ์ควบคุมที่ใช้อากาศอัด (Pneumatic Control)

นายไพฑูรย์ เด[illegible]นวาณิช

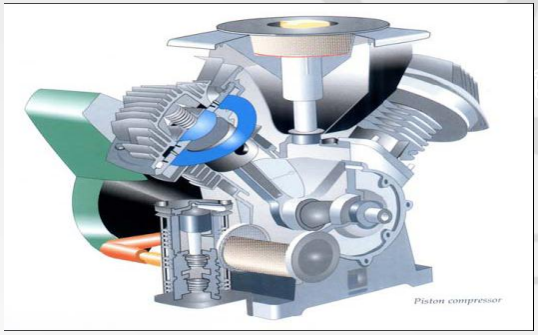
ENERGENIUS

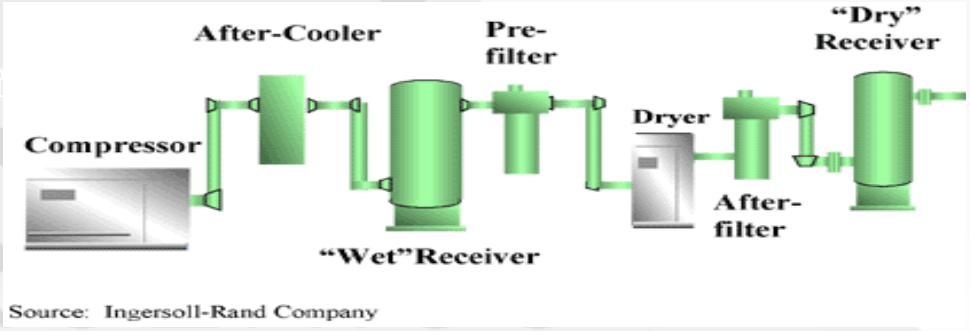
ส่วนประกอบของระบบอากาศอัด



องค์ประกอบต่างๆ ของระบบอากาศอัด

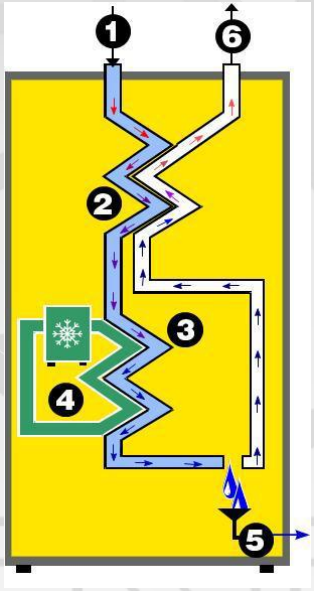
- เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) มีหน้าที่ในการผลิตอากาศอัด เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังของระบบ
- เครื่องระบายความร้อนอากาศอัด (After Cooler) มีหน้าที่ในการระบายความร้อนอากาศอัดให้มีอุณหภูมิลดลงทำให้ไอน้ำหรือความชื้นที่ผสมกับอากาศอัดกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ จึงเป็นตัวดึงเอาไอน้ำออกจากอากาศอัด

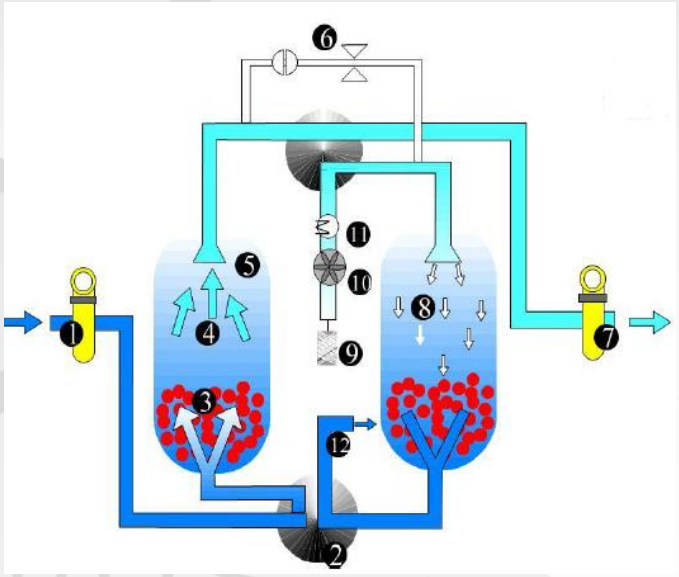




องค์ประกอบต่างๆ ของระบบอากาศอัด

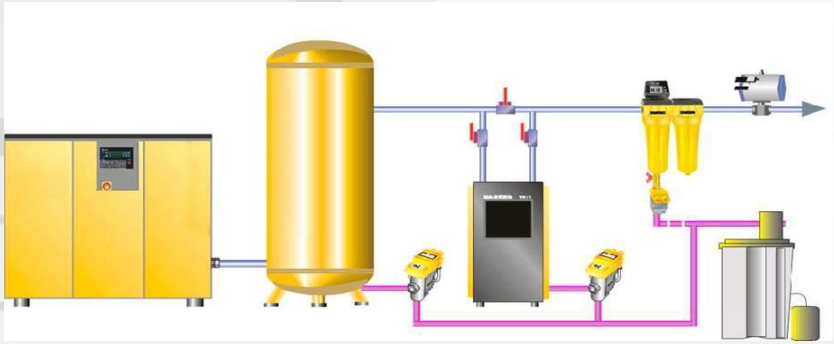
แอร์ดรายเออร์ (Air Dryer) มีหน้าที่ในการลดอุณหภูมิอากาศอัด และลดความชื้นที่อยู่ในอากาศอัด เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัดเนื่องจากมีน้ำเข้าไปในระบบ





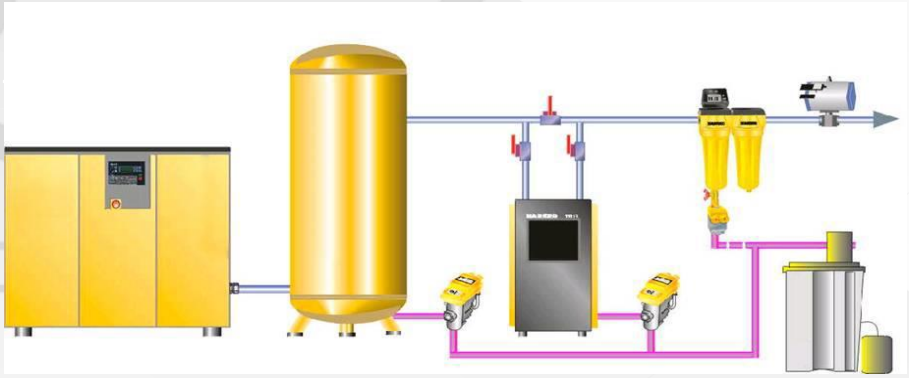
องค์ประกอบต่างๆ ของระบบอากาศอัด

ตัวกรองอากาศ (Pre Air Filter, After Air Filter) มีหน้าที่ในการปรับคุณภาพอากาศ ใช้ในการกรองฝุ่นละอองที่อยู่ในอากาศอัด การติดตั้งตัวกรองอากาศขึ้นอยู่กับความสะอาดของอากาศอัดที่ต้องการ หากต้องการความสะอาดของอากาศอัดไม่มากนัก สามารถติดตั้งตัวกรองอากาศแบบ After Air Filter หลังเครื่องทำอากาศแห้งเพียงอย่างเดียว



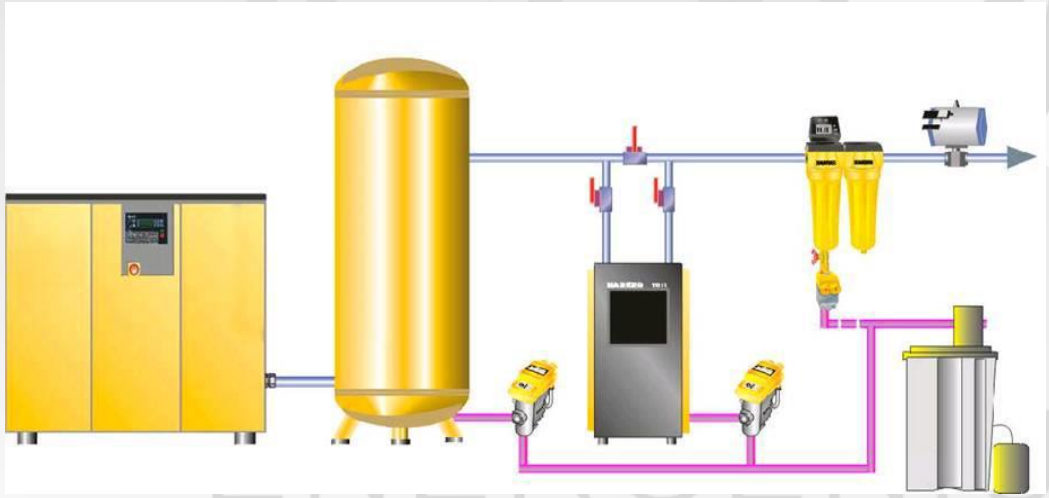
องค์ประกอบต่างๆ ของระบบอากาศอัด

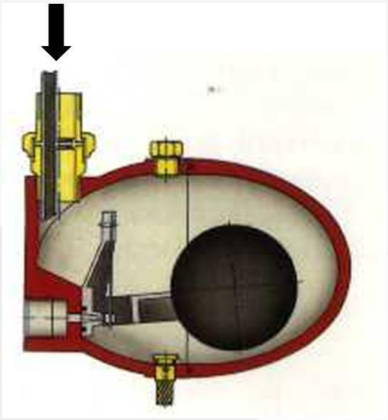
ถังเก็บอากาศอัด (Wet Air Receiver, Dry Air Receiver) มีหน้าที่สำรองอากาศอัดไว้ โดยถังอากาศอัดแบบเปียก (Wet Air Receiver) จะติดตั้งหน้าเครื่องทำอากาศแห้งเพื่อช่วยลดไอน้ำและความชื้นก่อนเข้าเครื่องทำอากาศแห้ง ส่วนถังเก็บอากาศอัดแห้ง (Dry Air Receiver) จะติดตั้งหลังเครื่องทำอากาศแห้งมีหน้าที่สำรองอากาศไว้สำหรับอุปกรณ์ต่างๆ



องค์ประกอบของระบบอากาศอัด

ตัวปล่อยน้ำ (Auto Drain) มีหน้าที่ปล่อยน้ำกลั่นตัวจากอากาศอัดออกจากระบบและปิดกั้นไม่ให้อากาศอัดออกไป มีทั้งแบบอัตโนมัติ (Float Drain) แบบใช้การตั้งเวลา (Timer Drain) และแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Air Zero Loss Drain)





องค์ประกอบต่างๆ ของระบบอากาศอัด

- ระบบท่อส่งอากาศอัด (Distribution System) มีหน้าที่ส่งอากาศอัดไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้อากาศอัด
- ตัวควบคุมความดัน (Regulator) มีหน้าที่ลดและควบคุมความดันอากาศอัดให้คงที่ สำหรับจ่ายให้อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้อากาศอัด
- ชุดเติมน้ำมัน (Lubricant) มีหน้าที่ในการเติมน้ำมันให้กับอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ และกระบอกลม

ประเภทของเครื่องอัดอากาศ

นายไพฑูรย์ เดช[illegible]นวาณิช

ENERGENIUS

ประเภทของเครื่องอัดอากาศแบ่งตามหลักการอัดอากาศ

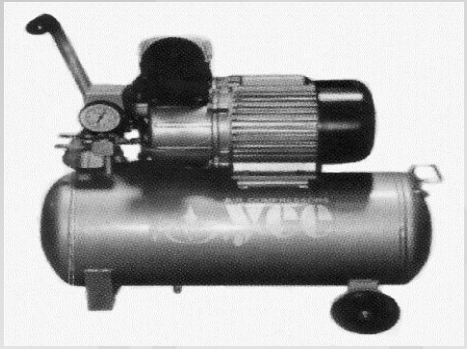
1. เครื่องอัดอากาศประเภทแทนที่ปริมาตร คือ เครื่องอัดอากาศที่ให้อากาศไหลเข้าไปในปริมาตรหนึ่งแล้วลดปริมาตรลง โดยเมื่อปริมาตรลดลงความดันของอากาศจะเพิ่มขึ้นเป็นอากาศอัด

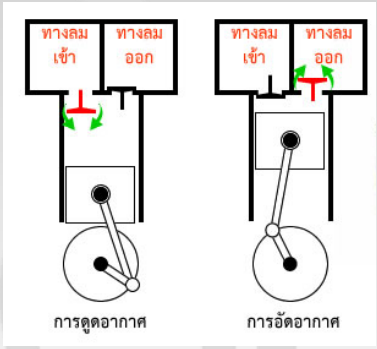
2. เครื่องอัดอากาศประเภทไดนามิคส์ คือ เครื่องอัดอากาศที่ให้ พลังงานกลแก่อากาศทำให้อากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้นโดยผ่านโรเตอร์ แล้วอาศัยรูปร่างของ Casing ภายในเครื่อง ลดความเร็วของอากาศลงทำให้พลังงานของอากาศอัดในรูปของพลังงานจลน์เปลี่ยนเป็นความดัน

ENERGENIUS

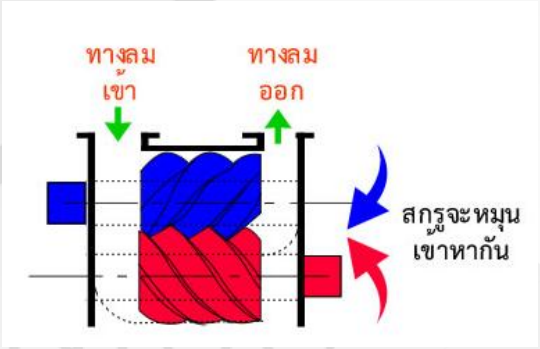
ประเภทของเครื่องอัดอากาศแบ่งตามรูปแบบการทำงาน

1. เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor)



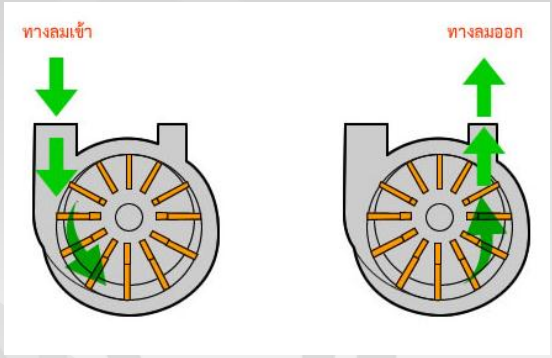


2. เครื่องอัดอากาศแบบสกรู (Screw Compressor)

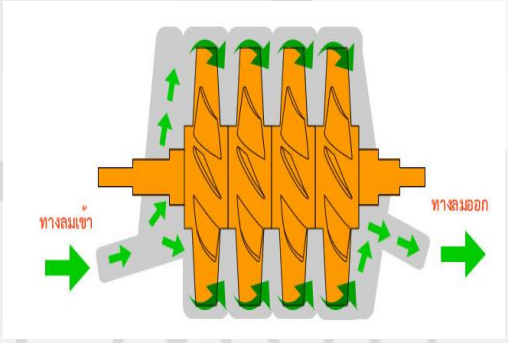


ประเภทของเครื่องอัดอากาศแบ่งตามรูปแบบการทำงาน

3. เครื่องอัดอากาศแบบเวนโรตารี่ (Vane Rotary Compressor)



4. เครื่องอัดอากาศแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Compressor)



อุปกรณ์ที่จำเป็นในการตรวจวัดการใช้พลังงาน

มาตรวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) ใช้ในการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ตลับเมตร, สายวัด ใช้ในการวัดขนาดของถังเก็บอากาศอัด ในกรณีที่ไม่ทราบขนาดของถังเก็บอากาศอัด

นาฬิกาจับเวลา หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ ใช้ในการจับเวลาเมื่อเครื่องอัดอากาศทำงาน (Load) และเครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)

ENERGENIUS

ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอากาศอัด และค่าเกณฑ์ที่แนะนำของปัจจัยต่างๆ(Criteria)

นายไพฑูรย์ เด[illegible]นวาณิช

ENERGENIUS

ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอากาศอัด และค่าเกณฑ์ที่แนะนำของปัจจัยต่างๆ (Criteria)

ปัจจัยข้อที่ 1 ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ (อากาศอัดที่ได้เทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้) มีค่าเกณฑ์ที่แนะนำ คือ ควรสูงกว่า 80% ของประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ ซึ่งแสดงอยู่ในภาคผนวก ตารางเปรียบเทียบเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ ในช่องประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ (l/s/kW)

ปัจจัยข้อที่ 2 ประสิทธิภาพการส่งพลังงานอากาศอัดในระบบท่อส่ง มีค่าเกณฑ์แนะนำ คือ ควรสูงกว่า 90% เมื่อเทียบกับปริมาณอากาศที่ใช้ (ไม่ใช่ปริมาณอากาศอัดที่ผลิต)

นายไพฑูรย์ ใจเด็ด วิศวกรโยธาชำนาญการ
ENERGENIUS

ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอากาศอัด และค่าเกณฑ์ที่แนะนำของปัจจัยต่างๆ (Criteria)

ปัจจัยข้อที่ 3 ปัจจัยเรื่องการตั้งค่าความดันเครื่องอัดอากาศ โดยมีค่าเกณฑ์ที่แนะนำ คือ ค่าตั้งความดันอากาศอัดด้านต่ำ (On) สูงกว่าความดันใช้งานของกระบวนการไม่เกิน 1 บาร์ และค่าตั้งความดันอากาศอัดด้านสูง (Off) สูงกว่าด้านต่ำไม่เกิน 1 บาร์

ปัจจัยข้อที่ 4 ปัจจัยเรื่องอุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่องอัดอากาศ โดยมีค่าเกณฑ์แนะนำ คือ อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่อง สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกห้องในที่ร่มไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส และช่องดูดอากาศเข้าไม่ใกล้แหล่งความชื้น

นายโพทูย์ ใสสะอาดวิโรจน์
ENERGENIUS

ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอากาศอัด และค่าเกณฑ์ที่แนะนำของปัจจัยต่างๆ (Criteria)

ปัจจัยข้อที่ 5 ปัจจัยเรื่องอัตราการเดินเครื่องตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศ โดยมีค่าเกณฑ์แนะนำ คือ ไม่ควรมีอัตราการเดินเครื่องตัวเปล่าเกิน 10% (ยกเว้นแบบลูกสูบ)

ปัจจัยข้อที่ 6 เกณฑ์ที่แนะนำ คือ มีการติดตั้งวาล์วด้านจ่ายอากาศอัดออกจากถังเข้าสู่ระบบ และติดป้ายเตือน “ปิดวาล์วทุกครั้งหลังเลิกงาน และเปิดวาล์วไล่น้ำทุกครั้งก่อนทำงาน”

ENERGENIUS

ปัจจัยข้อที่ 1 ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ

ปัจจัยข้อที่ 1 ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ (อากาศอัดที่ได้เทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้) มีค่าเกณฑ์ที่แนะนำ คือ ควรสูงกว่า 80% ของประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ ซึ่งแสดงอยู่ในภาคผนวก ตารางเปรียบเทียบเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ ในช่อง ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ (l/s/kW)

นายไพฑูรย์ เด[illegible]นวาณิช
ENERGENIUS

ปัจจัยข้อที่ 1 ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ

คำแนะนำความถี่ในการตรวจวัด : ทุก 3 เดือน

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ : ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ (อากาศอัดที่ได้เทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้) ที่วัดได้ควรสูงกว่า 80% ของประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศจาก (Specification)

ENERGENIUS

การวัดประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศเฉลี่ย (Air Compressor Efficiency)

AP (Air Produced)

= V x (P_{off}-P_{on}) / (Tx1.013)

= 3,000 x (7.5 – 6.5) / (30 x 1.013)

= 98.71 ลิตรต่อวินาที

ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ (AE)

= (AP) / กำลังไฟฟ้า (P_W)

= 98.71 ลิตรต่อวินาที / 75 kW

= 1.316

แบบฟอร์มที่ 1 การคำนวณประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ			
	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ขนาดถังพักอากาศอัด	V	3000	ลิตร
ค่าตั้งความดันตัด (off)	Poff	7.5	บาร์
ค่าตั้งความดันต่อ(on)	Pon	6.5	บาร์
ทดสอบเวลาในการอัด			
ครั้งที่ 1			
เวลา (วินาที)	T	30	วินาที
กำลังไฟฟ้า	Pw	75	kW
ครั้งที่ 2			
เวลา (วินาที)	T	29	วินาที
กำลังไฟฟ้า	Pw	75	kW
ครั้งที่ 3			
เวลา (วินาที)	T	31	วินาที
กำลังไฟฟ้า	Pw	74	kW
ครั้งที่ 4			
เวลา (วินาที)	T	31	วินาที
กำลังไฟฟ้า	Pw	76	kW
ครั้งที่ 5			
เวลา (วินาที)	T	29	วินาที
กำลังไฟฟ้า	Pw	75	kW
ค่าเฉลี่ย			
เวลา (วินาที)	T	30	วินาที
กำลังไฟฟ้า	Pw	75	kW
ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้			
AP=(Poff-Pon)/(Tx1.013)	AP	98.72	ลิตรต่อวินาที
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ			
AE=AP/Pw	AE	1.316	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์

การเปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

การเปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ									
ประเภทเครื่องอัด	ประเภทการหล่อลื่น	ประเภทการระบายความร้อน	อัตราการผลิตอากาศอัด l/s	พลังงานไฟฟ้าในการอัดที่ 7 บาร์ kW/l/s	ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ l/s/kW	ประสิทธิภาพในช่วงที่ไม่มีการโหลด	การลงทุน	ค่าบำรุงรักษา	คุณภาพอากาศที่ผลิต
ลูกสูบ	Lubricated	Air	2-25	0.52	1.92	ดี	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ
	Lubricated	Water	25-250	0.43	2.33	ดี	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ
	Lubricated	Water	250-1000	0.36	2.78	ดีมาก	สูง	สูง	ปานกลาง
	Oil Free	Air	2-25	0.56	1.79	ดี	ปานกลาง	สูง	สะอาด
	Oil Free	Water	25-250	0.47	2.13	ดี	ปานกลาง	สูง	สะอาด
	Oil Free	Water	250-1000	0.41	2.44	ดีมาก	สูง	สูง	สะอาด
สกรู	Oil Injected	Air	2-25	0.52	1.92	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
	Oil Injected	Air	25-250	0.45	2.22	ดี (ถ้าใช้ VSD)	ต่ำ (สูง VSD)	ปานกลาง	ปานกลาง
	Oil Injected	Water	250-1000	0.41	2.44	พอใช้	กลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
	Oil Free	Air	2-25	0.43	2.33	ดี	สูง	ปานกลาง	สะอาด
	Oil Free	Air	25-250	0.38	2.63	ดี	สูง	ปานกลาง	สะอาด
	Oil Free	Water	250-1000	0.38	2.63	ดี	สูง	ปานกลาง	สะอาด
โรตารี่เวน	Oil Injected	Air	2-25	0.52	1.92	ดี	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
	Oil Injected	Air	25-250	0.45	2.22	พอใช้	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
แบบหมุนเหวี่ยง (เซ็นตริฟิวกัลป์)	Oil Free	Water	250-1000	0.45	2.22	ดี	ปานกลาง	ปานกลาง	สะอาด
	Oil Free	Water	1000-2000	0.39	2.56	ดีมาก	ปานกลาง	ต่ำ	สะอาด
	Oil Free	Water	มากกว่า 2000	0.36	2.78	ดีมาก	สูง	ต่ำ	สะอาด

ENERGENIUS

ปัจจัยข้อที่ 1 ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ

ตัวอย่างการประเมินตรวจวัดปัจจัยที่ 1 เรื่องประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ

ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ (AE) = AP/ P_w

= 98.72 / 75 Liter/s/kW

= 1.32 Liter/s/kW

ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศจากตารางภาคผนวก ช่องประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ l/s/kW ของโรงงานเอบีซี นั้นอ่านค่าได้โดยดูจากประเภทเครื่องอัดอากาศลูกสูบขนาด 25-250 Liter/s จะมีประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องอัดอากาศ เท่ากับ 2.33 liter/s/kW

นายไพฑูรย์ เดช[illegible]นวาณิช

ดังนั้นสัดส่วนประสิทธิภาพ = ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศที่ได้จากการตรวจวัด

= 1.32/2.33 = 56.65%

ENERGENIUS

การเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ

แบบฟอร์มที่ 2 การคำนวณการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ			
เครื่องอัดอากาศเครื่องที่ต้องการเปลี่ยน(เดิม)	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ประสิทธิภาพเครื่องอัดากาศ (เดิม)	AE1	1.32	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
อัตราการตัดต่อเครื่องอัดอากาศ	Duty cycle	100	%
ระยะเวลาทำงานเครื่องอัดอากาศ	H	16.00	ชั่วโมงต่อวัน
วันทำงาน ใน 1 ปี	DY	300.00	วันต่อปี
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์, kilowatt: kW)	Pw	75.00	กิโลวัตต์(kW)
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
Eu = (Duty cycle) x H x DY x Pw	Eu	360,000.00	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย
ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า			
cost = Eu x B	cost	1,296,000.00	บาทต่อปี

ENERGENIUS

การเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ

ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศใหม่			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ (ใหม่)	AE2	2.33	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
พลังงานไฟฟ้าประหยัดได้ (Energy Saving)			
ES = Eu x (1-AE1/AE2)	ES	156,051.50	หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าประหยัดได้ (Cost Saving)			
CS = ES x B	CS	561,785.41	บาทต่อปี
เงินลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศใหม่	I	1,200,000.00	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน			
PB = I / CS	PB	2.14	ปี

ENERGENIUS

ปัจจัยข้อที่ 2 ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด

คำแนะนำความถี่ในการตรวจวัด : ทุก 3 เดือน

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ : ประสิทธิภาพการส่งพลังงานอากาศอัดในระบบท่อส่ง มีค่าเกณฑ์แนะนำ คือ ควรสูงกว่า 90% เมื่อเทียบกับปริมาณอากาศที่ใช้ (ไม่ใช่ปริมาณอากาศอัดที่ผลิต) หรือลมรั่วไม่เกิน 10%

ENERGENIUS

การคำนวณประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (รั่ว) เมื่อเปิดสายการผลิต

แบบฟอร์มที่ 3 การคำนวณประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (รั่ว)			
ปริมาณอากาศอัดที่ใช้เมื่อเปิดสายการผลิต			
เครื่องที่ 1	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ประสิทธิภาพเครื่องอัดากาศ	AE1	1.32	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL1	30.00	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU1	-	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C1	100	%
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์, kilowatt:kW)	Pw1	75	kW
เครื่องที่ 2			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดากาศ	AE2	1.02	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL2	20.00	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU2	20.00	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C2	50	%
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์, kilowatt: kW)	Pw2	45	kW
เครื่องที่ 3			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดากาศ	AE3	-	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL3	-	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU3	-	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C3	-	%
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์, kilowatt:kW)	Pw3	0	kW
เครื่องที่ 4			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดากาศ	AE4	-	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL4	-	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU4	-	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C4	-	%
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์, kilowatt:kW)	Pw4	0	kW
เครื่องที่ไม่ได้เปิด ให้ใส่กำลังเป็น 0 (ศูนย์)			
ปริมาณอากาศอัดที่ใช้			
AU = (AE1) x (Pw1) x (C1) + (AE2) x (Pw2) x (C2) + ...	AU	121.95	ลิตรต่อวินาที

การคำนวณประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (รั่ว) เมื่อปิดสายการผลิต

ปริมาณอากาศอัดที่ใช้เมื่อปิดสายการผลิต			
เครื่องที่ 1	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ประสิทธิภาพเครื่องอัดากาศ	AE1	1.32	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL1	-	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU1	-	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C1	-	%
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์, kilowatt:kW)	Pw1	0	kW
เครื่องที่ 2			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดากาศ	AE2	1.02	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL2	20.00	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU2	46.70	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C2	30	%
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์, kilowatt:kW)	Pw2	45	kW
เครื่องที่ 3			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดากาศ	AE3	-	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL3	-	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU3	-	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C3	-	%
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์, kilowatt:kW)	Pw3	0	kW
เครื่องที่ 4			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดากาศ	AE4	-	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL4	-	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU4	-	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C4	-	%
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์, kilowatt:kW)	Pw4	0	kW
เครื่องที่ไม่ได้เปิด ให้ใส่กำลังไฟฟ้าเป็น 0 (ศูนย์)			
ปริมาณอากาศอัดที่ใช้เมื่อรั่ว			
AL=(AE1) x (Pw1) x (C1) + (AE2) x (Pw2) x (C2) + ...	AU	13.76	ลิตรต่อวินาที
อัตราการรั่วของอากาศอัด			
Leak = AL/(AU-AL)	Leak	12.72%	
ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด			
Tr=100-Leak	Tr	87.28%	

การตรวจสอบลมรั่ว

ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัดของโรงงานเอบีซีต่ำกว่าค่าเกณฑ์แนะนำ คือ 90% ดังนั้นทางโรงงานจะต้องดำเนินการค้นหาจุดรั่ว และดำเนินการแก้ไข เช่น อุดรอยรั่ว เปลี่ยนข้อต่อ เปลี่ยนวงแหวนยาง หรือ ปะเก็นต่างๆ โดยมีแนวทางในการตรวจสอบจุดรั่วไหลของอากาศอัดดังนี้

การฟังเสียงอากาศอัดรั่ว

การใช้ฟองสบู่ทดสอบการรั่ว

การใช้มือสัมผัสบริเวณข้อต่อต่างๆ

การใช้เครื่องมือ Ultrasonic Air Leak Detector

ENERGENIUS

การคำนวณ การซ่อมการรั่วไหล

แบบฟอร์มที่ 4 การคำนวณ การซ่อมการรั่วไหล			
การลดการรั่ว	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
พลังงานที่ระบบอากาศอัดใช้ต่อปี	Eu	468,000.00	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย
ต้นทุนพลังงานระบบอากาศอัด ต่อปี	cost	1,684,800.00	บาทต่อปี
ประสิทธิภาพการส่งอากาศเดิม	Tr1	87.28	%
ประสิทธิภาพการส่งอากาศเป้าหมาย	Tr2	90.00	%
พลังงานไฟฟ้าประหยัดได้ (Energy Saving)			
ES = Eu x (1-Tr1/Tr2)	ES	14,144.00	หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าประหยัดได้ (Cost Saving)			
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย
CS = ES x B	CS	50,918.40	บาทต่อปี
เงินลงทุนในการซ่อมการรั่วไหล	I	35,000.00	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน			
PB = I / CS	PB	0.69	ปี

ปัจจัยข้อที่ 3 ค่าตั้งความดันอากาศอัด

คำแนะนำความถี่ในการตรวจวัด : ทุก 3 เดือน

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ : ค่าตั้งความดันอากาศอัดด้านต่ำ (On) สูงกว่าความดันใช้งานของกระบวนการไม่เกิน 1 บาร์ และค่าตั้งความดันอากาศอัดด้านสูง (Off) สูงกว่าด้านต่ำไม่เกิน 1 บาร์

นายไพฑูรย์ เด[illegible]นวาณิช
ENERGENIUS

คำนวณผลประหยัดการลดความดัน

แบบฟอร์มที่ 5 การคำนวณการลดความดันเครื่องอัดอากาศ			
พลังงานที่ระบบอากาศอัดใช้ต่อปี	Eu	468,000.00	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย
ต้นทุนพลังงานระบบอากาศอัด ต่อปี	cost	1,684,800.00	บาทต่อปี
ค่าความดันเดิม ด้านต่ำ	P1min	7.00	บาร์
ค่าตั้งความดันเดิม ด้านสูง	P1max	8.00	บาร์
ค่าตั้งความดันเดิมเฉลี่ย	P1Av	7.50	บาร์
ค่าตั้งความดันใหม่ ด้านต่ำ	P2min	6.00	บาร์
ค่าตั้งความดันใหม่ ด้านสูง	P2max	7.00	บาร์
พลังงานไฟฟ้าประหยัดได้ (Energy Saving)	P2Av	6.50	บาร์
ES = (P1Av-P2Av) x 7% x Eu	ES	32,760.00	หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าประหยัดได้ (Cost Saving)			
CS = ES x B	CS	117,936.00	บาทต่อปี
เงินลงทุนในการปรับปรุงท่อ ถังพัก ฯลฯ	I	-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน			
PB = I / CS	PB	-	ปี

ปัญหาการลดความดัน

- ในบางโรงงานอาจจะประสบปัญหาไม่สามารถลดความดันอากาศอัดให้เป็นไปตามเกณฑ์
- เนื่องจากท่อส่งอากาศอัดมีขนาดเล็กเกินไปทำให้ความดันตกมาก
- ระบบเชื่อมต่อของท่อไม่เป็นวงแหวน หรือ
- ขนาดของถังเก็บอากาศอัดมีขนาดเล็กเกินไป หรือมีการใช้ความดันสูงเฉพาะจุด

นายไพฑูรย์ เด[illegible]นวาณิช
ENERGENIUS

แนวทางการแก้ไข ปัญหาการลดความดัน

ตรวจสอบแก้ไข เพิ่มขนาดท่อส่งอากาศอัด ลดความยาวท่อ และลดข้อต่อข้องอ

เมื่อความดันตกมากบางช่วงเวลาอาจเกิดจากเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กเกินไปหรือขนาดถังพักอากาศอัดมีขนาดเล็ก ดังนั้นควรพิจารณาเลือกซื้อเครื่องอัดอากาศขนาดที่เหมาะสม หรือพิจารณาเพิ่มถังพักอากาศอัด

แยกระบบผลิตอากาศเป็นระบบความดันสูง และความดันต่ำ

เชื่อมต่อท่อให้เป็นวงแหวน

ใช้เครื่องอัดอากาศขนาดเล็กเพื่อใช้งานเฉพาะจุดที่ต้องการความดันสูง

ENERGENIUS

ปัจจัยข้อที่ 4 อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่อง

คำแนะนำความถี่ในการตรวจวัด : ทุก 3 เดือน

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ : ปัจจัยเรื่องอุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่องอัดอากาศ โดยมีค่าเกณฑ์แนะนำ คือ อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่องสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกห้องในที่ร่มไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส และช่องดูดอากาศเข้าไม่ใกล้แหล่งความชื้น

นายไพฑูรย์ เด[illegible]นวาณิช
ENERGENIUS

ปัจจัยข้อที่ 4 อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่อง

แบบฟอร์มที่ 6 การคำนวณการลดอุณหภูมิเข้าเครื่องอัดอากาศ			
การลดการรั่ว	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
พลังงานที่ระบบอากาศอัดใช้ต่อปี	Eu	468,000.00	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย
ต้นทุนพลังงานระบบอากาศอัด ต่อปี	cost	1,684,800.00	บาทต่อปี
ค่าอุณหภูมิในห้องก่อนปรับปรุง(เดิม)	T1	40.00	องศาเซลเซียส
ค่าอุณหภูมิในห้องหลังปรับปรุง(ใหม่)	T2	35.00	องศาเซลเซียส
พลังงานไฟฟ้าประหยัดได้ (Energy Saving)			
ES = (T1-T2) x 1/3 x(1%) x Eu	ES	7,800.00	หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าประหยัดได้ (Cost Saving)			
CS = ES x B	CS	28,080.00	บาทต่อปี
เงินลงทุนในการปรับปรุงระบบระบายอากาศ	I	-	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน			
PB = I / CS	PB	-	ปี

แนวทางการแก้ไขเพื่อลดอุณหภูมิในห้องเครื่องอัดอากาศ

ติดตั้งท่อ Hood ระบายอากาศจากช่องระบายอากาศของเครื่องอัดอากาศ และ ให้มีช่องลมใกล้กับช่องดูดอากาศเข้าโดยที่บริเวณที่นำอากาศเข้าควรหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีความชื้นสูงหรือ มีสิ่งสกปรกมาก

ปัจจัยข้อที่ 5 อัตราการเดินตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศ

คำแนะนำความถี่ในการตรวจวัด : ทุก 3 เดือน

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ : ปัจจัยเรื่องอัตราการเดินเครื่องตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศ โดยมีค่าเกณฑ์แนะนำคือ ไม่ควรมีอัตราการเดินเครื่องตัวเปล่าเกิน 10% (ยกเว้นแบบลูกสูบ)

นายไพฑูรย์ เด[illegible]นวาณิช

ENERGENIUS

ปัจจัยข้อที่ 5 อัตราการเดินตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศ

แบบฟอร์มที่ 7 การคำนวณการลดการเดินเครื่องตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศ			
การลดการเดินเครื่องตัวเปล่า	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C	50	%
กำลังไฟฟ้าเครื่องอัดอากาศที่เดินตัวเปล่า	Pw	45	kW
อัตราการเดินเครื่องตัวเปล่า			
U=100-C	U	50	%
กำลังไฟฟ้าขณะเครื่องเดินตัวเปล่า	P	20.00	kW
ชั่วโมงการเปิดใช้งานเครื่องอัดอากาศที่เดินตัวเปล่า	H	16.00	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวันเปิดใช้งานต่อปี	DY	300.00	วันต่อปี
พลังงานที่สูญเสีย			
EL=U x P x DY	EL	48,000.00	หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย			
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย
CL = EL x B	CL	172,800.00	บาทต่อปี
แนะนำ เปลี่ยนเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ หรือ แบบอินเวอร์เตอร์ขนาด			
Pn = 1.5 x C x Pw (เผื่อขนาด 1.5 เท่า)	Pn	33.75	kW

แนวทางปรับปรุงในการลดอัตราการเดินเครื่องตัวเปล่า

ปรับเปลี่ยนเป็นเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กลงแบบลูกสูบ หรือ แบบสกรูอินเวอร์เตอร์ เพื่อให้เครื่องทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

โดยมีแนวทางในการพิจารณาเลือกขนาดเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กลง

= ขนาดมอเตอร์ที่เดิน Unload x อัตราการเดินเครื่องตัวเปล่า (Unload)

= 45 kW x 50% x 1.5

= 33.75 kW (เลือกขนาด 30 kW)

ENERGENIUS

เกณฑ์ข้อ 6 ติดตั้งวาล์ว ด้านจ่ายอากาศอัดออกจากถัง

คำแนะนำความถี่ในการตรวจวัด : ทุก 3 เดือน

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ : เกณฑ์ที่แนะนำคือ มีการติดตั้งวาล์วด้านจ่ายอากาศอัดออกจากถังเข้าสู่ระบบ และติดป้ายเตือน “ปิดวาล์วทุกครั้งหลังเลิกงาน และเปิดวาล์วไล่น้ำทุกครั้งก่อนทำงาน”

นายไพฑูรย์ เดช[illegible]นวาณิช
ENERGENIUS

เกณฑ์ข้อ 6 ติดตั้งวาล์ว ด้านจ่ายอากาศอัดออกจากถัง

ในระบบอากาศอัดนั้นถึงแม้ว่าจะตรวจสอบ และแก้ไขการรั่วไหลให้ดีมากเท่าไร ระบบก็ยังคงมีการรั่วไหลของอากาศอัดในระบบท่อส่ง

ดังนั้นโรงงานควรติดตั้งวาล์ว ด้านจ่ายอากาศอัดออกจากถังเข้าสู่ระบบ และติดป้าย “ปิดวาล์วทุกครั้งหลังเลิกงาน และเปิดวาล์วไล่น้ำทุกครั้งก่อนทำงาน”

เพื่อป้องกันมิให้อากาศจากถังรั่วไหลในระบบท่อส่ง ในช่วงหลังเลิกงาน

ส่วนการเปิดวาล์วไล่น้ำทุกครั้งก่อนเริ่มงานนั้น เพื่อเป็นการไล่น้ำที่กลั่นตัวในถังออกก่อนจะเริ่มใช้งาน

ENERGENIUS

การลดการสูญเสีย เพื่อลดลมรั่วจากถังเก็บ

แบบฟอร์มที่ 8 การคำนวณการลดความสูญเปล่าเมื่อปิดสายการผลิต			
การลดความสูญเปล่าเมื่อปิดสายการผลิต	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
เวลาในการอัดอากาศเมื่อเริ่มการผลิต (ไม่ปิดวาล์วจ่ายออกจากถัง)	T	10	นาที
กำลังไฟฟ้าเครื่องอัดอากาศ	Pw	45	kW
จำนวนวันเปิดใช้งานต่อปี	DY	300.00	วันต่อปี
พลังงานที่สูญเสีย			
EL=T x (1/60) x Pw x DY	EL	2,250.00	หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย			
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย
CL = EL x B	CL	8,100.00	บาทต่อปี

การบันทึกข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของระบบอากาศอัด

นายไพฑูรย์ เด[illegible]นวาณิช

ENERGENIUS

การบันทึกข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของระบบอากาศอัด

ข้อ	เกณฑ์	ค่าตามเกณฑ์	ค่าจากการตรวจวัด	ผลการประเมิน (ผ่าน- ไม่ผ่าน)	แนวทางการแก้ไข
1	ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ(อากาศอัดที่ได้เทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้) สูงกว่า 80 % ของตารางเปรียบเทียบเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ(ภาคผนวก) ดูวิธีตรวจวัดข้อ 4.1	ตารางเปรียบเทียบเครื่องอัดอากาศ =...2.33... (l/s/kW)	=.....1.86... (l/s/kW) ควรได้ค่าสูงกว่า 80% (≥80%) ของค่าตามเกณฑ์	( ) ผ่าน (/) ไม่ผ่าน	เปลี่ยนเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เลือกเดินเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงก่อน
2	ประสิทธิภาพ การส่งพลังงานอากาศอัดในระบบท่อส่ง สูงกว่า 90 % เมื่อเทียบกับปริมาณอากาศที่ใช้ (ไม่ใช่ปริมาณอากาศอัดที่ผลิต) ดูวิธีตรวจวัดข้อ 4.2	≥ 90% (หรือรั่วไม่เกิน 10%)	=...87.28..... %	( ) ผ่าน (/) ไม่ผ่าน	ตรวจสอบจุดรั่วไหล และดำเนินการแก้ไข
3	ค่าตั้งความดันอากาศอัดด้านต่ำ (On) สูงกว่าความดันใช้งานของกระบวนการไม่เกิน 1 bar และค่าตั้งความดันอากาศอัดด้านสูง (Off) สูงกว่าด้านต่ำไม่เกิน 1 barดูวิธีตรวจวัดข้อ 4.3	ความดันใช้งาน.....5....บาร์ ค่าเกณฑ์ด้านต่ำ..6.....บาร์ ค่าเกณฑ์ด้านสูง.....7..บาร์	ค่าตั้งความดันด้านต่ำ.7.บาร์ค่าตั้งความดันด้านสูง.8.บาร์	( ) ผ่าน (/) ไม่ผ่าน	- ลดความดันของอากาศลงสูงกว่าด้านต่ำไม่เกิน 1 บาร์ - ตรวจสอบแก้ไข เพิ่มขนาดท่อส่งอากาศอัด - พิจารณาเพิ่มถังพักอากาศอัด - แยกระบบผลิตอากาศเป็นระบบความดันสูงและความดันต่ำ - เชื่อมต่อท่อให้เป็นวงแหวน - ใช้เครื่องอัดอากาศขนาดเล็กเพื่อใช้งานเฉพาะจุดที่ต้องการความดันสูง
4	อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่อง สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกห้องในที่ร่มไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส และช่องดูดอากาศเข้าไม่ใกล้แหล่งความชื้นดูวิธีตรวจวัดข้อ 4.4	อุณหภูมิอากาศภายนอก.....35..... ‘C (X) ค่าตามเกณฑ์...38..... ‘C (X+3)C	อุณหภูมิอากาศในห้องปั๊มลม....40..... C (ไม่ควรเกินเกณฑ์ (X+3)C)	( ) ผ่าน (/) ไม่ผ่าน	ปรับปรุงระบบระบายความร้อนห้องปั๊มลม
5	เครื่องอัดอากาศ มีค่าช่วงเวลาเดิน ตัวเปล่า ไม่เกิน 10 % (หรือแบบที่มีการใช้พลังงานช่วง Unload) ดูวิธีตรวจวัดข้อ 4.5	≤ 10%	=.....50.....%	( ) ผ่าน (/) ไม่ผ่าน	พิจารณาเพิ่มถังเก็บอากาศอัด หรือเปลี่ยนขนาดปั๊มลม
6	ติดตั้งวาล์ว ด้านจ่ายอากาศอัดออกจากถัง เข้าสู่ระบบ และติดป้าย “ปิดวาล์วทุกครั้งหลังเลิกงาน และเปิดวาล์วไล่น้ำทุกครั้งก่อนทำงาน” ดูวิธีตรวจวัดข้อ 4.6	มีการปิดทุกวัน	ผล....ไม่ปฏิบัติตามป้ายแนะนำ	( ) ผ่าน (/) ไม่ผ่าน	จัดทำข้อกำหนดและผู้รับผิดชอบ

ENERGENIUS

Thank you for your Attention

Dr.Paitoon Termsinvanich

Energenius Co.,ltd

www.energeniusth.com

Email: paitoontsv.eng@gmail.com

Tel.081-647-0229

นายไพฑูรย์ เตชะนวกิจ

ENERGENIUS