รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ กรณีศึกษา BERLIN รุ่น BL-30 ชนิดสกรู

Air Compressor Performance Analysis, Case Study BERLIN : Model BL-30 Screw Type

โดย

นาย บุนยธร ตรีสิริชัยวัฒน์ 6223100012

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษาสำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2564

หัวข้อโครงงาน	: การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ กรณีศึกษา BERLIN รุ่น BL-30 ชนิดสกรู
	: Air Compressor Performance Analysis, Case Study BERLIN : Model BL-30 Screw Type
รายชื่อผู้จัดทำ	: นาย บุนยธร ตรีสิริชัยวัฒน์ 6223100012
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	: วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	: 2/2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2564

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย)

.....พนักงานที่ปรึกษา

(นาย พิทยา แก้ววิเศษ)

.....กรรมการกลาง

(อาจารย์สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์)

.....ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา

(ผศ.ดร.มารุจ ลิมปะวัฒนะ)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ.2565

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

ตามที่ นาย บุนยธร ตรีสิริชัยวัฒน์ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 17 มกราคม 2565 ถึง วันที่ 5 พฤษภาคม 2565 ในตำแหน่ง นักศึกษาฝึกงาน ณ บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด และได้รับมอบหมายงานจากทางแผนกซ่อมบำรุงเครื่องจักร ให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ กรณีศึกษา BERLIN รุ่น BL-30 ชนิดสกรู” เพื่อให้เกิดความเข้าใจระบบอัดอากาศ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้มาตรฐาน

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดแล้ว ผู้จัดทำจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษา

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นาย บุนยธร ตรีสิริชัยวัฒน์

นักศึกษาสหกิจศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด ตั้งแต่วันที่ 17 มกราคม 2565 ถึงวันที่ 5 พฤษภาคม 2565 ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆที่มีค่ามากมายสำหรับรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1.คุณ พิทยา แก้ววิเศษ ผู้จัดการฝ่ายช่าง

2.คุณ เอกรินทร์ วังทองซุก หัวหน้าโรงงาน

3.ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย อาจารย์ที่ปรึกษา

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจกับชีวิตของการทำงานจริง ซึ่งผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นาย บุนยธร ตรีสิริชัยวัฒน์

5 พฤษภาคม 2565

Project Title : Air Compressor Performance Analysis: A Case Study of BERLIN: Model BL-30 Screw Type

Author : Mr. Boonyathorn Trisirichaiwat 6223100012

Advisor : Dr. Chanchai Wiroonritichai

Degree : Bachelor of Engineering

Department : Mechanical Engineering

Faculty : Engineering

Academic year : 2/2021

Abstract

In terms of air compressors operation, the air compressor must undergo performance inspections and operation efficiency analysis by using measuring devices and calculations for the inspection for the air compressor to operate at maximum efficiency and decreasing wasted energy.

The inspection result found that: 1) air production rate (Q_{sT}) 3.3 m^3/min and air production rate from flow switch was between $3.2 - 3.3$ m^3/min; 2) Energy performance (SPS_s) was 0.113 kWh/m^3, which was the best average at $0.101 - 0.122$ kWh/m^3 of UK Database standard, while the air compressor's overall efficiency was 97%.

Keywords: air compressor, performance, analysis

Approved By

.....

ชื่อโครงงาน : การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ
กรณีศึกษา BERLIN รุ่น BL-30 ชนิดสกรู

ผู้จัดทำ : นาย บุนยธร ตรีสิริชัยวัฒน์ 6223100012
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

ระดับการศึกษา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ ปีการศึกษา : 2/2564

บทคัดย่อ

การทำงานของเครื่องอัดอากาศ ต้องหมั่นตรวจเช็คประสิทธิภาพ และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่อง โดยใช้เครื่องมือวัดและการคำนวณในการตรวจสอบ เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้ลดการสูญเสียพลังงานได้มากขึ้น ผลจากการตรวจสอบพบว่า 1.อัตราการผลิตอากาศ (Q_{sT}) เท่ากับ 3.3 m^3/min และอัตราการผลิตอากาศจากเครื่องวัด Flow Switch เท่ากับ 3.2 – 3.3 m^3/min 2.ค่าสมรรถนะพลังงาน(SPS_s) เท่ากับ 0.113 kWh/m^3 อยู่ในเกณฑ์ระหว่าง Best – Average ที่ 0.101 – 0.122 kWh/m^3 มาตรฐาน UK Database ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องอัดอากาศเท่ากับ 97%

คำสำคัญ : อัตราการผลิตอากาศอัด (Q_{sT}) / สมรรถนะพลังงาน (SPS_s) มาตรฐานของ UK Database / ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องอัดอากาศ

ผู้ตรวจ
.....

สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
2.1.1 การอนุรักษ์	2
2.1.2 พลังงานไฟฟ้า	2
2.1.3 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า	2
2.1.4 การศึกษาหลักการทำงานเครื่องอัดอากาศ แบบสกรู	3
2.1.5 ศึกษาการทำงานของระบบอัดอากาศ	3
2.1.6 การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ	3
2.1.7 เกณฑ์การเปรียบเทียบ	3
2.2 นิยามประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ	4
2.2.1 ปริมาตรอากาศอิสระ (Free Air Delivery, FAD)	4
2.2.2 อากาศมาตรฐาน (Normal Air)	4
2.2.2.1 มาตรฐาน ISO 1217 : 2009 (Annex c)	4
100 kPa (a) / 20 °C / 0%RH	
2.2.2.2 มาตรฐาน JIS B 8341 : 1983	4
101.3 kPa (a) / 20 °C / 65%RH	
2.2.2.3 มาตรฐาน AS 4637 : 2006	4
100 kPa (a) / 20 °C	
2.2.3 ความดัน (Pressure)	4

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.4 กำลังไฟฟ้า (P_{in})	5
2.2.5 อัตราการไหลของอากาศอัด (Q_s)	5
2.2.6 SPC_s (Specific Power Consumption on Standard Suction Condition)	5
2.3 ลักษณะการใช้งานของระบบอากาศ	6
2.3.1 ชนิดของเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor)	7
2.3.2 เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ (Piston Compressor)	7
2.3.3 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู (Screw Compressor)	9
2.3.4 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน (Vane Rotary Compressor)	11
2.3.5 เครื่องอัดอากาศชนิดหอยโข่ง (Centrifugal Compressor)	12
2.4 การเลือกขนาดถังเก็บอากาศ	13
2.4.1การเลือกขนาดท่อที่เหมาะสม	14
2.5 แนวทางการสำรวจและการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	15
2.5.1 วัดอัตราการไหลของอากาศ (Q_{sF}) โดยใช้เครื่องมือวัด	15
2.5.2 วัดอัตราการไหลของอากาศ (Q_{sT}) โดยการจับเวลาในการอัดลมเข้า Receiver Tank	16
2.6 การตรวจหาการรั่วไหลของอากาศอัด	20
2.7 การปรับลดความดัน	26
2.8 การปรับลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ	28
2.9 การใช้เครื่องอัดอากาศแบบปรับความเร็วรอบได้ (VSD)	30
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	
3.1 ชื่อและที่ตั้งสถานประกอบการ	31
3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน	32
3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร	33
3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	33
3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา	33
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	34
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	34
3.7.1 ปรึกษาพนักงานพี่เลี้ยง	34

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.7.2 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 34

3.7.3 ตั้งหัวข้อโครงงาน 34

3.7.4. ทดสอบเครื่องอัดอากาศ 34

3.7.5. คำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ 34

3.7.6. รวบรวมข้อมูลและสรุปผล 34

3.8 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 35

3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ 35

3.9.1 ขั้นตอนการวัด 36

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงงาน

4.1 การปฏิบัติดำเนินการทดสอบวัดค่า 39

4.2 ผลจากการปฏิบัติงาน 45

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน 47

5.2 ข้อเสนอแนะ 47

บรรณานุกรม 48

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. 50

ภาคผนวก ข. 52

ภาคผนวก ค. 54

ประวัติผู้จัดทำ 57

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 กำหนดขนาดของท่อลมที่เหมาะสมกับปริมาณลมที่ใช้	14
2.2 การหาอัตราการรั่วไหลอย่างเร็วเมื่อทราบขนาดความดัน ณ.จุดรั่วไหล และขนาดของรูรั่วไหล	24
2.3 การประเมิน % ผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจากการปรับลดความดันอากาศด้านขาออก	27
2.4 การประเมิน % ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการปรับลดอุณหภูมิอากาศเข้าเมื่อเปลี่ยนไปใช้เครื่องอัดอากาศประสิทธิภาพสูง	29
3.1 ผังเวลาการทำงาน	35
4.1 ตารางบันทึกและคำนวณสมรรถนะพลังงาน	45

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กราฟแสดงความดัน (Pressure)	4
2.2 แสดงค่าใช้จ่ายต่างๆ ของระบบอากาศอัด	6
2.21 กราฟแสดงย่านแรงดันต่างๆ ของเครื่องอัดอากาศและพัดลม	7
2.22 เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ (Piston Compressor)	8
2.23 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู (Screw Compressor)	9
2.24 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู แบบ 2 in 1 (Compressor and Air Dryer)	9
2.25 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู แบบ 2 in 1 VSD (Compressor and Air Dryer)	10
2.26 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน (Vane Rotary Compressor)	11
2.27 เครื่องอัดอากาศชนิดหอยโข่ง (Centrifugal Compressor)	12
2.3 ระบบอัดอากาศหลักการทำงาน	13
2.4 แสดงการวัดอัตราการไหลของอากาศที่ท่อด้านออก	15
2.5 ตัวอย่างกราฟแสดอัตราการไหลของอากาศที่ได้จากการวัด	16
2.6 แสดงการวัดอัตราการไหลโดยการจับเวลาในการอัดลมเข้า	16
2.7 กราฟแสดงการรั่วไหลเมื่อทราบค่าความดันของอากาศอัด ณ.ที่จุดรั่วไหล และขนาดของรูรั่วไหลต่างๆ	25
2.8 อุปกรณ์ปรับลดความดัน (Pressure Regulator)	26
2.9 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศแบบเดิมและแบบใหม่ (VSD)	30
3.1 แผนที่ตั้ง บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด	31
3.2 บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด	32
3.21 โรงซ่อม บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด	32
3.3 ตำแหน่งงานในบริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด	33
3.4 แสดงการวัดอัตราการไหลโดยการจับเวลาในการอัดลมเข้า	36
3.5 การวัด T_{d1} และ T_{d2}	38
4.1 เครื่องอัดอากาศ	39
4.11 การวัดค่าครั้งที่ 1 อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure เริ่มต้น และ อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure สุดท้าย	40
4.12 การวัดค่าครั้งที่ 1 จับเวลา	40

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 การวัดค่าครั้งที่ 2 อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure เริ่มต้น และ อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure สุดท้าย	41
4.14 การวัดค่าครั้งที่ 2 จับเวลา	41
4.15 การวัดค่าครั้งที่ 3 อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure เริ่มต้น และ อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure สุดท้าย	42
4.16 การวัดค่าครั้งที่ 3 จับเวลา	42
4.17 วัดค่าการกินกระแส ขณะโหลดของเครื่องอัดอากาศ	43
4.18 วัดอัตราการไหลโดยใช้เครื่องมือวัด	44

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เครื่องอัดอากาศ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนโดยประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 2 ระบบ คือระบบเครื่องกลและระบบไฟฟ้า เนื่องจากเครื่องอัดอากาศ หรือ คอมเพรสเซอร์ทำงานตลอดจึงมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป เช่นเดียวกับมอเตอร์โดยอายุการใช้งานขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าหนักมากน้อยเพียงใด และในการบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ ต้องมีขั้นตอนการทำงานเอกสารคู่มือและช่างที่มีความเชี่ยวชาญและต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นอันดับแรก ในการบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ จะมีการตรวจเช็คประสิทธิภาพพลังงานในระบบอัดอากาศ เพื่อให้เครื่องอัดอากาศ มีประสิทธิภาพการทำงานที่สมบูรณ์ที่สุด

จากการฝึกสหกิจศึกษาตามโครงการ สหกิจศึกษาของทางมหาวิทยาลัย ได้ให้โอกาสข้าพเจ้าได้ไปฝึกสหกิจศึกษาที่ บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด ทางบริษัทได้มอบหมายงานในเรื่อง คำนวณหาอัตราการผลิตอากาศอัดและค่าสมรรถนะ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ กรณีศึกษา BERLIN รุ่น BL-30 ชนิดสกรู

การไปฝึกสหกิจศึกษาตามโครงการมีความสำคัญและให้ประโยชน์แก่ข้าพเจ้า เนื่องจากทำให้ข้าพเจ้าได้เข้าไปสัมผัสในชีวิตจริงของโลกของการทำงาน และยังได้ความรู้เพิ่มเติม ทำให้เกิดองค์ความรู้และประสบการณ์ใหม่นอกห้องเรียนอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ

1.2.2 หาค่าสมรรถนะพลังงาน (SPC_s)

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 พิจารณาอัตราการผลิตอากาศอัดของเครื่องอัดอากาศ BERLIN รุ่น BL-30 ทดสอบที่ช่วง $0 - 8.5\ bar_g$

1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อให้เข้าใจในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ กรณีศึกษา BERLIN รุ่น BL-30 ชนิดสกรู

1.4.2 เป็นแหล่งค้นคว้าเพิ่มเติมสำหรับผู้สนใจแก่ยวกับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศและการอนุรักษ์พลังงาน

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีบทคำนิยาม (การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า) ในโรงงานอุตสาหกรรม เนื้อหาของบทนี้ได้กล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับ นิยามความเป็นมาของการอนุรักษ์พลังงาน ระบบอัดอากาศ โดยเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนการผลิต เพื่อนามาประยุกต์ใช้ เป็นต้นทุนสร้างให้เกิดแนวคิดในการลดการใช้พลังงานในเครื่องจักร และอุปกรณ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การอนุรักษ์

การอนุรักษ์หมายถึง การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมด้วยความฉลาดและใช้อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์มากที่สุด โดยหลีกเลี่ยงให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดกระบวนการดาเนินการอนุรักษ์อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ต้องครอบคลุมทั้งปัญหาด้านการทำลายสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติจนเกิดความเสื่อมโทรม รวมถึงปัญหาการก่อมลพิษแก่สิ่งแวดล้อมที่จะส่งผลกระทบกลับมาสู่ตัวมนุษย์เองด้วย

2.1.2 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) ไว้ว่าเป็นพลังงานที่ได้จากพลังงานศักย์หรือพลังงานจลน์ ไฟฟ้าเมื่อถูกใช้อย่างหลวมๆจะใช้เพื่ออธิบายพลังงานที่ถูกดูดซับหรือถูกนำส่งโดยวงจรไฟฟ้าหนึ่ง (ยกตัวอย่างเช่น พลังงานที่จัดหามาให้จากโรงไฟฟ้า) "พลังงานไฟฟ้า" อาจพูดถึงพลังงานที่ถูกแปลงมาจากพลังงานศักย์ไฟฟ้า พลังงานนี้ถูกจ่ายออกมาโดยการผสมกันของกระแสไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้าโดยส่งออกมา ในกริด (ไฟฟ้า) ณ จุดที่พลังงานศักย์ไฟฟ้านี้ถูกเปลี่ยนให้เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของพลังงาน มันจะไม่ได้เป็นพลังงานศักย์ไฟฟ้าอีกต่อไป ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดเป็นพลังงานศักย์ก่อนที่มันจะถูกจัดส่งไปให้ผู้ใช้ปลายทาง หลังจากถูกเปลี่ยนจากพลังงานศักย์ พลังงานไฟฟ้าสามารถถูกเรียกเป็นพลังงานชนิดอื่นได้เสมอเช่นพลังงานความร้อน พลังงานแสงสว่าง พลังงานการเคลื่อนไหว ฯลฯ

2.1.3 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ไว้ว่าการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด การอนุรักษ์พลังงานนอกจากจะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงาน ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในกิจกรรมแล้ว ยังจะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากแหล่งที่ใช้และแหล่งผลิตพลังงานด้วย

2.1.4 การศึกษาหลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศ แบบสกรู

หลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศ แบบสกรู ภายในชุดสกรูของเครื่องอัดอากาศชนิดนี้มีเพลาสกรูสองเพลาที่หมุนขบกัน เรียกว่า เพลาตัวผู้ (Male Rotor) และเพลาตัวเมีย (Female Rotor) เพลาสกรูทั้งสองจะประกอบอยู่ในตัวเรือนเดียวกัน (อยู่ภายในชุดสกรู) โดยหมุนด้วยความเร็วรอบเกือบเท่ากัน ซึ่งเพลาตัวผู้จะหมุนเร็วกว่าเพลาตัวเมียเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และมีทิศทางการหมุนเข้าหากัน ทำให้ดูดลมจากด้านหนึ่งและอัดส่งต่อไปอีกด้านหนึ่งได้

2.1.5 ศึกษาการทำงานของระบบอัดอากาศ

ระบบอัดอากาศ เป็นอากาศที่มีแรงดันสูงส่งผ่านท่อเหล็กหนาดันแรงดัน ใช้ลมธรรมชาติดูดผ่านเข้ากระบวนการผลิตต่างๆ ในเครื่องอัดอากาศ และออกมาเป็นลมอัดที่มีความดันสูง 8-20 bar แล้วแต่ความต้องการของเครื่องจักรแต่และประเภท แต่จะยังมีน้ำปะปนมาบ้าง จึงต้องส่งอากาศอัดผ่านเครื่องทำลมแห้ง (Air Dryer) เพื่อกำจัดน้ำออกจากอากาศอัดเพื่อต้องการอากาศอัดที่สะอาดปราศจากสิ่งสกปรกและน้ำ แล้วส่งผ่านอากาศอัดไปเก็บไว้ในถังสารองลมต้นทาง และส่งอากาศอัดไปตามท่อเหล็ก เพื่อใช้งานต่อไป

2.1.6 การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ

ดัชนีการใช้พลังงานเป็นสิ่งสำคัญที่จะบอกต้นทุนและปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องอัดอากาศ เครื่องอัดแต่ ละชุดที่ใช้งานร่วมกันจะมีประสิทธิภาพไม่เท่ากัน เนื่องจากการสึกหรอของอุปกรณ์ประกอบต่างๆและขาดการบำรุงรักษาที่ดีดังนั้นผู้ใช้งานควรเก็บข้อมูลและตรวจสอบดัชนีอย่างสม่ำเสมอ เพื่อควบคุมค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าและหาแนวทางในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

2.1.7 เกณฑ์การเปรียบเทียบ

การเปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดคือการเปรียบเทียบค่าต่างๆ กับพิกัดของอุปกรณ์นั้น และถ้าต้องการเปลี่ยนใหม่ ก็สามารถใช้เปรียบเทียบกับพิกัดของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้แทน

1. ร้อยละของปริมาณอากาศอิสระเทียบกับพิกัดไม่ควร ≤ 90 %
2. ร้อยละของดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับพิกัดไม่ควร > 110 %

2.2 นิยามประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ

2.2.1 ปริมาตรอากาศอิสระ (Free Air Delivery, FAD) ปริมาตรของอากาศที่เครื่องอัดอากาศจ่ายออกมาในรูปอัตราการไหลเชิงปริมาตร ($l/s, m^3/min$) โดยอ้างอิงที่สภาวะอากาศมาตรฐาน

2.2.2 อากาศมาตรฐาน (Normal Air)

2.2.2.1 มาตรฐาน ISO 1217 : 2009 (Annex c) 100 kPa (a) / 20 °C / 0%RH

- Venturi Nozzle (ISO9300) หรือ Pressure Duff. Device (ISO5167-1) สำหรับเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ โรตารี่สกรู และโรตารี่เวน ทุกขนาดการใช้งาน

2.2.2.2 มาตรฐาน JIS B 8341 : 1983 101.3 kPa (a) / 20 °C / 65%RH

- Orifice Plate (JIS Z 8762) สำหรับเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ หรือแบบโรตารี่สกรู หรือโรตารี่เวน ทุกขนาดการใช้งานครอบคลุมไปถึงปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump)
- Air Tank Charging หรือ Float Type Area Flow Meter (JIS Z 8761) สำหรับเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบขนาดเล็กไม่เกิน 11 kW

2.2.2.3 มาตรฐาน AS 4637 : 2006 100 kPa (a) / 20 °C

- Pump-Up Test สำหรับเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบขนาดไม่เกิน 2,400 l/min และมีความดันใช้งานในช่วง $600 - 800$ kPa (เกจ)
- กำหนดให้ใช้ PTI (Pressure-Time Instrument) ในการทดสอบ

2.2.3 ความดัน (Pressure)

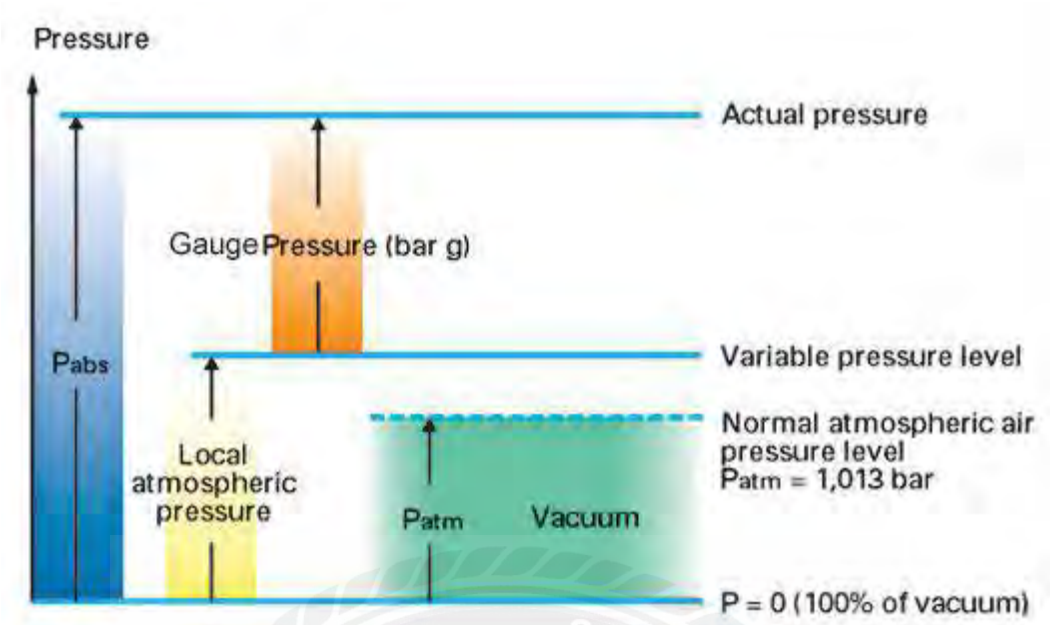
คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุหรือสสารต่อพื้นที่ (นิวตันต่อตารางเมตร : Pa) มีหน่วยเป็น $kPa, bar, psi, kg/cm^2$, บรรยากาศความดันสมบูรณ์เป็นผลรวมของความดันเกจและความดันบรรยากาศ

$P_{abs} = P_g + P_{atm}$

P_{abs} : ความดันสมบูรณ์

P_g : ความดันเกจ

P_{atm} : ความดันบรรยากาศ



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความดัน (Pressure)

2.2.4 กำลังไฟฟ้า (P_{in}) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเครื่องอัดอากาศ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW)

2.2.5 อัตราการไหลของอากาศอัดที่สภาวะมาตรฐาน (Q_s) หมายถึง ปริมาณอากาศอัดที่ตรวจวัด และปรับ เข้าสู่สภาวะมาตรฐาน มีหน่วยเป็น มีหน่วยเป็น ลิตร/วินาที (l/s) หรือ ลูกบาศก์เมตร/นาที (m^3/min)

2.2.6 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) $kW/(m^3/min)$

$$SPC_s = \frac{P_{in}}{Q_s} \qquad [kW/(m^3/min)] \qquad (2.1)$$

หรือ $$SPC_s = \frac{P_{in}}{60 \times Q_s} \qquad (kWh/m^3) \qquad (2.2)$$

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันไม่มีกฎหมายเกี่ยวกับการสำรวจ ตรวจวัด หรือวิเคราะห์ประสิทธิภาพหรือสมรรถนะพลังงานแต่สามารถใช้ มาตรฐานของ UK Database ในการอ้างอิงได้

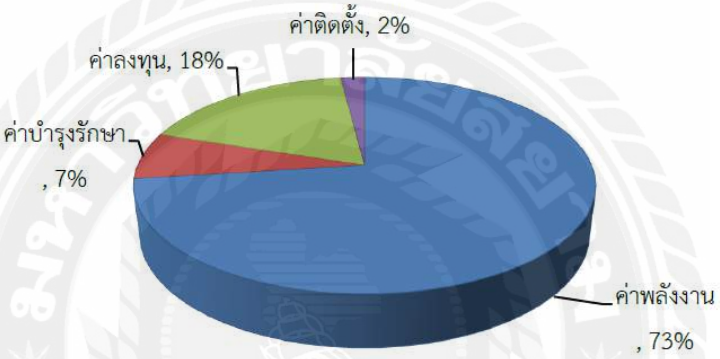
Best	Average	Worst
$0.101\ kWh/m^3$	$0.122\ kWh/m^3$	$0.300\ kWh/m^3$

2.3 ลักษณะการใช้งานของระบบอัดอากาศ

โดยทั่วไปการอัดอากาศจะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 10% – 30% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงานหลายประการดังนี้

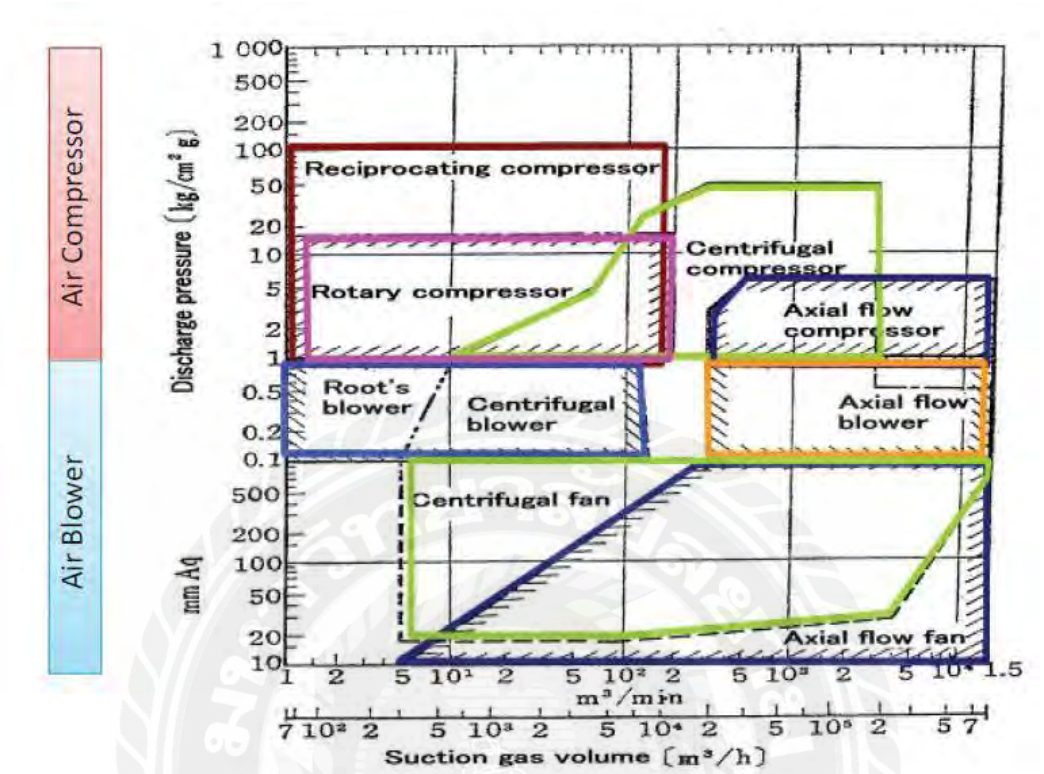
- อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้อากาศอัด (Pneumatic)
- เครื่องมือวัดที่ใช้อากาศอัด
- การลำเลียงขนส่ง โดยปกติจะพบว่ามีการสูญเสียอากาศอัดไปประมาณ 15% โดยไม่จำเป็น

ระบบอัดอากาศที่มีอายุการใช้งานเกิน 10 ปีจะเสียค่าไฟฟ้า 70 – 80% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด



รูปที่ 2.2 แสดงค่าใช้จ่ายต่างๆ ของระบบอากาศอัด

2.3.1 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่องจักรที่ใช้ผลิตอากาศที่มีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศโดยใช้พลังงานกลจากมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งกำลังในการขับ

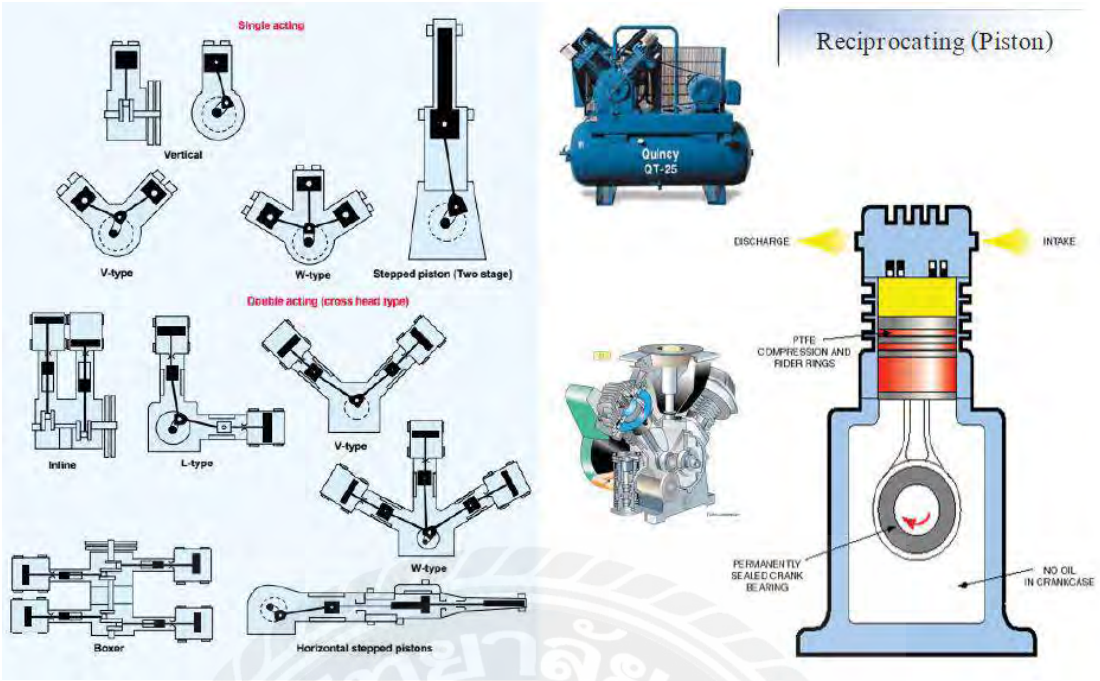


รูปที่ 2.21 กราฟแสดงย่านแรงดันต่างๆ ของเครื่องอัดอากาศและพัดลม

คุณลักษณะของเครื่องอัดอากาศ การแบ่งชนิดของเครื่องอัดอากาศจะขึ้นอยู่กับความดันใช้งาน และปริมาณลมอัดที่จ่ายออกไปใช้งาน ที่นิยมใช้แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

2.3.2 เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ (Piston Compressor)

เป็นเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง ยิ่งมีจำนวนขั้น (Stage) เพิ่มขึ้นยิ่งมีประสิทธิภาพสูง ส่วนใหญ่ใช้เพียง 2 ขั้น เครื่องอัดอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบเหมาะสมกับการรับโหลดที่ไม่สม่ำเสมอได้ดี เนื่องจากมีอุปกรณ์ Un-Load ที่ดี ใช้อุปกรณ์ Un-Load น้อยมากเมื่อเทียบกับเครื่องแบบอื่นๆ การควบคุมยังสามารถทำเป็นแบบ Multi Step ในช่วงการเดิน Part Load จะให้ประสิทธิภาพดี



รูปที่ 2.22 เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ (Piston Compressor)

ข้อดี เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ สมรรถนะ $7.8 - 8.5\ \mathrm{kW/m^3/min}$

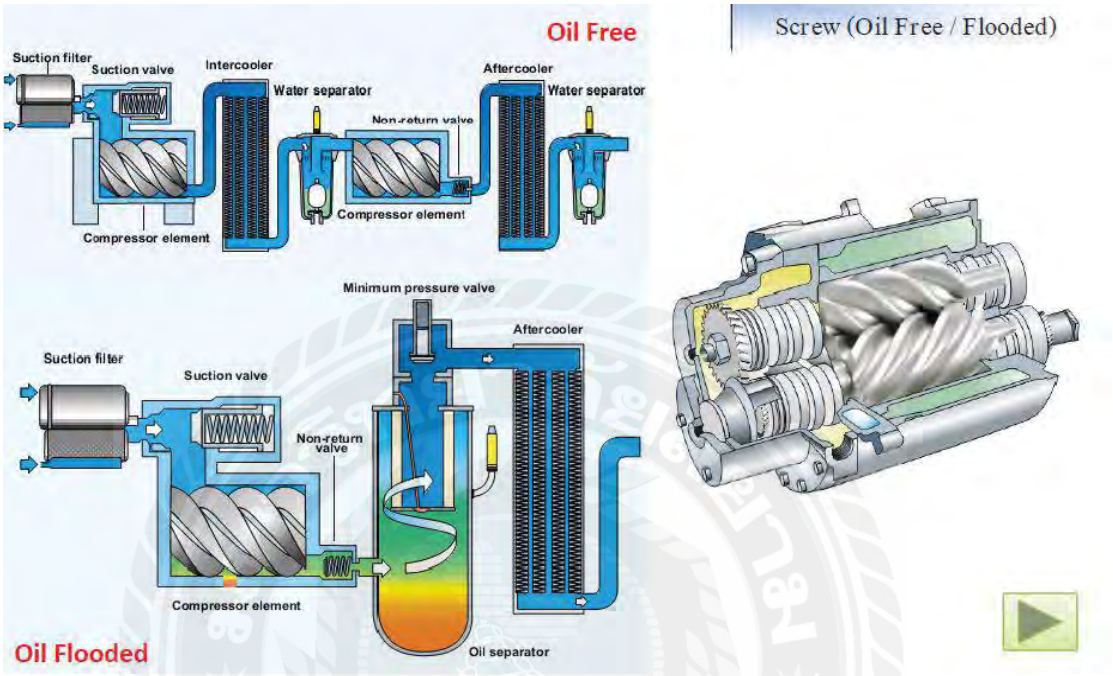
1. สามารถใช้งานได้ที่ความดันสูง
2. มีราคาเครื่องและค่าติดตั้งที่ต่ำ
3. มีขั้นตอนการบำรุงรักษาที่ไม่ยุ่งยาก
4. มีประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีในกรณีที่เป็นแบบ Multi-Stage

ข้อเสีย เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ

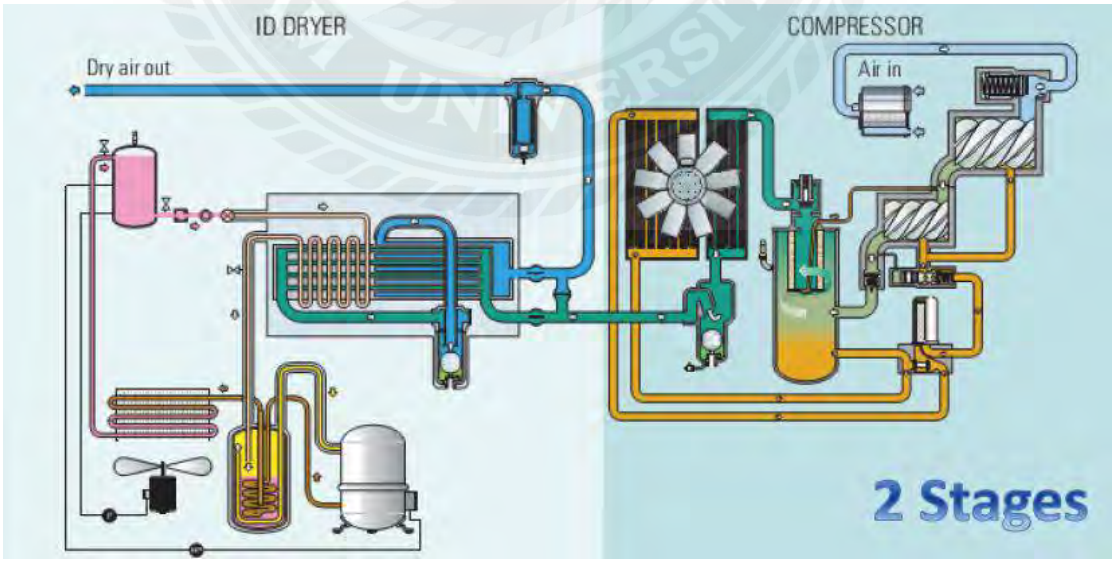
1. เสียงดัง
2. ค่าบำรุงรักษาสูง สึกหรอง่าย
3. เหมาะกับระบบเล็กที่มีความต้องการใช้อากาศไม่มาก
4. ต้องการแท่นเครื่องที่แข็งแรงเนื่องจากมีการสั่นสะเทือนขณะใช้งานสูง
5. มีอัตราการพร่องของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มมากขึ้นเมื่อเกิดการสึกหรอขึ้น

2.3.3 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู (Screw Compressor)

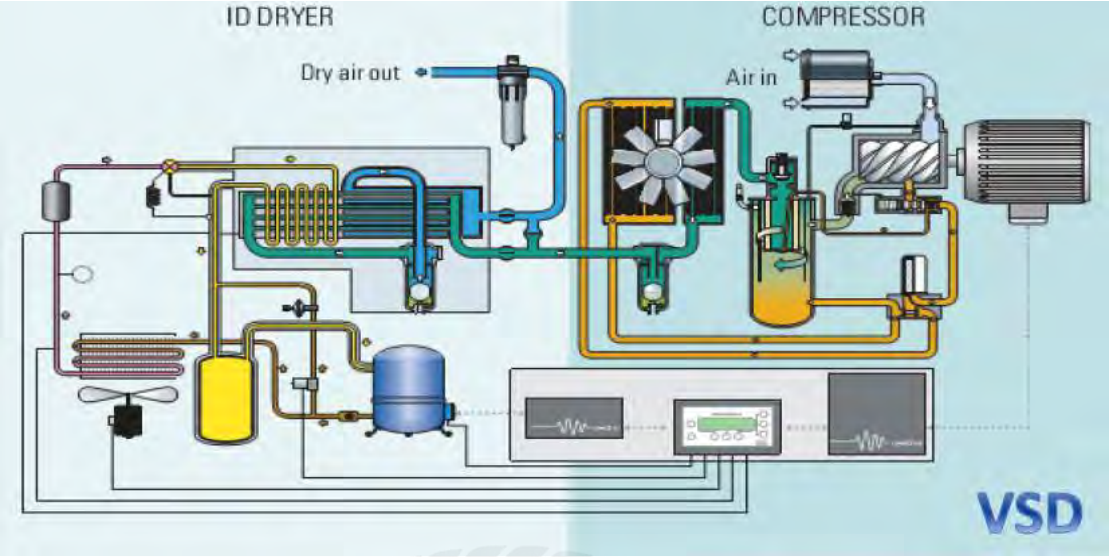
เป็นเครื่องที่มีความสึกหรอน้อยเนื่องจากตัวสกรูไม่ได้สัมผัสกัน การอัดอากาศมีประสิทธิภาพพอสมควรแต่โครงสร้างเป็นตัวสกรูทำให้มีอัตราส่วนความดันคงที่ เครื่องอัดอากาศแบบโรตารี่สกรูจะเหมาะกับการรับโหลดเต็มพิกัดและสม่ำเสมอ จึงจะให้ประสิทธิภาพที่ดี



รูปที่ 2.23 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู (Screw Compressor)



รูปที่ 2.24 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู แบบ 2 in 1 (Compressor and Air Dryer)



รูปที่ 2.25 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู แบบ 2 in 1 VSD (Compressor and Air Dryer)

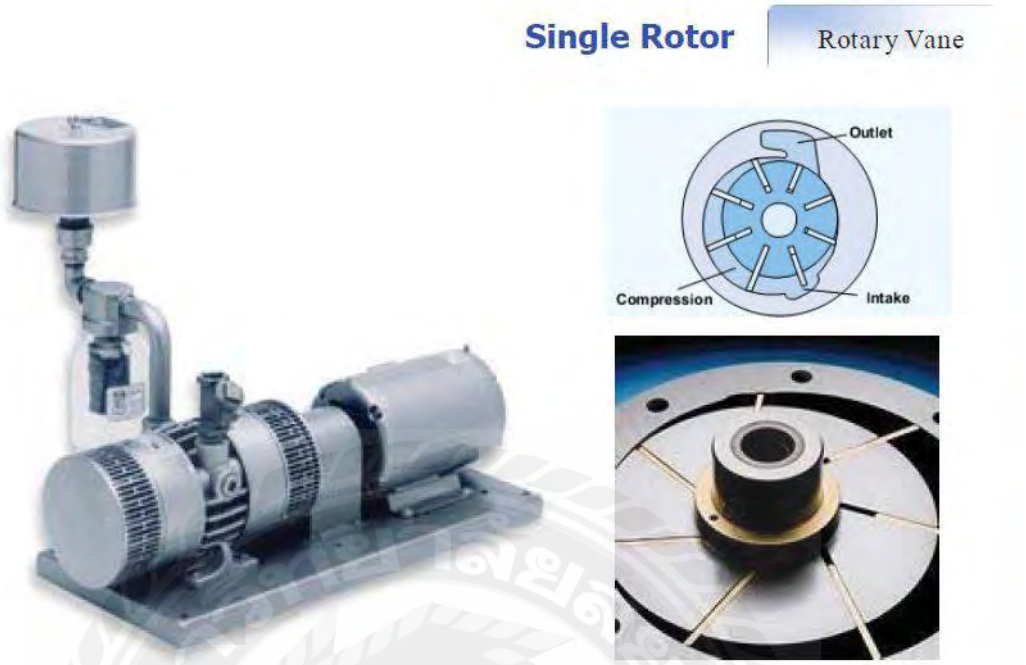
ข้อดี เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู สมรรถนะ $6.4 - 7.8\ \mathrm{kW/m^3/min}$

1. ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน
2. อุณหภูมิขณะใช้งานต่ำ
3. ต้องการบำรุงรักษาต่ำ
4. เงียบ และสั่นสะเทือนน้อย
5. มีขนาดกะทัดรัด
6. รองรับการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ หรือ VSD ช่วยให้มีประสิทธิภาพด้านพลังงานที่ดีขึ้นในช่วง No Load

ข้อเสีย เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู

1. มีการสูญเสียพลังงานขณะใช้งานค่อนข้างมากโดยเฉพาะถ้าเดินในสภาวะ No Load เป็นเวลานานๆ
2. อากาศอัดที่ได้มีคุณภาพต่ำ โดยเฉพาะแบบ Oil Flood

2.3.4 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน (Vane Rotary Compressor)



รูปที่ 2.26 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน (Vane Rotary Compressor)

ข้อดี เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน สมรรถนะ $6.4 - 7.8\ \mathrm{kW/m^3/min}$

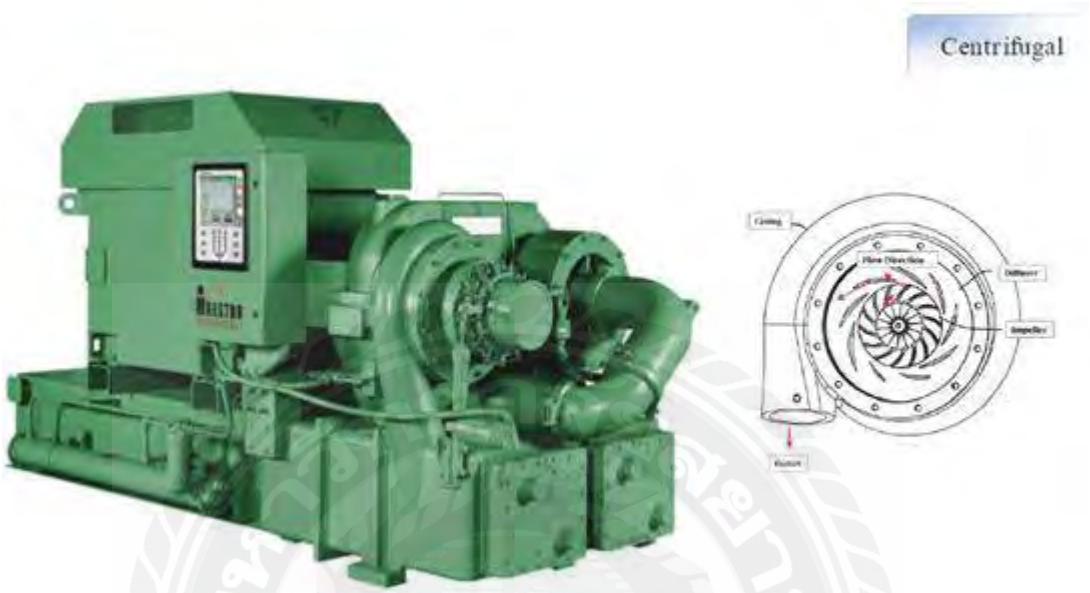
1. ใช้งานง่าย
2. อุณหภูมิขณะใช้งานต่ำ
3. ต้องการบำรุงรักษาต่ำ
4. สั่นสะเทือนน้อย

ข้อเสีย เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน

1. มีการสูญเสียพลังงานขณะใช้งานค่อนข้างมากโดยเฉพาะถ้าเดินในสภาวะ No Load เป็นเวลานานๆ
2. อากาศอัดที่ได้มีคุณภาพต่ำ โดยเฉพาะแบบ Oil Flood

2.3.5 เครื่องอัดอากาศชนิดหอยโข่ง (Centrifugal Compressor)

เป็นเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงพอควรเหมาะกับระบบที่มีความต้องการอากาศมากแต่ความดันไม่สูงมากนัก และประสิทธิภาพสูงเมื่อทำงานที่ภาระสูง



รูปที่ 2.27 เครื่องอัดอากาศชนิดหอยโข่ง (Centrifugal Compressor)

ข้อดี เครื่องอัดอากาศชนิดหอยโข่ง สมรรถนะ $5.8 - 7.0\ \mathrm{kW/m^3/min}$

1. มีประสิทธิภาพสูง คงที่ตลอดอายุการใช้งาน
2. มีความสามารถในการผลิตอากาศอัดได้มากกว่า
3. เงียบ ทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง
4. ให้คุณภาพของอากาศอัดที่ดี ไม่มีละอองน้ำมันปะปน
5. ค่าบำรุงรักษาต่ำ

ข้อเสีย เครื่องอัดอากาศชนิดหอยโข่ง

1. มีต้นทุนค่าเครื่อง และค่าติดตั้งสูง
2. ประสิทธิภาพจะลดลงที่ระดับการผลิตอากาศอัดต่ำลง
3. ต้องใช้ความรู้ความชำนาญสูงในการบำรุงรักษา และซ่อมแซม

รูปที่ 2.3 ระบบอัดอากาศหลักการทำงาน

2.4 การเลือกขนาดถังเก็บอากาศ

กฎโดยทั่วไป : 1 cfm ต่อถัง 1 gallon (3.8 liter) เช่น เครื่องอัดอากาศขนาด 400 cfm ควรจะใช้ถังขนาดประมาณ 1,500 liter หรือสามารถคำนวณหาขนาดของถังได้จากสูตร

$$V = T \times P_0 \times \frac{(C_{in} - C_{out})}{(P_2 - P_1)} \qquad (2.3)$$

V	คือ	Tank volume	m^3
T	คือ	Cut in/off Time	min
P_0	คือ	1.013 bar_a	
P_2	คือ	Cut-off Pressure	bar_g
P_1	คือ	Cut-in Pressure	bar_g
C_{in}	คือ	Capacity into Tank	m^3/min
C_{out}	คือ	Capacity out of Tank	m^3/min

2.4.1 การเลือกขนาดท่อที่เหมาะสม

การออกแบบท่อที่ดีจะช่วยให้สามารถประหยัดพลังงานของเครื่องอัดอากาศได้มาก ทำให้ไม่ต้องผลิตความดันที่สูงเกินความต้องการ

1. ขนาดท่อลมต้องไม่เล็กเกินไป
2. Pressure Drop ไม่ควรเกิน 5% จากความดันต้นทางในทุกๆ 30 เมตร (100ฟุต) ที่ความเร็วของอากาศอัดไม่เกิน 6 m/s
3. Pressure Drop ไม่ควรเกิน 10% ของทั้งระบบ หรือไม่เกิน 15% ในช่วง Peak
4. การเลือก Receiver Tank ให้เหมาะสม

ตารางที่ 2.1 กำหนดขนาดของท่อลมที่เหมาะสมกับปริมาณลมที่ใช้

Your Air Compressor's C.F.M	TABLE 1: EQUIVALENT LENGTH OF PIPE LINES IN FEET Don't forget to include *PIPE FITTINGS in your final calculations							
	25 feet	50 feet	75 feet	100 feet	150 feet	200 feet	250 feet	300 feet
1	½	½	½	½	½	½	½	½
2	½	½	½	½	½	½	½	½
3	½	½	½	½	½	½	½	½
5	½	½	½	½	½	½	½	½
10	½	½	½	¾	¾	¾	¾	¾
15	½	¾	¾	¾	¾	¾	¾	¾
20	¾	¾	¾	¾	¾	¾	¾	¾
25	¾	¾	¾	¾	¾	1	1	1
30	¾	¾	¾	¾	1	1	1	1
35	¾	¾	1	1	1	1	1	1
40	¾	1	1	1	1	1	1	1
50	1	1	1	1	1	1	1	1
60	1	1	1	1	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4
70	1	1	1	1	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4
80	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
100	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
125	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
150	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
175	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2
200	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2
225	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2
250	2	2	2	2	2	2	2	2
275	2	2	2	2	2	2	2-1/2	2-1/2
300	2	2	2	2	2	2	2-1/2	2-1/2
350	2	2	2	2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2
400	2	2	2	2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2
450	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	3	3
500	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	3	3
550	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	3	3	3	3
600	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	3	3	3	3
750	2-1/2	2-1/2	2-1/2	3	3	3	3	4
1000	3	3	3	3	3	3	4	4

การหาขนาดท่อเมนที่ความเร็วลมในท่อไม่เกิน 6 m/s (Pressure Drop ไม่เกิน 5% ที่ระยะทาง 100 ฟุต) โดยใช้สมการ

$$D_{mm} = \sqrt{\frac{3{,}536 \times Q_{cmm} \times P_0}{(P_g + P_0)}} \qquad (2.4)$$

P_0 คือ ความดันบรรยากาศ ($1.013\ bar_a$)

P_g คือ ความดันเกจของลมในท่อที่ใช้งาน (bar_g)

D_{mm} คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อลม (mm.)

Q_{cmm} คือ กำลังการผลิตอากาศอัดของเครื่อง (FAD : m^3/min)

แทนค่า Q_{cmm} = 200 cfm (5.66 m^3/min)

P_g = 7 bar_g

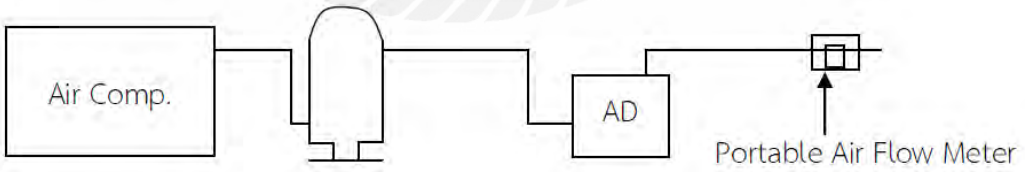
จะได้ D = 50 mm. (ใหญ่กว่าที่เลือกจากตารางที่ขนาด 38 mm.)

2.5 แนวทางการสำรวจและการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

อัตราการไหลของอากาศอัดที่สภาวะมาตรฐาน (Q_s) หมายถึง ปริมาณอากาศอัดที่ตรวจวัด และปรับ เข้าสู่สภาวะมาตรฐาน มีหน่วยเป็น มีหน่วยเป็น ลิตร/วินาที (l/s) หรือ ลูกบาศก์เมตร/นาที (m^3/min)

2.5.1 วัดอัตราการไหลของอากาศ (Q_{sF}) โดยใช้เครื่องมือวัด

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



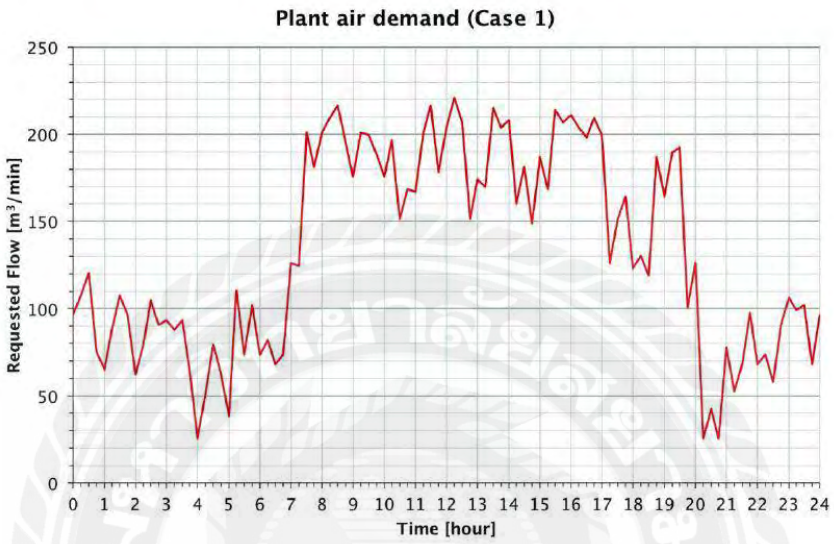
รูปที่ 2.4 แสดงการวัดอัตราการไหลของอากาศที่ท่อด้านออก

- วัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ (Pin)
  วัดกำลังไฟฟ้าโดยใช้ Power Meter หรือ Data Logger ในกรณีที่ต้องการวัดแบบต่อเนื่อง

- คำนวณค่าสมรรถนะพลังงานเครื่องอัดอากาศ

$$SPC_s = \frac{P_{in}}{Q_s} \qquad [kW/(m^3/min)] \qquad (2.1)$$

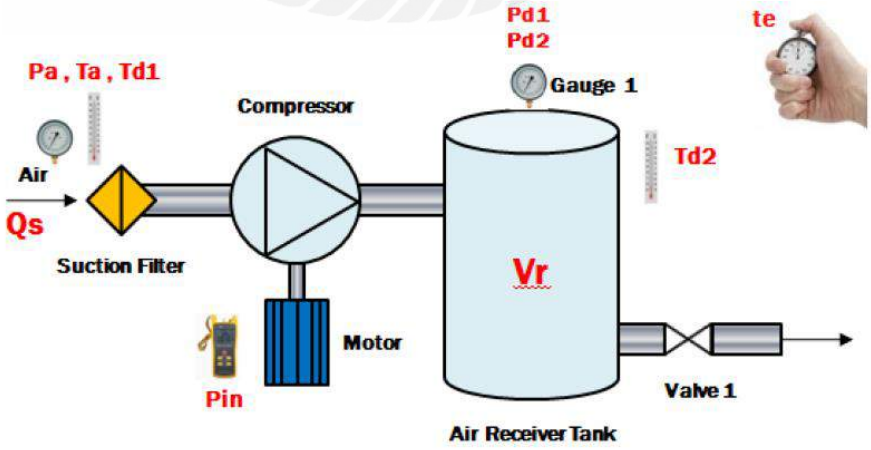
หรือ $$SPC_s = \frac{P_{in}}{60 \times Q_s} \qquad (kW/m^3) \qquad (2.2)$$



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างกราฟแสดงอัตราการไหลของอากาศที่ได้จากการวัด

2.5.2 วัดอัตราการไหลของอากาศ (Q_{sT}) โดยการจับเวลาในการอัดลมเข้า Receiver Tank Air Tank Charging สำหรับเครื่องอัดอากาศที่ทำงานในลักษณะ Load Unload หรือ Load – Off Load เช่นชนิด Screw Rotary Vane หรือ Reciprocating (ไม่สามารถใช้กับเครื่องชนิด VSD หรือ Modulate)

โดยมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 2.6 แสดงการวัดอัตราการไหลโดยการจับเวลาในการอัดลมเข้า

1. ปล่อยลมออกจาก Receiver Tank ให้หมด ($P = 0\ bar_g$)

2. ปิดวาล์ว 1 ที่จ่ายลมให้กับ Process

3. เปิดเครื่องอัดอากาศ

4. จับเวลาโดยดูที่ Pressure Gauge 1 ตั้งแต่ $0\ bar_g$ จนถึง Working Pressure หรือจนกว่าเครื่องจะ Unload (Off Load)

5. วัดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศและอุณหภูมิเข้า Receiver Tank

6. ดำเนินการซ้ำจากขั้นตอนที่ 1-5 อย่างน้อย 3 รอบ

7. คำนวณหาอัตราการผลิตอากาศอัด โดยสมการ

$$Q_{sT} = \frac{V_r}{t_e} \times \frac{T_a}{P_a} \times \left(\frac{P_{d2}}{T_{d2}} - \frac{P_{d1}}{T_{d1}}\right) \quad (2.5)$$

โดยที่

Q_s	คือ	ปริมาณอากาศอัด (FAD) ที่ Standard Condition (l/s)
V_r	คือ	ปริมาตรของ Receiver Tank (l)
t_e	คือ	เวลาที่ใช้ในการอัดอากาศเข้า Receiver Tank จาก $0\ bar_g$ ถึง Pressure สุดท้าย (s)
T_a	คือ	อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศที่ Standard Condition (K)
T_{d1}	คือ	อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศที่สภาวะ Pressure เริ่มต้น (K)
T_{d2}	คือ	อุณหภูมิอากาศอัดเข้า Receiver Tank ที่สภาวะ Pressure สุดท้าย (K)
P_a	คือ	ความดันบรรยากาศที่ Standard Condition (bar_a)
P_{d1}	คือ	ความดันเริ่มต้นที่เข้า Receiver Tank (bar_a)
P_{d2}	คือ	ความดันสุดท้ายใน Receiver Tank (bar_g)

ตัวอย่างการคำนวณ

เครื่องอัดอากาศแบบ Rotary Screw ขนาด 45 kW มีอัตราการผลิตอากาศอัดที่ FAD เท่ากับ $100\ l/s$ @ $8\ bar_g$ ทำการทดสอบประสิทธิภาพด้วยวิธี Air Tank Charging ได้ข้อมูลทดสอบดังนี้

เครื่องอัดอากาศ มาตรฐาน ISO 1217 : 2009 (Annex c) 100 kPa (a) / 20 °C / 0%RH)

หมายเลขเครื่อง	Comp No.1	Comp No.2	แหล่งที่มา
Performance Test			
V_r ขนาดถังที่ใช้ทดสอบ (l)	2,000		อ่านจาก Nameplate
P_a ความดัน Standard (bar)	1.000		อ้างอิง Standard
P_{d1} ความดันเริ่มต้นใน Air Tank (bar_a)	1.013	= 0 bar_g + 1.013	อ่านจาก Pressure gauge
P_{d2} ความดันสุดท้ายใน Air Tank (bar_a)	8.013	= 7 bar_g + 1.013	อ่านจาก Pressure gauge
T_a อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องที่ Standard Condition (K)	293.15	= 20 °C + 273.15	อ้างอิง Standard
T_{d1} อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องที่สภาวะเริ่มทดสอบ (K)	308	= 35 °C + 273.15	เท่ากับ °C + 273.15
T_{d2} อุณหภูมิอากาศอัดเข้า Air Tank (K)	311	= 38 °C + 273.15	เท่ากับ °C + 273.15
t_e เวลาในการอัด เฉลี่ย (sec)	185		คำนวณเวลาเฉลี่ย
t_{e1} เวลาในการอัด ครั้งที่ 1 (sec)	-		นาฬิกาจับเวลา
t_{e2} เวลาในการอัด ครั้งที่ 2 (sec)	-		นาฬิกาจับเวลา
t_{e3} เวลาในการอัด ครั้งที่ 3 (sec)	-		นาฬิกาจับเวลา
P_{in} กำลังไฟฟ้าขณะอัดอากาศ (kW)	45		ใช้เครื่องมือ Power meter
Q_s ปริมาณอากาศอัดที่ Standard Condition (m^3/min)	4.273		คำนวณ
SPC_s ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (kWh/m^3)	0.175		คำนวณ

สมการ $$Q_{sT} = \frac{V_r}{t_e} \times \frac{T_a}{P_a} \times \left(\frac{P_{d2}}{T_{d2}} - \frac{P_{d1}}{T_{d1}}\right) \quad (2.5)$$

อัตราการผลิตอากาศอัด(Q_{sT}) $= \frac{2{,}000}{185} \times \frac{293.15}{1} \times \left(\frac{8.013}{311} - \frac{1.013}{308}\right)$

$= 71.231$ l/s

$= 4.273$ m^3/min Ans.

สมรรถนะพลังงาน(SPC_s) $= \frac{P_{in}}{Q_s}$ (2.1)

$= \frac{45 \text{ kW}}{71.231 \text{ l/s}}$

$= 0.63$ kW/(l/s)

$(0.63x1000/60) = 10.5$ kW/(m^3/min)

$(10.5/60) = 0.175$ kW/m^3Ans.

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

ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องอัดอากาศ $= \frac{\text{ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศที่ได้จากการวัด } (m^3/min)}{\text{ค่ามาตรฐานประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ FAD } (m^3/min)} x100$

ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องอัดอากาศ ควรมีมากกว่า 80 %

$= \frac{4.273 \text{ m}^3/\text{min}}{6.0 \text{ m}^3/\text{min}} x100$

$= 71.21$ % Ans.

2.6 การตรวจหาการรั่วไหลของอากาศอัด

วิธีการตรวจสอบปริมาณการรั่วไหลของอากาศอัดขณะไม่มีโหลด
(No-Load Testing)

การทดสอบหาปริมาณอากาศอัดที่รั่วไหล สามารถกระทำได้โดยอาศัยอุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบ ซึ่งไม่ต้องมีการลงทุนใดๆเพิ่มเติม มีข้อพึงปฏิบัติที่สำคัญคือ ต้องปิดโหลดทุกชนิด ของระบบอัดอากาศที่จะทำการทดสอบ วิธีการทดสอบดังกล่าวมีอยู่ 2 กรณี ดังนี้

วิธีที่ 1 การทดสอบเครื่องอัดอากาศที่ทำงานแบบ ON/OFF หรือ Load-Unload
ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กจำพวกลูกสูบ แต่ถ้าเครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่ที่มีลักษณะการทำงานแบบนี้ก็ใช้วิธีเดียวกัน
สมการคำนวณหาอัตราการรั่วไหลของอากาศอัด

อัตราการรั่วไหล (ลิตร/วินาที) $Q_{Leak} = \frac{Q \times T_{av}}{T_{av} + t_{av}}$ (2.6)

เมื่อ Q_{Leak} คือ อัตราการรั่วไหลของระบบ (ลิตร/วินาที)
Q คือ อัตราการผลิตที่เครื่องอัดอากาศผลิตได้ (ลิตร/วินาที : FAD)
T_{av} คือ เวลาเฉลี่ยที่เครื่องอัดอากาศเริ่มทำงาน (วินาที)
t_{av} คือ เวลาเฉลี่ยที่เครื่องอัดอากาศหยุดทำงาน (วินาที)

วิธีการทดสอบ

1. ปิดอุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัดในระบบทุกตัว (ปิดเครื่องจักรแต่ให้เปิดวาล์วไว้) เริ่มเดินเครื่องอัดอากาศ พร้อมกับจับเวลา (T on) เครื่องอัดอากาศจะหยุดทำงานเมื่อถึง
2. ความดันที่ตั้งไว้ ทำการบันทึกเวลา ช่วงระยะเวลา หลังจากนี้อากาศที่อัดจะรั่วออกตามรอยรั่วต่างๆ ให้จับเวลาที่เครื่องหยุด (T off)
3. เมื่อความดันลดลงเครื่องอัดอากาศทำงานใหม่ให้ทำการบันทึกเวลาอีก ดำเนินการเช่นนี้ประมาณ 3-5 ครั้ง เพื่อความแม่นยำ แล้วนำมาวิเคราะห์ผล
4. นำค่าเวลาที่วิเคราะห์ได้จากตารางบันทึกเวลา ไปแทนในสมการ เพื่อคำนวณหาอัตราการรั่วไหลของอากาศ

ครั้งที่	เวลาที่เครื่องอัดอากาศเริ่มทำงาน	เวลาที่เครื่องอัดอากาศหยุดทำงาน	Ton (วินาที)	toff (วินาที)
1	$T_{11} = 0$	T_{12}	$T_1 = T_{12} - T_{11}$	-
2	T_{21}	T_{22}	$T_2 = T_{22} - T_{21}$	$t1 = T_{21} - T_{12}$
3	T_{31}	T_{32}	$T_3 = T_{32} - T_{31}$	$t2 = T_{31} - T_{22}$
4	T_{41}	T_{42}	$T_4 = T_{42} - T_{41}$	$T_3 = T_{41} - T_{32}$
5	T_{51}	T_{52}	$T_5 = T_{52} - T_{51}$	$T_4 = T_{51} - T_{42}$
ค่าเฉลี่ย			$T_{av} = \frac{T1 + T2 + T3 + T4 + T5}{5}$	$T_{av} = \frac{t1 + 2 + t3 + t4 + t5}{5}$

ตัวอย่างการคำนวณ

โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งเครื่องอัดอากาศขนาด 15/11 , HP/kW กำลังการผลิตอากาศอัด 20.48 l/sec (ที่ 10 bar) จากการทดสอบการรั่วไหลของอากาศอัด โดยการจับเวลาได้ดังนี้ ช่วงเวลาทำงานเฉลี่ย T_{av} = 45 วินาที และช่วงเวลาเครื่องหยุดเฉลี่ย t_{av} = 120 วินาที คิดเป็นการรั่วไหลเท่าไร และคิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าเท่าไร (ค่าพลังงานต่อการผลิตอากาศอัดเท่ากับ 11 kW/20.48 l/s = 0.537 kW/l/sec) เวลาทำงาน 3,600 ชั่วโมง/ปี

จากสมการ

Q_{Leak} = $\frac{20.48 \times 45}{45+120}$ l/sec

= 5.59 l/sec

คิดเป็นพลังไฟฟ้า = 5.59 x 0.537 (l/sec) x (kW/l/sec)

= 3.00 kW

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า = 3.00 x 3,600 kWh/year

= 10,800 kWh/year Ans.

จะเห็นได้ว่าในขณะที่เราทำการผลิตอากาศอัด จะมีการรั่วไหลแฝงอยู่ประมาณ 3 กิโลวัตต์ หรือประมาณ 27.27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นการสูญเสียมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นทางโรงงานจะต้องรีบดำเนินการอุดรอยรั่วโดยด่วน

วิธีที่ 2 การทดสอบเครื่องอัดอากาศแบบ Modulate or Step Load + Unload

เหมาะสำหรับเครื่องที่ทำงานในสภาวะ Step Load + Unload ทั่วไปไม่เหมาะกับเครื่องที่ทำงานแบบ Modulate โดยอาศัยการหรี่วาล์ว เพราะการหรี่วาล์วทำให้เราหาค่าการผลิตอากาศอัดได้ยาก เครื่องอัดอากาศบางยี่ห้อหรี่วาล์วแทบจะไม่ผลิตอากาศอัดออกมา แต่เครื่องอัดอากาศยังต้องใช้พลังงานมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดเครื่อง (เครื่องอัดอากาศแบบนี้ไม่ควรอย่างยิ่งที่จะนำมาทำงานในลักษณะ Load + Unload)

สมการคำนวณหาอัตราการรั่วไหลของอากาศอัด

อัตราการรั่วไหลของอากาศอัด (ลิตร/วินาที) $Q_{Leak} = \frac{V \times [P_1 - P_2]}{T_{av}}$ (2.62)

เมื่อ V คือ ปริมาตรทั้งหมดของถัง ท่อส่ง และวาล์ว (ลิตร)

P_1 คือ ความดันสุดท้าย หรือแรงดันตัดโหลด (bar)

P_2 คือ ความดันเริ่มต้น หรือแรงดันต่อโหลด (bar)

T_{av} คือ เวลาเฉลี่ยจาก P_1 และ P_2 (วินาที)

Q_{Leak} คือ อัตราการรั่วไหลของระบบ (ลิตร/วินาที)

วิธีการทดสอบ

1. คำนวณปริมาตรของถังเก็บอากาศ ท่อส่ง และวาล์วต่างๆ หน่วยเป็นลิตร
2. ปิดอุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัดในระบบทุกตัว (ปิดเครื่องจักรแต่ให้เปิดวาล์วไว้)
3. เดินเครื่องอัดอากาศ เพื่ออัดอากาศเข้าถัง จนถึงความดันที่ตั้งไว้ (P_1) แล้วทำการปิดวาล์วด้านอากาศเข้าถัง พร้อมทั้งจับเวลา รอจนกระทั่งความดันลดถึง(P_2)ทำการบันทึกเวลา ดำเนินการเช่นนี้ประมาณ 3-5 ครั้ง แล้วทำการวิเคราะห์ (หรือเปิดเครื่องอัดอากาศตลอดแล้วจับช่วง Unload 3-5 ครั้งก็ได้)
4. นำค่าเวลาที่วิเคราะห์ได้จากตาราง ไปแทนในสมการ เพื่อคำนวณหาอัตราการรั่วไหลของอากาศ

ครั้งที่	เวลา ณ ความดัน P_1 P_1 = ……บาร์	เวลา ณ ความดัน P_2 P_2 = ……บาร์	T_1 (วินาที)
1	T_{11}	T_{12}	$T_1 = T_{12} - T_{11}$
2	T_{21}	T_{22}	$T_2 = T_{22} - T_{21}$
3	T_{31}	T_{32}	$T_3 = T_{32} - T_{31}$
4	T_{41}	T_{42}	$T_4 = T_{42} - T_{41}$
5	T_{51}	T_{52}	$T_5 = T_{52} - T_{51}$
ค่าเฉลี่ย			$T_{av} = \frac{T1 + T2 + T3 + T4 + T5}{5}$

ตัวอย่างการคำนวณ

โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งเครื่องอัดอากาศขนาด 100/75 , HP/kW กำลังการผลิตอากาศอัด 243 l/sec (ที่ความดัน 7.5 bar) จากการสำรวจความจุของถังเก็บอากาศและท่อส่งจ่ายอากาศอัดมีความจุรวม 4,500 l. ความดันสุดท้าย (P_1) = 7.5 บาร์ และความดันเริ่มต้น (P_2) = 6.5 บาร์ เวลาเฉลี่ยจาก P_1 - P_2 (T_{av}) เท่ากับ 150 วินาที (ค่าพลังงานต่อการผลิตอากาศอัดเท่ากับ (75kW / 243 l/s) = 0.31 kW / l/sec เวลาทำงาน 7,200 ชั่วโมง/ปี

จากสมการ

Q_{Leak} = $\frac{4500 \text{ x } (7.5 - 6.5)}{150}$ l/sec

= 30 l/sec

คิดเป็นค่าพลังไฟฟ้า = 30 x 0.31 (l/sec) x (kW/l/sec)

= 9.3 kW

คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้า = 9.3 x 7200 kWh/year

= 66,960 kWh/year Ans.

จะเห็นได้ว่าในขณะที่เราผลิตอากาศอัดเข้าไปในระบบจะมีการรั่วไหลของอากาศแฝงอยู่ประมาณ 9 กิโลวัตต์ หรือประมาณ 12.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งก็มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ทางโรงงานควรรีบดำเนินการแก้ไขโดยด่วน เช่นกัน

ต่อไปก็เป็นการคิดการรั่วไหลของอากาศอัดเฉพาะจุด ซึ่งวิธีนี้ก็เหมาะสำหรับโรงงานที่ทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ไม่มีวันหยุด แต่ต้องขยันมากหน่อยเนื่องจากจะต้องเดินตรวจสอบรอยรั่วไหลทั้งหมด และนำมาวิเคราะห์ก็พอจะสรุปได้เช่นเดียวกัน

สมการสำหรับการคิดการรั่วไหลของอากาศอัดเฉพาะจุด

Q_{Leak} คือ $[0.158 \times d2 \times (P_g + P_0)]$ (l/sec)

0.158 คือ เป็นค่าที่ได้มาจากการแทนค่าในสมการมาตรฐานตาม (ISO 1217 – 1986)

d คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูรั่ว (mm.)

P_g คือ ค่าแรงดันเกจ ณ. จุดรั่วไหล (bar)

P_0 คือ ความดันสัมบูรณ์ (1.013 bar)

กรณีเป็นการรั่วซึม (ตามด) ให้ใช้ค่าคงที่เท่ากับ 0.09445

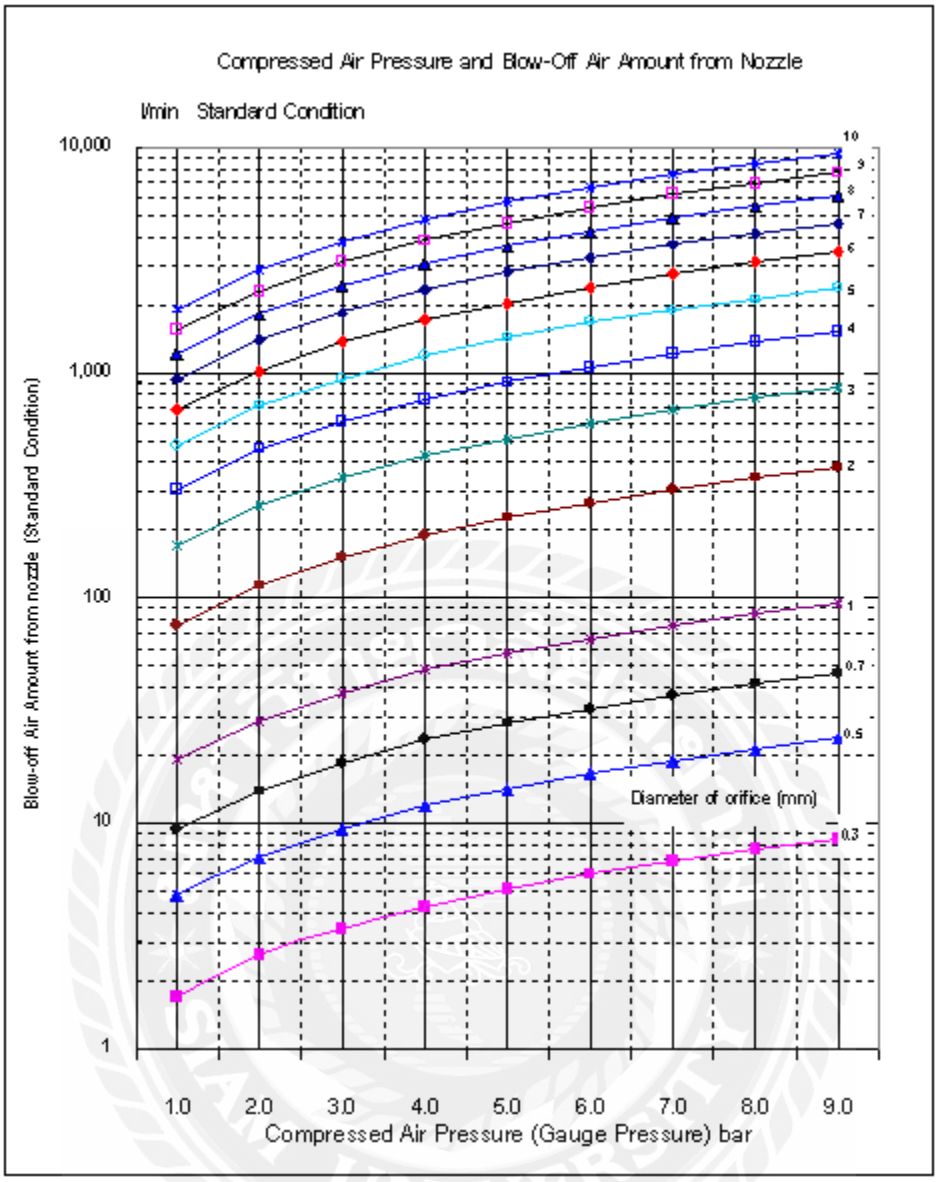
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง คือ ปริมาณรั่ว (l/s) x SEC (kW/l/s) x Run Hr (Hr/Yr) (kWh/Yr)

เมื่อ SEC คือ Specific Energy Consumption เฉลี่ยของเครื่องอัดอากาศที่เปิดใช้งาน (ใช้ค่าจาก Nameplate หน่วยเป็น kW/l/s)

* ข้อควรระวัง สำหรับความผิดพลาด คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่รั่ว (d) และแรงดันอากาศอัด ณ ตำแหน่งที่รั่ว (P_g) เนื่องจากแรงดันจุดใช้งานไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับอุปกรณ์นั้นๆ จึงต้องแยกการคำนวณการรั่วไหลออกแต่ละจุดเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ

ตารางที่ 2.2 การหาอัตราการรั่วไหลอย่างเร็วเมื่อทราบขนาดความดัน ณ.จุดรั่วไหล และขนาดของรูรั่วไหล

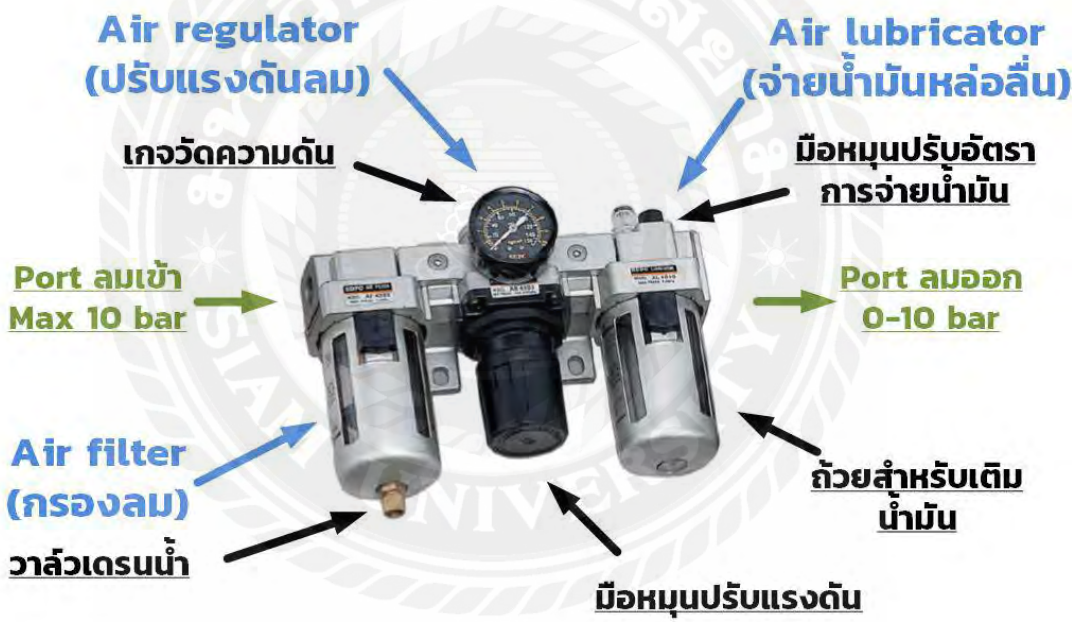
Pressure (bar)	Dimeter Pipe (mm) and Air Leakage															
	0.3		0.5		0.7		1		3		5		7		10	
	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	KW	L/sec	kW	l/sec	kW
3.0	0.06	0.01	0.16	0.03	0.31	0.05	0.63	0.11	5.71	0.97	15.85	2.71	31.07	5.31	63.41	10.83
4.0	0.07	0.01	0.20	0.04	0.39	0.08	0.79	0.16	7.13	1.46	19.80	4.06	38.81	7.97	79.21	16.26
4.5	0.08	0.02	0.22	0.05	0.43	0.09	0.87	0.19	7.84	1.73	21.78	4.81	42.68	9.42	87.11	19.22
5.0	0.09	0.02	0.24	0.06	0.47	0.11	0.95	0.22	8.55	2.01	23.75	5.58	46.55	10.95	95.01	22.34
6.0	0.10	0.03	0.28	0.07	0.54	0.14	1.11	0.29	9.97	2.61	27.70	7.25	54.29	14.21	110.81	28.99
7.0	0.11	0.03	0.32	0.09	0.62	0.18	1.27	0.36	11.39	3.25	31.65	9.04	62.04	17.71	126.61	36.15
7.5	0.12	0.04	0.34	0.10	0.66	0.20	1.35	0.40	12.11	3.59	33.63	9.98	65.91	19.56	134.51	39.91
8.0	0.13	0.04	0.36	0.11	0.70	0.21	1.42	0.44	12.82	3.94	35.60	10.94	69.78	21.45	142.41	43.78
9.0	0.14	0.05	0.40	0.13	0.78	0.25	1.58	0.52	14.24	4.66	39.55	12.96	77.52	25.40	158.21	51.83
10.0	0.16	0.05	0.44	0.15	0.85	0.30	1.74	0.60	15.66	5.43	43.50	15.07	85.26	29.54	174.01	60.28



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงการรั่วไหลเมื่อทราบค่าความดันของอากาศอัด ณ.ที่จุดรั่วไหลและขนาดของรูรั่วไหลต่างๆ

2.7 การปรับลดความดัน

การปรับตั้งความดันที่เหมาะสมกับการใช้งาน มักจะถูกละเลยอย่างมากในการใช้งาน โดยมักตั้งความดันที่สูงเกินความจำเป็น ซึ่งนอกจากเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์แล้วยังส่งผลให้ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ต่ำลงอีกด้วยดังนั้นจึงควรตรวจสอบความดันใช้งานที่ปรับตั้งไว้ที่เครื่องอัดอากาศว่าเหมาะสมกับความต้องการใช้งานหรือไม่ โดยตรวจสอบจากความต้องการความดันสูงสุดของอุปกรณ์และปรับตั้งความดันให้สูงกว่าประมาณ 1 บาร์ หรือ ทดลองปรับลดความดันลดลงทีละน้อย (ประมาณ 0.5 บาร์) และตรวจสอบว่าสามารถใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ได้ตามปกติหรือไม่ จนกระทั่งได้ความดันที่ต่ำสุดที่ยังสามารถใช้งานได้อีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานได้ ในกรณีที่บางอุปกรณ์มีความต้องการความดันต่ำ คือ การติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดความดันที่ท่ออากาศอัด ก่อนเข้าเครื่องจักร/อุปกรณ์ นั้นๆ



รูปที่ 2.8 อุปกรณ์ปรับลดความดัน (Pressure Regulator)

สมการสำหรับประเมินผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการปรับลดความดันขาออก

$$\%\ \text{ผลประหยัด} = 1 - \frac{[\text{ความดันขาออกหลังปรับปรุง}(\text{ความดันสมบูรณ์,บาร์})^{0.283} - 1.013]}{[\text{ความดันขาออกก่อนปรับปรุง}(\text{ความดันสมบูรณ์,บาร์})^{0.283} - 1.013]}$$

ตารางที่ 2.3 การประเมิน % ผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจากการปรับลดความดันอากาศด้านขาออก

หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง									
	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
3.5	2.9%	5.5%	7.8%	9.9%	11.7%	13.4%	15.0%	16.4%	17.8%	19.0%
4.0	0.0%	2.7%	5.0%	7.1%	9.1%	10.8%	12.4%	13.9%	15.3%	16.6%
4.5	-2.7%	0.0%	2.4%	4.6%	6.6%	8.4%	10.0%	11.6%	13.0%	14.3%
5.0	-5.3%	-2.5%	0.0%	2.2%	4.3%	6.1%	7.8%	9.4%	10.8%	12.2%
5.5	-7.7%	-4.8%	-2.3%	0.0%	2.1%	4.0%	5.7%	7.3%	8.8%	10.2%
6.0	-10.0%	-7.0%	-4.5%	-2.1%	0.0%	1.9%	3.7%	5.3%	6.9%	8.3%
6.5	-12.1%	-9.2%	-6.7%	-4.1%	-2.0%	0.0%	1.8%	3.5%	5.0%	6.5%
7.0	-14.2%	-11.2%	-8.7%	-6.0%	-3.8%	-1.8%	0.0%	1.7%	3.3%	4.7%
7.5	-16.2%	-13.1%	-10.5%	-7.9%	-5.7%	-3.6%	-1.7%	0.0%	1.6%	3.1%
8.0	-18.1%	-14.9%	-12.1%	-9.8%	-7.6%	-5.4%	-3.6%	-1.6%	0.0%	1.5%
8.5	-19.9%	-16.7%	-13.7%	-11.4%	-9.3%	-7.2%	-5.3%	-3.4%	-1.5%	0.0%

ตัวอย่างการคำนวณ

เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบขนาด 75 kW มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Load 7 kW การทำงาน 12 ชม./วัน 300 วัน/ปี เปอร์เซ็นต์การทำงาน 80% มีการปรับตั้งความดันที่ 8.5 bar_g แต่อุปกรณ์ที่ใช้ต้องการความดันที่ 6.5 bar_g เมื่อทำการปรับลดความดันจะประหยัดได้เท่าไร ?

การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง = 7.0 x 12 x 300 x 0.8

= 20,160 kWh/ปี

ทำการปรับลดความดันลงจาก 8.5 bar_g เหลือเพียง 6.5 bar_g สามารถประหยัดได้ 6.5 %

ผลประหยัดจากการลดความดัน = 20,160 x 6.50 %

= 1,310.40 kWh/ปี Ans.

2.8 การปรับลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ

เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงอากาศจะมีความหนาแน่นน้อย จึงต้องใช้พลังงานในการดูดอากาศเพื่อให้ได้ปริมาตรตามที่ต้องการมาก ในขณะที่อากาศเย็นความหนาแน่นจะสูง จึงใช้พลังงานในการดูดอากาศน้อยลงนั่นเองความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศขาเข้าและงานกลที่ใช้ในการอัดอากาศซึ่งเป็นกระบวนการ(Adiabatic)เป็นไปตามสมการต่อไปนี้

$$\%\ \text{ผลประหยัด} \quad = 1 - \frac{\text{อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศหลังปรับปรุง} + 273.15]}{\text{อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศก่อนปรับปรุง} + 273.15]}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบขนาด 11 kW มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Load 10.5 kW การทำงาน 12 ชม./วัน 300 วัน/ปี เปอร์เซ็นต์การทำงาน 70% มีอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องเท่ากับ 40 °C ทำการลดอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศด้วยการเติมอากาศจากภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้ลดอุณหภูมิเหลือ 35 °C จะสามารถหาผลประหยัดได้เท่าไร ?

การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง = 10.5 x 12 x 300 x 0.7

= 26,460.00 kWh/ปี

อุณหภูมิอากาศลดลงจาก 40 °C เหลือ 35 °C สามารถประหยัดพลังงานได้ 1.60%

การใช้พลังงานหลังปรับปรุง = 26,460.00 x 1.60 %

= 423.36 kWh/ปี Ans.

ตารางที่ 2.4 การประเมิน % ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการปรับลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่อง

อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ																		
เครื่องปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง																	
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
20	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.6	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0
21	1.3	2.0	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.4	6.7
22	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3
23	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0
24	0.3	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7
25	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4
26	-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1
27		-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.5	4.8
28			-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4
29				-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1
30					-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8
31						-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5
32							-0.3	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2
33								-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9
34									-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5
35										-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2
36											-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6	1.9
37												-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3	1.6
38													-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	1.3
39														-0.3	0.0	0.3	0.6	1.0
40															-0.3	0.0	0.3	0.6
41																-0.3	0.0	0.3
42																	-0.3	0.0

ตารางที่ 2.4 จากหัวข้อ 2.8 การปรับลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ

อุณหภูมิที่นำมาเข้าสูตรคำนวณ ต้องรู้ค่าอุณหภูมิก่อนปรับปรุง แกนตั้ง (แถบสีเหลืองจากตาราง) และอุณหภูมิหลังปรับปรุง แกนนอน (แถบสีเขียวจากตาราง) แล้วนำค่าที่วัดได้มาตัดกัน จะได้ค่า % ประหยัดพลังงาน แล้วนำมาคำนวณ จะได้ผลประหยัดการใช้พลังงานหลังปรับปรุง (kWh/ปี)

2.9 การใช้เครื่องอัดอากาศแบบปรับความเร็วรอบได้ (VSD)

เครื่องอัดอากาศชนิดปรับความเร็วรอบได้ มีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องอัดอากาศทั่วไป สามารถให้ผลประหยัดได้สูงถึง 30 % หรือมากกว่า โดยหลักการทำงานของ VSD ของเครื่องอัดอากาศจะถูกควบคุมโดยความดันในระบบ ถ้าความดันในระบบลดต่ำลงกว่าที่กำหนด เครื่องควบคุมความเร็วรอบจะเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์เครื่องอัดอากาศ ในทางกลับกันความเร็วรอบของเครื่องอัดอากาศจะถูกลดลงเมื่อความดันเพิ่มถึงระดับที่กำหนด

ตัวอย่างการคำนวณ

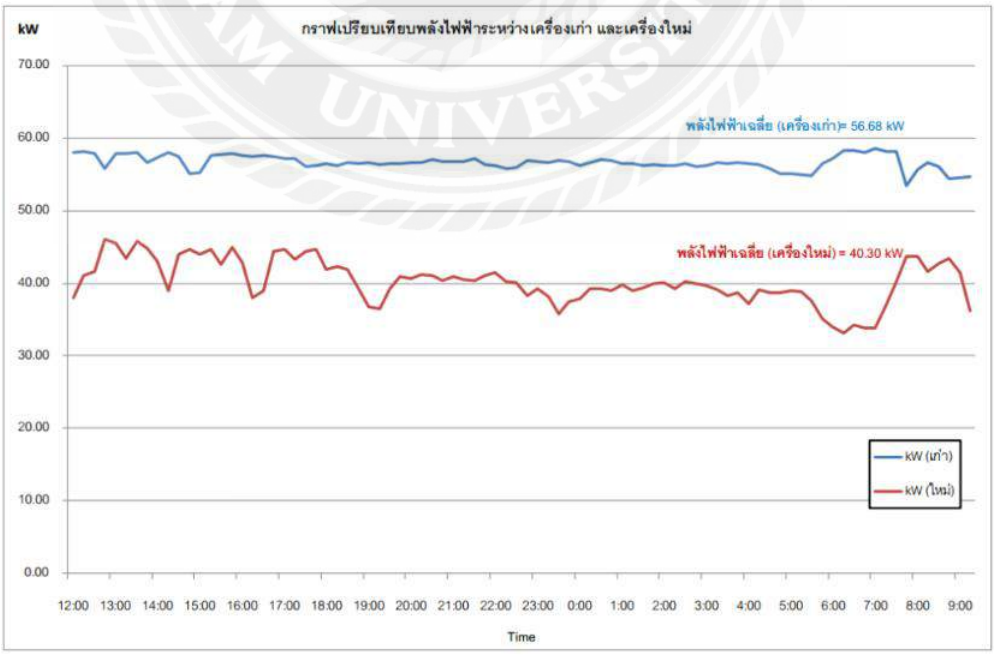
โรงงานแห่งหนึ่งมีการใช้เครื่องอัดอากาศชนิดสกรูขนาด 55 kW ตรวจวัดพลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้ 56.68 kW มีชั่วโมงการใช้ทำงาน 7,200 ชม./ปี เปลี่ยนไปใช้เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบแบบ VSD ขนาด 55 kW ตรวจวัดพลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้ 40.30 kW จงหาผลประหยัดจากการใช้เครื่องอัดอากาศแบบ VSD ?

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = 56.68 x 7,200 = 408,096.00 kWh/ปี

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = 40.30 x 7,200 = 290,160.00 kWh/ปี

ผลประหยัด = 408,096.00 – 290,160.00

= 117,936.00 kWh/ปี Ans.



รูปที่ 2.9 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศแบบเดิมและแบบใหม่ (VSD)

บทที่ 3
รายละเอียดการปฏิบัติการ

รายละเอียดของงานที่ปฏิบัติ จะกล่าวถึง ชื่อ - ที่ตั้ง ของสถานประกอบการ ลักษณะโดยรวมของสถานประกอบการ รูปแบบการบริหารองค์กร ตำแหน่งงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงานโครงการสหกิจ

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

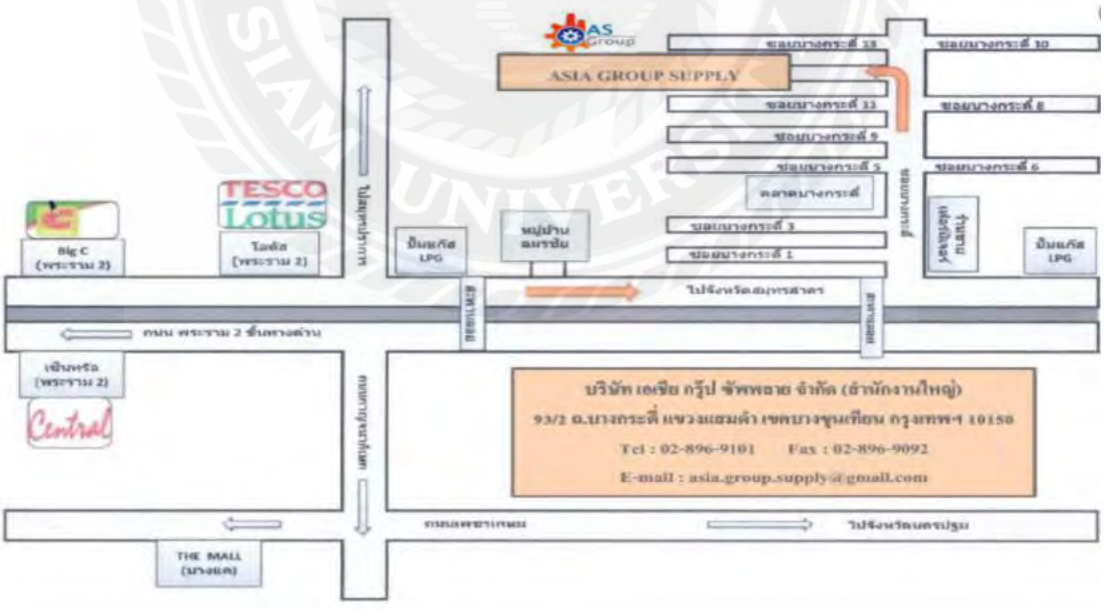
ชื่อ : บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด

สถานที่ตั้ง : 93/2 ถนนบางกระดี่ แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10150

โทรศัพท์ : 02 – 896 – 9101

Website : http://www.dksupplyandservice.com

E-mail : contact@dksupplyandservice.com

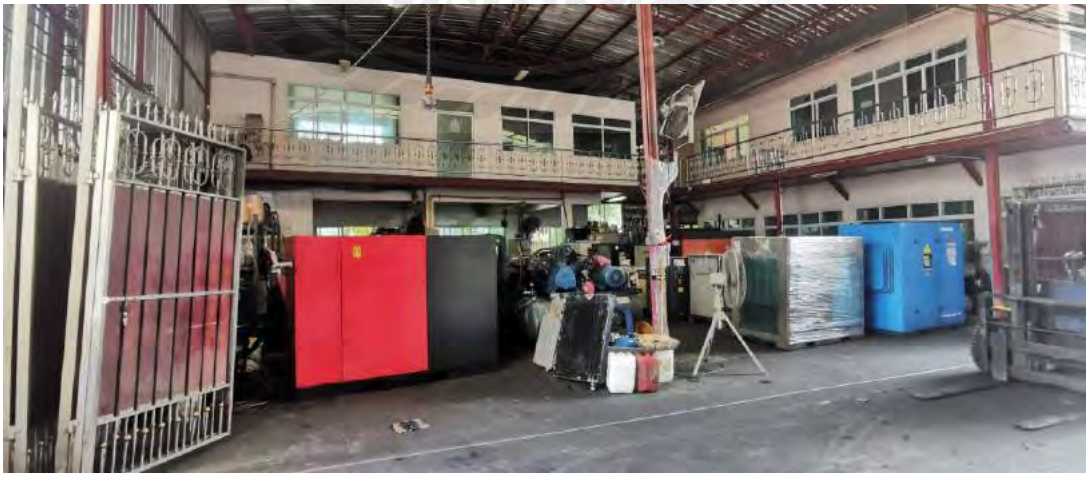


รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้ง บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด

3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน

รูปที่ 3.2 บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด

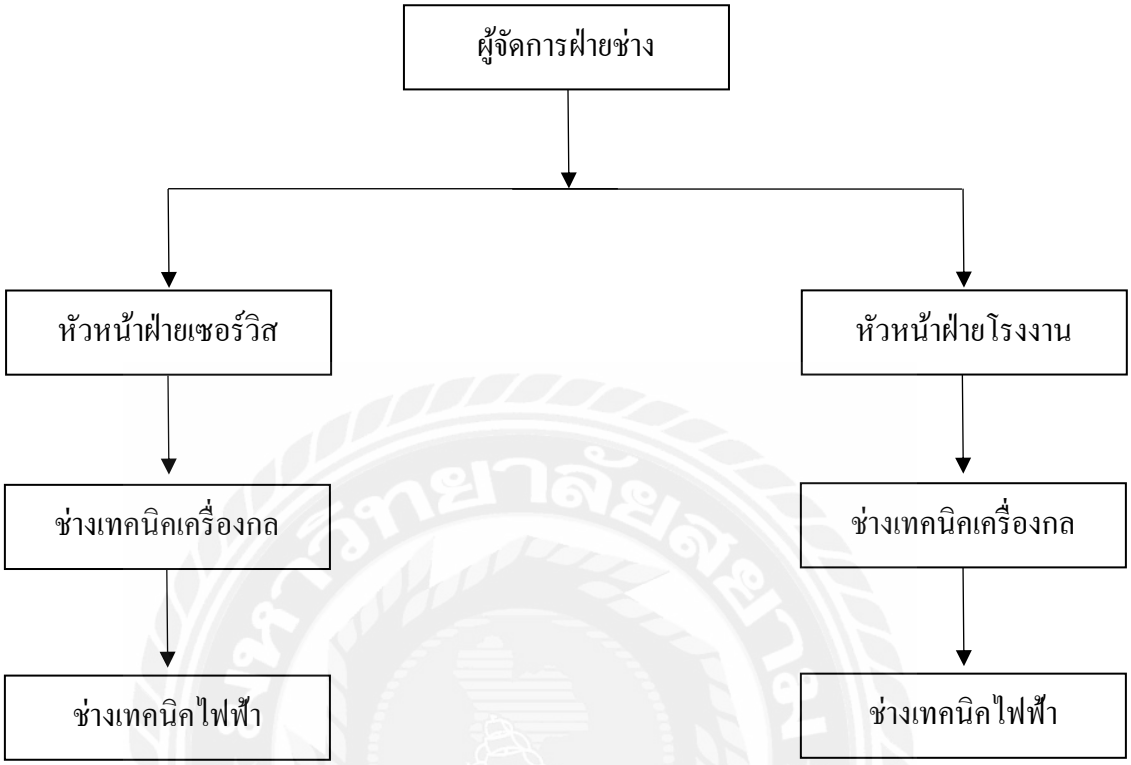
บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด ก่อตั้งปี พ.ศ.2551 ได้มุ่งมั่นสร้างสรรค์ และพัฒนาศักยภาพด้านงานบริการ ด้วยทีมงานที่มีประสบการณ์กว่า 10 ปี ในด้านงานซ่อม (Over Haul) ติดตั้ง และบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ ด้วยเล็งเห็นความสำคัญ และตระหนักดีว่าเครื่องอัดอากาศมีความสำคัญ และมีความจำเป็นในระบบการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อให้ลูกค้าได้รับประโยชน์สูงสุด บริษัทได้คัดสรรอะไหล่คุณภาพระดับ OEM (Original Equipment Material) ซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากล จากหลากหลายประเทศ เช่น เยอรมัน อิตาลีและสหรัฐอเมริกา เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ และมั่นใจในการใช้สินค้าและการบริการจากเรา



รูปที่ 3.21 โรงซ่อม บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด

3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร

บริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งงานในบริษัท เอเชีย กรุ๊ป ซัพพลาย จำกัด

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งงานที่นักศึกษารับผิดชอบ : นักศึกษาฝึกงานแผนกซ่อมบำรุงเครื่องจักร

ลักษณะงานที่นักศึกษารับผิดชอบ : หาประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ
ร่วมกับพนักงานที่ปรึกษา

3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา : คุณ พิทยา แก้ววิเศษ

ตำแหน่ง : ผู้จัดการฝ่ายช่าง

แผนก : ซ่อมบำรุงเครื่องจักร

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

เริ่มปฏิบัติงาน : วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2565

สิ้นสุดการปฏิบัติงาน : วันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2565

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.7.1. ปรึกษาพนักงานพี่เลี้ยง

สอบถามถึงหัวข้อโครงงานในหัวเรื่องต่างๆที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางวิศวกรรม

3.7.2. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและรายละเอียดต่างๆของระบบเครื่องอัดอากาศ

3.7.3. ตั้งหัวข้อโครงงาน

หาหัวข้อโครงงานโดยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาถึงความเป็นไปได้ในโครงงาน รวมถึงขอคำชี้แนะในการเจอปัญหาในการทำโครงงาน

3.7.4. ทดสอบเครื่องอัดอากาศ

ทดสอบเครื่องอัดอากาศที่แรงดัน 0-8.5 bar_gและจับเวลาในระหว่างเครื่องทำงาน On Load จนสิ้นสุด Off Load แล้วบันทึกค่า ขณะเดียวกันใช้เครื่องวัด Flow Switch ด้วยซึ่งจะเปรียบเทียบกับการคำนวณหาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

3.7.5. คำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

คำนวณหาอัตราการผลิตอากาศอัด (Q_{sT}) และค่าสมรรถนะ (SPC_s) โดยการคำนวณ

3.7.6. รวบรวมข้อมูลและสรุปผล

รวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องเพื่อสรุปผลและจัดทำรายงาน

3.8 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 3.1 ผังเวลาการทำงาน

ลำดับ	หัวข้องาน	2565				
		ม.ค.	ก.พ	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1	ปฏิบัติงานสหกิจภาคปฏิบัติ	←	—	—	—	→
2	ค้นหาข้อมูล	←	—	→		
3	เรียบเรียงและตรวจสอบ			←	—	→
4	จัดทำเอกสารประกอบ			←	—	→

3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

รายละเอียดของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทำโครงการ โดยใช้เครื่องฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์เช่น

ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1. คอมพิวเตอร์หรือโน๊ตบุ๊ค
2. เครื่องปริ้นท์
3. โทรศัพท์สำหรับถ่ายรูป
4. เครื่องถ่ายเอกสาร

ซอฟต์แวร์ (Software)

1. โปรแกรม Microsoft Word
2. โปรแกรม Microsoft PowerPoint
3. โปรแกรม Microsoft Excel

เครื่องมือ

1. ดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์
2. เครื่องวัดอุณหภูมิ
3. เครื่องวัดอัตราการไหล
4. ชุดเครื่องมือช่าง
5. เครื่องอัดอากาศ
6. ถังอัดอากาศ
7. ท่อกัลวาไนซ์ Class M

3.9.1 ขั้นตอนการวัด

1. ติดตั้งท่อกัลวาไนซ์ขนาด $1\frac{1}{2}$ และเครื่องวัดอัตราการไหล Flow Switch ต่อจากเครื่องอัดอากาศไปยังถังเก็บอากาศ (การอ่านค่า Flow Switch ต้องอ่านค่าขณะแรงดันสูงสุดก่อนตัด Unload 1 bar_g เช่น ตัด Unload ที่ 8.5 bar_gควรอ่านค่าที่ระหว่าง $7.5 - 8.5$ bar_g)

2. นำดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ คล้องไว้กับสายไฟที่ต่อเข้ากับเครื่องอัดอากาศ

3. ปล่อยลมออกจากถังเก็บอากาศให้หมด ($P = 0$ bar_g)

4. ปิดวาล์ว 1 ที่จ่ายลมให้กับ Process

5. เปิดเครื่องอัดอากาศ

6. จับเวลาโดยดูที่ Pressure Gauge 1 ตั้งแต่ 0 bar_g จนถึง Working Pressure หรือจนกว่าเครื่องจะ Unload (Off Load)

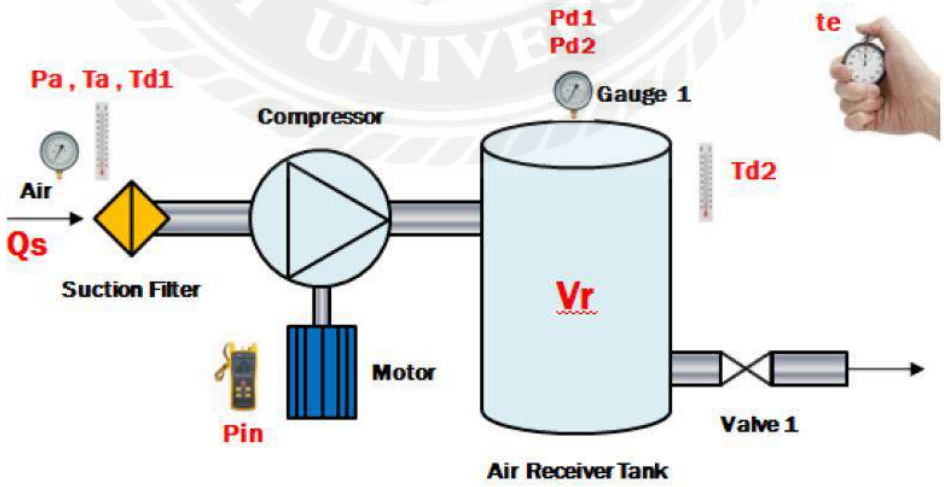
7. วัดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศและอุณหภูมิเข้าถังเก็บอากาศ

8. ดำเนินการซ้ำจากขั้นตอนที่ $3 - 7$ อย่างน้อย 3 รอบ

9. ค่าที่ได้จากการวัด นำมาคำนวณหาอัตราการผลิตอากาศอัด (Q_{sT}) และหาค่าสมรรถนะพลังงาน (SPC_s)หลังจากหาอัตราการผลิตอากาศอัดแล้ว และสุดท้ายหาประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องอัดอากาศ

สมการอัตราการผลิตอากาศอัด

$$Q_{sT} = \frac{V_r}{t_e} \times \frac{T_a}{P_a} \times \left(\frac{P_{d2}}{T_{d2}} - \frac{P_{d1}}{T_{d1}}\right) \qquad (2.5)$$



รูปที่ 3.4 แสดงการวัดอัตราการไหลโดยการจับเวลาในการอัดลมเข้า

โดยที่

Q_s = ปริมาณอากาศอัด (FAD) ที่ Standard Condition (l/s)

V_r = ปริมาตรของ Receiver Tank (l)

t_e = เวลาที่ใช้ในการอัดอากาศเข้า Receiver Tank จาก $0\ bar_g$ ถึง Pressure สุดท้าย (s)
เวลาที่ใช้การอัดอากาศเข้าถังเก็บอากาศอัด ใช้หน่วยเป็นวินาที

T_a = อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศที่ Standard Condition (K)
อ้างอิงตามค่ามาตรฐานอากาศ จากเนมเพลทเครื่องอัดอากาศ
(หัวข้อ 2.2.2 ค่ามาตรฐานอากาศ) แปลงจากหน่วยองศาเซลเซียส
เป็นหน่วยเคลวิน

T_{d1} = อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศที่สภาวะ Pressure เริ่มต้น (K)
วัดที่ถังเก็บอากาศอัด ก่อนเครื่องอัดอากาศ เริ่มอัดอากาศ
แปลงจากหน่วยองศาเซลเซียส เป็นหน่วยเคลวิน

T_{d2} = อุณหภูมิอากาศอัดเข้า Receiver Tank ที่สภาวะ Pressure สุดท้าย (K)
วัดที่ถังเก็บอากาศอัด หลังเครื่องอัดอากาศ อัดอากาศเสร็จแล้ว
แปลงจากหน่วยองศาเซลเซียส เป็นหน่วยเคลวิน

P_a = ความดันบรรยากาศที่ Standard Condition (bar_a)
อ้างอิงตามค่ามาตรฐานอากาศ จากเนมเพลทเครื่องอัดอากาศ
(หัวข้อ 2.2.2 ค่ามาตรฐานอากาศ)

P_{d1} = ความดันเริ่มต้นที่เข้า Receiver Tank (bar_a)
ใส่ค่า 1.013 ค่าความดันสภาวะบรรยากาศปกติ

P_{d2} = ความดันสุดท้ายใน Receiver Tank (bar_a)
เช่น เครื่องตัดระบบการทำงานที่ 8.5 bar_g ต้องลบออก 1 bar_g จะได้
7.5 bar_g แล้วบวก 1.013 bar_g ค่าความดันสภาวะบรรยากาศปกติ จะได้ค่าเป็น
8.513 bar_a

สมการค่าสมรรถนะพลังงาน (SPC_s) $$SPC_s = \frac{P_{in}}{Qs} \qquad (2.1)$$

ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องอัดอากาศ = $\frac{\text{ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศที่ได้จากการวัด } (m^3/min)}{\text{ค่ามาตรฐานประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ FAD } (m^3/min)} x100$

รูปที่ 3.5 การวัด T_{d1} และ T_{d2}

หมายเหตุ สำหรับถังนอน วัดจุดกึ่งกลางถัง ด้านบน และสำหรับถังตั้ง วัดจุดกึ่งกลางถัง

บทที่ 4
ผลการปฏิบัติงานตามโครงงาน

4.0 การปฏิบัติงานวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

1. หาอัตราการผลิตอากาศอัด (Q_s)
2. หาค่าสมรรถนะพลังงาน (SPC_s)

หลังจากได้ซ่อมเครื่องอัดอากาศ จึงทำการหาประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ ก่อนส่งมอบให้ลูกค้า ณ บริษัท สระบุรีรัชต์ จำกัด (เครื่องเช่า)

4.1 การปฏิบัติดำเนินการวัดค่าทดสอบ

เครื่องอัดอากาศ BERLIN รุ่น BL-30 ชนิดสกรู

มีอัตราการผลิตอากาศอัดที่ FAD เท่ากับ 57 l/s หรือ 3.4 m^3/min @ 8.5 bar_g

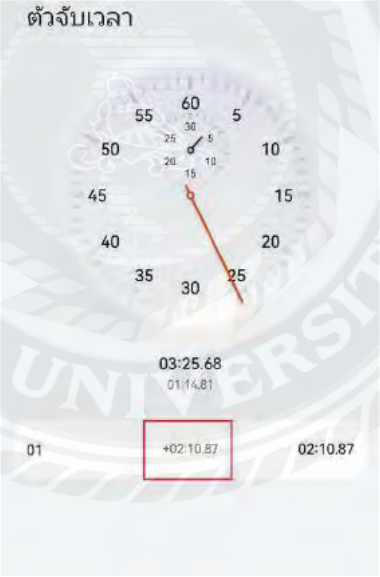
เครื่องอัดอากาศ มาตรฐาน ISO 1217 : 2009 (Annex c) 100 kPa (a) / 20 °C / 0%RH

ทำการทดสอบประสิทธิภาพด้วยวิธี Air Tank Charging ขนาดถังเก็บอากาศอัด ขนาด 1,000 ลิตร

รูปที่ 4.1 เครื่องอัดอากาศ

การวัดค่าครั้งที่ 1

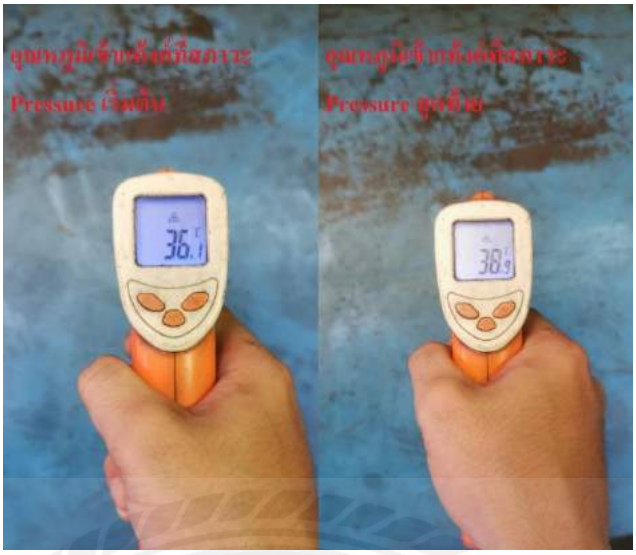
รูปที่ 4.11 การวัดค่าครั้งที่ 1 อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure เริ่มต้น และ อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure สุดท้าย



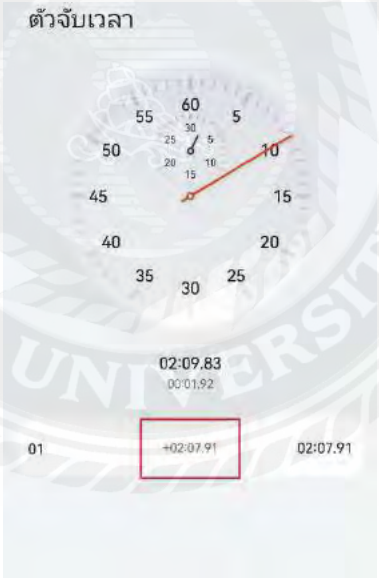
รูปที่ 4.12 การวัดค่าครั้งที่ 1 จับเวลา

ครั้งที่	T_a(°C)	T_{d1} (°C)	T_{d2} (°C)	t_e (sec)	Pin (kW)
1	20	34.2	36.6	130.87	
2					
3					
ค่าเฉลี่ย					

การวัดค่าครั้งที่ 2



รูปที่ 4.13 การวัดค่าครั้งที่ 2 อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure เริ่มต้น และ อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure สุดท้าย

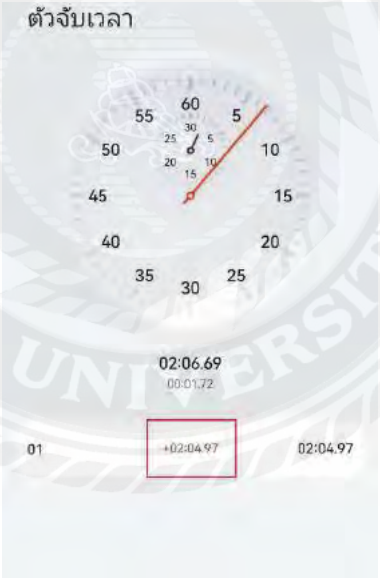


รูปที่ 4.14 การวัดค่าครั้งที่ 2 จับเวลา

ครั้งที่	T_a(°C)	T_{d1} (°C)	T_{d2} (°C)	t_e (sec)	Pin (kW)
1	20	34.2	36.6	130.87	
2		36.1	38.9	127.91	
3					
ค่าเฉลี่ย					

การวัดค่าครั้งที่ 3

รูปที่ 4.15 การวัดค่าครั้งที่ 3 อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure เริ่มต้น และ อุณหภูมิเข้าแท้งค์ Pressure สุดท้าย



รูปที่ 4.16 การวัดค่าครั้งที่ 3 จับเวลา

ครั้งที่	T_a(°C)	T_{d1} (°C)	T_{d2} (°C)	t_e (sec)	Pin (kW)
1	20	34.2	36.6	130.87	
2		36.1	38.9	127.91	
3		38.5	40.7	124.97	
ค่าเฉลี่ย		36.27	38.73	129.13	

รูปที่ 4.17 วัดค่าการกินกระแส ขณะโหลดของเครื่องอัดอากาศ

ค่าที่วัดได้คือ 40 41 และ 42 A = ค่าเฉลี่ย 41 A

การแปลงกระแส A เป็น kW

$$P(kW) = \frac{\sqrt{3} \times PF_{(0.8)} \times I_{(A)} \times V_{L-L\,(V)}}{1000}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 0.8 \times 41 \times 380}{1000}$$

$$= 21.58\ kW$$

ครั้งที่	T_a(°C)	T_{d1} (°C)	T_{d2} (°C)	t_e (sec)	Pin (kW)
1	20	34.2	36.6	130.87	21.58
2		36.1	38.9	127.91	
3		38.5	40.7	124.97	
ค่าเฉลี่ย		36.27	38.73	129.13	

รูปที่ 4.18 วัดอัตราการไหลโดยใช้เครื่องมือวัด

อัตราการไหลที่วัดได้จากเครื่องมือวัด Flow Switch เครื่องอัดอากาศ อัตราการผลิตอากาศอัดอยู่ระหว่าง $3{,}220 - 3{,}340$ l/min หรือ $3.2 - 3.3$ m^3/min

มหาวิทยาลัยสยาม SIAM UNIVERSITY

4.2 ผลจากการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึก-คำนวณอัตราการผลิตอากาศอัดและสมรรถนะพลังงาน

หมายเลขเครื่อง	Comp No.1	Comp No.2	แหล่งที่มา
Performance Test			
V_r ขนาดถังที่ใช้ทดสอบ (l)	1,000		อ่านจาก Nameplate
P_a ความดัน Standard (bar)	1.000		อ้างอิง Standard
P_{d1} ความดันเริ่มต้นใน Air Tank (bar_a)	1.013	= 0 bar_g + 1.013	อ่านจาก Pressure Gauge
P_{d2} ความดันสุดท้ายใน Air Tank (bar_a)	8.513	= 7.5 bar_g + 1.013	อ่านจาก Pressure Gauge
T_a อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องที่ Standard Condition (K)	293.15	= 20 °C + 273.15	อ้างอิง Standard
T_{d1} อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องที่สภาวะเริ่มทดสอบ (K)	309.42	= 36.27 °C + 273.15	เท่ากับ °C + 273.15
T_{d2} อุณหภูมิอากาศอัดเข้า Air Tank (K)	311.88	= 38.73 °C + 273.15	เท่ากับ °C + 273.15
t_e เวลาในการอัด เฉลี่ย (sec)	129.13		คำนวณเวลาเฉลี่ย
t_{e1} เวลาในการอัด ครั้งที่ 1 (sec)	130.87		นาฬิกาจับเวลา
t_{e2} เวลาในการอัด ครั้งที่ 2 (sec)	127.91		นาฬิกาจับเวลา
t_{e3} เวลาในการอัด ครั้งที่ 3 (sec)	124.97		นาฬิกาจับเวลา
P_{in} กำลังไฟฟ้าขณะอัดอากาศ (kW)	21.58		ใช้เครื่องมือ Power Meter
Q_s ปริมาณอากาศอัดที่ Standard Condition (m^3/min)	3.3		คำนวณ
SPC_s ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (kWh/m^3)	0.113		คำนวณ

จากผลการตรวจวัดในตารางค่า (Q_{sT}) ปริมาณอากาศอัด (FAD) ที่ Standard Condition สามารถคำนวณได้ดังนี้

สมการ $$Q_{sT} = \frac{V_r}{t_e} \text{ X } \frac{T_a}{P_a} \text{ X } \left(\frac{P_{d2}}{T_{d2}} - \frac{P_{d1}}{T_{d1}}\right) \quad (2.5)$$

อัตราการผลิตอากาศอัด (Q_{sT}) $$= \frac{1{,}000}{127.91} \text{ X } \frac{293.15}{1} \text{ X } \left(\frac{8.513}{311.88} - \frac{1.013}{309.42}\right)$$

$= 55.05$ l/s

$= 3.3$ m^3/min Ans.

สมรรถนะพลังงาน (SPC_s) $$= \frac{P_{in}}{Q_s} \quad (2.1)$$

$$= \frac{22.58 \text{ kW}}{55.05 \text{ l/s}}$$

$= 0.41$ kW/(l/s)

(0.410x1000/60) $= 6.83$ kW/(m^3/min)

(6.83/60) $= 0.113$ kWh/m^3 Ans.

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

ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องอัดอากาศ = $\frac{\text{ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศที่ได้จากการวัด } (m^3/\text{min})}{\text{ค่ามาตรฐานประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ FAD } (m^3/\text{min})} \text{x100}$

ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องอัดอากาศควรมีค่ามากกว่า 80 %

$$= \frac{3.3}{3.4} \text{x100}$$

$= 97$ % Ans.

สรุปผลจากการวัด

1. อัตราการผลิตอากาศ (Q_{sT}) เท่ากับ 3.3 m^3/min และอัตราการผลิตอากาศจากเครื่องวัด Flow Switch เท่ากับ $3.2 - 3.3\ m^3/min$

2. ค่าสมรรถนะพลังงาน(SPS_s) เท่ากับ 0.113 kWh/m^3 อยู่ในเกณฑ์ระหว่าง Best-Average ที่ $0.101 - 0.122\ kWh/m^3$ มาตรฐาน UK Database ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องอัดอากาศ เท่ากับ 97%

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน

ระบบอัดอากาศเป็นงานที่ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ใช้กันเยอะ อาทิเช่น โรงผลิตสิ่งพิมพ์ โรงผลิตสายไฟ โรงผลิตถังแก๊ส และโรงผลิตหินอ่อน เป็นต้น แต่ในการตรวจสอบวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพพลังงานในระบบอัดอากาศกลับไม่ค่อยได้พิจารณา ทำให้ข้าพเจ้าสนใจและนำมาพิจารณาในรายงานนี้ โดยพิจารณา 1.อัตราการผลิตอากาศ (Q_{sT}) เท่ากับ $3.3\ m^3/min$ และอัตราการผลิตอากาศจากเครื่องวัด Flow Switch เท่ากับ $3.2 - 3.3\ m^3/min$ 2.ค่าสมรรถนะพลังงาน (SPS_s) เท่ากับ $0.113\ kWh/m^3$ อยู่ในเกณฑ์ระหว่าง Best-Average ที่ $0.101 - 0.122\ kWh/m^3$ มาตราฐาน UK Database ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องอัดอากาศเท่ากับ 97%

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ สามารถทดสอบ Working Pressure ที่ใช้งานจริงได้ และอ้างอิงสเปคเครื่องอัดอากาศจากเนมเพลทหรือข้อมูลตามแคตตาล็อกเครื่องอัดอากาศรุ่นนั้นๆ สำหรับผู้ที่สนใจสามารถศึกษา และต่อยอดในงานเครื่องอัดอากาศได้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (ม.ป.ป.). *คู่มือฝึกอบรม การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน*. เข้าถึงได้จาก http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/M_T_Building/assen_latency_Handbook.pdf

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). *ตำราฝึกอบรมหลักสูตรการตรวจวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงาน ในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจ*. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคบางปะกง. (2555). *เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ Air Compressor*. เข้าถึงได้จาก http://file.siam2web.com/bangprakong/files%5bdocument%5d/train2409/2012924_38606.pdf

เกรียงไกร นาคทอง, สวัสดิ์ ภาระราช. (2561). *การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอัดอากาศ ของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และยานยนต์*. ปทุมธานี: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

บริษัท เอนเนอร์ยี่ ควอลิตี้ เซอร์วิส จำกัด. (2558). *การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ*. เข้าถึงได้จาก https://ienergyguru.com/2015/11/energyconservation-air-compressor/

อุทัย วงศ์เขื่อนแก้ว. (2561). *การอนุรักษ์พลังงานสำหรับระบบอากาศอัด*. เข้าถึงได้จาก https://ienergyguru.com/2015/11/energyconservation-air-compressor/

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด

หมายเหตุ การตรวจวัดจะต้องทำงานร่วมกันทั้งหมด

รูปที่ ก.1 ดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์

รูปที่ ก.2 เครื่องวัดอุณหภูมิ

รูปที่ ก.3 เครื่องวัดอัตราการไหล

ภาคผนวก ข.

เครื่องอัดอากาศ BERLIN รุ่น BL-30 ชนิดสกรู

รูปที่ ข.1 ภาพด้านหน้าเครื่องอัดอากาศ

รูปที่ ข.2 ภาพด้านหลังเครื่องอัดอากาศ

รูปที่ ข.3 เนมเพลทเครื่องอัดอากาศ

รูปที่ ข.4 ถังเก็บอากาศอัด

ภาคผนวก ค.

ภาพประกอบการประกอบงาน

รูปที่ ค.1 นักศึกษาและพนักงานที่ปรึกษาพุดคุยกับอาจารย์ผ่านโปรแกรม Zoom

รูปที่ ค.2 นักศึกษาและพนักงานร่วมถ่ายภาพภายในด้านหน้าสำนักงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา

รูปที่ ค.3 นักศึกษาและพนักงานร่วมถ่ายภาพภายในโรงซ่อมเครื่องอัดอากาศกับอาจารย์ที่ปรึกษา

รูปที่ ค.4 นักศึกษาขณะปฏิบัติงาน

รูปที่ ค.5 นักศึกษาขณะปฏิบัติงาน

รูปที่ ค.6 นักศึกษาขณะปฏิบัติงาน

ประวัติผู้จัดทำ

รหัสนักศึกษา 6223100012

ชื่อ นาย บุนยธร ตรีสิริชัยวัฒน์

อีเมล์ Boonyathorn@windowslive.com

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ที่อยู่ 909/429 ม.10 ต.ในคลองบางปลากด อ.พระสมุทรเจดีย์ จ.สมุทรปราการ 10290

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนวัดท่าข้าม

มัธยมศึกษา โรงเรียนบางมดวิทยา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม (ช่างกลสยาม)

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม (สยามเทค)

ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสยาม