



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การลดความสูญเสียของอากาศรั่วไหลในระบบอัดอากาศ

Reduction of Loss Caused by Air Leakage in Compressed Air Systems

นางสาวมณรรณ ธนาเลิศสมบูรณ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การลดความสูญเสียของอากาศรั่วไหลในระบบอัดอากาศ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวนวรรณ ธนาเลิศสมบูรณ์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ดร.วิวัฒน์ เกยูรวงศ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายรัตนชาติ เพ็ชรรัตน์

สถานประกอบการ บริษัท ไดว่า เทโกะ (ไทยแลนด์) จำกัด

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดความสูญเสียจากการรั่วไหลของอากาศอัดในระบบอัดอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงการจัดการพลังงานของระบบเครื่องอัดอากาศได้ตามความเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน ลดการใช้พลังงานสูญเสียเปล่า ลดต้นทุนค่าไฟฟ้าและการซ่อมบำรุง นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดอากาศอีกด้วย โดยแก้ไขจุดลมรั่วบริเวณต่างๆ อาทิเช่น ข้อต่อท่อลม สายท่อลม หรืออุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพ เป็นต้น ด้วยวิธีการแก้ปัญหาในการลงทุนน้อยที่สุดและลดต้นทุนได้ในระยะยาว ซึ่งทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณอากาศที่ผลิตเท่าเดิม ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศเพิ่มขึ้น

จากผลการดำเนินการพบว่า การแก้ไขจุดลมรั่วไปได้ 57 จุดจะประหยัดพลังงานได้ถึง 9.29 กิโลวัตต์ คิดเป็นค่าใช้จ่ายการใช้พลังงาน 311,999 บาทต่อปี แล้วลดปริมาณลมรั่วไหลถึง 1,051,294 ลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 0.48 เดือน

คำสำคัญ : ลมรั่ว ระบบอัดอากาศ เครื่องอัดอากาศ ประสิทธิภาพ

Cooperative Title: Reduction of Loss Caused by Air Leakage in Compressed Air Systems

Student intern name: Miss Manawan Thanalerdsomboon

Faculty: Engineering Department: Electrical Engineering

Advisor name: Dr.Wiwat Keyoonwong

Mentor name: Mr. Ratanachat Petcharat

Company: Daiwa Seiko (Thailand) Co.,LTD

ABSTRACT

The objective of this research is to reduce the loss caused by air leakage in the compressed air systems of industrial factories through finding ways to improve the energy management of the air compressor systems as appropriate to the current situation, reducing waste of energy usage and costs of electricity and maintenance, and by increasing the efficiency of the air compressor by fixing the leak point in various areas such as air pipe joints, air ducts or deteriorated equipment, etc. Through the solution with the least burden on investment and long term cost-savings, the amount of electricity usage is reduced in comparison to the same amount of air produced before, which result in increased efficiency of the air compressor.

As the result of this research, it is found that fixing 57 air leak points saves 9.29 kilowatts of energy, representing an energy cost of 311,999 THB per year and reducing the amount of air volume 1,051,294 cubic meters per year, with a payback period of 0.48 months.

Keywords : Air leak, Compressed Air systems, Air compressor, Efficiency

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทไต่อว่า เซโกะ (ไทยแลนด์) จำกัด ที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้เข้าไปปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษาในปี พ.ศ. 2562 ทำให้ได้รับความรู้ คำแนะนำและประสบการณ์ในการทำงานที่ดี ขอขอบพระคุณ ดร.วิวัฒน์ เกตุวงศา อาจารย์ที่ปรึกษาคุณรัตนชาติ เพ็ชรรัตน์ ผู้นิเทศงานและทีมงานบริษัทไต่อว่า เซโกะ (ไทยแลนด์) จำกัดทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษา ดูแลตลอดช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษา มา ณ ที่นี้



สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 องค์ประกอบอากาศอัด	4
2.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องอัดอากาศ	8
2.3 ประเภทของเครื่องอัดอากาศ	10
2.4 หลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบ Oil Flooded / Oil Lubrication	14
2.5 ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอัดอากาศ และค่าเกณฑ์ที่	17
แนะนำของปัจจัยต่างๆ	
2.6 การหาอัตราการรั่วไหลของอากาศอัด	21
2.7 การหาคำนวณประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (รั่ว)	26
2.8 การหาพลังงานในการอัดอากาศ	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	28
3.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ	28

	หน้า
3.2 กระบวนการผลิตตัวรอก	31
3.3 กระบวนการผลิตคั่นเบ็ด	33
3.4 ข้อมูลเบื้องต้นในระบบอัดอากาศ	36
3.5 ข้อมูลการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ	42
3.6 การวิเคราะห์ ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (รั่ว)	44
3.7 การวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	46
3.8 การสำรวจลมรั่วในระบบอัดอากาศ	47
บทที่ 4 ผลการวิจัย	48
4.1 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	48
4.2 ผลการคำนวณหาปริมาณลมรั่วและความสูญเสีย	49
4.3 สรุปชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดอากาศก่อนและหลังปรับปรุง	52
4.4 ผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง	53
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	55
5.1 สรุปผลการวิจัย	55
5.2 สรุปการประเมินประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ และประสิทธิภาพการส่งพลังงาน	
ในระบบท่อส่ง	55
5.3 สรุปผลการแก้ไขจุดลมรั่ว	55
5.4 สรุปการเปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง	56
5.5 ข้อเสนอแนะสำหรับโครงการในอนาคต	56

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	60
ภาคผนวก	61
ภาคผนวก ก. ตารางเปรียบเทียบเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ	62
ภาคผนวก ข. ผลการตรวจวัดเครื่องอัดอากาศ	64
ภาคผนวก ค. ข้อมูลจุดลมรั่วและการแก้ไข	75
ประวัติผู้เขียนงานวิจัย	83



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
ตารางที่ 2.6.1 ตารางคำนวณค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรั่วรั่วตรง	24
ตารางที่ 2.6.2 ตารางคำนวณค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรั่วรั่วซึม	24
ตารางที่ 3.4.1 ตารางแสดงข้อมูล Air Compressor Specification	36
ตารางที่ 3.4.2 ตารางแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี 2561	39
ตารางที่ 3.4.3 ตารางแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในระบบอัดอากาศปี 2561	40
ตารางที่ 3.4.4 ตารางแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าตู้ MDB ในวันที่ 24/8/2019 ถึง 1/9/2019	41
ตารางที่ 3.5.1 ตารางแสดงการวัดกำลังไฟฟ้าที่ทดสอบ	42
ตารางที่ 3.5.2 ตารางแสดงการจับเวลาที่ทดสอบ	42
ตารางที่ 3.5.3 ตารางแสดงสูตรการคำนวณ	43
ตารางที่ 3.6.1 ตารางแสดงการคำนวณประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (รั่ว)	46
ตารางที่ 4.1.1 ตารางแสดงประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	48
ตารางที่ 4.2.1 ตารางสรุปปริมาณลมรั่วและความสูญเสีย	50
ตารางที่ 4.3.1 ตารางสรุปชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดอากาศ	52
ตารางที่ 4.4.1 ตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง	53
ตารางที่ ก.1 ตารางเปรียบเทียบเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ	63
ตารางที่ ข.1 ตารางข้อมูลเครื่องอัดอากาศ	64
ตารางที่ ข.2 ตารางผลการตรวจวัดเครื่องอัดอากาศ	64



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1.1 ส่วนนลม และ ปืนเป่าลม	4
รูปที่ 2.1.2 กระบอกสูบ	4
รูปที่ 2.1.3 Pneumatic Control	5
รูปที่ 2.1.4 องค์ประกอบต่างๆ ของระบบอากาศอัด	5
รูปที่ 2.1.5 เครื่องข่ายสำหรับการใช้เครื่องมือลม	6
รูปที่ 2.1.6 ลำดับการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องอากาศอัด	7
รูปที่ 2.3.1 แผนผังแสดงเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ	10
รูปที่ 2.3.2 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ	11
รูปที่ 2.3.3 เครื่องอัดอากาศแบบสกรู	12
รูปที่ 2.3.4 เครื่องอัดอากาศแบบเวน	13
รูปที่ 2.3.5 เครื่องอัดอากาศแบบหมุนเหวี่ยง	13
รูปที่ 2.4.2 แสดงตัวอย่างแผนผังการทำงานเครื่องอัดอากาศชนิดสกรูแบบ Oil Flooded	15
รูปที่ 2.6.1 กราฟแสดงการรั่วไหลเมื่อทราบค่าความดันของอากาศอัด	25
รูปที่ 3.1.1 สัดส่วนการใช้พลังงานในการผลิตตัวรอกและคันเบ็ด ปี 2561	28
รูปที่ 3.1.2 สัดส่วนค่าใช้จ่ายในการผลิตตัวรอกและคันเบ็ด ปี 2561	29
รูปที่ 3.1.3 สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบ ปี 2561	29
รูปที่ 3.1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	30
รูปที่ 3.2.1 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตตัวรอก	31

รูปที่ 3.2.2 แผนผังแสดงการใช้พลังงานของแต่ละกระบวนการผลิตตัวรอก	32
รูปที่ 3.2.3 แผนผังแสดงการใช้ลมจากเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ในแต่ละกระบวนการผลิตตัวรอก	33
รูปที่ 3.3.1 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตคันเบ็ด	33
รูปที่ 3.3.2 แผนผังแสดงการใช้พลังงานของแต่ละกระบวนการผลิตคันเบ็ด	34
รูปที่ 3.3.3 แผนผังแสดงการใช้ลมจากเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ในแต่ละกระบวนการผลิตคันเบ็ด	35
รูปที่ 3.4.1 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่องที่ 1 Z555AS4 55 kW	37
รูปที่ 3.4.2 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่องที่ 2 ZV37AX 37 kW	37
รูปที่ 3.4.3 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่องที่ 3 ZV55AS3-R 55 kW	38
รูปที่ 3.4.4 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่องที่ 4 Z375AX 37 kW	38
รูปที่ 3.4.5 แสดงการวัดค่าไฟฟ้าตู้ MDB	41
รูปที่ 3.5.1 แสดงการทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	41
รูปที่ 4.1.1 กราฟแสดงประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	49
รูปที่ 4.2.1 กราฟแสดงสาเหตุของจุดลมรั่วที่เกิดขึ้นแต่ละฝ่าย	51
รูปที่ 4.3.1 กราฟแสดงชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดอากาศ	52
รูปที่ 4.4.1 กราฟแสดงการใช้พลังงานในระบบอัดอากาศเทียบกับข้อมูลการผลิต	54
รูปที่ ข.1 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ 4 เครื่อง	65
รูปที่ ข.2 กราฟแสดงการใช้ปริมาณลมของเครื่องอัดอากาศ 4 เครื่อง	66

	หน้า
รูปที่ ข.3 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 1	67
รูปที่ ข.4 กราฟแสดงการใช้ปริมาณลมของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 1	68
รูปที่ ข.5 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 2	69
รูปที่ ข.6 กราฟแสดงการใช้ปริมาณลมของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 2	70
รูปที่ ข.7 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 3	71
รูปที่ ข.8 กราฟแสดงการใช้ปริมาณลมของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 3	72
รูปที่ ข.9 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 4	73
รูปที่ ข.10 กราฟแสดงการใช้ปริมาณลมของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 4	74
รูปที่ ค.1 ตัวอย่างการแก้ไขจุดลมรั่ว	82

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ระบบอากาศอัด เป็นระบบที่โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีการใช้งานกันมาก โดยมีสัดส่วนการใช้พลังงานระบบอากาศอัดประมาณ 5 - 15% ของการใช้พลังงานทั้งหมดในโรงงาน ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมากยังคงละเลย ใช้งานระบบอากาศอัดไม่มีประสิทธิภาพ มองข้ามการบำรุงรักษาระบบอัดอากาศทำให้เกิดการรั่วไหลของอากาศอัด การบริหารจัดการการใช้อากาศอัดผิดวัตถุประสงค์ ไม่ทราบปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อระบบอากาศอัดว่าต้องทำอะไร หรือควบคุมอย่างไร ทำให้โรงงานสิ้นเปลืองพลังงานอย่างเปล่าประโยชน์

เครื่องอากาศอัด (Air Compressor) เป็นอุปกรณ์สำคัญในระบบอากาศอัด ซึ่งใช้ในกระบวนการผลิตหรือเรียกได้เลยว่าเป็นต้นกำลังที่สำคัญ ลมเป็นพลังงานที่สะอาดและไม่มีอันตรายแต่ระบบอัดอากาศเป็นระบบที่สิ้นเปลืองไฟฟ้ามาก หากต้องการความดันของอากาศอัดที่สูงและต้นทุนการผลิตอากาศอัดจะยิ่งสูงขึ้นมากถ้ามีการรั่วไหลในระบบ

ปัจจุบันบริษัทใช้เครื่องอัดอากาศเป็นต้นกำลังในการผลิตลมเพื่อจ่ายแรงดันให้กับกระบวนการผลิตจำนวน 4 เครื่อง ปัญหาที่พบบ่อยจากเครื่องอัดอากาศคือ ปริมาณอากาศอัดที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิตไม่เพียงพอ มีลมรั่วตามจุดต่างๆ จากปัญหาข้างต้นทำให้เกิดความสูญเสียกำลังไฟฟ้าโดยสูญเปล่า ส่งผลให้ต้นทุนการใช้ไฟฟ้าคิดจากชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดอากาศที่เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง กลายเป็นต้นทุนที่สูงขึ้นในการผลิต

เพื่อลดต้นทุนด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองในแต่ละเดือน ซึ่งเริ่มมีกำลังการผลิตเพิ่มสูงขึ้น จึงทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของอากาศรั่วไหลจากแนวคิดที่ว่า จากการผลิตปริมาณอากาศเท่าเดิม ถ้าสามารถลดจุดรั่วไหลของอากาศจะสามารถช่วยลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้จากเครื่องอัดอากาศได้ โดยลงทุนน้อยที่สุด ได้ตามสถานการณ์ของบริษัทในปัจจุบัน ซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศและลดต้นทุนได้ในระยะยาวอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์และหาแนวทางในการปรับปรุงการจัดการพลังงานของระบบเครื่องอัดอากาศได้ตามความเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน
2. ลดการใช้พลังงานสูญเสียเปล่าในระบบ
3. ลดต้นทุนค่าไฟฟ้าและการซ่อมบำรุง
4. เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาระบบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) และ การใช้พลังงานระบบเครื่องอัดอากาศในโรงงาน
2. วิเคราะห์ปัญหา เพื่อหาแนวทางแก้ไขในระยะยาว
3. ประเมินหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ โดยการสำรวจข้อมูลการใช้งานจริง
4. ศึกษาและบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงการแก้ไขลมรั่ว โดยใช้ทฤษฎีและการคำนวณทางไฟฟ้า
5. ประเมินระบบการทำงานหลังการแก้ไขและปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

เดือน สัปดาห์	ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการปรับปรุง	■	■														
2. วิเคราะห์บันทึกข้อมูลต่างๆ เพื่อหาแนวทางปรับปรุงและแก้ไข	■	■	■													
3. ประเมินระบบอัตโนมัติเพื่อแก้ไขปัญหาโดยรวม			■	■	■	■	■	■								
4. ลงมือปรับปรุง แก้ไขจุดลมรั่วในระบบ			■	■	■	■	■	■								
5. บันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ หลังการปรับปรุง					■	■	■	■	■	■	■	■				
6. รายงานสรุปผล															■	■

ตารางที่ 1.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดค่าใช้จ่ายของการใช้ไฟฟ้าในระยะยาว
2. ยืดอายุการใช้งานของเครื่องอัตโนมัติและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องได้นานขึ้น
3. ลดของเสียในกระบวนการผลิต
4. รองรับการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต
5. ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 องค์ประกอบอากาศอัด

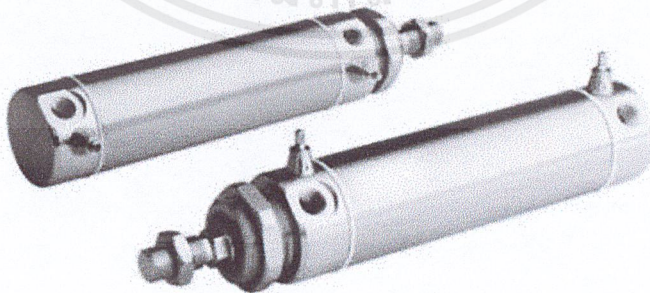
อากาศอัด คือ อากาศที่ถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้นกว่าความดันบรรยากาศ เพื่อนำมาใช้เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนระบบต่างๆ โดยมีการใช้งานความดันตั้งแต่ 2 บาร์ จนถึง 70 บาร์ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน โดยอุปกรณ์หรือระบบที่ใช้ลมอัด แบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. เครื่องมือ (Hand Tool) เช่น สว่านลม ปืนเป่าลม



รูปที่ 2.1.1 สว่านลม และ ปืนเป่าลม

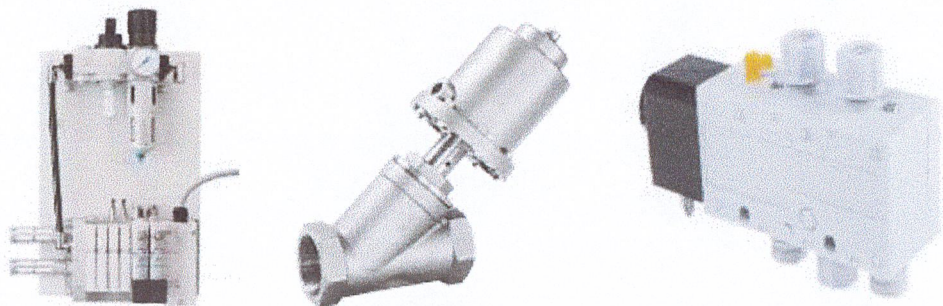
2. กระบอกสูบ (Air Cylinder) เพื่อขับเคลื่อน หรือยกวัตถุ



รูปที่ 2.1.2 กระบอกสูบ

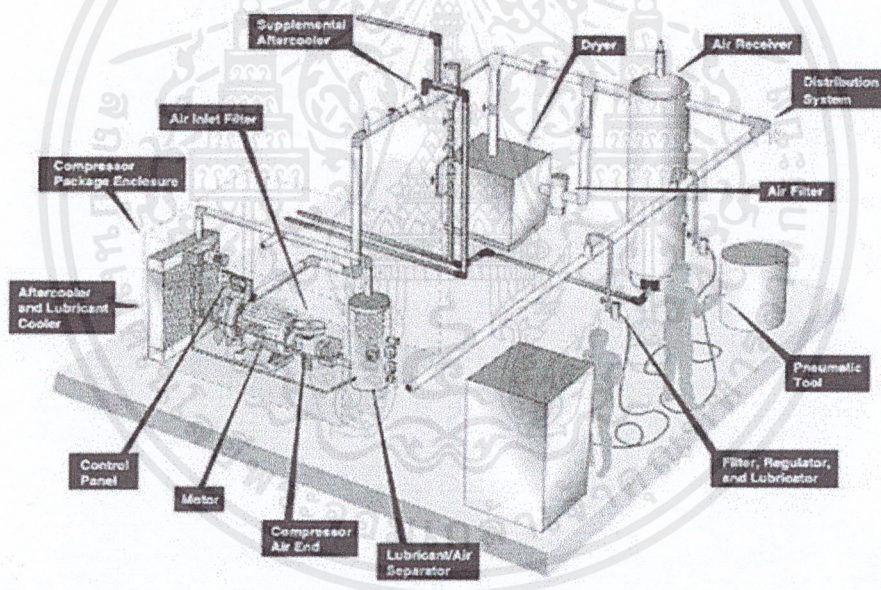
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์ควบคุมที่ใช้อากาศอัด (Pneumatic Control)

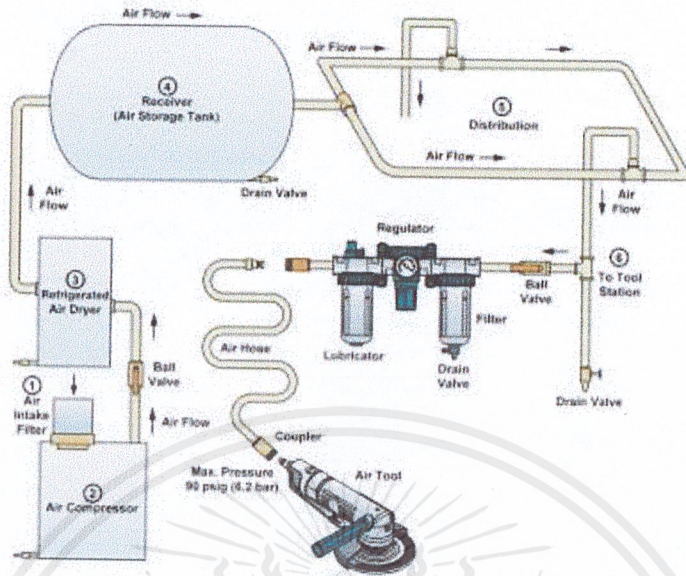


รูปที่ 2.1.3 Pneumatic Control

องค์ประกอบของระบบอากาศอัด ประกอบไปด้วย 10 องค์ประกอบหลัก ดังรูป 2.1.4 ซึ่งอุปกรณ์หลักแต่ละส่วนมีหน้าที่การทำงาน ดังนี้



รูปที่ 2.1.4 องค์ประกอบต่างๆ ของระบบอากาศอัด



รูปที่ 2.1.5 เครือข่ายสำหรับการใช้เครื่องมือลม

1. เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) มีหน้าที่ในการผลิตอากาศอัด เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังของระบบ
2. เครื่องระบายความร้อนอากาศอัด (After Cooler) มีหน้าที่ในการระบายความร้อนอากาศอัดให้มีอุณหภูมิลดลงทำให้อิหรือน้ำหรือความชื้นที่ผสมกับอากาศอัดกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ จึงเป็นตัวดึงเอาไอน้ำออกจากอากาศอัด
3. เครื่องทำอากาศแห้ง (Air Dryer) มีหน้าที่ในการลดอุณหภูมิอากาศอัด และลดความชื้นที่อยู่ในอากาศอัด เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัด เนื่องจากมีน้ำเข้าไปในระบบ
4. ตัวกรองอากาศ (Pre Air Filter, After Air Filter) มีหน้าที่ในการปรับคุณภาพอากาศ ใช้ในการกรองฝุ่นละอองที่อยู่ในอากาศอัด การติดตั้งตัวกรองอากาศขึ้นอยู่กับความสะอาดของอากาศอัดที่ต้องการ หากต้องการความสะอาดของอากาศไม่มากนัก สามารถติดตั้งตัวกรองอากาศแบบ After Air Filter หลังเครื่องทำอากาศแห้งเพียงอย่างเดียว
5. ถังเก็บอากาศอัด (Wet Air Receiver, Dry Air Receiver) มีหน้าที่ที่สำรองอากาศอัดไว้ โดยถังอากาศอัดแบบเปียก (Wet Air Receiver) ติดตั้งหน้าเครื่องทำอากาศแห้งเพื่อช่วยลดไอน้ำและความชื้น

ก่อนเข้าเครื่องทำอากาศแห้ง ส่วนถังอากาศอัดแห้ง (Dry Air Receiver) จะติดตั้งหลังเครื่องทำอากาศแห้งมีหน้าที่สำรองอากาศไว้สำหรับอุปกรณ์ต่างๆ

6. **ตัวปล่อยน้ำ (Auto Drain)** มีหน้าที่ปล่อยน้ำกลั่นตัวจากอากาศอัดออกจากระบบ และปิดกั้นไม่ให้อากาศอัดออกไป มีทั้งแบบอัตโนมัติ (Float Drain) แบบใช้ตั้งเวลา (Timer Drain) และแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Air Zero Loss Drain)

7. **ระบบท่อส่งอากาศอัด (Distribution System)** มีหน้าที่ส่งอากาศอัดไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้อากาศอัด

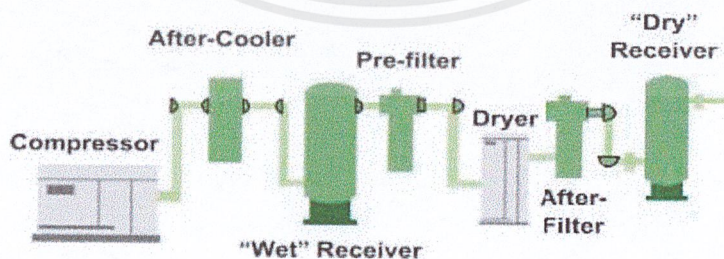
8. **ตัวควบคุมความดัน (Regulator)** มีหน้าที่ลดและควบคุมความดันอากาศอัดให้คงที่ สำหรับจ่ายให้อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้อากาศอัด

9. **ชุดเติมน้ำมัน (Lubricant)** มีหน้าที่ในการเติมน้ำมันให้กับอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ และกระบอกลม

10. **อุปกรณ์เพิ่มความดัน (Booster pump)** มีสองประเภท คือ

10.1 เครื่องเพิ่มความดันแบบ Pressure Booster จะอาศัยความดันของตัวเองเพิ่มความดันใหม่ ปกติแล้วจะผลิตความดันออกมาที่ประมาณ 2 เท่าของความดันที่ป้อนเข้า เพราะถูกจำกัดด้วยปริมาณอัตราการไหลค่อนข้างต่ำ

10.2 เครื่องเพิ่มความดันแบบ Motor Booster Pump สามารถผลิตความดันให้สูงกว่า 5 - 6 เท่าของความดันใช้งานที่ 7 บาร์ เกจบางชนิดสามารถเพิ่มความดันได้สูงถึง 180 บาร์หรือสูงกว่านั้น



รูปที่ 2.1.6 ลำดับการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องอากาศอัด

การทำงานของระบบอากาศอัด เริ่มจากเครื่องอัดอากาศดูดอากาศเข้ามาทางช่องนำอากาศเข้า (Air Intake) ซึ่งก่อนที่อากาศจะถูกส่งเข้าไปยังเครื่องอัด (Compressor) ที่อยู่ในเครื่องอัดอากาศนั้น จะต้องผ่านการกรองสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง เศษวัสดุที่อาจลอยมากับอากาศอัดด้วยเครื่องกรอง (Filter) ที่ติดตั้งตรงบริเวณทางเข้าเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับเครื่องอัดอากาศ อากาศที่ผ่านเครื่องอัดอากาศแล้วจะมีความดันสูงและมีอุณหภูมิสูง แต่จะถูกทำให้มีอุณหภูมิต่ำลงด้วยอุปกรณ์ระบายความร้อน เครื่องทำอากาศแห้ง (Air Dryer) ก่อนนำไปเก็บไว้ในถังเก็บอากาศอัด (Air Receiver) เพื่อกักเก็บให้มีปริมาณเพียงพอต่อการใช้งาน

ในการใช้งาน อากาศอัดที่มีความดันสูงจะถูกส่งผ่านระบบท่อส่งอากาศอัด (Distribution System) จากท่อจ่ายอากาศอัดหลัก (Supply Line) และแยกไปใช้งานตามจุดต่างๆ ด้วยท่อแยก (Branch) แต่ก่อนที่อากาศอัดจะถูกส่งเข้าไปใช้ยังเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อขับเคลื่อนเครื่องมือหรืออุปกรณ์เหล่านั้น ต้องมีการดักและกรองสิ่งที่ปนมากับอากาศอัด ซึ่งได้แก่ น้ำ สิ่งสกปรกภายในท่อ และน้ำมันหล่อลื่นเสียก่อน โดยใช้อุปกรณ์กรองน้ำมันและฝุ่น (Filter) และตัวดักน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator) โดยที่มีตัวลดความดัน (Regulator) ช่วยลดและควบคุมความดันอากาศอัดให้คงที่ สำหรับจ่ายให้อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้อากาศอัด

2.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องอัดอากาศ

โครงสร้างภายในเครื่องอัดอากาศ มีโครงสร้างประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

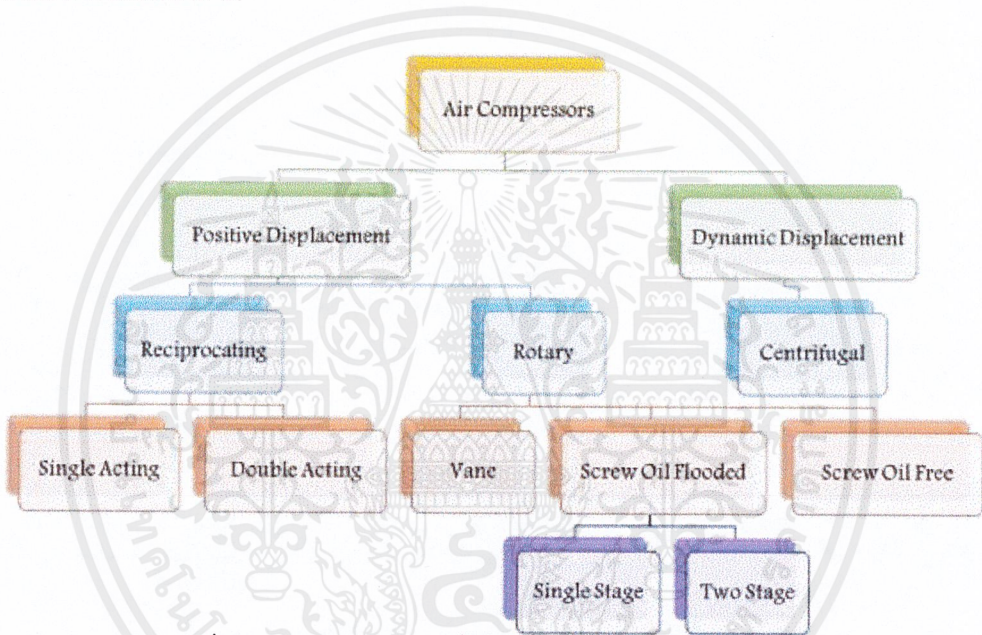
1. **บี๊มอัดอากาศ (Air Compressor)** มีหน้าที่สูบอัดอากาศจากภายนอกส่งไปยังถังบรรจุก๊าซ ภายในตัวบี๊มจะประกอบด้วยชุดสกรูและภายนอกเสื้อสูบจะมีครีระบายความร้อน ซึ่งเกิดจากการเสียดสีของชุดสกรูรวมทั้งความร้อนที่เกิดจากอากาศที่ถูกอัดด้วย
2. **หม้อกรองอากาศ (Air Filter)** ภายในจะมีไส้กรองซึ่งมีหน้าที่ในการป้องกันเศษผงและฝุ่นละอองไม่ให้เข้าไปในบี๊มอัดอากาศ
3. **ช่องเติมน้ำมันหล่อลื่น**

4. ท่อระบายความร้อน (After Cooler) ภายนอกจะมีครีบริบรอบๆ ซึ่งจะช่วยในการระบายความร้อนของอากาศที่ส่งมาจากตัวบี้ม ไปยังถังบรรจุอากาศให้มีอุณหภูมิต่ำลง
5. มาตรวัดระดับน้ำมันหล่อลื่น (Oil Gauge) สำหรับแสดงปริมาณน้ำมันหล่อลื่นที่มีอยู่ในบี้มอากาศ
6. ถังบรรจุอากาศ (Accumulating Tank) ทำด้วยเหล็กที่มีความแข็งแรงทนต่อความดันสูง มีหน้าที่ในการเก็บอากาศที่ถูกอัดตัวให้มีความดันตามต้องการ
7. ช่องระบายน้ำมันหล่อลื่นทิ้ง
8. ช่องสำหรับทำความสะอาด (Service Value) ใช้สำหรับเปิดทำความสะอาดส่วนภายในของตัวถังบรรจุอากาศ
9. ตัวกรองน้ำ จะติดตั้งในตำแหน่งท่อลม มีหน้าที่ในการดักน้ำที่ปนอยู่กับอากาศภายในถังบรรจุอากาศก่อนนำออกไปใช้งาน และสามารถระบายทิ้งภายนอกได้เช่นกัน
10. ขาดังใช้ยึดติดกับพื้น เพื่อป้องกันการสั่นสะเทือน
11. วาล์วปิดเปิดลม (Tank Valve) มีหน้าที่ปิดเปิดอากาศที่จะนำไปใช้งานและหยุดการใช้งานตามความต้องการ
12. วาล์วระบายน้ำทิ้ง (Tank Drain Valve) ติดตั้งไว้ในตำแหน่งด้านข้างหรือด้านล่างของถังบรรจุอากาศ สำหรับที่ระบายน้ำที่ถูกควบแน่นออกทิ้งภายนอก
13. วาล์วนิรภัย (Safety Valve) มีหน้าที่ป้องกันความเสียหายของถังบรรจุอากาศอันอาจเกิดจากความดันภายในถังบรรจุอากาศสูงเกินไปกีดความสามารถของถังบรรจุอากาศ
14. มาตรวัดความดันอากาศ (Pressure Gauge) มีหน้าที่แสดงค่าความดันของอากาศภายในถังบรรจุอากาศ
15. สวิตช์ควบคุมความดัน (Pressure Switch) มีหน้าที่ในการตัดและต่อวงจรไฟฟ้าให้มอเตอร์ทำงานและหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ โดยอาศัยความดันของอากาศในถังบรรจุอากาศ สวิตช์ความดันนี้สามารถปรับตั้ง และเปลี่ยนแปลงการบังคับการทำงานได้ตามระดับความดันที่ต้องการ

16. Magnetic and Overload Relay มีหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าให้มอเตอร์ทำงานและหยุดทำงาน และช่วยป้องกันมอเตอร์ชำรุดเสียหายเนื่องจากการทำงานเกินกำลังหรือลัดวงจร

17. มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) มีหน้าที่ในการขับเคลื่อนปั๊มอัดอากาศให้ทำงานมอเตอร์ไฟฟ้า จะมีพัดลมระบายความร้อนอยู่ในตัวมอเตอร์

2.3 ประเภทของเครื่องอัดอากาศ



รูปที่ 2.3.1 แผนผังแสดงเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ

การแบ่งประเภทของเครื่องอัดอากาศนั้น สามารถแบ่งได้ด้วย 2 ปัจจัยหลัก คือ แยกด้วยหลักการอัดอากาศ และแยกด้วยรูปแบบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ประเภทของเครื่องอัดอากาศ แบ่งตามหลักการอัดอากาศ

1. เครื่องอัดอากาศประเภทปริมาตร (Displacement) คือ เครื่องอัดอากาศที่ให้อากาศไหลเข้าไปในปริมาตรของห้องอัด แล้วลดปริมาตรลงโดยใช้พลังงานภายนอกเช่น เครื่องยนต์ มอเตอร์ไฟฟ้า แรงงานกลต่างๆ เมื่ออากาศถูกลดปริมาตรลง ความดันของอากาศจะเพิ่มขึ้นเป็นอากาศอัด มีทั้งแบบโรตารี

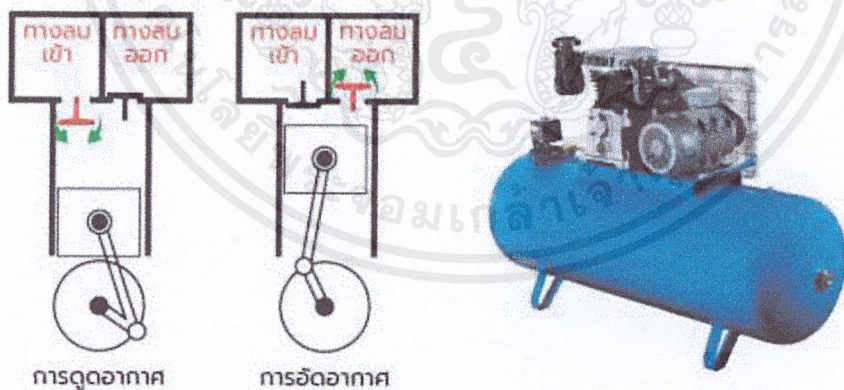
(Rotary) และแบบที่เป็นลูกสูบ (Reciprocating หรือ Piston Compressor) นิยมใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม

2. เครื่องอัดอากาศประเภทไดนามิกส์ (Dynamic) คือ เครื่องอัดอากาศที่ให้พลังงานกลแก่อากาศทำให้อากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้นโดยผ่านโรเตอร์ แล้วอาศัยรูปร่างของโครงสร้าง (Casing) ภายในเครื่อง ลดความเร็วของอากาศลงทำให้พลังงานของอากาศอัดในรูปพลังงานจลน์ เปลี่ยนเป็นความดันอากาศแล้วไหลออกทางด้านจ่าย ซึ่งมีแบบ Centrifugal, Ejector, Radial, Axial มีใช้ในอุตสาหกรรมบ้างแต่ยังไม่แพร่หลาย โดยเฉพาะ Centrifugal

2.3.2 ประเภทของเครื่องอัดอากาศ แบ่งตามรูปแบบการทำงาน

1. เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor)

เป็นเครื่องอัดอากาศประเภท ปริมาตร การทำงานเหมือนกับเครื่องยนต์ โดยอากาศจะถูกดูดผ่านวาล์วเข้ากระบอกสูบ แล้วลูกสูบจะอัดอากาศและดันออกไป มีทั้งแบบ Single Stage ซึ่งจะอัดได้ 1 bar และแบบ Two Stage ซึ่งจะอัดได้ถึง 70 bar เป็นเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้งานได้ดีทั้งโหลดเต็มที่ (Full Load) และโหลดบางส่วน (Part Load)



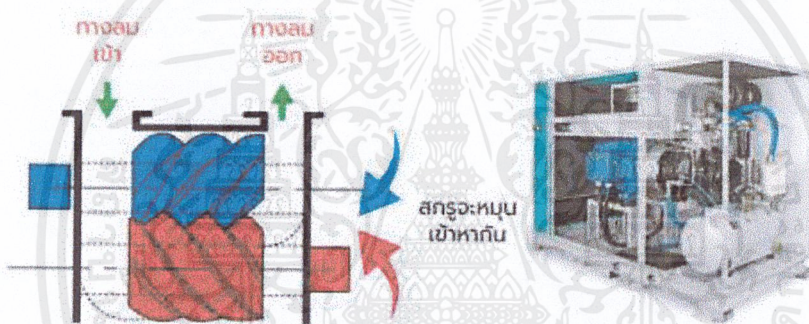
รูปที่ 2.3.2 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ

หมายเหตุ : โหลดเต็มที่ (Full Load) คือ การที่เครื่องอัดอากาศทำงานต่อเนื่อง โหลดบางส่วน (Part Load) คือ การทำงานแบบเดินๆ หยุดๆ โดยช่วงที่เดินเครื่องอัดอากาศได้อากาศอัดเต็มที่ ส่วนช่วงหยุดไม่ได้ผลิต

อากาศอัดและเครื่องอัดอากาศจะตัดการใช้ไฟฟ้าไปทำให้ไม่มีการสูญเสียพลังงานเหมือนเครื่องอัดอากาศแบบประเภทสกรู

2. เครื่องอัดอากาศแบบสกรู (Screw Compressor)

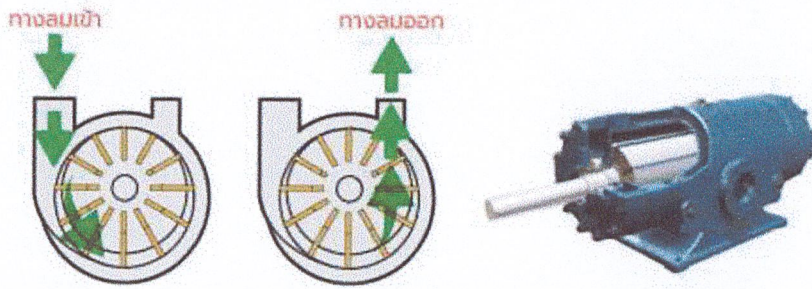
เป็นเครื่องอัดอากาศประเภท ปริมาตร การทำงานโดยใช้โรเตอร์แบบสกรูสองตัว สวมกันได้พอ เมื่อหมุนเข้าหากันจะอัดอากาศที่อยู่ระหว่างโรเตอร์ ขับอากาศอัดออกโดยไม่ผ่านวาล์วจึงหมุนด้วยความเร็วสูงได้ ทำให้อัตราอัดอากาศสูง เหมาะกับการทำงานอย่างต่อเนื่อง แต่ถ้าความดันอากาศอัดได้ค่าที่ตั้งไว้แล้ว เครื่องจะทำงานตัวเปล่า (Un Load) ซึ่งยังคงใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในอัตราที่ต่ำกว่าการเดินโหลดเต็มที่ (Full Load)



รูปที่ 2.3.3 เครื่องอัดอากาศแบบสกรู

3. เครื่องอัดอากาศแบบเวนโรตารี (Vane Rotary Compressor)

เป็นเครื่องอัดอากาศประเภท ปริมาตร การทำงานจะวางโรเตอร์ให้เยื้องศูนย์กลาง โรเตอร์จะมีร่องภายในเป็นใบพัดตรง เมื่อโรเตอร์หมุนใบพัดจะถูกเหวี่ยงออกไป กั้นอากาศเป็นห้องๆ ซึ่งจะถูกลดขนาดเล็กลงแต่มีแรงดันสูงขึ้น ปัจจุบันความนิยมลดลง เนื่องจากเครื่องอัดอากาศแบบนี้มีความสึกหรอสูง



รูปที่ 2.3.4 เครื่องอัดอากาศแบบเวน

4. เครื่องอัดอากาศแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal or Turbo Compressor)

เป็นเครื่องอัดอากาศประเภท ไดนามิกส์ การทำงานจะใช้พลังงานกลทำให้อากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้นด้วยโรเตอร์ แล้วอาศัยรูปร่างของตัว Casing ลดความเร็วของอากาศลง ซึ่งจะทำให้พลังงานจลน์เปลี่ยนเป็นความดันอากาศ เครื่องอัดอากาศแบบนี้มีใช้ไม่มากนัก เพราะถูกออกแบบมาให้ผลิตอากาศอัดได้ปริมาณมาก แต่มีความดันต่ำ



รูปที่ 2.3.5 เครื่องอัดอากาศแบบหมุนเหวี่ยง

2.4 หลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบ Oil Flooded / Oil Lubrication

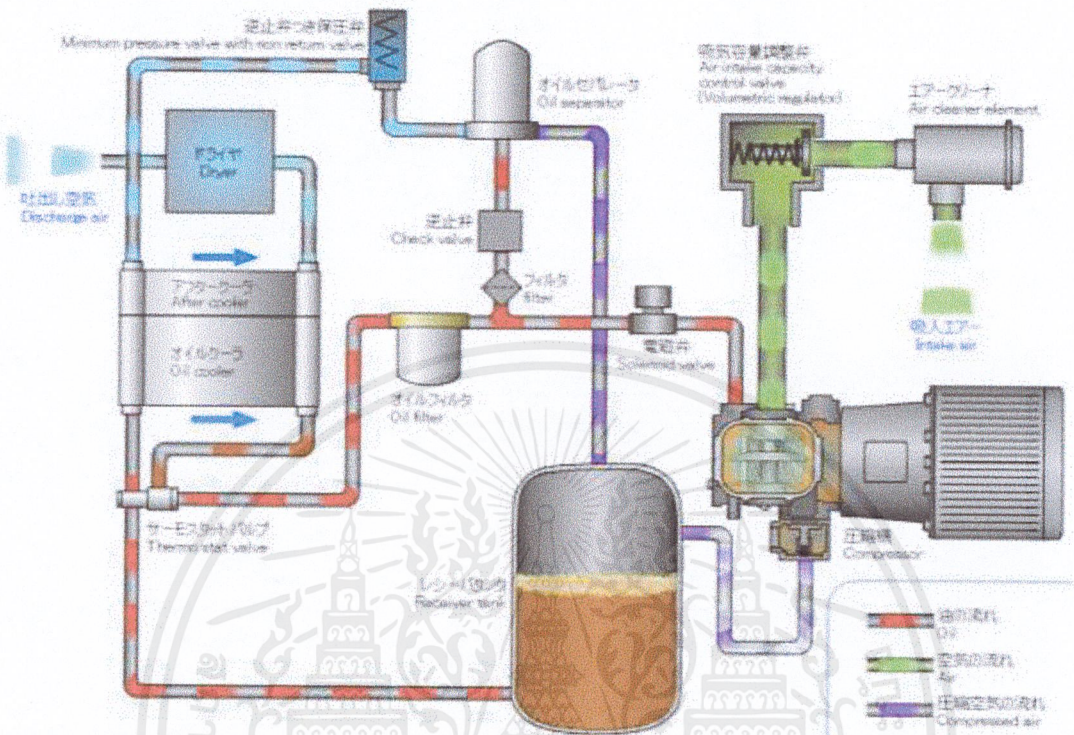
2.4.1 ลักษณะทั่วไปเครื่องอัดอากาศ

หมายถึง เครื่องอัดอากาศที่มีอากาศ และน้ำมันถูกบีบอัดผ่านชุดสกรู ซึ่งประกอบด้วย เพลาตัวผู้ (Male) ซึ่งมีสันนูนจำนวน 4 สันนูน และเพลาตัวเมีย (Female) ซึ่งมีร่องจำนวน 5 ช่อง เมื่อเกิดการหมุน อากาศจะถูกดูดเข้าด้านบนของชุดสกรู และบีบอัดไปพร้อมกับน้ำมันที่มีอยู่ในสกรูแล้ว ก่อนที่อากาศจะถูกส่งออกด้านล่างของชุดสกรู ร่องที่สองก็เริ่มดูด และบีบอัด จึงทำให้ขั้นตอนการดูดและบีบอัดจะเกิดขึ้นเป็นจำนวน 4 ครั้ง ต่อการหมุนของเพลา 1 รอบ เพราะขับด้วยเพลาตัวผู้ (Male) เมื่อขับด้วยมอเตอร์แบบ 2 ขั้ว ที่ทดรอบด้วยเกียร์ หรือเฟืองทด ก็เกิดการบีบอัดอากาศเป็นจำนวนหนึ่งครั้งต่อนาที ทำให้เกิดการอัดอากาศอย่างต่อเนื่องและนุ่มนวล ไม่กระชากเหมือนเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ หรือชนิดอื่นๆ

2.4.2 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

เมื่อกดปุ่มสตาร์ทเครื่องอัดอากาศเริ่มทำงาน อากาศภายนอกจะถูกดูดผ่านไส้กรองอากาศ ซึ่งมีฟองน้ำหุ้มอยู่ จะทำหน้าที่กรองฝุ่น เศษโลหะ สิ่งแปลกปลอมต่างๆ (มีความละเอียด 5 ไมครอน) อากาศภายนอก ควรมีอุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส (ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า จะไปเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องอัดอากาศสูงผิดปกติ ซึ่งจะหยุดทำงานเมื่อมีอุณหภูมิสูงถึง 110 องศาเซลเซียส) แต่ไม่สามารถดูดผ่านวาล์วควบคุมปริมาณลม (Volumetric Valve) โดยตรงได้ เพราะแรงสปริงที่กดอยู่ แต่สามารถผ่านด้านหลังของวาล์วควบคุมปริมาณลม โดยผ่านเช็ควาล์ว กระบอกสูบของวาล์วควบคุมปริมาณลมเข้าสู่ชุดสกรู และบีบอัดอากาศเข้าสู่อ่างน้ำมันเครื่อง ความดันของลมจะดันน้ำมันผ่านโซลินอยด์อันโพลดลิคเข้ากระบอกสูบจนสามารถชนะแรงสปริง ผ่านวาล์วจะค่อยๆ เปิดจนสุดและปิดช่องอากาศที่ให้ผ่านเช็ควาล์วในตอนแรก (เช็ควาล์วยังมีหน้าที่กั้นน้ำมันย้อนกลับสู่ไส้กรองอากาศ เมื่อเครื่องหยุดทำงาน)

Oil Lubrication Flow Chart : Z,ZV series



รูปที่ 2.4.2 แสดงตัวอย่างแผนผังการทำงานเครื่องอัดอากาศชนิดสกรูแบบ Oil Flooded

2.4.3 ระบบลมเครื่องอัดอากาศ

หลังจากผ่านไส้กรองอากาศมาแล้ว อากาศจะถูกดูดผ่านวาล์วควบคุมปริมาณเข้าสู่ชุดสกรูและบีบอัดอากาศเข้าสู่อ่างน้ำมันเครื่องซึ่งติดตั้งอุปกรณ์การตรวจเช็ค เช่น ระดับน้ำมัน ถ่ายน้ำมันออก อุณหภูมิด้านส่งผ่านไส้กรองแยกน้ำมัน (Oil Separator) ซึ่งทำหน้าที่กรองน้ำมันออกจากอากาศและยอมให้อากาศที่มีละอองน้ำมันเพียง 0.002 ลูกบาศก์เมตรผ่านไปได้ ส่วนน้ำมันที่กรองได้ จะไหลสู่ด้านล่างและจะถูกดูดเข้าสู่สกรูโดยท่อไหลกลับน้ำมัน (Oil Recovery System)

ถ้าท่อนี้สกปรกหรืออุดตันหรือทำงานบกพร่อง จะทำให้น้ำมันเครื่องไหลไปพร้อมกับอากาศมากผิดปกติ ผ่านท่อติดตั้งอุปกรณ์ตรวจเช็ค เช่น อุณหภูมิหลังไส้กรองอากาศ เซฟตี้วาล์ว เกจวัดความดันแล้วผ่านวาล์วรักษาความดัน (Pressure Keep Valve) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมความดันให้ได้ 5.5 กิโลกรัมต่อ

ตารางเซนติเมตร จึงจะยอมให้อากาศผ่านไปได้ ถ้าปล่อยให้ให้อากาศผ่านสูงกว่า จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบกลับน้ำมันเสื่อมลง ทำให้ไม่สามารถดูดน้ำมันเข้าสู่สกรูได้ ก็จะทำให้ น้ำมันเครื่องไปพร้อม กับอากาศมากผิดปกติเช่นกัน

อุณหภูมิของอากาศก่อนผ่านแอฟเตอร์คูลเลอร์ (หม้อรังผึ้ง) ประมาณ 90 – 95 องศาเซลเซียส จะถูกระบายความร้อนด้วยพัดลม ลงเหลือประมาณ 40 – 45 องศาเซลเซียส เมื่อผ่านแอฟเตอร์คูลเลอร์ ละอองน้ำส่วนหนึ่งที่มีอยู่ในอากาศจะกลั่นตัว น้ำที่กลั่นตัวจะถูกระบายออกสู่ภายนอกโดยผ่านทางออโตเดรนแบบอัตโนมัติ ลักษณะการทำอากาศดังกล่าวเป็นลักษณะการทำงานแบบเต็มภาระ

จะมีการจ่ายอากาศอัดความดันออกมาโดยเปิดวาล์วดูดเข้าพร้อมๆ กับเปิดวาล์วปรับความดันขาออก เนื่องจากเครื่องจะจ่ายอากาศอัดความดันเมื่อต้องการใช้ปริมาณลมน้อยลง ความดันของอากาศจะลดลงจาก 7.4 บาร์ ความดันลมจะเริ่มดันสปริงของวาล์วควบคุมความดัน (Pressure Control Valve) จนอากาศสามารถเข้าสู่ไดอะแฟรมของวาล์วควบคุมปริมาณ (Volumetric Valve) ได้ แผ่นวาล์วจะค่อยๆ ปิดจนสนิทเมื่อความดันลมถึง 6.9 บาร์เป็นลักษณะการทำงานแบบไร้อากาศ เมื่อต้องการปริมาณลมเพิ่มขึ้น ความดันจะเพิ่มขึ้นจาก 6.9 บาร์จนกระทั่งถึง 7.4 บาร์ เครื่องอัดอากาศจะทำงานแบบเต็มภาระอีกครั้ง เป็นลักษณะนี้สลับไปมา ขึ้นอยู่กับความต้องการใช้ปริมาณลม

ปริมาณลมที่ได้ จะถูกส่งผ่านแมนไคน์ฟอลด์วอเตอร์ที่มีไส้กรองแบบหยาบ (5 ไมครอน) เพื่อดักน้ำให้ออกจากลม และถูกระบายออกสู่ภายนอกผ่านลูกลอยอัตโนมัติ อากาศจะถูกส่งไปยังดรายเออร์ (เครื่องทำลมแห้งแบบเครื่องทำความเย็น) เพื่อกลั่นละอองน้ำที่ยังเหลืออยู่ในอากาศ และระบายน้ำออกสู่ภายนอกโดยผ่านทางออโตเดรนแบบอัตโนมัติ หลังจากนั้นอากาศจะถูกส่งผ่านแมนไคน์ฟอลด์วอเตอร์ที่มีไส้กรองแบบละเอียด (3 ไมครอน) อีกครั้งเพื่อกรองละอองน้ำมันที่สามารถผ่านไส้กรองแยกน้ำมัน และจะถูกระบายสู่ภายนอกโดยผ่านลูกลอยแบบอัตโนมัติ และอากาศจะถูกเก็บไว้ในถังพักอากาศ ดังนั้นลมที่นำไปใช้จึงปราศจากละอองน้ำและละอองน้ำมัน

2.4.4 ระบบน้ำมันเครื่องอัดอากาศ

เมื่อเกิดความดันในอ่างน้ำมันเครื่อง อากาศก็จะดันน้ำมันเข้าสู่กระบอกสูบของวาล์วควบคุมปริมาณลม (Volumetric Valve) ทำให้แผ่นวาล์วเปิด ความดันลมยังคงดันน้ำมันผ่านวาล์วควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ (Auto Thermal Valve) เข้าสู่ไส้กรองน้ำมันละเอียด (Oil Filter) แล้วเข้าสู่ชุดสกรูถ้า

อุณหภูมิน้ำมันต่ำกว่า 65 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิน้ำมันสูงกว่าจะต้องผ่านคอยล์เลอร์ (Oil Cooler) เพื่อระบายความร้อนก่อนเข้าได้กรองน้ำมันละเอียด (Oil Filter) แล้วเข้าสู่ชุดสกรู

2.5 ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอัดอากาศ และค่าเกณฑ์ที่แนะนำของปัจจัยต่างๆ

ระบบอากาศอัด เป็นระบบที่มีความดันเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้หากยิ่งใช้งานนานขึ้น การสึกหรอหรือการรั่วไหลตามจุดต่างๆ จะยิ่งมากขึ้นหากไม่มีการบำรุงรักษา หรือควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบอากาศอัดนั้นมี 6 ปัจจัย ดังนี้

2.5.1 ปัจจัยที่ 1 ประสิทธิภาพพลังงานและสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ

การตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ คือ การวัดปริมาณอากาศอัดที่ได้เทียบกับปริมาณพลังงานที่ใช้ โดยวัดปริมาณอากาศอัดที่เครื่องสามารถทำได้ และวัดปริมาณพลังงานที่ใช้ก่อนแล้วจึงหาค่าประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ ก่อนนำค่าประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ ไปเปรียบเทียบกับค่าในตารางภาคผนวก 1 ตารางเปรียบเทียบเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ

ปริมาณอากาศอิสระ หมายถึงปริมาตรอากาศที่เครื่องอัดอากาศดูดเข้าไปในรูปอัตราไหล ซึ่งเรียกว่า Free Air Delivery (FAD) มีหน่วยเป็น ลิตรต่อวินาที หรือ ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

การคำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$AE \text{ (Air compressor Efficiency)} = \frac{\text{ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (AP)}}{\text{กำลังไฟฟ้า (Pw)}}$$

โดย AE = ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ (ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์ หรือ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์)

AP = ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (ลิตรต่อวินาที หรือ ลูกบาศก์เมตรต่อนาที)

Pw = กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเครื่องอัดอากาศ (กิโลวัตต์)

การคำนวณหาปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$AP \text{ (Air Produced)} = \frac{V \times (P_{off} - P_{on})}{T \times 1.013}$$

- โดย V = ปริมาตรของถังพักลม (ลิตร)
- P_{on} = การตั้งค่าความดันอากาศอัดด้านสูง (บาร์)
- P_{off} = การตั้งค่าความดันอากาศอัดด้านต่ำ (บาร์)
- T = เวลาในการอัดอากาศ (วินาที) โดยเป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 5 ครั้ง

SPCs (Specific Power Consumption on Standard Suction Condition) หรือสมรรถนะพลังงาน หมายถึง ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องอัดอากาศที่สภาวะมาตรฐาน มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร หรือ กิโลวัตต์ต่อลูกบาศก์เมตรต่อนาที การคำนวณหาสมรรถนะพลังงาน มีสูตรคำนวณดังนี้

$$SPCs = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า (Pw)}}{\text{ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (AP)}}$$

วิธีการทดสอบ

1. วัดขนาดถังเก็บอากาศอัด (หมายเหตุ : 1 ลูกบาศก์เมตร = 1,000 ลิตร หรือ 1 ลิตร = 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร)
2. ตั้งค่าความดันทดสอบ ที่ 6.5 – 7.5 บาร์ (ค่าเฉลี่ย 7 บาร์ ตามมาตรฐาน DIN1945, ISO 1217)
3. ปล่อยน้ำกันถังเก็บอากาศออก
4. เดินเครื่องอัดอากาศเข้าถึงอากาศอัดปิดวาล์วจ่ายลมออก จนเครื่องอัดอากาศหยุดทำงานที่ 7.5 บาร์
5. ปล่อยอากาศอัดออกจากถังเก็บออกจากถังอากาศอัด เปิดวาล์วจ่ายลมออก จนกระทั่งความดันลดลงถึง 6.5 บาร์ เครื่องอัดอากาศจะทำงาน ให้ปิดวาล์วจ่ายลมออกทันที และเริ่มจับเวลาทำงานของเครื่องอัดอากาศ
6. จับเวลาทำงานของเครื่อง เครื่องหยุดทำงานที่ 7.5 บาร์ (หน่วยเป็นวินาที)

7. ทดสอบ 5 ครั้งแล้วค่าเวลาอัดอากาศเฉลี่ย

$$\text{สัดส่วนประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศที่ได้จากการตรวจวัด}}{\text{ค่ามาตรฐานประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ (ภาคผนวก ก.)}}$$

มีค่าเกณฑ์ที่แนะนำ คือ ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ (อากาศอัดที่ได้เทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้) ที่วัดได้ควรสูงกว่า 80% ของประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศจาก (Specification) หรือดูได้จากภาคผนวก ก.

ปัจจัยที่ 2 ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด

ปัญหาความสูญเสียพลังงานในการใช้อากาศอัดอีกประการหนึ่ง คือ การรั่วไหลของอากาศอัด ซึ่งหากโรงงานละเลย การรั่วไหลจะยิ่งเพิ่มมากขึ้น จนบางแห่งอาจมีอากาศรั่วไหลสูงถึง 30% ดังนั้นควรควบคุมอัตราการรั่วไหลของอากาศอัดไม่ให้เกิน 10% หรือประสิทธิภาพการส่งอากาศอัดในระบบท่อส่งสูงกว่า 90% อยู่เสมอ (อ้างอิงจาก Compressed Air System Optimization Essentials for Consultants, Unido)

ดังนั้นโรงงานจึงต้องดำเนินการค้นหาจุดรั่ว และดำเนินการแก้ไข เช่น อุดรอยรั่ว เปลี่ยนข้อต่อ เปลี่ยนวงแหวนยาง หรือปะเก็นต่างๆ โดยมีแนวทางในการตรวจสอบจุดรั่วไหลของอากาศอัด ดังนี้

1. การฟังเสียงอากาศอัดรั่ว
2. การใช้ฟองสบู่ทดสอบรอยรั่ว ใช้น้ำสบู่ทำให้มีฟอง ภาดพอประมาณในบริเวณข้อต่อ หรือจุดที่สงสัยว่ามีรอยรั่วของอากาศอัด หากเกิดฟองอากาศผุดขึ้นมาต่อเนื่อง แสดงว่าบริเวณนั้นมีการรั่วไหลของอากาศอัด
3. การใช้มือสัมผัสบริเวณข้อต่อต่างๆ หากรู้สึกถึงลมที่สัมผัสกับมือแสดงว่า มีการรั่วไหลของอากาศอัด
4. การใช้เครื่องมือ Ultrasonic air leak detector ทำการตรวจสอบในจุดรั่วซึม หรือขนาดรอยรั่วเล็กน้อยได้ มีข้อเสียคือ มีราคาสูง

มีค่าเกณฑ์ที่แนะนำ คือ ประสิทธิภาพการส่งพลังงานอากาศอัดในระบบท่อส่ง ควรสูงกว่า 90% เมื่อเทียบกับปริมาณอากาศที่ใช้ (ไม่ใช่ปริมาณอากาศที่ผลิต)

ปัจจัยที่ 3 ค่าตั้งความดันอากาศอัด

การตั้งค่าความดันอากาศอัดที่เครื่องอัดอากาศสูง จำเป็นต้องใช้พลังงานในการอัดอากาศสูงกว่าการตั้งค่าความดันที่เครื่องอัดอากาศต่ำ ในขณะที่อัตราไหลของอากาศอัดเท่ากัน ถ้าสามารถลดความดันอากาศลง 1 บาร์ จะประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศประมาณ 6-7% (อ้างอิงจาก Compressed Air System Optimization Essentials for Consultants, Unido)

มีค่าเกณฑ์ที่แนะนำ คือ ค่าตั้งความดันอากาศอัดด้านต่ำ (On) สูงกว่าความดันใช้งานของกระบวนการไม่เกิน 1 บาร์ และค่าตั้งความดันอากาศอัดด้านสูง (Off) สูงกว่าด้านต่ำไม่เกิน 1 บาร์

ปัจจัยที่ 4 อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่อง

อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นน้อย เครื่องอัดอากาศจึงต้องใช้พลังงานในการดูดอากาศเพื่อให้ได้ปริมาตรตามที่ต้องการมาก ในขณะที่อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำความหนาแน่นจะสูง ทำให้ใช้พลังงานในการดูดอากาศน้อยลง ดังนั้นหากสามารถลดอุณหภูมิของอากาศด้านดูดเข้าเครื่องอัดอากาศให้ต่ำลงจะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงาน รวมถึงยืดอายุการใช้งานของเครื่องอัดอากาศได้ ทุกๆ 3 องศาของอุณหภูมิอากาศที่ลดลงได้ จะประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศประมาณ 1%

มีค่าเกณฑ์ที่แนะนำ คือ อุณหภูมิด้านดูดเข้าเครื่องสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกห้องในที่ร่มไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส และช่องดูดอากาศเข้าไม่ใกล้แหล่งความร้อน

ปัจจัยที่ 5 อัตราการเดินตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศ (ยกเว้นเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ)

เครื่องอัดอากาศที่โรงงานอุตสาหกรรมใช้โดยส่วนใหญ่จะเป็นประเภทสกรู ซึ่งเมื่ออัดอากาศได้ความดันตามค่าที่ตั้งไว้แล้ว เครื่องอัดอากาศจะทำงานแบบ Unload หรือเรียกว่าการเดินตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศ คือไม่มีการจ่ายอากาศอัดแต่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์ (เมื่อมีการ Unload เป็นเวลานาน โดยทั่วไปประมาณ 3 นาที เครื่องจะหยุดการทำงาน) โดยการเดินเครื่องตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศนั้น ในมุมมองด้านพลังงานถือเป็นความสูญเสียเปล่าของพลังงานโดยไม่เกิดประโยชน์ จึงมีแนวคิดที่จะลดอัตราการเดินเครื่องตัวเปล่านี้ให้ต่ำที่สุด

มีค่าเกณฑ์ที่แนะนำ คือ ไม่ควรมีอัตราการเดินเครื่องตัวเปล่าเกิน 10%

ปัจจัยที่ 6 ติดตั้งวาล์ว ด้านจ่ายอากาศอัดออกจากถัง

ในระบบอัดอากาศนั้น ถึงแม้ว่าจะตรวจสอบและแก้ไขการรั่วไหลให้ดีมากเท่าไร ระบบก็ยังมี การรั่วไหลของอากาศอัดในระบบท่อส่ง ดังนั้น โรงงานควรติดตั้งวาล์วด้านจ่ายอากาศอัดออกจากถังเข้าสู่ ระบบ และติดป้าย “ปิดวาล์วทุกครั้งหลังเลิกงาน และเปิดวาล์วได้นำทุกครั้งก่อนทำงาน” เพื่อป้องกันไม่ให้ อากาศจากถังรั่วไหลในระบบท่อส่งในช่วงหลังเลิกงาน ส่วนการเปิดวาล์วได้นำทุกครั้งก่อนเริ่มงานนั้น เพื่อ เป็นการไล่น้ำที่กลั่นตัวในถังออกก่อนจะเริ่มใช้งาน

2.6 การหาอัตราการรั่วไหลของอากาศอัด

2.6.1 การทดสอบหาปริมาณอากาศอัดที่รั่วไหล ทำได้โดยอาศัยอุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบ ซึ่งไม่ ต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม แต่ต้องปิดโหลดทุกชนิดของระบบอัดอากาศที่จะทำการทดสอบ วิธีการทดสอบมี อยู่ 2 กรณี ดังนี้

1. การทดสอบเครื่องอัดอากาศที่มีระบบควบคุมทำงานแบบ Start/Stop หรือ On Line/Off Line หรือ Load/Unload

เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ เวนและสกรู ส่วนมากจะใช้กับวิธีควบคุมแบบมีภาวะ / ปลดภาระ (On-Line / Off-Line) โดยมีสูตรคำนวณหาปริมาณอากาศอัดรั่วไหล ดังนี้

$$Q_{leak} = \frac{AP \times Ton}{Ton + Toff}$$

เมื่อ Q_{leak} คือ อัตราการรั่วไหลของระบบ หน่วย ลิตรต่อวินาที

AP คือ อัตราการผลิตที่เครื่องอัดอากาศผลิตได้ หน่วย ลิตรต่อวินาที

Ton คือ เวลาเฉลี่ยที่เครื่องอัดอากาศเริ่มเดินเครื่อง หน่วยวินาที (On load)

$Toff$ คือ เวลาเฉลี่ยที่เครื่องอัดอากาศหยุดทำงาน หน่วยวินาที (Off load)

วิธีการทดสอบ

- 1.) ปิดเครื่องจักร / อุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัดในระบบทุกตัว
- 2.) เดินเครื่องอัดอากาศจนมีความดันในถังเก็บตามที่ตั้งไว้
- 3.) เริ่มจับเวลาเครื่องอัดอากาศจนกระทั่งหยุดทำงาน (Ton หน่วยวินาที)
- 4.) เมื่ออากาศรั่วความดันในถังจะลดลง จนถึงจุดหนึ่ง เครื่องอัดอากาศจะเริ่มทำงานอีกครั้ง ให้จับเวลาที่เครื่องอัดอากาศเดินเครื่องจนหยุด (Toff หน่วยวินาที)
- 5.) จับเวลาให้ครบ 5 ครั้งแล้วนำมาเฉลี่ย

2. การทดสอบเครื่องอัดอากาศที่มีระบบควบคุมการทำงานโดยการหรีด้นาเข้า Modulating

การควบคุมการทำงานแบบ Modulating จากการหรีด้นาทำให้หาค่าการผลิตอากาศอัดได้ยาก เครื่องอัดอากาศบางรุ่นวาล์วแทบจะไม่ผลิตอากาศอัดออกมา แต่เครื่องอัดอากาศยังต้องใช้พลังงานมากถึง 70% ของพิกัดเครื่อง

$$Q_{leak} = \frac{V \times (P1 - P2)}{T_{av}}$$

เมื่อ Q_{leak} คือ อัตราการรั่วไหลของระบบ หน่วย ลิตรต่อวินาที

V คือ ปริมาตรทั้งหมดของถังพัก ท่อส่ง และวาล์ว หน่วยลิตร

$P1$ คือ ความดันสุดท้ายหรือแรงดันตัดไหล หน่วยบาร์

$P2$ คือ ความดันเริ่มต้น หน่วยบาร์

T_{av} คือ เวลาเฉลี่ยจาก $P1$ และ $P2$ หน่วยวินาที

วิธีการทดสอบ

- 1.) คำนวณปริมาตรของถังเก็บอากาศ ท่อส่ง และวาล์วต่างๆ หน่วยเป็นลิตร
- 2.) ปิดเครื่องจักร / อุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัดในระบบทุกตัว (ปิดเครื่องจักรแต่ให้เปิดวาล์วไว้)

3.) เดินเครื่องอัดอากาศ เพื่ออัดอากาศเข้าถังจนถึงความดันที่ตั้งไว้ (P1) แล้วทำการปิดวาล์วด้านอากาศเข้าถัง พร้อมทั้งจับเวลารอจนกระทั่งความดันลดถึง P2 ทำการบันทึกให้ครบ 3-5 ครั้ง แล้วนำมาเฉลี่ย (หรือเปิดเครื่องอัดอากาศตลอดแล้วจับช่วง Unload 3-5 ครั้ง)

2.6.2 การตรวจวัดเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลโดยวิธี No Load Test

ใช้วิธีทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบหาอัตราการรั่วไหล โดยมีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$\%leak = \frac{Tload}{Tload+Tunload} \times 100\%$$

เมื่อ %leak คือ เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของระบบ

วินาที Tload คือ เวลาช่วงโหลดเฉลี่ยที่เครื่องอัดอากาศทำงานแบบมีภาระ (Load) หน่วยวินาที

Tunload คือ เวลาช่วงโหลดเฉลี่ยที่เครื่องอัดอากาศทำงานแบบปลดภาระ (Unload) หน่วยวินาที

2.6.3 การรั่วไหลของอากาศอัดเฉพาะจุด

วิธีการคำนวณหาค่าลมรั่วที่เกิดขึ้นในระบบอากาศอัดสามารถคำนวณ ได้ด้วยสูตรดังต่อไปนี้

$$Air Leak = 0.158 \times D^2 \times P_n \quad l/s \quad (\text{รูรั่วตรง})$$

$$Air Leak = 0.09445 \times D^2 \times P_n \quad l/s \quad (\text{รูรั่วซึ่ม})$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของรูรั่ว (มม.)

Pn คือ ความดันสัมบูรณ์ หน่วยบาร์ (Pg + 1.013)

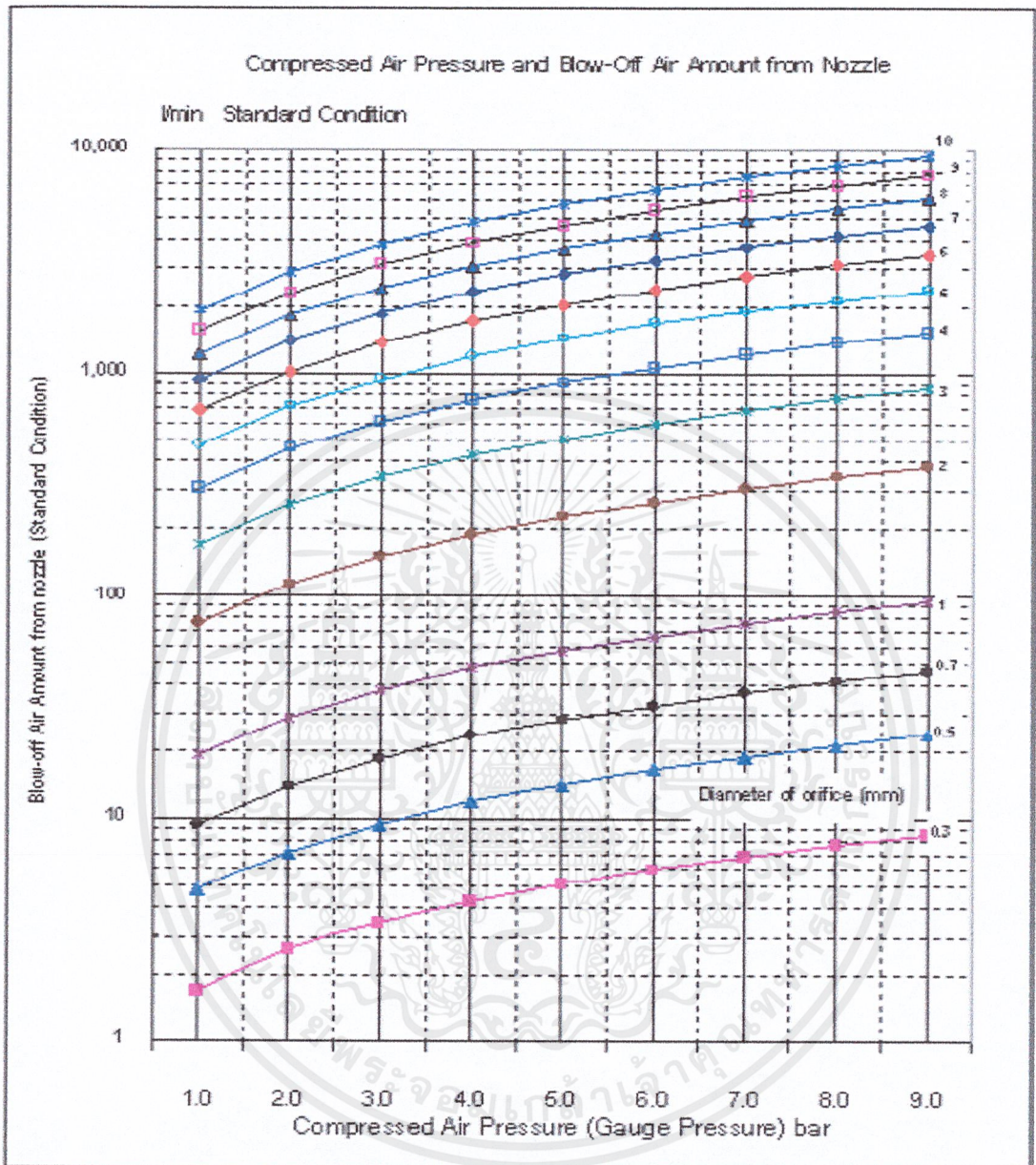
หรือนำมาเทียบกับตารางคำนวณค่าพลังงานสูญเสียดังตาราง 2.6.1 และ ตาราง 2.6.2

ตารางคำนวณค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรั่วตรง																
ความดัน อากาศอัด Pressure (bar)	เส้นผ่าศูนย์กลางของรอยรั่วที่เกิดขึ้นกับท่อลม (มม.) และปริมาณลมที่รั่วไหล (Diameter Pipe (mm) and Air Leakage)															
	0.3		0.5		0.7		1		2		2.5		3		5	
	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw
0.3	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	63.42	10.83
4	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	0.09	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	0.10	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	0.11	0.03	0.32	0.09	0.62	0.18	1.27	0.36	11.39	3.25	31.65	9.04	63.04	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	0.13	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	0.14	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	0.16	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

ตารางที่ 2.6.1 ตารางคำนวณค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรั่วตรง

ตารางคำนวณค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรั่วรั้วม																
ความดัน อากาศอัด Pressure (bar)	เส้นผ่าศูนย์กลางของรอยรั่วที่เกิดขึ้นกับท่อลม (มม.) และปริมาณลมที่รั่วไหล (Diameter Pipe (mm) and Air Leakage)															
	0.3		0.5		0.7		1		2		2.5		3		5	
	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw	l/sec	kw
0.3	0.03	0.01	0.09	0.02	0.19	0.03	0.38	0.06	1.52	0.26	2.37	0.40	3.41	0.58	9.48	1.62
4	0.04	0.01	0.12	0.02	0.23	0.05	0.47	0.10	1.89	0.39	2.96	0.61	4.26	0.87	11.84	2.43
4.5	0.05	0.01	0.13	0.03	0.26	0.06	0.52	0.11	2.08	0.46	3.25	0.72	4.69	1.03	13.02	2.87
5	0.05	0.01	0.14	0.03	0.28	0.07	0.57	0.13	2.27	0.53	3.55	0.83	5.11	1.20	14.20	3.34
6	0.06	0.02	0.17	0.04	0.32	0.08	0.66	0.17	2.65	0.69	4.14	1.08	5.96	1.56	16.56	4.33
7	0.07	0.02	0.19	0.05	0.37	0.11	0.76	0.22	3.03	0.86	4.73	1.35	6.81	1.94	18.92	5.40
7.5	0.07	0.02	0.20	0.06	0.39	0.12	0.80	0.24	3.22	0.95	5.03	1.49	7.24	2.15	20.10	5.96
8	0.08	0.02	0.21	0.07	0.42	0.13	0.85	0.26	3.41	1.05	5.32	1.64	7.66	2.36	21.28	6.54
9	0.09	0.03	0.24	0.08	0.46	0.15	0.95	0.31	3.78	1.24	5.91	1.94	8.51	2.79	23.64	7.75
10	0.09	0.03	0.26	0.09	0.51	0.18	1.04	0.36	4.16	1.44	6.05	2.25	9.36	3.24	26.00	9.01

ตารางที่ 2.6.2 ตารางคำนวณค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรั่วรั้วม



รูปที่ 2.6.1 กราฟแสดงการรั่วไหลเมื่อทราบค่าความดันของอากาศอัด

2.7 การหาคำนวณประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (รั้ว)

การหาประสิทธิภาพการส่งอากาศอัดซึ่งมีการรั่วไหลอากาศในระบบ สามารถหาได้ตามวิธีการดังนี้

1.) คำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ (AE)

2.) จับเวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load) รอกจนเครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload) บันทึกเวลา เป็น Tload หน่วยวินาที และจับเวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload) รอกจนเครื่องอัดอากาศทำงาน (Load) บันทึกเวลา เป็น Tunload หน่วยวินาที จับเวลาการทำงาน 5 รอบเพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.) คำนวณหา รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle : C)

$$\text{Cycle} = \frac{\text{Tload}}{\text{Tload} + \text{Tunload}} \times 100\%$$

ในกรณี เครื่องอัดอากาศเครื่องเดียวสามารถใช้ การคำนวณรอบการทำงานตามสมการข้างต้น

ในกรณี มีเครื่องอัดอากาศหลายเครื่อง เครื่องที่เดินตลอดเวลาให้คิดรอบการทำงานเท่ากับ 100% ส่วนเครื่องอัดอากาศที่มีการเดิน (Load) และหยุดการทำงาน (Unload) ให้ทำการคำนวณรอบการทำงานเครื่องอัดอากาศ (Cycle) ตามสมการข้างต้น

4.) คำนวณหา ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้อากาศอัดขณะเปิดสายการผลิต (AU) หน่วย ลิตรต่อวินาที ด้วยสูตรดังนี้

ในกรณีมีเครื่องอัดอากาศเครื่องเดียว

$$\text{ปริมาณการใช้อากาศอัดขณะเปิดสายผลิต (AU)} = \text{AE1} \times \text{Pw1} \times \text{C1}$$

ในกรณีมีเครื่องอัดอากาศหลายเครื่อง

$$\text{ปริมาณการใช้อากาศอัดขณะเปิดสายผลิต (AU)} = [\text{AE1} \times \text{Pw1} \times \text{C1}] + [\text{AE2} \times \text{Pw2} \times \text{C2}] + \dots$$

เมื่อ AE คือ ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ (ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์)

Pw คือ กำลังไฟฟ้าที่เครื่องอัดอากาศ (กิโลวัตต์) (วัดกำลังไฟฟ้าขณะ Load)

C คือ ระบบการทำงานเครื่องอัดอากาศ (วิธีหาจากข้อ 3)

5.) หาปริมาณอากาศรั่ว ด้วยการปิดเครื่องจักรในสายการผลิต แต่จ่ายอากาศเข้าระบบท่อส่งทั้งหมด จากนั้นทำการตรวจวัดและคำนวณค่าต่างๆ ตามข้อ 2-4 เมื่อปิดเครื่องจักรในสายผลิต เพื่อคำนวณหา ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้อากาศอัดรั่วขณะปิดสายการผลิต (AL) หน่วย ลิตรต่อวินาที

6.) คำนวณหา อัตรารั่วของระบบอัดอากาศ (%leak)

$$\%leak = \frac{AL}{AU+AL} \times 100\%$$

เมื่อ %leak คือ อัตราอากาศรั่วไหลของระบบอัดอากาศ

AL คือ ปริมาณการใช้อากาศอัดขณะปิดสายผลิต (AL) หน่วยลิตรต่อวินาที

AU คือ ปริมาณการใช้อากาศอัดขณะเปิดสายผลิต (AU) หน่วยลิตรต่อวินาที

7.) คำนวณหา ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (Tr)

$$Tr = 100 - \text{อัตรารั่วของระบบอัดอากาศ (\%leak)}$$

2.8 การหาพลังงานในการอัดอากาศ

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ เมื่อคิดจากประสิทธิภาพการส่งอากาศ (Energy Saving; ES)

$$ES = Eu \times \left(1 - \frac{Tr1}{Tr2}\right)$$

เมื่อ ES คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ หน่วย หน่วยต่อปี

Eu คือ พลังงานไฟฟ้าที่ระบบอัดอากาศใช้ต่อปี หน่วย หน่วยต่อปี

Tr1 คือ ประสิทธิภาพการส่งอากาศก่อนปรับปรุง หน่วยเปอร์เซ็นต์

Tr2 คือ ประสิทธิภาพการส่งอากาศหลังปรับปรุง หน่วยเปอร์เซ็นต์

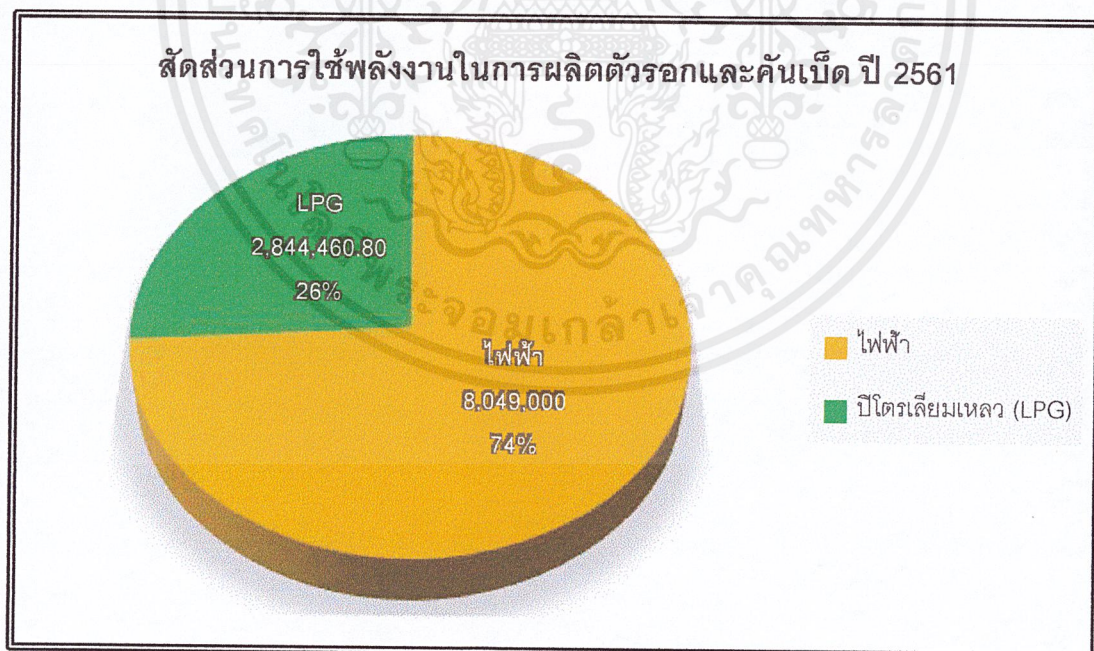
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

สถานประกอบการบริษัท ไต่อว่า เซโกะ จำกัด เป็นโรงงานอุตสาหกรรมผลิตคันเบ็ดและตัวรอกตกปลา ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง ทำการผลิต นำเข้า ส่งออกคันเบ็ด ตัวรอกพร้อมส่วนประกอบ ซึ่งเป็นโรงงานที่มีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง ประกอบไปด้วย สองพื้นที่ปฏิบัติงาน ได้แก่ โรงงานฝ่ายตัวรอก (Reel) และโรงงานฝ่ายคันเบ็ด (Rod)

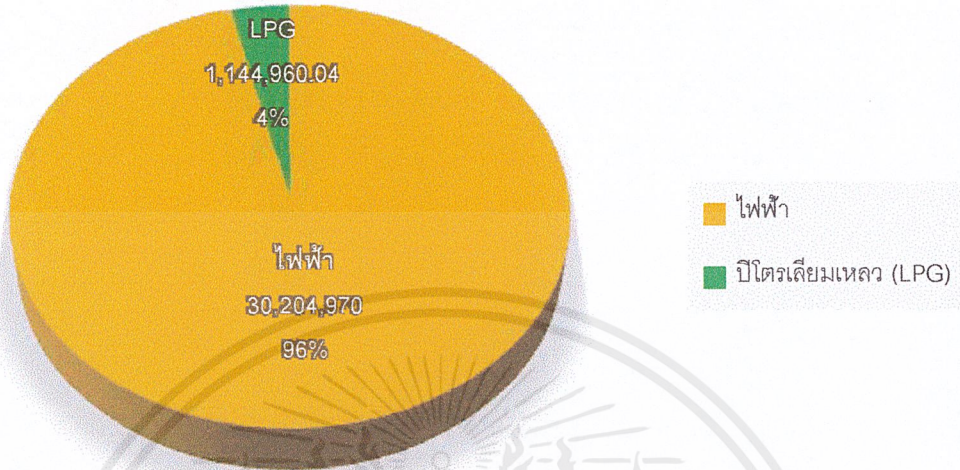
ในส่วนข้อมูลด้านพลังงาน ข้อมูลการใช้พลังงานปี 2561 มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 8,049,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นมูลค่าเงินที่ต้องจ่ายไปเท่ากับ 30,204,970 บาทต่อปี และมีปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวอยู่ที่ 2,844,460.80 เมกะจูลต่อปี คิดเป็นมูลค่าเงินที่ต้องจ่ายไปเท่ากับ 1,144,960.04 บาทต่อปี



รูปที่ 3.1.1 สัดส่วนการใช้พลังงานในการผลิตตัวรอกและคันเบ็ด ปี 2561

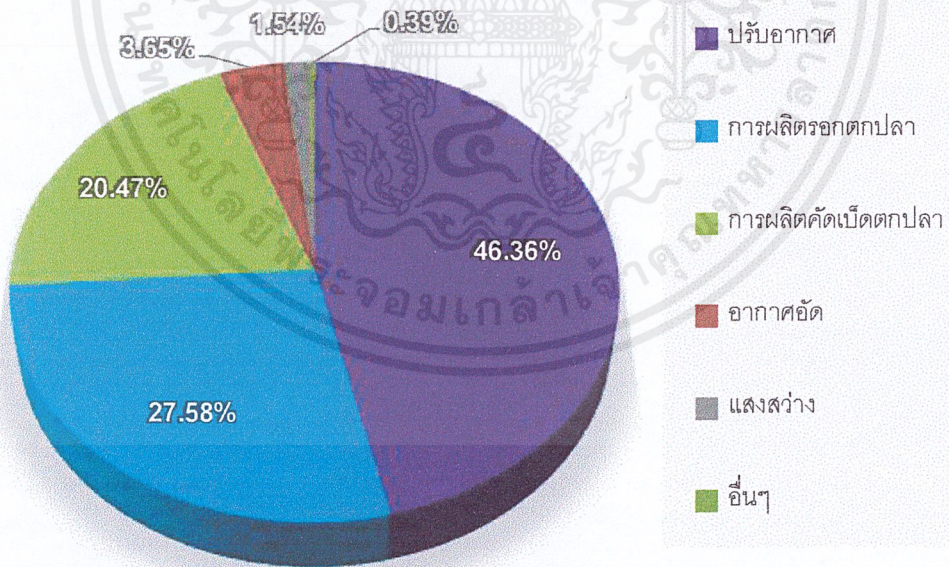
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัดส่วนค่าใช้จ่ายในการผลิตตัวรอกและคันเบ็ด ปี 2561



รูปที่ 3.1.2 สัดส่วนค่าใช้จ่ายในการผลิตตัวรอกและคันเบ็ด ปี 2561

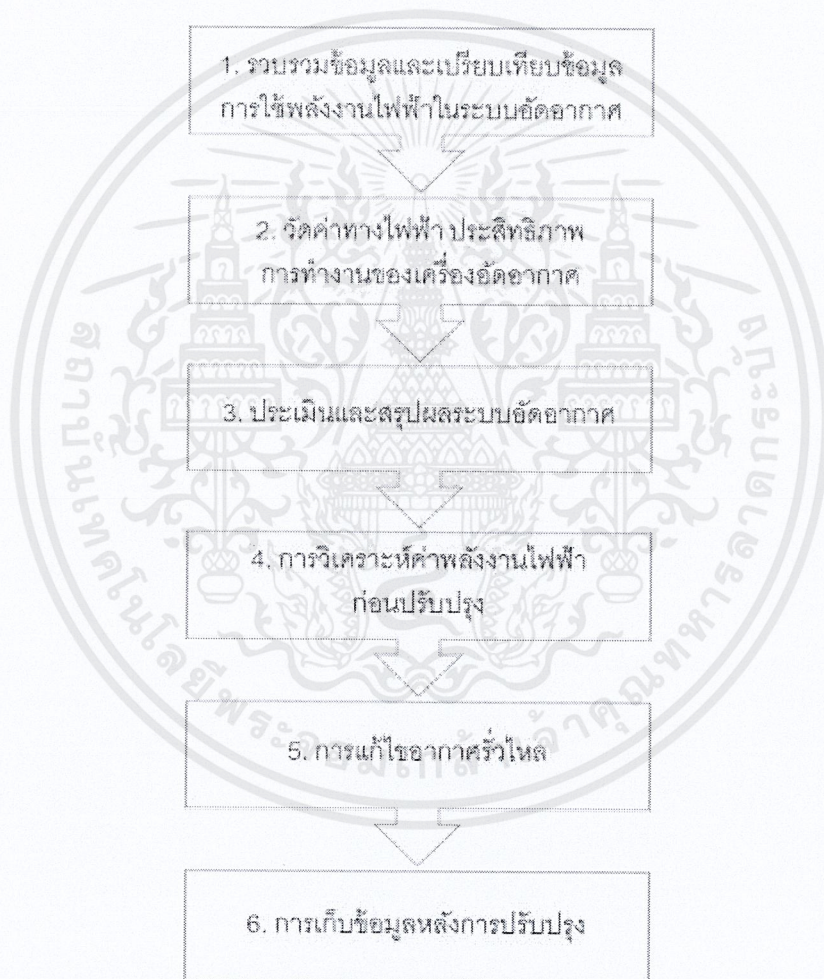
สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบ ปี 2561



รูปที่ 3.1.3 สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบ ปี 2561

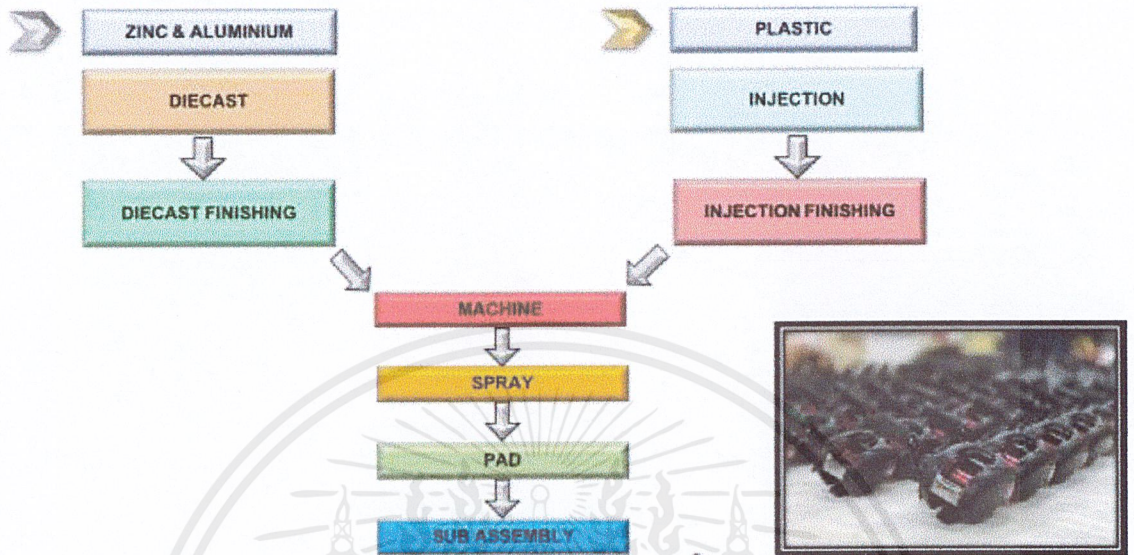
สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบอัดอากาศอัด 1.54% ในระบบอากาศอัดเป็นระบบสำคัญซึ่งเป็นต้นกำลังการทำงานของเครื่องจักรเกือบทั้งหมด ซึ่งถ้ามีค่าใช้จ่ายในระบบนี้สูงขึ้น จะส่งผลทำให้การผลิตคั้นเบ็ดและตัวรอกมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นเช่นกัน

เนื่องจากทางบริษัทได้มีนโยบายการอนุรักษ์พลังงานเพื่อลดค่าใช้จ่ายที่สูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ จึงมีแนวคิดในการประหยัดพลังงานในระบบอากาศอัด ซึ่งมีการกำหนดแผนและขั้นตอนการทำงานต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 3.1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 กระบวนการผลิตตัวรอก



รูปที่ 3.2.1 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตตัวรอก

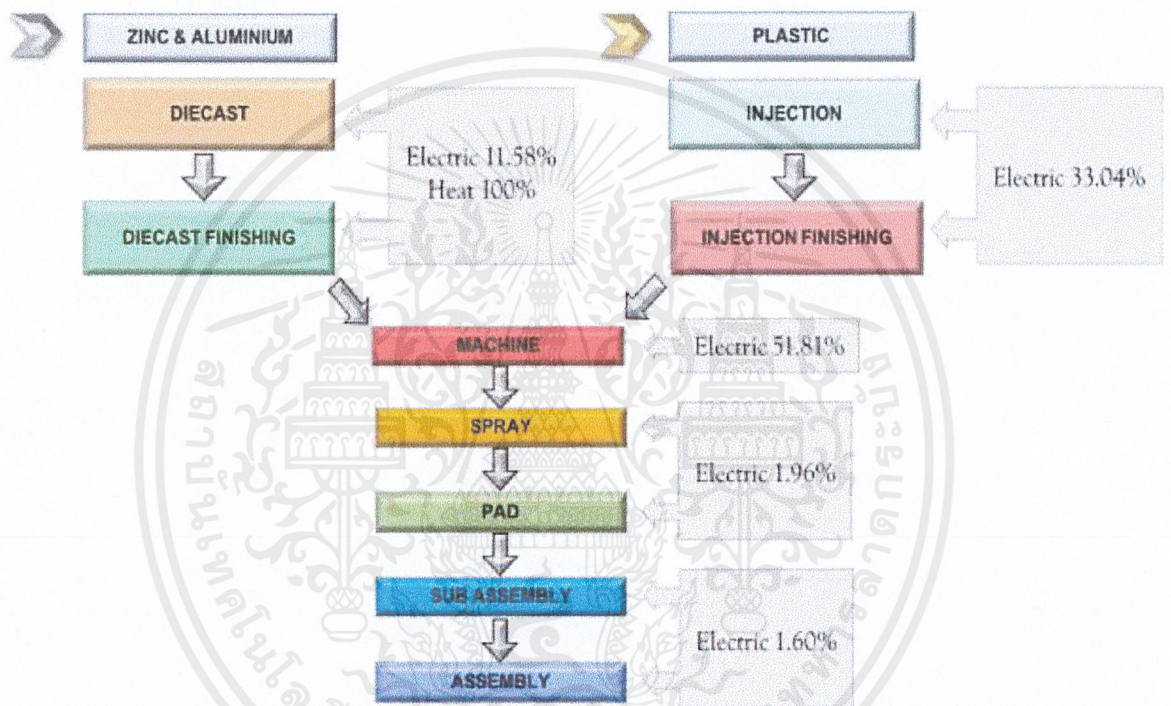
จากรูปที่ 3.2.1 การผลิตตัวรอกแบ่งได้เป็นสองแบบตามวัสดุคือ แบบสังกะสี-อะลูมิเนียมและแบบพลาสติก ขั้นตอน Diecast และ Injection จะนำวัตถุดิบมาหลอมก่อนจะอัดฉีดลงแม่พิมพ์ ซึ่งในขั้นตอน Diecast ใช้พลังงานความร้อนของปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงในการหลอมอะลูมิเนียม Injection ใช้ความร้อนจากตัวให้ความร้อน (Heater) จากไฟฟ้า ก่อนจะทำขั้นตอน Diecast Finishing หรือ Injection Finishing เพื่อตกแต่งผิวชิ้นงาน (ตกแต่งครีป)

ในขั้นตอน Machine การเจาะ กิ่ง ไส้ โดยมีส่วนงานดังนี้ Turnning Tapping Hobbing Cincom และ Manual ซึ่งแต่ละส่วนงานขึ้นรูปชิ้นส่วนของตัวรอกตกปลา ก่อนส่งไปยัง Spray

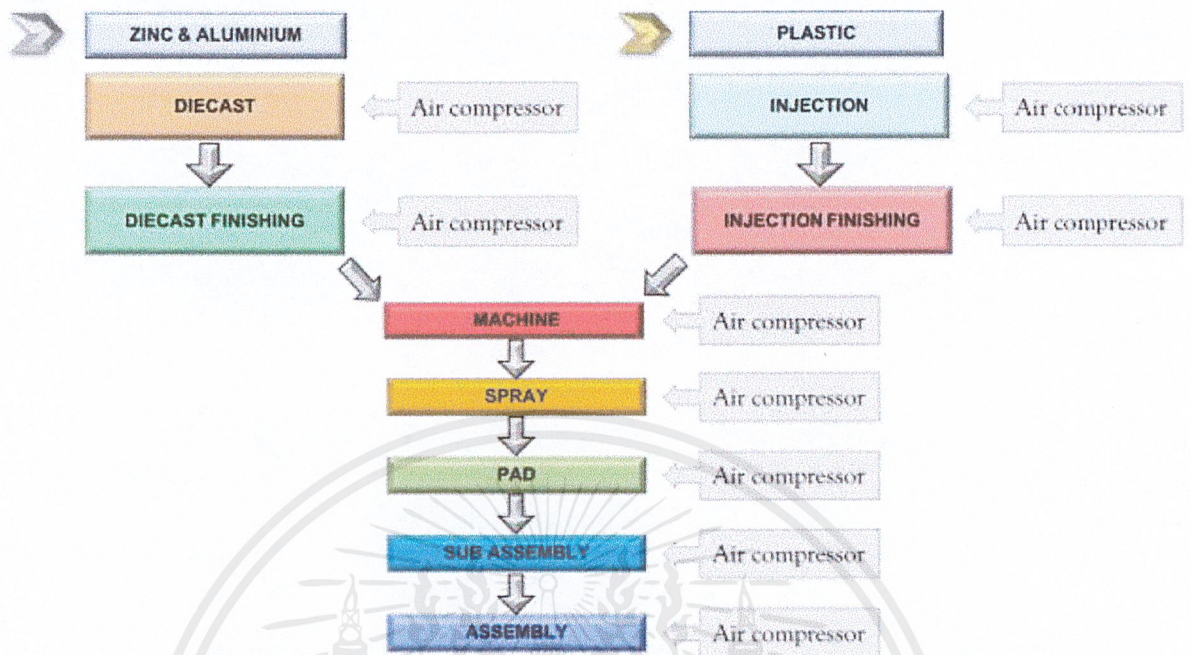
ในขั้นตอน Spray เริ่มนำชิ้นส่วนมาทำความสะอาดโดยใช้ทินเนอร์ในการล้างคราบไขมันจากผิวชิ้นงานออก ก่อนจะนำไปอบเพื่อให้ชิ้นงานแห้ง จะทำให้สีเกาะติดผิวชิ้นงานได้ดี แล้วทำการ Marking (ใช้เทปกาหนังกัดติดในส่วนที่ไม่ต้องการให้โดนสี) นำไปใส่ Jig หลังจากนั้นนำไป Spray สี (การพ่นสี) แล้วนำไปอบอีกครั้งตามอุณหภูมิที่เหมาะสม

ในขั้นตอน Pad (การทำตัวหนังสือหรือโลโก้บริษัท) โดยมีแผ่น Steel plate เป็นแม่พิมพ์ตัวหนังสือ โดยใช้ Rubber ยางในการปั๊ม Steel plate ไปประทับที่ชิ้นงานขึ้นอยู่กับรุ่น ก่อนจะนำไปอบอีกครั้ง ก่อนที่จะตรวจสอบสีและตัวหนังสือ แล้ว Packing ส่งไปยังไลน์ Assembly เพื่อประกอบขึ้นมาเป็นตัวรถ

โดยการผลิตตัวรถทั้งหมดสามารถเขียนเป็นแผนผังแสดงการใช้พลังงานของแต่ละกระบวนการผลิตได้ดังรูปที่ 3.2.2 และแสดงการใช้ลมจากระบบอัดอากาศได้ดังรูปที่ 3.2.3

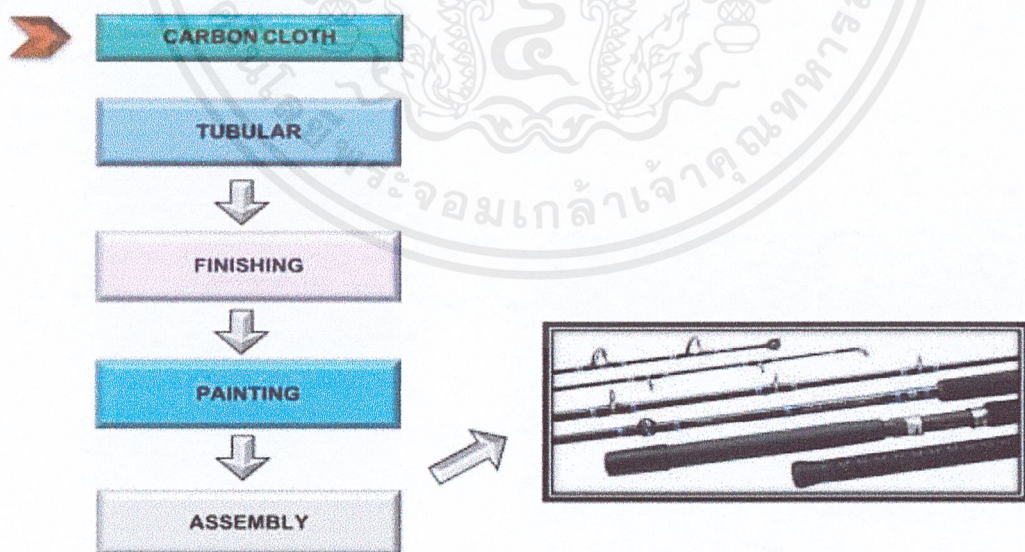


รูปที่ 3.2.2 แผนผังแสดงการใช้พลังงานของแต่ละกระบวนการผลิตตัวรถ



รูปที่ 3.2.3 แผนผังแสดงการใช้ลมจากเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ในแต่ละกระบวนการผลิตตัวรถ

3.3 กระบวนการผลิตคันทัด

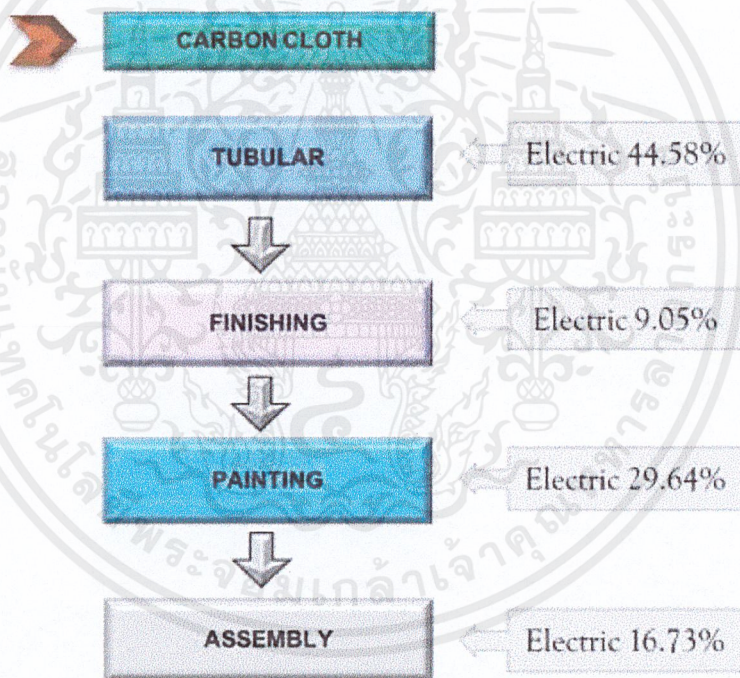


รูปที่ 3.3.1 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตคันทัด

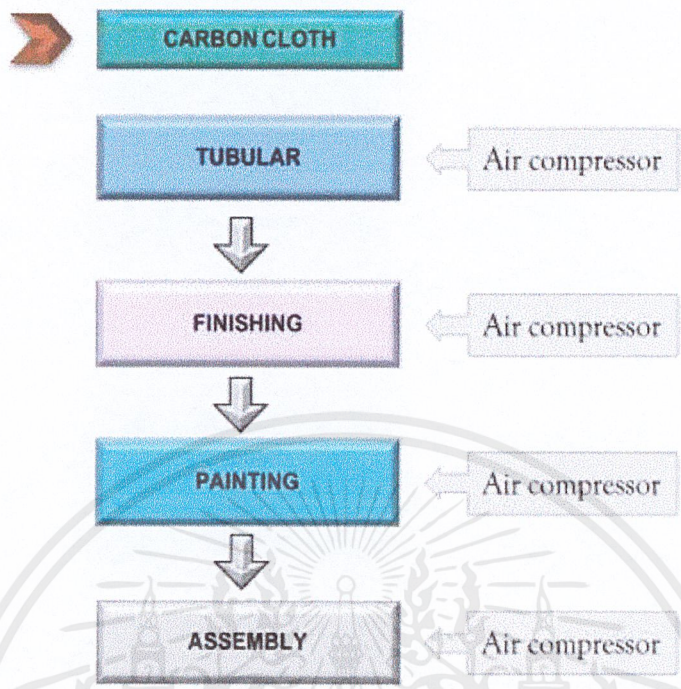
จากรูปที่ 3.3.1 การผลิตคันเบ็ด จะใช้ผ้าคาร์บอนเป็นวัตถุดิบในการผลิต ในขั้นตอน Tubular จะนำผ้าคาร์บอนมาตัดตามแบบที่กำหนด กลายเป็น Cloth ก่อนจะนำไปม้วนเข้ากับ Mandral แล้วใช้ Tap พันรัดรอบผ้า Cloth เพื่อนำเข้าตู้อบแล้วนำมาดึงถอดแยกชิ้นส่วนออกจากกัน

ในขั้นตอน Finishing การขัดและเจียด้วยเครื่อง Centerless เพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการ ก่อนส่งไปยัง Spray เพื่อให้ได้สีที่ต้องการ แล้วส่งไปยังไลน์ Assembly เพื่อประกอบขึ้นมาเป็นคันเบ็ด

โดยการผลิตคันเบ็ดทั้งหมดสามารถเขียนเป็นแผนผังแสดงการใช้พลังงานของแต่ละกระบวนการผลิตได้ดังรูปที่ 3.3.2 และแสดงการใช้ลมจากระบบอัดอากาศได้ดังรูปที่ 3.3.3



รูปที่ 3.3.2 แผนผังแสดงการใช้พลังงานของแต่ละกระบวนการผลิตคันเบ็ด



รูปที่ 3.3.3 แผนผังแสดงการใช้ลมจากเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ในแต่ละกระบวนการผลิตคันเบ็ด

3.4 ข้อมูลเบื้องต้นในระบบอัดอากาศ

3.4.1 ข้อมูลของเครื่องอัดอากาศ

ข้อมูลของเครื่องอัดอากาศที่ทำการศึกษา แสดงดังตารางที่ 3.4.1

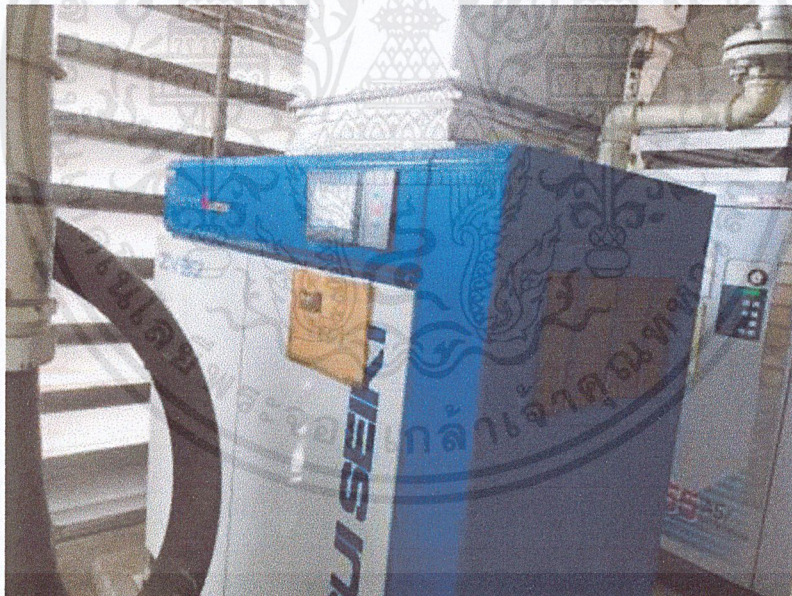
Item	Unit	Model [Mitsui Seiki]				
		Z555AS4 [No.1]	ZV37AX [No.2]	ZV55AS3-R [No.3]	Z375AX [No.4]	
Compressor	Compressor type	Z Screw, oil cooled, single stage compression				
	Fluid	Air				
	Intake air temp and pressure	°C 2 - 40 at atmospheric pressure				
	Discharge pressure	MPa 0.7				
	Free air delivery	m ³ / min	9.5	7	9.5	6.9
	Drive	-	Drive coupling drive		Direct copled motor	Drive coupling drive
	Rotational speed	min ⁻¹	3540 / 2940	950 - 4100	2954	2970
	Cooling system	-	Forced Air cooling			
	Cooling fan motor power	kW	3.7	2.2	3	2.2
Main motor	Main motor type	Three phase squirrel cage, 2P totally-enclosed - fan cooled type		Totally-enclosed, permanent magnet rotor type three phase synchronized	Three phase squirrel cage, 2P totally-enclosed - fan cooled type	
	Power	kW	55	37	55	37
	Hp	hp	75	50	75	50
	Starter	-	3 cct, star delta		Inverter	3 cct, star delta
Voltage	V	380				
Total mass	kg	1470	760	1270	930	
Dimension (L x W x H)	mm	1550 x 1200 x 1700	1550 x 750 x 1550	1885 x 1200 x 1700	1550 x 750 x 1550	

หมายเหตุ ตั้งค่าความดันต่ำที่ 6.5 บาร์ และความดันสูงที่ 7.6 บาร์

ตารางที่ 3.4.1 ตารางแสดงข้อมูล Air Compressor Specification



รูปที่ 3.4.1 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่องที่ 1 Z555AS4 55 kW



รูปที่ 3.4.2 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่องที่ 2 ZV37AX 37 kW



รูปที่ 3.4.3 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่องที่ 3 ZV55AS3-R 55 kW



รูปที่ 3.4.4 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่องที่ 4 Z375AX 37 kW

3.4.2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี 2561 ของโรงงานที่ทำการศึกษา แสดงดังตารางที่ 3.4.2

เดือน	พลังงานไฟฟ้า		ค่าไฟฟ้ารวม (บาท)
	ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	
มกราคม	592,000	2,008,601	2,254,777
กุมภาพันธ์	579,000	1,961,776	2,202,334
มีนาคม	703,000	2,376,325	2,652,684
เมษายน	623,000	2,069,573	2,338,069
พฤษภาคม	707,000	2,378,942	2,649,114
มิถุนายน	720,000	2,428,928	2,702,094
กรกฎาคม	700,000	2,347,894	2,613,670
สิงหาคม	718,000	2,444,211	2,706,840
กันยายน	724,000	2,409,422	2,686,231
ตุลาคม	696,000	2,362,659	2,631,287
พฤศจิกายน	708,000	2,372,787	2,635,530
ธันวาคม	579,000	1,886,790	2,132,340
รวม	8,049,000	27,047,909	30,204,970
เฉลี่ย	670,750	2,253,992	2,517,081

ตารางที่ 3.4.2 ตารางแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรอบปี 2561

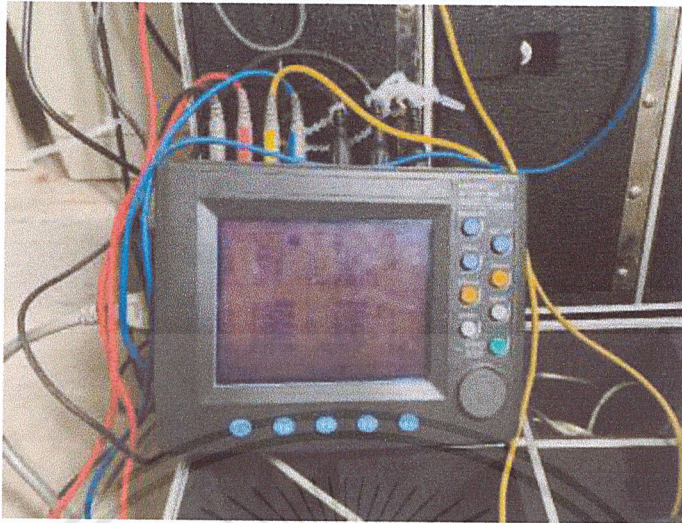
ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในระบบอัดอากาศ แสดงดังตารางที่ 3.4.3

เดือน	พลังงานไฟฟ้า ปี 2561		
	กำลังไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์)	ปริมาณ (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
มกราคม	111.44	82,909.00	302,617.85
กุมภาพันธ์	126.17	84,784.00	309,461.60
มีนาคม	145.17	108,009.00	394,232.85
เมษายน	100.84	72,604.00	265,004.60
พฤษภาคม	126.36	94,011.00	343,140.15
มิถุนายน	128.15	92,269.00	336,781.85
กรกฎาคม	124.36	92,526.00	337,719.90
สิงหาคม	131.15	97,579.00	356,163.35
กันยายน	128.79	92,731.00	338,468.15
ตุลาคม	111.23	82,757.33	302,064.27
พฤศจิกายน	118.73	85,487.00	312,027.55
ธันวาคม	86.76	64,549.00	235,603.85
รวม	1,439.16	1,050,215.33	3,833,285.97
เฉลี่ย	119.93	87,517.94	319,440.50

ตารางที่ 3.4.3 ตารางแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในระบบอัดอากาศปี 2561

3.4.3 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่ทำการศึกษา

ดำเนินการใช้เครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้าวัดตู้ MDB ของห้อง Compressor room เป็นเวลา 7 วัน เพื่อเก็บข้อมูลทางไฟฟ้าในเดือนสิงหาคมทั้งหมด เพื่อดูพฤติกรรมการใช้พลังงานทำการประเมินก่อนลงมือแก้ไขจุดลมรั่วและประเมินความสูญเสียที่เกิดขึ้นในการปรับปรุงต่อไป สรุปข้อมูลการตรวจวัดตู้ MDB ได้ดังตาราง 3.4.3

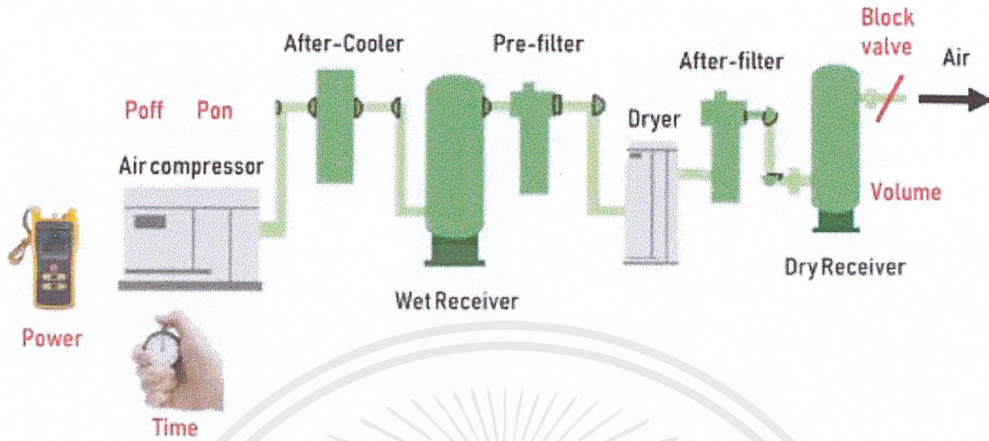


รูปที่ 3.4.5 แสดงการวัดค่าไฟฟ้าตู้ MDB

24/8/2019 – 1/9/2019	Voltage (V)	Current (A)	Power (kW)
Max	228.32	242.4	153.2
Min	221.38	119.7	68.8
Average	224.55	183.6	113.4
Total (kWh)	18,887.40		

ตารางที่ 3.4.4 ตารางแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าตู้ MDB ในวันที่ 24/8/2019 ถึง 1/9/2019

3.5 ข้อมูลการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ



รูปที่ 3.5.1 แสดงการทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

จากการทดสอบตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศเพื่อทำการประเมินสภาพก่อนปรับปรุง โดยการปรับตั้งความดันที่ 6.5 – 7.5 บาร์ (Poff,Pon) ทดสอบใช้เครื่องอัดอากาศแต่ละตัวอัดอากาศเข้าไปในถังเก็บอากาศขนาด 3,000 ลิตร (V) ทำการวัดกำลังไฟฟ้าและจับเวลาได้ดังตาราง 4.1.1 และ 4.1.2

ครั้งทดสอบ	กำลังไฟฟ้า (kW)			
	Air Comp. No.1	Air Comp. No.2	Air Comp. No.3	Air Comp. No.4
ครั้งที่ 1	46.28	36.78	47.40	36.75
ครั้งที่ 2	46.28	36.79	47.40	36.75
ครั้งที่ 3	46.29	36.80	47.39	36.75
ครั้งที่ 4	46.28	36.77	47.39	36.74
ครั้งที่ 5	46.29	36.79	47.39	36.74
เฉลี่ย	46.28	36.79	47.39	36.75

ตารางที่ 3.5.1 ตารางแสดงการวัดกำลังไฟฟ้าที่ทดสอบ

ครั้งที่ทดสอบ	เวลา (s)			
	Air Comp. No.1	Air Comp. No.2	Air Comp. No.3	Air Comp. No.4
ครั้งที่ 1	32.33	41.73	40.76	41.37
ครั้งที่ 2	32.33	41.74	40.75	41.38
ครั้งที่ 3	32.32	41.74	40.77	41.38
ครั้งที่ 4	32.32	41.73	40.76	41.37
ครั้งที่ 5	3.34	41.74	40.76	41.38
เฉลี่ย	32.33	41.74	40.76	41.38

ตารางที่ 3.5.2 ตารางแสดงการจับเวลาที่ทดสอบ

นำค่าที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหา กำลังไฟฟ้า (kW) ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (l / sec) ประสิทธิภาพ (l / sec / kW) ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (%) และประสิทธิภาพ (%) เพื่อวิเคราะห์ ประสิทธิภาพของเครื่องจักรอากาศปัจจุบัน โดยสามารถคำนวณได้ตามสูตรดังตาราง

รายละเอียด	สูตรคำนวณ
ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (l / sec)	$\frac{V \times (P_{off} - P_{on})}{T \times 1.013}$
ประสิทธิภาพ (l / sec / kW)	$\frac{\text{ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้}}{\text{กำลังไฟฟ้า}}$
ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (%)	$\frac{\text{ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้}}{\text{ปริมาณอากาศอัด FAD ของเครื่องอัดอากาศ (l/s)}}$
ประสิทธิภาพ (%)	$\frac{\text{ประสิทธิภาพ (l / sec / kw)}}{\text{ค่ามาตรฐานประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ (ภาคผนวก ก.)}}$

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ เท่ากับ 2.22

ตารางที่ 3.5.3 ตารางแสดงสูตรการคำนวณ

3.6 การวิเคราะห์ ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (รั้ว)

การประเมินสภาพโดยรวมของระบบอัดอากาศ เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนในการตัดสินใจว่า ภายในระบบอัดอากาศปัจจุบันมีอัตราการรั่วไหลของอากาศมากน้อยแค่ไหน ซึ่งตามมาตรฐาน Compressed Air System Optimization Essentials for Consultants, Unido ควรควบคุมให้ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัดในระบบท่อส่งสูงกว่า 90% อยู่เสมอ

จากการคำนวณหาประสิทธิภาพการส่งอากาศอัดเมื่อมีการรั่วไหล แสดงได้ดังตารางที่ 3.6.1

ปริมาณอากาศอัดที่ใช้เมื่อเปิดสายการผลิต			
เครื่องที่ 1	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	AE1	2.18	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL1		ทำงานตลอดเวลา
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU1		
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C1	100	%
กำลังไฟฟ้า	Pw1	46.28	กิโลวัตต์
เครื่องที่ 2			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	AE2	2.12	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL2	54.3	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU2	50.8	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C2	48.33	%
กำลังไฟฟ้า	Pw2	36.79	กิโลวัตต์
เครื่องที่ 3			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	AE3	1.69	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL3		ทำงานตลอดเวลา
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU3		
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C3	100	%
กำลังไฟฟ้า	Pw3	47.39	กิโลวัตต์
เครื่องที่ 4			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	AE4	2.14	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์

เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL4	13.5	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU4	2.1	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C4	13.46	%
กำลังไฟฟ้า	Pw4	36.75	กิโลวัตต์
ปริมาณอากาศอัดที่ใช้			
$AU = [AE1 \times Pw1 \times C1] + [AE2 \times Pw2 \times C2] +$...	AU	229.27	ลิตรต่อวินาที
ปริมาณอากาศอัดที่ใช้เมื่อปิดสายการผลิต			
เครื่องที่ 1	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	AE1	2.18	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL1	ปิดการทำงาน	
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU1		
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C1	0	%
กำลังไฟฟ้า	Pw1	0	กิโลวัตต์
เครื่องที่ 2			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	AE2	2.12	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL2	ปิดการทำงาน	
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU2		
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C2	0	%
กำลังไฟฟ้า	Pw2	0	กิโลวัตต์
เครื่องที่ 3			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	AE3	1.69	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL3	19.9	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU3	13.5	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C3	100	%
กำลังไฟฟ้า	Pw3	47.39	กิโลวัตต์
เครื่องที่ 4			
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	AE4	2.14	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL4	ปิดการทำงาน	
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU4		
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C4	0	%
กำลังไฟฟ้า	Pw4	0	กิโลวัตต์

ปริมาณอากาศอัดที่ใช้ เมื่อรั่ว			
$AL = [AE1 \times Pw1 \times C1] + [AE2 \times Pw2 \times C2] + \dots$	AU	32.37	ลิตรต่อวินาที
อัตราการรั่วของอากาศอัด			
$\%leak = AL / (AU - AL)$	$\%leak$	16.44	%
ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด			
$Tr = 100 - \%leak$	Tr	83.56	%

ตารางที่ 3.6.1 ตารางแสดงการคำนวณประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (รั่ว)

จากการหาประสิทธิภาพการส่งอากาศอัดเมื่อมีอากาศอัดรั่ว พบว่ามีอัตราการรั่วไหลของอากาศอยู่ที่ 16.44 % หรือมีประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด 83.56% ซึ่งน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่ต้องการให้ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัดสูงกว่า 90% หรือให้มีอัตราการรั่วไหลน้อยกว่า 10% แสดงว่าโรงงานที่ทำการศึกษาคควรมีการแก้จุดลมรั่วที่เกิดขึ้น

3.7 การวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง

จากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของ Air Compressor จำนวน 4 ตัว ในเดือนสิงหาคมเพื่อใช้เป็นข้อมูลเพื่อวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าก่อนการปรับปรุงแก้ไขจุดลมรั่วในระบบ พบว่า เครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 1 ใช้กำลังไฟฟ้า 46.42 กิโลวัตต์ เครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 2 ใช้กำลังไฟฟ้า 22.13 กิโลวัตต์ เครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 3 ใช้กำลังไฟฟ้า 47.90 กิโลวัตต์ และเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 4 ใช้กำลังไฟฟ้า 5.32 กิโลวัตต์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้ายรวม 121.78 กิโลวัตต์ มีการใช้งาน 24 ชั่วโมง จะได้ว่า

$$\text{ค่าพลังงานไฟฟ้า} = \text{กำลังไฟฟ้า} \times \text{จำนวนชั่วโมง} \times \text{จำนวนวัน}$$

$$= 121.78 \text{ kW} \times 24 \text{ hour} \times 31 \text{ day}$$

$$= 90,604.32 \text{ หน่วย}$$

$$= 339,766.20 \text{ บาท}$$

3.8 การสำรวจลมรั่วในระบบอัดอากาศ

เนื่องจากโรงงานได้ว่า เซโกะเป็นโรงงานที่มีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง และในเดือนของการทำการศึกษาที่กำลังผลิตเพิ่มขึ้น ความสูญเสียของปริมาณลมรั่วไหลในระบบอัดอากาศจึงหาได้จากการสำรวจจุดลมรั่วในระบบอัดอากาศเฉพาะจุด โดยมีการค้นหาจุดลมรั่วจากการฟังเสียง ใช้มือสัมผัสบริเวณข้อต่อต่างๆ และใช้ฟองสบู่บริเวณจุดที่สงสัยว่ามีรอยรั่วของอากาศอัด ก่อนจะทำการประเมินว่ารอยรั่วว่าเกิดการสูญเสียพลังงานมากน้อยเพียงใด



บทที่ 4

ผลการวิจัย

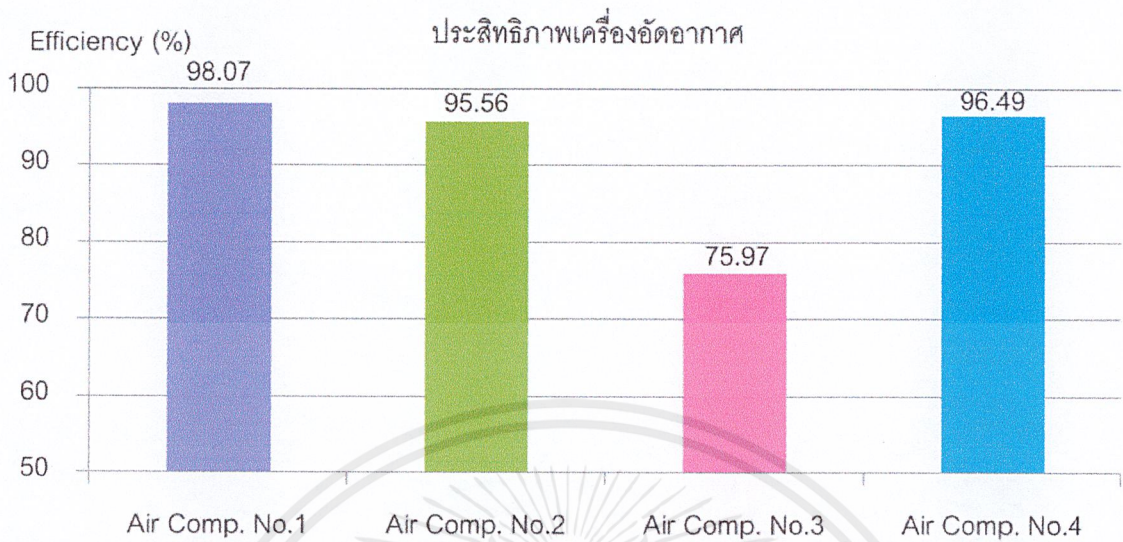
4.1 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

จากการคำนวณหาประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศสามารถสรุปได้ดังตาราง 4.1.1

Air Compressor	Air Comp. No.1	Air Comp. No.2	Air Comp. No.3	Air Comp. No.4
กำลังไฟฟ้า (kW)	46.28	36.79	47.39	36.75
ปริมาณอากาศอัด FAD (l/s)	114.33	88.00	103.83	89.29
ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (l / sec)	100.76	78.05	79.92	78.73
ประสิทธิภาพ (l / sec / kW)	2.18	2.12	1.69	2.14
ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ (%)	88.13	88.69	76.97	89.29
ประสิทธิภาพ (%)	98.07	95.56	75.97	96.49

ตารางที่ 4.1.1 ตารางแสดงประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.1 กราฟแสดงประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

จากรูปที่ 4.1.1 จะเห็นได้ว่าเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 1 เครื่องที่ 2 เครื่องที่ 4 มีประสิทธิภาพสูงเกิน 90% เครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 3 มีประสิทธิภาพประมาณ 75.97% ซึ่งเป็นเครื่องที่เดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมงทำให้เครื่องจักรเสื่อมสภาพเร็วกว่า เครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 3 จึงเหมาะสำหรับการปรับปรุงในระบบอัดอากาศ

4.2 ผลการคำนวณหาปริมาณลมรั่วและความสูญเสีย

ลักษณะการรั่วของลม มีอยู่ 2 ลักษณะ คือการรั่วตรงและการรั่วซึม การรั่วที่เกิดจากรั่วตรง เช่น ท่อลมเกิดสนิมกัดกร่อนทำให้เกิดรูรั่วที่ท่อ หรือ เกิดการแตกรั่วที่ท่อ มักจะพบที่จุดควบคุมนิวเมติกส์ (Pneumatic) เช่น การรั่วไหลของวาล์วควบคุม หรือชุดปรับลดแรงดันก่อนเข้าอุปกรณ์

การรั่วที่เกิดจากรั่วซึม เช่น ลมรั่วที่เกิดขึ้นบริเวณข้อต่อต่างๆไม่ว่าจะเป็นข้องอ, จุดเชื่อมต่อต่างๆ การรั่วซึมสังเกตได้ยาก เสียงเบา และมักจะละเลยเพราะคิดว่าสูญเสียพลังงานไปไม่มาก

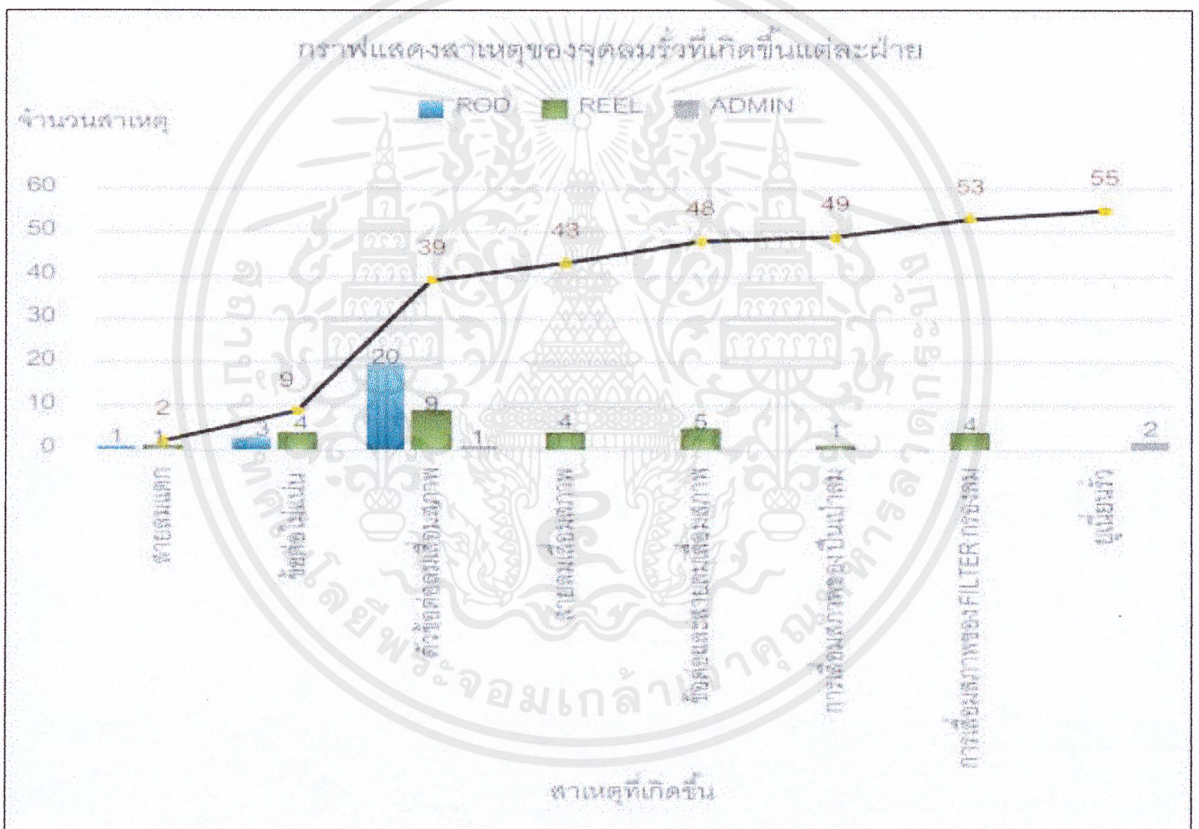
จากโรงงานที่ศึกษาสามารถสรุปปริมาณลมรั่วและความสูญเสียได้ดังตาราง 4.2.1

Process	ความดัน (bar)	รูรีวดรง					รูรีวซีม				
		จุดรีว (จุด)	ขนาด (mm)	ปริมาณลมรีว (l/sec)	กำลังไฟฟ้า (kw)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	จุดรีว (จุด)	ขนาด (mm)	ปริมาณลม รีว (l/sec)	กำลังไฟฟ้า (kw)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ROD											
Tubular	4					-	1	1	0.47	0.1	3,267
	4.5	1	0.3	0.08	0.02	653					-
	5					-	8	1	0.57	0.13	33,977
	6	1	1	1.11	0.29	9,474					-
Paint	4					-	1	1	0.47	0.1	3,267
	4.5					-	1	1	0.52	0.11	3,594
	5					-	3	1	0.57	0.13	12,741
	6					-	1	1	0.66	0.17	5,554
Fishing	5					-	1	1	0.57	0.13	4,247
	6					-	3	1	0.66	0.17	16,662
Assembly	5					-	1	3	5.11	1.2	39,204
	6					-	2	1	0.66	0.17	11,108
Packing	6					-	1	1	0.66	0.17	5,554
						-	1	3	5.96	1.56	50,965
Total		2				10,128	24				190,139
REEL											
Diecast Finishing	6	7	0.3	0.1	0.03	6,861					-
Injection	4	1	0.3	0.07	0.01	327					-
	6	1	0.3	0.1	0.03	980					-
Machine	6	8	0.3	0.09	0.02	5,227					-
	6	2	0.5	0.24	0.06	3,920					-
	6					-	1	3	5.11	1.2	39,204
Spray	5	5	1	0.95	0.22	35,937					-
	5					-	1	1	0.57	0.13	4,247
Assembly	5	2	0.3	0.09	0.02	1,307					-
Total		26				54,559	2				43,451
ADMIN											
Admin	6	3	0.7	0.54	0.14	13,721					-
Total		3				13,721	0				-

ตารางที่ 4.2.1 ตารางสรุปปริมาณลมรีวและความสูญเสีย

จากตารางข้างต้นพบว่า มีจุดลมรั่วจากรูรั่วตรงอยู่ 31 จุด และมีจุดลมรั่วจากรูรั่วซึมนอยู่ 26 จุด รวมทั้งสิ้น 57 จุด คิดเป็นปริมาณลมที่สูญเสียได้ 1,051,294 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมูลค่าความสูญเสีย 311,999 บาทต่อปี ประหยัดพลังงานได้ถึง 9.29 กิโลวัตต์ เห็นได้ว่าในระบบอัดอากาศนั้นควรมีการบำรุงรักษาคอยป้องกันจุดลมรั่วเพื่อลดความสูญเสียที่ไม่จำเป็นในโรงงานได้ ค่าใช้จ่ายที่ลงทุนในการซ่อมจุดลมรั่วเท่ากับ 12,416 บาท คิดเป็นระยะการคืนทุน 0.48 เดือน

ซึ่งสาเหตุการจุดลมรั่วแต่ละฝ่ายที่ก่อให้เกิดความสูญเสียพลังงานหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น แสดงให้เห็นได้ตามรูปที่ 4.2.1

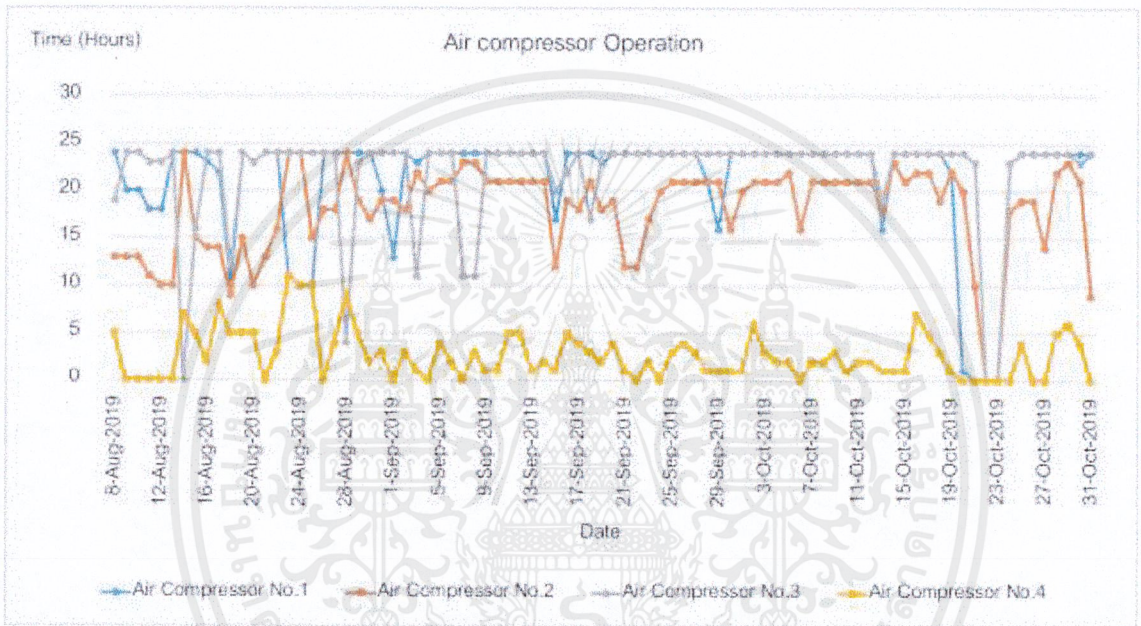


รูปที่ 4.2.1 กราฟแสดงสาเหตุของจุดลมรั่วที่เกิดขึ้นแต่ละฝ่าย

เมื่อสามารถจำแนกหาสาเหตุที่มาของความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้ ก็สามารถหาวิธีการป้องกันและแก้ไขไม่ให้เกิดซ้ำได้ในที่สุด และยังเป็น การคาดการณ์ด้วยว่าบริเวณไหนที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดลมรั่วเกิดขึ้นได้อีกด้วย

4.3 สรุปชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดอากาศก่อนและหลังปรับปรุง

จากการเก็บข้อมูลชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดอากาศทั้ง 4 เครื่อง ในระยะเวลา 3 เดือน พบว่าเครื่องอัดอากาศบางตัวทำงานตลอดเวลา 24 ชั่วโมงโดยไม่มีการพักเครื่อง เนื่องจากต้องรักษาระดับแรงดันให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต ถ้ามีการพักเครื่องจะส่งผลต่อเครื่องจักรเกือบทั้งหมด ซึ่งมีพฤติกรรมการทำงานดังรูปที่ 4.3.1 และแสดงให้เห็นชั่วโมงการทำงานรวมก่อนและหลังปรับปรุงได้ตามตารางที่ 4.3.1



รูปที่ 4.3.1 กราฟแสดงชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

เครื่องอัดอากาศ	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		ชั่วโมงเฉลี่ย	ชั่วโมงรวม 3 เดือน
	ส.ค. 62	ก.ย. 62	ต.ค. 62			
เครื่องที่ 1	661	689	638		663	1988
เครื่องที่ 2	469	582	569		540	1620
เครื่องที่ 3	671	668	688		676	2027
เครื่องที่ 4	124	63	64		84	251
ชั่วโมงรวม 1 เดือน	1925	2002	1959			

ตารางที่ 4.3.1 ตารางสรุปชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

จากตารางสรุปชั่วโมงการทำงานของเครื่องอัดอากาศ พบว่าหลังจากการปรับปรุงโดยการแก้ไขจุดลมรั่วของเดือนกันยายน เพิ่มขึ้นจากเดือนสิงหาคมเนื่องจากการผลิตเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ต้องใช้ปริมาณลมเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาแรงดันให้เพียงพอต่อความต้องการ

พฤติกรรมการใช้งานของเครื่องอัดอากาศทั้งสี่เครื่องจากชั่วโมงการทำงานนั้น เครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 3 ทำงานชั่วโมงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เครื่องที่ 2 ทำงานชั่วโมงเฉลี่ย 18 ชั่วโมง และเครื่องที่ 4 ทำงานชั่วโมงเฉลี่ย 3 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าปริมาณลมในระบบไม่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากการที่เครื่องที่ 2 ทำงานขึ้นมาพร้อมกับเครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 3 ซึ่งมีขนาดมากที่สุด

4.4 ผลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

เดือน	ค่าไฟฟ้าปี 2562		
	กำลังไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์)	ปริมาณ (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
ก่อนปรับปรุง			
สิงหาคม	121.78	90,604.00	339,765.00
หลังปรับปรุง			
กันยายน	127.72	91,960.00	344,850.00
ตุลาคม	121.83	90,641.52	339,905.70

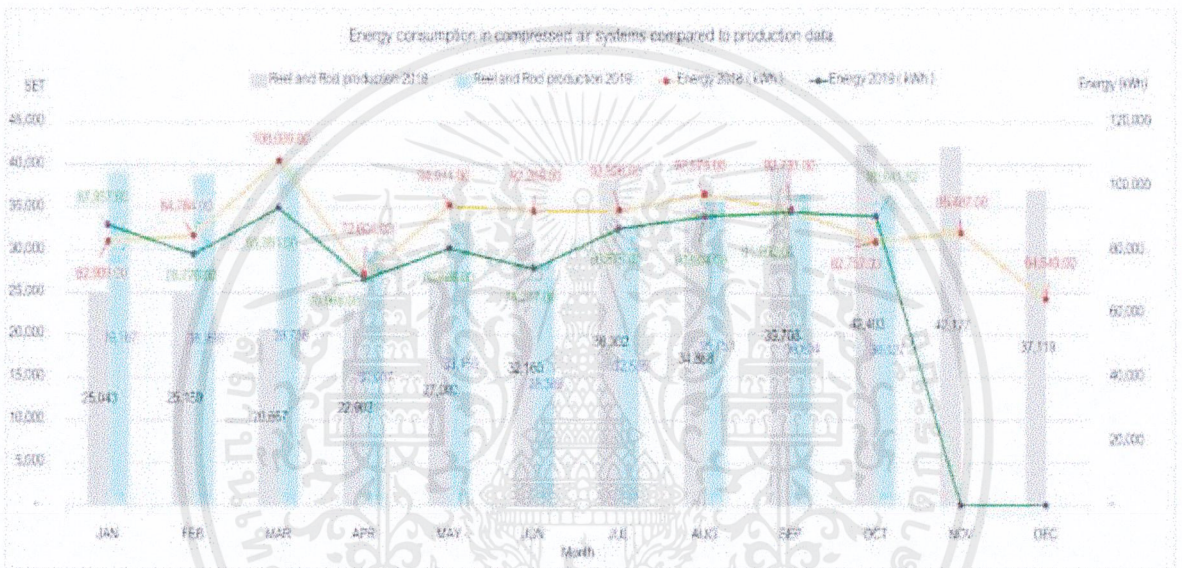
ตารางที่ 4.4.1 ตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

ค่าพลังงานหลังปรับปรุงในเดือนกันยายนและเดือนตุลาคมมีค่ามากกว่าค่าพลังงานก่อนปรับปรุง เนื่องจากการผลิตที่เพิ่มขึ้นในการทำงานของเครื่องจักรเข้าใหม่ที่ตั้งตั้งเพิ่ม ทำให้ใช้พลังงานมากขึ้น จึงไม่สามารถบอกผลการเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงได้ จึงคิดเทียบเป็นผลประหยัดเมื่อเทียบกับปี 2561

จากตารางที่ 4.2.1 จะเห็นได้ว่าการแก้ไขจุดลมรั่วไปได้ 57 จุด ประหยัดพลังงานได้ถึง 9.29 กิโลวัตต์ คิดเป็นมูลค่าความสูญเสียที่ประหยัดได้เท่ากับ 311,999 บาทต่อปี ซึ่งมีค่าใช้จ่ายไฟฟ้าในปี 2561 รวมเท่ากับ 30,204,970 บาท คิดเป็นผลประหยัดในการแก้ไขอากาศรั่วไหลได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ผลประหยัดเทียบกับค่าไฟฟ้าปี 2561} &= \frac{\text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี}}{\text{ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าปี 2561}} \times 100\% \\
 &= \frac{311,999}{30,204,970} \times 100 \\
 &= 1.03\%
 \end{aligned}$$

กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในปี 2561 และปี 2562 แสดงดังรูปที่ 4.4.1



รูปที่ 4.4.1 กราฟแสดงการใช้พลังงานในระบบอัดอากาศเทียบกับข้อมูลการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้วิจัยถึงการประเมินหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ ประเมินประสิทธิภาพการส่งพลังงานอากาศอัดในระบบท่อส่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อค้นหาความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากอากาศรั่วไหลในระบบอัดอากาศ การสำรวจจุดลมรั่ว เพื่อเพิ่มมาตรการบำรุงรักษาและป้องกันการเกิดจุดลมรั่วที่เกิดขึ้นได้เมื่อทำการแก้ไขจะช่วยประหยัดพลังงานที่ใช้ในการผลิตอากาศอัด เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้ของเครื่องจักรทั้งหมดได้โดยการลงทุนที่น้อยที่สุด

5.2 สรุปการประเมินประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ และประสิทธิภาพการส่งพลังงานในระบบท่อส่ง

ในการประเมินหาประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศแต่ละเครื่องพบว่า เครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 98.07% และเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำสุดคือ 75.97%

ในการประเมินหาประสิทธิภาพการส่งพลังงานในระบบท่อส่งอากาศพบว่า ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัดมีค่าอยู่ที่ 83.56% หรืออัตรารั่วไหลของระบบอัดอากาศอยู่ที่ 16.44% ซึ่งมีค่าอัตรารั่วสูงกว่า 10% แสดงว่ามีการจุดลมรั่วไหลในระบบ ถ้าหากสามารถลดอัตรารั่วไหลในระบบได้ ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ถึง 16.44% ของค่าใช้จ่ายรวมของระบบอากาศอัด

5.3 สรุปผลการแก้ไขจุดลมรั่ว

จากข้อมูลการวิเคราะห์หาลมรั่วในระบบอากาศอัด พบว่ามีการแก้ไขอากาศรั่วไหลทั้งหมด 57 จุด สามารถประหยัดพลังงานไปได้ถึง 311,999 บาทต่อปี และลดปริมาณลมรั่วไหลถึง 1,051,294 ลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยการลงทุน 12,416 บาท ทำให้มีระยะเวลาคืนทุนเพียง 0.48 เดือน

โดยมีสาเหตุหลักมาจากตัวข้อต่อลมที่เสื่อมสภาพหรือขันไม่แน่น สายลมและการเสื่อมสภาพของฟิลเตอร์กรองลมและเรคกูเรเตอร์ ซึ่งสามารถเพิ่มมาตรการการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ในการตรวจเช็คสภาพสายลมหรือข้อต่อที่ใช้งานบ่อยๆ ได้ เพื่อลดอัตราการเกิดของจุดลมรั่วได้มากขึ้น

5.4 สรุปการเปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

จากข้อมูลการใช้พลังงานในระบบอากาศอัดเทียบกับข้อมูลการผลิตในปี 2561 และปี 2562 เห็นได้ว่า มีผลประหยัดลดลงจากการใช้ไฟฟ้าในระบบอากาศอัดเทียบกับปี 2561 เท่ากับ 1.03%

โดยในเดือนสิงหาคมระยะเวลาก่อนปรับปรุง คิดเป็นค่าใช้จ่ายในระบบอากาศอัดเท่ากับ 339,765 บาท และในเดือนกันยายนและเดือนตุลาคมระยะเวลาหลังปรับปรุง คิดเป็นค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในระบบอากาศอัดเท่ากับ 342,377.85 บาท ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น 2,612.85 บาทเป็นผลมาจากการติดตั้งเครื่องจักรใหม่เพิ่มและกำลังการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น

5.5 ข้อเสนอแนะสำหรับโครงการในอนาคต

จัดซื้อเครื่องมือการวัดค่าไฟฟ้าเพื่อความสะดวกในการใช้งานในการประเมินค่าในระบบต่างๆ เพราะมีความล่าช้าในการยืมเครื่องจาก maker เพื่อทำการประเมินระบบ

จัดวางแผนสำหรับกิจกรรมการปรับปรุงตารางการซ่อมแซมที่รอดำเนินการให้สำเร็จ การรั่วไหลของอากาศจะต้องไม่ถูกปล่อยให้ไม่ได้รับการแก้ไข และต้องตรวจสอบและบำรุงรักษาตลอดเวลา

ลดความเสี่ยงในการเกิดการเบรกดาวน์และการเสื่อมสภาพของเครื่องอัดอากาศจากการเดินเครื่องตลอดเวลาโดยไม่มีการหยุดพัก

ทางเลือกที่ 1 การเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศเป็นประสิทธิภาพสูง

พิจารณาเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศเครื่องที่สาม จากเดิมที่มีประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ 1.69 Liter/s/kW โดยได้เก็บข้อมูลเพื่อประเมินความคุ้มค่าในการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศดังนี้

ช่วงเวลาทำงานเครื่องอัดอากาศทำงานตลอดเวลา (Cycle = 100%)

เวลาทำงาน (H) ของโรงงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน

วันทำงานใน 1 ปี (DY) เท่ากับ 363 วัน

กำลังไฟฟ้า (Pw) เท่ากับ 47 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้า (B) 3.75 บาทต่อหน่วย

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณพลังงานที่เครื่องอัดอากาศเก่าใช้} &= (\text{Cycle}) \times (\text{Pw}) \times (\text{H}) \times (\text{DY}) \\ &= 100\% \times 47 \times 24 \times 363 \\ &= 409,464 \quad \text{หน่วยต่อปี} \\ &= 1,535,490 \quad \text{บาทต่อปี} \end{aligned}$$

พิจารณาปรับเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ เป็นเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพ 2.22 Liter/s/kW ดังนั้นสามารถประเมินผลการประหยัดจากการปรับเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{พลังงานที่ประหยัดได้} &= \text{ปริมาณพลังงานที่เครื่องอัดอากาศเก่าใช้} \times \left[1 - \frac{\text{ประสิทธิภาพเดิม}}{\text{ประสิทธิภาพใหม่}} \right] \\ &= 409,464 \times \left[1 - \frac{1.69}{2.22} \right] \\ &= 97,754.92 \quad \text{หน่วยต่อปี} \\ &= 366,580.95 \quad \text{บาทต่อปี} \end{aligned}$$

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เงินลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศใหม่ ประมาณ 1,000,000 บาท

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี}} \\ &= \frac{1,000,000}{366,580.95} \end{aligned}$$

	=	2.73 ปี
	=	2 ปี 9 เดือน
ระยะเวลาโครงการ	=	5 ปี
NPV	=	690,884.64 บาท
IRR	=	24.31%

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศที่มีขนาดเท่าเดิม คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 9 เดือน มีค่า NPV เป็นบวกคือ 690,884.64 บาท และมีค่า IRR เท่ากับ 24.31% ซึ่งถือว่าเป็นโครงการที่น่าลงทุนในระยะเวลาโครงการ 5 ปี

ทางเลือกที่ 2 การเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศให้มีขนาดสูงขึ้น 1 เครื่อง

เนื่องจากโรงงานมีแนวโน้มว่าการผลิตจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ปริมาณลมของเครื่องอัดอากาศไม่เพียงพอต่อการใช้ จากเครื่องอัดอากาศทั้ง 4 เครื่อง เครื่องอัดอากาศขนาด 55 kW จำนวน 2 เครื่องใช้งานตลอดเวลา 24 ชั่วโมงตลอดวันทำงาน จึงมีความเสี่ยงที่ถ้าเครื่องอัดอากาศกำลังสูงเกิดการเบรกตัว จะทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงัก ต้องสูญเสียเวลาในการผลิตจนกระทั่งไม่สามารถผลิตได้ทันตามกำหนด จึงเพิ่มขนาดความสามารถของเครื่องอัดอากาศให้มีขนาด 75 kW แทนเครื่องอัดอากาศที่ 3

พิจารณาปรับเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ เป็นเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพ 2.44 Liter/s/kW ดังนั้นสามารถประเมินผลการประหยัดจากการปรับเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{พลังงานที่ประหยัดได้} &= \text{ปริมาณพลังงานที่เครื่องอัดอากาศเก่าใช้} \times \left[1 - \frac{\text{ประสิทธิภาพเดิม}}{\text{ประสิทธิภาพใหม่}} \right] \\
 &= 409,464 \times \left[1 - \frac{1.69}{2.44} \right] \\
 &= 125,859.84 \text{ หน่วยต่อปี} \\
 &= 471,974.39 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เงินลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศใหม่ ประมาณ 1,000,000 บาท

ค่าใช้จ่ายซื้อถังพักอากาศเพิ่ม ประมาณ 300,000 บาท

รวมค่าใช้จ่ายประมาณ 1,300,000 บาท

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี}} \\ &= \frac{1,300,000}{471,974.49} \\ &= 2.75 \text{ ปี} \\ &= 2 \text{ ปี } 9 \text{ เดือน} \\ \text{ระยะเวลาโครงการ} &= 5 \text{ ปี} \\ \text{NPV} &= 877,020.49 \text{ บาท} \\ \text{IRR} &= 23.84\% \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศที่มีขนาดสูงขึ้นเป็น 75 กิโลวัตต์ คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 9 เดือน มีค่า NPV เป็นบวกคือ 877,020.49 บาท และมีค่า IRR เท่ากับ 23.84% ซึ่งถือว่าเป็นโครงการที่น่าลงทุนในระยะเวลาโครงการ 5 ปี

จากข้อมูลมูลค่าความสูญเสียของลมรั่ว ควรมีการตรวจสอบตามแผนในการดูแลในระบบอัดอากาศเช่น บริเวณข้อต่อและสายลม หรือมีการเดินสำรวจรอยรั่วอยู่เป็นประจำและแก้ไขทันที

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2560 คู่มือฝึกอบรม การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน, สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรุงเทพฯ, หน้า 136 - 155

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2552 คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, หน้า 105 - 109.

สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม, 2557 การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ, ศูนย์เผยแพร่แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ

อัจฉราภรณ์ พักแสง, 2556, การจัดการพลังงานของระบบอัดอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตขวดแก้ว, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. ตารางเปรียบเทียบเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ

การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องอัดอากาศ									
ประเภทเครื่องอัด	ประเภทการหล่อลื่น	ประเภทการระบายความร้อน	อัตราการผลิตอากาศอัด /s	พลังงานไฟฟ้าในการอัดที่ 7 บาร์ kW/Is	พลังงานการทำงานของเครื่องอัด /s/kW	ประสิทธิภาพที่เริ่มการไหล	ประสิทธิภาพการลงทุน	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 – 1,000	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 – 1,000	0.41	2.44	ดีมาก	สูง	สูง	สะอาด
สปริง	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 – 1,000	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 – 1,000	0.38	2.63	ดี	สูง	ปานกลาง	สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ										
ประเภทเครื่องอัด	ประเภทการหล่อลื่น	ประเภทการระบายความร้อน	อัตราการผลิตอากาศอัด /s	พลังงานไฟฟ้าในการอัดที่ 7 บาร์ kW/IS	พลังงานที่ส่งมอบให้เครื่องปรับอากาศ	ประสิทธิภาพที่พลังงาน	ประสิทธิภาพที่ไอโบลด	การลงทุน	ค่าบำรุงรักษา	คุณภาพอากาศที่ผลิต
โรตารีเวน	Oil Injected	Air	2 – 25	0.52	1.92	ดี	ดี	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
	Oil Injected	Air	25 – 250	0.45	2.22	พอใช้	พอใช้	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
แบบหมุนเหวี่ยง	Oil Free	Water	250 – 1,000	0.45	2.22	ดี	ดี	ปานกลาง	ปานกลาง	สะอาด
	Oil Free	Water	1,000 – 2,000	0.39	2.56	ดีมาก	ดีมาก	ปานกลาง	ต่ำ	สะอาด
	Oil Free	Water	มากกว่า 2,000	0.36	2.78	ดีมาก	ดีมาก	สูง	ต่ำ	สะอาด

ที่มา : เทคนิคการตรวจวัดภาระที่พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ ก.1 ตารางเปรียบเทียบเครื่องอัดอากาศประเภทต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. ผลการตรวจวัดเครื่องอัดอากาศ

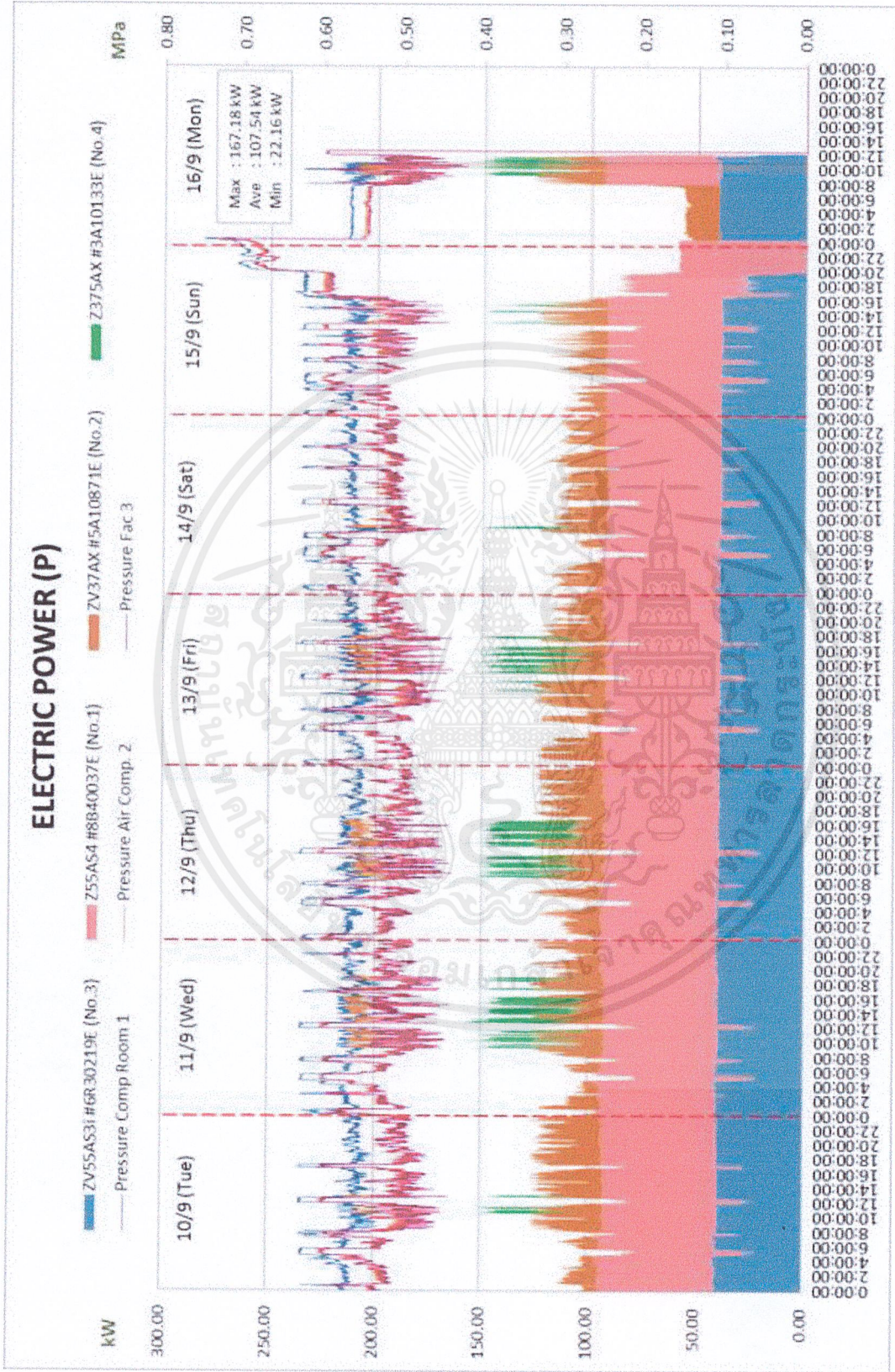
Customer No.	Model	Serial No.	STD	
			Electric Power (kW)	Flow Rate (m ³ /min)
No.1	Z55AS4	8B40037E	55	9.5
No.2	ZV37AX	5A10871E	37	7.0
No.3	ZV55AS3i	6R30219E	55	9.5
No.4	Z375AX	3A10133E	37	6.9
Total 4 M/Cs			<u>184</u>	<u>32.9</u>

ตารางที่ ข.1 ตารางข้อมูลเครื่องอัดอากาศ

Customer No.	Model	Serial No.	STD	
			Electric Power (kW)	Flow Rate (m ³ /min)
No.1	Z55AS4	8B40037E	60.54	54.13
No.2	ZV37AX	5A10871E	35.29	18.66
No.3	ZV55AS3i	6R30219E	44.73	38.43
No.4	Z375AX	3A10133E	42.16	33.93
Total 4 M/Cs			<u>182.72</u>	<u>145.15</u>
			<u>29.53</u>	<u>21.46</u>

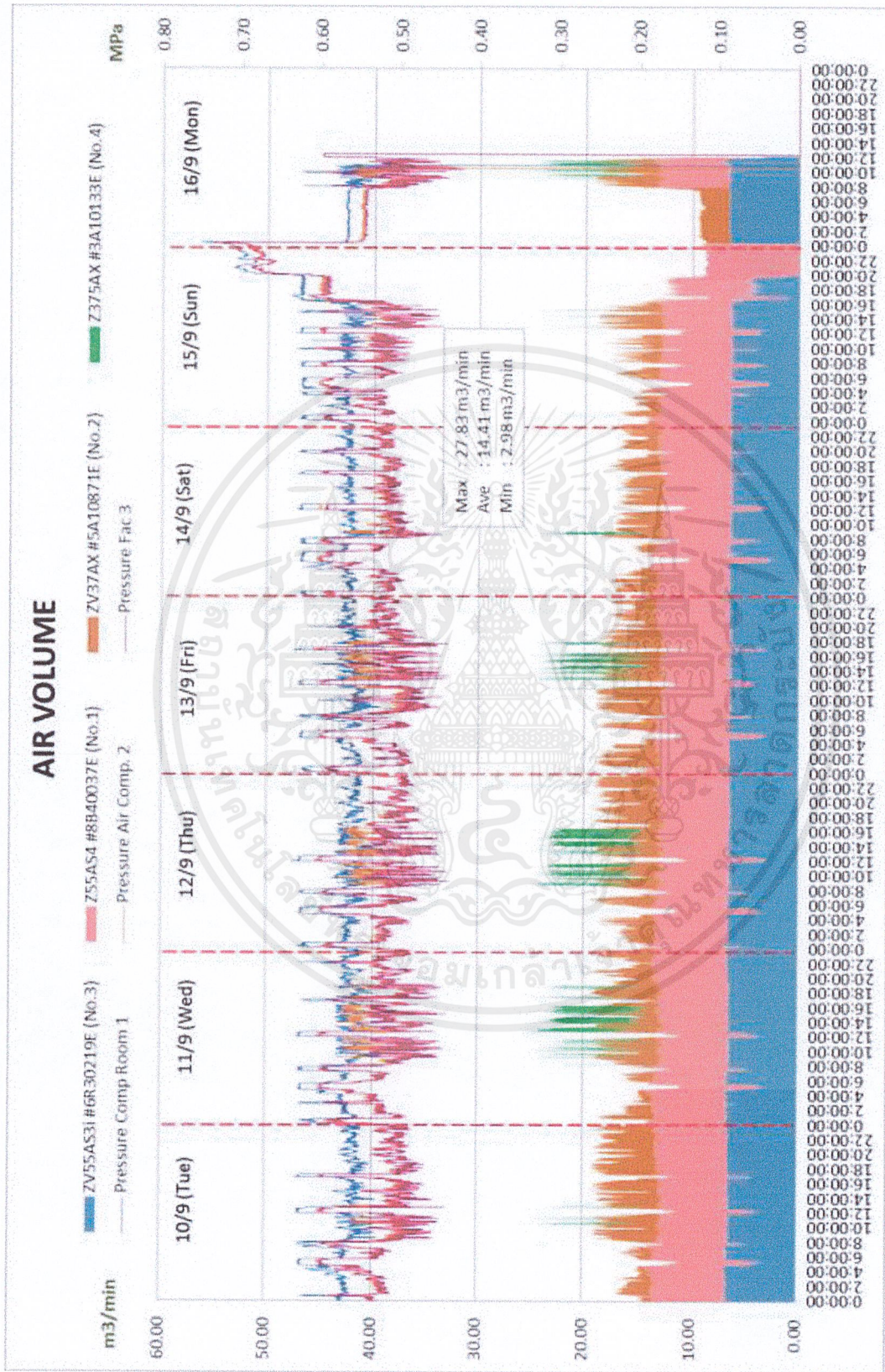
ตารางที่ ข.2 ตารางผลการตรวจวัดเครื่องอัดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



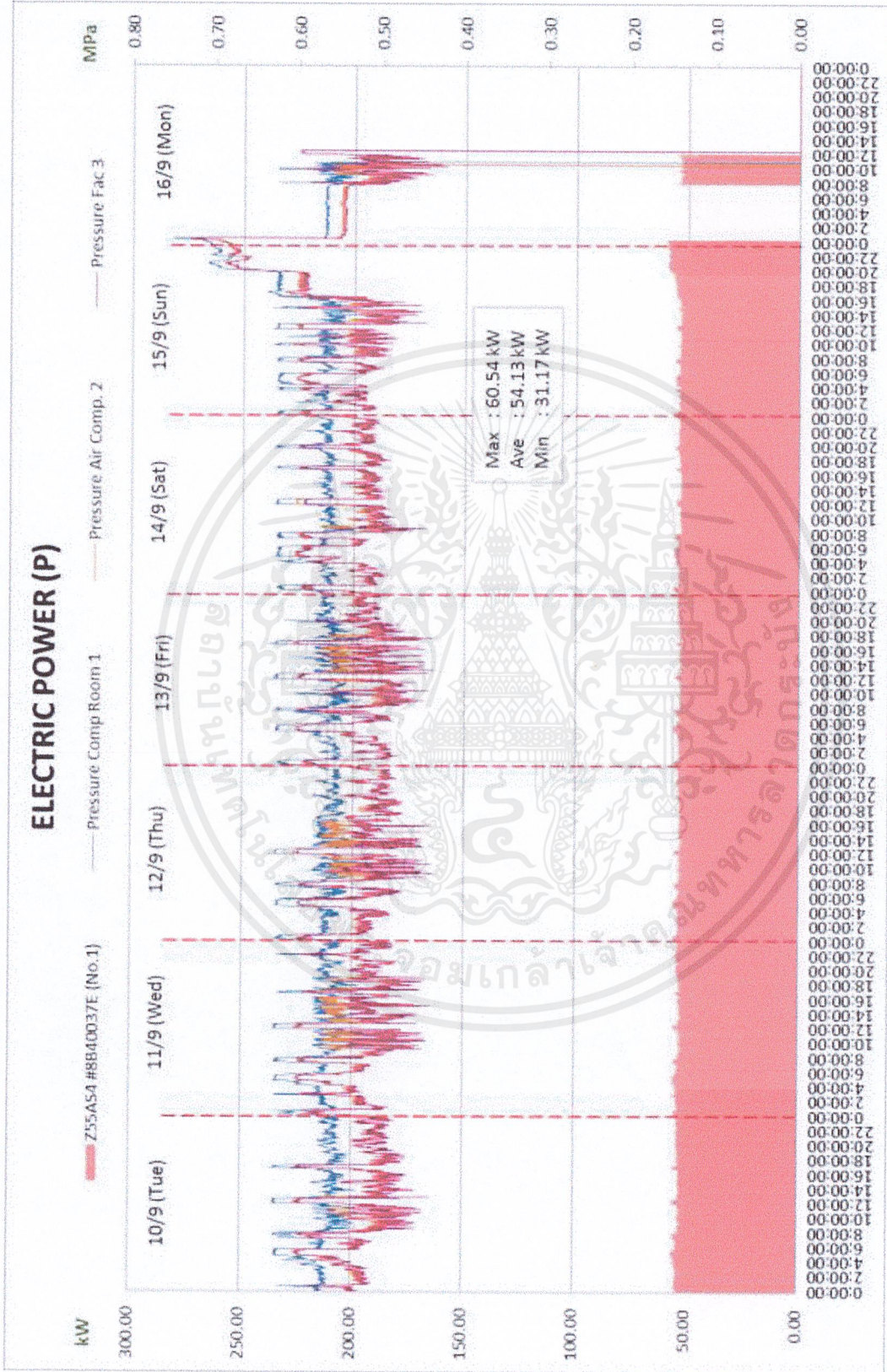
รูปที่ 1.1 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอากาศัด 4 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



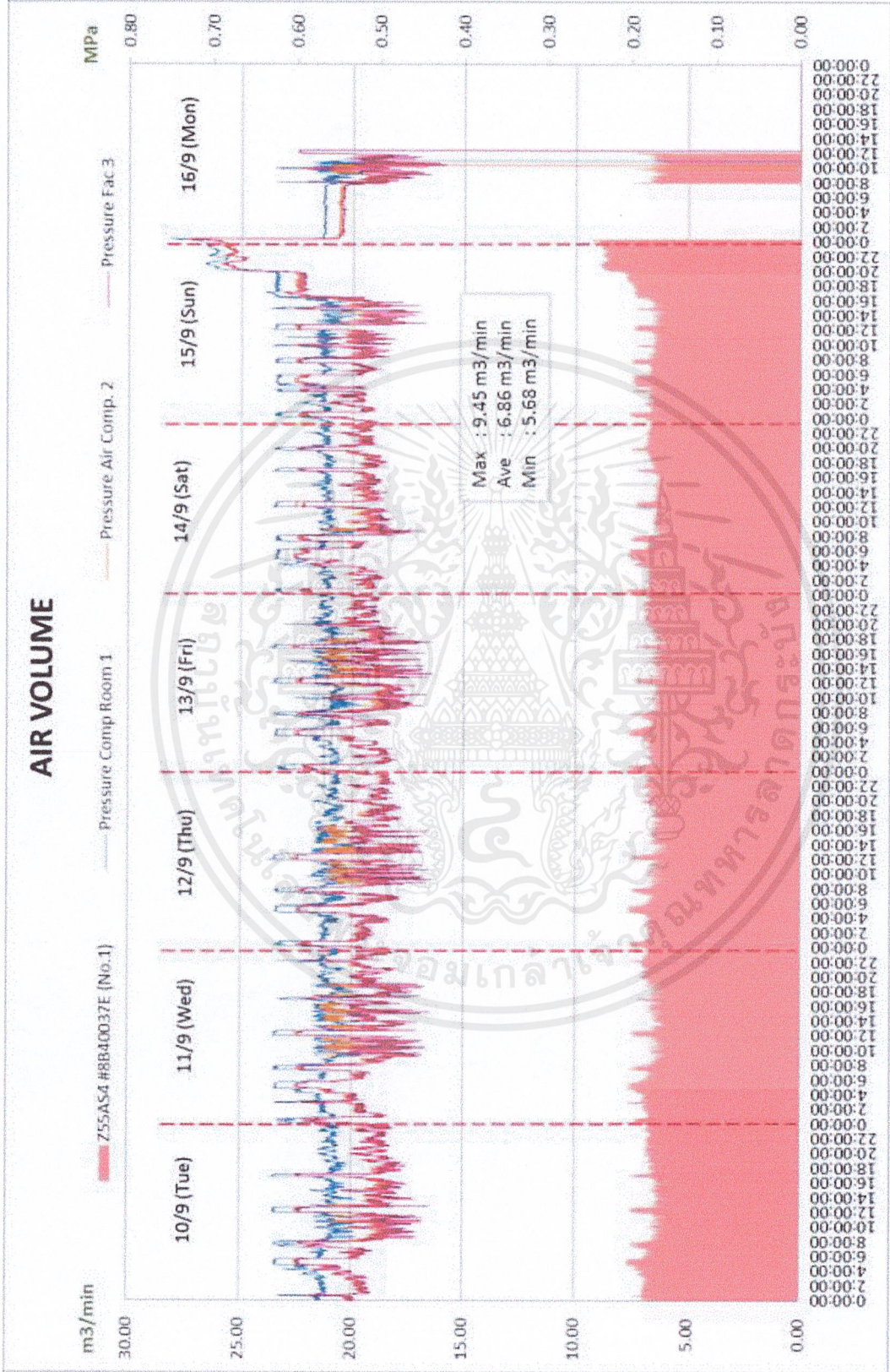
รูปที่ ข.2 กราฟแสดงการใช้ปริมาณลมของเครื่องอากาศัด 4 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



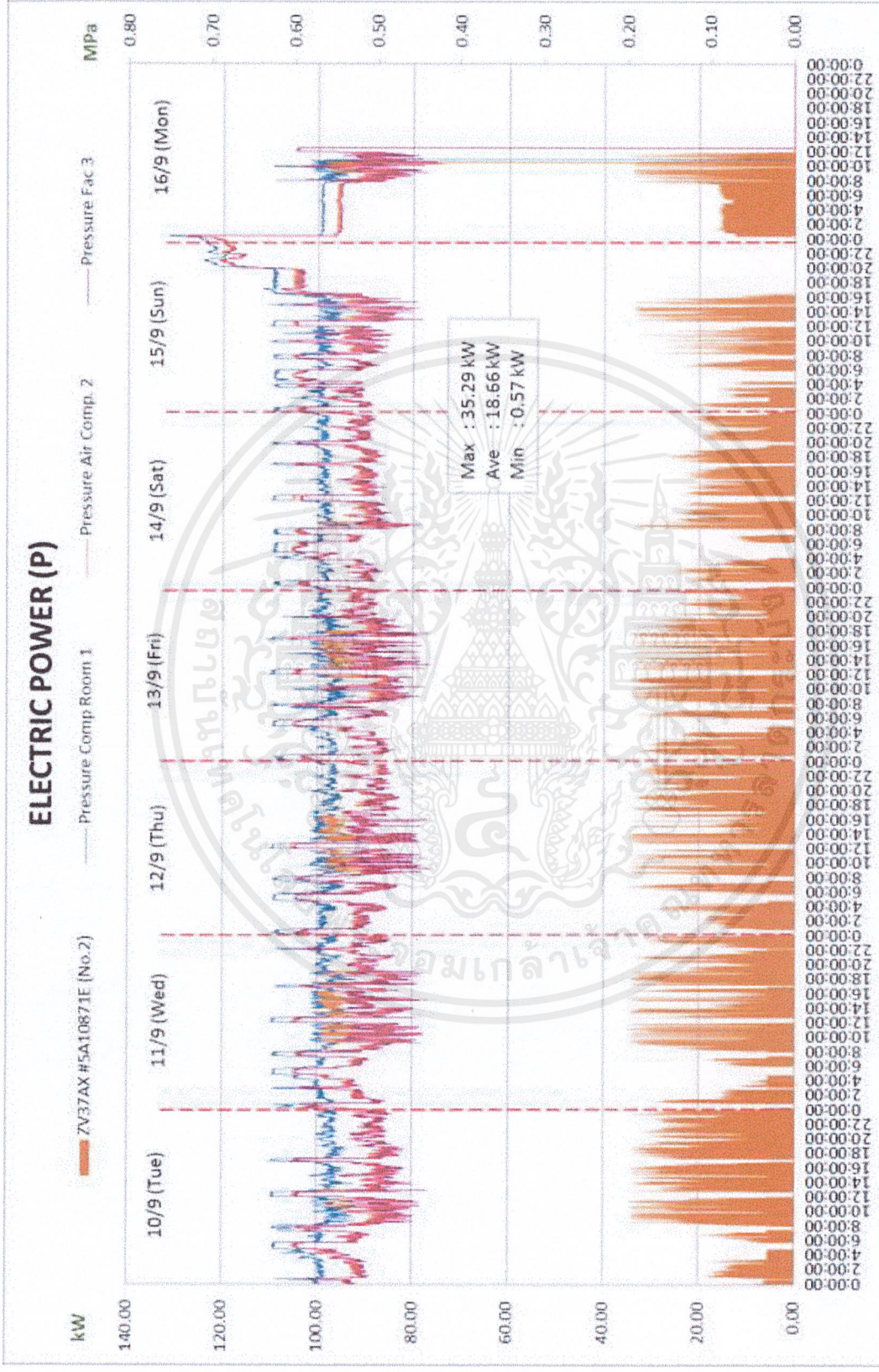
รูปที่ ข.3 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



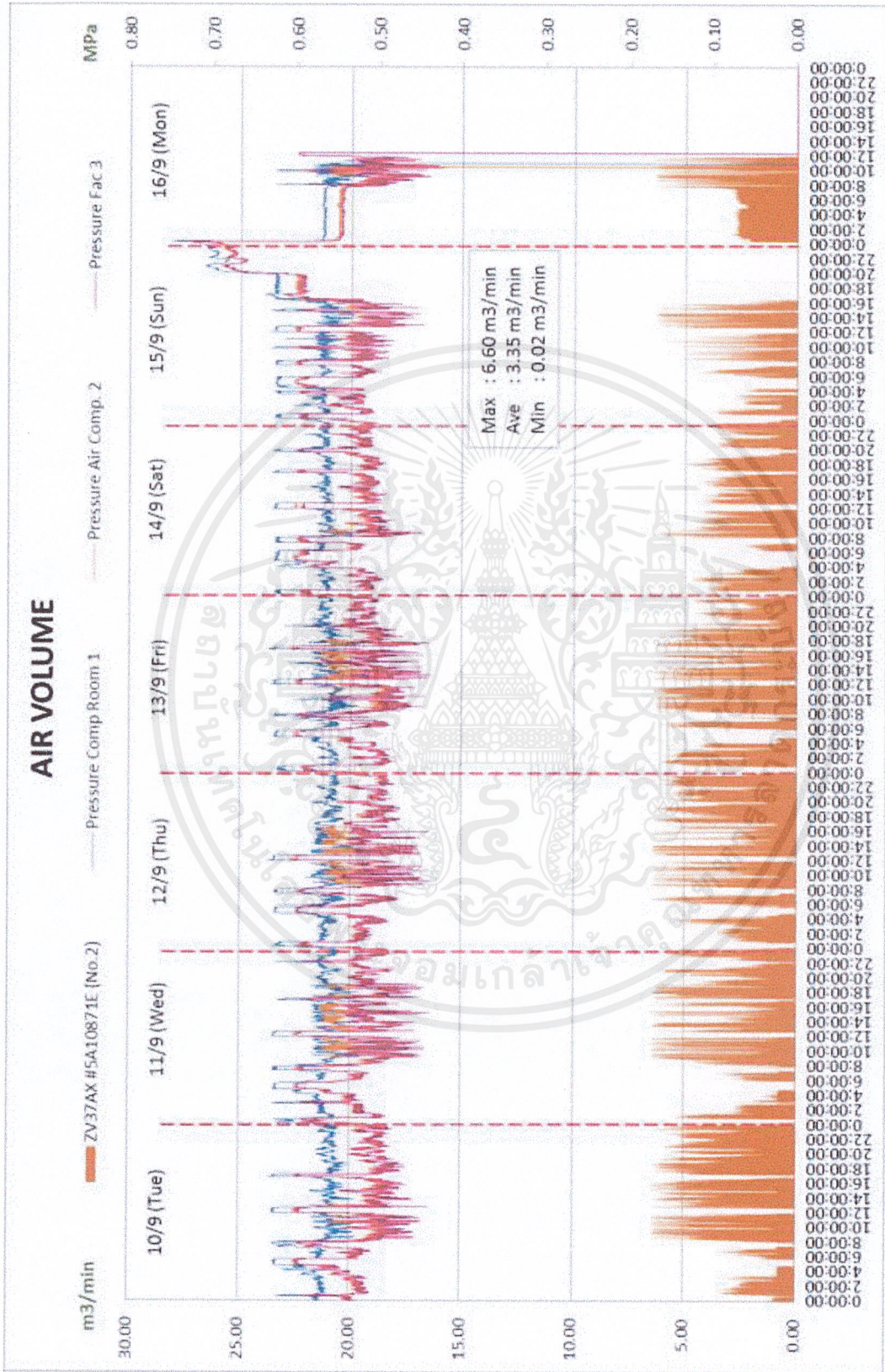
รูปที่ ข.4 กราฟแสดงการใช้ปริมาณลมของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



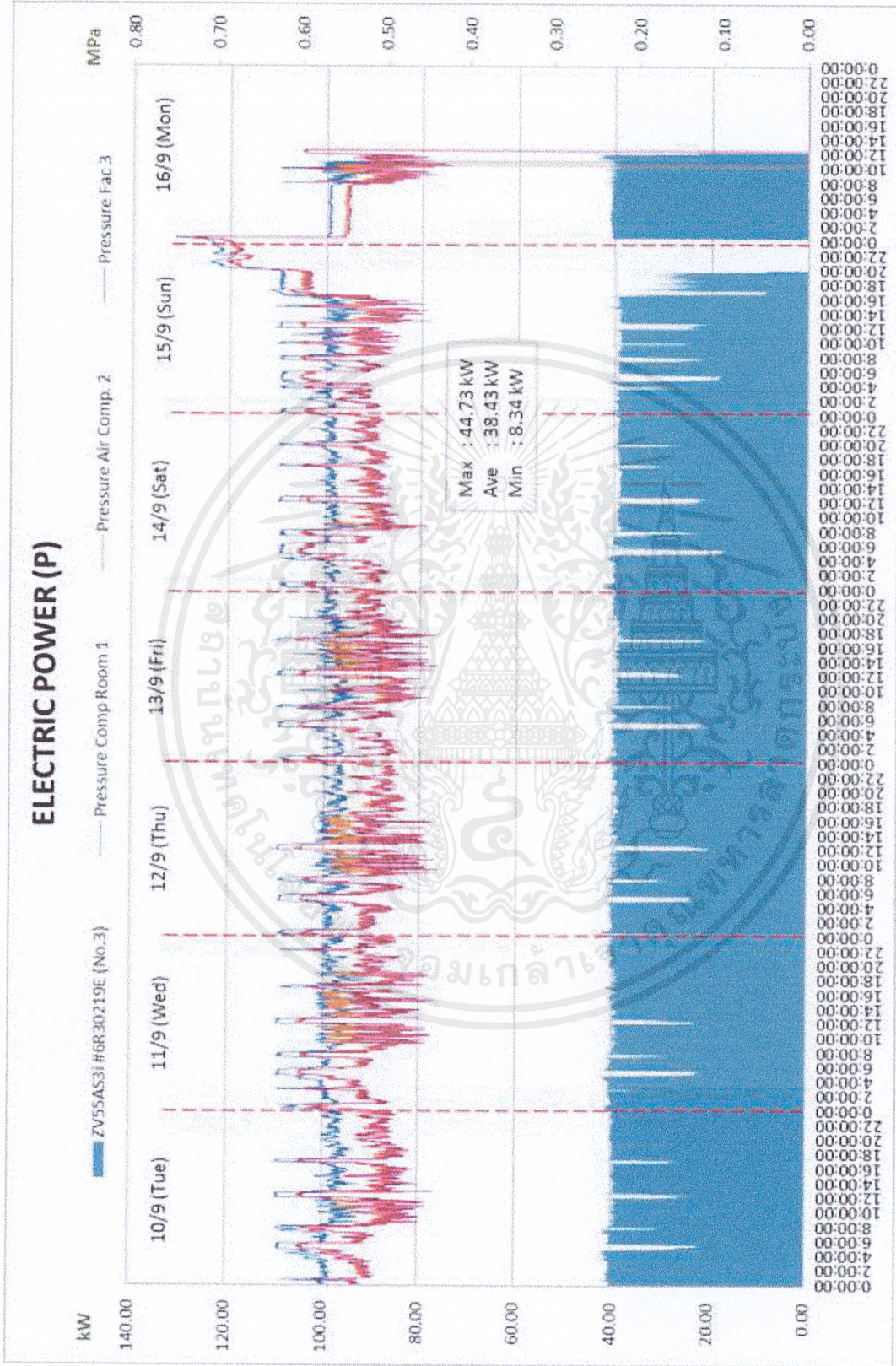
รูปที่ 1.5 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



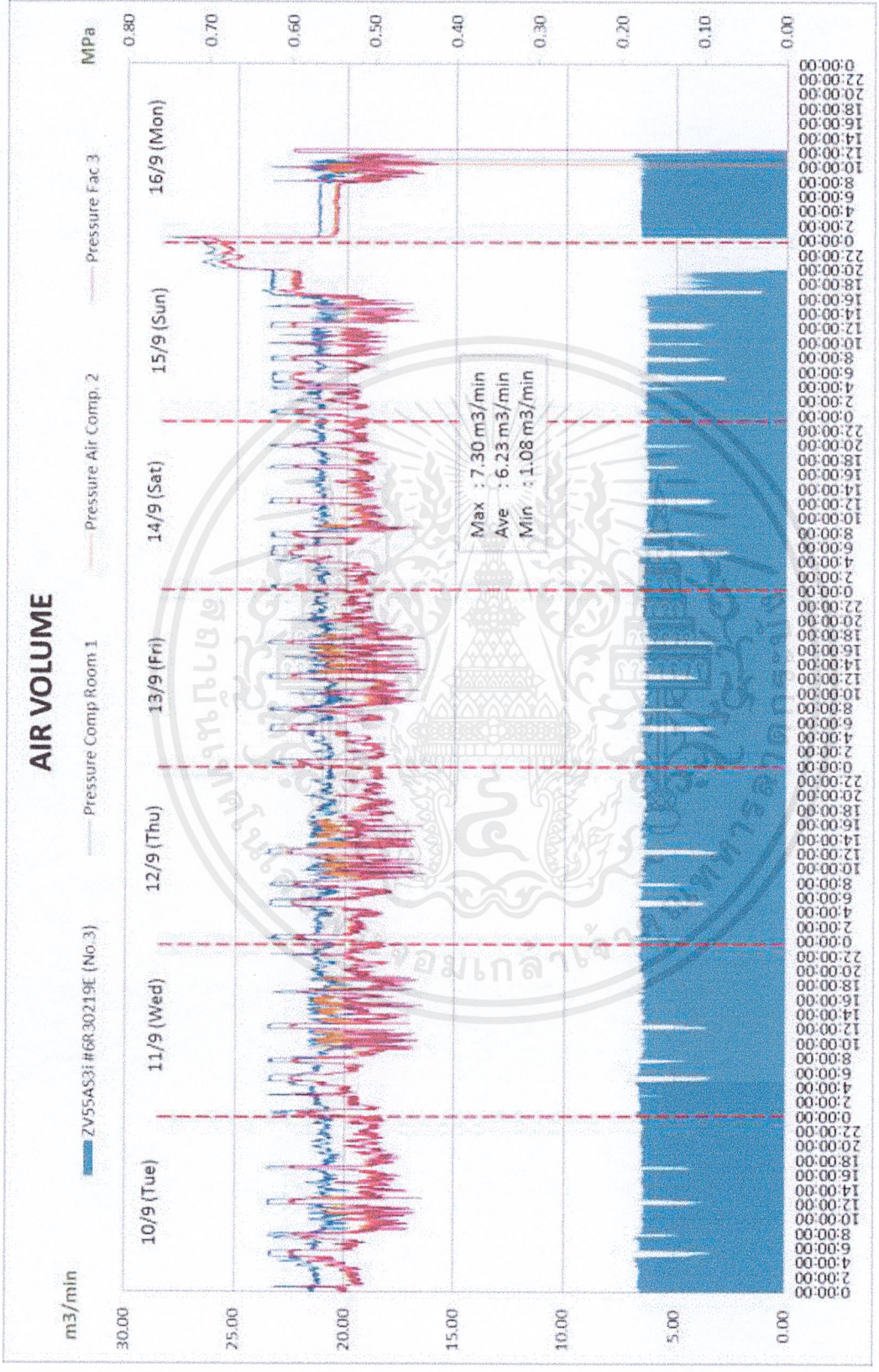
รูปที่ ข.6 กราฟแสดงการใช้ปริมาณลมของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



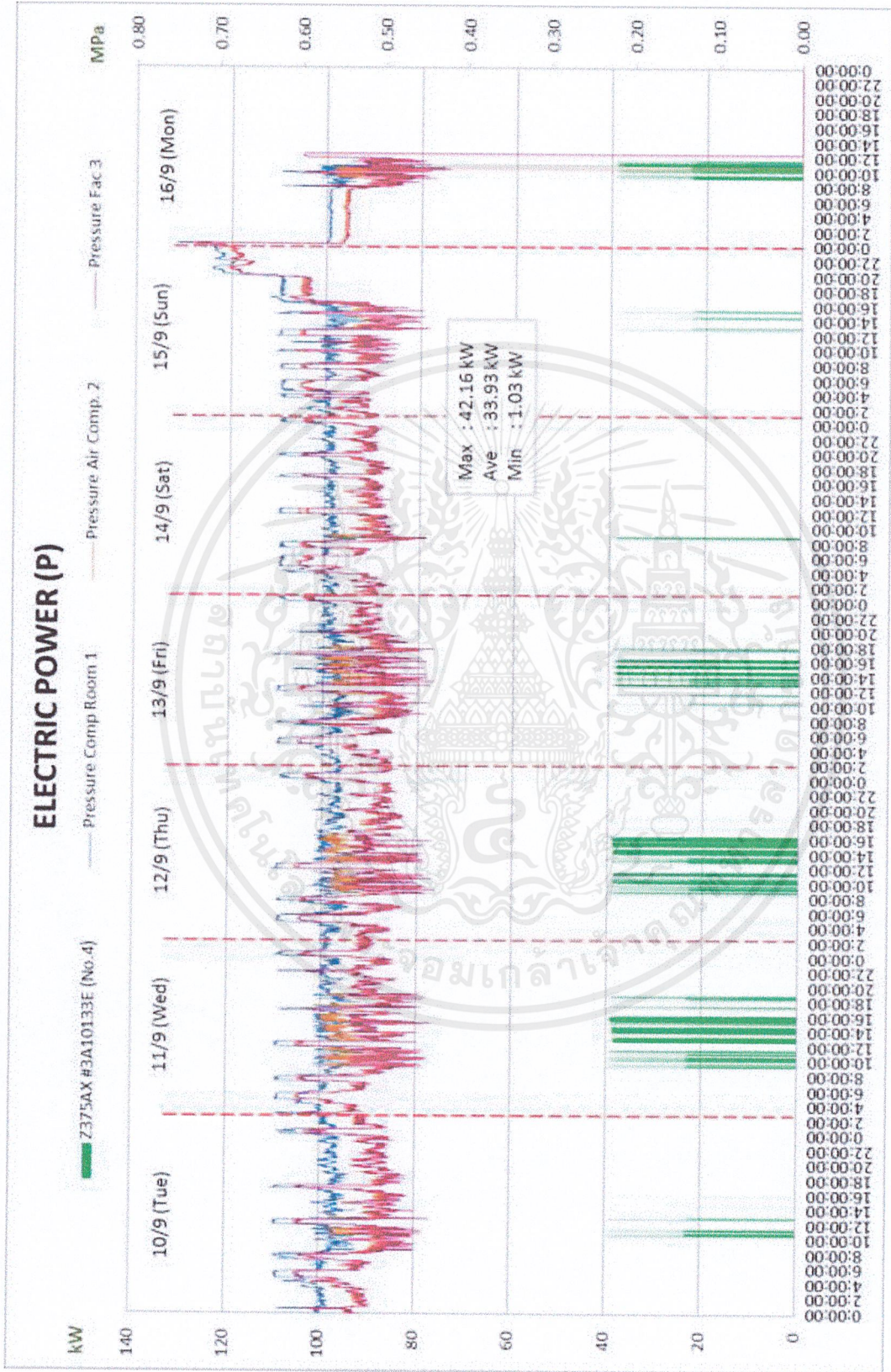
รูปที่ ๗.7 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



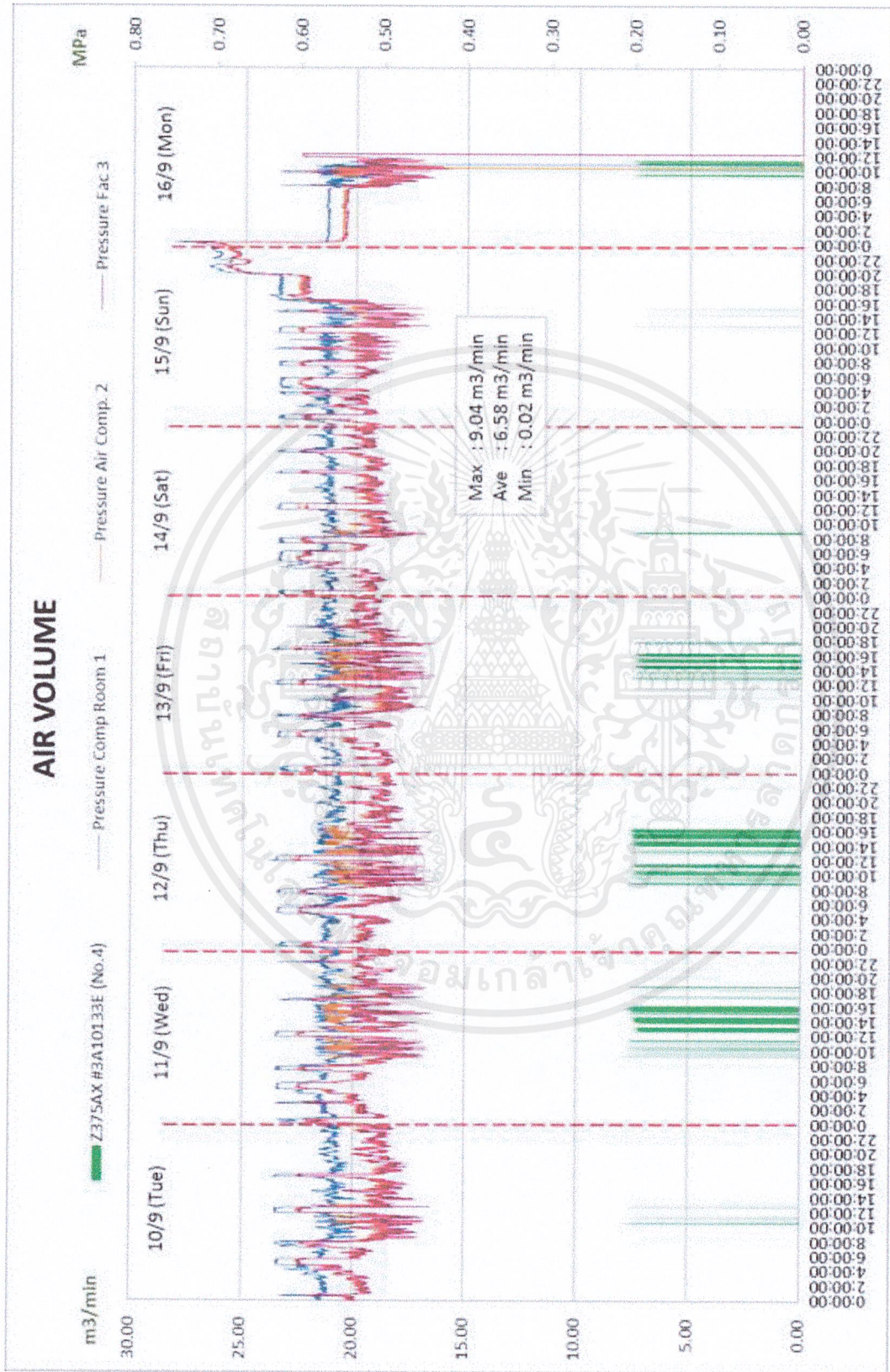
รูปที่ ข.8 กราฟแสดงการใช้ปริมาณลมของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.9 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.10 กราฟแสดงการใช้ปริมาณลมของเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค. ข้อมูลจุดลดรั่วและการแก้ไข

No.	TAG No.	เครื่องจักร	แผนก	ชนิดรั่ว	รายละเอียดปัญหา	จำนวน รั่ว	ความดัน (bar)	ขนาด รั่ว (mm.)	ปริมาณ รั่วไหล (l/sec)	กำลัง สูญเสีย (kW)	พลังงาน สูญเสีย (kWh / year)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	รายละเอียด การแก้ไข
1	1	ปืนเป่าลม	Tubular	รั่วตรง	สายลมแตก	1	4.5	0.3	0.08	0.02	174.24	653.40	ตัดต่อสายใหม่
2	2	Regulator	Tubular	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลม เสื่อมสภาพ	1	5	1	0.57	0.13	1,132.56	4,247.10	เปลี่ยนข้อต่อ ตัวใหม่
3	3	Regulator	Tubular	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลม เสื่อมสภาพ	1	5	1	0.57	0.13	1,132.56	4,247.10	เปลี่ยนข้อต่อ ตัวใหม่
4	4	Regulator	Tubular	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลม เสื่อมสภาพ	1	4	1	0.47	0.1	871.20	3,267.00	เปลี่ยนข้อต่อ ตัวใหม่
5	5	Regulator	Tubular	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลม เสื่อมสภาพ	1	5	1	0.57	0.13	1,132.56	4,247.10	เปลี่ยนข้อต่อ ตัวใหม่
6	6	Regulator	Tubular	รั่วตรง	ตัวข้อต่อลม เสื่อมสภาพ	1	6	1	1.11	0.29	2,526.48	9,474.30	เปลี่ยนข้อต่อ ตัวใหม่
7	7	Regulator & Silencer	Tubular	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลม เสื่อมสภาพ	3	5	1	0.57	0.13	3,397.68	12,741.30	เปลี่ยนข้อต่อ ตัวใหม่
8	8	Regulator	Tubular	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลม เสื่อมสภาพ	1	5	1	0.57	0.13	1,132.56	4,247.10	เปลี่ยนข้อต่อ ตัวใหม่
9	9	Cylinder	Tubular	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลม เสื่อมสภาพ	1	5	1	0.57	0.13	1,132.56	4,247.10	เปลี่ยนข้อต่อ ตัวใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	TAG No.	เครื่องจักร	แผนก	ชนิดรูรั่ว	รายละเอียดปัญหา	จำนวนรูรั่ว	ความดัน (bar)	ขนาดรูรั่ว (mm.)	ปริมาณลมรั่วไหล (l/sec)	กำลังสูญเสีย (kW)	พลังงานสูญเสีย (kWh / year)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	รายละเอียดการแก้ไข
10	36	Autodrain & Regulator	Paint	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	5	1	0.57	0.13	1,132.56	4,247.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
11	37	Autodrain & Regulator	Paint	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	5	1	0.57	0.13	1,132.56	4,247.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
12	38	Autodrain & Regulator	Paint	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	5	1	0.57	0.13	1,132.56	4,247.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
13	39	Regulator Tubolar	Paint	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	4.5	1	0.52	0.11	958.32	3,593.70	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
14	45	Machine wesbush	Paint	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	4	1	0.47	0.1	871.20	3,267.00	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
15	48	Air pipe	Paint	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	1	0.66	0.17	1,481.04	5,553.90	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
16	57	Regulator	Fishing	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	5	1	0.57	0.13	1,132.56	4,247.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
17	59	Air gun	Fishing	รั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	1	0.66	0.17	1,481.04	5,553.90	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	TAG No.	เครื่องจักร	แผนก	ชนิดรูรั่ว	รายละเอียดปัญหา	จำนวนรูรั่ว	ความดัน (bar)	ขนาดรูรั่ว (mm.)	ปริมาณลมรั่วไหล (l/sec)	กำลังสูญเสีย (kW)	พลังงานสูญเสีย (kWh / year)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	รายละเอียดการแก้ไข
18	61	Air valve	Fishing	รูรั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	1	0.66	0.17	1,481.04	5,553.90	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
19	62	Air valve	Fishing	รูรั่วซึม	ข้อต่อไม่แน่น	1	6	1	0.66	0.17	1,481.04	5,553.90	ไขให้แน่น
20	66	Air gun	Assembly 1	รูรั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	5	3	5.11	1.2	10,454.40	39,204.00	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
21	67	Air pipe	Assembly 2	รูรั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	1	0.66	0.17	1,481.04	5,553.90	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
22	68	Regulator Tubular	Assembly	รูรั่วซึม	ข้อต่อไม่แน่น	1	6	1	0.66	0.17	1,481.04	5,553.90	ไขให้แน่น
23	81	Air pipe and valve	Packing	รูรั่วซึม	ข้อต่อไม่แน่น	1	6	1	0.66	0.17	1,481.04	5,553.90	ไขให้แน่น
24	82	Air gun	QC Packing	รูรั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	3	5.96	1.56	13,590.72	50,965.20	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
25	91	Pad	Spray	รูรั่วตรง	ข้อต่อไม่แน่น	1	5	1	0.95	0.22	1,916.64	7,187.40	ไขให้แน่น
26	92	Booth ฝาสนี	Spray	รูรั่วซึม	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	5	1	0.57	0.13	1,132.56	4,247.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
27	93	Booth Spray Robot-2	Spray	รูรั่วตรง	ข้อต่อไม่แน่น	1	5	1	0.95	0.22	1,916.64	7,187.40	ไขให้แน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	TAG No.	เครื่องจักร	แผนก	ชนิดรูรั่ว	รายละเอียดปัญหา	จำนวนรูรั่ว	ความดัน (bar)	ขนาดรูรั่ว (mm.)	ปริมาณลมรั่วไหล (l/sec)	กำลังสูญเสีย (kW)	พลังงานสูญเสีย (kWh / year)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	รายละเอียดการแก้ไข
28	94	Booth Spray Robot-2	Spray	รั่วตรง	การเสื่อมสภาพของ FILTER กระจกนม	1	5	1	0.95	0.22	1,916.64	7,187.40	เปลี่ยนตัวกรอง FILTER ใหม่
29	95	Booth Spray Robot-1	Spray	รั่วตรง	การเสื่อมสภาพของ FILTER กระจกนม	1	5	1	0.95	0.22	1,916.64	7,187.40	เปลี่ยนตัวกรอง FILTER ใหม่
30	96	Booth Spray Robot-1	Spray	รั่วตรง	ข้อต่อไม่แน่น	1	5	1	0.95	0.22	1,916.64	7,187.40	ไขให้แน่น
31	97	Diecast finishing	Diecast Finishing	รั่วตรง	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	0.3	0.1	0.03	261.36	980.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
32	98	Diecast finishing	Diecast Finishing	รั่วตรง	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	0.3	0.1	0.03	261.36	980.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
33	99	Diecast finishing	Diecast Finishing	รั่วตรง	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	0.3	0.1	0.03	261.36	980.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
34	100	Diecast finishing	Diecast Finishing	รั่วตรง	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	0.3	0.1	0.03	261.36	980.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
35	101	Diecast finishing	Diecast Finishing	รั่วตรง	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	0.3	0.1	0.03	261.36	980.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	TAG No.	เครื่องจักร	แผนก	ชนิดรูรั่ว	รายละเอียดปัญหา	จำนวนรูรั่ว	ความดัน (bar)	ขนาดรูรั่ว (mm.)	ปริมาณลมรั่วไหล (l/sec)	กำลังสูญเสีย (kW)	พลังงานสูญเสีย (kWh / year)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	รายละเอียดการแก้ไข
36	102	Diecast finishing	Diecast Finishing	รั่วตรง	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	0.3	0.1	0.03	261.36	980.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
37	103	Diecast finishing	Diecast Finishing	รั่วตรง	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	0.3	0.1	0.03	261.36	980.10	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
38	104	SL-25 A5	Machine Turning	รั่วตรง	ข้อต่อและสายลมเสื่อมสภาพ	1	5	0.3	0.09	0.02	174.24	653.40	เปลี่ยนข้อต่อและสายลมตัวใหม่
39	105	SL-20 (2)	Machine Turning	รั่วตรง	สายลมเสื่อมสภาพ	1	5	0.3	0.09	0.02	174.24	653.40	ตัดต่อสายลมใหม่ไปให้แน่น
40	106	ตู้เป่างาน	Machine Cincom	รั่วตรง	ข้อต่อและสายลมเสื่อมสภาพ	1	5	0.5	0.24	0.06	522.72	1,960.20	เปลี่ยนข้อต่อและสายลมตัวใหม่
41	107	ตู้เป่างาน	Machine Cincom	รั่วตรง	ข้อต่อและสายลมเสื่อมสภาพ	1	5	0.5	0.24	0.06	522.72	1,960.20	เปลี่ยนข้อต่อและสายลมตัวใหม่
42	108	TX-80 (2)	Machine Turning	รั่วตรง	การเสื่อมสภาพของ FILTER กรองลม	1	5	0.3	0.09	0.02	174.24	653.40	เปลี่ยนตัวกรอง FILTER ใหม่
43	109	KNC-20F	Machine Turning	รั่วตรง	สายลมเสื่อมสภาพ	1	5	0.3	0.09	0.02	174.24	653.40	ตัดต่อสายลมใหม่ไปให้แน่น

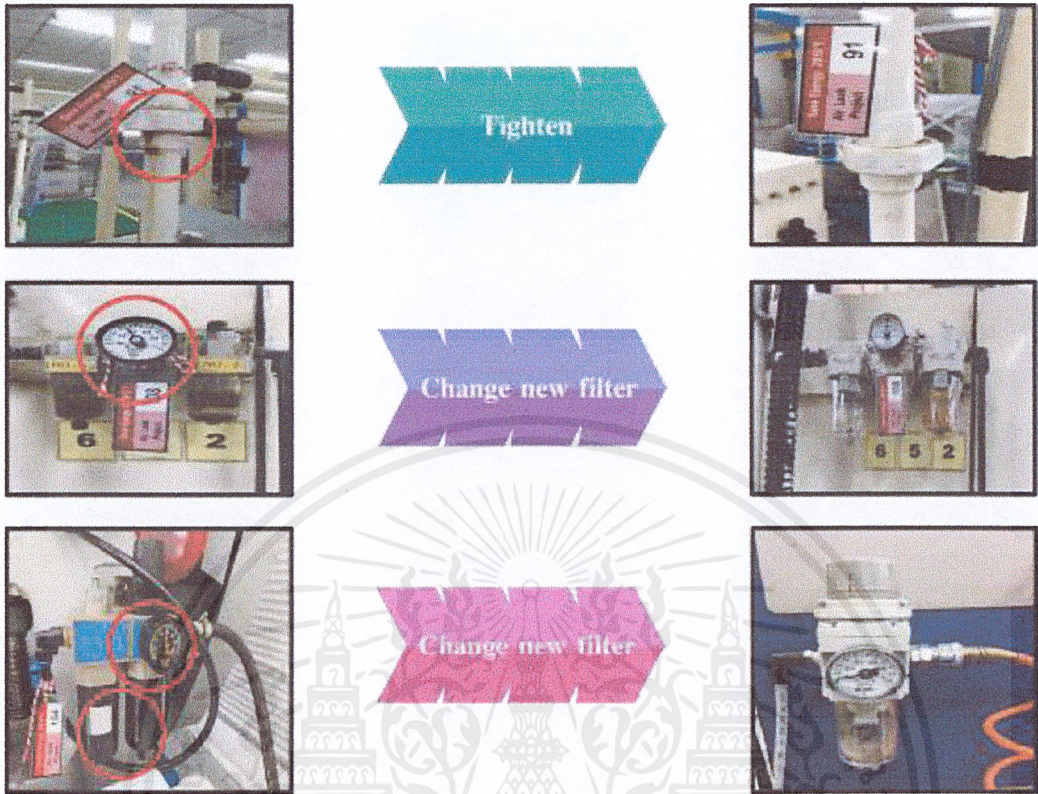
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	TAG No.	เครื่องจักร	แผนก	ชนิดรูรั่ว	รายละเอียดปัญหา	จำนวนรูรั่ว	ความดัน (bar)	ขนาดรูรั่ว (mm.)	ปริมาณลมรั่วไหล (l/sec)	กำลังสูญเสีย (kW)	พลังงานสูญเสีย (kWh / year)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	รายละเอียดการแก้ไข
44	110	SL-20 (3)	Machine Turning	รั่วตรง	สายลมเสื่อมสภาพ	1	5	0.3	0.09	0.02	174.24	653.40	ตัดต่อสายลมใหม่ให้แน่น
45	111	SL-20 (4)	Machine Turning	รั่วตรง	ข้อต่อและสายลมเสื่อมสภาพ	1	5	0.3	0.09	0.02	174.24	653.40	เปลี่ยนข้อต่อและสายลมตัวใหม่
46	112	Superroll	Machine Drilling	รั่วตรง	สายลมเสื่อมสภาพ	1	5	0.3	0.09	0.02	174.24	653.40	ตัดต่อสายลมใหม่ให้แน่น
47	151	ปืนเป่าลม	Machine Jig	รั่วซึม	การเสื่อมสภาพของปืนเป่าลม	1	5	3	5.11	1.2	10,454.40	39,204.00	เปลี่ยนอุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพ
48	152	เครื่องหยอดก๊อท	Machine Hobbing	รั่วตรง	สายลมแตก	1	5	0.3	0.09	0.02	174.24	653.40	ตัดต่อสายลมใหม่
49	153	Shot blast	Injection	รั่วตรง	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	0.3	0.1	0.03	261.36	980.10	ตัดต่อสายลมใหม่
50	154	เครื่อง plate	Assembly sub 2	รั่วตรง	การเสื่อมสภาพของ FILTER กรองลม	1	5	0.3	0.09	0.02	174.24	653.40	เปลี่ยนตัวกรอง FILTER ใหม่
51	155	เครื่อง plate พลาสติก	Assembly sub 2	รั่วตรง	ข้อต่อและสายลมเสื่อมสภาพ	1	5	0.3	0.09	0.02	174.24	653.40	เปลี่ยนข้อต่อและสายลมตัวใหม่
52	156	IS 80 EPN	Injection	รั่วตรง	ข้อต่อไม่แน่น	1	4	0.3	0.07	0.01	87.12	326.70	ไขให้แน่น

No.	TAG No.	เครื่องจักร	แผนก	ชนิดรูรั่ว	รายละเอียดปัญหา	จำนวนรูรั่ว	ความดัน (bar)	ขนาดรูรั่ว (mm.)	ปริมาณคมรั่วไหล (l/sec)	กำลังสูญเสีย (kW)	พลังงานสูญเสีย (kWh / year)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	รายละเอียดการแก้ไข
53	181	ข้างห้องปั๊มลมอาคารบี	Admin	รั่วตรง	ยูเนียนรั่ว	1	6	0.7	0.54	0.14	1,219.68	4,573.80	เปลี่ยนยูเนียนใหม่
54	182	Main Line filter ห้องปั๊มลมอาคารเอ	Admin	รั่วตรง	ตัวข้อต่อลมเสื่อมสภาพ	1	6	0.7	0.54	0.14	1,219.68	4,573.80	เปลี่ยนข้อต่อตัวใหม่
55	183	ท่อลมที่ป้อ บำบัดน้ำเสีย	Admin	รั่วตรง	ยูเนียนรั่ว	1	6	0.7	0.54	0.14	1,219.68	4,573.80	เปลี่ยนยูเนียนใหม่
รวม						57				9.29	83,199.60	311,998.50	

ตารางที่ ค.1 ตารางข้อมูลจุดลมรั่วและการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 ตัวอย่างการแก้ไขจุดลมรั่ว

ประวัติผู้เขียนงานวิจัย

นางสาวมนวรรณ ธนาเลิศสมบูรณ์ เกิดเมื่อวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2540 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร กำลังศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

