มาตรการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรม

นายโกวิทย์ รัตนารามิก วท.บ (ฟิสิกส์)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รศ.ดร.เกียรติไกร อายุวัฒน์)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รศ.ดร.อภิชิต เทอดโยธิน)

..... กรรมการ
(ดร.เชิดชัย ประภานวรัตน์)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร.กูสกานา กูบาฮา)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	มาตรการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศภายในโรงงานอุตสาหกรรม
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายโกวิทย์ รัตนารามิก
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร. อภิชิต เทอดโยธิน
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีพลังงาน
สายวิชา	เทคโนโลยีพลังงาน
คณะ	พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหามาตรการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศทั้งระบบในโรงงานอุตสาหกรรม โดยได้เข้าไปทำการสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตอากาศอัดภายในโรงงานผลิตก๊อกน้ำทองเหลืองแห่งหนึ่งเพื่อหามาตรการปรับปรุงให้เกิดการประหยัดพลังงานสูงสุด ซึ่งการสำรวจได้ทำใน 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนการผลิตอากาศอัด, ส่วนการส่งจ่ายอากาศอัด และการใช้อากาศอัด จากการตรวจสอบพบว่าโรงงานมีเครื่องอัดอากาศทั้งหมด 12 เครื่องแบ่งเป็น 4 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งมีการเดินท่ออากาศอัดเชื่อมถึงกัน สามารถจ่ายอากาศอัดให้อาคารผลิตทั้งหมด 9 อาคาร ความต้องการใช้อากาศอัดเฉลี่ย = 873.76 l/s กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตอากาศอัด = 398.97 kW และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะเฉลี่ย = 2.19 l/s/kW ผลที่ได้จากการตรวจสอบสามารถเสนอเป็นแนวทางปรับปรุงได้ทั้งหมด 6 มาตรการ ได้แก่ 1.เปลี่ยนเครื่องอัดอากาศที่มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะต่ำออกแล้วแทนที่ด้วยเครื่องอัดอากาศใหม่ที่มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะสูงกว่า 2.ติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบศูนย์กลางเดียวกัน 3.ปรับปรุงอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ 4.ปรับปรุงระบบท่อส่งอากาศอัดภายในโรงงาน 5.ปรับลดความดันของเครื่องอัดอากาศลง 6. ปรับปรุงคุณภาพอากาศอัดและลดความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ งบประมาณที่ใช้ในการปรับปรุงระบบอัดอากาศทั้ง 6 มาตรการรวมเป็นมูลค่า 5,310,000 บาท สามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 505,146 บาท/เดือน คิดเป็นจุดคืนทุน 10.51 เดือน

คำสำคัญ : การประหยัดพลังงาน / ระบบอัดอากาศ

Thesis Title	Energy Saving Measures in Compressed Air System in Industries
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Kowit Ratanaramig
Thesis Advisors	Assoc. Prof. Dr. Apichit Therdyothin
Program	Master of Engineering
Field of Study	Energy Technology
Department	Energy Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Materials
Academic Year	2013

Abstract

This paper presents case studies that identify significant compressed air savings in Brass ball valve factory. To study the opportunities for energy systems improvement, it is important to understand compressed air generation, compressed air delivery systems and how compressed air is used. This particular factory has 12 air compressors divided into 4 groups. Each group is interconnected by a pipeline header which supplies the compressed air for 9 production lines with an average compressed air consumption of 873.76 l/s in which the electrical power requirement at 398.97 kW, or a Specific energy consumption of 2.19 l/s/kW. Case studies revealed that six measures should be carried out to improve the efficiency of the compressed air system. 1. Remove the low specific energy consumption compressor and replace with higher efficiency units. 2. Install a centralised control unit for the air compressor system. 3. Improve the intake air temperature to the air compressors. 4. Modify the compressed air pipeline. 5. Reduce the pressure settings on the air compressors. 6. Improve the air quality and pressure losses of the equipment being serviced by the air compressors. The total budget to carry out the required remedial work is 5,310,000 baht. This remedial work would give an energy saving of 505,146 baht per month meaning an investment payback time of 10.51 months.

Keywords: Energy saving / Compressed air systems

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิจัยฉบับนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนช่วยเหลือมาโดยตลอด รวมถึง ผศ. ดร. อภิชิต เทอดโยธิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. เชิดชัย ประภานวรัตน์ และ ผศ. ดร. กูสกานา กูบาฮา กรรมการวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษางานวิจัยฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณ รศ. ดร. เกียรติไกร อายุวัฒน์ ที่ให้เกียรติมาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณคุณสถาพร ที่ให้โอกาสเข้าไปตรวจวัดและเก็บข้อมูลภายในโรงงานผลิตก๊อกน้ำทองเหลือง ขอขอบคุณสายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่มีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาและหาข้อมูลในการดำเนินงานวิจัย นอกจากนี้ขอขอบพระคุณผู้ที่มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนและส่งเสริมทางด้านต่างๆ ซึ่งเป็นกำลังใจที่ช่วยผลักดันให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค
กิตติกรรมประกาศ ง
สารบัญ จ
รายการตาราง ซ
รายการรูปประกอบ ฌ
ประมวลคำศัพท์และคำย่อ ฎ

บทที่

1. บทนำ **1**
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **3**
2.1 การปรับปรุงระบบอัดอากาศในส่วนการสร้างอากาศอัด 4
2.1.1 การเลือกใช้เครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน 4
2.1.2 การเลือกใช้เครื่องอัดอากาศประสิทธิภาพสูง 9
2.1.3 การบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ 11
2.1.4 การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ 11
2.1.5 การลดความดันในการผลิตอากาศอัดที่เครื่องอัดอากาศ 14
2.1.6 การจัดโหลดเครื่องอัดอากาศ 16
2.1.7 การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์สำหรับเครื่องอัดอากาศ 17
2.1.8 การปรับปรุงคุณภาพอากาศอัดให้เหมาะสมกับลักษณะงาน 18
2.1.9 บำรุงรักษาชุดกรองและจุดกรองต่างๆในระบบอัดอากาศ 23
2.1.10 การเลือกถังเก็บอากาศอัดที่เหมาะสม 23

สารบัญ

หน้า

2.1.11	การนำความร้อนทิ้งจากเครื่องอัดอากาศนำกลับมาใช้	24
2.1.12	การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมเครื่องอัดอากาศจากศูนย์กลางเดียวกัน	26
2.2	การปรับปรุงระบบอัดอากาศในส่วนการส่งจ่ายอากาศอัด	26
2.2.1	การปรับปรุงท่อเมนในการส่งจ่ายอากาศอัด	26
2.2.2	การออกแบบท่อเมน	28
2.2.3	การวางรูปแบบของท่อลม	31
2.2.4	การลดการรั่วไหลของอากาศอัด	35
2.3	การปรับปรุงระบบอัดอากาศในส่วนการใช้อากาศอัด	37
2.3.1	การใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงในระบบอัดอากาศ	37
2.3.2	การลดพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมของการใช้อากาศอัด	38
2.4	ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
3.	**วิธีการดำเนินการวิจัย**	**42**
3.1	การตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องอัดอากาศ	44
3.1.1	การตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า(P_w) ของเครื่องอัดอากาศ	45
3.1.2	การตรวจวัดอัตราการไหลของเครื่องอัดอากาศ	45
3.1.3	คำนวณหาค่าปริมาณการใช้อากาศอัดตามพฤติกรรมจริงของเครื่องอัดอากาศ	46
3.2	การตรวจสอบอุณหภูมิห้องบริเวณห้องเครื่องอัดอากาศ	46
3.3	ตรวจสอบการใช้ความดันของเครื่องจักรแต่ละประเภท	47
3.4	การตรวจสอบความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศอัด	48
3.5	การตรวจสอบความเหมาะสมของถังเก็บอากาศอัด	48
3.6	การตรวจสอบระบบท่อส่งอากาศอัดทั้งระบบของโรงงาน	49
3.7	นำเสนอแนวทางการปรับปรุงระบบอัดอากาศทั้งระบบ	49
4.	**ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง**	**50**
4.1	ผลการตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องอัดอากาศ ณ สภาพปัจจุบัน	50
4.2	การตรวจสอบอุณหภูมิห้องบริเวณรอบเครื่องอัดอากาศ	64
4.3	การตรวจสอบการใช้ความดันอากาศอัด	65

สารบัญ

หน้า

4.4 การตรวจสอบความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศอัด 65
4.5 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของถังเก็บอากาศอัด 67
4.6 การตรวจสอบระบบท่อส่งอากาศอัด 68
4.7 แนวทางการปรับปรุงระบบอัดอากาศทั้งระบบ 69

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 83
5.1 สรุปผลการวิจัย 83
5.2 ข้อเสนอแนะ 83

เอกสารอ้างอิง 85

ภาคผนวก 88
ก. ข้อมูลการวัดค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศแต่ละเครื่อง 89
ข. ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 122

ประวัติผู้วิจัย 135

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ค่าพลังงานจำเพาะที่เหมาะสมสำหรับเครื่องอัดอากาศ	9
2.2	มาตรฐานอนุภาคที่เป็นของแข็ง, ความชื้น และปริมาณน้ำมันเครื่องตาม ISO8573-1	19
2.3	คุณภาพอากาศอัดที่ใช้ในงานทั่วไป	20
2.4	ปริมาณการไหลของอากาศอัดที่ความดันและขนาดท่อต่างๆ	29
2.5	ความดันสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานในข้อต่อต่างๆในการเดินท่ออากาศอัด	31
4.1	ค่าสมบัติของเครื่องอัดอากาศและลักษณะการใช้งาน	63
4.2	การตรวจสอบอุณหภูมิห้องเครื่องอัดอากาศ	64
4.3	ความดันอากาศอัดที่ต้องการภายในอาคารต่างๆ	65
4.4	ปริมาตรถังเก็บอากาศอัดภายในโรงงาน	67
4.5	สมบัติของเครื่องอัดอากาศตัวใหม่ที่จะนำเข้ามาแทนที่	71
4.6	ค่ากำลังไฟฟ้าช่วงโหลด, ช่วงไร้โหลด ของเครื่องอัดอากาศ	73
4.7	งบประมาณการลงทุน	81

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	เครื่องอัดอากาศแบบ Centrifugal Compressor	4
2.2	หัวอัดอากาศแบบลูกสูบ	5
2.3	เครื่องอัดอากาศแบบโรตารีแวน	6
2.4	หัวอัดอากาศแบบสกรู	6
2.5	กราฟย่านแรงดันต่างๆของเครื่องอัดอากาศ,พัดลม และปั๊มสุญญากาศ	8
2.6	การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อระบายความร้อนภายในห้องเครื่องอัดอากาศ	12
2.7	การตั้งค่าความดันของเครื่องอัดอากาศที่มีการตัดต่อเท่ากัน	16
2.8	การตั้งค่าความดันของเครื่องอัดอากาศที่มีค่าเหลื่อมกัน	16
2.9	โครงสร้างการทำงานของชุดควบคุมความเร็วรอบของเครื่องอัดอากาศ	18
2.10	สัดส่วนการเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าเป็นพลังงานรูปอื่นของเครื่องอัดอากาศ	24
2.11	การนำพลังงานความร้อนที่ได้จากเครื่องอัดอากาศมาใช้โดยผ่านอุปกรณ์ต่างๆ	25
2.12	การใช้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องอัดอากาศจากศูนย์กลางเดียว	26
2.13	การหาขนาดของท่ออากาศอัดโดยใช้โมโนกราฟ	30
2.14	ไลน์การจ่ายลมแบบกริด	32
2.15	ไลน์การจ่ายลมแบบวง	33
2.16	ไลน์การจ่ายลมแบบผสมหรือแยกหน่วย	33
2.17	กับดักน้ำ	34
2.18	การต่อท่อแยกออกจากที่เมนทำมุม 30°	34
2.19	การต่อท่อแยกออกจากท่อเมนทำมุม 90°	35
2.20	การต่อท่อแยกออกจากท่อเมนที่ผิดวิธี	35
2.21	กราฟก้างปลาแสดงแนวทางประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศ	40
3.1	เครื่องพาวเวอร์มิเตอร์ ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX	46
4.1	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่องอัดอากาศ No.1	50
4.2	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.2	50
4.3	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.3	52
4.4	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.4	53
4.5	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.5	54
4.6	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.6	55

รายการรูปประกอบ

รูป (ต่อ) **หน้า**

4.7	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.7	56
4.8	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.8	57
4.9	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.9	58
4.10	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.10	59
4.11	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.11	60
4.12	กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.12	61
4.13	กราฟการเลือกประเภทเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับทางโรงงาน	70
4.14	การหาขนาดท่อเมนจากอาคาร1-9 โดยใช้โมโนกราฟ	76
4.15	การหาขนาดท่อเมนภายในอาคาร 1 โดยใช้โมโนกราฟ	77
4.16	การหาขนาดท่อเมนภายในอาคาร 1 ซึ่งใช้ท่อ 4 นิ้วเดินขนานโดยใช้โมโนกราฟ	78
4.17	กราฟค่ากำลังไฟฟ้าที่ความดันต่างๆ ของเครื่อง COAIRE รุ่น AS101	80

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ

CFM	=	Cubic feet per minute
PDP	=	Pressure dew point
ASTM	=	American Society for Testing and Materials
Dia	=	Diameter
USD	=	United States Dollar
PLC	=	Programmable Logic Controller
kJ/kg	=	Kilo Joule per Kilogram