การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัด

Electric Energy Conservation in Compressed Air System

นนทพน โรจนพิทยากุล

Nonthaphon Rotchanaphitthayakun

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Minor Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Industrial Management

Prince of Songkla University

2557

ชื่อสารนิพนธ์ การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัด
ผู้เขียน นายนนทพน โรจนพิทยากุล
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ รัตนวิไล)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กลางเดือน โพชนา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ รัตนวิไล)

.....
(รองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโฉม)
ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

ชื่อสารนิพนธ์ การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัด
ผู้เขียน นายนนทพน โรจนพิทยากุล
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

สารนิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัดของโรงงานผลิตถุงมือ (โรงงานกรณีศึกษา) โดยมีเป้าหมายในการลดพลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัดต่อจำนวนผลผลิตไม่น้อยกว่า 10% หรือไม่น้อยกว่า 19 kWh/Million pieces produced (kWh/Mpcs) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง ซึ่งได้ดำเนินการศึกษาโดยนำหลักการของกิจกรรมกลุ่มคุณภาพ (Quality Control Circle) หรือ QCC มาใช้ในการดำเนินงานวิจัย และได้กำหนดแผนการดำเนินงานวิจัยตามหลักการของวงจรเดมมิ่ง (Deming Circle) หรือ PDCA ซึ่งผลจากการสำรวจสภาพปัญหาโดยใช้วิธีการแผนภาพก้างปลา (Fishbone Diagram) และการยืนยันสาเหตุโดยใช้วิธีการคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง สามารถสรุปสาเหตุได้จำนวน 4 หัวข้อ ได้แก่ (1) ปรับตั้งค่าความดันอากาศอัดสูงเกินไป (2) มีการรั่วไหลของอากาศอัด (3) อากาศก่อนอัดมีอุณหภูมิสูง และ (4) ควบคุมเครื่องอัดอากาศไม่เหมาะสม ต่อมาได้กำหนดวิธีการปรับปรุงแก้ไข โดยใช้หลักการวิเคราะห์แบบแผนผังต้นไม้ (Tree Diagram) และคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน สามารถสรุปวิธีการได้จำนวน 6 หัวข้อ ได้แก่ (1) ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มความดัน (2) ติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดความดัน (3) ตรวจสอบจุดรั่วไหล (4) ปิดท่อดูดอากาศร้อน (5) ติดตั้งท่อระบายอากาศร้อน และ (6) ปรับตั้งค่าควบคุมความดัน ซึ่งจากการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสรุปผลได้ว่าดีกว่าเป้าหมาย โดยค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัดต่อจำนวนผลผลิตโดยเฉลี่ยหลังการปรับปรุงตลอดระยะเวลา 13 เดือน มีค่าลดลงคิดเป็น 14.3% หรือมีค่าลดลงเท่ากับ 27 kWh/Mpcs เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 เดือน

Minor Thesis Title	Electric Energy Conservation in Compressed Air System
Author	Mr. Nonthaphon Rotchanaphitthayakun
Major Program	Industrial Management
Academic Year	2013

Abstract

The purpose of this minor thesis is to study in electricity energy conservation in compressed air system of latex glove factory (the factory of case study). The compressed air saving target is 10% reduction or 19 kWh/Million pieces produced (kWh/Mpcs). The research was a study on how to save energy by using tools of Quality Control Circle (QCC) concept and make an action plan by using the Deming Circle or PDCA. The possible causes of energy loss in compressed air system were investigated by Fish Bone Diagram method. The big possible causes of energy loss were selected based on energy saving calculations which there are 4 causes as follows; (1) Too high pressure setting, (2) Leakage of compressed air, (3) High temperature of ambient air in compressor room, and (4) In appropriate running pressure of compressed air system. Then, the study finds out the potential of energy saving actions by Tree Diagram method to solve above problems and considered by Payback Period computation. Finally, 6 energy saving actions in compressed air system were found as follows; (1) Install booster regulator, (2) Install pressure regulator, (3) Close air leakages, (4) Close air pre heated tube, (5) Install ventilation air duct, and (6) New setting for steady running pressure. After all compressed air energy saving actions were implemented, the result from 13 months record can be shown the great result which achieved higher than target with 14.3% reduction or 27 kWh/Mpcs reduced in compressed air system and the payback period of investment was 3 months.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องด้วยคำชี้แนะ ตลอดจนการตรวจสอบจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ รัตนวิไล อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กลางเดือน โพชนา กรรมการสอบสารนิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำชี้แนะแนวทางในการทำสารนิพนธ์ และได้ตรวจสอบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องในสารนิพนธ์ฉบับนี้อันเป็นประโยชน์สำหรับผู้วิจัยในการจัดทำสารนิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกเป็นพระคุณอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆทุกคน ที่มิได้เอ่ยนามที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจตลอดมา ทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ตลอดจนภรรยา และลูกๆที่คอยเป็นกำลังใจ และสนับสนุนในการทำสารนิพนธ์ในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ประโยชน์และคุณค่าของสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญุตา กตเวทีแก่บิดามารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพอย่างยิ่ง

นนทพน โรจนพิทยากุล

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		(3)
กิตติกรรมประกาศ		(5)
สารบัญ		(6)
รายการตาราง		(8)
รายการภาพประกอบ		(10)
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ที่มาของปัญหา	1
	1.2 คำสำคัญ	4
	1.3 วัตถุประสงค์	5
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
	1.5 ขอบเขตการวิจัย	5
บทที่ 2	ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	2.1 หลักการอนุรักษ์พลังงานของระบบอากาศอัด	6
	2.2 แนวทางการดำเนินการด้านอนุรักษ์พลังงาน	10
	2.3 วิธีทางสถิติในการดำเนินการด้านอนุรักษ์พลังงาน	15
	2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3	วิธีการ และเครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	24
	3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	24
	3.2 เครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	26
บทที่ 4	สภาพปัจจุบัน การวิเคราะห์ปัญหา และวิธีการปรับปรุงแก้ไข	31
	4.1 สภาพปัจจุบัน	31
	4.2 การวิเคราะห์ปัญหา	32
	4.3 วิธีการปรับปรุงแก้ไข	58
บทที่ 5	ผลการปรับปรุง	64
	5.1 ผลการดำเนินการปรับปรุง	64
	5.2 ผลลัพธ์จากการดำเนินงาน	79
	5.3 กำหนดมาตรฐานและแผนการติดตามผล	83
	5.4 ผลลัพธ์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	83

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
บทที่ 6	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	85
	6.1 สรุปผลการวิจัย	85
	6.2 ข้อเสนอแนะ	86
บรรณานุกรม		88
ภาคผนวก		90
ประวัติผู้เขียน		94

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือนของระบบอากาศอัด (kWh/เดือน) และจำนวนผลผลิตต่อเดือน (Mpcs/เดือน)	2
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัด	24
4.1 พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวัน, จำนวนผลผลิตโดยเฉลี่ยต่อวันและพลังงานไฟฟ้าต่อจำนวนผลผลิต	31
4.2 สรุปสาเหตุ ผลการวิเคราะห์ และคัดเลือกสาเหตุ	34
4.3 ข้อมูลหรือตัวแปรเพื่อใช้ยืนยันสาเหตุ	38
4.4 ข้อมูลและตัวแปรทั้งหมด	38
4.5 จำนวนจุดรั่วไหลของอากาศอัดที่ตรวจพบ	47
4.6 จำนวนจุดที่ใช้งานอากาศอัดไม่เหมาะสม	47
4.7 ผลการยืนยันสาเหตุของปัญหา และผลการประหยัดที่คาดว่าจะได้	56
4.8 มาตรการปรับปรุงแก้ไข	58
4.9 แผนผังต้นไม้ (Tree Diagram) ของการวิเคราะห์หาวิธีการปรับปรุงแก้ไข	59
4.10 สรุปวิธีการปรับปรุงแก้ไขที่ได้คัดเลือกมาในแต่ละแนวทางและมาตรการปรับปรุง	60
4.11 แผนปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไขปัญหา	63
5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดันอากาศอัดที่ผลิตได้เฉลี่ยก่อนและหลังการปรับปรุง	67
5.2 จำนวนจุดรั่วไหลของอากาศอัดที่ได้ทำการแก้ไข	70
5.3 ข้อมูลค่าอุณหภูมิก่อนและหลังการติดตั้งท่อระบายอากาศร้อนจากเครื่องอัดอากาศ	77
5.4 สรุปผลลัพท์จากการดำเนินงาน	79
5.5 เงินลงทุนในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัด	84
ผก.1 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันในปี พ.ศ.2553 ถึง พ.ศ.2556	91

รายการตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ผก.2 แสดงจำนวนผลผลิตเฉลี่ยต่อวันในปี พ.ศ.2553 ถึง พ.ศ.2556	92
ผก.3 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อจำนวนผลผลิตในปี พ.ศ.2553 ถึง พ.ศ.2556	93

รายการรูปประกอบ

รูปประกอบที่	หน้า
1.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบอากาศอัดต่อวัน (kWh/วัน)	3
1.2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผลผลิตต่อวัน (Mpcs/วัน)	3
1.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบอากาศอัดต่อจำนวนผลผลิต (kWh/Mpcs)	4
2.1 Deming Circle	13
2.2 การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ Why – Why Analysis	14
2.3 ตัวอย่างกราฟแท่ง (Bar Graph)	15
2.4 ตัวอย่างกราฟเส้น (Line Graph)	16
2.5 ฮีสโตแกรม (Histogram)	16
2.6 แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram)	17
2.7 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)	18
3.1 ระบบอากาศอัดของโรงงาน	26
3.2 เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ยี่ห้อ HITACHI รุ่น OSP-150V5WD และรุ่น OSP-150M5WD	27
3.3 เครื่องทำอากาศแห้งยี่ห้อ CKD รุ่น GT7200WD	28
3.4 อุปกรณ์กรองอากาศอัดยี่ห้อ CKD รุ่น AF3048P-100 และรุ่น AF3048M-100	29
3.5 ถังเก็บอากาศขนาด 6,000 ลิตร แบบถังนอน	29
3.6 แผนผังเส้นทางการเดินของท่อเมนส่งจ่ายอากาศ	30
4.1 แผนภาพก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัด	33
4.2 ถังพักอากาศอัดที่อาคารผลิตที่ 1	37

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูปประกอบที่	หน้า
4.3 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า	39
4.4 เครื่องมือตรวจวัดการใช้พลังงานของอากาศอัด (Compressed Air Analyzer) และอุปกรณ์การวัด 4 ชนิด	40
4.5 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล (Flow Sensor)	40
4.6 อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Sensor)	41
4.7 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบบันทึกค่า (Temperature and Humidity Data Logger)	41
4.8 เครื่องมือ Ultrasonic Leak Detector	42
4.9 การติดตั้งอุปกรณ์วัดความดันและเครื่องตรวจวัดการใช้พลังงานของอากาศอัด	42
4.10 ค่าความดันของอากาศอัดที่ผลิตได้	43
4.11 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหล และเครื่องตรวจวัดการใช้พลังงานของอากาศอัด	43
4.12 ค่าอัตราการไหลของอากาศอัดที่ผลิตได้	44
4.13 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบบันทึกค่า	44
4.14 ค่าอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศและภายนอกอาคาร	45
4.15 แสดงความต้องการใช้ความดันต่ำสุดของอากาศอัดในแต่ละอาคาร	46
4.16 การตรวจสอบหาจุดรั่วของอากาศอัด โดยใช้เครื่องมือ Ultrasonic Leak Detector	46
4.17 กราฟฮิสโตแกรม และค่าสถิติของค่าความดันของอากาศอัดที่ผลิตได้	51
4.18 แผนภูมิพาเรโตแสดงสาเหตุของการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัด	57
5.1 ความดันอากาศอัดที่ควบคุมก่อนการปรับปรุง	64
5.2 การติดตั้งเครื่องเพิ่มความดันอากาศอัด (Booster Regulator)	65
5.3 อุปกรณ์ควบคุมค่าความดันอากาศอัด (Pressure Control)	66

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูปประกอบที่	หน้า
5.4 ความดันอากาศอัดที่ควบคุมหลังการปรับปรุง	66
5.5 ค่าความดันของอากาศอัดที่ผลิตได้	67
5.6 อุปกรณ์ปรับลดความดัน (Pressure Regulator) ของเครื่องจักรหลักที่อาคารผลิตที่ 2	68
5.7 การติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดความดัน (Pressure Regulator) ที่อาคารผลิตที่ 2	68
5.8 การติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดความดัน (Pressure Regulator) ที่อาคารผลิตที่ 3	69
5.9 ความดันอากาศอัดหลังปรับลดลงที่ 4.5 Bar	69
5.10 ชุด Solenoid Valve	71
5.11 ชุดไส้กรองอากาศภายในเครื่องอัดอากาศ	71
5.12 ท่อปลายเปิดของฝาครอบไส้กรองอากาศ	72
5.13 ท่อปลายเปิดของฝาครอบไส้กรองอากาศหลังปรับปรุง	72
5.14 ลักษณะของอาคารที่ติดตั้งเครื่องอัดอากาศ	74
5.15 การระบายความร้อนของเครื่องอัดอากาศ	75
5.16 การติดตั้งท่อส่งอากาศร้อนบนเครื่องอัดอากาศ	76
5.17 ค่าอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศและภายนอกอาคาร	77
5.18 กราฟฮิสโตแกรม และค่าสถิติของค่าความดันของอากาศอัดที่ผลิตได้	78
5.19 เปรียบเทียบผลก่อน ระหว่างและหลังการปรับปรุงของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อวันและปริมาณผลผลิตโดยเฉลี่ยต่อวัน	81
5.20 เปรียบเทียบผลก่อน ระหว่างและหลังการปรับปรุงแก้ไขของค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบอากาศอัดต่อจำนวนผลผลิต	82