การปรับปรุงอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศเพื่อลดการใช้พลังงานของระบบอัดอากาศ†

Improvement of temperature in compressor room to reduce the energy consumption of compressed air system

ธีรนนท์ นามวงษา[1], ณัฐดนย์ พรรณุเจริญวงษ์[2*], ฉัตรชัย เบญจปิยะพร[1], ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช[2]

Teranon Namwongsa[1], Nattadon Pannucharoenwong [2*], Chatchai Benjapiyaporn[1], Phadungsak Ratanadecho[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[1]Department of mechanical engineering, Faculty of engineering, Khon Kaen Unitversity, Thailand

[2]Department of mechanical engineering, Faculty of engineering, Thammasat University, Thailand

*Corresponding author. Tel.: 0 3825 9050-55, Email: pnattado@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศต่อการใช้พลังงานของระบบอัดอากาศ ซึ่งได้ทำการศึกษาโดยใช้ระบบอัดอากาศของบริษัท พานาโซนิค แมนูแฟคเจอริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น การเก็บข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง โดยช่วงที่หนึ่งเป็นการเก็บข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุงเพื่อลดอุณหภูมิ ในการปรับปรุงนั้นได้ทำการเปลี่ยนพัดลมระบายอากาศจากขนาด 1,060 m^3/min เป็นขนาด 1,700 m^3/min และขนาดท่อสุญญากาศดูดความร้อนให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จากนั้นทำการเก็บข้อมูลที่ได้โดยทำการวัดค่าอุณหภูมิรอบ ๆ เครื่องและภายในห้อง ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า และปริมาณการผลิตอากาศอัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ อีซีโอ พาเวอร์มิเตอร์ และ โฟลมิเตอร์ ตามลำดับ จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกห้องอยู่ที่ 28°C และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องลดลงจาก 38°C เป็น 33°C ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะในช่วงโหลดลดลงจาก 6.63 kW/m^3/min เป็น 6.4 kW/m^3/min ปริมาณการใช้พลังงานลดลงจาก 5,846 kWh/day เป็น 5,704 kWh/day และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมการเกิด CO_2 สามารถลดไปได้ 27 ตัน CO_2 ต่อปี ในช่วงที่ 2 และ 3 เป็นการติดตามผลเมื่ออุณหภูมิภายนอกมีการเปลี่ยนแปลง โดยช่วงที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกอยู่ที่ 31°C มีการใช้พลังงาน 5,688 kWh/day และช่วงที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกอยู่ที่ 36°C มีการใช้พลังงาน 5,737 kWh/day จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิภายนอกไม่ได้เป็นผลกระทบโดยตรงที่ทำให้อุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศสูงขึ้น แต่มาจากความร้อนที่ถูกปล่อยจากตัวเครื่อง ดังนั้นการลดลงของอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เป็นต้นทุนในการผลิตลงได้

คำสำคัญ: ระบบอัดอากาศ อุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศ การใช้พลังงานของระบบอัดอากาศ

† บทความจากงานประชุมวิชาการระดับชาติเชิงสร้างสรรค์ครั้งที่ 2 ราชมงคลกรุงเทพวิชาการ ระหว่างวันที่ 24-26 กรกฎาคม 2561

Received 31-08-2018
Revised 20-12-2018
Accepted 28-12-2018

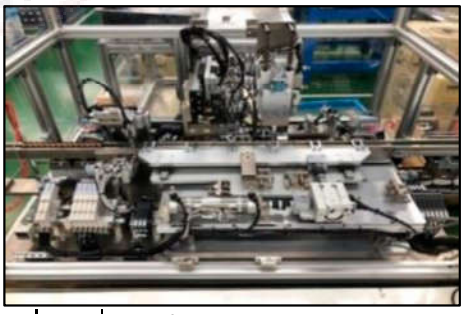
Abstract

This research aims to study the effect of temperature at compressor room on the energy consumption of compressed air system at Panasonic Manufacturing (Thailand) co. ltd Khon Kaen branch. The data was recorded for three periods. First period was pre and post compressed air system improvement to reduce temperature. The improvement was done by changing the exhaust fan capacity from 1,060 to 1,700 m^3/min, and relocate installing position of vacuum suction from above the compressor to compressor exhaust. Then, the data including the temperature around machine and inside room, power consumption and air flow rate were measured by thermo logger, ECD power metter and flow rate meter, respectively. The results founded that an average temperature inside room was decreased from 38 to 33 °C, efficiency of the compressor was increased from 6.63 kW/m^3/min to 6.4 kW/m^3/min, and energy was decreased from 5,846 to 5,704 kWh/day. In addition, this improvement can reduce amount of carbon dioxide (CO_2) for 27 tons per year. For second and third periods the results were observed when outside temperature was changed. The second period, there was energy consumption of 5,688 kWh/day when an average outside temperature was 31 °C. In addition, outside temperature at 36 °C, there was energy consumption of 5,737 kWh/day in the third period. From the results showed that it was the change of outside temperature does not affect on temperature at compressor room, but obtained from heat of machines. Therefore, temperature reduction can increase the efficiency of the compressor, resulting to save the energy as a production cost.

Keywords: Compressed air system, Temperature in compressor room, Energy consumption

1. บทนำ

บริษัท พานาโซนิค แมนูแฟคเจอริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น เป็นโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างมาก โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ส่วนใหญ่มาจากระบบอัดอากาศ สาเหตุที่ระบบอัดอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก เพราะอากาศอัดเป็นพลังงานสะอาดเหมาะที่จะใช้ในอุตสาหกรรมประเภทนี้ [1] และเครื่องจักรผลิตชิ้นงานของโรงงานใช้ระบบนิวเมติกส์เป็นระบบต้นกำลังสำหรับเครื่องจักรเป็นส่วนใหญ่ จึงต้องมีการผลิตอากาศอัดเพื่อมาใช้กับเครื่องจักรเหล่านี้และส่วนอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการในการผลิตดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องจักรในกระบวนการผลิต

จึงต้องมีการผลิตอากาศอัดเพื่อมาใช้กับเครื่องจักรและส่วนอื่น ๆ ในกระบวนการผลิต จากการศึกษามาตรการจัดการพลังงานจากแหล่งต่าง ๆ พบว่าส่วนใหญ่แล้วให้ความสำคัญกับการลดการใช้พลังงานของระบบอัดอากาศเป็นอย่างมาก [2] โดยการหามาตรการจัดการพลังงานของระบบอัดอากาศ และการจัดการกับตัวแปรต่าง ๆ หรือแม้กระทั้งการเลือกสถานที่ติดตั้งเครื่องอัดอากาศที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง [3] เพื่อนำไปสู่การหาภาวะที่เหมาะสมสำหรับเครื่องอัดอากาศ [4] ซึ่งจากการเก็บข้อมูลของค่าไฟฟ้าในปี 2559 ของโรงงาน พบว่ามีมูลค่าสูงถึง 100 ล้านบาท แต่หากคิดเป็นมูลค่าของค่าไฟฟ้าที่ใช้ในระบบอัดอากาศทั้งหมดของโรงงาน โดยจะคิดเป็นค่าพลังงานร้อยละ 36 ของค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของโรงงาน จะเป็นมูลค่า 36 ล้านบาทต่อปี และอีกหนึ่งปัญหาที่พบ ณ สภาพปัจจุบันคือภายในห้องอัดอากาศมีอุณหภูมิสูง ซึ่งเมื่ออุณหภูมิสูงอากาศจะมีความหนาแน่นน้อย จึงต้องใช้พลังงานในการดูดอากาศเพื่อให้ได้ปริมาตรตามที่ต้องการมาก ในขณะที่อากาศเย็นความหนาแน่นจะสูงจึงใช้พลังงานในการดูดอากาศน้อยลงนั่นเอง [5] จึงทำให้เครื่องอัดอากาศต้องใช้พลังงานในการทำงานมาก เนื่องจากอากาศที่ดูดเข้าเครื่องมีอุณหภูมิสูง หากโรงงานมีการจัดการกับพลังงานที่ใช้ในระบบอัดอากาศของโรงงานได้อย่างเหมาะสม จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานได้ [6] จึงได้เลือกระบบอัดอากาศของอาคารที่ 1 เป็นกรณีศึกษาโดยระบบดังแสดงในภาพที่ 2 เพื่อศึกษาอุณหภูมิภายในห้องที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องอัดอากาศ โดยการปรับปรุงระบบระบายอากาศเพื่อลดอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศลง แล้วนำผลที่ได้ก่อนและหลังปรับปรุงมาวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งคาดว่าหลังจากปรับปรุงลดอุณหภูมิลงแล้ว เครื่องอัดอากาศจะทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและยังจะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานของระบบอัดอากาศนี้อีกด้วย

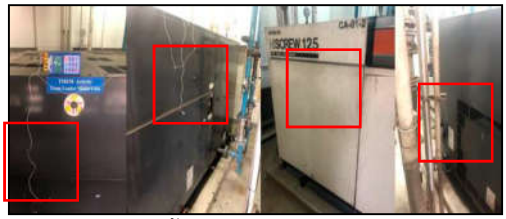
ภาพที่ 2 เครื่องอัดอากาศในระบบ

ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปเป็นแนวทางในการลดพลังงานของระบบอื่น ๆ ในโรงงานได้หรือประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในโรงงานอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้ [7] และจะเป็นการลดการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรม ที่ถือว่าเป็นกลุ่มที่ใช้พลังงานมากเป็นอันดับต้นของประเทศลงได้ [8] ดังนั้นบทความนี้จึงเป็นการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานของระบบอัดอากาศ [9]

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศต่อปริมาณการใช้พลัง งานของระบบอัดอากาศ จะทำการวัดอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ เป็นเครื่องมือในการวัด โดยจะทำการติดตั้งไว้บริเวณบนเครื่องอัดอากาศทั้งหมดในระบบ แต่ละเครื่องจะวัดทั้งหมด 5 ตำแหน่งได้แก่ ซ้าย ขวา หน้า หลังและบริเวณช่องดูดอากาศเข้าดังแสดงในภาพที่ 3 ทำ

การวัดตลอดทั้งวัน 24 ชั่วโมง แล้วนำค่าที่ได้ในแต่ละช่วงเวลามาเฉลี่ยกัน



ภาพที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

ส่วนค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในระบบทุก ๆ เครื่องสามารถดูได้จากอีซีโอพาเวอร์มิเตอร์ ที่มีการติดตั้งไว้ที่ห้องควบคุมไฟฟ้าของอาคาร จะเก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 4

ภาพที่ 4 เครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

และการวัดค่าของอัตราการผลิตอากาศอัดของเครื่องจะใช้โฟลมิเตอร์ ในการตรวจวัด โดยจะทำการติดตั้งเครื่องมือวัดตัวนี้ก่อนอากาศอัดจะเข้าเครื่อง แอร์ไดเออร์ในลักษณะต่อท่อเป็น 3 ทาง มีวาล์วลมเปิด-ปิด ดังแสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 5 จุดที่ติดตั้ง Flow Meter

สำหรับการเก็บข้อมูลในช่วงแรกจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนก่อนและหลังปรับปรุงระบบระบายอากาศ และหลังจากนั้นช่วงที่ 2 และ3 จะเป็นการเก็บข้อมูลในช่วงที่อากาศภายนอกมีการเปลี่ยนแปลง (ฤดูหนาวและฤดูร้อน) เพื่อดูว่าอุณหภูมิภายนอกห้องจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องอัดอากาศและอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศมากน้อยเพียงใด จะเป็นสาเหตุที่ทำให้ห้องอัดอากาศมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือไม่ โดยจะใช้ระยะเวลา 2 สัปดาห์ในการเก็บข้อมูลในแต่ละส่วน แล้วจึงนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ โดยช่วงระยะการเก็บข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูล	ช่วงเวลาเก็บข้อมูล (เดือน)
ก่อนปรับปรุง	กรกฎาคม
หลังปรับปรุง	สิงหาคม
ฤดูหนาว	พฤศจิกายน
ฤดูร้อน	เมษายน

ซึ่งการปรับปรุงระบบระบายอากาศ จะคำนวณดูจากปริมาณการปล่อยความร้อนออกมาของแต่ละเครื่อง เพื่อนำไปหาเครื่องระบายอากาศที่มีความเหมาะสมกับปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกมาของเครื่องอัดอากาศในระบบและการเพิ่มขนาดของท่อดูดอากาศให้มีลักษณะที่ครอบคลุมเครื่องทั้งระบบดังแสดงในภาพที่ 6

ภาพที่ 6 การวางท่อดูดอากาศในห้องอัดอากาศ

โดยความร้อนที่ออกมาจากเครื่องอัดอากาศที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบันคือเครื่อง Model : OSP-125S5WT มีการปล่อยความร้อยออกมาเท่ากับ 122.0 MJ/h ในอาคารที่ทางผู้วิจัยทำการศึกษา มีเครื่องในระบบมีทั้งหมด 4 เครื่อง จะมีการปล่อยความร้อนออกมาเท่ากับ 488.0 MJ/h และได้มีการกำหนดให้มีค่ารักษาสภาพคงที่บวกเพิ่ม 5 % = 24.4 MJ/h แล้วจึงมาคำนวณหาค่าความร้อนจากสมการ (1)

$$Q = H / (0.00126 \times T \times 60) \quad (1)$$

เมื่อ Q = การระบายอากาศที่ต้องการ (m^3/min)
H = ความร้อนที่ปล่อยออกมา (MJ/h)
T = อุณหภูมิที่อนุญาตเพิ่มขึ้น (°C)

นำข้อมูลที่เก็บได้มาเปรียบเทียบกัน เพื่อดูว่าหลังจากทำการปรับปรุงระบบระบายอากาศแล้ว จะมีการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานอย่างไรและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานของระบบอัดอากาศมากน้อยเพียงใด ในการเก็บข้อมูลในส่วนต่าง ๆ ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในแต่ละวันและค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลแต่ละตัวดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระยะเวลาเก็บข้อมูลและค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละอุปกรณ์

Devices	Accuracy	Test
Thermo logger	±0.3°C	ทุก 5 นาที
ECO Power Meter	±2.5%	ทุก 5 นาที
Flow Meter	±3%	ทุก 5 นาที

หลังจากเก็บข้อมูลต่าง ๆ ตามตารางที่ 2 แล้ว จึงนำค่าที่เก็บได้มาคำนวณหา Energy consumption, Energy cost และ CO_2 emission จากสมการที่ (1), (2) และ (3) ในการคิดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีจะคิดที่ 350 วัน โดยอ้างอิงจากข้อมูลวันทำงานจริงของบริษัท

Energy consumption (kWh/year) =
Power x 350 (2)

Energy cost (THB/year) =
Energy consumption x unit (3)

CO_2 emission (ton CO_2/year) =
Energy consumption x (0.539/1000) (4)

การหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดอากาศ จะทำการหาค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะในช่วงโหลดของแต่ละเครื่องจากสมการที่ (4) แล้วนำค่าที่ได้ของแต่ละเครื่องมาเฉลี่ยกันให้ได้เป็นประสิทธิภาพรวมของเครื่องในระบบ

Actual specific power (kW/m^3/min) =
Power consumption / Air flow rate (5)

หลังจากหาค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะได้แล้ว จึงนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะมาตรฐานของเครื่องดังแสดงในตารางที่ 3 เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศในระบบ

ตารางที่ 3 ค่ามาตรฐานของเครื่องอัดอากาศในระบบ

Information	Spec
Facility name	Air Compressor
Manufacturer	Hitachi
Manufacturing year	2004
Discharge pressure (MPa)	0.69
Air delivery (m^3/min)	23.3
Voltage (V)	380
Nominal output (kW)	125
Heat generation(MJ/h)	122

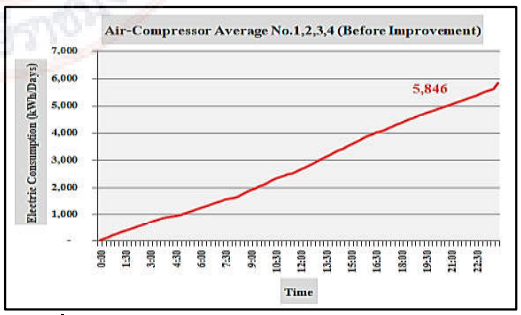
โดยตัวแปรที่ศึกษาและเก็บข้อมูลเพื่อมาวิเคราะห์หาผล ที่เกี่ยวข้องกับระบบอัดอากาศของอาคาร 1 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบ

Parameter	Symbol	Value	Unit
ขนาดถังเก็บอากาศ	V	6,000	L
อัตราการใช้ไฟฟ้า	E	ทดลอง	kWh
อัตราการผลิตอากาศ	Q	ทดลอง	m^3/min
อุณหภูมิภายในห้อง	T_{in}	ทดลอง	°C

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการปรับปรุงอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศเพื่อลดการใช้พลังงานของระบบอัดอากาศในช่วงแรกก่อนปรับปรุงระบบระบายอากาศเก็บข้อมูลในช่วงเดือนกรกฎาคม อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกห้อง 28°C ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องอยู่ที่ 38°C ซึ่งที่อุณหภูมินี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 5,846 kWh/day ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ค่าการใช้พลังงานก่อนปรับปรุงลดอุณหภูมิ

ส่วนค่ากำลังไฟฟ้าช่วงโหลดเฉลี่ยจาก 4 เครื่องเท่ากับ 87.87 kW และมีอัตราการผลิตอากาศอัดเฉลี่ยเท่ากับ 13.25 m^3/min ทำให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะเท่ากับ 6.63 kW/m^3/min ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าพลังงานก่อนการปรับปรุง

เครื่อง	อัตราการผลิตอากาศ (m^3/min)	กำลังไฟฟ้าช่วงโหลด (kW)	พลังงานไฟฟ้าจำเพาะ (kW/m^3/min)
No.1	12.7	87.6	6.90
No.2	13.1	88.6	6.76
No.3	13.5	88.1	6.53
No.4	13.8	87.2	6.32

เมื่อนำค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะมาเทียบกับค่ามาตรฐานของเครื่องแล้วทำให้ทราบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดอากาศในระบบอยู่ที่ 76% จากข้อมูลที่ได้มาในส่วนแรก จึงได้มีการปรับปรุงระบบระบาย อากาศเพื่อลดอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศ โดยจะคำนวณหาขนาดของพัดลมดูอากาศที่จะเปลี่ยนเพื่อให้มีความเหมาะสมกับปริมาณความร้อนที่เครื่องปล่อยออกมาดังนี้

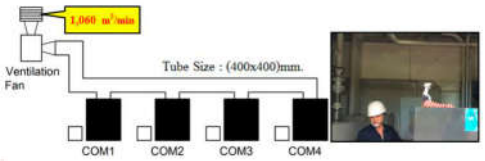
- ความร้อนที่เครื่องในระบบปล่อยออกมา 488 MJ/h
- รักษาสภาพคงที่บวกเพิ่ม 5 % = 24.4 MJ/h
- อุณหภูมิที่อนุญาตเพิ่มขึ้น 4°C

แทนค่าในสมการ (1)

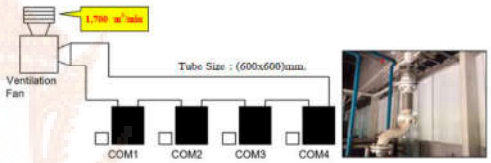
Q = (488+24.4) / (0.00126 x 4 x 60)

Q = 1,694 m^3/min = 1,700 m^3/min

หลังจากการคำนวณ จะได้ขนาดพัดลมดูอากาศที่มีความเหมาะสมกับความร้อนที่เครื่องในระบบทั้ง 4 เครื่องปล่อยออกมา แล้วจึงทำการเปลี่ยนพัดลมดูดอากาศรวมไปถึงการเพิ่มขนาดท่อดูดอากาศที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและติดตั้งให้อยู่ใกล้กับบริเวณที่ปล่อยลมร้อนของเครื่องอัดอากาศดังแสดงในภาพที่ 8 และภาพที่ 9

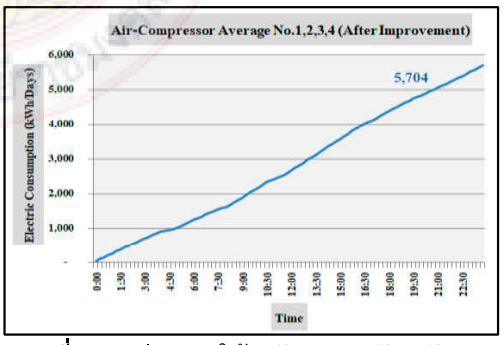


ภาพที่ 8 การปรับปรุงระบบระบายอากาศ (ก่อน)



ภาพที่ 9 การปรับปรุงระบบระบายอากาศ (หลัง)

หลังจากปรับปรุงลดอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศ วัดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องลดลงเหลือ 33°C ซึ่งที่อุณหภูมินี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 5,704 kWh/day ดังแสดงในภาพที่ 10



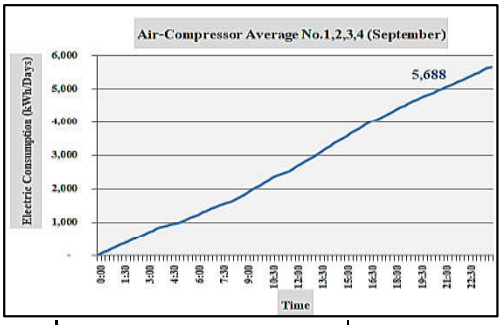
ภาพที่ 10 ค่าการใช้พลังงานหลังปรับปรุงลดอุณหภูมิ

ส่วนค่ากำลังไฟฟ้าช่วงโหลดเฉลี่ยจาก 4 เครื่องเท่ากับ 86.75 kW และมีอัตราการผลิตอากาศอัดเฉลี่ยเท่ากับ 13.5 m^3/min ทำให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะเท่ากับ 6.4 kW/m^3/min ดังแสดงในตารางที่ 6

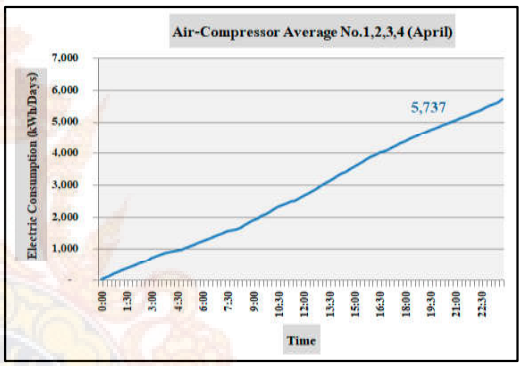
ตารางที่ 6 ค่าพลังงานหลังการปรับปรุง

เครื่อง	อัตราการผลิตอากาศ (m^3/min)	กำลังไฟฟ้าช่วงโหลด (kW)	พลังงานไฟฟ้าจำเพาะ (kW/m^3/min)
No.1	13.5	87.1	6.45
No.2	13.3	86.7	6.52
No.3	13.5	86.7	6.40
No.4	13.8	86.5	6.27

เมื่อนำค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะมาเทียบกับค่ามาตรฐานของเครื่องแล้วทำให้ทราบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องในระบบอยู่ที่ 80.6% ในส่วนของช่วงที่ 2 เก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกห้องอยู่ที่ 22°C และวัดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องได้ 31°C ซึ่งที่อุณหภูมินี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 5,688 kWh/day ดังแสดงในภาพที่ 11 ส่วนค่ากำลังไฟฟ้าช่วงโหลดเฉลี่ยจาก 4 เครื่องเท่ากับ 86.66 kW และมีอัตราการผลิตอากาศอัดเฉลี่ยเท่ากับ 13.57 m^3/min ทำให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะเท่ากับ 6.38 kW/m^3/min และประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องในระบบอยู่ที่ 80.9% และในส่วนของช่วงที่ 3 เก็บข้อมูลในช่วงเดือนเมษายน มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกห้องอยู่ที่ 36°C และวัดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องได้ 34°C ซึ่งที่อุณหภูมินี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 5,737 kWh/day ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 11 ค่าการใช้พลังงานในช่วงที่ 2 (ฤดูหนาว)



ภาพที่ 12 ค่าการใช้พลังงานในช่วงที่ 3 (ฤดูร้อน)

ส่วนค่ากำลังไฟฟ้าช่วงโหลดเฉลี่ยจาก 4 เครื่องเท่ากับ 87.12 kW และมีอัตราการผลิตอากาศอัดเฉลี่ยเท่ากับ 13.6 m^3/min ทำให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะเท่ากับ 6.4 kW/m^3/min และประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องในระบบอยู่ที่ 80.6%

3.1 เศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

ในส่วนของการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม เป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญมากสำหรับการจะตัดสินใจปรับปรุงเครื่องจักรหรือจัดการกับการใช้พลังงานของโรงงาน เพราะทุกอย่างล้วนแล้วแต่มีต้นทุนในการลงทุน จึง

ทำให้ก่อนปรับปรุงต้องมีการคำนึงเรื่องนี้เป็นสำคัญ และยังส่งผลต่อภาคอุตสาหกรรมอย่างมากเพราะการลดการใช้พลังงาน เปรียบเสมือนการลดต้นทุนในการผลิตลงและยังเป็นการลดการเกิด CO_2 ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการคำนวณหาค่า Energy consumption จากสมการที่ (2), Energy cost จากสมการที่ (3) และ CO_2 emission จากสมการที่ (4) เพื่อนำค่ามาเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงลดอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศเพื่อดูถึงจุดที่จะคุ้มทุนของการลงทุนปรับปรุงระบบระบายอากาศและท่อดูดอากาศในครั้งนี้หลังจากคำนวณได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

Parameter	Before	After	Def.
Energy consumption (kWh/year)	2,046,100	1,996,400	49,700
Energy cost (THB/year)	6,363,371	6,208,804	154,567
CO_2 emission (t- CO_2 /year)	1,103	1,076	27

ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีลงได้ร้อยละ 3 ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบอัดอากาศของอาคาร 1 โดยในปรับปรุงระบบระบายอากาศครั้งนี้ใช้เงินลงทุนทั้งหมดประมาณ 500,000 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณพลังงานที่สามารถลดลงได้ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 3 ปี 1 เดือน

5. สรุปผลการทดลอง

การทำงานของเครื่องอัดอากาศก่อนที่จะมีการปรับปรุงเพื่อลดอุณหภูมิ มีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 5,846 kWh/day และค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะเท่ากับ 6.63 kW/m^3/min พอหลังมีการปรับปรุงระบบระบายอากาศอุณหภูมิลดลงจาก 38°C เป็น 33°C มีค่าการใช้พลังงานลดลงเหลือ 5,704 kWh/day และค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะลดลงเหลือ 6.4 kW/m^3/min จะเห็นได้ว่าในภาวะที่อุณหภูมิที่ต่ำ เครื่องจะทำงานได้มีประสิทธิภาพมากกว่าและค่าการใช้พลังงานฟ้าในระบบ จะน้อยกว่าในภาวะที่อุณหภูมิสูง ต่อมาจึงได้มีการติดตามผลเพื่อที่จะดูว่าอุณหภูมิภายนอกห้องอัดอากาศที่ลดลงตามฤดูกาลจะมีผลต่อการทำงานของเครื่องและอุณหภูมิภายในห้องมากน้อยเพียงใด ซึ่งจากการเก็บข้อมูลในช่วงที่ 2 ห้องอัดอากาศมีอุณหภูมิ 31°C มีการใช้พลังงาน 5,688 kWh/day และในช่วงที่ 3 ห้องอัดอากาศมีอุณหภูมิ 34°C มีการใช้พลังงาน 5,737 kWh/day จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายนอกห้องมีผลต่อการทำงานของเครื่องอัดอากาศน้อยมากแทบไม่แตกต่างกัน ทำให้ทราบว่าความร้อนภายในห้องอัดอากาศหลัก ๆ แล้วจะมาจากตัวเครื่องอัดอากาศที่ปล่อยความร้อนออกมา

ดังนั้นการปรับปรุงระบบระบายอากาศหรือวิธีการต่าง ๆ ที่สามารถทำให้อุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศลดลง จะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานได้ นอกจากการลดอุณหภูมิภายในห้องอัดอากาศ ยังสามารถทำได้อีกหลายวิธีจากที่ได้ทำการศึกษามา ซึ่งในแต่ละวิธีการ จะสามารถลด

ปริมาณการใช้พลังงานได้ต่างกันไป มีทั้งการแก้ไขที่ตัวเครื่อง ระบบส่งจ่ายและผู้ใช้อากาศอัด ถึงแม้ว่าจะมีการปรับปรุงระบบอัดอากาศให้ดีมากแค่ไหน แต่หากผู้ใช้งานอากาศอัดไม่ตระหนักถึงคุณค่าหรือการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ใช้งานไม่ถูกวิธี จะไม่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบอัดอากาศได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท พานาโซนิค แมนูแฟคเจอริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น ที่อนุเคราะห์สถานที่และยอมให้บริษัทเป็นกรณีศึกษาและเก็บข้อมูลในการทำวิจัย สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยอนุเคราะห์ทุนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

7. อ้างอิง

[1] Mousavi S, Kara S, Kornfeld B. Energy efficiency of compressed air systems. Procedia CIRP. 2014;15:313–8.

[2] Saidur R, Rahim NA, Hasanuzzaman M. A review on compressed-air energy use and energy savings. Renew Sustain Energ Rev. 2010; 14(4):1135–53.

[3] Zahlan J, Asfour S. A multi-objective approach for determining optimal air compressor location in a manufacturing facility. J Manuf Syst. 2015; 35:176–90.

[4] Yang M. Air compressor efficiency in a Vietnamese enterprise. Energy Policy. 2009; 37(6):2327–37.

[5] Faxsaeng A, Yongchareon W. Energy Management of the compressed air system in glass industry. J South Tech. 2015; 6(1):1-8.

[6] Benedetti M, Bertini I, Bonfa F, et al. Assessing and improving compressed air systems' energy efficiency in production and use: Findings from an explorative study in large and energy-intensive Industrial firms. Energ procedia. 2017;105:3112–7.

[7] Pannucharoenwong N. Comparison of biomethane gas wobbe index in different animal manure substrate. Energ procedia. 2017; 138:273–77.

[8] Chaichan W, Tongnork S, Ornying P, et al. Study and design vertical axis wind turbine for low wind speed area. UTK Res J. 2017;11(2):17–25.

[9] Samakkurn V, Latae A, Burandej W. Improve air compressors used in automation to reduce in the system. Chonburi. Burapha University. 2011.