มาตรการประหยัดพลังงานสำหรับระบบอากาศอัดที่เหมาะสมเพื่อโรงงานอุตสาหกรรม
Energy efficiency measures for compressed air systems appropriate to the industry

มาโนช วงศ์ธนกุญชร
สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240 โทร 0-2310-5777-8 โทรสาร 0-2310-8579
E-mail: manoch1280@gmail.com

บทคัดย่อ

ระบบอากาศอัด (Compressed air systems) เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และมีหลายแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบอากาศอัด เช่นการลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ การลดแรงดันให้ต่ำเหมาะกับการใช้งานพร้อมกับป้องกันรอยรั่วต่างๆในระบบ และจัดการ การทำงานของเครื่องอัดอากาศ (air compressor) โดยใช้เครื่องความคุมความเร็วรอบ (Inverter) และตู้ควบคุมอัตโนมัติแบบหลายหน่วย (Auto Multiple Unit Control) บทความนี้เสนอแนวทางการออกแบบ ติดตั้งระบบอากาศอัด เลือกใช้เครื่องอัดอากาศแบบโรตารีสกรู และอุปกรณ์ต่างๆที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย และกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศที่ความดันและอุณหภูมิของอากาศเข้าต่างๆ สามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ 187,073 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี และลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้ 72,210.18 กิโลกรัมต่อปี

คำสำคัญ *มาตรการประหยัดพลังงาน, ระบบอากาศอัด, ลดอุณหภูมิอากาศเข้า*

Abstract

Compressed air systems are widely used in industrial factory. There are many ways to improve energy efficiency, of compressed air systems for example, reducing temperature air intake compressor, reducing pressure loss and leak in pipe systems, and operation management of compressor using inverter and auto multiple unit control. This article presents the concept of design, construction compressed air system, select rotary type air compressor and high efficiency equipment, and actual energy saving by use simple mathematic model. That allows the constructing of compressor performance curves at pressure and temperature air intake value. The result shown that, the electricity savings potential is 187,073 kWh / year, and the carbon dioxide reduction is 72,210.18 kg-CO2 / year.

Keywords: *Energy saving, Compressed air systems, reducing temperature air intake*

1. บทนำ

วิกฤตการพลังงาน และปัญหาราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นทำให้ภาครัฐฯได้แก่สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้ผู้ประกอบการนำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานไปปฏิบัติอย่างจริงจัง และต่อเนื่อง [1] ประเมินการใช้พลังงานและผลประหยัดที่เกิดจากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมใช้ข้อมูลตัวแทนที่เป็นค่าเฉลี่ยค่าตรวจวัดหรือค่าที่สภาวะออกแบบเพียงค่าเดียวมาใช้คำนวณปริมาณ การใช้พลังงานและผลประหยัดตลอดปี โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ไม่ได้นำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานไปปฏิบัติอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ทำให้การใช้พลังงานมากขึ้นส่งผลกระทบต้นทุนการผลิต ปัญหาดังกล่าวเป็นสาเหตุทำให้มีการศึกษาพัฒนาการออกแบบระบบอัดอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

บทความนี้เสนอแนวทางการออกแบบ ติดตั้งระบบอากาศอัด โดยเลือกใช้เครื่องอัดอากาศแบบโรตารีสกรู และอุปกรณ์ต่างๆที่มีประสิทธิภาพสูง ตรวจวัดการใช้พลังงานและผลการประหยัดพลังงานได้จริงโดยใช้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงเส้นโค้งสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศที่ความดันและอุณหภูมิของอากาศเข้า

2. ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบอากาศอัด (Compressed Air Systems)

โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปนิยมใช้ระบบอากาศอัดในกระบวนการผลิต เช่นการใช้ลมขับกระบอกสูบเครื่องฉีดพลาสติก การพ่นสีรถยนต์ เป็นต้น เพราะอากาศอัดเป็นพลังงานสะอาดและไม่มีอันตราย ระบบอากาศอัดเป็นระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก เนื่องจากต้องการความดันของอากาศอัดสูงและต้นทุนการผลิตอากาศอัดจะยิ่งสูงขึ้นหากมีการรั่วไหลในระบบท่อ ระบบอากาศอัดมีส่วนประกอบที่สำคัญทั้งหมด 3 ส่วนดังต่อไปนี้

1. ส่วนการสร้างอากาศอัดส่วนนี้จะประกอบไปด้วยเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) เครื่อง

กรองอากาศและระงับเสียงทางเข้า (Silencer/ Filter) ถังเก็บอากาศ (Air Receiver Tank) เครื่องอบอากาศ (Air Dryer)

2. ส่วนจ่ายอากาศประกอบด้วย ท่อจ่ายลมหลัก (Supply Pipe Line) ท่อแยก (Branch Pipe) อุปกรณ์กรองฝุ่นและความชื้น อุปกรณ์จ่ายน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator) และอุปกรณ์ควบคุมระดับความดันลม

3. ส่วนการใช้อากาศอัดส่วนนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ลมในการทำงาน เช่น กระบอกสูบ เครื่องเป่าลม เป็นต้น

2.2 การออกแบบระบบอากาศอัด

การออกแบบสร้างและใช้งานระบบอากาศอัดนั้น จะต้องเลือกอุปกรณ์ต่างๆให้เหมาะกับการใช้งาน โดยมีส่วนประกอบและอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. ท่อลมเข้า (Air Intake Pipe) อากาศที่ถูกดูดเข้าไปในเครื่องอัดอากาศมีอุณหภูมิสูง ทำให้ความหนาแน่นของมวลอากาศลดลง ต้องใช้พลังงานในการอัดมากขึ้น หากอุณหภูมิของอากาศที่จะอัดลดลง สามารถลดพลังงานที่ใช้อัดอากาศลงได้ ควรติดตั้งช่องสำหรับดูดลมเข้าเครื่องอัดอากาศในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ การระบายความร้อนที่ไม่เพียงพอในอุปกรณ์ระบายความร้อน ทำให้เครื่องอัดอากาศทำงานหนักและต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ตรวจสอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศเป็นประจำ ท่อส่งลมอัด ท่อสาขาซึ่งแยกออกจากท่อประธานเพื่อไปใช้งานนั้น ต้องต่อขึ้นทางด้านบนและงอโค้งลงมา เพื่อป้องกันน้ำกลั่นตัวที่มากับกระแสลมอัดไหลเข้าสู่อุปกรณ์นิวแมติกส์ ดังนั้นหาค่าความดันลดในท่อส่งลมอัดได้จาก [1]

$$P_i = \frac{KL}{5.3}\left(\frac{Q}{Rd}\right)^2 \qquad (1)$$

โดยที่ P_i คือ ความดันลดในท่อส่งลมอัด K คือ ค่าคงที่ เท่ากับ 800 L คือ ความยาวทั้งหมดของท่อเป็นเมตร Q คือ ปริมาณของอากาศอิสระ dm^3/s R คือ อัตราการอัด หรือ Compression Ratio d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อเป็นมิลลิเมตร

2. เครื่องอัดอากาศ ระบบอากาศอัดจะมีเครื่องอัดอากาศเป็นอุปกรณ์หลัก เครื่องอัดอากาศมีหลายประเภท แต่ละประเภท มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่างกันต้องเลือกให้เหมาะกับลักษณะการใช้งาน การเลือกขนาดและชนิดของเครื่องอัดอากาศ มีข้อควรพิจารณาดังนี้

2.1 ขนาดของเครื่องอัดอากาศ

2.2 จำนวนขั้น (Stage) การอัดอากาศ

การคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศสามารถหาได้จากสมการ [1] ข้างล่าง

$$\eta = \frac{V}{Rt} \qquad (2)$$

โดยที่ η คือประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ V คือ ปริมาตรถังเก็บอากาศ (ลิตร) R คือ อัตราการอัดอากาศสูงสุด (ลิตร/วินาที) t คือ เวลาที่ใช้อัดอากาศ (วินาที)

การทำงานของเครื่องอัดอากาศเริ่มจากดูดอากาศเข้าทางท่อลมเข้าเพื่อส่งเข้าไปยังเครื่องอัดอากาศ บริเวณทางเข้าเครื่องอัดอากาศจะติดตั้งเครื่องกรองอากาศเพื่อกรองสิ่งเจือปนต่างๆ ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับเครื่องอัดอากาศ อากาศจะถูกเก็บไว้ในถังเก็บอากาศ ซึ่งมีความดันสูงและมีอุณหภูมิสูง แต่ลดอุณหภูมิให้ต่ำลงด้วยอุปกรณ์ระบายความร้อนด้วยเครื่องอบอากาศ อากาศที่มีความดันสูงจะถูกส่งผ่านจากท่อจ่ายอากาศหลักและแยกไปใช้งานตามจุดต่างๆ ผ่านท่อแยก

3. ถังเก็บอากาศ ขนาดของถังเก็บอากาศมีความสำคัญต่อการลดความต้องการสูงสุดของอากาศที่อัด สามารถหาขนาดของถังเก็บอากาศจากสมการ [1] การติดตั้งถังเก็บอากาศเพิ่ม ณ จุดใช้งาน ช่วยรองรับความต้องการใช้อากาศได้ทันที โดยไม่ต้องเพิ่มกำลังผลิตของเครื่องอัดอากาศ หากมีน้ำอยู่ในถังเก็บอากาศอัดต้องระบายน้ำออก

$$C = tQ_s PsY\left(\frac{(1-Y)}{(P_u - P_l)}\right) \qquad (3)$$

โดยที่ C คือ ปริมาตรของถังเก็บอากาศ (m^3) t คือ เวลาทำงานเริ่มต้นระหว่างไม่มีภาระโหลดและมีโหลด (min) Q_S คือ Suction Air Pressure (absl.) (m^3/min) P_S คือ แรงดันเริ่มต้นตอนไม่มีภาระโหลด (Mpa) P_U คือ แรงดันตอนไม่มีภาระโหลด (kgf / cm^2.G) P_L คือ แรงดันตอนมีภาระโหลด (kgf / cm^2.G) Y คือ Load Factor

แม้ว่าจะสูญเสียความดันลมบ้าง แต่ผลที่ได้รับคุ้มค่าโดยติดตั้งอุปกรณ์ดักน้ำอัตโนมัติ (auto drain)

2.3 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานระบบอากาศอัด

การอนุรักษ์พลังงานในระบบอากาศ มีแนวทางดังนี้

1. ลดอุณหภูมิของอากาศ ก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ ลดอุณหภูมิอากาศทุกๆ 3°C สามารถลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ1 ของกำลังการผลิต(ΔW) ตามสมการ [3] ผลประหยัดพลังงาน (P) ที่ได้จากการลดอุณหภูมิของอากาศเข้าเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Inter Cooler).ในเครื่องอัดอากาศ

$$\Delta W = \frac{ikR_w(T_1 - T_2)}{k-1}\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\left(\frac{k-1}{i*k}\right)} - 1\right] \qquad (4)$$

2. การลดแรงดันในการผลิตอากาศอัด ปรับตั้งความดันลมให้เหมาะสมกับการใช้งาน ทั่วไปการลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดลง 1 บาร์ สามารลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 7.25 ลดการสูญเสียเนื่องจากการรั่วไหลเพราะแรงดันอากาศอัดที่สูงย่อมรั่วไหลในปริมาณที่สูง เมื่อลดแรงดันในการผลิตลง เครื่องอัดอากาศสามารถผลิตอากาศอัดได้มากขึ้น ผลประหยัดพลังงานจากการลดความดันหาได้จากสมการ [3]

3. เลือกใช้เครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ในระบบที่มีประสิทธิภาพสูง ป้องกันการรั่วของลมจากจุดต่าง ๆ และจากตัวเครื่องอัดอากาศ

4. จัดการระบบอากาศอัดให้ใช้งานมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยจัดลำดับการทำงานให้เหมาะสม

$$\Delta W = \frac{ikR_wT}{k-1}\left[\frac{\left(P_{21}\right)\left(\frac{k-1}{i*k}\right) - \left(P22\right)\left(\frac{k-1}{i*k}\right)}{\left(P_1\right)\left(\frac{k-1}{i*k}\right)}\right] \qquad (5)$$

$$W = \frac{ikR_wT}{k-1}\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\left(\frac{k-1}{i*k}\right)} - 1\right] \qquad (6)$$

$$P = \Delta W * D_a * FAD * \%L_{DU} \qquad (7)$$

โดยที่ Da คือ ความหนาแน่นของอากาศที่ 15°C เท่ากับ

1. 225 x 10-3 (kg / liter) L_{DU} คือ เปอร์เซ็นต์การ ON-LOAD ใน 1 รอบการทำงาน i คือ จำนวนขั้นตอนการอัด (Stage Compressor) k คือ 1.4 Isentropic of Air Constant T คือ อุณหภูมิปกติ 288 K (273 K + 15°C) T1 คือ อุณหภูมิก่อนการปรับปรุง T_2 คือ อุณหภูมิหลังการปรับปรุง R_W คือ 0.2871 (kJ/kg.K) ค่าคงที่ของก๊าซสัมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 15°C ที่ระดับน้ำทะเล P_1 คือ ความดันที่1บรรยากาศ (1.013 bar) P_2 คือ แรงดันอากาศอัดที่ผลิต P_{21} คือ แรงดันอากาศอัดที่ก่อนการปรับปรุง P_{22} คือ แรงดันอากาศอัดที่จะปรับปรุง FAD คือกำลังการผลิตของเครื่องอัดอากาศ

3. วิธีการศึกษา

3.1 ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูลจากความต้องการของเจ้าของโรงงาน เอกสาร วารสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง ตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลจากการออกแบบโรงงาน ระบบการผลิตของโรงงาน แล้วออกแบบระบบอากาศอัด จัดทำแบบภาพของระบบ

3.2 ก่อสร้างตามแบบแปลนที่ออกแบบตามหลักวิศวกรรม เลือกเครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ตามที่ออกแบบ ทดสอบการทำงานและตรวจวัดประสิทธิภาพของระบบอากาศอัดและระบบไฟฟ้า

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา แบบแปลนสำหรับก่อสร้างระบบอากาศอัด และครื่องมือสำหรับตรวจวัดระบบอากาศอัดและระบบไฟฟ้า ได้แก่ มาตรวัดแรงดัน เครื่องวัดความเร็วและปริมาณลม เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องมือบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้า เครื่องมือวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

4. ผลการศึกษา

จากการออกแบบ และดำเนินการก่อสร้างปรับปรุงระบบอากาศอัดของโรงงานผลิตอุปกรณ์และแผงวงจรไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับการใช้งานสำหรับกระบวนการผลิตตั้งแต่ เดือนมกราคม 2556 ดังรูปที่ 1 แสดงภาพระบบอากาศอัดที่ออกแบบและปรับปรุงระบบ พร้อมกับตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆ ตามมาตรการสำหรับอนุรักษ์พลังงาน ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2556 ถึง มกราคม 2557

รูปที่ 1. *ติดตั้งท่อลมเพื่อลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ*

พบว่าการออกแบบ ปรับปรุง ก่อสร้างเพิ่มเติม เลือกใช้เครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ต่างๆ เมื่อเพิ่มโหลดวัดค่าการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ทั้งหมด ใช้พลังงานทั้งหมด 1,136,650 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และมีกำลังผลิตอากาศอัดทั้งปีได้

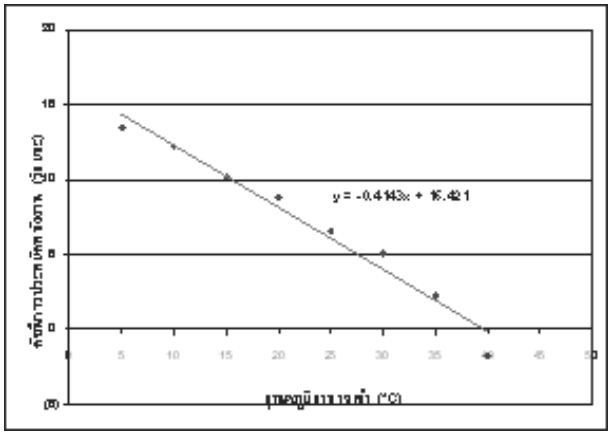
17,765,836 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เมื่อปรับปรุงระบบอากาศอัด ประหยัดพลังงานได้ 187,073 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ได้ 72,210.18 กิโลกรัมต่อปี ตามมาตรการต่างๆ ดังนี้

(1) การลดแรงดันในการผลิตอากาศอัด ปรับตั้งความดันอากาศอัดในถังเก็บอากาศ 7 บาร์ เพราะถ้าแรงดันต่ำกว่านี้ ไม่สามารถใช้อากาศอัดได้ และจัดให้เครื่องอัดอากาศทำงานที่สภาวะมีโหลด 80% ผลิตแรงดันลมระหว่าง 6.0 - 7.2 บาร์ สามารถลดพลังงานได้ร้อยละ 5.15

ตารางที่ 1. ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์

ภาระโหลด (%)	กำลังการผลิตของเครื่องอัดอากาศ (m^3/min)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	อัตราการผลิตอากาศอัด 7 บาร์ kW/m^3/min
100	12.3	93.25	7.58
90	11.0	90.75	8.25
80	9.8	88.35	9.02
70	8.5	85.95	10.11
60	7.0	82.85	11.84
50	6.1	81.15	13.30

(2) การลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ ควบคุมอุณหภูมิอากาศ 20°C ลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 9.09 โดยติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบน้ำเย็นเพื่อจ่ายลมเย็นให้กับเครื่องอัดอากาศ



รูปที่ 2. *กราฟความสัมพันธ์ดัชนีการประหยัดและอุณหภูมิของอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ*

(3) ใช้เครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ในระบบที่มีประสิทธิภาพสูง เป็นเครื่องอัดอากาศแบบโรตารีสกรูสามารถอัดอากาศ 12.3 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ทั้งหมด 3 เครื่องให้เครื่องที่ 1 เป็นเครื่องหลักติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบ

(4) ป้องกันการรั่วของลมจากจุดต่างๆ ของระบบท่อและ จากตัวเครื่องอัดอากาศ โดยระบบท่อทั้งหมดใช้การเชื่อมประสานตามจุดต่อต่างๆ และทำการทดสอบรอยรั่วด้วยการอัดแรงดันที่สูงกว่าแรงดันใช้งานปกติ1.5 เท่า

ตารางที่ 2. ผลการใช้พลังงานเมื่อลดอุณหภูมิอากาศขาเข้าเมื่อปรับลดแรงดันของเครื่องอัดอากาศ 7 บาร์

อุณหภูมิอากาศเข้า (°C)	กำลังผลิตของเครื่องอัดอากาศ (m^3/min)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	อัตราพลังงาน kW/m^3/min	ดัชนีการประหยัดพลังงานร้อยละ
40	11.48	91.59	7.978	(1.77)
35	12.30	87.95	7.150	2.28
30	12.67	85.46	6.745	5.04
25	13.04	84.07	6.447	6.59
20	14.08	89.07	6.147	9.09

(5) จัดการระบบทำงานของเครื่องอากาศอัดให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการใช้ตู้ควบคุมอัตโนมัติแบบหลายหน่วย ควบคุมให้เครื่องอัดอากาศทำงานตามลำดับ ใช้แรงดันของลมอัดเป็นตัวควบคุม ให้เครื่องที่ 1 ทำงานที่แรงดัน 6.0 - 6.5 บาร์ เครื่องที่ 2 ทำงานที่แรงดัน 6.4 - 6.9 บาร์ และเครื่องที่ 3 ทำงานที่แรงดัน 6.8 - 7.2 บาร์

ตารางที่ 3. ผลประหยัดพลังงานเมื่อปรับลดแรงดันของเครื่องอัดอากาศ

อุณหภูมิอากาศเข้า (°C)	กำลังผลิตของเครื่องอัดอากาศ (m^3/min)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	อัตราพลังงาน kW/m^3/min	ดัชนีการประหยัดพลังงาน ร้อยละ
40	11.48	91.59	7.978	(1.77)
35	12.30	87.95	7.150	2.28
30	12.67	85.46	6.745	5.04
25	13.04	84.07	6.447	6.59
20	14.08	89.07	6.147	9.09

ตารางที่ 4. ผลการประหยัดพลังงานเมื่อปรับปรุงระบบอากาศอัด

ข้อมูลการตรวจวัด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
พลังงานที่วัดได้ (kW-H/Y)	1,323,723	1,136,650
กำลังผลิตอากาศอัด (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง/ปี)	12,929,766	17,765,836
CO_2 emissions reduction potential ($kg\text{-}CO_2$)	*	72,210.18

5. สรุป

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการออกแบบ เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและปรับปรุงระบบอากาศอัดของโรงงานผลิตอุปกรณ์และแผงวงจรไฟฟ้า เพื่อให้ประหยัดพลังงานสูงสุด ผลการตรวจวัดพบว่าใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบอากาศอัด 1,136,650 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี สามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ 187,073 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้ 72,210.18 กิโลกรัมต่อปี จากสภาพการใช้พลังงานของโรงงานที่ได้ออกแบบและก่อสร้าง นอกจากนี้สามารถนำข้อมูลมาใช้เพื่อเป็นแบบจำลองสำหรับก่อสร้าง และวางแผนการจัดการพลังงานให้กับโรงงานอื่นๆได้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน., “มาตรการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมโรงงานอุตสาหกรรมอาคารธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก”กรุงเทพฯ, 2551.

[2] วริทธิ์ อึ้งภากร. (2531). การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ เอเชียเพรส.

[3] คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน, สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม และ ECCJ, 2552 [available online: www.teenet.tei.or.th]

[4] The basics of industrial compressed air systems, Enhancement Happen Part 2, Enersize Ltd, 2010, [available online: www.cetim.fr]