รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การลดการใช้พลังงานของระบบสนับสนุนการผลิต ในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี

Energy saving in production support system of a galvanized zinc coated steel sheet plant

นางสาวสโรชา รัตนมณีโชติ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การลดการใช้พลังงานของระบบสนับสนุนการผลิตในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี

ชื่อ-สกุลนักศึกษา นางสาวสโรชา รัตนมณีโชติ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมเครื่องกล

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.อุนนัต พิณโสภณ

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายธีระ ฐิติรัตนานนท์

สถานประกอบการ บริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด

บทคัดย่อ

โครงการนี้เกิดจากการเห็นว่าการบริโภคพลังงานใน บริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด มากถึง 40 ล้านบาทต่อปี และประกอบกับสภาพของเศรษฐกิจไทยที่ย่ำแย่ลงในปัจจุบัน จึงทำให้ทางบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด มองหาแนวทางในการปรับปรุงลดพลังงานทางไฟฟ้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบสนับสนุนการผลิตซึ่งประกอบด้วย No.1 Dryer blower, Plating circulating pump, Zn reactor transfer pump, Cooler No.3 (exhaust fan), Cooler No.3 (cooling fan), Cooling water pump, Filtrated water pump, Agitator และ ระบบอัดอากาศ ให้ได้ร้อยละ 54 ของโครงการ มีการวิเคราะห์การใช้พลังงานและตัดสินใจติดตั้งอุปกรณ์ Automatic power motor controller เพื่อควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ทั้งหมดที่ได้กล่าวมา และมีการวางแนวทางการปรับปรุงระบบอัดอากาศโดยเริ่มจากการติด Turbo blower เข้าไปทดแทนการใช้อากาศอัดเพื่อเป่าแห้งจำนวน 2 จุดคือ Dryer no.1 ext. และ Coater ent. และทำการวางแผนปรับปรุงเครื่องอัดอากาศไว้ 2 วิธี คือ การลดความดันในการผลิตอากาศอัดจาก 6.5บาร์ เหลือ 5บาร์ และติดตั้ง Air booster ในส่วนที่ใช้ความดันสูง ทำให้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศที่ลดลง 26.6kW คืนทุนใน 2.2 ปี และ การนำมอเตอร์เก่าที่มีอยู่แล้วขนาด 132kW 380V มาปรับเปลี่ยนใช้งานแทนตัวเดิมที่ ขนาด 180kW 3300V ติดตั้ง Automatic power motor controller เข้าไปควบคุมการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศด้วย ทำให้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศที่ลดลง 80kW คืนทุนใน 2.89 ปี มีการสำรวจอากาศอัดรั่วไหล และพบว่ามีอากาศอัดรั่วไหลร้อยละ 19 ของอากาศอัดที่ผลิตได้ และทราบอัตราการผลิตอากาศอัดในปัจจุบันคือ 1200 m^3/h จากการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงเลือกแผนดำเนินการที่ 2 เนื่องจากการคาดการหลังจากการปรับปรุงเรื่องการรั่วไหลของอากาศอัดในระบบอัดอากาศเสร็จสิ้นแล้วจะส่งผลให้อัตราการใช้อากาศจะอัดลดลงจนน้อยกว่า 900 m^3/h แล้วจะทำให้เราสามารถเปลี่ยนมอเตอร์ได้จากการติดตั้ง Automatic power motor controller และจากการคำนวณการปรับปรุงระบบอัดอากาศและการติดตั้ง Automatic power motor controller แล้วนั้น พลังงานทั้งหมดที่ลดลงไปได้คือ 428kW คิดเป็นร้อยละ 56 ของพลังงานในโครงการ หรือคิดเป็นร้อยละ 20 ของ Fix load ซึ่งถือว่า บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ของโครงการนี้

คำสำคัญ : ประหยัดพลังงาน, เครื่องอัดอากาศ, การรั่วไหลของอากาศอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Energy saving in production support system of Galvanized zinc-coated steel sheet plant

Student intern name: Ms. Sarocha Rattanamaneechot

Faculty: Engineering **Department:** Mechanical Engineering

Advisor name: Asst.Prof.Dr.Unnat Pinsopon

Mentor name: Mr.Teera Thitirattananon

Company: Thai Coated Steel Sheet Company Limited

ABSTRACT

This project arose from the fact that energy consumption in Thai Coated Steel Sheet Company Limited is high about 40 million baht per year and coupled with the effect of Thai economy. Therefore, TCS is looking for ways to improve electrical energy. The objective is to reduce the electrical energy used for the production support system which consists of No.1 Dryer blower, Plating circulating pump, Zn reactor transfer pump, Cooler No.3 (exhaust fan), Cooler No.3 (cooling fan), Cooling water pump, Filtrated water pump, Agitator and compressed air system for 54 percent of the project. Analysis of energy usage and the decision to install Automatic power motor controller to control the electricity usage of all mentioned motors and plan to improve the compressed air system. Starting with the installation of Turbo blower to replace the use of compressed air for drying in the amount of 2 points, Dryer no.1 ext. And Coater ent. and have planned 2 ways to improve the compressor. The first one is Reducing the pressure in the production of compressed air from 6.5 bars to 5 bars and installing an air booster in high pressure areas reduced electric power of the air compressor, 26.6kW, payback in 2.2 years. The second one is using the old 132kW 380V existing motor to replace the original 180kW 3300V with the Automatic power motor controller to control the power consumption of the air compressor reduced electric power of the air compressor, 80kW payback in 2.89 years. Survey of compressed air leaks and found that compressed air leaks 19 percent of the compressed air produced and know the current compressed air production rate is 1200 m3/h from the analysis chose action plan 2 as the predictions after the improvement of the compressed air leak in the compressed air system will result in the compressed air consumption rate will be reduced to less than 900 m3/h so can change the motor and install automatic power motor controller. Based on the calculations of improvements to compressed air systems and the installation of Automatic power motor controllers, the total energy savings of 428kW can be reduced to 56 percent of the project's energy or 20% of the fix load, which is considered to achieve the stated objectives of this project

Keyword: Energy saving, Air compressor, Compressed air leak

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์และความกรุณาของบุคคลหลายท่านซึ่งได้ให้ความรู้ คำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการดำเนินการต่าง ๆ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. อุนนัต พิณโสภณ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งเป็นผู้ให้ความรู้ คำแนะนำ และคำปรึกษาที่ดีมาโดยตลอด รวมถึงความกรุณาตรวจทานแก้ไขจนรายงานสหกิจเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณธีระ ฐิติรัตนานนท์ พนักงานที่ปรึกษา ซึ่งเป็นผู้ให้ความรู้ คำแนะนำ และคำปรึกษาที่ดีมาโดยตลอด

ขอกราบขอบคุณ บริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด และพนักงานที่ให้โอกาสในการดำเนินงานวิจัย ให้คำแนะนำและประสบการณ์ในการฝึกงาน รวมถึงข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และบุคลากรทุกท่าน ผู้ให้ความรู้อันเป็นประโยชน์และให้การสนับสนุนด้านสถานที่ ซึ่งทำให้สามารถดำเนินงานวิจัยเป็นไปอย่างราบรื่น

ท้ายที่สุดนี้ หากมีสิ่งใดขาดตกบกพร่องประการใด ผู้เขียนขออภัยมา ณ โอกาศนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและสามารถนำข้อมูลต่างๆไปใช้ให้เกิดประโยชน์ทั้งในเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ

สโรชา รัตนมณีโชติ

ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.6 ระยะเวลาการดำเนินโครงการ 4

บทที่ 2 ข้อมูลเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ข้อมูลเบื้องต้น 5

2.1.1 ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ 5

2.1.2 ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 8

2.1.3 มีดลมสำหรับการทำให้แห้งการกระจายและการกำจัดฟิล์มของเหลว 8

2.1.4 สมการความต่อเนื่อง 10

2.1.5 การเลือกใช้เครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ในระบบอัดอากาศที่เหมาะสม 11

2.1.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องสูบน้ำ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

2.2.1 การลดความดันเครื่องอัดอากาศในโรงงานผลิตยาง 18

2.2.2 การลดปริมาณลมรั่วในระบบอัดอากาศ 19

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 21

3.1 การเก็บข้อมูล 22

3.1.1 ข้อมูลเบื่องต้นของอุปกรณ์ 22

3.1.2 ข้อมูลของระบบบัดอากาศ 24

3.2 วิเคราะห์ข้อมูล 25

3.2.1 การรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานก่อนปรับปรุงของอุปกรณ์ต่าง ๆ 25

3.2.2 การวิเคราะห์ระบบอัดอากาศ 29

3.2.3 โครงการจักรยานผลิตพลังงานไฟฟ้า 33

3.3 การทดสอบ 36

3.3.1 การทดสอบการรั่วไหลของอากาศอัด 36

บทที่ 4 ผลการวิจัย 41

4.1 ผลการวิจัยจากการติดตั้งAutomatic power motor controller 41

4.2 ผลการดำเนินการจากการปรับปรุงเครื่องอัดอากาศ 44

4.3 โครงการจักรยานปั่นพลังงานไฟฟ้า 45

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 47

5.1 สรุปผลการวิจัย 47

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย 48

5.3 ข้อเสนอแนะ 48

เอกสารอ้างอิง 59

ภาคผนวก 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาในการดำเนินโครงการ 4

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ 12

ตารางที่ 2.2 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนปรับลดความดันอากาศ 18

ตารางที่ 2.3 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยหลังปรับลดความดันอากาศ เครื่องที่ 1 18

ตารางที่ 2.4 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยหลังปรับลดความดันอากาศ เครื่องที่ 2 18

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลการใช้พลังงานก่อนปรับปรุงของอุปกรณ์ต่าง ๆ 23

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลเบื่องต้นเกี่ยวกับระบบอัดอากาศ 24

ตารางที่ 3.3 Air consumption 24

ตารางที่ 3.4 การทำงานของอุปกรณ์ระบายความร้อน 27

ตารางที่ 3.5 เป้าหมายการลดพลังงาน 27

ตารางที่ 3.6 งบประมาณในการปรับปรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ 28

ตารางที่ 3.7 ระยะเวลาคุ้มทุน 29

ตารางที่ 3.8 ผลการทำงานของเครื่องอัดอากาศ 30

ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างขนาด compressor จากผู้ผลิตรายที่ 1 32

ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างขนาด compressor จาก จากผู้ผลิตรายที่ 2 32

ตารางที่ 3.11 ราคา alternator 34

ตารางที่ 3.12 ราคาแบตเตอรี่ 35

ตารางที่ 3.13 เวลาในการอัดขณะการจ่ายอากาศโดยไม่มีการใช้งานอากาศอัดในสายการผลิต 37

ตารางที่ 3.14 เวลาในการอัดขณะการจ่ายอากาศไปยังโรงงานโดยการใช้งานอากาศอัดใน
สายการผลิต ขณะทำการผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้าชนิดม้วน
ประเภท P 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.15 เวลาในการอัดขณะการจ่ายอากาศไปยังโรงงานโดยการใช้งานอากาศอัดใน
สายการผลิต ขณะทำการผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้าชนิดม้วน
ประเภท V 37

ตารางที่ 3.16 รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศที่สถานการณ์ต่าง ๆ 38

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลหลังการติดตั้ง APMC ของอุปกรณ์ต่าง ๆ 43

ตารางที่ 4.2 ค่าพลังงานที่ใช้งานของแต่ละอุปกรณ์ (kWh) 44

ตารางที่ 4.3 งบประมาณสำหรับโครงการจักรยานปั่นพลังงานไฟฟ้า 46

ตารางที่ 5.1 สรุปผลพลังงานทางไฟฟ้าหลังจากติด APMC 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 3

รูปที่ 2.1 ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ 5

รูปที่ 2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวิธีการควบคุมอินเวอร์เตอร์ทั้ง 3 แบบ 6

รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบพื้นฐานของวงจรอิเล็กทรอนิคสสำหรับ VSD 6

รูปที่ 2.4 คุณลักษณะของโหลดมอเตอร์ประเภทต่างๆ 7

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างของระบบมีดลมที่มีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม 9

รูปที่ 2.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างการเป่าลมโดยใช้ลมอัด
และการใช้ระบบมีดลม 9

รูปที่ 2.7 การไหลของของไหลภายในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ 10

รูปที่ 2.8 กราฟแสดงย่านแรงดันต่างๆของเครื่องอัดอากาศ พัดลม และดูดสุญญากาศ 11

รูปที่ 2.9 ลักษณะการต่อท่อเมนแบบท่อเดี่ยว 14

รูปที่ 2.10 ลักษณะการต่อท่อเมนแบบวงแหวน 15

รูปที่ 2.11 กราฟใช้สำหรับหาขนาดท่อโดยสามารถกำหนดค่าต่างๆ ที่ต้องการ 15

รูปที่ 2.12 การเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเพิ่มแรงดันให้แก่ของไหล 16

รูปที่ 2.13 การเปลี่ยนรูปของพลังงานของระบบปั๊ม 17

รูปที่ 2.14 กราฟสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศ (ก่อนปรับปรุง) 19

รูปที่ 2.15 กราฟสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศ (หลังปรับปรุง) 19

รูปที่ 3.1 EGL 21

รูปที่ 3.2 Utility 21

รูปที่ 3.3 ข้อมูลของเครื่องอัดอากาศ 24

รูปที่ 3.4 การเปลี่ยนรูปพลังงานของมอเตอร์ไฟฟ้า 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 การเปลี่ยนรูปพลังงานของปั๊ม 25

รูปที่ 3.6 การเปลี่ยนรูปพลังงานของอุปกรณ์ลดอุณหภูมิ 26

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างจุดที่มีอากาศอัดรั่วไหลในแต่ละส่วนของโรงงาน 40

รูปที่ 4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของมอเตอร์ 132 kW 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและทรัพยากรต่าง ๆ ที่นำมาผลิตพลังงานไฟฟ้ามีจำนวนน้อยลง ส่งผลให้มีการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าในจำนวนที่มากขึ้น จึงมีผลกระทบกับต้นทุนทางพลังงานทำให้มีค่าสูงขึ้น ซึ่งในปัจจุบันทางบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด มีการบริโภคพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้นถึง 40 ล้านบาทต่อปี และประกอบกับสภาพของเศรษฐกิจไทยที่ย่ำแย่ในปัจจุบัน จึงทำให้ทางบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด มองหาแนวทางในการปรับปรุงลดเรื่องพลังงานทางไฟฟ้า และ ต้นทุนการผลิตลง

การบริโภคพลังงานทางไฟฟ้าในบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ Plating load ซึ่งประกอบไปด้วยการใช้พลังงานในการผลิตและระบบขับเคลื่อนการผลิต ซึ่งมีอัตราส่วนเป็นร้อยละ 56 ของทั้งหมด และอีกส่วนหนึ่งคือ Fix load ซึ่งประกอบไปด้วยการใช้พลังงานในส่วนของระบบสนับสนุนการผลิต และระบบแสงสว่างต่างในบริษัท มีอัตราส่วนเป็นร้อยละ 44 ของทั้งหมด

เริ่มต้นก่อนจัดตั้งโครงการลดการใช้พลังงานของระบบสนับสนุนการผลิตในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี ทางบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด ได้มีการปรับปรุงพลังงานไฟฟ้าเบื่องต้น โดยการติดตั้ง inverter เข้าไปควบคุมพลังงานไฟฟ้าในระบบขับเคลื่อนการผลิต หลังจากนั้นทางบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัดมีการศึกษาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการลดการใช้พลังงานทางไฟฟ้าในระบบสนับสนุนการผลิต จึงได้จัดตั้งชุดดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน และ โครงการลดการใช้พลังงานของระบบสนับสนุนการผลิตในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีขึ้น และได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่พุทธศักราช 2561 เป็นต้นมา

โครงการลดการใช้พลังงานของระบบสนับสนุนการผลิตในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีก็ได้ดำเนินมาเรื่อย ๆ และได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นที่น่าพึงพอใจโดยจากการดำเนินการและการคำนวณโครงการลดการใช้พลังงานของระบบสนับสนุนการผลิตในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีจะมีส่วนช่วยในการลดพลังงานลงรวมมูลค่าทั้งสิ้น 4 ล้านบาทต่อปี และทางบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัดยังได้รับการสนับสนุนในโครงการลดการใช้พลังงานของระบบสนับสนุนการผลิตในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีจากหน่วยงานภายนอกอีกด้วย และได้มีการวางแผนการลดพลังงานทางไฟฟ้าลงไปอีก จึงทำให้เกิดระดับที่ 2 ของโครงงาน ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของอุปกรณ์ลดอุณหภูมของผลิตภัณฑ์หมายเลข 0 และเครื่องอัดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัดจึงได้รับนักศึกษาเข้ามาศึกษาเกี่ยวกับ Automatic power motor controller และออกแบบเกี่ยวกับการปรับปรุงระบบอัดอากาศซึ่งอยู่ในระยะที่ 2 ของโครงการลดการใช้พลังงานของระบบสนับสนุนการผลิตในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี โดยปัจจุบันเครื่องอัดอากาศที่ใช้อยู่มีขนาด 180kW 3300V ผลิตอากาศอัดความดัน 6.5bar ปริมาณอากาศอัดที่ใช้ 1800m^3/h แบ่งการใช้อากาศอัดออกเป็น 4 ส่วนคือ กระบวนการเป่าแห้ง(1260m^3/h 0.98bar) การห่อผลิตภัณฑ์(180m^3/h 4.41bar) นิวเมตริก(72m^3/h 4.90bar) และลมที่ใช้กับAgitator(270m^3/h 1.96bar)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบสนับสนุนการผลิตในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีซึ่งประกอบไปด้วย No.1 Dryer blower, Plating circulating pump, Zn reactor transfer pump, Cooler No.3 (exhaust fan), Cooler No.3 (cooling fan), Cooling water pump, Filtrated water pump, Agitator และ ระบบอัดอากาศ ได้ร้อยละ 17 ของ Fix load หรือร้อยละ 54 ของพลังงานทั้งหมดในโครงการ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

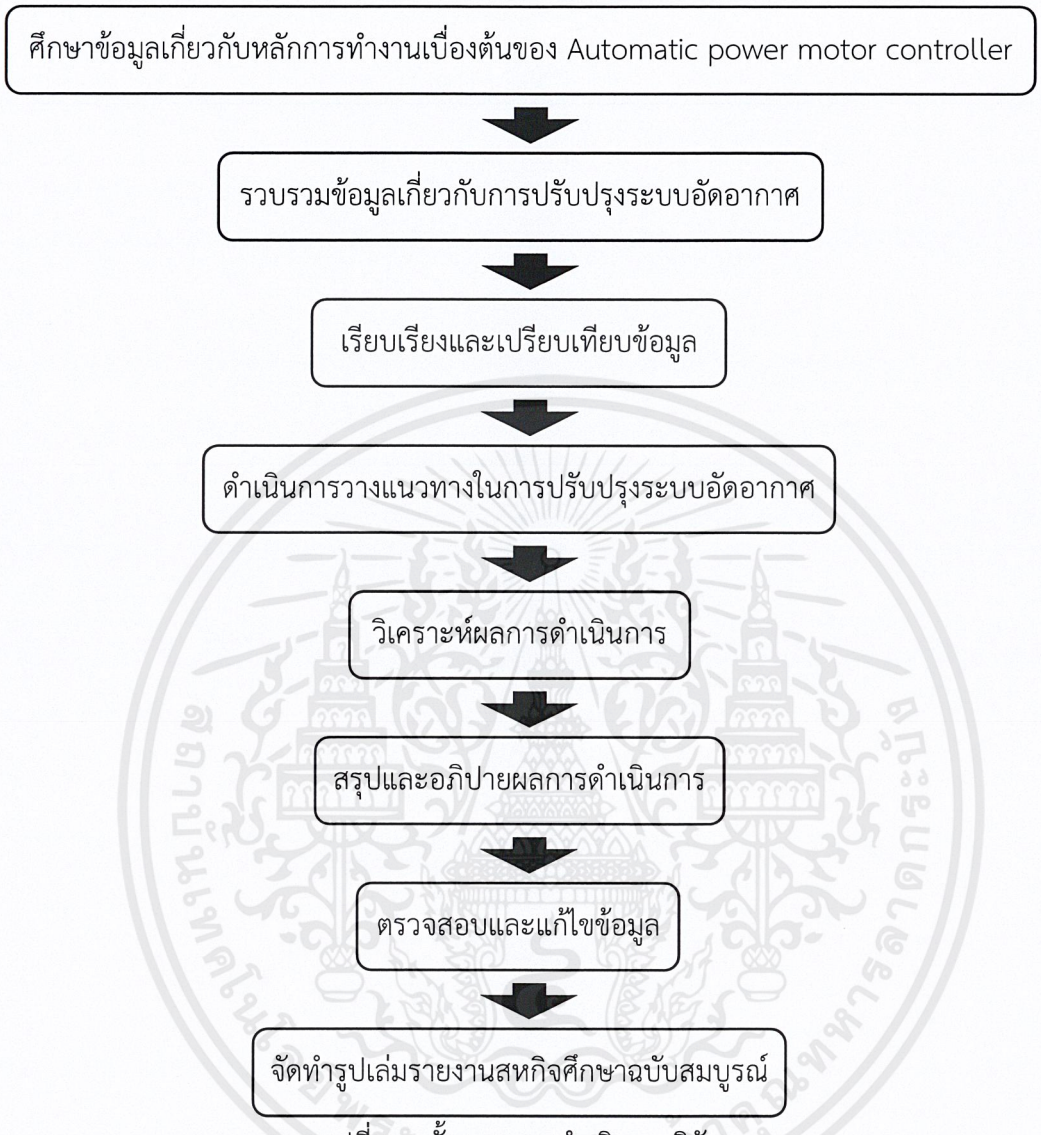
1. การลดพลังงานในระบบสนับสนุนการผลิตในสายการผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยวิธีกรรมทางไฟฟ้า ในส่วนของ No.1 Dryer blower, Plating circulating pump, Zn reactor transfer pump, Cooler No.3 (exhaust fan), Cooler No.3 (cooling fan), Cooling water pump, Filtrated water pump, Agitator ด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ลดความเร็วรอบมอเตอร์ (Automatic power motor controller)

2. การออกแบบการลดพลังงานในระบบอัดอากาศของโรงงานผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยวิธีกรรมทางไฟฟ้าโดยการลดความดันของอากาศอัดที่ออกจากเครื่องอัดอากาศและ/หรือการปรับเปลี่ยนขนาดมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยของโครงงานนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบสนับสนุนการผลิตในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีซึ่งประกอบไปด้วย No.1 Dryer blower, Plating circulating pump, Zn reactor transfer pump, Cooler No.3 (exhaust fan), Cooler No.3 (cooling fan), Cooling water pump, Filtrated water pump, Agitator และ ระบบอัดอากาศ ได้ร้อยละ 17 ของ Fix load หรือร้อยละ 54 ของพลังงานทั้งหมดในโครงการ

2. ผลงานวิจัยสามารถเป็นองค์ความรู้หรือรูปแบบวิธีวิจัยได้ในระยะต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ระยะเวลาการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินโครงการและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนได้แสดงไว้ในตาราง 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินการ	ระยะเวลา															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
1.ศึกษากระบวนการผลิตเหล็กและกระบวนการผลิตของโรงงาน																
2.ความปลอดภัยใน EGL และพื้นที่โครงการ																
3.ศึกษาผลประโยชน์ของโครงการ																
4.ศึกษาภาพรวมและระบบการประหยัดพลังงานในโรงงาน																
5.ศึกษาการประหยัดพลังงานโดยใช้เครื่อง APMC																
6.ศึกษาการประหยัดพลังงานโดยใช้เครื่อง Turbo blower																
7.ศึกษาการคำนวณค่าไฟฟ้าของโรงงาน																
8.ศึกษาวิศวกรรมของโครงการ (เครื่องกลและไฟฟ้า)																
9.ตรวจสอบระบบอัดอากาศ																
10.ทดสอบการรั่วไหลของอากาศในระบบอัดอากาศ																
11.ออกแบบการปรับปรุงระบบอัดอากาศ																
9.ตรวจสอบความคืบหน้าและบันทึกผลโครงการ																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ข้อมูลเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเบื่องต้น

2.1.1 ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable speed drives)

รูปที่ 2.1 ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์

<u>หลักการของเทคโนโลยี</u>

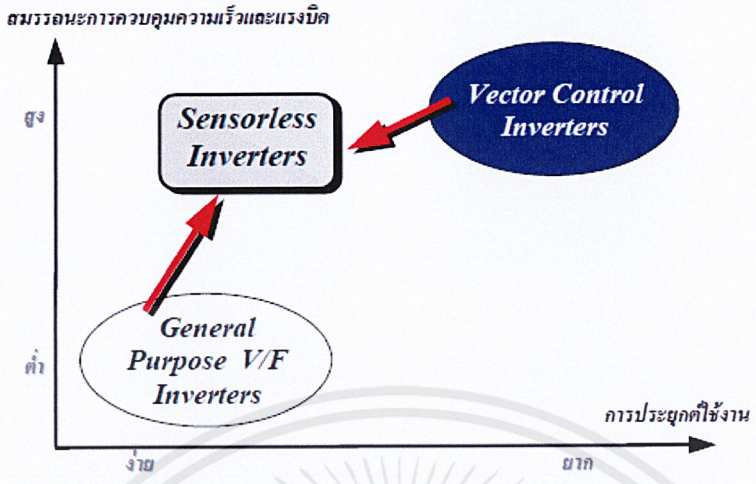
ตัวปรับความความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable speed drive) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ (Induction motor) โดยทำการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน ทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ดีขึ้นในกระบวนการต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่มีลักษณะดังรูปที่ 2.1

การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำของตัวปรับความเร็วรอบจะอยู่บนพื้นฐานของการปรับแรงดันทางไฟฟ้าและความถี่ทางไฟฟ้าโดยไม่ให้เกิดการอิ่มตัวของฟลักซ์แม่เหล็กในตัวมอเตอร์ คือหลักการที่อัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความถี่ขาออกที่คงที่ (V/F control method) ทำให้ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์มีอีกชื่อหนึ่งคือ VVVF (Variable voltage variable frequency)

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีการปรับความเร็วรอบมอเตอร์โดยการควบคุมเวกเตอร์แบบใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจจับความเร็วและตำแหน่งของโรเตอร์ (Vector control) ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่ต้องควบคุมแรงบิดในการขับโหลด หรือความเร็วรอบมอเตอร์ที่แม่นยำ และมีความเร็วในการตอบสนองสูง แต่เนื่องจากความยุ่งยากในการติดตั้งเซ็นเซอร์ จึงทำให้มีการคิดค้นตัวควบคุมความเร็วรอบโดยการควบคุมเวกเตอร์แบบไร้เซนเซอร์ ซึ่งเป็นการรวมข้อดีระหว่างการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์แบบแรงดันไฟฟ้าและความถี่ขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

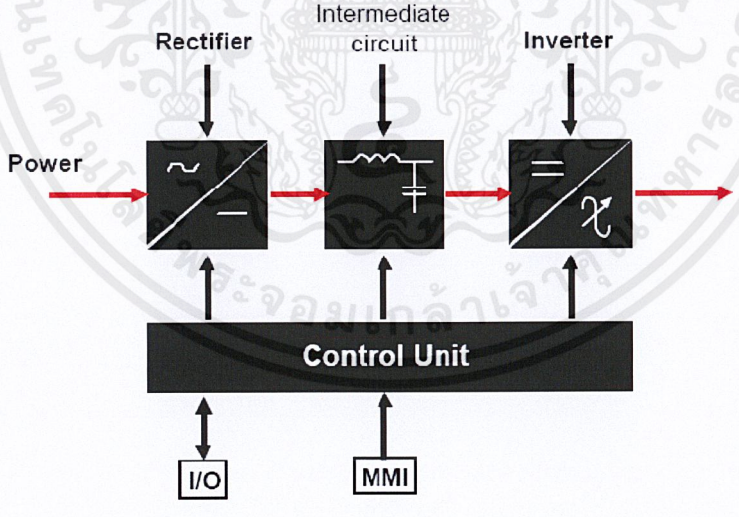
ที่คงที่ และการควบคุมเวกเตอร์ คือมีสมรรถนะในการขับเคลื่อนสูงและง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยมีการแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวิธีการควบคุมอินเวอร์เตอร์ทั้ง 3 แบบไว้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวิธีการควบคุมอินเวอร์เตอร์ทั้ง 3 แบบ

หลักการทำงานของ VSD

หลักการทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ทุกชนิด คือการนำไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสส่งผ่าน Rectifier ผ่าน Intermediate circuit และผ่าน Inverter ตามลำดับ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบพื้นฐานของวงจรอิเล็กทรอนิคสำหรับ VSD

Rectifier – ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้ไดโอดเป็นอุปกรณ์หลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Intermediate circuit – มีหน้าที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าราบเรียบมากที่สุดก่อนเข้าสู่ Inverter

Inverter – ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้กลับไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นจุดที่มีการปรับเปลี่ยนระดับของแรงดันและความถี่

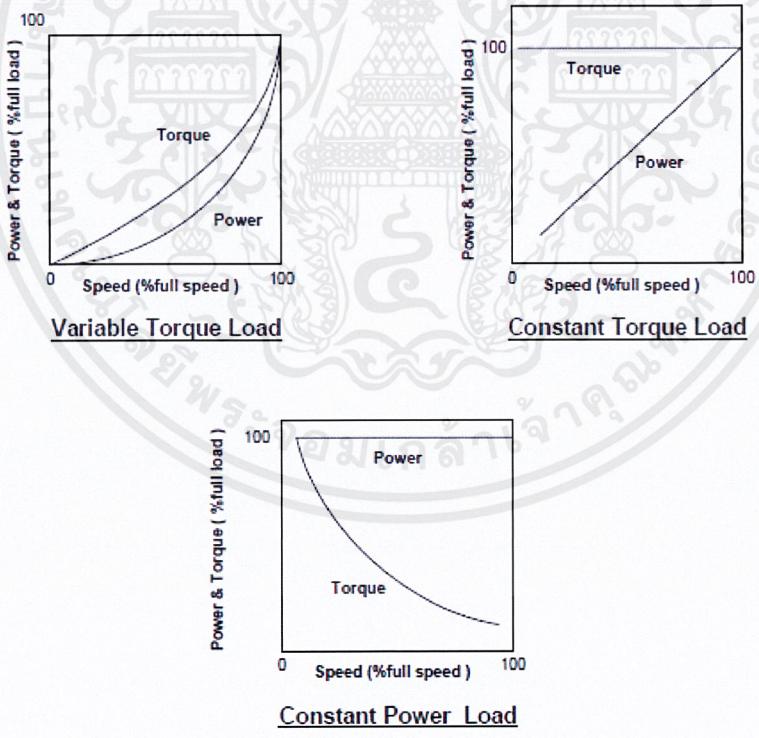
Control unit – ทำหน้าที่รับ-ส่งสัญญาณควบคุมให้กับชุดวงจรต่าง ๆ ให้ทำงานได้ตามความต้องการ

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี

สรูปที่เหมาะสมในการใช้งาน

เหมาะกับระบบหรืออุปกรณ์ที่มีการปรับเปลี่ยนภาระการทำงานขณะที่มอเตอร์ยังทำงานที่ความเร็วรอบคงที่อยู่

จำเป็นต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง Torque, Speed, Power ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งแสดงถึงลักษณะโหลดของมอเตอร์ที่มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ Variable Torque Load เช่น Centrifugal Pump, Centrifugal Fan, Extruder, Mixer และ Constant Torque Load เช่น Compressor, Conveyor เป็นต้น



รูปที่ 2.4 คุณลักษณะของโหลดมอเตอร์ประเภทต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

$$N_s = \frac{120f}{P} \text{ (rpm)}$$

สมการที่ 2.1

จากสมการที่ 2.1 จะเห็นได้ว่ามีตัวแปรอยู่ 2 ตัวที่มีผลกับความเร็วรอบของมอเตอร์คือความถี่ทางไฟฟ้า (f) และจำนวนขั้วแม่เหล็ก (P) การปรับความเร็วรอบด้วยการควบคุมจำนวนขั้วแม่เหล็กมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แบบคอนซีเควนโพลและแบบใช้ขดลวดหลายชุด การเปลี่ยนแปลงจำนวนขั้วแม่เหล็ก ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นขั้น ๆ ไม่เรียบสม่ำเสมอ การปรับความเร็วรอบด้วยการควบคุมความถี่ทางไฟฟ้าสามารถปรับได้โดยใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์

2.1.3 มีดลมสำหรับการทำให้แห้งการกระจายและการกำจัดฟิล์มของเหลว (Electric Air Knives)

<u>หลักการทำงานระบบมีดลม</u>

ระบบมีดลมจะประกอบด้วยเครื่องเป่าลมแบบหอยโข่ง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ผลิตลมที่มีความดันต่ำแต่มีอัตราการไหลที่สูง ผ่านท่อลมและพ่นออกมาผ่านช่องเปิดเล็ก ๆ ทำให้ลมที่พ่นออกมานั้นมีความเร็วสูงมาก ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในกระบวนการเป่าแห้ง หรือการทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ ทดแทนการใช้ความร้อนหรืออากาศอัดในการเป่าซึ่งเป็นการใช้พลังงานที่สูงกว่า

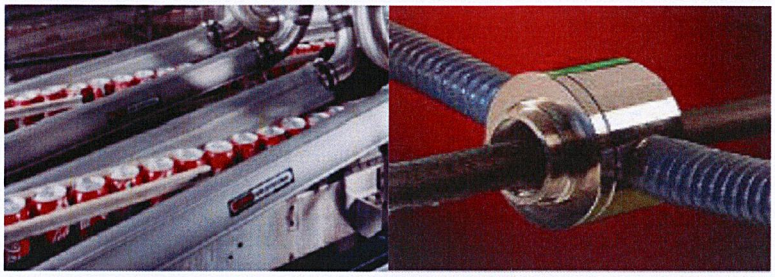
<u>การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี</u>

ระบบมีดลมมีการนำมาประยุกต์ใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการเป่าแห้ง ไล่ความชื้น ลดอุณหภูมิ หรือไล่สิ่งสกปรกออกจากพื้นผิวผลิตภัณฑ์ แทนการใช้ลมจากเครื่องอัดอากาศ หรือการให้ความร้อน รูปแบบการติดตั้งจะขึ้นอยู่กับลักษณะและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ในแต่ละโรงงาน

<u>ประโยชน์ของระบบมีดลม</u>

สามารถประหยัดพลังงานได้มากถึงร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ความร้อนเพื่อไล่ความชื้นบนผลิตภัณฑ์ มีค่าการลงทุนและการบำรุงรักษาที่ต่ำ ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน ง่ายต่อการติดตั้ง นำไปใช้ในการไล่ความชื้นและสิ่งสกปรกทำให้เพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และยังใช้กับรูปร้างผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อนได้อีกด้วย โดยมีตัวอย่างการประยุกต์ใช้ระบบมีดลมในอุตสาหกรรมดังรูปที่ 2.5

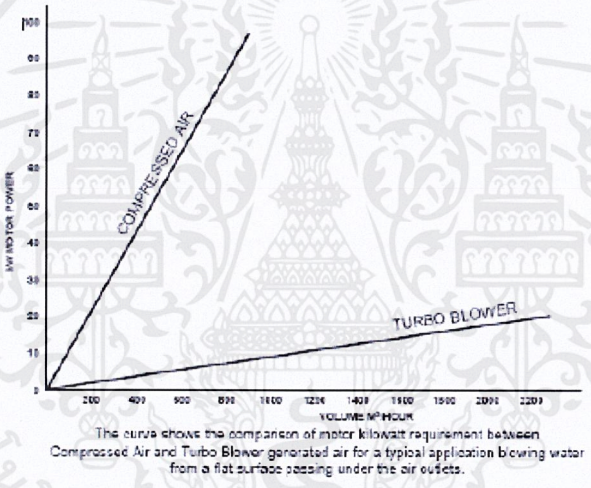
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ระบบมีดลมในอุตสาหกรรม

<u>ศักยภาพการประหยัดพลังงาน</u>

โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะนำระบบมีดลงไปใช้แทนการเป่าลมระบบเดิมซึ่งเป็นการเป่าลมโดยการใช้ลมอัด สามารถเปรียบเทียบผลประหยัดพลังงานระหว่างการใช้ลมอัดและการใช้มีดลมได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างการเป่าลมโดยใช้ลมอัด และการใช้ระบบมีดลม

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างการเป่าลมโดยใช้ลมอัดและการใช้ระบบมีดลม จะเห็นได้ว่าหากมีการใช้ปริมาณลมอัดมากเท่าใด ปริมาณผลประหยัดที่ได้จากการเปลี่ยนมาใช้ระบบมีดลมก็จะยิ่งมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

ดังนั้นการประยุกต์ใช้มีดลมนั้นจำเป็นต้องทราบปริมาณการใช้ลมอัดและปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของระบบเดิม เพื่อนำมาเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของระบบมีดลม

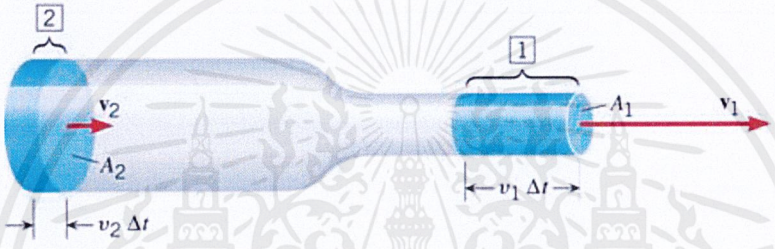
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ระบบมีดลมไม่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อม และยังมีการนำหลักการของการป้องกันความร้อนและเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมาช่วยให้การออกแบบจึงส่งผลให้ลดการใช้พลังงาน

2.1.4 สมการความต่อเนื่อง (Continuity equation)

การศึกษาเกี่ยวกับการไหลของของไหลภายในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอดังรูปที่2.7 เนื่องจากการไหลของของไหลในท่อไม่มีการสร้างหรือทำลายของไหล จึงทำให้ไม่มีการสูญเสียมวลในระบบ หรือกล่าวว่ามวลของของไหลที่ไหลผ่านส่วนใด ๆ ของท่อในช่วงเวลาการไหลเดียวกันจะมีค่าเท่ากันเสมอ ดังสมการที่ 2.2 และ 2.3



รูปที่ 2.7 การไหลของของไหลภายในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ

$$\Delta m_1 = \Delta m_2$$

สมการที่ 2.2

$$\rho A_1 v_1 \Delta t = \rho A_2 v_2 \Delta t$$

สมการที่ 2.3

และเนื่องจากการไหลเป็นการไหลของของไหลแบบอุคมคติ คือไม่สามารถอัดตัวได้ หรือกล่าวได้ว่า ความหนาแน่นของของไหลคงตัว แสดงว่า

$$\rho_1 = \rho_2$$

จึงได้สมการสุดท้ายออกมาดังสมการที่ 2.4 ซึ่งมีชื่อเรียกว่า สมการความต่อเนื่อง (Continuity equation) หรือจะสรุปได้ว่า ผลคูณระกว่างพื้นที่หน้าตัดและอัตราเร็วของของไหลไม่ว่าจะอยู่ ณ ตำแหน่งใดก็ตามของของไหลในอุตมคติจะเป็นค่าคงตัว

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

สมการที่ 2.4

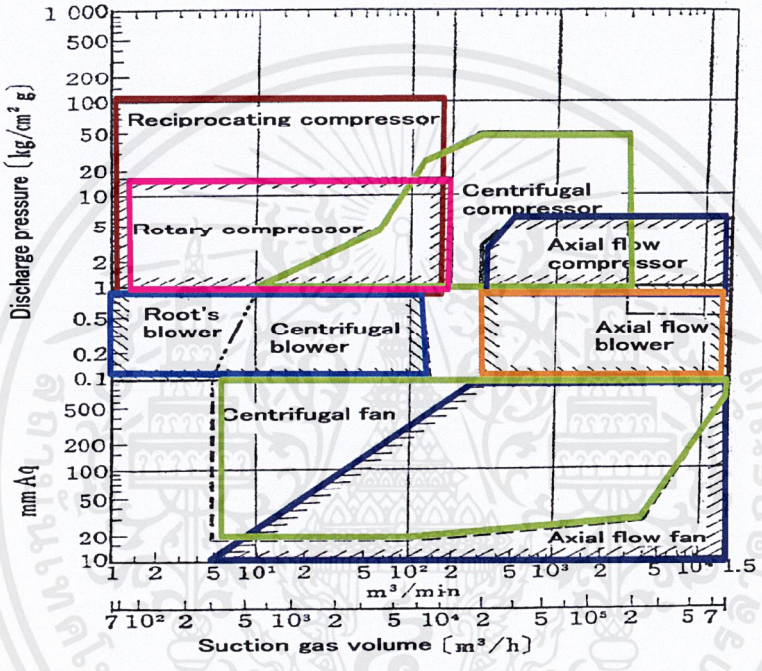
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การเลือกใช้เครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ในระบบอัดอากาศที่เหมาะสม

การเลือกใช้เครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ในระบบอัดอากาศที่เหมาะสมนั้นส่งผลต่อการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศเป็นอย่างมาก โดยประกอบด้วยหลายส่วนดังต่อไปนี้

1. การเลือกขนาดและชนิดเครื่องอัดอากาศที่เหมาะสม

สิ่งที่ควรคำนึงถึงเมื่อพิจารณาการเลือกขนาดและชนิดเครื่องอัดอากาศที่เหมาะสมนั้นคือ ปริมาณความต้องการอากาศอัดและความดันใช้งานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงาน โดยนำมาพิจารณาดังรูปที่ 2.8 กราฟแสดงย่านแรงดันต่าง ๆ ของเครื่องอัดอากาศ และเครื่องเป่าลมชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงย่านแรงดันต่าง ๆ ของเครื่องอัดอากาศ และเครื่องเป่าลมชนิดต่าง ๆ

จากกราฟจะเห็นได้ว่าแต่ละช่วงของปริมาณอากาศอัดและความดันของอากาศอัดจะมีอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการใช้งานที่แตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น ในงานที่ที่ต้องการอากาศที่มีความดัน 1kg/m2 เหมาะสมกับการใช้อากาศจากเครื่องเป่าลมมากกว่าการใช้อากาศอัดจากเครื่องอัดอากาศ และแต่ละช่วงของการใช้งานก็ยังมีชนิดของเครื่องอัดอากาศที่แตกต่างกันออกไปอีกด้วย เช่น ที่ความต้องการอากาศอัดที่มีความดัน 4 kg/m2 ในแต่ละช่วงของปริมาณอากาศอัดที่ต้องการก็จะมีเครื่องอัดอากาศที่เหมาสมต่างกันไป คือที่ความต้องการปริมาณอากาศอัด 200m^3/h ก็จะเหมากับการใช้อากาศอากาศอักจาก Rotary compressor และ Reciprocating compressor มากที่สุด แต่ก็ยังมีส่วนที่ต้องนำมาพิจารณาด้วยอีกหลายส่วน ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมในการเลือกใช้งานที่มากที่สุด โดยสามารถเปรียบเทียบกับตารางการเปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ

การเปรียบเทียบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ									
ประเภทเครื่องอัด	ประเภทการหล่อลื่น	ประเภทการระบายความร้อน	อัตราการผลิตอากาศอัด l/s	พลังงานไฟฟ้าในการอัดที่ 7 บาร์ kW/l/s	ประสิทธิภาพในช่วงที่ไม่มีการโหลด	การลงทุน	ค่าใช้จ่ายในการทำงาน	ค่าบำรุงรักษา	คุณภาพอากาศที่ผลิต
ลูกสูบ	Lubricated	Air	2-25	0.52	ดี	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ
	Lubricated	Air/Water	25-250	0.43	ดี	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ
	Lubricated	Air/Water	250-1,000	0.36	ดีมาก	สูง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
	Oil Free	Air	2-25	0.56	ดี	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สะอาด
	Oil Free	Air/Water	25-250	0.47	ดี	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สะอาด
	Oil Free	Air/Water	250-1,000	0.41	ดีมาก	สูง	ต่ำ	สูง	สะอาด
สกรู	Oil injected	Air	2-25	0.52	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง
	Oil injected	Air	25-250	0.45	ดี (ถ้าใช้ VSD)	ต่ำ	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง
	Oil injected	Air/Water	250-1,000	0..41	พอใช้	กลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
	Oil Free	Air	25-250	0.43	ดี	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	สะอาด
	Oil Free	Air	250-1,000	0.38	ดี	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	สะอาด
	Oil Free	Air/Water	1,000-,2000	0.38	ดี	สูง	ต่ำ	ปานกลาง	สะอาด
โรตารี่เวน	Oil injected	Air	2-25	0.52	ดี	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ต่ำ
	Oil injected	Air	25-250	0.45	พอใช้	ต่ำ	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง
เซนตริฟิวกัลป์ หรือ เทอร์โบ	Oil Free	Water	250-1,000	0.45	ดี	กลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	สะอาด
	Oil Free	Water	1,000-2,000	0.39	ดีมาก	กลาง	ปานกลาง	ต่ำ	สะอาด
	Oil Free	Water	มากกว่า 2,000	0.36	ดีมาก	สูง	ต่ำ	ต่ำ	สะอาด

2. **การเลือกขนาดของถังเก็บอากาศที่เหมาะสม**

โดยปกติแล้วระบบอัดอากาศจะมีถังเก็บอากาศอัดต่ออยู่ เพื่อเก็บอากาศอัดที่ส่งออกมาจากเครื่องอัดอากาศ อาจจะมีมากกว่าหนึ่งถังได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการใช้งานกับลักษณะงานและการใช้โหลด โดยหน้าที่ของถังเก็บอากาศคือ

- เก็บอากาศอัดเพื่อลดภาระของเครื่องอัดอากาศเนื่องจากแรงดันที่ไม่สม่ำเสมอของอากาศอัดเมื่อมีการใช้งาน
- ชดเชยอากาศอัดในขณะใช้งานในลักษณะ Peak load หรือช่วงที่มีความต้องการอากาศอัดแรงดันสูง
- ลดการทำงานและหยุดทำงานของเครื่องอัดอากาศที่บ่อยเกินไป
- เป็นจุดกลั่นตัวของน้ำและน้ำมันในอากาศอัด

ลักษณะของระบบก็ส่งผลต่อการเลือกใช้งานขาดของถังเก็บอากาศอัด คือ ระบบอัดอากาศที่มีความต้องการปริมาณอากาศอัดในลักษณะที่คงที่หรือระบบที่มีการใช้อากาศอัดสม่ำเสมอต่อเนื่องจนหยุดการผลิต ถังเก็บอากาศอัดที่เหมาะสมกับการใช้งานคือถังเก็บอากาศอัดที่มีปริมาตรไม่ใหญ่มาก แต่สำหรับระบบอัดอากาศที่มีความต้องการปริมาณอากาศอัดไม่สม่ำเสมอจำเป็นต้องติดตั้งถังเก็บอากาศอัดที่มีขนาดใหญ่เพื่อเก็บอากาศอัดไว้ชดเชยตามความต้องการที่มากกว่ากำลังผลิตของเครื่องอัดอากาศในบางช่วง

การหาปริมาตรของถังเก็บอากาศอัดที่เหมาะสมสามารถหาได้จากสมการที่ 2.5

$$V_R = \frac{A \cdot C_o \cdot P_o}{P_g + P_o}$$

สมการที่ 2.5

โดยที่

V_R คือ ปริมาตรถังเก็บอากาศ (m^3)

C_o คือ กำลังการผลิตอากาศอัด (m^3/min) (FAD)

P_o คือ ความดันสัมบูรณ์ของบรรยากาศ (1.013 bar)

P_g คือ ความดันเกจ (bar)

A คือ ค่าตัวประกอบของเวลาหน่วย min ปกติเท่ากับ 1.5 สำหรับโหลดคงที่ และเท่ากับ 3 สำหรับโหลดที่มีความต้องการปริมาณไม่คงที่

การพิจารณาว่าถังอัดอากาศในโรงงานมีขนาดเหมาะสมหรือไม่ ทำได้โดยการคำนวณถังปริมาตรถังเก็บอากาศอัดในโรงงานโดยจะแบ่งการคำนวณเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นทรงกระบอกและส่วนที่เป็นฝาถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และก้นถัง โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.6 และสมการที่ 2.7 โดยสมการที่ 2.7 จะเป็นส่วนของฝาและก้นของถังเก็บอากาศอัด

$$v = \frac{\pi}{4}h(D^2 - d^2)$$

สมการที่ 2.6

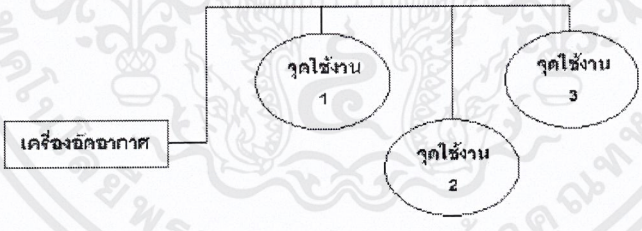
$$v = \frac{2}{3}\pi \cdot r^2 h$$

สมการที่ 2.7

3. การเลือกขนาดท่อส่งจ่ายอากาศอัดและการติดตั้งใช้งาน

ลักษณะในการต่อท่อประธานมีผลต่อการใช้พลังงานในระบบอัดอากาศเป็นอย่างมาก เนื่องจากการผลิตอากาศอัดที่ความดันที่สูงมาก ๆ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน และยังทำให้เกิดการสูญเสียจากการรั่วไหลมากอีกด้วย โดยจะมีการต่อท่อประธานหลัก ๆ อยู่ 2 แบบ คือการต่อแบบท่อประธานเดี่ยวและต่อแบบวงแหวน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน

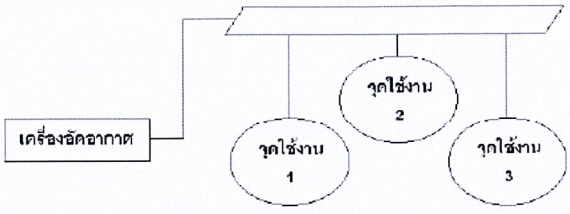
การต่อท่อประธานแบบเดี่ยว หรือการต่อท่อประธานแบบก้างปลา เป็นการต่อท่อประธานที่เหมาะกับการใช้งานที่ระยะทางที่ไม่ไกลจากเครื่องอัดอากาศมากนัก สาเหตุที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานระยะไกลเนื่องจากจะทำให้เกิดปัญหาแรงดันของอากาศอัดตก แต่เนื่องจากต้นทุนในการติดตั้งน้อยจึงทำให้โรงงานทั่ว ๆ ไปนิยมใช้วิธีนี้ โดยมีลักษณะการต่อดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ลักษณะการต่อท่อประธานแบบท่อเดี่ยว

การต่อท่อประธานแบบวงแหวน เป็นการต่อท่อประธานที่เหมาะสมกับระบบที่มีความต้องการใช้งานอากาศอัดในปริมาณที่สูง เนื่องจากการต่อท่อประธานแบบนี้จะสามาร๔ลดปัญหาเกี่ยวกับแรงดันตกได้โดยที่ความดันในแต่ละจุดของการเดินท่อแบบวงแหวงจะเท่ากัน ทำให้ไม่สิ้นเปลืองพลังงานในการผลิตแรงดันเผื่อที่ปลายท่อเนื่องจากแรงดันที่ตกลงของอากาศอัด แต่การต่อท่อประธานแบบนี้นั้นมีการใช้ต้นทุนในการติดตั้งสูงกว่าการต่อแบบท่อประธานเดี่ยว แต่การต่อท่อประธานแบบนี้จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตอากาศอัดเป็นอย่างมาก โดยมีลักษณะการต่อตังรูปที่ 2.10

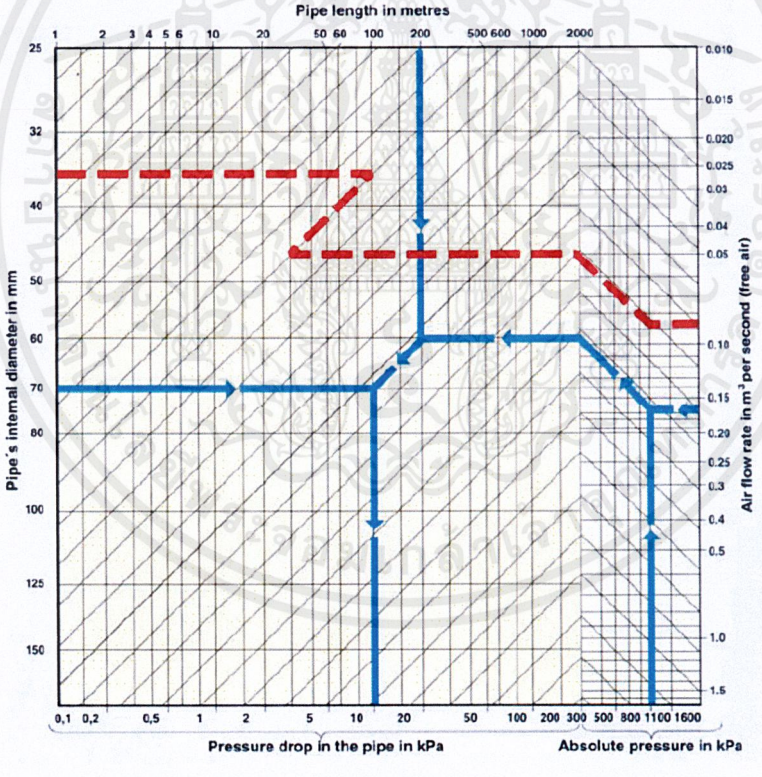
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ลักษณะการต่อท่อประธานแบบวงแหวน

การลดความดันในการผลิตกาศอัดลงทุก ๆ 1bar จะส่งผลให้สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตอากาศอัดลงร้อยละ 7ถึง11 หรือจะกล่าวได้ว่า การลดความดันของกาศอัดลงทุก ๆ 2psi จะสามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับหารผลิตลงได้ร้อยละ 1 สำหรับเรื่องอัดอากาศชนิด Rotary และ Screw

การเลือกใช้ขนาดท่อและข้อต่อที่เหมาะสมกับการใช้งานยังมีส่วนช่วยในการประหยัดพลังงานทางไฟฟ้า เนื่องจากหากผู้วิจัยใช้ท่อที่เหมาะสมจะทำให้ความสูญเสียที่เกิดจากความดันที่ตกลงของอากาศอัดลดลง โดยผู้วิจัยสามารถหาขนาดของท่อที่เหมาะสมได้จากรูปที่ 2.11 เมื่อผู้วิจัยทราบอัตราการไหลของอากาศอัด แรงดัน ความยาวท่อ และค่าความดันที่ลดลงในท่อที่ผู้วิจัยยอมรับได้

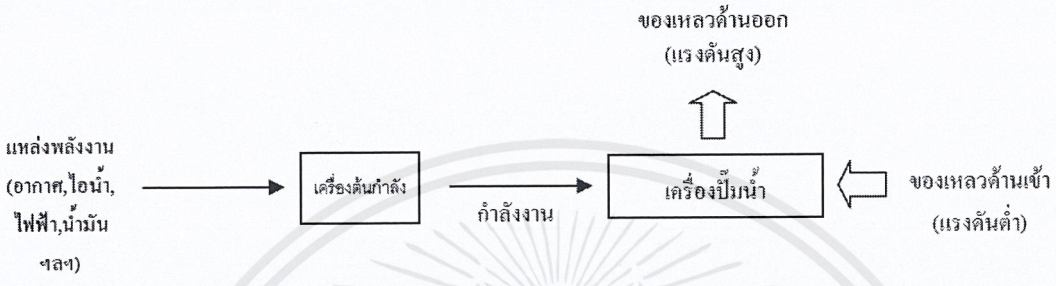


รูปที่ 2.11 กราฟใช้สำหรับหาขนาดท่อโดยสามารถกำหนดค่าต่าง ๆ ที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำมีหลักการเคลื่อนย้ายของเหลวหรือแก๊ซจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หรือจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่งผ่านระบบท่อโดยการเพิ่มความดันหรือเพิ่มพลังงานให้แก่ของไหลดังรูปที่ 2.12 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเพิ่มความดันให้แก่ของไหล โดยใช้กลไกการการเพิ่มพลังงานจากใบพัด สกูล ลูกสูบ ไดอะแฟรม เฟือง เป็นต้น เครื่องสูบน้ำแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป โดยจะต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย



รูปที่ 2.12 การเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเพิ่มความดันให้แก่ของไหล

ผู้วิจัยสามาถแบ่งประเภทของเครื่องสูบน้ำได้หลายรูปแบบ แต่ในปัจจุบันนิยมแบ่งประเภทของเครื่องสูบน้ำออกเป็น 2 รูปแบบ คือการแบ่งตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของไหลในเครื่องสูบน้ำ และการแบ่งตามลักษณะการบขับดันของไหลในเครื่องสูบน้ำ

การแบ่งตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของไหลในเครื่องสูบน้ำ หรือการแบ่งตามการไหลของของไหลในเครื่องสูบน้ำ จะสามารถแบ่งเครื่องสูบน้ำได้เป็น 4 ประเภท คือปั๊มแรงเหวี่ยง ปั๊มโรตารี่ ปั๊มลูกสูบ และปั๊มประเภทพิเศษ

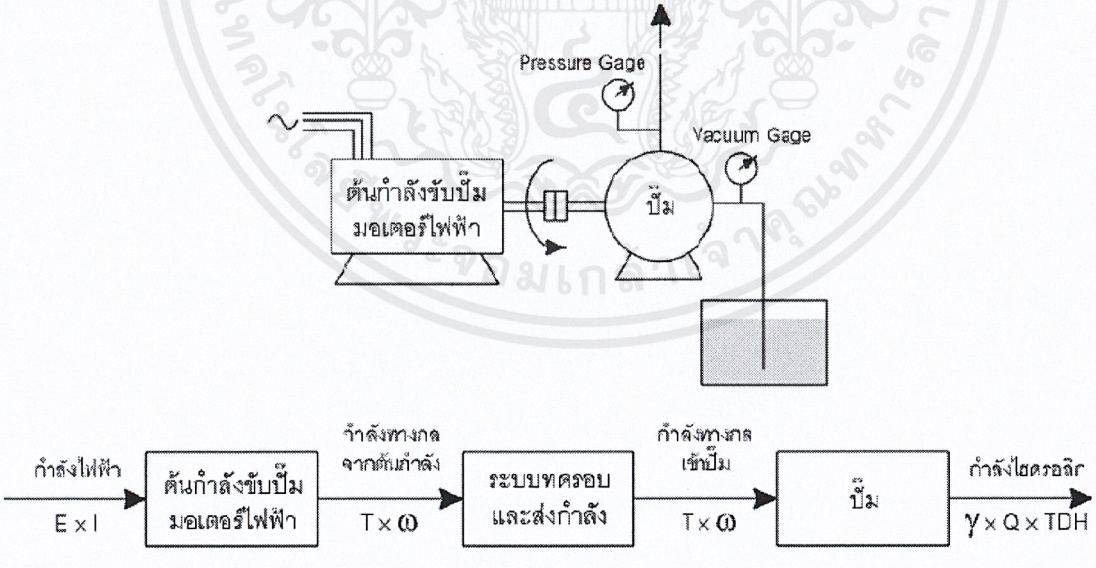
- ปั๊มแรงเหวี่ยง (Centrifugal pump) มีการเพิ่มพลังงานให้กับของไหลโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง หรืออาจเรียกอีกอย่างว่า Roto dynamic
- ปั๊มโรตารี่ (Rotary pump) อาศัยการหมุนของเฟืองรอบแกนกลางในการเพิ่มพลังงานให้แก่ของไหล
- ปั๊มลูกสูบ (Reciprocating pump) อาศัยการอัดโดยตลงในการบอกสูบในการเพิ่มพลังงานให้แก่ของไหล
- ปั๊มประเภทพิเศษ (Special pump) เป็นปั๊มที่มีลักษณะพิเศษ ไม่สามารถจัดให้อยู่ในสามประเภทข้างต้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งตามลักษณะการบขับดันของไหลในเครื่องสูบน้ำ สามารถแบ่งเครื่องสูบน้ำได้เป็น 2 ประเภท คือ ปริมาตรแทนที่เชิงบวก และ ปริมาตรแทนที่ไม่เชิงบวก

- ปริมาตรแทนที่เชิงบวก หรือ แทนที่โดยตรง เป็นปั๊มที่มีการถ่ายเทพลังงานให้แก่ของไหลแบบไม่ต่อเนื่อง คือการให้พลังงานโดยการลดปริมาตรเพื่อทำให้ความดันเพิ่มขึ้น จำพวก Reciprocating pump และ Rotary pump ซึ่งจะจ่ายของไหลในปริมาตรที่คงที่และรับความดันที่สูงขึ้นของระบบได้ดี เหมาะสำหรับระบบที่ต้องการของไหลที่ความดันสูง แต่ปริมาณน้อย
- ปริมาตรแทนที่ไม่เชิงบวกหรือไคเนติกส์ เป็นปั๊มที่มีการถ่ายเทพลังงานให้แก่ของไหลอย่างต่อเนื่อง คือการเพิ่มความเร็วให้แก่ของไหลโดยไม่มีการกักของไหลไว้ชั่วขณะใดขณะหนึ่งเลย จำพวก Centrifugal pump, Axial floe pump และ Mixed flow pump

การวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบสูบน้ำเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินแนวทางในการเดินเครื่องจักรและอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การทำงานของระบบปั๊มเป็นการเปลี่ยนรูปแบบของพลังงาน ในกรณีที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าเป็นต้นกำลังถูกเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานกลเพื่อบไปขับปั๊ม ปั๊มจะเปลี่ยนพลังงานทางกลที่ได้มาไปเป็นกำลังไฮโดรลิก ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การเปลี่ยนรูปของพลังงานของระบบปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การลดความดันเครื่องอัดอากาศในโรงงานผลิตยาง

ข้อมูลจากคู่มือปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบอัดอากาศ สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน กรณีที่ 1.2 การลดความดันเครื่องอัดอากาศในโรงงานผลิตยาง กล่าวถึงโรงงานผลิตยางที่มีเครื่องอัดอากาศจำนวน 3 เครื่อง ขนาด 75hp จำนวน 2เครื่อง 100hp 1เครื่อง มีการตั้งค่าความดันเครื่องที่ 1 ไว้ที่ 6.89bar ถึง 7.24bar และเครื่องที่ 2 7.93bar ถึง 8.27bar ซึ่งเป็นความดันที่สูงกว่าการใช้งานจริง ทางบริษัทผลิตยางแห่งนี้จึงได้มีการสำรวจการใช้อากาศอัดในโรงงาน ทำให้ทราบว่าเครื่องจักรมีการใช้ความดันสูงสุดเพียง 6.20bar จึงได้มีแนวคิดในการดำเนินการลดความดันลง โดยการค่อย ๆ ปรับลดความดันลง เพื่อทดสอบหาความดันที่เพียงพอต่อความต้องการ และทำการวิเคราะห์ผลประหยัดที่ได้ ดังตารางที่ 2.2 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.2 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนปรับลดความดันอากาศ

รายการ	ขนาด HP	ขนาด kW	kW_{onload}	kW_{unload}	t_{load}	t_{unload}	kW_{avg}
เครื่องที่ 1	75	55.95	55.95	16.785	0.9	0.1	52.03
เครื่องที่ 2	75	55.95	55.95	16.785	0.4	0.6	32.45

ตารางที่ 2.3 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยหลังปรับลดความดันอากาศ เครื่องที่ 1

รายการ	ความดัน (psig)	ความดัน (barg)	P_1	P_2	P_2'	$kW'_{th,1}$
ก่อนปรับปรุง	100	6.9	1.01	7.913	7.568	50.55
หลังปรับปรุง	95	6.555	3			

ตารางที่ 2.4 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยหลังปรับลดความดันอากาศ เครื่องที่ 2

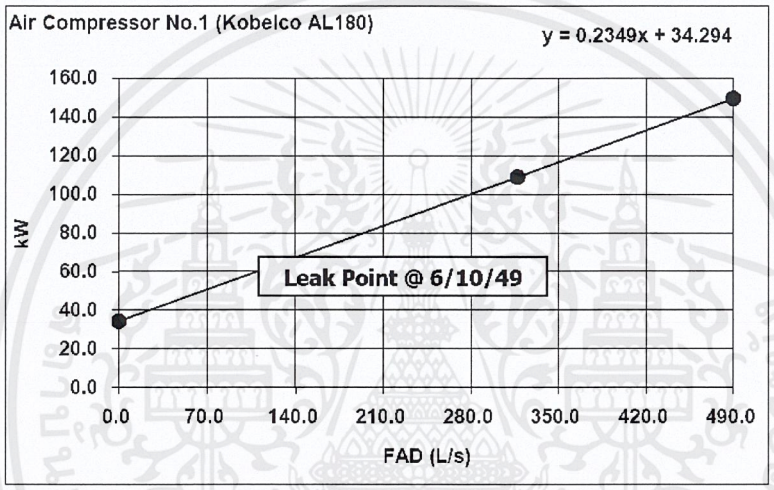
รายการ	ความดัน (psig)	ความดัน (barg)	P_1	P_2	P_2'	$kW'_{th,2}$
ก่อนปรับปรุง	115	7.935	1.013	8.948	7.568	29.18
หลังปรับปรุง	95	6.555				

จากการดำเนินการของบริษัทผลิตยางแห่งนี้ทำให้มีผลประหยัดพลังงานทางไฟฟ้าได้ 34,272kWh ต่อปี และทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าได้ 109,670.40บาทต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การลดปริมาณอากาศรั่วไหลในระบบอัดอากาศ

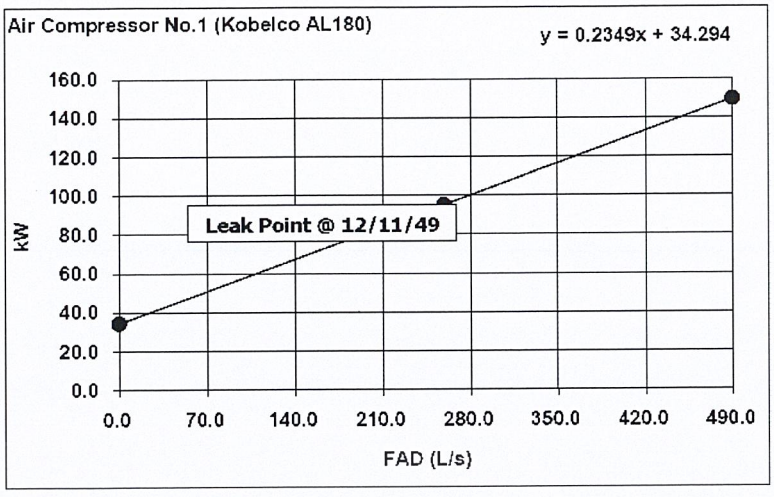
ข้อมูลจากคู่มือฝึกอบรมการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน บทที่ 4 ระบบอัดอากาศ ในตัวอย่างที่ 2 การลดปริมาณอากาศรั่วไหลในระบบอัดอากาศ กล่าวถึงโรงงานแห่งหนึ่งที่มีการใช้เครื่องอัดอากาศจำนวน 2 ชุด โดยระบุเป็นเครื่องอัดอากาศหมายเลข 1 และ เครื่องอัดอากาศหมายเลข 2 เป็นเครื่องอัดอากาศยี่ห้อ Kobelco รุ่น AL180 มีอัตราการผลิตอากาศสูงสุดที่ 1764 m^3/h ที่กำลัง 180kW จากการสำรวจสภาพภายในโรงงานแห่งนี้ พบจุดรั่วไหลภายในระบบอัดอากาศตามข้อต่อ วาล์ว และอุปกรณ์ที่มีการใช้ลมอัดเป็นจำนวนมาก จึงได้มีการทดสอบหาปริมาณอากาศอัดรั่วไหลและความสูญเสียจากอากาศอัดที่รั่วไหล โดยการใช่วิธีการอัดลมส่งเข้าไปยังระบบในช่วงที่ไม่มีการผลิตด้วยเครื่องอัดอากาศหมายเลข 1 และจับเวลาช่วง Onload และ Unload จุงทำให้ได้ผลการทดสอบออกมาดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 กราฟสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศ (ก่อนปรับปรุง)

หลังจากสำรวจพบจุดรั่วไหลของอากาศอัด ได้มีการดำเนินการแก้ไขและประบบปรุงเป็นระยะเวลา 1 เดือน ส่งผลให้ทางโรงงานแห่งนี้สามารถลดปริมาณอากาศอัดที่รั่วไหลลงได้ และทำให้ภาระการทำงานของเครื่องอัดอากาศลดลงจึงทำให้การใช้พลังงานทางไฟฟ้าลดลงอีกด้วยดังรูปที่ 2.15 กราฟสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศหลังปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



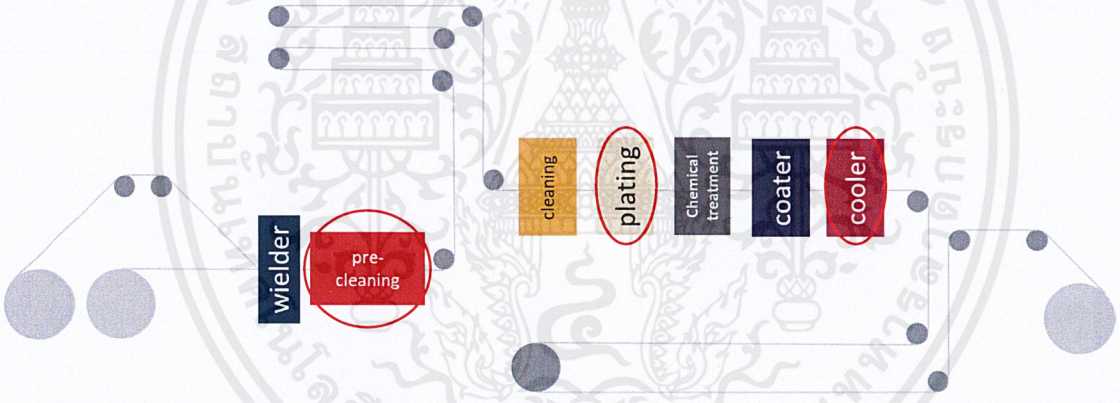
รูปที่ 2.15 กราฟสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศ (หลังปรับปรุง)

จากการดำเนินงานสามารถสรุปผลการดำเนินงานของโรงงานแห่งนี้ว่า สามารถทำให้ลดการใช้พลังงานทางไฟฟ้าลงได้ 13.7kWh หรือรวมทั้งสิ้น 119,738kWต่อปี สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ทั้งสิ้น 304,135บาทต่อปี

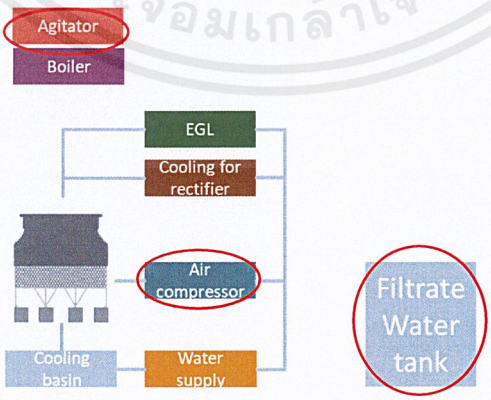
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยวิธีกรรมทางไฟฟ้ามีกระบวนการผลิต (EGL) ดังนี้ นำเหล็กแผ่นรีดเย็นส่งผ่าน Pay of reel เชื่อมต่อกันที่ Welder ผ่านกระบวนการ Pre-cleaning ซึ่งเป็นการล้างคราบน้ำมันที่เคลือบเหล็กแผ่นรีดเย็นด้วย Alkaline solution เป่าด้วยลมร้อนจาก No.1 dryer ลำเรียบผ่าน Entry looper ซึ่งทำหน้าที่รักษาสมดุลของ Tension ผ่านกระบวนการ Cleaning ด้วยการใช้กระแสไฟฟ้าและเบสขัดด้วย Scrubber roller ผ่านการกัดสนิมด้วยกรด ส่งไปยัง Plating section เพื่อทำการเคลือบสังกะสีด้วยวิธีกรรมทางไฟฟ้า ผ่านไปยังกระบวนการ Chemical treatment หากเป็นผลิตภัณฑ์ชนิด P จะมีการเคลือบด้วย Phosphate ที่กระบวนการนี้ หากเป็นผลิตภัณฑ์ชนิด V จะเป็นกระบวนการเตรียมความพร้อมเพื่อที่จะเคลือบ Resin และส่งไปยังส่วน Coater เพื่อเคลือบ Resin ส่งไปอบที่ Induction heater ผ่านการระบายความร้อนที่ Cooler ส่งผ่าน Delivery loop ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ และม้วนเก็บที่ Tension reel และส่งไปยังแผนก Packing เพื่อห่อผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 EGL



รูปที่ 3.2 Utility

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพรวมของสายการผลิตและระบบสนับสนุนการผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยวิธีกรรมทางไฟฟ้า รูปที่ 3.1 และ 3.2 แสดงถึงอุปกรณ์ที่ทางผู้วิจัยสามารถเข้าไปปรับปรุงได้โดยไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังนี้

- No.1 Dryer blower ทำหน้าที่เป่าแห้งผลิตภัณฑ์หลังออกจากการล้างด้วยด่าง อยู่ในกระบวนการ Pre-cleaning เป็นการเตรียมความพร้อมของเหล็กแผ่นรีดเย็นเพื่อนำไปสู่กระบวนการถัดไป
- Plating circulating pump ทำหน้าที่รักษาสมดุลความเข้มข้นและสมดุล pH ของน้ำยาใน Plating tray ในส่วน Plating section
- Zn reactor transfer pump (Pump305) ทำหน้าที่รับส่งน้ำยา Plating (ละลาย Zn grain) ที่ใช้งานกับชุด Reactor ซึ่งอยู่ในส่วน Plating section
- Cooler No.3 (exhaust fan และ cooling fan) ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ อยู่ในส่วน Cooler ก่อนนำไปม้านเก็บที่ Tension reel
- Cooling water pump ทำหน้าที่หล่อเย็นชุด Plating rectifier ซึ่งอยู่ในส่วนของ Cooling water system (Water supply) ใน Utility
- Filtrated water pump ทำหน้าที่ส่งน้ำไปใช้ทั่วโรงงาน ซึ่งอยู่ในส่วน Utility
- Agitator ทำหน้าที่คนสารให้ผสมกันในระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนของ Utility
- Compressed air system ส่งอากาศอัดไปยัง Pneumatic (ในส่วนของ Tension reel และ Pay off reel) ระบบเป่าแห้ง (ในส่วนของ Degreasing ext., Dryer No.1 ent., Electrolytic Cleaning ext., Picking ext., Plating ent., Chemical ext. และ Coater ent.) แผนก Packing และ Agitator โดยเครื่องอัดอากาศตั้งอยู่ในส่วนของ utility

3.1 การเก็บข้อมูล

3.1.1 ข้อมูลเบื่องต้นของอุปกรณ์

ผู้วิจัยได้มีการเจรจากับผู้ขาย เพื่อทดลองติดตั้ง Automatic power motor controller กับอุปกรณ์ 3 รูปแบบ ก่อนสั่งซื้อ Automatic power motor controller มาใช้งานจริง โดยทดลองกับ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสารละลายไปยังส่วนต่าง ๆ (Pump #305)

อุปกรณ์นี้มีขนาดใหญ่เกินกว่าการใช้งานจริง ทำให้มีการส่งสารละลายที่มีอัตราการไหลมากกว่าที่ควรจะเป็น ทางบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด จึงจำเป็นที่จะต้องหรี่วาล์วอยู่ตลอดเพื่อให้ได้อัตราไหลที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ผู้วิจัยจึงทำการติดตั้ง Automatic power motor controller ไปควบคุมความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบของมอเตอร์ และเปิดวาล์วกว้างที่สุดและค่อย ๆ ปรับความถี่ทางไฟฟ้าจนได้อัตราไหลที่เหมาะสม ผลที่ได้คือ สามารถลดพลังงานที่ใช้ลงไปได้จาก 40 kW เหลือ 12 kW

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งอากาศ (Blower ใน Drying process)

Blower มีหน้าที่ส่งลมผ่านหัว Nozzle เพื่อใช้ในการเป่าแห้งและกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากผิวผลิตภัณฑ์ เมื่อติดตั้ง Automatic power motor controller เข้าไปแล้ว ทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ลดลง ซึ่งส่งผลต่ออัตราการไหลของอากาศ และความเร็วของอากาศที่ผ่านหัว Nozzle ออกมาลดลงตามไปด้วย อุปกรณ์ชนิดนี้จึงไม่เหมาะสมต่อการติดตั้ง Automatic power motor controller

3. ลูกกลิ้ง (Roller)

Roller จะมีทั้งช่วงการทำงานที่กดลงไปบังคับผลิตภัณฑ์และช่วงที่ปลดขึ้นแล้วมีการหมุนฟรี เมื่อติดตั้ง Automatic power motor controller เข้าไปแล้ว ขณะที่ roller หมุนฟรีที่ความเร็วรอบคงที่พลังงานทางไฟฟ้ามีค่าลดลง แต่เมื่อกด roller ลงไปบนผลิตภัณฑ์ค่าพลังงานทางไฟฟ้าก็ขยับขึ้นมาเท่าเดิม ผู้วิจัยจึงคิดว่ายังไม่ควรติด Automatic power motor controller ไปควบคุมอุปกรณ์ชนิดนี้

จากการศึกษาและทดลองทำให้ค้นพบว่า Automatic power motor controller มีข้อได้เปรียบกว่า Variable speed drive ตรงที่ไม่เกิดความร้อนเนื่องจาก voltage drop ซึ่งปลอดภัยมากกว่า

จากการทดลองติดตั้ง Automatic power motor controller ผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบสนับสนุนการผลิตที่มีแนวโน้มในการใช้พลังงานที่ไม่เหมาะสม เพื่อนำมาทำการพิจารณาถึงการปรับปรุงของระบบสนับสนุนการผลิตโดยได้ข้อมูลการใช้พลังงานทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนปรับปรุงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลการใช้พลังงานก่อนปรับปรุงของอุปกรณ์ต่าง ๆ

	UNIT	RATE (kW)	TOTAL RATE (kW)	ORDINARY (kW)
PUMP 305	1	55	55	45
COOLING WATER	2	75	150	132
PLATING PUMP	5	45	225	195
DRYER NO.1	1	45	45	45
FILTRATED WATER SYSTEM	1	38	38	35
AGITATOR	1	38	38	36
COOLER	2	60/30	180	180

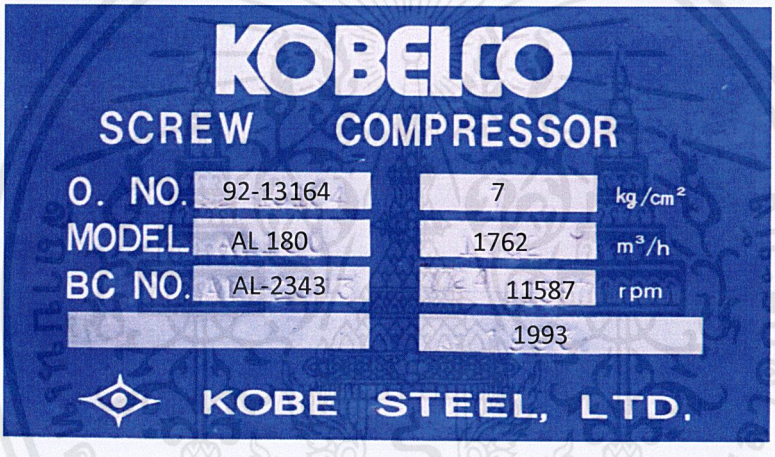
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ข้อมูลของระบบบัดอากาศ

ผู้วิจัยการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบอัดอากาศเบื่องต้นในส่วนของความดันตัดหยุดการผลิตอากาศอัด ความดันที่เริ่มผลิตอากาศอัด ขนาดของถังเก็บอากาศอัดที่ใช้ในโรงงานดังตารางที่ 3.2 และข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องอัดอากาศจากป้ายแสดงข้อมูลจากโรงงานผู้ผลิตที่ติดอยู่บนตัวเครื่องอัดอากาษดังรูปที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลเบื่องต้นเกี่ยวกับระบบอัดอากาศ

	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ขนาดถังอากาศอัด	V	10.00	m^3
ตั้งค่าความดันตัด off	Poff	6.70	bar
ตั้งค่าความดันต่อ on	Pon	5.80	bar



รูปที่ 3.3 ข้อมูลของเครื่องอัดอากาศ

และรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้อากาศอัด และความดันที่ต้องการใช้ในส่วนต่าง ๆ ของระบบสนับสนุนการผลิตของโรงงานได้ข้อมูลดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 Air consumption

	COMSUMPTION (m^3/h)	PRESSURE (kg/cm^2)
Dryer process	1278	1
Packing	180	4.5
Pneumatic	72	5
Agitator	270	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิเคราะห์ข้อมูล

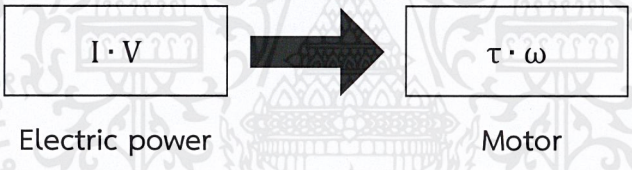
3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนปรับปรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ

จากข้อมูลในหัวข้อที่ 3.1.1 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์หามอเตอร์ที่เหมาะสมในการปรับปรุง

มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนกำลังทางไฟฟ้าไปเป็นกำลังทางกลดังรูปที่ 3.4 การลดกำลังการทำงานของมอเตอร์ลงนั้นสามารถทำได้หลายวิธีคือ การหลีกเลี่ยงการเดินเครื่องตัวเปล่า หลีกเลี่ยงการติดตั้งมอเตอร์ในที่ที่มีอุณหภูมิสูง การบำรุงรักษามอเตอร์อยู่เสมอ และการปรับความเร็วรอบมอเตอร์

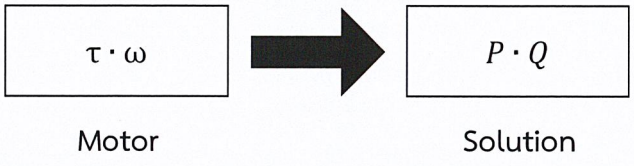
การปรับความเร็วรอบมอเตอร์นั้นมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธีโดยขึ้นอยู่กับการใช้งานเป็นหลัก การใช้งานที่โหลดคงที่ การปรับความเร็วรอบมอเตอร์นั้นเป็นการปรับแบบตายตัว ปรับได้โดยการลดขนาดรอก การติดตั้งGear boxสำหรับลดความเร็วรอบ ซึ่งการปรับความเร็วรอบแบบนี้จะใช้เงินลงทุนไม่สูงนัก ส่วนการใช้งานที่โหลดไม่คงที่นั้นสามารถปรับลดความเร็วรอบได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบเพื่อให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เหมาะสมกันสภาวะโหลดที่ใช้งาน โดยมอเตอร์ไฟฟ้าในระบบสนับสนุนการผลิตนี้มีการปรับความเร็วตามความเร็วในการผลิตตลอดจึงไม่สามารถใช้การปรับความเร็วแบบการใช้งานโหลดคงที่ไม่ได้จึงต้องใช้การปรับแบบโหลดไม่คงที่โดยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบเข้าไป



รูปที่ 3.4 การเปลี่ยนรูปพลังงานของมอเตอร์ไฟฟ้า

ปั๊ม

การเปลี่ยนรูปพลังงานของปั๊มเป็นไปดังรูปที่ 3.5 โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานจาก $\tau \cdot \omega$ ของมอเตอร์ไฟฟ้าไปเป็น $P \cdot Q$ ที่ออกจากปั๊มโดยปั๊มส่วนใหญ่เป็นปั๊มที่มีอัตราการไหลที่สูงกว่าการจำเป็นมากจึงจำเป็นต้องหรี่วาล์วด้านปล่อยเพื่อให้ได้อัตราการไหลที่น้อยลง



รูปที่ 3.5 การเปลี่ยนรูปพลังงานของปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั๊มส่งสารละลาย (Plating pump) ในการใช้งานจริงมีการเปิดวาล์วส่งอยู่ที่ร้อยละ 30 และมอเตอร์มีความเร็วรอบ 1450 rpm เพื่อที่จะให้ได้อัตราการไหลที่ 378m^3/h สำหรับใช้ในการผสมสารละลาย เพื่อรักษาสมดุลค่าความเข้มข้น ค่า pH ของน้ำยาร่วมกับ Plating tray

ปั๊มรับส่งน้ำยา Plating (Pump 305) ทำหน้าที่รับส่งน้ำยา Plating ที่ใช้สำหรับชุด Reactor (สารละลาย Zn grain) ที่มีอัตราการใช้สารละลายอยู่ที่ 6.3m^3/h โดยมีการเปิดวาล์ส่งอยู่เพียงแค่ร้อยละ 30

ปั๊มส่งน้ำ Filtrate (Filtrate water pump) เดิมมีการทำงานที่ 3000รอบต่อนาที เปิดวาล์วอยู่ที่ร้อยละ 25 โดยมีอัตราการไหลของน้ำอยู่ที่ 90m^3/h

ปั๊มส่งน้ำหล่อเย็น (Cooling water pump) ซึ่งทำหน้าที่หล่อเย็นชุด Plating rectifier (อุปกรณ์ส่งไฟให้ Anode plating) ที่มีการเปิดวาล์วด้านส่งเพียงแค่ประมาณร้อยละ 25 ถึง 30 เพื่อให้ได้อัตราการไหล 450m^3/h ตามที่ต้องการ

จากสภาวะการทำงานข้างต้นการหรี่วาล์วด้านส่งของปั๊มทำให้ปั๊มได้รับภาระมากเนื่องจากความดันขาออกสูง เทียบเท่ากับการเปิดวาล์วเต็มที่โดยสูญเปล่า แต่การที่เปิดวาล์วเต็มที่นั้น จะทำให้มีอัตราการไหลที่ส่งออกจากปั๊มมากเกินไป ผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบเข้าไปลดความเร็วรอบของมอเตอร์เพื่อปรับอัตราการไหลให้เหมาะสม และลดพลังงาน

พัดลมทำความเย็นและพัดลมระบายอากาศ

พัดลมทำความเย็นและพัดลมระบายอากาศเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานกลจากมอเตอร์ไปเป็นพลังงานกลของอากาศดังรูปที่ 3.6 จากการวิเคราะห์การทำงานก่อนปรับปรุง พบว่า cooler ลดอุณหภูมิลงไปได้เยอะกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้เป็นอย่างมากทำให้มีการใช้พลังงานที่สูง โดยอุณหภูมิสูงสุดของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 70°C

รูปที่ 3.6 การเปลี่ยนรูปพลังงานของอุปกรณ์ลดอุณหภูมิ

จากการสืบค้นข้อมูลอุปกรณ์ลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์จะมีการเปิดใช้งานโดยแบ่งตามความหนาดังตารางที่ 3.4 และจะเห็นได้ว่าการลดอุณหภูมิสามารถปรับให้เหมาะสมขึ้นได้ โดยการปรับลดอัตราการไหลและ/หรือความเร็วของอากาศ ซึ่งทำได้โดยการลดความเร็วรอบของมอเตอร์ลง และปรับให้การทำงานของ cooler เป็นไปตามอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ขาออก จึงส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานในขั้นตอนนี้ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 การทำงานของอุปกรณ์ระบายความร้อน

มิติ mm^2	line speed m/min	cooler				อุณหภูมิขาเข้า °C	อุณหภูมิขาออก °C
		0	1	2	3		
0.6*1266	45	/	-	-	/	140.5	49.2
1.0*1242	47	/	-	/	/	140.3	56.6
1.6*1287	45	/	/	/	/	140.6	66.7

จากพลังงานของ Blower $P \cdot Q$ โดยอัตราการไหลของอากาศที่ออกจาก Blower (Q) จะส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนของ ผลิตภัณฑ์กับอากาศ จากสมการถ่ายเทความร้อน $\dot{Q} = \dot{m}C_p\Delta T$ เมื่อการถ่ายเทความร้อน($\dot{Q}$) คงที่ เมื่อลดอัตราการไหลเชิงมวล($\dot{m}$)ลง จะทำความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ΔT) ทำให้อุณหภูมิขาออกของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่จะควบคุมให้ไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส และทำการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ตามอุณหภูมิขาออกของผลิตภัณฑ์

จากการวิเคราะห์หามอเตอร์ที่เหมาะสมในการติดตั้ง Automatic power motor controller และการปรับปรุงระบบอัดอากาศ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 3.5 เพื่อคำนวณหาค่าความคุ้มทุน โดยอุปกรณ์ทั้งหมดมีชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ยอยู่ที่ 400 ชั่วโมงต่อเดือน และอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.6 บาทต่อ kW โดยเป้าหมายพลังงานที่ตั้งไว้ได้จากการทดลอง โดยรวมแล้วคิดเป็นปริมาณร้อยละ 17 ของ Fix load หรือเทียบเท่ากับร้อยละ 54 ของโครงการ

ตารางที่ 3.5 เป้าหมายการลดพลังงาน

	ORDINARY (kW)	TARGET (kW)
PUMP 305	45	10
COOLING WATER	132	40
PLATING PUMP	195	95
DRYER NO.1	45	15
FILTRATED WATER SYSTEM	35	17
AGITATOR	36	22
COOLER	180	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทางบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัดได้มีการจัดตั้งงบประมาณในการปรับปรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 งบประมาณในการปรับปรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ

	ORDINARY (kW)	TARGET (kW)	COST (MB)
PUMP 305	45	10	1.2
COOLING WATER	132	40	3.8
PLATING PUMP	195	95	4.5
DRYER NO.1	45	15	0.8
FILTRATED WATER SYSTEM	35	17	0.8
AGITATOR	36	22	0.8
COOLER	180	90	2.0

ผู้วิจัยได้คำนวณความคุ้มทุนจากสมการที่ 3.1

$$\text{pay back (year)} = \frac{\text{cost (baht)}}{\text{energy reduce (kW)} \cdot \text{using time } \left(\frac{\text{h}}{\text{month}}\right) \cdot \text{energy cost } \left(\frac{\text{baht}}{\text{kWh}}\right) \cdot (12 \text{ months})}$$

สมการที่ 3.1

ตัวอย่างการคำนวณ (Pump 305)

$$\text{pay back (year)} = \frac{1.2 * 10000000 \text{ (baht)}}{35 \text{ (kW)} \cdot 400 \left(\frac{\text{h}}{\text{month}}\right) \cdot 2.6 \left(\frac{\text{baht}}{\text{kWh}}\right) \cdot (12 \text{ months})}$$

$$\text{pay back} = 2.7 \text{ years}$$

เมื่อสิ้นสุดการคำนวณ ได้ค่าตามตารางที่ 3.7 โดยมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาคุ้มทุนอยู่ประมาณ 3 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 ระยะเวลาคุ้มทุน

	ORDINARY (kW)	TARGET (kW)	COST (MB)	PAYBACK (Year)
PUMP 305	45	10	1.2	2.7
COOLING WATER	132	40	3.8	3.3
PLATING PUMP	195	95	4.5	3.6
DRYER NO.1	45	15	0.8	2.1
FILTRATED WATER SYSTEM	35	17	0.8	3.6
AGITATOR	36	22	0.8	4.3
COOLER	180	90	2.0	1.8

3.2.2 การวิเคราะห์ระบบอัดอากาศ

จากข้อมูลการใช้ลมอัดในตารางที่ 3.3 จะเห็นได้ว่า เครื่องอัดอากาศมีการผลิตอากาศอัดที่ความดันสูงเมื่อเทียบกับความต้องการหลัก นั้นคือความต้องการของอากาศอัดในส่วนของ Dryer process (1278m^3/h) ซึ่งมีอยู่ถึงร้อยละ 71 ต้องอากอากาศอัดอยู่เพียงแค่ 1 kg/cm^2 เท่านั้น ซึ่งเป็นลมที่ใช้ในการเป่าแห้งและทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ที่พ่นผ่านหัว Nozzle ซึ่งทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก จากรูปที่ 2.8 ตามความเหมาะสมในการใช้งานแล้วทางผู้วิจัยจึงเห็นว่าเบื่องต้นควรเปลี่ยนในส่วนของ Dryer process มาใช้เป็น Turbo blower และ Air knifes แทนเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยจะติดที่ Dryer no.1 ext. และ Coater ent. ก่อนโดยเลือกจากจุดที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด

โดยคาดว่าจะลดอัตราการไหลได้ 365m^3/h โดยได้จากความเร็วของอากาศอัดที่ออกจากหัว Nozzle (50m/s) และขนาดของหัว Nozzle (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5นิ้ว จำนวน 8หัว) ในส่วนนี้ทางโรงงานได้เป็นฝ่ายจัดหาและสั่งซื้อ Turbo blower และ Airknife ด้วยตนเอง

จากการดำเนินการข้างต้นส่งผลให้ปริมาณอากาศอัดที่ต้องการจากเครื่องอัดอากาศลดน้อยลง และถึงแม้ว่าปริมาณอากาศอัดที่ต้องการใช้ขอเครื่องอัดอากาศลดลงแล้วทางผู้วิจัยยังเห็นว่าควรควรปรับปรุงระบบอัดอากาศต่อเพื่อทำให้เกิดการประหยัดพลังงานที่สูงสุด

ทางผู้วิจัยได้มีการวางแผนการปรับปรุงระบบอัดอากาศไว้ 2 รูปแบบ คือ

1. การลดความดันอากาศอัดจากเครื่องอัดอากาศ

จากการวิเคราะห์ระบบอัดอากาศ โดยวิเคราะห์จากความดันและ air consumption ทำให้ทราบว่า ระบบอัดอากาศในปัจจุบันมีการผลิตอากาศอัดที่ความดันที่สูงกว่าความต้องการส่วนใหญ่ในระบบ โดยในระบบส่วนใหญ่จะมีความต้องการความดันอยู่ 1-2 kg/ cm^2 หรือราว 0.98 bar ถึง 1.96 bar 1183m^3/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ร้อยละ 82.4) ทางผู้วิจัยจึงเห็นว่า ถ้าหากลดความดันอากาศอัดที่ผลิดจากเครื่องอัดอากาศลงจาก 6.5 bar เหลือประมาณ 5 bar แล้วติดตั้ง Air booster เข้าไปช่วยในส่วนที่ใช้ความดันสูง (ส่วน Packing และ Pneumatic) โดยมีปริมาณทั้งสิ้น252 m^3/h หรือร้อยละ 17.6 ของระบบอัดอากาศทั้งหมด

คำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จากการทำการตรวจวัดการทำงานของเครื่องอัดอากาศได้ผลดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ผลการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน load	TL	567.93	s
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า unload	TU	26.3925	s
กำลังไฟฟ้า kW	Pw	178.4	kW

ขนาดของถังอัดอากาศ 10 m^3

= 10000 L

ความดันบรรยากาศ,P_{air} 101.3 kPa

ค่าความดันในถังก่อนปรับลด,P_{max1} 6.5 bar

=101.3+670 kPa(abs)

=771.3 kPa(abs)

กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศก่อนประบปรุง,P_{c1} $=\frac{T_L}{T_L+T_U}W$

=170.5 kW

ค่าความดันในถังหลังปรับลด,P_{max2} 5 bar

=101.3+500 kPa(abs)

=601.3 kPa(abs)

กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศหลังปรับลด, P_{c2} $=P_{c1}\frac{(\frac{P_{max2}}{P_{air}})^{0.286}-1}{(\frac{P_{max1}}{P_{air}})^{0.286}-1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$=170.5\frac{(\frac{601.3}{101.3})^{0.286}-1}{(\frac{771.3}{101.3})^{0.286}-1}$$

=143.9 kW

กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศที่ลดลง $=P_{c1}-P_{c2}$

=170.5-143.9

=26.6 kW

ชั่วโมงการทำงานต่อปี =391.5*12

=4,698 h/y

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง =26.6*4698

=124967 kWh/y

อัตราค่าไฟเฉลี่ย 2.64 บาท/kWh

คิดเป็นผลประหยัดทั้งหมด =2.64*210,940.2

=329,912 บาทต่อปี

โดยจะมีการลงทุนติดตั้ง Air booster ทั้งหมด 18 เครื่อง คิดเป็นเงินทุนทั้งหมด 720,000 บาท จากการคำนวณจะคืนทุนใน 2.2 ปี

2. ลดขนาดมอเตอร์ของเครื่องอัดอากาศ

จากที่ได้มีการปรับปรุงระบบอัดอากาศบางส่วนโดยการเปลี่ยนมาใช้ Turbo blower ทำให้ปริมาณอากาศอัดที่ต้องการใช้งานจาก Air compressor ลดลง จึงได้มีการวางแผนปรับปรุงมอเตอร์ของเครื่องอัดอากาศ โดยเปลี่ยนจากมอเตอร์ 180 kW 3300V มาเป็น 132 kW 380V ซึ่งมอเตอร์ 132 kW นี้เป็นมอเตอร์ที่ทางบริษัทมีอยู่แล้ว เนื่องจากเป็นมอเตอร์ที่ถอดออกจากโครงการที่บริษัทเคยทำไว้ก่อนหน้านี้ แล้วไม่ได้นำมาใช้งานอีก ทางผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าน่าจะนำมา reuse ใหม่กับ Air compressor ได้

เมื่อทำการเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่แล้วก็จะทำให้สามารถติด Automatic power motor controller เข้าไปควบคุมการใช้พลังงานของ Air compressor ได้เนื่องจาก Automatic power motor controller ถูกออกแบบมาให้ใช้กับไฟ 380 V ซึ่งมอเตอร์ตัวเดิมใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์อยู่ที่ 3300 V และใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ที่ต้องการอากาศอัดที่ความดันกว่าความสามารถในการอัด จะทำการติดตั้ง Air Booster เข้าไป เพื่อทำให้อากาศมีความดันที่เพียงพอต่อความต้องการ

ตารางที่ 3.9 ตัวอย่างขนาด compressor จากผู้ผลิตรายที่ 1

แบบ	กำลังการผลิต (m3 / min) *				(kW)		In / เต้าเสียบ	สัญญาณรบกวน	มิติ	น้ำหนัก
	8bar	10bar	13bar	15bar	เครื่องยนต์	มอเตอร์ (Fan)		dB (A) **	L × W × H เป็นมิลลิเมตร	กิโลกรัม
LGFD-5.5	0.87	0.75	0.61	0.53	5.5	0.09	G1	69	900 × 750 × 900	245
LGFD-7.5	1.2	1.04	0.9	0.8	7.5	0.09	G1	69	900 × 750 × 900	250
LGFD-11	1.79	1.58	1.32	1.17	11	0.18	G1	70	950 × 800 × 1290	370
LGFD-15	2.4	2.15	1.84	1.66	15	0.18	G1	70	950 × 800 × 1290	480
LGFD-18.5	3	2.9	2.52	2.02	18.5	0.37	G1	71	1250 × 960 × 1300	730
LGFD-22	3.51	3.16	2.71	2.45	22	0.37	G1	71	1250 × 960 × 1300	750
LGFD-30	4.88	4.32	3.64	3.25	30	0.75	G1-1 / 4	71	1440 × 1006 × 1296	1200
LGFD-37	5.83	5.21	4.44	4.01	37	0.75	G1-1 / 4	73	1440 × 1006 × 1296	1350
LGFD-45	7.08	6.3	5.43	4.94	45	1.1	G1-1 / 4	75	1440 × 1006 × 1296	1400
LGFD-55	9.32	8.33	7.05	6.31	55	1.1	G2	75	1600 × 1200 × 1650	1600
LGFD-75	12.31	11.13	9.61	8.74	75	1.1	G2	75	1600 × 1200 × 1650	1750
LGFD-90	16.45	14.26	11.72	10.8	90	2.2	G2	75	2000 × 1580 × 1790	2600
LGFD-132	20.26	17.48	14.25	13.05	110	2.2	G2	78	2500 × 1700 × 1900	3000
LGFD-180	23.08	20.54	17.65	16.05	132	2.2	G2	78	2500 × 1700 × 1900	3150

ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างขนาด compressor จาก จากผู้ผลิตรายที่ 2

Engineering Data

Model	Power		FAD		Working pressure	
	kW	HP	m3/min	cfm	bar g	psi g
E90-8	90	120.7	16.7	591	8	100
E90-9	90	120.7	15.4	544	9	115
E90-10.5	90	120.7	13.8	488	10.5	135
E90-11.5	90	120.7	12.9	457	11.5	150
E90-13.5	90	120.7	11.4	401	13.5	180
E110-8	110	147.5	20.4	720	8	100
E110-9	110	147.5	18.6	658	9	115
E110-10.5	110	147.5	17.1	604	10.5	135
E110-11.5	110	147.5	16.1	570	11.5	150
E110-13.5	110	147.5	14.2	502	13.5	180
E132-8	132	177	25	882	8	100
E132-9	132	177	22.7	800	9	115
E132-10.5	132	177	20.5	725	10.5	135
E132-11.5	132	177	19.3	683	11.5	150
E132-13.5	132	177	17.3	611	13.5	180
E160-8	160	214.6	28.3	1000	8	180
E160-9	160	214.6	25.9	915	9	100
E160-10.5	160	214.6	23.6	835	10.5	115
E160-11.5	160	214.6	22.7	801	11.5	135
E160-13.5	160	214.6	20.8	735	13.5	180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.9 และ 3.10 ได้แสดงถึงความสามารถในการผลิตอากาศอัดของเครื่องอัดอากาศขนาดต่าง ๆ จากผู้ผลิต 2 ราย จะเห็นว่ามอเตอร์ขนาดประมาณ 132 kW เพียงพอต่อการอัตราการไหลที่เหลือที่ผู้วิจัยต้องการใช้งาน

การคำนวณหาปริมาณพลังงานที่ลดลงจากการเปลี่ยนมอเตอร์และติดตั้ง Automatic power motor controller จากเดิมที่มีการใช้พลังงานอยู่ที่ 180 kW ทำการเปลี่ยนมอเตอร์เหลือ 132 kW และติดตั้ง Automatic power motor controller คาดว่าจะทำให้พลังงานที่ใช้ลดลงอีกประมาณร้อยละ 25 เหลือ 100 kW

ค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าที่ลดลง $= kWh$ที่ลดลง $\cdot$ ชั่วโมงใช้งาน $\cdot$ ราคาค่าไฟต่อ$1\ kWh$

ค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าที่ลดลง $= 80 \cdot 391.5 \cdot 12 \cdot 2.6$

ค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าที่ลดลง $= 977{,}184$ บาทต่อปี

คาดการณ์การลงทุนไปทั้งสิ้น 2,800,000 บาท โดยแบ่งเป็นการแก้ไขเรื่องการรั่วไหลในระบบอัดอากาศ 200,000 บาท การติดตั้ง Turbo blower ละ Air knife 600,000 บาท การปรับปรุงมอเตอร์กับเครื่องอัดอากาศ 500,000 บาท การติดตั้ง Automatic power motor controller 1,500,000 บาท โดยคาดว่าจะคืนทุนใน 2.89 ปี

3.2.3 โครงการจักรยานผลิตพลังงานไฟฟ้า

จากการศึกษาเรื่องพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบสนับสนุนการผลิต ทำให้ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของพลังงานไฟฟ้า และหวังให้ทุกคนได้รู้และตระหนักถึงความสำคัญ และความยากลำบากในการได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้า เมื่อทุกคนรู้ถึงความสำคัญ และความยากลำบากในการได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้า ทุกคนก็จะมีการใช้พลังงานอย่างรอบคอบและระมัดระวังมากขึ้น เมื่อใช้พลังงานอย่างรอบคอบและระมัดระวังมากขึ้นก็จะส่งผลถึงการอนุรักษ์พลังงาน ทำให้ค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าลดลง และยังช่วยรักษาทรัพยากรในการผลิตพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย

จุดประสงค์แรกของโครงการคือ การทำให้ผู้คนตระหนักถึงการอนุรักษ์พลังงาน จุดประสงค์ที่ 2 คือ เรื่องเกี่ยวกับสุขภาพของบุคคลในองกรณ์ โดยมีแผนการดำเนินการของโครงการดังนี้

1) เสนอโครงการ และจัดตั้งงบประมาณในงานดำเนินงาน
2) แจ้งให้พนักงานทุกคนทราบ อธิายถึงจุกประสงค์ และขอความร่วมมือเข้าร่วม
3) มอบรางวัลเป็นกำลังใจให้แก่พนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

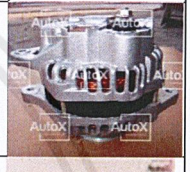
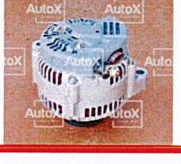
งบประมาณในการจัดทำจักรยานผลิตพลังงานไฟฟ้า

- จักรยานเก่า 500 บาท

- Alternator 2400 บาท

โดยผู้วิจัยได้มีการรวบรวมข้อมูลราคาของ Alternator ขนาดต่าง ๆ ซึ่งแสดงไว้ด้านล่างนี้ ในตารางที่ 3.11 และได้ทำการเลือก Alternator ที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยเลือกขนาด120แอมป์ ราคา 2400บาท

ตารางที่ 3.11 ราคา alternator

รุ่นที่ใช้งาน	แอมป์	ราคา	ลักษณะเครื่อง	
HONDA CITY,JAZZ GD L15A12 03-08	80	1500	RE	
HONDA ACCORD	80	1700	RE	
MAZDA 2 07-14	100	3500	NEW	
MITSUBISHI LANCER E-CAR	80	1650	RE	
MS TRITON 4G64 10-14	90	1800	RE	
NISSAN NAVARA YD25 07-15	110	2200	RE	
TOYOTA J ไดเจ	90	1600	RE	
TOYOTA 2JZ	120	2400	RE	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบตเตอรี่ 4000 บาท

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลราคาของแบตเตอรี่ยี่ห้อต่าง ๆ โดยแบ่งตามความจุของแบตเตอรี่ไว้ใน ตารางที่ 3.12 โดยผู้วิจัยตัดสินใจเลือกแบตเตอรี่ขนาด 120แอมป์ยี่ห้อ Niko มาใช้งานเนื่องจากราคาและขนาดที่มีความเหมาะสม

ตารางที่ 3.12 ราคาแบตเตอรี่

ราคา แบตเตอรี่ 100 แอมป์ N100 ราคาแบตเตอรี่ รวมแลกแบตเตอรี่เก่าแล้ว		
ยี่ห้อ แบตเตอรี่	ราคา	ประกัน/เดือน
Panasonic	3,050	12
FB	2,950	12
Gs	3,150	12
3K	2,950	12
Yuasa	2,700	12
Niko	2,400	12
ราคารวมแลกแบตเตอรี่เก่าแล้ว ไม่แลกแบตเตอรี่เก่า บวกเพิ่ม 900 บาท ต่อ		

ราคา แบตเตอรี่ 120 แอมป์ N120 ราคาแบตเตอรี่ รวมแลกแบตเตอรี่เก่าแล้ว		
ยี่ห้อ แบตเตอรี่	ราคา	ประกัน/เดือน
Panasonic	3,750	12
FB	3,600	12
Gs	3,750	12
3K	3,600	12
Yuasa	3,300	12
Niko	2,900	12
ราคารวมแลกแบตเตอรี่เก่าแล้ว ไม่แลกแบตเตอรี่เก่า บวกเพิ่ม 1,100 บาท ต่อ		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคา แบตเตอรี่ 150 แอมป์ N150 ราคาแบตเตอรี่ รวมแลกแบตเตอรี่เก่าแล้ว		
ยี่ห้อ แบตเตอรี่	ราคา	ประกัน/เดือน
Panasonic	4,750	12
FB	4,650	12
Gs	4,900	12
3K	4,600	12
Yuasa	4,000	12
Niko	3,540	12
ราคารวมแลกแบตเตอรี่เก่าแล้ว ไม่แลกแบตเตอรี่เก่า บวกเพิ่ม 1,300 บาท ต่อ		

- อื่น ๆ 2,000 บาท

2) ติดตั้งจักรยานผลิตพลังงานไฟฟ้าไว้ ณ จุดต่าง ๆ ในบริษัท

3) ประกาศ ชี้แจงให้ทุกคนทราบถึงโครงการ และเชิญชวนเข้าร่วมโครงการ

4) มอบรางวัลต่าง ๆ ให้แก่ผู้เข้าร่วมโครงการ

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการนี้คือ ทุกคนมีความตระหนัก รู้ และเข้าใจถึงความสำคัญของพลังงานไฟฟ้า และการอนุรักษ์พลังงานมากขึ้น

3.3 การทดสอบ

3.3.1 การทดสอบการรั่วไหลของอากาศอัด

ผู้วิจัยดำเนินการหาอัตราการใช้อากาศอัด อากาศอัดที่รั่วไหล และต้นทุนที่สูญเสียไปเนื่องจากอากาศอัดที่รั่วไหล ผู้วิจัยดำเนินการหาอัตราการใช้อากาศอัด อากาศอัดที่รั่วไหล และต้นทุนที่สูญเสียไปเนื่องจากอากาศอัดที่รั่วไหล โดยทำการทดสอบระบบอัดอากาศ 3 วิธี คือ

1. จับเวลาการอัดอากาศเพื่อการจ่ายอากาศอัดให้แก่ถังเก็บอากาศอัดโดยไม่มีส่งไปยังในโรงงาน
2. จับเวลาการอัดอากาศเพื่อการจ่ายอากาศไปยังโรงงานโดยมีการใช้งานอากาศอัด
3. จับเวลาการอัดอากาศเพื่อการจ่ายอากาศไปยังโรงงานโดยไม่มีการใช้งานอากาศอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไปสังเกตการณ์ที่ Delivery room และสังเกตจากมิเตอร์ Main line air flow โดยทำการจับเวลาเมื่อปล่อยอากาศอัดเข้าสายการผลิตโดยที่ไม่มีการเปิดใช้งานใด ๆ และปิดการเป่าลมที่เครื่องมือวัดขอบลงด้วยได้ผลดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 เวลาในการอัดขณะการจ่ายอากาศโดยไม่มีการใช้งานอากาศอัดในสายการผลิต

อัตราการไหลที่ออกจากเครื่องอัดอากาศ	650					Nm^3/h
ครั้งที่	1	2	3	4	5	หน่วย
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน load	19	20	21	20	20	s
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า unload	85	87	86	89	87	s

ทดสอบขณะทำการผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้าชนิดม้วน ประเภท P และขณะทำการผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้าชนิดม้วน ประเภท V เพื่อทำการหาปริมาตรอากาศอัดที่ใช้จริง ผลดังตารางที่ 3.14 และ 3.15

ตารางที่ 3.14 เวลาในการอัดขณะการจ่ายอากาศไปยังโรงงานโดยการใช้งานอากาศอัดในสายการผลิต ขณะทำการผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้าชนิดม้วน ประเภท P

อัตราการไหลที่ออกจากเครื่องอัดอากาศ	850								Nm^3/h
ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	หน่วย
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน load	56	70	57	60	57	77	58	61	s
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า unload	29	30	38	28	29	26	39	22	s

ตารางที่ 3.15 เวลาในการอัดขณะการจ่ายอากาศไปยังโรงงานโดยการใช้งานอากาศอัดในสายการผลิต ขณะทำการผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้าชนิดม้วน ประเภท V

อัตราการไหลที่ออกจากเครื่องอัดอากาศ	1100				Nm^3/h
ครั้งที่	1	2	3	4	หน่วย
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน load	557	568	572	575	s
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า unload	26	24	27	28	s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการนำมาคำนวณหารอบการเดินเครื่องเพื่อดูการใช้อากาศอัดของแต่ละกระบวนการและหาปริมาณอากาศอัดที่รั่วไหลจากสมการที่ 3.2

รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

$$= \frac{\text{เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน } load * 100}{\text{เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน } load + \text{เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า } unload}$$

สมการที่ 3.2

ได้ผลการคำนวณออกมาดังตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.16 รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศที่สถานการณ์ต่าง ๆ

	noload+RCL	noload+edge mask	P type	V type
T onload (s)	20	21	62	568
T unload (s)	87	78	30	26
% onload (%)	19	21	67	96

จากตารางที่ 3.13 ทำให้ทราบค่าอัตราการรั่วไหลของอากาศอัดในระบบอัดอากาศว่ามีค่าเป็นร้อยละ 19 ของทั้งหมด และนำมาทำการหาเป็นปริมาณอากาศอัดที่รั่วไหล โดยเริ่มจากการหาปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ จากสมการที่ 3.3 และสมการที่ 3.4

$$\text{ปริมาณอากาศที่ผลิตได้ } (Q) = \text{ความเร็วลม} * \text{พื้นที่ช่องลมขาเข้า}$$

สมการที่ 3.3

$$\text{ปริมาณอากาศที่ผลิตได้} = 0.42 * 3600 * 0.73$$

$$\text{ปริมาณอากาศที่ผลิตได้} = 1100 \ \ \mathrm{m^3/h}$$

อัตราการรั่วไหล (q)

$$= \frac{\text{เวลาทีเครื่องอัดอากาศทำงาน } (T_L) \cdot \text{ปริมาตรอากาศที่ผลิตได้ } (Q)}{\left(\text{เวลาทีเครื่องอัดอากาศทำงาน } (T_L) + \text{เวลาทีเครื่องอัดอากาศหยุดทำงาน } (T_u)\right)}$$

สมการที่ 3.4

$$\text{อัตราการรั่วไหล } (q) = 19\% * 29.4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการรั่วไหล $(q) = 5.59 \ \ m^3/min$

อัตราการรั่วไหล $(q) = 335.16 \ \ m^3/h$

และนำมาคำนวณหาพลังงานที่สูญเสียไปจากการรั่วไหล โดยเริ่มจากการหาอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าต่ออัตราการไหลดังสมการที่ 3.5

$$\text{specific power for Compressed air gen} = \text{กำลังไฟฟ้า } (P)/(\text{ปริมาณอากาศที่ผลิตได้ } (Q) \cdot 60)$$

สมการที่ 3.5

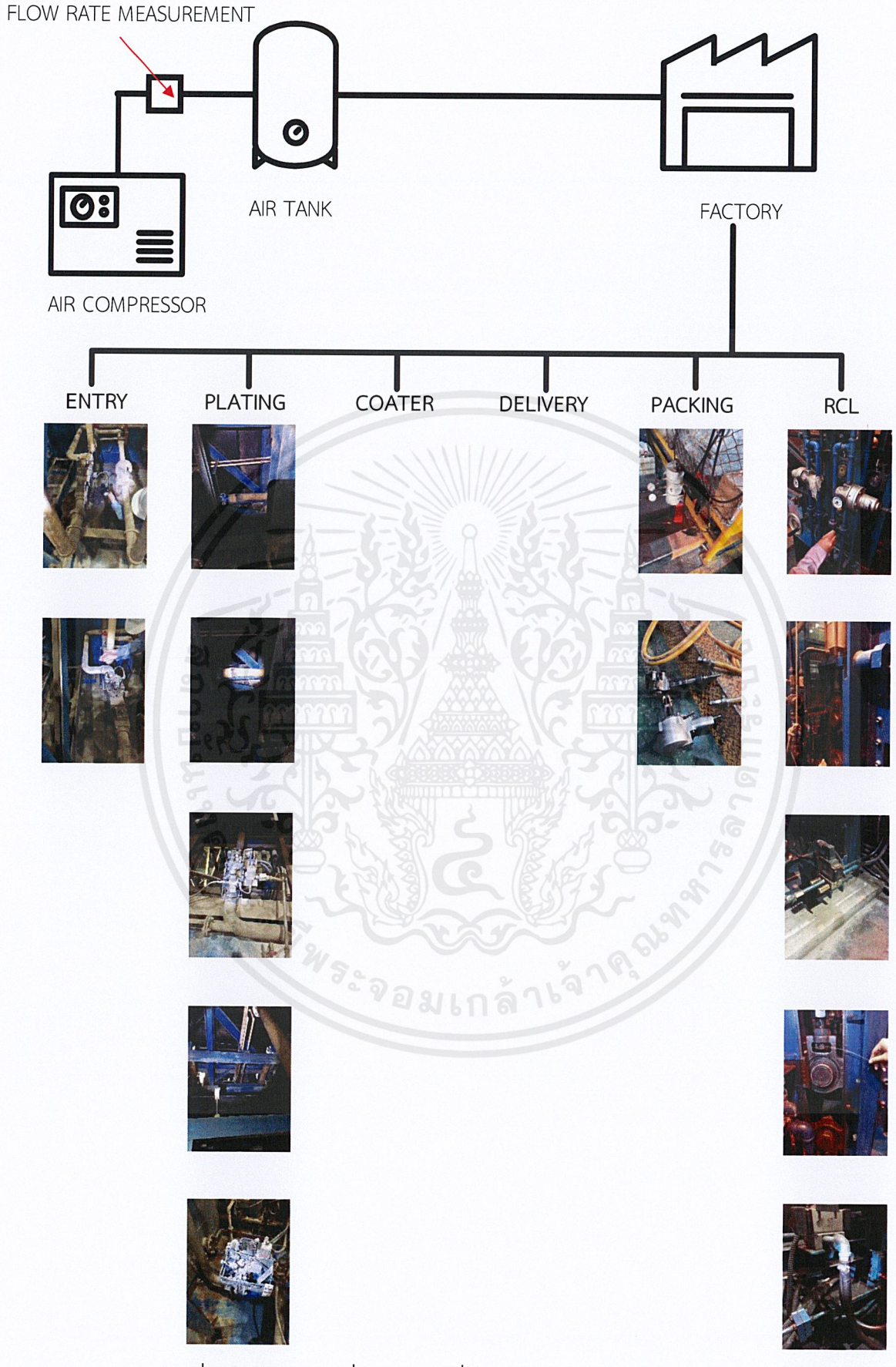
$$\text{specific power for Compressed air gen} = 178.4 \ \ kWh \ \ / 1100 \ \ m^3/h$$

$$\text{specific power for Compressed air gen} = 0.162 \ kWh/m^3$$

คำนวณหาพลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากการรั่วไหลของอากาศอัดใน 1ปี ได้ 140,159kW/y โดยคิดจากชั่วโมงการทำงานจริงเฉลี่ยภายในปีนี้ (391.5ชั่วโมงต่อเดือน) หรือคิดเป็นเงิน 364,414บาทต่อปี จากค่าไฟที่เสียไป 2,179,120บาทต่อปี

เมื่อคำนวณเสร็จสิ้นแล้วจึงทำการเดินสำรวจรอยรั่ว ณ จุดต่าง ๆ ทั่วโรงงาน พบการรั่วไหลอยู่หลายจุดตัวอย่างดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างจุดที่มีอากาศอัดรั่วไหลในแต่ละส่วนของโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยจากการติดตั้งAutomatic power motor controller

จากการดำเนินการวิจัยได้มีการดำเนินการกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการติดตั้ง Automatic power motor controller ดังนี้

Chemical transfer pump (Pump 305) ทำการเปิดวาล์วด้านส่งเต็มที่ จากเดิมที่เปิดอยู่แค่ประมาณร้อยละ 30 และให้ Automatic power motor controller ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์

Cooling water pump ทำการเปิดวาล์วด้านส่งเต็มที่ จากเดิมที่เปิดอยู่แค่ประมาณร้อยละ 30 ให้ Automatic power motor controller ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ และติดตั้ง Temperature control valve เพื่อควบคุมอัตราการไหลให้สอดคล้องกับอุณหภูมิ

Plating pump ทำการเปิดวาล์วด้านส่งเต็มที่ จากเดิมที่เปิดอยู่แค่ประมาณร้อยละ 30 และให้ Automatic power motor controller ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์

Dryer blower No.1 ลดความเร็วรอบของมอเตอร์ลงโดยการติดตั้ง Automatic power motor controller และตั้งให้ความเร็วในการเป่าให้สัมพันธ์กับ line speed ขาเข้า

Filtrated water pump ทำการเปิดวาล์วด้านส่งเต็มที่ จากเดิมที่เปิดอยู่แค่ประมาณร้อยละ 30 และให้ Automatic power motor controller ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์

Cooler no.3 ติดตั้ง Automatic power motor controller เข้าไปควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ และให้ความเร็วในการเป่าสัมพันธ์กับอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ ณ จุดที่ออกจาก cooler

Wastewater treatment ทำการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ของ Agitator โดยการติดตั้ง Automatic power motor controller

ทางบริษัทเหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด ได้มีการติดตั้งมิเตอร์วัดพลังงานที่ใช้งาน และเวลาทำงานของอุปกรณ์ไว้ที่หน้าตู้ควบคุมของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง Automatic power motor controller ด้วย ทางผู้วิจัยได้ทำการจดบันทึกข้อมูลพลังงานที่ใช้งาน และระยะเวลาที่ใช้งานทั้งหมดจากมิเตอร์ที่ติดตั้ง ณ ตู้ควบคุมของอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 5 เดือน เพื่อนำมาคำนวณผลประหยัดที่แท้จริงของการลดใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์โดย Automatic power motor controller

คำนวณหาพลังงานที่ใช้งาน และระยะเวลาที่ใช้งานในแต่ละเดือนจากสมการที่ 4.1 ละ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = P_{after} - P_{before}$$

สมการที่ 4.1

$$t = t_{after} - t_{before}$$

สมการที่ 4.2

ได้ผลการใช้พลังงานของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง Automatic power motor controller และเวลาในการทำงานของแต่ละอุปกรณ์ดังตารางที่ 4.1

นำผลการใช้พลังงานและเวลาการทำงานมาคำนวณการใช้พลังงานเป็นหน่วยเป็น kWh จากสมการที่ 4.3

$$kWh = \frac{P}{t}$$

สมการที่ 4.3

ได้ผลการคำนวณค่าพลังงานที่ใช้งานของแต่ละอุปกรณ์ (kWh) ดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการใช้งานของมอเตอร์ APMC ของอุปกรณ์ต่าง ๆ

		1-Jul-19		30-Jul-19		3-Sep-19		30-Sep-19		31-Oct-19	
	Motor name	Running Time	Power (kW)	Running Time	Power (kW)	Running Time	Power (kW)	Running Time	Power (kW)	Running Time	Power (kW)
1	NO.1 DRYER BLOWER	1295.00	63617.35	1621.30	67539.10	2030.70	71937.52	2381.00	75242.00	2805.90	79527.12
2	PLATING CIRC. PUMP ##1 TRAY (TOP/BOTTOM)	1249.10	109802.92	1587.70	114952.24	1990.20	121036.40	2348.90	126446.00	2798.00	133212.12
3	PLATING CIRC. PUMP #2 TRAY (TOP)	1249.00	103931.80	1588.30	109817.76	1990.80	116760.64	2349.50	122939.56	2798.60	130679.48
4	PLATING CIRC. PUMP #2 TRAY BOTTOM	1247.20	90785.44	1578.30	95786.80	1966.70	101601.44	2275.70	106228.56	2679.60	112251.20
5	PLATING CIRC. PUMP #3 TRAY (TOP)	1246.90	98006.80	1585.40	103399.48	1988.10	109720.96	2346.70	115354.28	2795.80	122389.92
6	PLATING CIRC. PUMP #3 TRAY BOTTOM	1245.30	106082.08	1576.50	112998.60	1964.90	121045.92	2273.90	127428.60	2678.10	135809.08
7	ZN REACTOR TRANSFER PUMP	1354.40	88617.75	1844.50	90695.90	2273.10	92663.75	2676.20	94732.25	3125.30	97132.75
8	COOLER NO.3 EXHAUST FAN	506.90	3539.26	715.10	4837.68	893.30	5684.96	1080.50	7015.18	1310.80	8051.92
9	COOLER NO.3 COOLING FAN	506.40	8636.20	714.50	11608.75	892.40	13508.65	1066.00	16444.00	1296.20	19491.15
10	CW - 1	1560.90	279411.60	1946.90	293931.60	2526.80	314237.44	2944.20	329461.00	3431.90	347987.12
11	CW - 2	1564.80	254384.16	1938.70	267933.12	2465.00	285377.52	2865.30	299270.08	3339.00	316297.84
12	FW							829.30	111517.28	1260.10	121393.87
13	AG (Waste Water plant)							715.20	4518.03	1164.10	9811.24

ตารางที่ 4.2 ค่าพลังงานที่ใช้งานของแต่ละอุปกรณ์ (kWh)

		1-Jul-19	30-Jul-19	3-Sep-19	30-Sep-19	31-Oct-19
	Motor name	kWHr	kWHr	kWHr	kWHr	kWHr
1	NO.1 DRYER BLOWER					
	Electric Consumption / Month	10.64	12.02	10.74	9.43	10.09
2	PLATING CIRC. PUMP ##1 TRAY (TOP/BOTTOM)					
	Electric Consumption / Month	17.87	15.21	15.12	15.08	15.07
3	PLATING CIRC. PUMP #2 TRAY (TOP)					
	Electric Consumption / Month	17.17	17.35	17.25	17.23	17.23
4	PLATING CIRC. PUMP #2 TRAY BOTTOM					
	Electric Consumption / Month	15.02	15.11	14.97	14.97	14.91
5	PLATING CIRC. PUMP #3 TRAY (TOP)					
	Electric Consumption / Month	15.84	15.93	15.70	15.71	15.67
6	PLATING CIRC. PUMP #3 TRAY BOTTOM					
	Electric Consumption / Month	20.88	20.88	20.72	20.66	20.73
7	ZN REACTOR TRANSFER PUMP					
	Electric Consumption / Month	4.30	4.24	4.59	5.13	5.35
8	COOLER NO.3 EXHAUST FAN					
	Electric Consumption / Month	5.65	6.24	4.75	7.11	4.50
9	COOLER NO.3 COOLING FAN					
	Electric Consumption / Month	13.79	14.28	10.68	16.91	13.24
10	CW - 1					
	Electric Consumption / Month	36.05	37.62	35.02	36.47	37.99
11	CW - 2					
	Electric Consumption / Month	33.89	36.24	33.15	34.71	35.95
12	FW					
	Electric Consumption / Month				18.01	22.93
13	AG (Waste Water plant)					
	Electric Consumption / Month				10.62	11.79

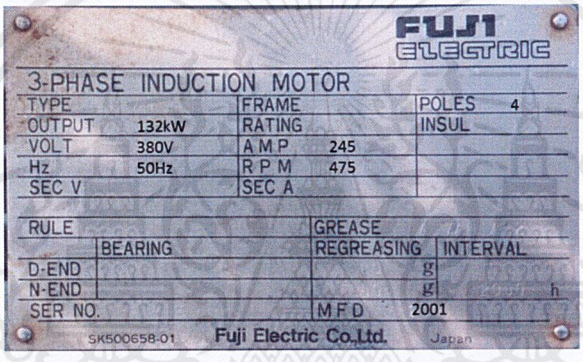
	kWHr	kWHr	kWHr	kWHr	kWHr
Plating pump	86.78	84.47	83.75	83.65	83.61
CW	69.94	73.85	68.16	71.18	73.93
Cooling fan	19.44	20.52	15.43	24.01	17.74

4.2 ผลการดำเนินการจากการปรับปรุงเครื่องอัดอากาศ

จากการสำรวจอาดาศรั่วไหลภายในโรงงานทำให้ทราบอัตราการผลิตอากาศอัดสูงสุดของเครื่องอัดอากาศในปัจจุบัน ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 1200 m^3/h โดยเครื่องอัตราการทำงานอยู่ที่ ร้อยละ 96 เมื่อคิดเป็นค่าอัตราการไหลที่ใช้จริงภายในโรงงานจะอยู่ที่ 1056 m^3/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงเลือกแผนดำเนินการที่ 2 เนื่องจากการคาดการหลังจากการปรับปรุงเรื่องการรั่วไหลของอากาศอัดในระบบอัดอากาศเสร็จสิ้นแล้วจะส่งผลให้อัตราการใช้อากาศจะอัดลดลงจนน้อยกว่า 900 m^3/h แล้วจะทำให้ผู้วิจัยสามารถเปลี่ยนมอเตอร์มาใช้มอเตอร์ขนาด 132 kW ที่ผู้วิจัยมีอยู่แล้วได้ โดยมีข้อมูลของมอเตอร์ดังรูปที่ 4.1 และจากการคำนวณระยะเวลาคืนทุน ถึงระยะเวลาคืนทุนของแผนการดำเนินการที่ 2 จะมากกว่าแผนการดำเนินการที่ 1 แต่เมื่อดูจากผลที่ได้ออกมาแผนดำเนินการที่ 2 ถือว่าให้ผลที่คุ้มค่ามากกว่าในระยะยาว และคาดว่าจะลดพลังงานทางไฟฟ้าได้ประมาณ 80 kW หรือราว ๆ 977,184 บาทต่อปี จากการคำนวณ และยังทำให้เครื่องอัดอากาศสามารถใช้งานได้กับ Automatic power motor controller ได้อีกด้วย เนื่องจากเดิมเครื่องอัดอากาศที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 180 kW เป็นเครื่องอัดอากาศรุ่นเก่าโดยใช้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าอยู่ที่ 3300 V แต่มอเตอร์ 132 kW ที่ทางบริษัทมีอยู่แล้วใช้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าอยู่ที่ 380 V ซึ่งตรงกับลักษณะการใช้งานของ Automatic power motor controller นั้นเอง



รูปที่ 4.1 ข้อมูลเบื่องต้นของมอเตอร์ 132 kW

4.3 โครงการจักรยานปั่นพลังงานไฟฟ้า

จากการเสนอโครงการให้กับทางบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด พบว่าทางบริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จำกัด มีความสนใจในโครงการและจะนำไปพิจราณาและจัดทำในอนาคต โดยมีแผนการดำเนินงานตามที่ได้ตั้งไว้ คือ จะติดตั้งจักรยานผลิตพลังงานไฟฟ้าไว้ ณ จุดต่าง ๆ ตามที่ได้วางแผนไว้ ชี้แจงให้พนักงานทุกคนทราบ เชิญชวนให้พนักงานมีส่วนร่วม และเมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินโครงการ จะมีการมอบรางวัลให้แก่ผู้เข้าร่วมโครงการ โดยแสดงต้นทุนในการดำเนินโครงการทั้งหมดไว้ในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 งบประมาณสำหรับโครงการจักรยานปั่นพลังงานไฟฟ้า

ชื่อ	รูป	สเปค	ราคา
จักรยาน			500
Alternator		120A	2400
Battery		120A	4000
อื่นๆ			2000
รวม	8900		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการติดตามและจดบันทึกสรุปได้ว่า มีทั้งหมด 5 ส่วนที่ทำได้ตามเป้าหมาย และยังเหลืออีก 2 ส่วนที่ยังต้องปรับปรุงต่อไปให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ดังที่แสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปผลพลังงานทางไฟฟ้าหลังจากติด APMC

ITEM	ORDINARY	TARGET	STEP-1	STEP-2	%SUCCESS
Pump#305 (Plating)	45	16	12	5	144
Cooling water system (2 unit)	132	40	70	74	63
Plating tray (5 unit)	195	95	84	-	111
Dryer#1	45	15	10	-	117
Cooler + exhaust fan # 3	90	45	24	-	147
Agitator (waste water)	36	22	11	-	179
Filtrate water system	35	17	22	-	72
Summarize of electrical load (kW)	578	244	233	230	115

เมื่อนำค่าพลังงานที่ใช้จริงไปเปรียบเทียบกับค่าพลังงานเป้าหมายที่ออกแบบไว้ (ตารางที่ 3.5 เป้าหมายการลดพลังงาน) จะเห็นได้ว่ามีอุปกรณ์ 5 อุปกรณ์ที่บรรลุเป้าหมายพลังงานที่ตั้งไว้แล้ว และยังมีอีก 2 อุปกรณ์ที่มีค่าการใช้พลังงานที่ลดลงแต่ยังไม่บรรลุเป้าหมาย คือ Cooling water system และ Filtrate water system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการวางแผนปรับปรุงต่อให้บรรลุเป้าหมายโดยการติดตั้ง Temperature control valve และ PLT rectifier ที่ Cooling water system และติดตั้ง PLD pressure control ที่ Filtrate water system

ปัจจุบันมีผลประหยัดพลังงานรวมมูลค่า 6,985,589 บาท ซึ่งเป็นของปี 2561 3,542,472 บาท และ ตั้งแต่ต้นปี 2562 จนถึงปัจจุบัน รวมทั้งสิ้น 3,443,117 บาท

การลดพลังงานในระบบปรับอากาศลดพลังงานลงเหลือ 100 kW ผลประหยัดพลังงานอยู่ที่ 977,184 บาทต่อปี โดยใช้เงินลงทุนจาก การปรับปรุงระบบอัดอากาศด้วย Turbo blower และ Air knife 600,000 บาท การแก้ไขการรั่วไหลในระบบอัดอากาศ 200,000 บาท การเปลี่ยนมอเตอร์เครื่องอัดอากาศไปเป็นมอเตอร์ขนาด 132 kW 500,000 บาท และการติดตั้ง Automatic power motor controller 1,500,000 บาท รวมทั้งสิ้นเป็นเงิน 2,800,000 บาท ทำให้คืนทุนภายใน 2.86 ปี

จากการติดตั้ง Automatic power motor controller และจากการคำนวณการปรับปรุงระบบอัดอากาศแล้วนั้น พลังงานทั้งหมดที่ลดลงไปได้คือ 428kW คิดเป็นร้อยละ 56 ของพลังงานในโครงการ หรือคิดเป็นร้อยละ 20 ของ Fix load ซึ่งถือว่า บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ของโครงการนี้

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

1. ข้อมูลส่วนใหญ่ที่นำมาวิเคราะห์ เป็นข้อมูลที่เจ้าของข้อมูลไม่ต้องการให้นำไปเปิดเผยสู่สาธารณะชน และเข้าถึงยาก

2. เนื่องจากอุปกรณ์ Automatic power motor controller เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีใหม่ ทำให้ยากต่อการหาข้อมูล

3. เนื่องจากเวลาที่จำกัด จึงทำให้ไม่สามารถปรับปรุงระบบอัดอากาศให้สมบูรณ์ได้ ทำได้เพียงออกแบบการปรับปรุงไว้ให้ทางบริษัท

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาหารอยรั่วของอากาศอัดเพิ่มเติมในส่วนระบบการจ่ายลมในเส้นทางเดินลมอื่น ๆ (ท่อลมในไลน์ผลิตส่วนอื่น) เพื่อสามารถนำข้อมูลไปให้ฝ่ายบำรุงรักษาทำการซ่อมแซมและควรดูแลส่วนที่เกิดการรั่วให้อยู่ในสรูปที่ดีเสมอ

2. ควรตั้งงบประมาณไว้ล่วงหน้าเนื่องจากในกระบวนการผลิตเป็นกระบวนการที่ใช้สารเคมีจึงทำให้ท่ออากาศอัดเสี่ยงต่อการโดนกัดกร่อนง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2557). คู่มือการอนุรักษ์พลังงานจากกรณีตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ เครื่องจักร และอุปกรณ์. (หน้า 6-15 – 6-19). บริษัท เอนเนอร์ยี่ ควอลิตี้ เซอร์วิส จำกัด.

[2] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรมสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ โครงการจัดตั้งศูนย์การเผยแพร่แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม. ค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2562, จาก https://www.scribd.com/document/375568593/4-การอนุรักษ-พลังงานในระบบอากาศอัด

[3] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. คู่มือจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน 2-3 ระบบอัดอากาศ. ค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2562, จาก https://www.dip.go.th/Portals/0/electrical%20handbook/15อัดอากาศ.pdf

[4] ผู้ตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน. คู่มือฝึกอบรมหลักสูตร การประเมินศักยภาพอนุรักษ์พลังงาน บทที่ 4 ระบบอัดอากาศ. ค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2562, จาก http://energyauditorthai.com/wp-content/uploads/2017/01/05-บทที่-4-ระบบอัดอากาศ.pdf

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. หมวดที่ 7: มอเตอร์และตัวขับ (Motor&Drive) ชุดการจัดแสดงที่ 23 ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive). ค้นเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2562, จาก http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Industrial(PDF)/Bay23%20Variable%20Speed%20Drives.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[6] สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2559). คู่มือการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานระบบอัดอากาศ กรณีศึกษาที่ 1.2 การลดความดันเครื่องอัดอากาศในโรงงานผลิตยาง. (หน้า 4.7 – 4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมาณ ต้นทุนพลังงานระบบอากาศอัด

พลังงานที่ใช้ในระบบอัดอากาศทั้งปี	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
เครื่องที่ 1			
รอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ Cycle	C1		%
กำลังไฟฟ้า	Pw1		kW
เครื่องที่ 2			
รอบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ Cycle	C1		%
กำลังไฟฟ้า	Pw1		kW

ระยะเวลาทำงานเครื่องอัดอากาศ	H		hr/DY
วันทำงานใน 1 ปี	DY		DY/YEAR

พลังงานที่ใช้ในระบบอัดอากาศทั้งปี			
Eu = ((C1 * Pw1) + (C2 * Pw2)) * H * DY	Eu		unit/year
อัตราค่าไฟฟ้า	B		฿/unit

ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า			
cost = Eu * B	cost		฿/year

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ขนาดถังอากาศอัด	V		m^3
ตั้งค่าความดันตัด off	Poff		bar
ตั้งค่าความดันต่อ on	Pon		bar

ทดสอบเวลาในการอัด

ครั้งที่ 1	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
เวลา	T		s
กำลังไฟฟ้า	Pw		kW
ครั้งที่ 2			
เวลา	T		s
กำลังไฟฟ้า	Pw		kW
ครั้งที่ 3			
เวลา	T		s
กำลังไฟฟ้า	Pw		kW
ครั้งที่ 4			
เวลา	T		s
กำลังไฟฟ้า	Pw		kW
ครั้งที่ 5			
เวลา	T		s
กำลังไฟฟ้า	Pw		kW
ค่าเฉลี่ย			
เวลา	T		s
กำลังไฟฟ้า	Pw		kW

ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้

AP = V * 60 / (T)	AP		m^3/min

ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

AE = AP / Pw	AE		m^3/min/kW
			kW/m^3/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (รั่ว)

ปริมาณอากาศอัดที่ใช้ **เมื่อเปิดสายการผลิต**			
	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน load	TL1		s
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า unload	TU1		s
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ cycle	C1		%
กำลังไฟฟ้า kW	Pw1		kW
ปริมาณอากาศอัดที่ใช้			
AU = TL/(TU+TL)*Q	AU		m^3/min

ปริมาณอากาศอัดที่ใช้ เมื่อปิดสายการผลิต			
	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน load	TL1		s
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า unload	TU1		s
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ cycle	C1		%
กำลังไฟฟ้า kW	Pw1		kW

ปริมาณอากาศอัดที่ใช้ เมื่อรั่ว

Al = TL/(TU+TL)*Q	AL		m^3/min

อัตราการรั่วของอากาศอัด

Leak = AL*100/AU	Leak		%

ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด

Tr = 100 - Leak	Tr		%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสูญเสียที่เกิดจากการรั่วไหล

leak quanlity per hour			m^3/hr
leak quanlity per day			m^3/day
leak quanlity per year			m^3/year

Specific power consumption of air compressor	P/(Q*60)		kWh/m^3
energy loss per year	SEC*leak/y		kwh/year
cost of energy loss per year			฿/year

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้