รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การประหยัดพลังงานโดยการติดตั้งอินเวอร์เตอร์สำหรับเครื่องอัดอากาศ

Energy Saving With Inverter Of Air Compressor

นายธันวาเจริญ วิวัฒรางกูล

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การประหยัดพลังงานโดยการติดตั้งอินเวอร์เตอร์สำหรับเครื่องอัดอากาศ

Energy Saving With Inverter Of Air Compressor

นายธันวาเจริญ วิวัฒรางกูล

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา: การประหยัดพลังงานโดยการติดตั้งอินเวอร์เตอร์สำหรับเครื่องอัดอากาศ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา: นายธันวาเจริญ วิวัฒรางกูล

คณะ: วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา:** วิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ: ดร.วิวัฒน์ เกยูรวงศ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน: นายสถาพร นาคง

สถานประกอบการ: บริษัท เคมีแมน จำกัด(มหาชน)

บทคัดย่อ

การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องอัดอากาศมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานสูงถึงร้อยละ 10 ถึง 60 ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบ (Variable Speed Drive) ในเครื่องอัดอากาศใช้ในโรงงานเคมีแมน จำกัด และในทางอุตสาหกรรมพลังงานที่ใช้ในเครื่องอัดอากาศอาจสูงถึงร้อยละ 30-40 ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด หากมีการควบคุมการใช้พลังงานเครื่องอัดกาศได้จะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงาน โดยการควบคุมความดันของอากาศในเครื่องอัดกาศระบบเดิม ใช้การเปิดปิด Solenoid valve เพื่อให้เครื่องมีการอัดกาศหรือเดินเครื่องโดยไม่อัดอากาศ โดยใช้การตั้งค่าความดันสูง เพื่อให้ Compressor เดิน Unload และใช้ตั้งค่าความดันต่ำ เพื่อให้ Compressor เดิน Load ซึ่งจะพบว่าความดันอากาศในระบบจะมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับค่าความดันสูง-ต่ำ ที่ตั้งค่าเกิดความสูญเสียพลังงานในช่วงที่ Compressor เดิน Unload เนื่องจากมอเตอร์ต้องหมุนที่ความเร็วรอบ 1500 RPM ตลอดเวลา จึงนำอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ (Variable Speed Drives) มาใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งช่วยทำให้สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ให้มีความเหมาะสมกับโหลดได้ทั้งในช่วง Onload และUnload ช่วยในการประหยัดพลังงานได้ถึง 187,976 บาทต่อปี ใช้ระยะเวลาในการคืนทุนเพียง 1.06 ปี อีกทั้งยังช่วยในเรื่องลดกระแสเริ่มต้นขณะเริ่มทำงานของมอเตอร์และทำให้มอเตอร์ทำได้เต็มประสิทธิภาพ และยืดอายุการใช้งานของมอเตอร์ได้ด้วย

คำสำคัญ : การอนุรักษ์พลังงาน; ระบบอัดอากาศ; อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Energy Saving With Inverter **Of Air Compressor**

Student intern name: Mr.Thanwacharoen Wiwatrangkul

Faculty: Engineering **Department:** Electrical Engineering

Advisor name: Dr.Wiwat Keyoonwong

Mentor name: Mr.Sathaporn Nakhong

Company: Chememan Co., Ltd

ABSTRACT

Energy conservation in air compressors has the potential to save energy up to 10 to 60 percent. If controlling the power consumption of the compressor can result in energy savings. By controlling the air pressure in the original system compressors Use the opening of the Solenoid valve to allow the machine to be compressed or operated without compressed air. By using a high pressure setting to allow the compressor to run unload and use to set the low pressure to allow the compressor to run the load which will find that the air pressure in the system is unstable depending on the high-low pressure The setting caused energy loss during the compressor's unload period. Because the motor had to rotate at a speed of 1500 RPM all the time, the variable speed drive drive was used to solve the problem. Which helps to adjust the speed of the motor to be suitable for loading both in the Onload and Unload range, helping to save energy up to 187,976 baht per year, using a payback period of only 1.06 years and also helps in reducing the current Start at the start of the motor and make the motor fully effective. And extend the life of the motor as well

Keyword : Energy conservation; Air compressor system; Variable speed drive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องประหยัดพลังงานโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีได้รับการสนับสนุนจากหลายฝ่ายที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทาง ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้บรรลุวัตถุประสงค์ได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ดร.วิวัฒน์ เกยูรวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะ ดูแลตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษา รวมถึงตรวจทาน แก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์และคอยให้คำปรึกษาสม่ำเสมอ

ขอขอบพระคุณ บริษัทเคมีแมน จำกัด (มหาชน) ที่มอบโอกาสในการเข้ามาทำสหกิจศึกษา ประจำปีการศึกษา 2561 รวมถึง นายสถาพร นาคง (หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุงไฟฟ้าและวัดคุม) ซึ่งเป็นผู้ดูแลและผู้คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง พร้อมทั้งสนับสนุนสำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ใช้ตลอดการทำโครงการ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บิดาและมารดา รวมถึงคนในครอบครัวเป็นอย่างสูง ที่คอยสนับสนุนในเรื่องต่างๆ ให้กำลังใจรวมไปถึงคอยให้คำปรึกษา จนทำให้เกิดเป็นแรงผลักดันทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จและผ่านลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์

ธันวาเจริญ วิวัฒรางกูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญรูปภาพ.....VII

สารบัญตาราง.....X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 3

1.4 วิธีดำเนินงาน 3

1.5 แผนการดำเนินงาน 4

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับ..... 4

บทที่2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ระบบอากาศอัด 5

2.1.1 ชนิดและหลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศ 6

2.1.2 อุปกรณ์ประกอบในระบบอากาศอัด..... 7

2.1.3 การควบคุมการทำงานเครื่องอัดอากาศ..... 8

2.2 มอเตอร์เหนี่ยวนำประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Motor HEM) 9

2.3 อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive)..... 10

2.4 การควบคุมแรงดันและความถี่ (Voltage And Frequency Control) 11

2.5 ประสิทธิภาพของการทำงานมอเตอร์เหนี่ยวนำประสิทธิภาพสูง 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 การเพิ่มประสิทธิภาพมอเตอร์เหนี่ยวนำ (Standard Efficiency Motor) 12
2.6 อินเวอร์เตอร์ 13
2.6.1 หลักการทำงานของ Inverter 13
2.6.2 วิธีการเลือก Inverter Drive 15
2.7 โหลดของมอเตอร์ 16
2.7.1 โหลดแบบแรงบิดแปรผัน (Variable Torque Load) 16
2.8 การหาพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้โดยใช้การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ 17
2.8.1 พลังงานที่ประหยัดได้จากการใช้งาน VSD 17
2.8.2 การคำนวณการประหยัดเงินค่าไฟฟ้าต่อปี 18
2.8.3 การคำนวณระยะเวลาการคืนทุน 18
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 20
3.1 การกำหนดปัญหาที่ต้องการแก้ไข 20
3.2 วัตถุประสงค์ในการดำเนินการ 21
3.3 การศึกษาทำความเข้าใจในสภาพปัจจุบัน 22
3.4 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและกำหนดแนวทางแก้ไขหรือปรับปรุง 26
3.5 ดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุงตามแนวทางที่กำหนด 27
3.5.1 สำรวจสถานที่ที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วมอเตอร์ 27
3.5.2 ศึกษาการทำงานของ Air compressor 28
3.5.3 ออกแบบตู้ควบคุมการทำงานอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ 31
3.5.3.1 ออกแบบตู้ภายนอกและอุปกรณ์ภายในทั้งหมด 31
3.5.3.2 ออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน 36
3.5.3.3 ทำการเข้าสายภายในตู้ควบคุมและตู้ Air Compressor 37
3.5.3.4 Test Leak Pressure Transmitter ก่อนนำไปติดตั้ง 38
3.5.3.5 เดินท่อและนำ Pressure Transmitter ไปติดตั้ง 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.6 เข้าสายทั้งหมดและตั้งค่าการทำงานของ Inverter 41
3.5.3.6 เปิดการทำงานอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ 43
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 44
4.1 ค่าใช้จ่ายโครงการ 44
4.2 ผลการทำงานหลังการติดตั้ง 45
4.3 รีพอร์ตการประหยัดพลังงานหลังการติดตั้ง 54
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 55
5.1 สรุปผลการดำเนินการ 55
5.2 ข้อเสนอแนะ 56
บรรณานุกรม 56
ภาคผนวก 58
ภาคผนวก ก 59
ภาคผนวก ข 60
ประวัติผู้เขียน 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 ตัวอย่างเครื่องอัดอากาศแบบสกรู....6

2.2 การทำงานภายในของเครื่องอัดสกรู....6

2.3 แผนผังอุปกรณ์ในระบบอากาศอัด....7

2.4 กราฟแสดงตัวควบคุมเครื่องอัดอากาศแบบต่างๆ....8

2.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนี่ยวนำมาตรฐานและมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง....10

2.6 แผนผังหลักการทำงานของ Inverter....13

2.7 วงจรทำงานของ Inverter....12

2.8 ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลอินเวอร์เตอร์....16

2.9 การควบคุมแรงบิดแปรผันของระบบปรับความเร็วรอบมอเตอร์....17

3.1 แผนผังการทำงานของระบบก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์....20

3.2 แผนผังการทำงานของระบบหลังการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์....21

3.3 หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ เริ่มจดบันทึกและสิ้นสุดการจดบันทึก....22

3.4 Air compressor ทั้งหมดในพื้นที่การผลิต KK2 ทั้งสิ้น 3 ตัว....26

3.5 บริเวณที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ (VSD)....27

3.6 บริเวณที่ทำการติดตั้งPressure transmitter....27

3.7 อุปกรณ์เบื้องต้นและการเข้าสายภายในเครื่อง Air compressor....28

3.8 วงจรควบคุมการทำงานของ Air compressor....28

3.9 Air compressor ตัวที่ทำการติดตั้งทดสอบ....29

3.10 ออกแบบอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ควบคุมและหน้าตู้ควบคุม....31

3.11 ทำ Support ในการยึดตู้ควบคุมและ VSDให้อยู่มั่นคง....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

3.12 ประกอบตู้ควบคุม VSD และ Support เข้าด้วยกัน.....32

3.13 วงจรควบคุมการทำงานของตู้ควบคุม.....36

3.14 วงจรควบคุมการเลือกใช้BypassหรือVSD และ ระบบOverload,Fault.....36

3.15 เข้าสาย ตู้ควบคุมการทำงานกับ VSD.....37

3.16 ทำการเจาะตู้ Air compressor เพื่อ wiring สายควบคุมการทำงานเพิ่ม.....37

3.17 เข้าสาย ตู้ควบคุมการทำงานกับ ตู้ Air compressor.....38

3.18 ตรวจสอบการรั่วไหลลมของ Pressure transmitter ก่อนนำไปติดตั้ง..... 38

3.19 การเข้าสาย Pressure transmitter กับ Power Supply.....39

3.20 ทำSupport ในการยึดท่อ และ Pressure transmitter1.....39

3.21 ทำSupport ในการยึดท่อ และ Pressure transmitter2.....40

3.22 Pressure transmitter ที่ทำการติดตั้งเรียบร้อยแล้ว.....40

3.23 การเข้าสาย Inverter.....41

3.24 เข้าสายตู้ Air compressor ให้ทำงานตามวงจรที่ออกแบบไว้.....42

3.25 ตั้งค่าการทำงานของ Inverter.....42

3.26 วิธีการตั้งค่าการทำงานของ Inverter.....43

3.27 ตู้ควบคุมและInverter พร้อมใช้งาน.....43

4.1 หน้าจอแสดงผลตู้ควบคุมและAir compressor ขณะเดินVSD แบบ Unload.....45

4.2 หน้าจอแสดงผลความเร็วรอบของมอเตอร์และกระแสที่เกิดขึ้น ขณะเดินVSD.....45
แบบ Unload

4.3 หน้าจอแสดงผลตู้ควบคุมและAir compressor ขณะเดินVSD แบบ Onload.....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

4.4 หน้าจอแสดงผลความเร็วรอบของมอเตอร์และกระแสที่เกิดขึ้น ขณะเดินVSD.....46
แบบ Onload

4.5 หน้าจอแสดงผลตู้ควบคุมและAir compressor ขณะเดินBypass แบบ Unload.....47

4.6 หน้าจอแสดงผลความเร็วรอบของมอเตอร์และกระแสที่เกิดขึ้น ขณะเดินBypass.....47
แบบ Unload

4.7 หน้าจอแสดงผลตู้ควบคุมและAir compressor ขณะเดินBypass แบบ Onload.....48

4.8 หน้าจอแสดงผลตู้ควบคุมและAir compressor ขณะเดินBypass แบบ Onload.....48

4.9 กระแสที่เกิดขึ้นขณะเริ่มStart แบบ Bypass.....49

4.10 กระแสที่เกิดขึ้นขณะเริ่มStart แบบ VSD.....49

4.11 หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการติดตั้งอุปกรณ์ เริ่มจดบันทึกและ.....50
สิ้นสุดการจดบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

1.1 แผนการดำเนินงาน.....4

2.1 แสดงหน้าที่ของอุปกรณ์ประกอบในระบบอากาศอัด.....8

2.2 การปรับความถี่ของระบบไฟฟ้าที่จำนวนขั้วแม่เหล็ก 4 POLE และแสดงผลของความเร็วสนาม.....10
แม่เหล็กหมุนของมอเตอร์

2.3 การปรับความถี่ของระบบไฟฟ้าโดยให้สัดส่วน d มีค่าเท่ากับ 8 และแสดงผลของแรงดันไฟฟ้า.....11
จากอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่จ่ายให้กับสเตเตอร์ของมอเตอร์

2.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (IE2) กับมอเตอร์ประสิทธิภาพต่ำ (IE1).....12

3.1 บันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้งอินเวอร์เตอร์.....24

3.2 ข้อมูลของมอเตอร์.....29

3.3 ข้อมูลของ Air compressor.....30

3.4 รวมอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในการติดตั้ง Inverter.....33

3.5 ตารางเปรียบเทียบการเลือกใช้ Contactor.....34

3.6 ตารางเปรียบเทียบการเลือกใช้สายไฟ.....35

4.1 บันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการติดตั้งอินเวอร์เตอร์.....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัทเคมีแมน จำกัด (มหาชน) ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2546 โดยกลุ่มผู้บริหารมืออาชีพที่มีประสบการณ์ที่หลากหลาย และเป็นที่ยอมรับในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรม เพื่อดำเนินธุรกิจผลิตแร่และเคมีอุตสาหกรรม โดยแปรสภาพจากแร่ธรรมชาติสู่ผลิตภัณฑ์แร่เคมีพื้นฐานและเคมีสังเคราะห์ ในปัจจุบันปูนไลม์เป็นเคมีพื้นฐานที่อยู่เบื้องหลังองค์ประกอบต่างๆ ในชีวิตประจำวันของเรา ที่ถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบหรือส่วนประกอบสำคัญในกระบวนการผลิตสินค้าในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยทางบริษัทเคมีแมน จำกัด (มหาชน) ที่เป็นที่รู้จักกันดีในฐานะของผู้ผลิตปูนไลม์ชั้นแนวหน้าของทวีปเอเชีย มีเป้าหมายในการเพิ่มกำลังการผลิตปูนไลม์เป็น 1 ล้านตันต่อปี เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า และก้าวสู่เป็นผู้ผลิตปูนไลม์ 1 ใน 10 อันดับแรกของโลกภายในปี พ.ศ. 2563

โดยในปัจจุบันกระบวนการผลิตปูนไลม์จำเป็นต้องมีการควบคุมการไหลของอากาศ เนื่องจากในทุกกระบวนการผลิตของปูนไลม์นั้นจำเป็นต้องมีการนำลมมาช่วยในการผลิตทั้งสิ้นตั้งแต่กระบวนการเผาไหม้หรือการสันดาป(Combustion) การลำเลียงปูนโดยใช้ระบบแรงดันลม(Dense phase) เป็นต้น ดังนั้นการควบคุมปริมาณการไหลของอากาศจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งการควบคุมปริมาณการไหลของอากาศสามารถควบคุมได้หลายวิธี อาทิเช่นการควบคุมการไหลของอากาศสำหรับพัดลมหรือของเหลวเช่นเครื่องสูบน้ำ อาจจะใช้วาล์วหรือเดมเปอร์เพื่อควบคุมปริมาณการไหล หรือควบคุมความเร็วรอบโดยวิธีทางกล เช่น ไฮดรอลิกคัพปลิ้ง นอกเหนือจากสามารถควบคุมการไหลได้ตามต้องการแล้ว ผลพลอยได้ที่ได้รับคือการประหยัดพลังงานจากการควบคุมความเร็วรอบ

การประหยัดพลังงานโดยใดยวิธีการควบคุมความเร็วรอบนั้นเป็นวิธีที่มีการทำกันมาเป็นเวลาช้านานแล้วโดยส่วนใหญ่ในอดีตจะวิธีการปรับความเร็วรอบโดยการทางกลมากกว่า เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและราคาไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุมด้วยไฟฟ้า

ในรอบหลายปีที่ผ่านมา การพัฒนาเทคโนโลยีไฟฟ้ามีความก้าวหน้าไปมาก ชุดควบคุมความเร็วรอบสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกจึงมีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อทดแทนการปรับความเร็วรอบระบบทางกล เช่น ระบบไฮดรอลิกคัพปลิ้ง หรือการใช้เกียร์เพื่อทดรอบเป็นช่วงๆเนื่องจากสามารถควบคุมมอเตอร์ด้วยความเร็วคงที่ ปรับความเร็วรอบต่างๆได้อย่างรวดเร็วและมีความเที่ยงตรงมากกว่า ซึ่งทางบริษัทต้องการเพิ่มปริมาณการผลิตให้มากขึ้น ดังนั้นการประหยัดพลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและลดต้นทุนในการผลิตให้น้อยลง จึงเป็นที่มาของการจัดทำโครงการนี้ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักศึกษาได้มีโอกาสปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในแผนกซ่อมบำรุงไฟฟ้าและวัดคุม ในส่วนของงานไฟฟ้า ณ บริษัทเคมีแมน จำกัด (มหาชน) สาขาโรงงานแก่งคอย จังหวัดสระบุรี โดยหัวข้อที่นักศึกษาได้รับในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาคือ โครงการประหยัดพลังงานโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์จากที่ได้กล่าวข้างต้นถึงจุดมุ่งหมายของบริษัท ที่มีเป้าหมายในการเพิ่มกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่องและการประหยัดพลังงานจากการทำงานของเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยหน้าที่ที่นักศึกษารับผิดชอบคือ ออกแบบเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานเครื่องอัดอากาศแบบสกรู(Screw Compressor) เนื่องด้วยเครื่องอัดอากาศแบบสกรู(Screw Compressor) สามารถให้ผลการประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 10-30% หรือมากกว่าขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งานในอุตสาหกรรมทั่วไป มีการใช้เครื่องอัดอากาศอย่างแพร่หลาย และในทางอุตสาหกรรมพลังงานที่ใช้ในเครื่องอัดอากาศอาจสูงถึง 30-40% ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด หากมีการควบคุมการใช้พลังงานเครื่องอัดกาศได้จะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงาน โดยการควบคุมความดันของอากาศในเครื่องอัดกาศระบบเดิม ใช้การเปิดปิด Solenoid valve เพื่อให้เครื่องมีการอัดกาศหรือเดินเครื่องโดยไม่อัดอากาศ โดยใช้การตั้งค่าความดันสูง เพื่อให้ Compressor เดิน Unload และใช้ตั้งค่าความดันต่ำ เพื่อให้ Compressor เดิน Load ซึ่งจะพบว่าความดันอากาศในระบบจะมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับค่าความดันสูง-ต่ำ ที่ตั้งค่าเกิดความสูญเสียพลังงานในช่วงที่ Compressor เดิน Unload เนื่องจากมอเตอร์ต้องหมุนที่ความเร็วรอบ 1500 RPM ตลอดเวลา จึงนำอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์มาใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น จึงก่อให้เกิดโครงการนี้ขึ้นมา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบสกรูให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. เพื่อลดค่าใช้จ่ายทางด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าและการซ่อมบำรุงเครื่องจักร
3. เพื่อลดการใช้พลังงานภายในโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

การปฏิบัติสหกิจศึกษา ณ บริษัทเคมีแมน จำกัด หัวข้องานที่ได้รับผิดชอบคือ Saving Energy By Inverter นักศึกษาจะทำในส่วนของ Air compressor KK2 (เตาบดปูน 2) โดยนักศึกษามีขอบเขตการปฏิบัติงานดังนี้

1. การกำหนดปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากการทำงานเครื่องอัดอากาศแบบสกรูที่มีการสูญเสียพลังงานในช่วง Unload เนื่องจากมอเตอร์ต้องหมุนที่ความเร็วรอบ 1500 รอบตลอดเวลา
2. วัตถุประสงค์ในการดำเนินการ การแก้ไขปัญหาที่พบเจอโดยนำชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์มาแก้ไขปัญหาดังกล่าว
3. การศึกษาทำความเข้าใจในสภาพปัจจุบันถึงการทำงานต่างๆของเครื่องอัดอากาศแบบสกรู ตรวจสอบการทำงานในช่วง Onload และ Unload แล้วบันทึกค่าพลังงานที่ใช้
4. วิเคราะห์ปัญหาของปัญหาและกำหนดแนวทางแก้ไขหรือปรับปรุง ทำการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระของโหลด ผ่านชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์
5. ดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุงตามแนวทางที่กำหนด ทำการติดตั้งผ่านชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์
6. ตรวจสอบผลการดำเนินงาน สามารถปรับลดปริมาณความเร็วรอบมอเตอร์ลงให้ทำลมที่เหมาะสมได้โดยไม่มีผลกระทบของลมในการใช้งานจริงและประหยัดพลังงานในเกณฑ์ที่กำหนด

1.4 วิธีดำเนินงาน

1. ประเมินผลการประหยัดพลังงานก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์
2. ทำการบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของ Air Compressure ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์
3. ทำการออกแบบวงจรไฟฟ้าที่จะนำไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์
4. ทำการออกแบบวงจรควบคุมที่จะนำ Pressure Transmitter มาเป็น Input ในการควบคุมการปรับความเร็วรอบของอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์
5. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ และ Pressure Transmitter
6. ทำการบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของ Air Compressure หลังการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์
7. สรุปรายงานผลหลังการทำการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	เดือนที่ 1				เดือนที่ 2				เดือนที่ 3				เดือนที่ 4			
1. ศึกษาระบบการทำงานต่างๆในโรงงาน	x															
2. ศึกษาการทำงานของ VSD	x	x														
3. ศึกษาการทำงานเครื่องอัดลมแบบสกรู		x														
4. ศึกษาระบบการผลิตปูนไลม์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด		x	x													
5. ทำการบันทึกการใช้พลังงานก่อนการติดตั้ง VSD				x	x	x	x	x								
6. ออกแบบวงจรไฟฟ้าที่จะนำไปควบคุมการทำงาน					x	x	x	x								
7. ทำการติดตั้ง VSD									x	x						
8. ทำการบันทึกการใช้พลังงานหลังการติดตั้ง VSD									x	x	x	x	x			
9. นำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปผล												x	x			
10. จัดทำรูปเล่มและนำเสนอ														x	x	x

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. สามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์ได้จากเดิมซึ่งคงที่ ทำให้ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมตามความต้องการทำงานในแต่ละลักษณะ และยังทำการควบคุมแบบ Closed Loop Control เพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพคงที่อยู่ตลอดเวลา

2. เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของมอเตอร์ได้ดียิ่งขึ้น

3. ช่วยลดการสึกหรอของเครื่องจักร และป้องกันการสูญเสียของมอเตอร์

4. ลดการกระชากไฟฟ้าตอนเริ่มต้น ทำให้ลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า โดยเฉพาะมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่

5. ประหยัดพลังงาน โดยใช้พลังงานตามความจำเป็นของโหลด

6. ลดค่าใช้จ่ายทางด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าและการซ่อมบำรุงเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบอากาศอัด

ระบบอากาศอัด(Compressed Air System) เป็นระบบที่มีกันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีการใช้งานกันมาก การทำงานของระบบอากาศอัด เริ่มจากเครื่องอัดอากาศดูดอากาศเข้ามาทางช่องนำอากาศเข้า (Air Intake) ซึ่ง ก่อนที่อากาศจะถูกส่งเข้าไปยังเครื่องอัด (Compressor) ที่อยู่ในเครื่องอัดอากาศนั้น จะต้องผ่านการกรองสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง เศษวัสดุที่อาจลอยมากับอากาศอัดด้วยเครื่องกรอง (Filter) ที่ติดตั้งตรงบริเวณทางเข้าเพื่อป้องกันไม่ให้ เกิดความเสียหายกับเครื่องอัดอากาศ อากาศที่ผ่านเครื่องอัดอากาศแล้วจะมีความดันสูงและมีอุณหภูมิสูง แต่จะถูกทำให้ มีอุณหภูมิต่ำลงด้วยอุปกรณ์ระบายความร้อน เครื่องทำอากาศแห้ง (Air Dryer) ก่อนนำไปเก็บไว้ในถังเก็บอากาศอัด (Air Receiver) เพื่อกักเก็บให้มีปริมาณเพียงพอต่อการใช้งาน

ในการใช้งาน อากาศอัดที่มีความดันสูงจะถูกส่งผ่านระบบท่อส่งอากาศอัด (Distribution System) จากท่อจ่าย อากาศอัดหลัก (Supply Line) และแยกไปใช้งานตามจุดต่างๆ ด้วยท่อแยก (Branch) แต่ก่อนที่อากาศอัดจะถูกส่งเข้าไป ใช้ยังเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อขับเคลื่อนเครื่องมือหรืออุปกรณ์เหล่านั้น ต้องมีการดักและกรองสิ่งที่ปนมากับอากาศ อัด ซึ่งได้แก่ น้ำ สิ่งสกปรกภายในท่อ และน้ำมันหล่อลื่นเสียก่อน โดยใช้อุปกรณ์กรองละอองน้ำมันและฝุ่น (Filter) และตัว ดักน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator) ในการใช้งาน ตัวลดความดัน (Regulator) จะช่วยลดและควบคุมความดันอากาศอัดให้คงที่ สำหรับ จ่ายให้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆที่ใช้อากาศอัด [1,2]

เครื่องอัดอากาศ เป็นอุปกรณ์หลักที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมแทบทุกประเภท ทุกขนาด เนื่องจากในกระบวนการผลิตหลายกระบวนการ จำเป็นต้องมีการใช้งานอากาศอัดสำหรับอุปกรณ์นิวแมติกส์ต่างๆ เช่น Air Cylinder ปืนลม เครื่องขัด เครื่องเจาะ เครื่องพ่น และการลำเลียง ตลอดจนเป็นส่วนประกอบในการใช้งานของเครื่องจักรอัตโนมัติต่าง ๆ

เครื่องอัดอากาศ มีหน้าที่หลักในการเพิ่มความดันของอากาศจากความดันบรรยากาศปกติ (ประมาณ 1 บาร์) ให้สูงขึ้นตามความต้องการใช้งาน ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักใช้งานที่ความดันในช่วง 4-7 บาร์ โดยอาศัยหลักการลดปริมาตรของอากาศลง ส่งผลให้มีความดันเพิ่มขึ้น

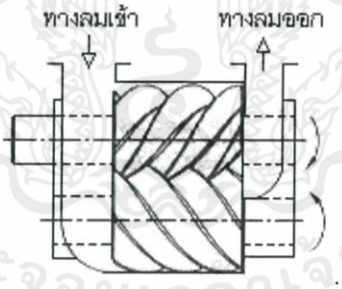
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ชนิดและหลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

เครื่องอัดอากาศสามารถแบ่งตามลักษณะวิธีการของการอัดอากาศได้หลายชนิด เช่น แบบลูกสูบ แบบสกรู แบบโรตารี่เวน แบบหมุนเหวี่ยง ฯลฯ ซึ่งมากกว่า 80% ของโรงงานอุตสาหกรรมเป็นการใช้งานเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบและแบบสกรูแทบทั้งสิ้น ดังนั้นจึงขออธิบายเฉพาะเครื่องอัดอากาศที่ใช้งาน คือ เครื่องอัดอากาศแบบสกรู

รูปที่ 2. 1 ตัวอย่างเครื่องอัดอากาศแบบสกรู [1]

เครื่องอัดอากาศแบบสกรูโดยทั่วไปมีขนาดมอเตอร์ และปริมาณการผลิตอากาศอัดสูงกว่าเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ ขนาดที่นิยมใช้มักอยู่ในช่วง 11 - 75 kW จึงมักใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการอากาศอัดในปริมาณที่สูง



รูปที่ 2.2 การทำงานภายในของเครื่องอัดสกรู [3]

หลักการทำงาน เครื่องอัดอากาศแบบสกรู อาศัยตัวหมุน 2 ตัวทำเป็นเกลียว และมีทิศทางการหมุนตรงกันข้ามกัน โดยระหว่างเกลียวทั้งสองจะมีช่องว่างสำหรับดูดอากาศเข้ามาแล้วอัดให้มีปริมาตรน้อยลงเพื่อเพิ่มความดันอากาศเมื่อเพลาสกรูหมุนลมภายนอกจะถูกดูดผ่านท่อเข้ามาและถูกอัดตามร่องฟันที่ขบกันความเร็วสูง ทำให้อากาศถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้นและไหลออกอีกทางหนึ่ง [3] ดังรูป2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 อุปกรณ์ประกอบในระบบอากาศอัด

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงอุปกรณ์ประกอบที่สำคัญของระบบอากาศอัด ดังนี้

รูปที่ 2.3 แผนผังอุปกรณ์ในระบบอากาศอัด [5]

ตารางประกอบ 2.1 แสดงหน้าที่ของอุปกรณ์ประกอบในระบบอากาศอัด [5]

เครื่องทำอากาศแห้ง (Air Dryer)	มีหน้าที่ในการไล่ความชื้นที่มีอยู่ในอากาศอัดออกไป เพื่อให้อากาศที่จะนำไปใช้งานมีความแห้งเหมาะสมต่อการใช้งานและไม่สร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ โดยส่วนใหญ่มักทำอากาศให้แห้งโดยการใช้ระบบทำความเย็น ซึ่งจะทำให้อากาศแห้งลงในระดับที่เหมาะสมกับการใช้งานทั่วไป สำหรับกระบวนการที่ต้องการอากาศอัดที่แห้งเป็นพิเศษ จำเป็นต้องใช้สารดูดความชื้น เช่น ซิลิก้า
ท่อส่งจ่ายอากาศอัด	ขนาดของท่อส่งจ่ายควรเลือกให้เหมาะสม เพราะเนื่องจากถ้าใช้ท่อที่มีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียความดันมาก และสิ้นเปลืองพลังงาน โดยทั่วไปสามารถคำนวณขนาดท่อจากปริมาณอากาศอัดที่ส่งจ่าย และกำหนดให้ความเร็วอากาศอัดไม่เกิน 8 และ 15 เมตร/วินาที สำหรับท่อเมนและท่อย่อย ตามลำดับ ซึ่งการติดตั้งท่อลมหลักมี 2 แบบ คือ

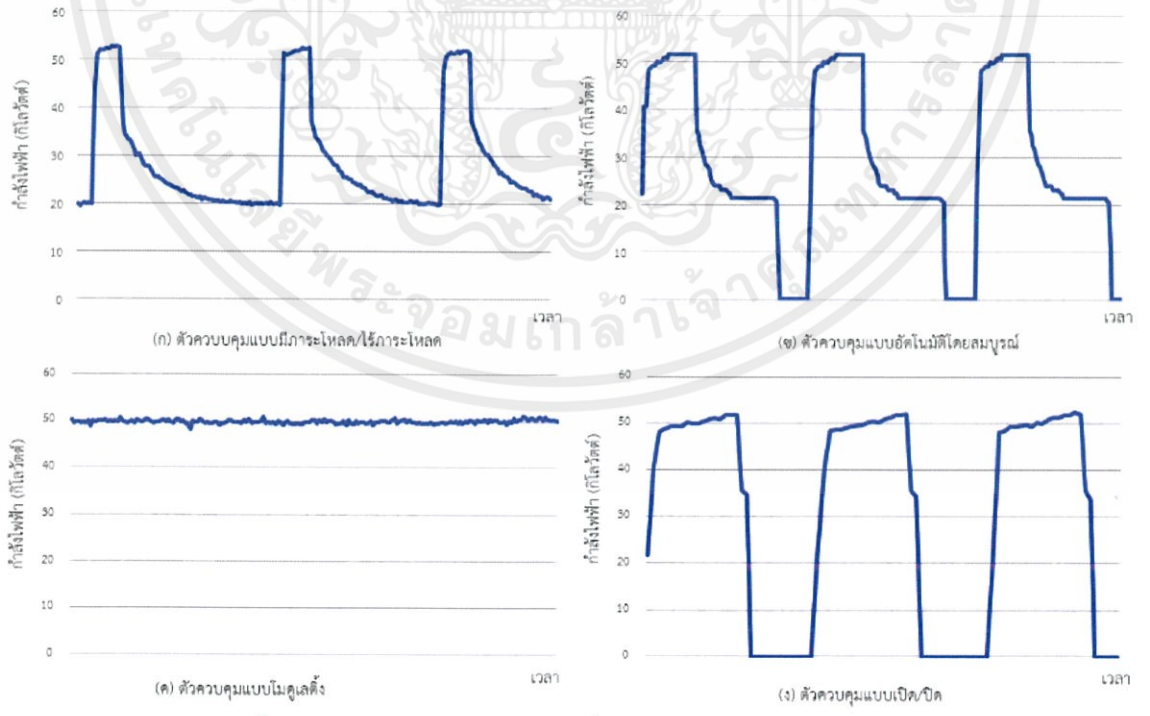
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเดินท่อแบบท่อเดี่ยว (Single line)การเดินท่อวิธีนี้จะใช้กับการใช้งานที่มีอุปกรณ์นิวแมติกไม่มากและเป็นการเดินท่อในระยะสั้นๆ

- การเดินท่อแบบวงแหวน (Ring Circuit)เป็นการเดินท่อเป็นวงรอบพื้นที่ใช้งานซึ่งการวางท่อแบบนี้เป็นการแก้ปัญหาเรื่องความดันตกโดยการจ่ายลมอัดกระจายออกไปทั้งสองด้าน โดยที่ความดันที่บริเวณปลายสุดของ ท่อเมนจะมีความดันใกล้เคียงกับบริเวณใกล้เครื่องอัดลมแม้จะมีการใช้ปริมาณลมมาก

อุปกรณ์หลักๆ ที่ติดตั้งร่วมอยู่กับถังอากาศอัดด้วยแสดงในรูปได้แก่วาล์วนิรภัย (Safety Valve) ทำหน้าที่ปล่อยอากาศออกจากถังเมื่อความดันในถังสูงเกินค่าที่ตั้งไว้เพื่อความปลอดภัย ในกรณีเครื่องอัดอากาศไม่ตัดการทำงานเกจวัดความดัน (Pressure Gauge) ใช้สำหรับตรวจดูความดันของอากาศอัดภายในถัง อุปกรณ์ระบายน้ำอัตโนมัติ (Automatic Drain) มีหน้าที่ระบายน้ำซึ่งเกิดจากการควบแน่นของไอน้ำในอากาศซึ่งอยู่ด้านล่างของถังอากาศอัดออกไปจากระบบตามปริมาณน้ำหรือเวลาที่กำหนดไว้

2.1.3 **การควบคุมการทำงานเครื่องอัดอากาศ**



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงตัวควบคุมเครื่องอัดอากาศแบบต่างๆ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอัดอากาศ (air compressor) หรือปั๊มลม มีหน้าที่ในการอัดอากาศจากสภาวะความดันหนึ่งไปสู่สภาวะอีกความดันหนึ่ง ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นหลักในการขับคอมเพรสเซอร์ โดยพฤติกรรมการทำงานของเครื่องอัดอากาศจะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวควบคุมการทำงาน โดยตัวควบคุมการทำงานที่มีศักยภาพในการติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วได้มีด้วยกันสี่แบบ คือ

(1) แบบมีภาระ/ไร้ภาระ (load/unload)

(2) แบบอัตโนมัติโดยสมบูรณ์ (fully auto-mation)

(3) แบบโมดูเลติ้ง (modulating)

(4) แบบเปิด/ปิด(on/off)

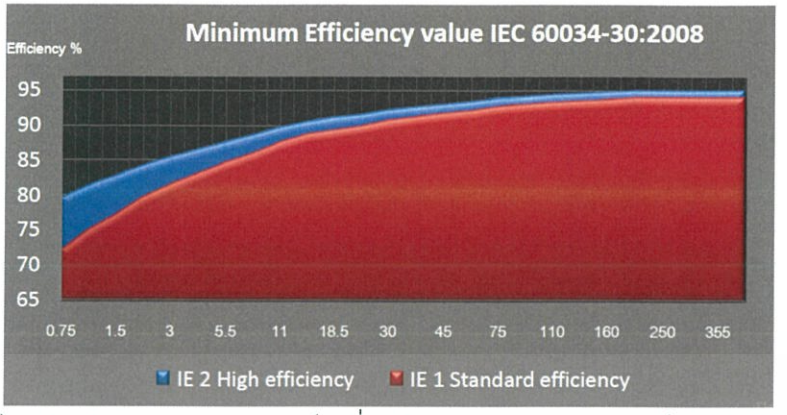
ตัวอย่างพฤติกรรมการทำงานของเครื่องอัดอากาศด้วยตัวควบคุมแบบต่างๆ ถูกแสดงในรูปที่2.4

- การทำงานของเครื่องอัดอากาศที่ใช้ตัวควบคุมแบบแบบมีภาระ/ไร้ภาระมอเตอร์จะขับคอมเพรสเซอร์เพื่ออัดอากาศไปถึงความดันสูงสุดที่ตั้งไว้ ซึ่งเรียกว่าสภาวะโหลด จากนั้นคอมเพรสเซอร์ก็หยุดจ่ายอากาศอัดแต่มอเตอร์ยังคงหมุนด้วยอัตราความเร็วรอบคงเดิม ซึ่งเรียกว่าสภาวะไร้ภาระโหลด จนกระทั่งแรงดันในระบบลดลงถึงค่าต่ำสุดที่ตั้งไว้ ตัวควบคุมจะสั่งให้มอเตอร์กลับมาทำงานอีกครั้ง แต่หากไม่มีการใช้งาน เครื่องอัดอากาศก็จะทำงานในสภาวะไร้โหลด จนกว่าจะปิดเครื่อง
- ในขณะที่การทำงานของตัวควบคุมแบบอัตโนมัติโดยสมบูรณ์นั้น เมื่ออากาศถูกอัดไปถึงความดันสูงสุดที่ตั้งไว้ คอมเพรสเซอร์ก็จะปลดภาระและจะทำงานในสภาวะไร้โหลดตามระยะเวลาที่กำหนด และหากไม่มีการสั่งให้ผลิตอากาศและความดันไม่ลดลง จนถึงระยะเวลาที่กำหนดคอมเพรสเซอร์จะหยุดทำงานซึ่งเรียกว่า off load
- ในทางตรงกันข้าม การทำงานของตัวควบคุมแบบเปิด/ปิดคอมเพรสเซอร์จะเริ่มทำงานเมื่อความดันอากาศในระบบลดลงถึงค่าที่ตั้งไว้ และจะหยุดทำงานเมื่อคอมเพรสเซอร์อัดอากาศจนมีค่าความดันสูงสุดตามค่าที่ตั้งไว้
- แต่สำหรับการทำงานของเครื่องอัดอากาศชนิดตัวควบคุมแบบโมดูเลติ้ง คอมเพรสเซอร์จะทำงานตลอดเวลาโดยให้ความดันคงที่ แม้นในบางเวลา ขณะที่ไม่มีการจ่ายอากาศอัดออกมาเครื่องอัดอากาศยังคงใช้พลังงานสูงถึง 70% ของพิกัดสูงสุด [6]

2.2 มอเตอร์เหนี่ยวนำประสิทธิภาพสูง (High efficiency motor HEM)

คือมอเตอร์ที่มีการสูญเสียในส่วนต่างๆ น้อยกว่า มอเตอร์เหนี่ยวนำมาตรฐาน (Standard efficiency motor) มีส่วนประกอบและลักษณะการทำงานเหมือนมอเตอร์มาตรฐาน แต่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเนื่องจากมีการออกแบบวัสดุในการผลิตที่ดีขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้นร้อยละ 5-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนี่ยวนำมาตรฐานและมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง [6]

2.3 อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive)

การปรับความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ จะใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$N_s = \frac{120\,f}{P} \tag{2.1}$$

เมื่อ N_s = ความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์

f = ความถี่ของระบบไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์

P = จำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

โดยหากมีการปรับความถี่ของระบบไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปในมอเตอร์เหนี่ยวนำ จะทำให้ความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำลดลงจึงนำระบบปรับความเร็วรอบของมอเตอร์มาใช้ อีกทั้งขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ ไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ นอกจากพันมอเตอร์ใหม่ซึ่งไม่เหมาะสมกับการปรับความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำในอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงเลือกวิธีการปรับความถี่ของระบบไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์เป็นระบบที่ถูกเลือกใช้ อีกทั้งยังสามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ได้ทุกช่วงย่านถี่ตั้ง 0-50 Hz

ตารางที่ 2.2 การปรับความถี่ของระบบไฟฟ้าที่จำนวนขั้วแม่เหล็ก 4 POLE และแสดงผลของความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์

ความถี่ของระบบไฟฟ้า (Hz)	ความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์ (RPM)
10	300
20	600
30	900
40	1200
50	1500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การควบคุมแรงดันและความถี่ (Voltage and Frequency Control)

ถ้าสัดส่วนของแรงดันและความถี่เป็นค่าคงที่ซึ่งจะสามารถให้แรงบิดสูงสุด โดยต้องรักษาสัดส่วนที่คงที่เอาไว้ ตามสมการ

$$d = \frac{V_a}{f} \tag{2.2}$$

เมื่อ V_a = แรงดันไฟฟ้าจากอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่จ่ายให้กับสเตเตอร์ของมอเตอร์

d = สัดส่วนที่คงที่

f = ความถี่ของระบบไฟฟ้าในหน่วย Hz

ตัวอย่างที่ 1 แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับสเตเตอร์ของมอเตอร์ 400 volt และความถี่ของระบบไฟฟ้า 50 Hz ดังนั้นสัดส่วนของ V/f คงที่หาได้จากสมการที่ 2.2

$$d = \frac{V_a}{f}$$

$$d = \frac{400\ \text{v}}{50\ Hz} = 8$$

ตารางที่ 2.3 การปรับความถี่ของระบบไฟฟ้าโดยให้สัดส่วน d มีค่าเท่ากับ 8 และแสดงผลของแรงดันไฟฟ้าจากอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่จ่ายให้กับสเตเตอร์ของมอเตอร์ [6]

ความถี่ของระบบไฟฟ้า (Hz)	แรงดันไฟฟ้าจากอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่จ่ายให้กับสเตเตอร์ของมอเตอร์ (Volt)	ความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์ (RPM)
0	0	0
10	80	300
20	160	600
30	240	900
40	320	1200
50	400	1500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ประสิทธิภาพของการทำงานมอเตอร์เหนี่ยวนำประสิทธิภาพสูง

2.5.1 การเพิ่มประสิทธิภาพมอเตอร์เหนี่ยวนำ (Standard efficiency motor)

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (IE2) กับมอเตอร์ประสิทธิภาพต่ำ (IE1) [6]

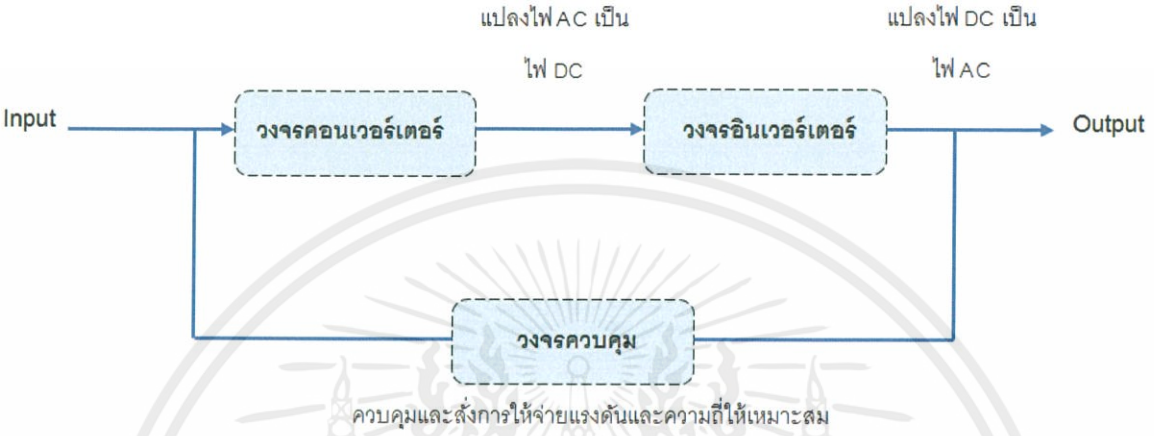
Output	IE1			IE2		
	Standard efficiency			High efficiency		
kW	2 Pole	4 Pole	6 Pole	2 Pole	4 Pole	6 Pole
0.75	72.1	72.1	70.0	77.4	79.6	75.9
1.1	75.0	75.0	72.9	79.6	81.4	78.1
1.5	77.2	77.2	75.2	81.3	82.8	79.8
2.2	79.7	79.7	77.7	83.2	84.3	81.8
3	81.5	81.5	79.7	84.6	85.5	83.3
4	83.1	83.1	81.4	85.8	86.6	84.6
5.5	84.7	84.7	83.1	87.0	87.7	86.0
7.5	86.0	86.0	84.7	88.1	88.7	87.2
11	87.6	87.6	86.4	89.4	89.8	88.7
15	88.7	88.7	87.7	90.3	90.6	89.7
18.5	89.3	89.3	88.6	90.9	91.2	90.4
22	89.9	89.9	89.2	91.3	91.6	90.9
30	90.7	90.7	90.2	92.0	92.3	91.7
37	91.2	91.2	90.8	92.5	92.7	92.2
45	91.7	91.7	91.4	92.9	93.1	92.7
55	92.1	92.1	91.9	93.2	93.5	93.1
75	92.7	92.7	92.6	93.8	94.0	93.7
90	93.0	93.0	92.9	94.1	94.2	94.0
110	93.3	93.3	93.3	94.3	94.5	94.3
132	93.5	93.5	93.5	94.6	94.7	94.6
160	93.7	93.8	93.8	94.8	94.9	94.8
200	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0
250	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0
315	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0
355	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0
375	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 อินเวอร์เตอร์

2.6.1 หลักการทำงานของ Inverter

โครงสร้างภายในของตัวอินเวอร์เตอร์นั้นจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มากมาย สามารถแบ่งส่วนประกอบออกเป็นหลักๆ ได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ

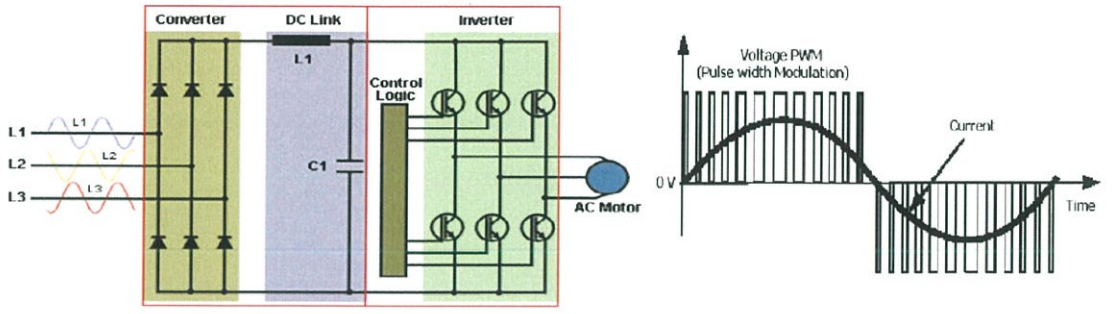


รูปที่ 2.6 แผนผังหลักการทำงานของ Inverter [7]

1. ชุดคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง
2. ชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับสามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้
3. ชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์

หลักการทำงานของตัวอินเวอร์เตอร์นั้นเมื่อมีไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ไหลเข้าวงจรจะผ่านเข้าไปยังวงจรคอนเวอร์เตอร์ก่อนเพื่อทำการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เมื่อแรงดันถูกกรองสัญญาณให้เรียบแล้วจะส่งผ่านไปยังวงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรคอนเวอร์เตอร์และวงจรอินเวอร์เตอร์นั้นทั้ง 2 เป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับจะมีเอาท์พุตเป็นรูปคลื่นไซน์แต่เอาท์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปไซน์ นอกจากนี้มีวงจรควบคุมเพื่อทำหน้าที่ควบคุมและสั่งการให้จ่ายแรงดันและความถี่ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความเร็วหรือแรงบิดตามที่ต้องการ [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 วงจรทำงานของ Inverter [1]

พื้นฐานวงจรไฟฟ้าของคอนเวอร์เตอร์แบบ Voltage Source, PWM จากวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า สามเฟส ผ่านชุด ไดโอดเรกติฟายแปลงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็น ไฟฟ้ากระแสตรง เรียกว่า “DC Link” DC Linkจะประกอบไปด้วยคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่ต่อขนานบางครั้งอาจจะมีอินดักเตนซ์ต่ออนุกรมเพื่อลด di/dt พลังงานจะถูกเก็บไว้ที่ DC Link โดย คาปาซิเตอร์ทำหน้าที่กรองรูปคลื่นให้เรียบมากขึ้นไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกชุดอินเวอร์เตอร์สวิทชิ่งให้เกิดย่านความถี่ต่างๆ แบบ PWM โดยมีค่าแรงดันสูงสุดคงที่ตามค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ผ่านการเร็กติไฟร์แล้ว ความถี่ที่สวิทชิ่งอาจจะกว้างหรือแคบในแต่ละช่วงจังหวะจะเป็นไปตามรูปแบบ PWM การปรับความถี่หรือการปรับแรงดัน rms สามารถทำได้โดยการปรับย่านความกว้างและจังหวะในการสวิทชิ่งแสดงแรงดันไฟฟ้าที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ ถูกส่งผ่านเข้าไปยังมอเตอร์ทำให้เกิด รูปคลื่นซายน์เวฟของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้ามอเตอร์ อันเป็นผลกระทบอันเนื่องมาจากค่าอินดักเตนซ์ของมอเตอร์ ที่มีปริมาณมากกว่าค่าความต้านทาน จึงแปลงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า PMW เป็นรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าซายน์เวฟ ที่มีริปเปิ้ลบ้างเล็กน้อย[1]

- **Rectifier circuit:**
  วงจรเรกติไฟเออร์ หรือวงจรเรียงกระแส : ทำหน้าที่แปลงผันหรือเปลี่ยนจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง วงจรประกอบด้วย เพาเวอร์ไดโอด 4 ตัว กรณีที่อินพุทเป็นแบบเฟสเดียว หรือมีเพาเวอร์ไดโอด 6 ตัว กรณีที่อินพุตเป็นแบบ 3 เฟส ดังรูป (สำหรับอินเวอร์เตอร์บางประเภทจะใช้ SCR ทำหน้าที่เป็นวงจรเรกติไฟเออร์ซึ่งทำให้สารมารถควบคุมระดับแรงดันในวงจร ดีซีลิ้งค์ได้)
- **DC link :**
  ดีซีลิ้งค์ หรือ วงจรเชื่อมโยงทางดีซี คือวงจรเชื่อมโยงระหว่างวงจรเรียกกระแสและวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งจะประกอบด้วยแคปปาซิเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ พิกัดแรงดัน ไฟฟ้า 400 VDC หรือ 800 VDC โดยขึ้นอยู่กับแรงดันอินพุตว่าเป็นแบบเฟสเดียวหรือ 3 เฟส ทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากวงจรเรียงเรกติไฟเออร์ให้เรียบยิ่งขึ้น และทำหน้าที่เก็บประจุไฟฟ้า ขณะที่มอเตอร์ทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในช่วงสั้นเนื่องจาการเบรคหรือมีการลดความเร็วรอบลงอย่างรวดเร็ว (สำหรับกรณีที่ใช้งานกับโหลดที่มีแรงเฉื่อยมาก ๆ และต้องการหยุดอย่างรวดเร็ว จะเกิดแรงดันสูงย้อนกับมาตกคร่อมแคปปาซิเตอร์และทำให้ แคปปาซิเตอร์เสียหาย ได้ ดังนั้นในทางปฏิบัติจะมีวงจรชอปเปอร์โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อค่าความต้านอนุกรมกับทรานซิสเตอร์ และต่อขนานกับแคปปาซิเตอร์ไว้ โดยทรานซิสเตอร์จะทำให้ที่เป็นสวิตช์ตัดต่อควบคุมให้กระแสไหลผ่านค่าความต้านทานเพื่อลดพลังงานที่เกิดขึ้น[9]

- inverter circuit :
  วงจรอินเวอร์เตอร์ คือส่วนที่ทำหน้าที่แปลงผันจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (ที่ผ่านการกรองจากวงจรดีซีลิ้งค์) เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรจะประกอบด้วยเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์กำลัง 6 ชุด (ปัจจุบันส่วนใหญ่จะใช้ IGBT) [9] ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อกระแสไฟฟ้าเพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยอาศัยเทคนิคที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ PWM (Pule width modulation)
- Control circuit :
  วงจรควบคุม จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้เช่น รับข้อมูลความเร็วรอบที่ต้องการเข้าไปทำการประมวลผล และส่งนำเอาท์พุทออกไปควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์เพื่อจ่ายแรงดันและความถี่ให้ได้ความเร็วรอบและแรงบิดตาม ที่ผู้ใช้งานต้องการ

2.6.2 วิธีการเลือก Inverter Drive

- **ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์:** ถือเป็นรายละเอียดที่สำคัญมากเราควรดูว่าอินเวอร์เตอร์ที่เราเลือกนั้นใช้กับระบบไฟฟ้าแบบใด แบบ 1 เฟส หรือ แบบ 3 เฟส และมีช่วงแรงดันและกระแสในการใช้งานอยู่ที่เท่าไร
- **กำลังของมอเตอร์:** ใช้กับกำลังมอเตอร์ขนาดเท่าไร
- **ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์:** ความถี่ของมอเตอร์ที่สามารถใช้ได้
- **แรงบิด (Torque) ของโหลด:** ควรพิจารณาจากการใช้งานว่าเราต้องการแรงบิดที่จะป้อนให้กับโหลดเท่าใด
- **สภาพแวดล้อมในการติดตั้ง:** บริเวณที่ทำการติดตั้งนั้นมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงประมาณเท่าไร มีความชื้นแค่ไหน และหากบริเวณที่เราติดตั้งนั้นต้องเผชิญกับฝุ่นและน้ำเราก็ควรเลือกอินเวอร์เตอร์ที่ได้รับมาตรฐานการป้องกันฝุ่นและน้ำ
- **ขนาด:** ขนาดของอินเวอร์เตอร์เราควรพิจารณาจากพื้นที่ที่เราทำการติดตั้ง
- **Cooling method:** เวลาใช้งานตัวอินเวอร์เตอร์จะเกิดความร้อนขึ้นเพื่อไม่ให้อินเวอร์เตอร์ร้อนเกินไปในขณะใช้งาน ทางที่ดีเพื่อป้องกันความเสียหายควรเลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีระบบการระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technical Specifications

Model	CV20-2S-0015G
The power of suitable motor(kW)	1.5
Voltage(V)	3-phase 0~rated input voltage
Rated current(A)	7.5
Overload capcity	150% rated current for 1 minute; 180% rated current for 10 seconds;
Rated voltage/frequency	Single-phase, 200~240VAC; 50Hz/60Hz
Allowable voltage range	180~260VAC; Voltage tolerance<3%; Frequency: ±5%
Rated current(A)	14.0
Protection class	IP20
Cooling method	Air cooling, with fan control.

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลอินเวอร์เตอร์ [10]

2.7 โหลดของมอเตอร์

2.7.1 โหลดแบบแรงบิดแปรผัน (Variable torque load)

โหลดประเภทนี้ กาลังไฟฟ้า และ แรงบิด จะแปรผันตามความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยจะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าแบบแรงบิดคงที่ เช่น พัดลม และ ปั๊มน้า และ ปั๊มเติมอากาศ โดยเมื่อทำการปรับลดความเร็วรอบลงพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ตามสมการ

$$P_e = (\frac{f_r}{f_s})^2 P_r \tag{2.4}$$

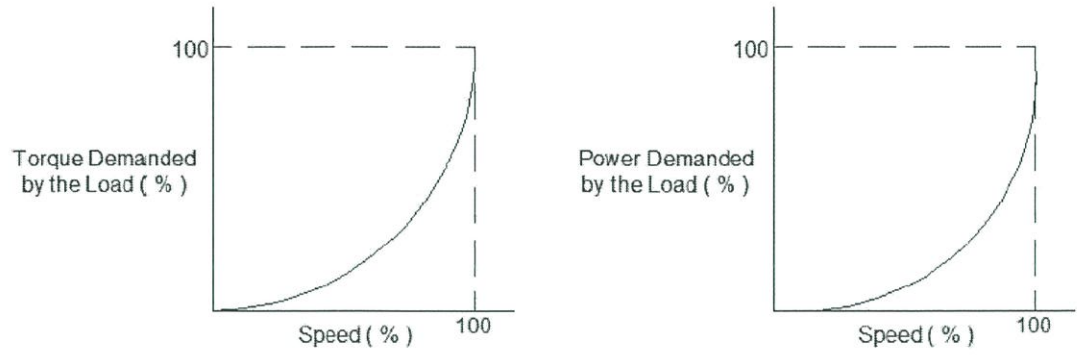
เมื่อ P_r = กำลังไฟฟ้าที่พิกัดระบบไฟฟ้า

P_e = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในมอเตอร์พิกัดความถี่ของการปรับลดความเร็วรอบ

f_r = ความถี่ที่ปรับลดของมอเตอร์

f_s = ความถี่ที่พิกัดของระบบไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Variable Torque Load

รูปที่ 2.9 การควบคุมแรงบิดแปรผันของระบบปรับความเร็วรอบมอเตอร์ [6]

ตัวอย่างที่ 3 มอเตอร์ขนาด 10 แรงม้า 400 V ความถี่พิกัด 50 Hz ใช้เป็นอุปกรณ์ต้นกาลังของ Centrifugal load และ Constant Torque loadโดยมีความเร็วพิกัดทดสอบอยู่ที่ 1,440 rpm คานวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เมื่อปรับลดแรงดันอยู่ที่ 200 V 25 Hz [6]

ที่โหลดแรงบิดผกผัน

$$P_e = (\frac{f_r}{f_s})^2 P_r$$
$$P_e = \left(\frac{25}{50}\right)^2 (10\,x\,746)$$
$$P_e = 1.865\,kW$$

ดังนั้นการใช้งานมอเตอร์เมื่อลดความเร็วรอบลง50 %ที่โหลดแรงบิดผกผัน สามารถประหยัดพลังงานได้ 75 %

2.8 การหาพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้โดยใช้การปรับความเร็วรอบมอเตอร์

2.8.1 พลังงานที่ประหยัดได้จากการใช้งาน VSD

$$ES_{VSD} = n \times P \times H_{avg_usage} \times S_{SR} \quad (2.5)$$

เมื่อ ES_{VSD} = พลังงานที่ประหยัดได้จากการใช้งาน VSD

n = จำนวนของมอเตอร์

P = กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

S_{SR} = เปอร์เซนต์ของพลังงานที่ประหยัดได้ที่ความเร็วรอบต่างๆ

H_{avg_usage} = ค่าเฉลี่ยการใช้งานมอเตอร์ใน 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 การคำนวณการประหยัดเงินค่าไฟฟ้าต่อปี

$$Saving = AES \times c \tag{2.6}$$

เมื่อ $Saving$ = การประหยัดเงินในค่าใช้จ่ายด้านหลังงาน

AES = ค่าพลังงานที่สามารถประหยัดได้ต่อปี

C = ต้นทุนค่าไฟฟ้าเฉลี่ย

<u>ตัวอย่างที่ 4</u> มอเตอร์มีจำนวน 2 ชุด กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์คือ 2.2 kW โดยมีการใช้งานวันละ 20 ชั่วโมงตลอด 1 ปี และเป็นการทำงานแบบโหลดคงที่ สามารถปรับลดความเร็วได้ 20 % ของพิกัด โดยคำนวณพลังงานและค่าใช้จ่ายพลังงานที่ประหยัดได้จากการใช้งาน VSD (kWh/years) และมีอัตราการจัดเก็บค่าไฟฟ้าแบบปกติที่ยูนิตละ 2.40 บาท [6]

จากสมการ $ES_{VSD} = 2 \times 2.2 \times 20 \times 365 \times 20\%$

พลังงานที่ประหยัดได้จากการใช้งาน VSD = 6,424 (kWh/years)

จากสมการ $Saving = 6{,}424 \times 2.40$

ประหยัดเงินในค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าใน 1 ปี = 15,417 บาท

2.8.3 การคำนวณระยะเวลาการคืนทุน

$$\text{Increment cost} = \text{Price of High efficiency motor} + \text{Price of Variable Speed Drive} \tag{2.7}$$

$$\textit{Simple payback period} = \frac{\textit{Increment cost}}{\textit{Annual Baht saving}}$$

เมื่อ Price of Variable Speed Drive = ราคาอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์

Prince of High efficiency motor = ราคามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

Price of Standard motor = ราคามอเตอร์ประสิทธิภาพมาตรฐาน

Simple payback period = ระยะเวลาการคืนทุนจากการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

Increment cost = ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

Annual Baht Saving = เงินที่ประหยัดได้ต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทความวิจัย การเปรียบเทียบผลประหยัดพลังงานสำหรับมาตรการติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ในเครื่องอัดอากาศ ของ อุทัย วงศ์เขื่อนแก้ว, ชาญณรงค์ อัศวเทศานุภาพ และมาลี สันติคุณาภรณ์ ได้ศึกษามาตรการติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบ (variable speed drive) ในเครื่องอัดอากาศมาใช้ในโรงงานต้นแบบที่ใช้เครื่องอัดอากาศแบบสกรู ระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาด 100 แรงม้า โดยได้นำเสนอแนวทางการคำนวณผลประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ (วิธีแนวทางเลือก) จากการศึกษาพบว่ามาตรการติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องอัดอากาศ โดยเฉพาะกรณีที่ภาระการใช้งานเครื่องอัดอากาศไม่คงที่ การประมาณผลประหยัดที่เกิดขึ้นโดยการคำนวณคิดเป็นร้อยละ 28.53 และมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.97 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับผลการประหยัดพลังงานที่ได้จากการตรวจวัดจริงหลังการดำเนินมาตรการซึ่งมีผลประหยัดจริงที่ร้อยละ 32.18 และระยะเวลาคืนทุน 0.86 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

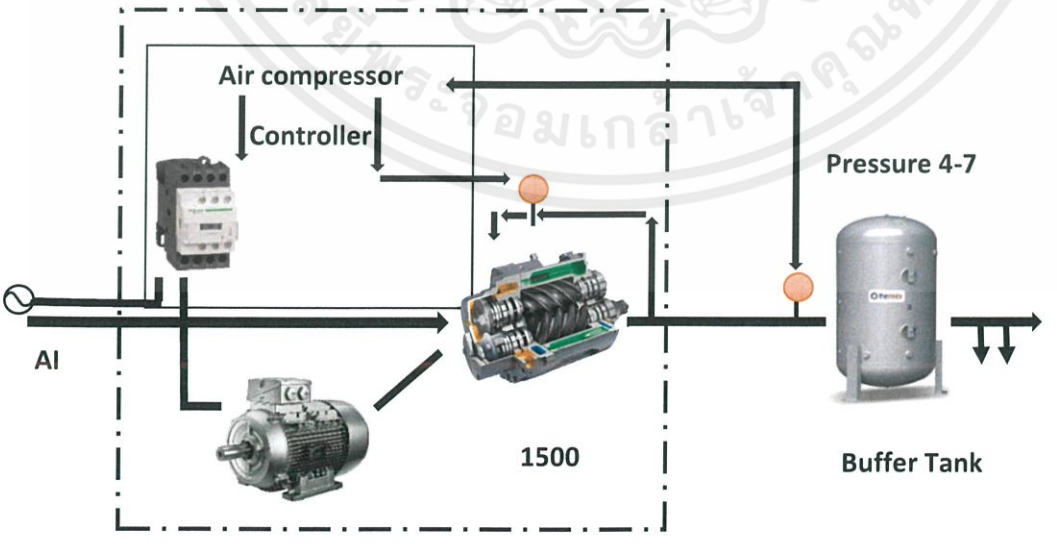
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของการทำงานเครื่องอัดอากาศแบบสกรูภายในโรงงานเคมีแมน จำกัด การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์(Variable Speed Drives,VSD) เพื่อแก้ไขปัญหาการใช้ลดพลังงานไฟฟ้า โดยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระของโหลด ผ่านชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยจะมีการบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์(Variable Speed Drives,VSD) อีกทั้งยังคำนวณระยะเวลาในการคืนทุน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การกำหนดปัญหาที่ต้องการแก้ไข

เนื่องด้วยเครื่องอัดอากาศแบบสกรู(Screw Compressor) สามารถให้ผลการประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 10-30% หรือมากกว่าขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งานในอุตสาหกรรมทั่วไป มีการใช้เครื่องอัดอากาศอย่างแพร่หลาย และในทางอุตสาหกรรมพลังงานที่ใช้ในเครื่องอัดอากาศอาจสูงถึง 30-40% ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด หากมีการควบคุมการใช้พลังงานเครื่องอัดกาศได้จะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงาน โดยการควบคุมความดันของอากาศในเครื่องอัดกาศระบบเดิม ใช้การเปิดปิด Solenoid valve เพื่อให้เครื่องมีการอัดกาศหรือเดินเครื่องโดยไม่อัดอากาศ โดยใช้การตั้งค่าความดันสูง เพื่อให้ Compressor เดิน Unload และใช้ตั้งค่าความดันต่ำ เพื่อให้ Compressor เดิน Load ซึ่งจะพบว่าความดันอากาศในระบบจะมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับค่าความดันสูง-ต่ำ ที่ตั้งค่าเกิดความสูญเสียพลังงานในช่วงที่ Compressor เดิน Unload เนื่องจากมอเตอร์ต้องหมุนที่ความเร็วรอบ 1500 RPM ตลอดเวลา



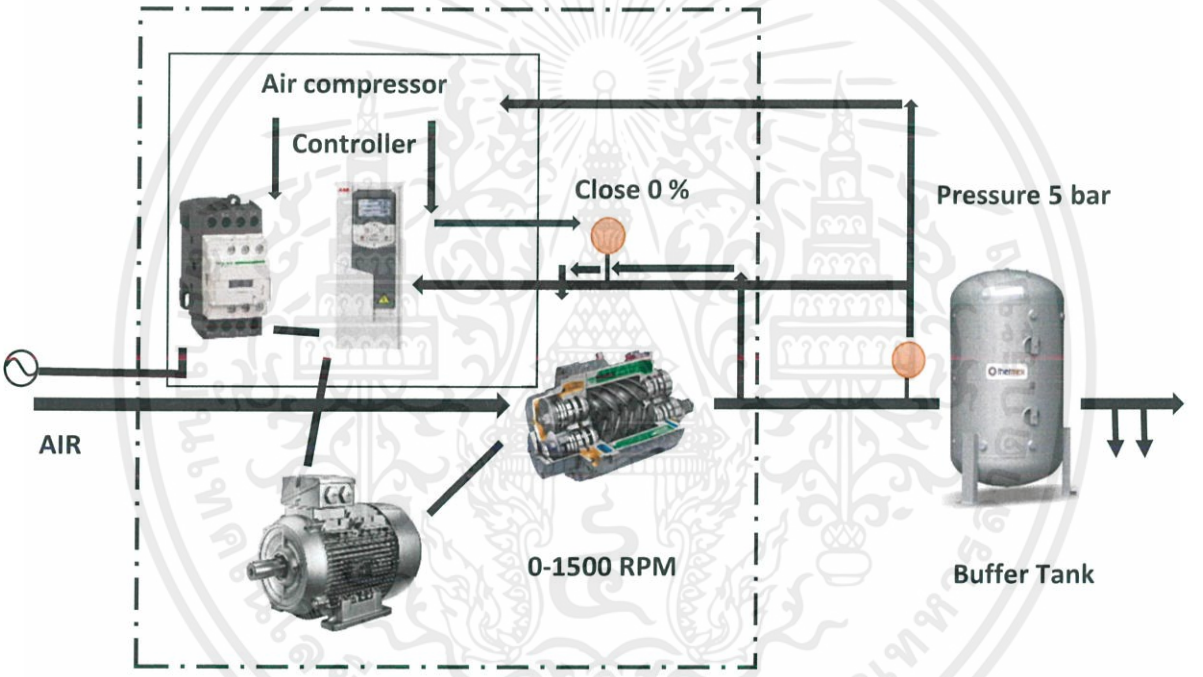
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของระบบก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วัตถุประสงค์ในการดำเนินการ

โดยหลักการทำงานเครื่องควบคุมความเร็วรอบของเครื่องอัดกาศจะถูกส่งต่อเข้ากับตัววัดเพื่อวัดความดันในระบบ ถ้าความดันในระบบลดต่ำกว่าที่กำหนด เครื่องควบคุมความเร็วรอบจะเพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องอัดอากาศ ในทางกลับกันความเร็วของเครื่องอัดอากาศจะถูกลดลงเมื่อความดันเพิ่มถึงระดับที่กำหนด ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาในช่วง Compressor เดิน Unload

ปัจจุบัน VSD ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปจะมีระบบ PID Control โดยระบบจะนำสัญญาณป้อนกลับที่ได้กลับมาทำการคำนวณใหม่ทุกๆวินาทีและจะส่งผลที่คำนวณได้ไปยังมอเตอร์



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของระบบหลังการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาทำความเข้าใจในสภาพปัจจุบัน

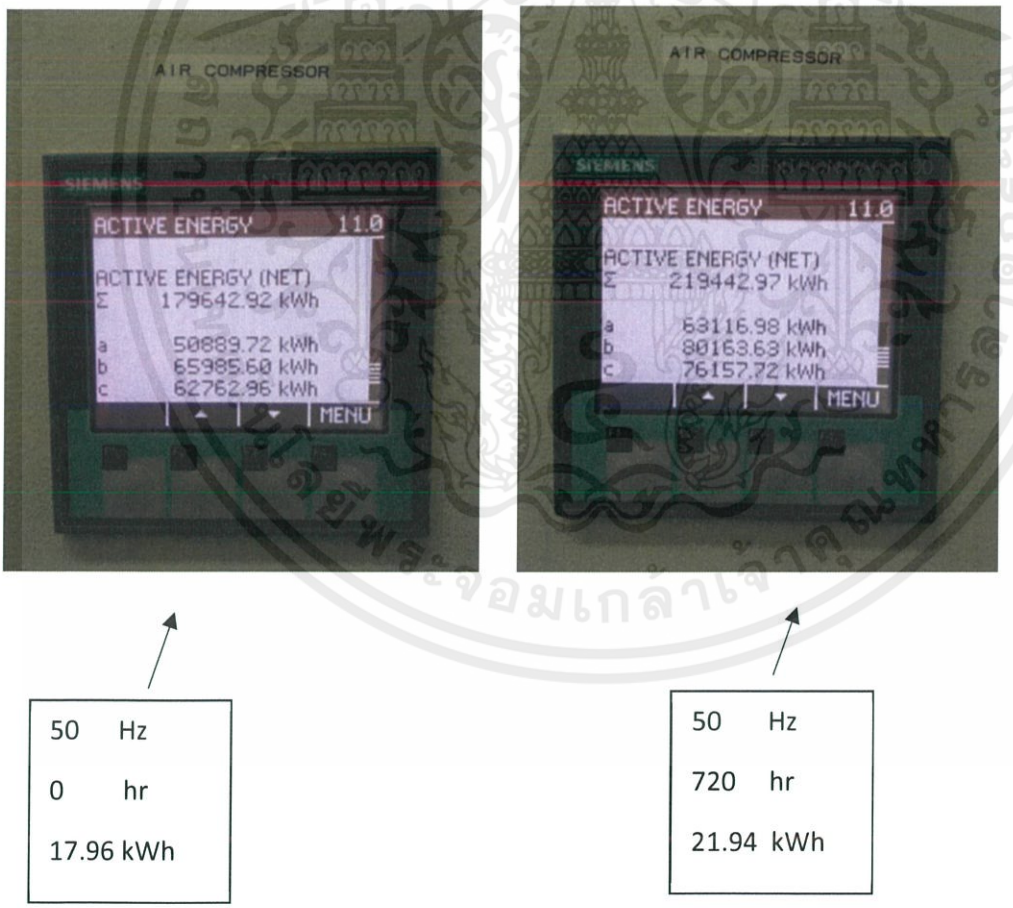
ได้ทำการตรวจสภาพการทำงานของเครื่องอัดอากาศพบว่าเครื่องอัดอากาศมีการทำงานช่วง Load และช่วง Unload และจะใช้ข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์หาแนวทางในการประหยัดพลังงานต่อไป โดยมีการเก็บค่าพลังงานการใช้งานจริงก่อนเพื่อเก็บเป็นข้อมูล (Base line = 50 Hz) จากที่ได้ทำการวัดคำนวณเป็นระยะเวลา 30 วัน

- เริ่มการบันทึก พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 179642 kWh
- บันทึกจนครบ 30 วัน พบว่าพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 219442 kWh

ดังนั้น จากการวัดจะอยู่ที่ (219442-179642) kWh / 720 hr

= 39800 kWh / 720 hr

= 55.28 kWh



รูปที่ 3.3 หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ เริ่มจดบันทึกและสิ้นสุดการจดบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งตารางบันทึกค่าการใช้พลังงานก่อนการติดตั้งอยู่ในหน้าถัดไป

ตารางที่ 3.1 บันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการติดตั้งอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่	ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของ Air Compressor ในเดือนกันยายน-ตุลาคม พ.ศ.2561						หมายเหตุ
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่2			
	KK2			KK2			
	เวลา	Power Meter (kWh)	จำนวน Air Com. ที่ทำงาน (ตัว)	เวลา	Power Meter (kWh)	จำนวน Air Com. ที่ทำงาน (ตัว)	
1	07.39น.	179,462.00	2	21.06น.	180,566.00	2	
2	09.28น.	180,780.00	1	20.45น.	181,788.00	1	
3	07.09น.	182,136.00	2	19.24น.	182,945.00	3	
4	07.12น.	183,460.00	3	20.23น.	183,993.00	3	
5	07.29น.	184,753.00	1	20.55น.	185,256.00	1	
6	07.28น.	186,125.00	2	01.13น.	186,910.00	2	
7	07.54น.	187,456.00	3	20.31น.	188,002.00	1	
8	07.31น.	188,741.00	2	21.01น.	189,789.00	3	
9	07.51น.	190,125.00	2	19.13น.	190,905.00	2	
10	07.17น.	191,485.00	2	20.41น.	191,888.00	1	
11	08.03น.	192,587.00	2	19.56น.	193,369.00	2	
12	08.02น.	194,200.00	2	20.26น.	195,003.00	2	
13	08.10น.	195,520.00	3	20.50น.	195,808.00	2	

14	08.08น.	196,896.00	2	19.30น.	197,268.00	2	
15	08.06น.	198,180.00	3	19.24น.	198,779.00	2	
16	07.29น.	199,452.00	3	20.54น.	200,069.00	2	
17	08.00น.	200,785.00	3	21.55น.	201,856.00	3	
18	08.00น.	202,185.00	2	20.57น.	202,985.00	2	
19	08.01น.	203,450.00	2	20.01น.	204,112.00	2	
20	07.11น.	204,782.00	1	20.52น.	205,620.00	2	
21	08.00น.	206,115.00	2				ต้นไม้หัก-ไฟดับ
22	07.31น.	207,448.00	2	21.58น.	208,850.00	2	
23	08.00น.	209,585.00	2	21.36น.	209,996.00	3	
24	08.12น.	210,088.00	3	20.45น.	210,999.00	2	
25	08.20น.	211,456.00	1				ผลครั้งที่ 2 ในวันนี้ไม่ได้มีการจดค่า
26	08.05น.	212,796.00	2	20.26น.	213,598.00	2	
27	07.06น.	214,115.00	3				ผลครั้งที่ 2ในวันนี้ไม่ได้มีการจดค่า
28	08.00น.	215,449.00	3	19.30น.	215,963.00	3	
29	09.28น.	216,776.00	2	19.24น.	217,699.00	2	
30	07.59น.	218,109.00	2	20.54น.	219,004.00	3	
1	07.44น.	219,442.00	3	19.50น.	220,256.00	2	

3.4 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและกำหนดแนวทางแก้ไขหรือปรับปรุง

สาเหตุของการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องอัดอากาศนั้นคือในช่วง Compressor เดิน Unload มาก ดังนั้นจึงได้กำหนดแนวทางการปรับอัตราความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระ Load ที่ใช้งานจริง โดยติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (VSD) กับเครื่องอัดอากาศ จำนวน 1 ชุด โดยอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์จะปรับความเร็วรอบตาม Pressure Transmitter ที่ติดตั้งอยู่ที่บริเวณ Buffer Tank

โดยในส่วนที่เข้าไปแก้ไขปัญหาเป็นพื้นที่การผลิต KK2 ซึ่งมี Air compressor ทั้งหมด 3 ตัว ซึ่งจากการสอบถามผู้ใช้งานพบว่าการผลิตในส่วนของ KK2 นั้นจำเป็นต้องเปิด Air compressor อย่างน้อย 2 ตัว ตลอดเวลา เพื่อให้ได้ความดันอากาศตามที่ต้องการใช้งาน ซึ่งอยู่ที่ 6 Bar โดยปัญหาที่พบคือ เมื่อความดันอากาศถึง 6 Barแล้วจะมี Air compressor 1 ตัวที่ทำการเดิน แบบ Unload นั้นคือ มอเตอร์ยังเดินเต็มพิกัด แต่ความดันอากาศไม่ได้เพิ่มเข้าไปในระบบเนื่องวาลล์จะทำการปิดเมื่อถึงความดันที่กำหนด ซึ่งทำให้เกิดความสิ้นเปลืองของการใช้พลังงาน ดังนั้นจึงต้องการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์เข้าไปควบคุมตัว Air compressor ที่เดิน Unload ให้สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับโหลดและความดันอากาศได้อย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานคุ้มค่ามากที่สุด

Air compressor ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์คือตัวที่ 2 (ตัวขวาสุด)

รูปที่ 3.4 Air compressor ทั้งหมดในพื้นที่การผลิต KK2 ทั้งสิ้น 3 ตัว

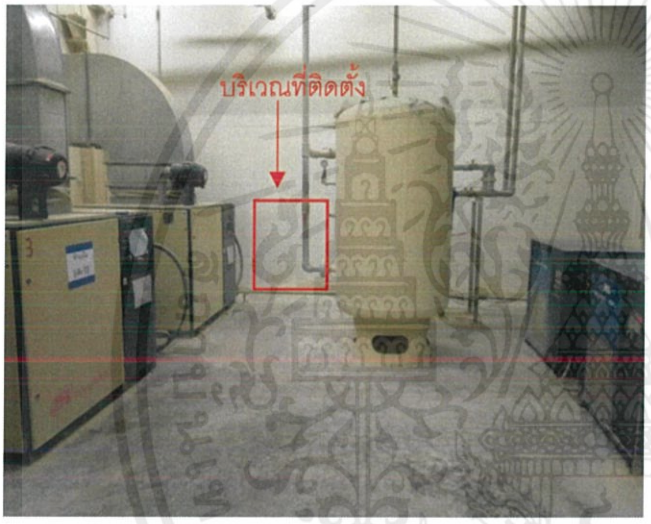
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุงตามแนวทางที่กำหนด

ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (VSD) ขนาด 55 kW จำนวน 1 ชุด ตามแนวทางการแก้ไขที่กำหนดเพื่อปรับอัตราการไหลของลมให้เหมาะสมกับภาระการทำลมของระบบเครื่องอัดอากาศโดยเริ่มเริ่มติดตั้งและทำการวัดค่าจากการใช้ระบบ VSD สามารถประหยัดพลังงานได้

3.5.1 สำรวจสถานที่ที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วมอเตอร์

จากรูปที่3.5จะทำติดตั้งกับ Air compressor ตัวที่2 (ตัวด้านในสุด) เนื่องจากสามารถปรับปรุงหรือแก้ไขได้สะดวกที่สุดและทำการติดตั้ง Pressure transmitter ที่ บริเวณ Buffer Tank ในรูปเพื่อวัดความดันลมภายในระบบให้เป็นไปตามที่ต้องการใช้งาน



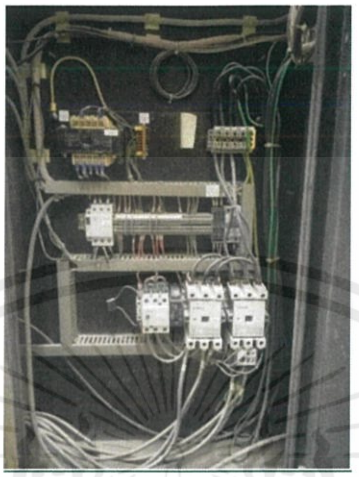
รูปที่ 3.5 บริเวณที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ (VSD)

รูปที่ 3.6 บริเวณที่ทำการติดตั้งPressure transmitter

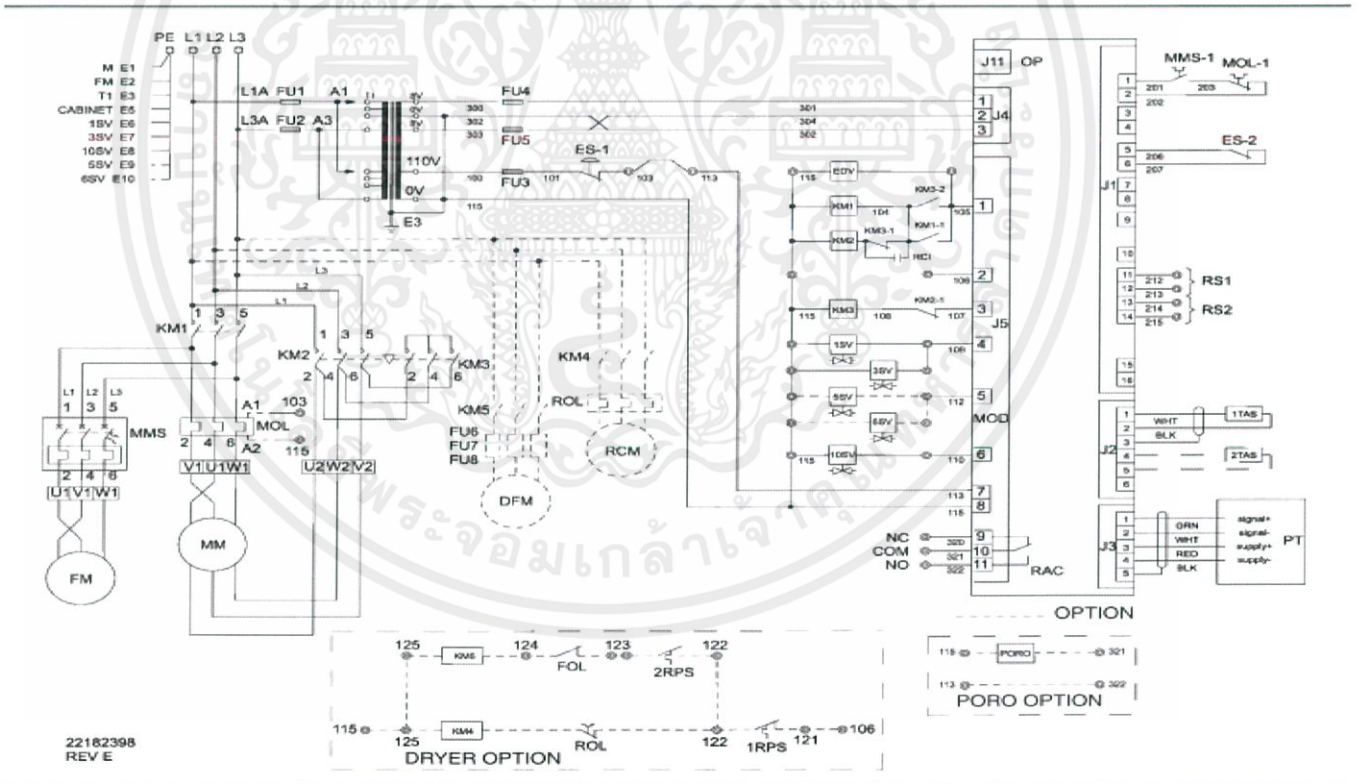
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ศึกษาการทำงานของ Air compressor

ทำศึกษาการทำงานระบบภายในต่างๆของ Air compressor เพื่อทำการออกแบบการควบคุมให้เหมาะสมกับภาระโหลดที่ใช้งาน



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์เบื้องต้นและการเข้าสายภายในเครื่อง Air compressor



รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมการทำงานของ Air compressor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 Air compressor ตัวที่ทำการติดตั้งทดสอบ

รายละเอียดเพิ่มเติมมอเตอร์

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลของมอเตอร์

หัวข้อ	**รายละเอียด**
Three Phase Induction Motor	
ระบบป้องกันการขับมอเตอร์	IP55
กำลัง	30 kW
Hz	50 Hz
ความเร็วรอบ	1475 RPM
Frame	LSES200L–T
ชนิดของฉนวน	F
Volt	380-415 V
Amp	57.4-52.6 A
EFF.	IE2-92.3%
P.F.	0.86
CONN	DELTA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Air compressor

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลของ Air compressor

หัวข้อ	**รายละเอียด**
ความดันสูงสุดที่ทำได้ bar (psig)	8,5(123)
การตั้งค่าการเก็บความดัน bar (Psig)	7,8(113)
อัตราการไหล m^3/min (cfm)	5,0(176,6)
อุณหภูมิของอากาศที่ถูกปล่อยออกมา(สูงที่สุด)	102 °C
อุณหภูมิในการปฏิบัติงานโดยรอบ (min.) ⟶ (max.)	+2°C ⟶ +40° C
ระบบทำความเย็น	
การไหลของอากาศเย็น	87.8m^3/min (3100 ft^3/min)
การไหลของอากาศเย็นผ่าน Air dryer	1200 ft^3/min (34 m^3/min)
ΔP สูงสุดของอากาศในท่อ	12.7 mmH_2O (0.5 inWg) (ไม่แนะนำให้เปิด Air dryer)
ΔT ขาออกของอากาศที่ผ่านการอัดแล้ว	8.3°C
ΔT ขาออกของอากาศเย็น	22°C
ΔT ขาออกของอากาศเย็นที่ผ่าน Air dryer	11°C

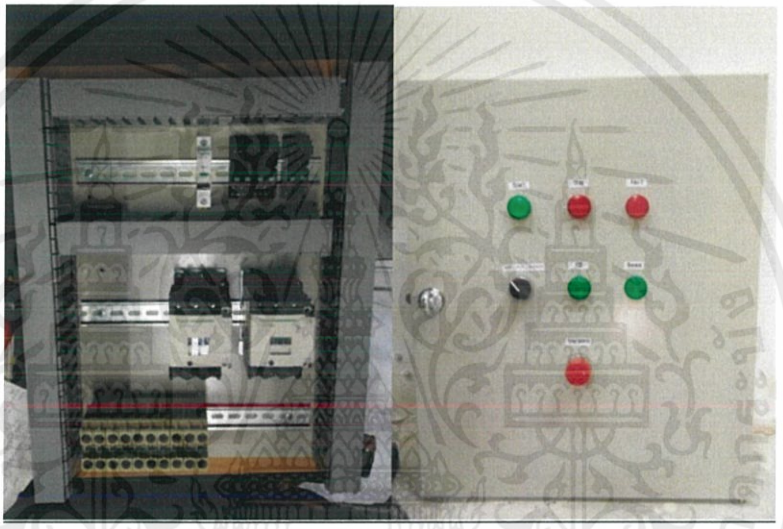
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ออกแบบตู้ควบคุมการทำงานอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์

หลังจากทำการศึกษาการทำงานของ Air compressor ได้เข้าใจแล้ว จึงมาออกแบบตู้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการทำงานในสภาะต่างๆของการทำงานภายในโรงงานโดยเริ่มจากขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.5.3.1 ออกแบบตู้ภายนอกและอุปกรณ์ภายในทั้งหมด

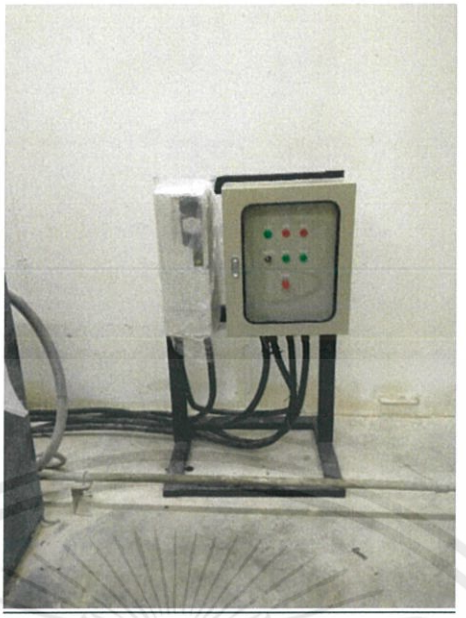
เลือกอุปกรณ์ที่จะมาใช้มาอยู่ในตารางหน้าถัดไป และหน้าตู้จะมีไฟโชว์สถานะการเลือกใช้ Bypass หรือ VSD ไฟสถานะ Run Stop Fault รวมไปถึงปุ่ม Emergency และทำ Supportในการติดตั้งตู้ควบคุมให้มั่นคงด้วย



รูปที่ 3.10 ออกแบบอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ควบคุมและหน้าตู้ควบคุม

รูปที่ 3.11 ทำ Support ในการยึดตู้ควบคุมและ VSDให้อยู่มั่นคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ประกอบตู้ควบคุม VSD และ Support เข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รวมอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในการติดตั้ง Inverter Aircom KK2</u>

ตารางที่3.4 รวมอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในการติดตั้ง Inverter

Description	Brand	quantity	Unit
VSD Control CDP 30 kW			
Control Panel Indoor WxHxD : 500x600x250 (mm.)	Local	1	EA
AC Drive for motor 30 kW (Heavy Duty Use) Series ACS580	ABB	1	EA
Magnetic Contactor Motor AC 220 Vac LC1D65M7	Schneider	2	EA
Auxiliary Contact LADN22	Schneider	1	EA
Auxiliary Contact LADN11	Schneider	1	EA
Relay Coil 220 VAC	Schneider	4	EA
Socket Relay	Schneider	4	EA
Miniature Circuit Breaker 1P 6A	Schneider	1	EA
Pilot Lamp LED Dia.22mm Coil 220AC Red	Schneider	2	EA
Pilot Lamp LED Dia.22mm Coil 220AC Green	Schneider	3	EA
Emergency Stop(1NO+1NC)	Schneider	1	EA
Selector Switch 2 NO 3pos.	Schneider	1	EA
Power Supply 24VDC		1	EA
Timer Relay 230VAC, 0.3-30sec	Schneider	1	EA
Installing VSD Control CDP 30 kW			
Main Power Cable NYY 4x25 Sq.mm	By owner	10	m
Multicore Cable 10x1.5 Sq.mm	By owner	5	m
VSF 1x1.5	By owner	1	EA
Steel Support	By owner		
Sensor			
Pressure Transmitter 0-10 Bar Output 4-20 mA Supply 24 VDC	Vega	1	EA
Shield Multiconductor Cable 3x1.5 Sq.mm	By owner	20	m
IMC Conduit 1/2"	By owner	10	m
Strap 2 SR	By owner	1	EA
IMC Coupling	By owner	2	EA
C-Channel	By owner	60	cm
IMC Conduit clip for C-Channel 1/2"	By owner	4	EA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการเลือกอุปกรณ์ใช้งาน

1. Magnetic Contactor Motor AC 220 Vac LC1D65M7

จากเนมเพลตของมอเตอร์ที่เราใช้งานอยู่ที่ 30 kW และทางโรงงานนิยมใช้ของ Scheider Electric แล้วมาเลือกข้อมูลจากรูปตาราง 3.10 จะพบว่าควรเลือกใช้ LC1D65AM7

ตารางที่ 3.5 ตารางเปรียบเทียบการเลือกใช้ Contactor

พิกัดมอเตอร์ AC3			Mitsubishi Electric					Schneider Electric				
กระแส AC3	กิโลวัตต์	แรงม้า	คอนแทคเตอร์	คอนแทคช่วย	ราคาพิเศษ	โอเวอร์โหลด	ราคาพิเศษ	คอนแทคเตอร์	คอนแทคช่วย	ราคาพิเศษ	โอเวอร์โหลด	ราคาพิเศษ
9 A	4kW	5.5HP	S-T10	1NO	330	TH-T18KP	560	LC1D09M7	1NO+1NC	440	LRD14	615
12 A	5.5kW	7.5HP	S-T12	1NO+1NC	454	TH-T18KP	560	LC1D12M7	1NO+1NC	575	LRD16	765
18 A	7.5 kW	10 HP	-	-	-	-	-	LC1D18M7	1NO+1NC	895	LRD21	870
25 A	11 kW	15 HP	S-T20	1NO+1NC	660	TH-T18KP	560	LC1D25M7	1NO+1NC	1,305	LRD22	870
32 A	15 kW	20 HP	S-T25	2NO+2NC	954	TH-T25KP	583	LC1D32M7	1NO+1NC	1,635	LRD32	1,020
40 A	18.5 kW	25 HP	S-T35	2NO+2NC	1,296	TH-T50KP	648	LC1D40AM7	1NO+1NC	2,295	LRD340	1,530
50 A	22 kW	30 HP	S-T50	2NO+2NC	1,590	TH-T50KP	648	LC1D50AM7	1NO+1NC	2,550	LRD350	1,530
65 A	30 kW	0 HP	S-T65	2NO+2NC	1,944	TH-T65KP	825	LC1D65AM7	1NO+1NC	3,445	LRD365	1,865
80 A	37 kW	50 HP	-	-	-	-	-	LC1D80M7	1NO+1NC	3,725	LRD3363	2,145
95 A	45 kW	60 HP	S-T80	2NO+2NC	2,768	TH-T100KP	919	LC1D95M7	1NO+1NC	4,135	LRD3365	2,500
Auxiliary Contact			UT-AX11	1NO+1NC	401	-	-	LADN10	1NO	275	-	-
			UN-AX11(S-T65)	1NO+1NC	401	-	-	LADN01	1NC	275	-	-
			UN-AX11(S-T80)	1NO+1NC	401	-	-	LADN11	1NO+1NC	315	-	-

หมายเหตุ: *สินค้าพร้อมส่ง, ต่างจังหวัดโทรเช็ควันรับสินค้า และค่าจัดส่งได้ที่ บริษัทฯ*
สั่งสินค้าจาก Factomart ทุกตัวเป็นของแท้ รับประกันจาก Schneider Electric ประเทศไทย

Factomart.com Thailand

2. Miniature Circuit Breaker 1P 6A

จากวงจรคอนโทรลจะใช้กระแสในการทำงานเพียง 1-2 A ซึ่งทางโรงงานในขณะนั้นมีเบรกเกอร์ตัวเล็กสุดอยู่ที่ 6 AT ซึ่งสามารถรองรับกระแสที่เกิดขึ้นได้จึงนำมาใช้ในการติดตั้ง

3. Power Supply 24VDC และ Pressure Transmitter 0-10 Bar Output 4-20 mA Supply 24 VDC

เนื่องจากความดันอากาศที่ทางโรงงานใช้อยู่ประมาณที่ 4-7 Bar จึงเลือกใช้ Pressure Transmitter 0-10 Bar เพราะสามารถวัดได้อยู่ในช่วงที่กำหนด แต่เนื่องจากตัว Pressure Transmitter ใช้ไฟในการควบคุมอยู่ที่ 24 VDC แต่ทางโรงงานใช้อยู่ที่ 230 V ดังนั้นจึงต้องเลือกตัวแปลงแรงดันให้เหมาะสมจึงเลือกใช้ Power Supply 24VDC มาช่วยในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Main Power Cable NYY 4x25 Sq.mm

จากเนมเพลตของมอเตอร์ที่เราใช้งานอยู่ที่ 30 kW และจากตาราง 3.11 พบว่าควรเลือกสายขนาดอย่างน้อย 3✕16,G-10 แต่ทางโรงงงานมีสายไฟขนาด 4✕25 อยู่แล้วซึ่งสามารถรองรับกระแสได้มากกว่าสายเบื้องต้นจึงนำมาใช้ทดแทนกันได้

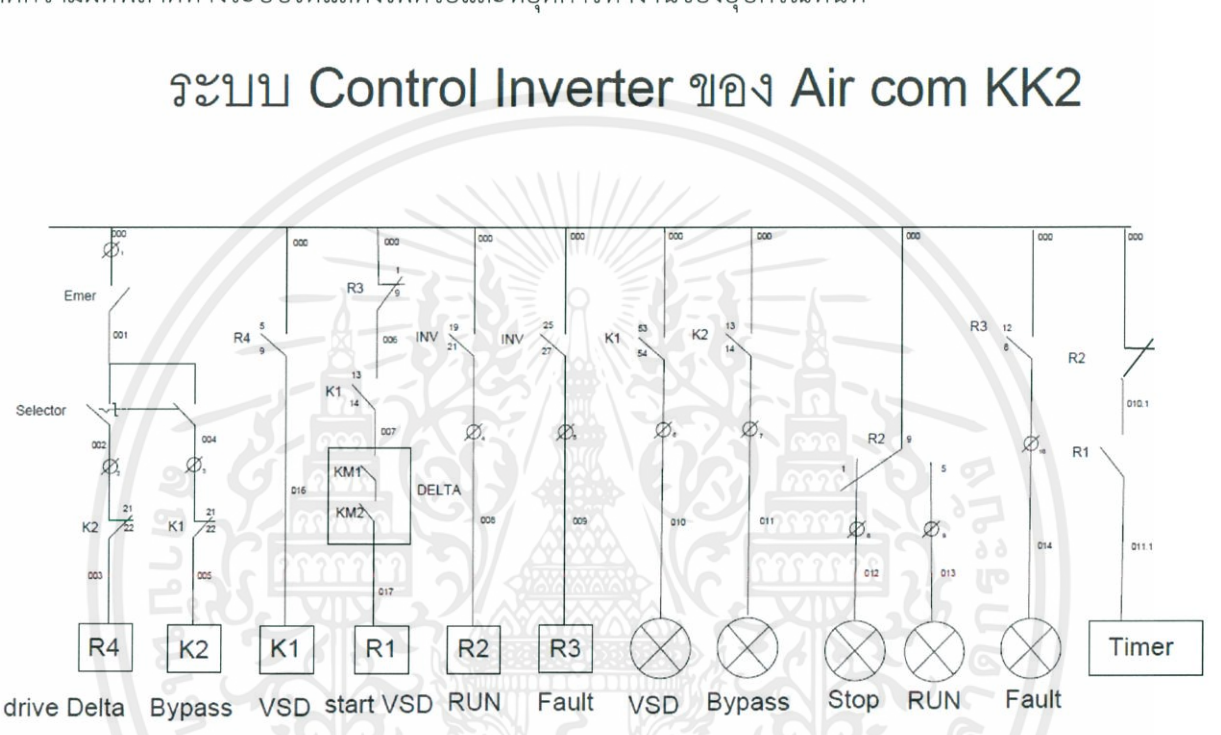
ตารางที่ 3.6 ตารางเปรียบเทียบการเลือกใช้สายไฟ

พิกัดมอเตอร์		กระแสพิกัด	กำลังไฟฟ้า	ขนาดของสายไฟฟ้า					อุปกรณ์ป้องกัน	
				ในอากาศ	ในท่อโลหะ		ในท่อฝังใต้ดิน			
KW	Hp	I n(A)	(KVA)	ขนาดสาย T-4	ขนาดสาย T-4	ขนาดท่อ IMC	ขนาดสาย T-6	ขนาดท่อ IMC	ฟิวส์ (A.)	CB (AT)
0.37	0.5	0.98	0.68	3x2.5. G -1.5	3x2.5. G -1.5	3/4"	3x2.5. G-1.5	1 1/4"	4	15
0.55	0.75	1.5	1.04	3x2.5. G-1.5	3x2.5. G -1.5	3/4"	3x2.5. G-1.5	1 1/4"	4	15
075	1	1.3	1.32	3x2.5. G -1.5	3x2.5. G -1.5	3/4"	3x2.5. G-1.5	1 1/4"	4	15
1.1	1.5	2.5	1.73	3x2.5. G -1.5	3x2.5. G -1.5	3/4"	3x2.5. G-1.5	1 1/4"	6	15
1.5	2	3.4	2.36	3x2.5. G -1.5	3x2.5. G -1.5	3/4"	3x2.5. G-1.5	1 1/4"	10	15
2.2	3	4.8	3.33	3x2.5. G -1.5	3x2.5. G -1.5	3/4"	3x2.5. G-1.5	1 1/4"	16	15
3.7	5	7.7	5.33	3x2.5. G -2.5	3x2.5. G -2.5	3/4"	3x2.5. G -2.5	1 1/4"	20	20
5.5	7.5	11	7.62	3x2.5. G -2.5	3x2.5. G -2.5	3/4"	3x2.5. G -2.5	1 1/4"	25	20
7.5	10	14.8	10.3	3x2.5. G -2.5	3x4. G -4	3/4"	3x2.5. G -2.5	1 1/4"	35	30
11	15	21	14.6	3x4. G -4	3x6. G -6	3/4"	3x4. G -4	1 1/4"	35	50
15	20	28.5	19.8	3x6. G -6	3x10. G -6	1"	3x6. G -6	1 1/4"	50	60
18.5	25	35	24.3	3x10. G -10	3x16. G -10	1 1/4"	3x10. G -10	1 1/2"	53	80
22	30	42	29.1	3x16. G -10	3x16. G -10	1 1/4"	3x16. G -10	1 1/2"	80	80
30	40	57	39.5	3x16. G -10	3x25. G -10	1 1/2"	3x16. G -10	1 1/2"	100	90
37	50	69	47.8	3x25. G -16	3x35. G -16	2" G -16	3x25.	2"	100	110
45	60	81	56.1	3x25. G -16	3x50. G -16	2" G -16	3x35.	2"	125	125
55	75	100	69.3	3x35 G -16	3x70. G -16	2 1/2"	3x50. G -16	2"	160	150
75	100	131	90.8	3x70. G -25	3x95. G -25	3"	3x70. G -25	2 1/2"	200	225
90	125	162	112	3x95. G -25	3x120. G -25	3"	3x95. G -25	3"	200	250
110	150	195	135	3x120. G -25	3x185. G -25	3"	3x120. G -25	3"	250	300

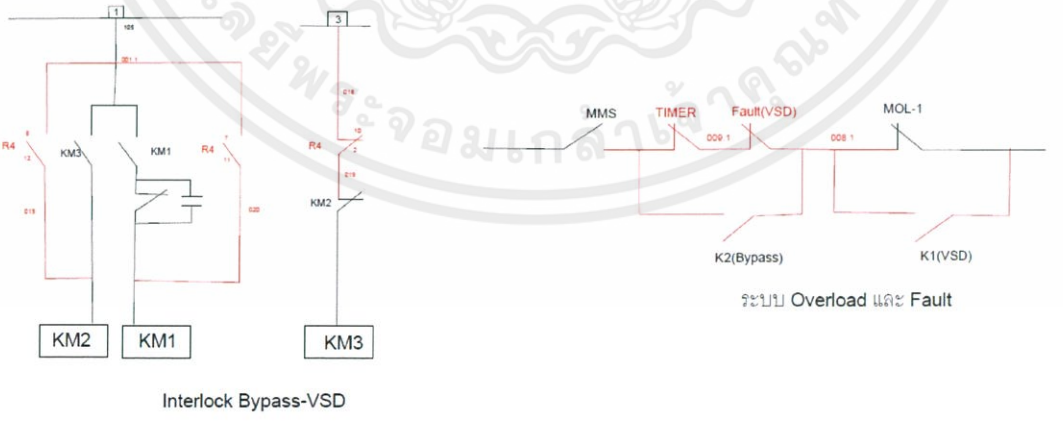
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.2 ออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

ทางผู้ใช้งานต้องการให้ออกแบบการทำงานโดยสามารถเลือกเดิน Bypass (ทำงานปกติโดยไม่ผ่านอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์) และ VSD (ทำงานโดยผ่านอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์) และมีการโชว์ไฟแสดงสถานะการทำงานในขณะนั้นด้วยว่าเดินการทำงานแบบใดอยู่หรือหากมีการเกิดความผิดพลาดทางระบบให้แสดงไฟด้วยและหยุดการทำงานของอุปกรณ์ทันที



รูปที่ 3.13 วงจรควบคุมการทำงานของตู้ควบคุม

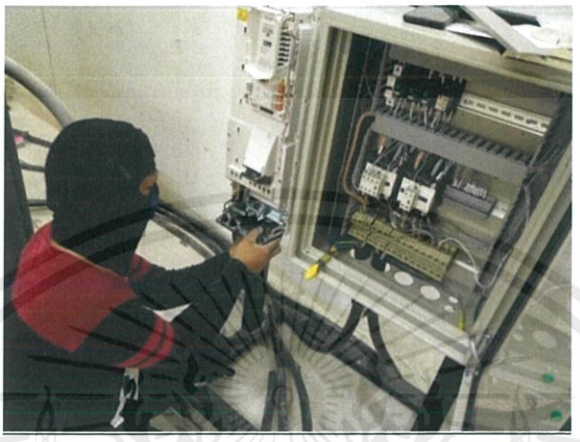


รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมการเลือกใช้BypassหรือVSD และ ระบบOverload,Faul

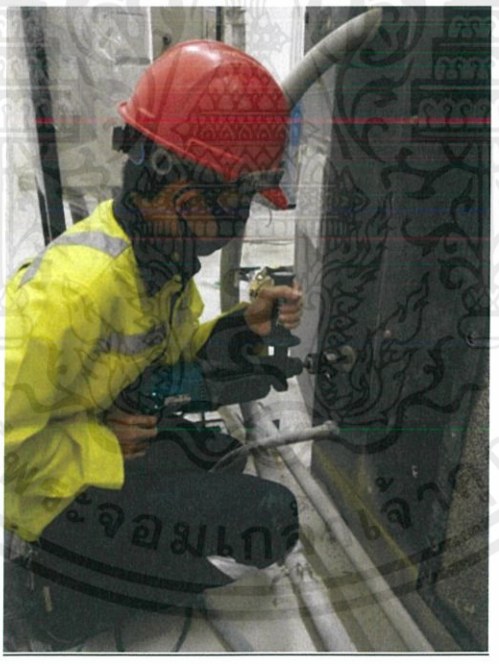
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.3 ทำการเข้าสายภายในตู้ควบคุมและตู้ Air compressor

เมื่อทำการออกแบบวงจรแล้วมีการตรวจสอบเรียบร้อยแล้วจึงทำการเข้าสายทั้งหมด เพื่อให้อุปกรณ์มีความพร้อมในการใช้งานได้ ทั้งตู้ควบคุม อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ และตู้ Air compressor



รูปที่ 3.15 เข้าสาย ตู้ควบคุมการทำงานกับ VSD



รูปที่ 3.16 ทำการเจาะตู้ Air compressor เพื่อ wiring สายควบคุมการทำงานเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 เข้าสาย ตู้ควบคุมการทำงานกับ ตู้ Air compressor

3.5.3.4 test leak pressure transmitter ก่อนนำไปติดตั้ง

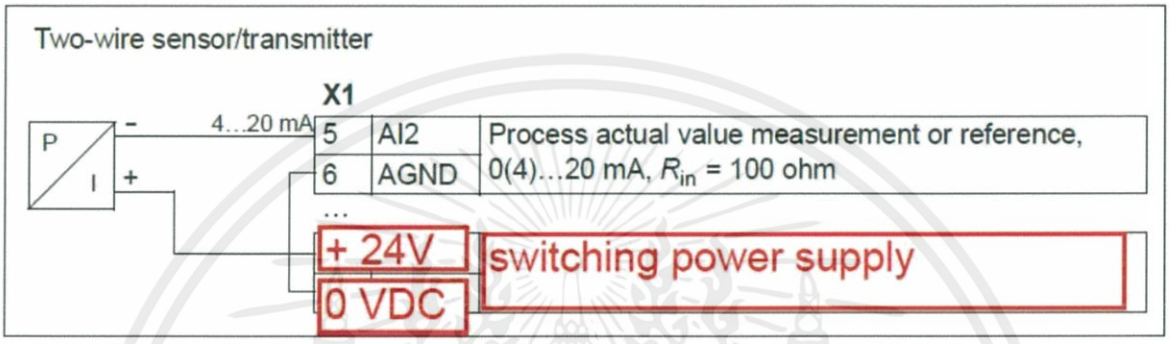
โดยทำการ test leak ตรวจสอบการรั่วของลม โดยการอัดลมตรวจสอบอยู่ที่ 10 Bar เข้าไปที่ Pressure transmitter จากนั้นสังเกตการลดลงของความดันลง หากมีการรั่วความดันลมจะมีค่าที่ลดลงเรื่อยๆ หรือทำการตรวจสอบได้จากการนำน้ำสบู่มาราดบริเวณข้อต่อต่างๆ หากมีการรั่วจะเห็นการเกิดฟองตามข้อต่อต่างๆที่เกิดการรั่วไหล

รูปที่ 3.18 ตรวจสอบการรั่วไหลลมของ Pressure transmitter ก่อนนำไปติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.5 เดินท่อและนำ Pressure transmitter ไปติดตั้ง

ก่อนการติดตั้ง Pressure transmitter จำเป็นต้องมีการเดินท่อใส่สายไฟไว้ก่อนและทำSupport ช่วยในการยึดให้ท่อและตัว Pressure transmitter มีความมั่นคง โดยการเข้าสาย Pressure transmitter จำเป็นต้องมีการแปลงแรงดันเนื่องจากใช้งานอยู่ที่ 24 V แต่ของทางโรงงานอยู่ที่230 จึงต้องผ่าน Powe Supply 24 V ดังรูป 3.18

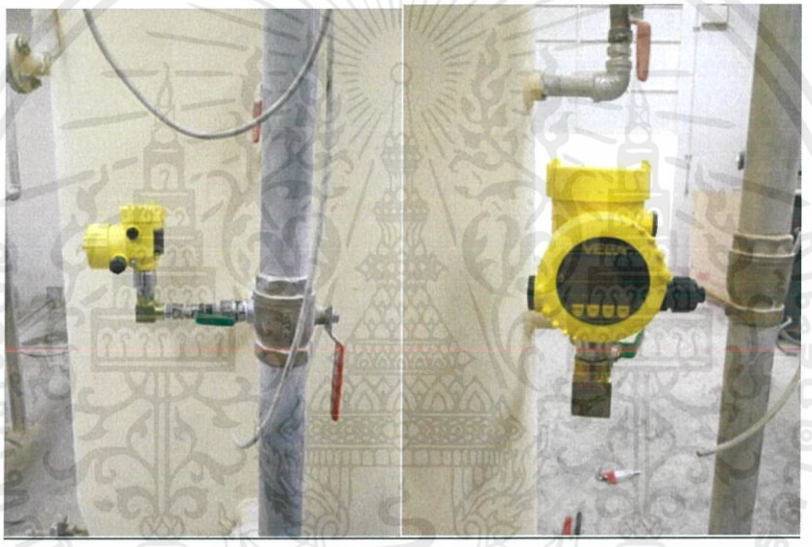


รูปที่ 3.19 การเข้าสาย Pressure transmitter กับ Power Supply

รูปที่ 3.20 ทำSupport ในการยึดท่อ และ Pressure transmitter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 ทำSupport ในการยึดท่อ และ Pressure transmitter

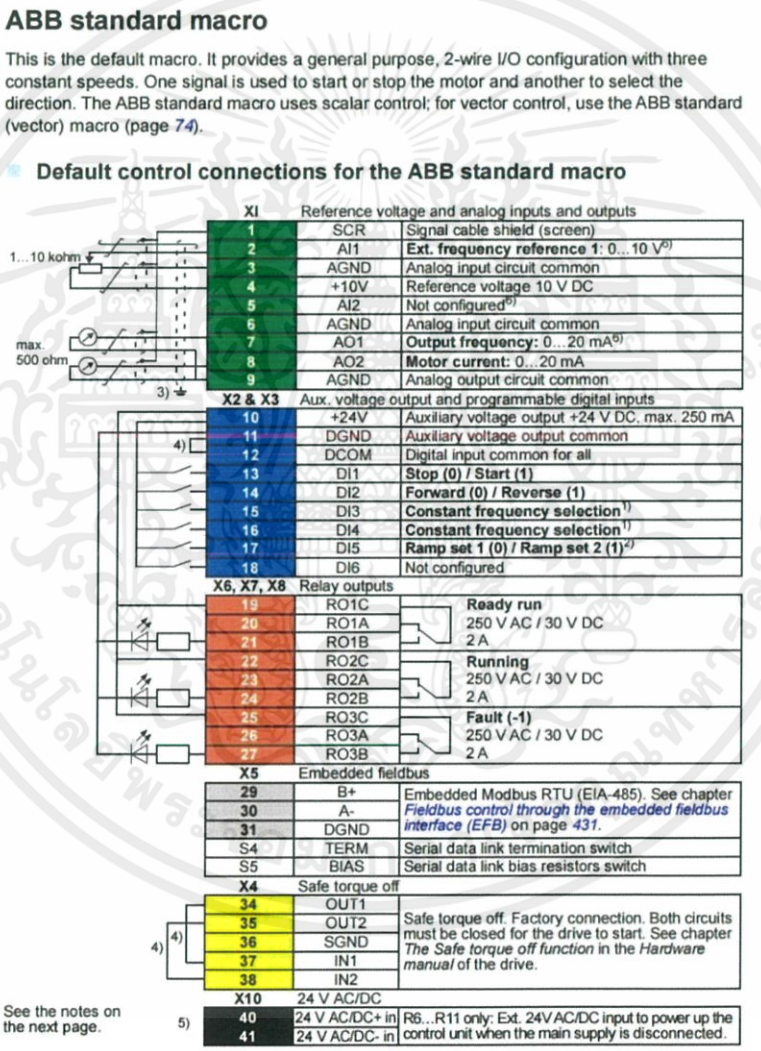


รูปที่ 3.22 Pressure transmitter ที่ทำการติดตั้งเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

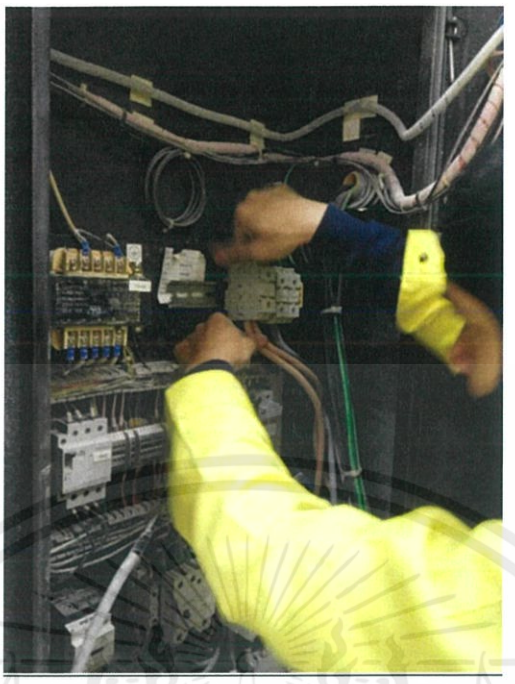
3.5.3.6 เข้าสายทั้งหมดและตั้งค่าการทำงานของ Inverter

ทำการเข้าสายภายในตู้ Air compressor ตามแบบวงจรที่ออกแบบไว้และทำการตั้งค่าการทำงานของ Inverter ให้มีการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระโหลด โดยทำงานเต็มพิกัดหากความดันอากาศยังไม่ถึง 6 Bar เมื่อความดันอากาศถึง 6 Barแล้ว ให้ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ลดลงให้เหมาะสมกับการทำงาน โดยการเข้าสาย Inverterเป็นไปตามรูปที่3.22 และการตั้งค่าเป็นไปตามรูปที่ 3.25

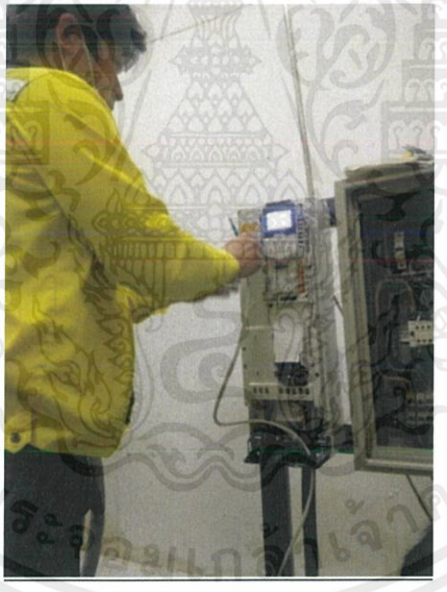


รูปที่ 3.23 การเข้าสาย Inverter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

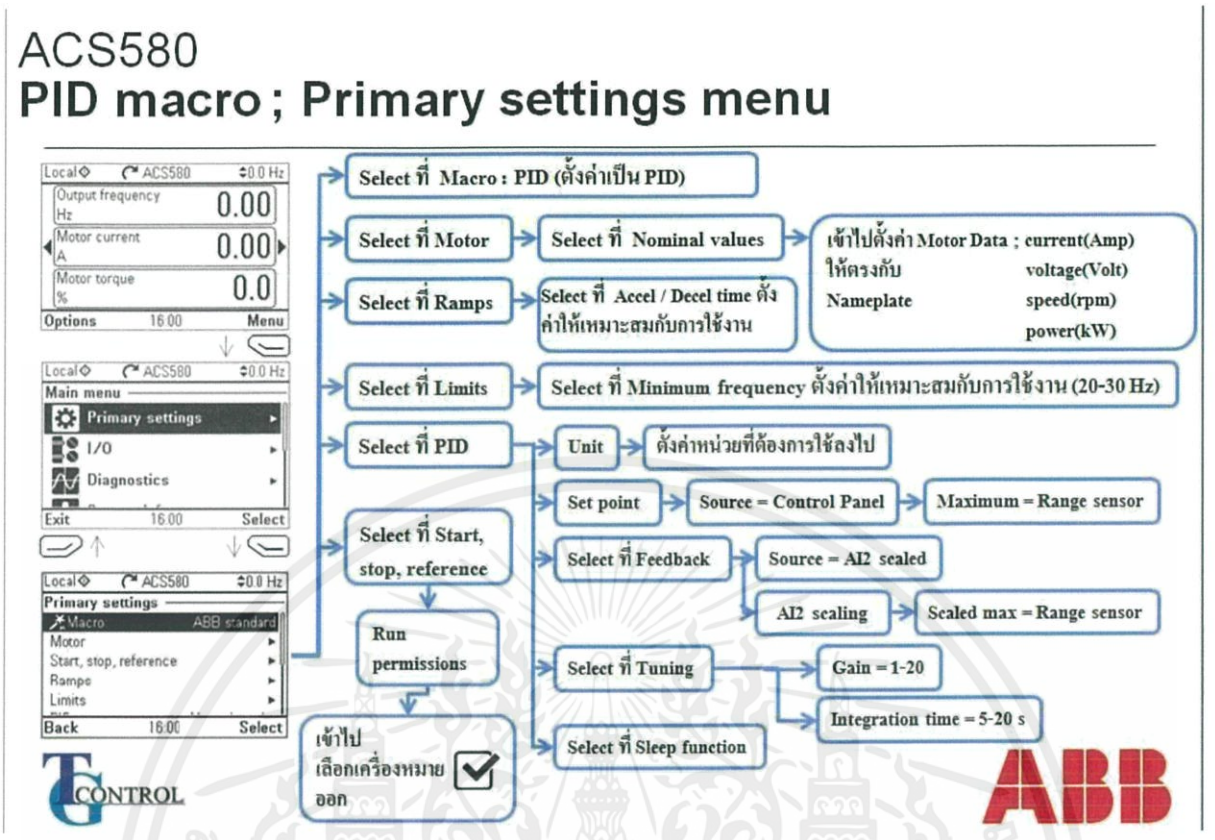


รูปที่ 3.24 เข้าสายตู้ Air compressor ให้ทำงานตามวงจรที่ออกแบบไว้



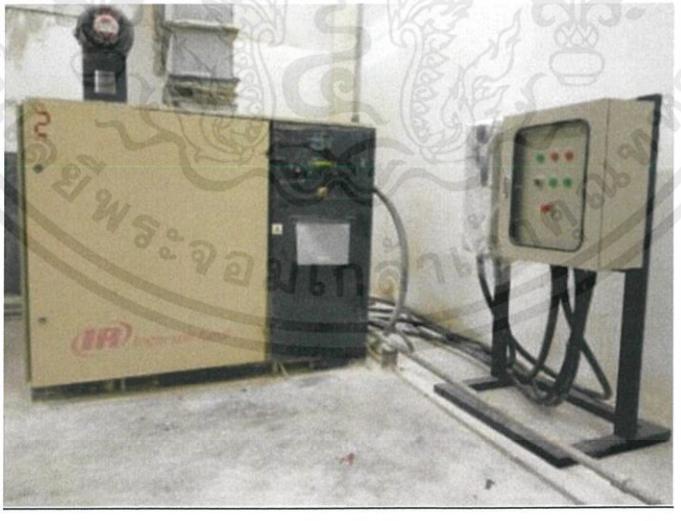
รูปที่ 3.25 ตั้งค่าการทำงานของ Inverter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 วิธีการตั้งค่าการทำงานของ Inverter

3.5.3.6 เปิดการทำงานอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของมอเตอร์



รูปที่ 3.27 ตู้ควบคุมและInverter พร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ค่าใช้จ่ายโครงการ

ตารางที่ 4.1 รวมค่าจ่ายทั้งหมดในโครงการ

รวมรายการสั่งซื้ออุปกรณ์ในการติดตั้ง Inverter
Aircom KK2

ลำดับ	รหัส	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ราคา/หน่วย	ราคารวม
1	CO-E-15-023	แมกเนติก LC1-D65.M7	EA	2	3307	6614
2	CO-E-26-016	XB4-BD33(2NO) สวิทช์ซีเลคเตอร์	EA	1	369.6	369.6
3	CO-E-26-018	XB4-BP31(1NO) สวิทช์ปุ่มกดหุ้มยาง	EA	2	277.35	554.7
4	CO-E-26-019	XB4-BP42(1NC) สวิทช์ปุ่มกดหุ้มยาง	EA	2	296.7	593.4
5	CO-E-26-017	XB4-BS442(1NC) สวิทช์ดอกเห็ด 30 mm.	EA	1	483	483
6	CO-E-12-007	เบรกเกอร์ 6 Amp 10 KA 1 POLE	EA	1	155	155
7	CO-E-06-004	สายไฟ VSF 1*1.5 ดำ	EA	1	640	640
8	CO-E-15-015	คอนแทคเตอร์ LC1-D09 M7	EA	1	404.8	404.8
9	CO-E-01-006	เทปพันเกลียว	EA	2	10	20
10	CO-E-11-019	ไพล็อตแลมป์สีเขียว XB4-EVO3MP "Schneider"	EA	2	88	176
11	CO-E-20-008	เทอร์มินอล AB1-VVN 7035U	EA	2	275	550
12	CO-E-16-010	TIMER RELAY 230VAC, 0.3-30se	EA	1	1,315.2	1,315.2
13	CO-E-07-519	ตู้กันฝุ่น -กันน้ำ 2 ชั้น ไม่มีหลังคา (500*600*250)	EA	1	3400	3400
14	CO-E-30-001	Inverter ABB ACS580-01-206A-4	EA	1	155,375	155,375
15	CO-E-30-002	Pressure Transmitter 0-10 Bar	EA	1	8,757	8,757
		รวมทั้งสิ้น				177,407.7

หมายเหตุ : เนื่องจากมีอุปกรณ์บางชนิดที่ทางโรงงานมีอุปกรณ์อยู่แล้วจึงไม่ได้สั่งซื้อ อาทิเช่น สายไฟ NYY 4x25 Sq.mm, Circuit Breaker 1P 6A, เหล็กทำSupport เป็นต้น ซึ่งถ้านำมาคิดราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งทั้งหมด จะรวมอยู่ที่ประมาณ 200,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทำงานหลังการติดตั้ง

4.2.1 สามารถแก้ไขปัญหาลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในช่วง Unload ได้ รายละเอียดดังนี้

1. <u>เดิน VSD แบบ Unload</u>

หลังจากเปิดใช้งานอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กับ Air compressor ที่เดิน Unload พบว่าอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์สามารถควบคุมความเร็วรอบของมอเอตร์ในขณะ Unload ให้มีความเหมาะสมกับความดันอากาศที่เกิดขึ้นอยู่ ซึ่งอยู่ที่ 25Hz เท่ากับ 750 RPM(ดังหัวข้อรูปที่ 1) ซึ่งช่วยในการลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองอย่างเห็นได้ชัด จากเดิมที่ต้องเดินอยู่ที่ 1500 RPMตลอดเวลาอีกทั้งกระแสที่ทำงานอยู่ที่21.2A ซึ่งลดจากปกติที่เคยอยู่ที่ 55.4 A ทำให้ลดกระแสในการใช้งานลดลงด้วย

รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงผลตู้ควบคุมและAir compressor ขณะเดินVSD แบบ Unload

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงผลความเร็วรอบของมอเตอร์และกระแสที่เกิดขึ้น ขณะเดินVSD แบบ Unload

2. <u>เดิน VSD แบบ Onload</u>

หลังจากเปิดใช้งานอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กับ Air compressor ที่เดิน Onload พบว่า มอเตอร์สามารถเดินได้เต็มพิกัดเดิมที่ควรจะเป็น 50 Hz ประมาณ 1477 RPM ซึ่งสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพไม่มีปัญหา(ดังหัวข้อรูปที่ 2)

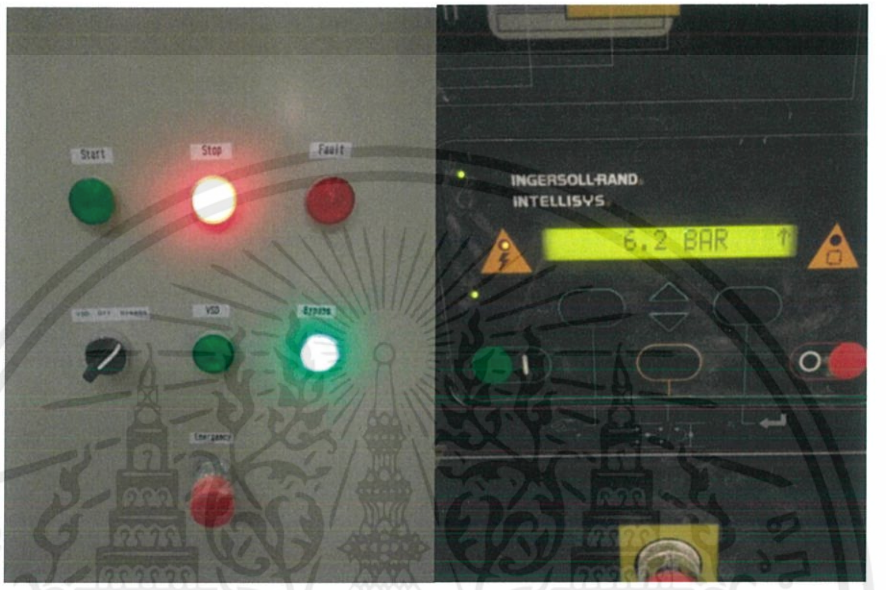
รูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงผลตู้ควบคุมและAir compressor ขณะเดินVSD แบบ Onload

รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลความเร็วรอบของมอเตอร์และกระแสที่เกิดขึ้น ขณะเดินVSD แบบ Onload

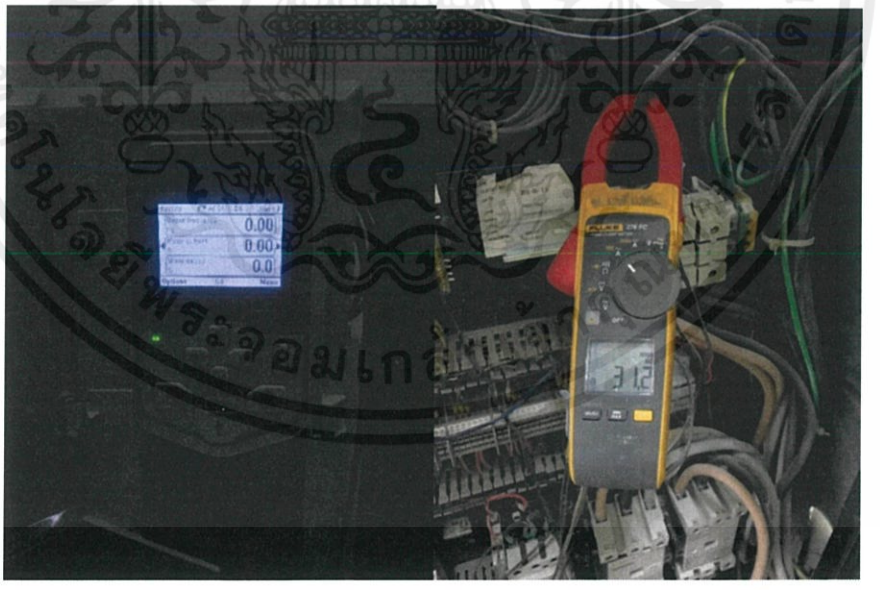
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. <u>เดิน Bypass แบบ Unload</u>

หากต้องการเดิน Air compressor แบบปกติ (Bypass) แบบ Unload ก็สามารถทำได้เช่นกันโดยที่มอเตอร์ยังสามารถทำงานได้เหมือนเดิมก่อนการติดตั้งไม่มีปัญหาทั้งความเร็วรอบและกระแสที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.5 หน้าจอแสดงผลตู้ควบคุมและAir compressor ขณะเดินBypass แบบ Unload

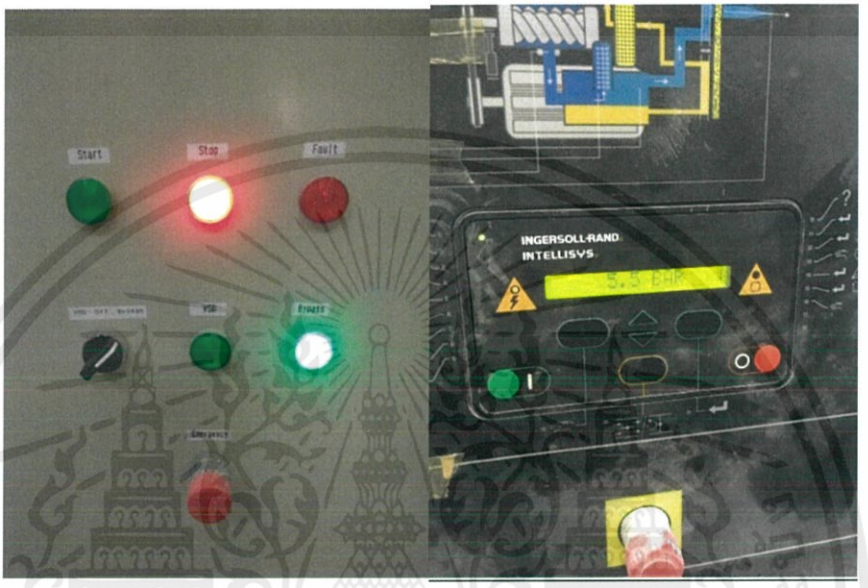


รูปที่ 4.6 หน้าจอแสดงผลความเร็วรอบของมอเตอร์และกระแสที่เกิดขึ้น ขณะเดินBypass แบบ Unload

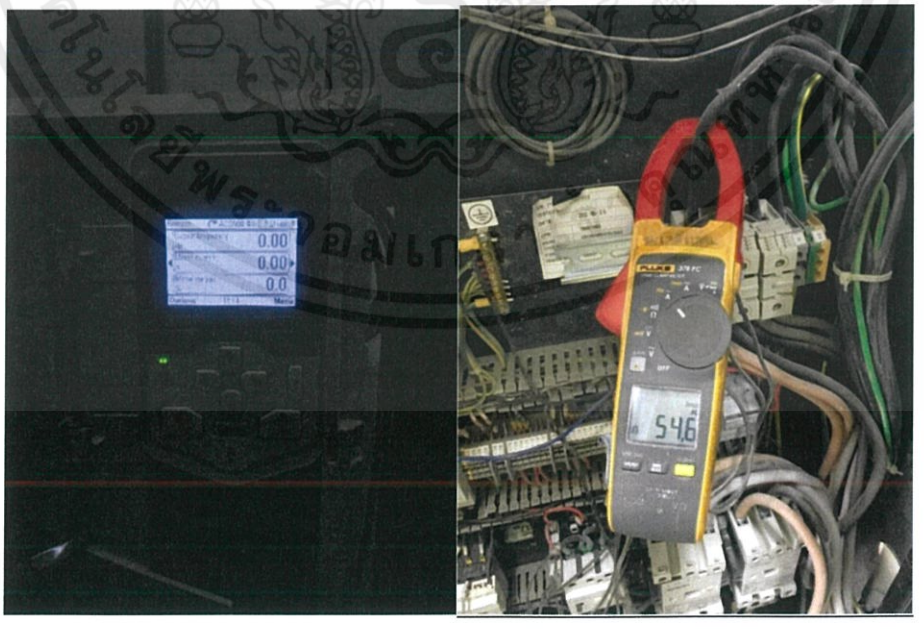
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. <u>เดิน Bypass แบบ Onload</u>

หากต้องการเดิน Air compressor แบบปกติ (Bypass) แบบ Onload ก็สามารถทำได้เช่นกันโดยที่มอเตอร์ยังสามารถทำงานได้เหมือนเดิมก่อนการติดตั้งไม่มีปัญหาทั้งความเร็วรอบและกระแสที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.7 หน้าจอแสดงผลตู้ควบคุมและAir compressor ขณะเดินBypass แบบ Onload



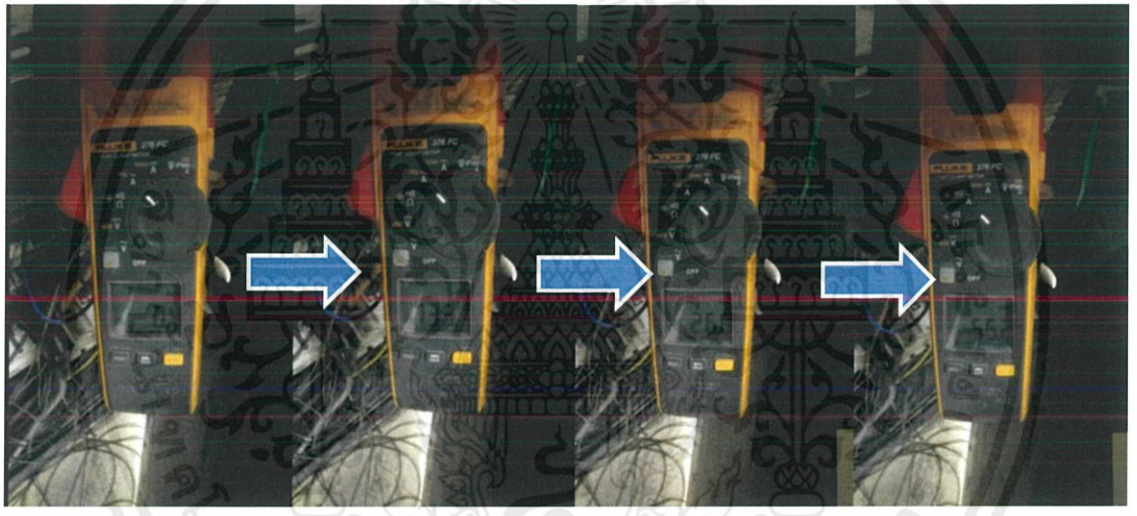
รูปที่ 4.8 หน้าจอแสดงผลตู้ควบคุมและAir compressor ขณะเดินBypass แบบ Onload

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 สามารถแก้ไขปัญหากระแสขณะเริ่มต้น สูงของมอเตอร์ได้

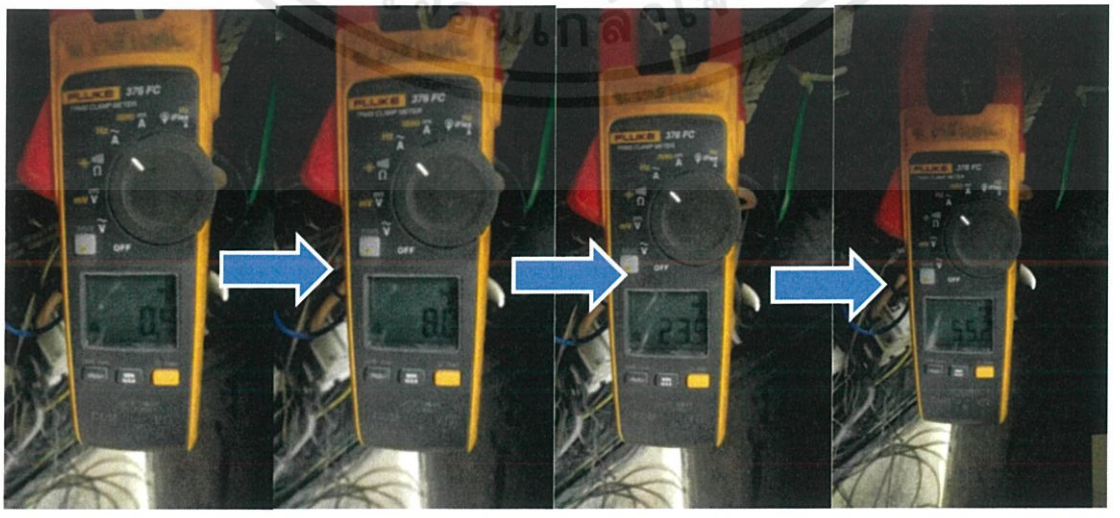
หลังจากเปิดใช้งานอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กับ Air compressor ที่เดิน Onload พบว่าสามารถแก้ปัญหากระแสขณะเริ่มต้นที่สูงได้ เห็นได้จากรูปที่ 4.9 เป็นการสตาร์ทแบบ Bypass จะเห็นได้ว่าในขณะเริ่มเดินมอเตอร์จะมีการกระชากของกระแสสูงขึ้นถึง 135.1 A แล้วจึงค่อยลดลงมาอยู่ที่กระแสปกติที่มอเตอร์ใช้งานที่ 55.2 A แต่จะเห็นได้ว่าหากเดินแบบ VSD จะช่วยลดกระแสเริ่มต้นได้อย่างชัดเจนในรูปที่ 4.10 ซึ่งกระแสที่เกิดขึ้นจะไม่มีการกระชากอย่างเห็นได้ชัดจะค่อยๆขึ้นเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนถึงกระแสที่มอเตอร์ใช้งานนั้นเอง ซึ่งถือเป็นแก้ไขปัญหากระแสเริ่มต้นได้อย่างไม่มีปัญหา

Start แบบ Bybass



รูปที่ 4.9 กระแสที่เกิดขึ้นขณะเริ่มStart แบบ Bypass

Start แบบ VSD



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 กระแสที่เกิดขึ้นขณะเริ่มStart แบบ VSD

4.2.3 สามารถแก้ไขปัญหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง

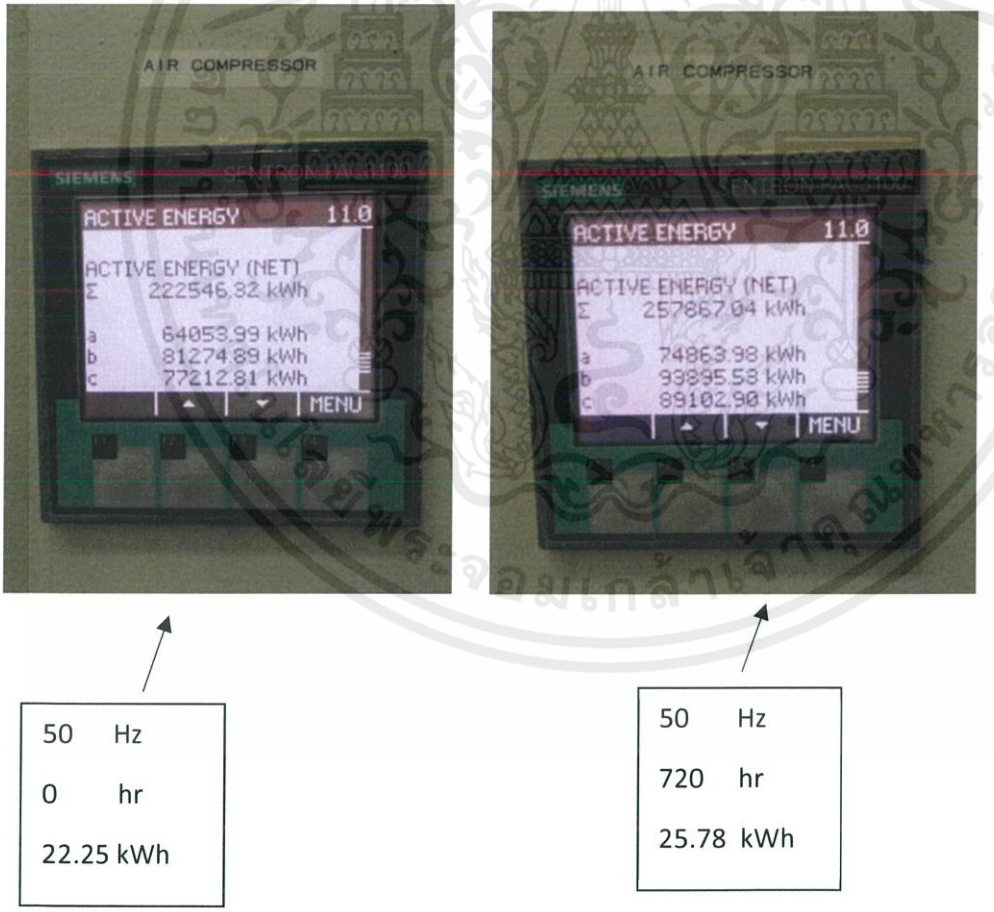
ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (VSD) ตามแนวทางการแก้ไขที่กำหนด เพื่อปรับอัตาการไหลของลมให้เหมาะสมกับภาระการทำลมของระบบเครื่องอัดอากาศโดยเริ่มติดตั้งและทำการวัดค่าจากการใช้ระบบ VSD สามารถประหยัดพลังงานได้

- เริ่มการบันทึก วันแรกในการใช้ VSDพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 222,546 kWh
- บันทึกจนครบ 30 วัน พบว่าพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 257,867 kWh

ดังนั้น สามารถลดการใช้พลังงานได้ (257867-222546) kWh / 720 hr

= 35321 kWh / 720 hr

= 49.05 kWh



รูปที่ 4.11 หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการติดตั้งอุปกรณ์ เริ่มจดบันทึกและสิ้นสุดการจดบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งตารางบันทึกค่าการใช้พลังงานก่อนการติดตั้งอยู่ในหน้าถัดไป

ตารางที่ 4.1 บันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการติดตั้ง อินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่	ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของ Air Compressor ในเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2561						หมายเหตุ
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่2			
	KK2			KK2			
	เวลา	Power Meter (kWh)	จำนวน Air Com. ที่ทำงาน (ตัว)	เวลา	Power Meter (kWh)	จำนวน Air Com. ที่ทำงาน (ตัว)	
4	07.59น.	222,546.00	2	21.06น.	222,968.00	2	
5	08.02น.	223,723.00	3	20.45น.	224,211.00	3	
6	07.55น.	224,95200	2	19.24น.	225,359.00	2	
7	07.59น.	226,089.00	2	20.23น.	226,889.00	3	
8	07.53น.	227,258.00	2	20.55น.	227,701.00	2	
9	08.00น.	228,431.00	2	01.13น.	228,910.00	2	
10	08.10น.	229,680.00	2	20.31น.	230,006.00	2	
11	08.05น.	230,770.00	3	21.01น.	231,265.00	3	
12	08.00น.	231,996.00	2	19.13น.	232,498.00	2	
13	08.20น.	233,136.00	2	20.41น.	233,995.00	2	
14	08.03น.	234,386.00	2	19.56น.	235,078.00	2	
15	08.02น.	235,897.00	2	20.26น.	236,099.00	2	
16	07.59น.	236,670.00	2	20.50น.	237,189.00	2	

17	07.00น.	237,852.00	2	19.30น.	238,026.00	2	
18	07.32น.	239,000.00	2	19.24น.	239,596.00	2	
19	08.52น.	240,020.00	2	20.54น.	240,986.00	2	
20	08.00น.	241,378.00	3	21.55น.	241,863.00	3	
21	08.01น.	242,685.00	2	20.57น.	243,071.00	2	
22	08.58น.	243,852.00	2	20.01น.	244,222.00	2	
23	07.58น.	244,996.00	2	20.52น.	245,696.00	2	
24	08.01น.	246,089.00	2	20.00น.	246,800.00	2	
25	07.50น.	247,263.00	2	21.58น.	247,799.00	2	
26	07.55น.	248,440.00	3	21.36น.	249,063.00	3	
27	08.07น.	249,617.00	2	20.45น.	250,216.00	2	
28	07.00น.	250,896.00	2	20.05น.	251,445.00	2	
29	08.15น.	251,789.00	2	20.26น.	252,078.00	2	
30	07.56น.	253,149.00	3	20.30น.	253,996.00	2	
31	08.00น.	254,265.00	3	19.30น.	254,894.00	3	
1	08.01น.	255,552.00	2	19.24น.	255,969.00	2	
2	08.00น.	256,680.00	2	20.54น.	257,336.00	3	
3	09.28น.	257,867.00	3	19.50น.	258,210.00	2	

4.3 รีพอร์ตการประหยัดพลังงานหลังการติดตั้ง

System Information
Appication : Air Compressor
Control by : PID Control

Motor Data
Motor kW : 30 kW

Power Consumption
Base line (50Hz) : 55.28 kWh
VSD (PID Control) : 49.05 kWh

Investment Cost
VSD&Installation Cost : 200,000 Baht
Drive model : **ACS580-01-073A-4**
Quantity : 1 SET

Utility Rate
Rate(Baht/KWh): 4.21 Baht(On Peak),
2.63 Baht(Off Peak)

Hours per Day of Operation : 13 Hour(On Peak) , 11 Hour(Off Peak)
Days per Month of Operation : 22 Days(Monday-Friday) , 8 Days(Saturday-Sunday)
Month per Year of Operation : 12 Months

Total operating hour per year : 3,432 Hours(On Peak) , 5208 Hours(Off Peak)

Estimated Energy Saving per year

Operating hour	=	3,432 Hours	(On Peak) ,	5208 Hours	(Off Peak)
Base line energy	=	189,720 kWh	(On Peak) ,	287,898 kWh	(Off Peak)
VSD energy	=	168,339 kWh	(On Peak) ,	255,452 kWh	(Off Peak)
Saved Energy	=	21,381 kWh	(On Peak) ,	32,446 kWh	(Off Peak)
Energy Saving	=	102,644 Baht	(On Peak) ,	85,332 Baht	(Off Peak)
	=	187,976 Baht			
Investment Cost	=	200,000 Baht			

Payback Period = 1.06 Year

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินการ

ในการศึกษาความคุ้มค่าของโครงการลดการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศแบบสกรูให้เหมาะสมกับภาระโหลดของโรงงานเคมีแมน จำกัด ในบทนี้เป็นการสรุปให้เห็นภาพรวมโดยผู้วิจัยได้สรุปให้เห็นเป็นภาพรวมได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 วัตถุประสงค์

การศึกษาความคุ้มค่าในการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อประหยัดพลังงานของโรงงานเคมีแมน จำกัด มีวัตถุประสงค์หลักของโครงการนี้ เพื่อลดการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองของเครื่องอัดอากาศแบบสกรูในช่วง Unload และลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของโรงงานเคมีแมน จำกัด อีกทั้งยังเป็นการศึกษาการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบสกรูและการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ และวิเคราะห์เปรียบเทียบรายได้และค่าใช้จ่ายในการจัดทำโครงการ และจุดคืนทุนในระยะเวลาที่กำหนด และศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์อีกด้วย

5.1.2 ผลการดำเนินงาน

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่ามอเตอร์สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับภาระ ความดันอากาศที่เกิดขึ้นในขณะนั้น โดยปกติการทำงานเดิมนั้นเมื่อความดันอากาศถึงจุดที่กำหนดไว้คือ 6 Bar จะมี Air compressor 1 ตัวที่ทำการเดิน Unload ซึ่งมอเตอร์ทำงานเต็มพิกัด 50 Hz ประมาณ 1477 RPM แต่ความดันในระบบไม่ได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากวาลล์จะทำการปิดเมื่อความดันถึงที่กำหนด แต่หลังจากทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ทำให้สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ได้อย่างเหมาะสมหรือลดลงเพียง 25 Hz ประมาณ 750 RPM อีกทั้งยังช่วยในการกระแสเริ่มต้นจากเดิมที่ขึ้นสูงถึง 135 A ให้มีการเปลี่ยนแปลงโดยกระแสสามารถค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอโดยไม่มีการกระชากของกระแสเริ่มต้นแต่อย่างใด

หลังจากเปิดใช้งานอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กับ Air compressor พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเดิม 55.28 kWh ลดลงเหลือเพียง 49.05 kWh ซึ่งช่วยทำให้ลดต้นทุนในการผลิตไปปีละ 187,976 บาท ซึ่งสามารถใช้ระยะเวลาในการคืนทุนเพียงแค่ 1.06 ปีเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุนแล้วจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการคืนทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ใช้ระยะเวลาไม่นานนักหากเทียบค่าใช้จ่ายที่ลดลงและเป็นการลดต้นทุนในการผลิตและที่สำคัญช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของโรงงานเคมีแมนจำกัด อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของมอเตอร์มากยิ่งขึ้น และยังมีผลในการช่วยในเรื่องการลดค่าซ่อมบำรุงเนื่องจากอายุการใช้งานของมอเตอร์จะยาวนานกว่าปกติและสึกหรอน้อยกว่าเนื่องจากไม่ต้องทำงานเต็มพิกัดตลอดเวลา แต่ทำงานให้เหมาะสมกับภาระความดันอากาศที่เกิดขึ้นได้ในขณะนั้นๆ ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์จึงมีความคุ้มค่าในการลงทุน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มเติมภายในโรงงานเคมีแมนจำกัด นี้อาทิเช่น ในส่วนการผลิต KK2 มี Air compressor ถึง 3 ตัว โดยในขั้นต้นได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไปแล้ว 1 ตัว ซึ่งสามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มาก ซึ่งในอนาคตความเป็นไปได้ที่ควรจะติดตั้งเพิ่มอีก 1-2 ตัว เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของมอเตอร์ ให้สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมกับโหลด ไม่ต้องทำงานเต็มพิกัดตลอดเวลาและยังสามารถลดการสึกหรอของมอเตอร์เพื่อยืดอายุการใช้งานของมอเตอร์ออกไปได้นานมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Tinamics Co.,Ltd. (2546).การประหยัดพลังงานโดยการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://www.tinamics.com/download/tinamics_com/energy_saving_for_fan1.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 29 ธันวาคม 2561)

[2] อุทัย วงศ์เขื่อนแก้ว, ชาญณรงค์ อัศวเทศานุภาพ และมาลี สันติคุณาภรณ์. (2559). การเปรียบเทียบผลประหยัดพลังงานสำหรับมาตรการติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ในเครื่องอัดอากาศ. ปทุมธานี

[3] สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรมสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2559). การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ. โครงการจัดตั้งศูนย์การเผยแพร่แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในถาคอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ

[4] Energy Auditor Thai. (2558). ระบบอากาศอัด.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://energyauditorthai.com/wp-content/uploads/2017/01/05.pdf . (วันที่ค้นข้อมูล : 29 ธันวาคม 2561).

[5] iEnergyGuru. ระบบอากาศอัด ทำงานอย่างไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :https://ienergyguru.com/2015/01/ระบบอากาศอัด/.(วันที่ค้นข้อมูล : 29 ธันวาคม 2561)

[6] ธนัช รักษศรี. (2555). การวิเคราะห์ความประหยัดพลังงานในโรงบำบัดน้ำเสียศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก โดยการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงร่วมกับอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[7] Factomart Thailand. (2559). หลักการทำงานของ Inverter Drive. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-inverter-drive/. (วันที่ค้นข้อมูล : 10 มกราคม 2562)

[8] U-industrialtech Co .,LTD. (2558). ประหยัดพลังงานด้วย Inverter. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.u-industrialtech.com/nd/ A2-inverter/. (วันที่ค้นข้อมูล : 11 มกราคม 2562)

[9] สุชิน เสือช้อย. (2559). ความรู้พื้นฐาน Inverter. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=print&article_id=751. (วันที่ค้นข้อมูล : 11 มกราคม 2562)

[10] Factomart Thailand. (2559). วิธีเลือกใช้ Inverter . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.factomart.com/th/factomartblog/how-to-select-inverter-drive/. (วันที่ค้นข้อมูล : 10 มกราคม 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

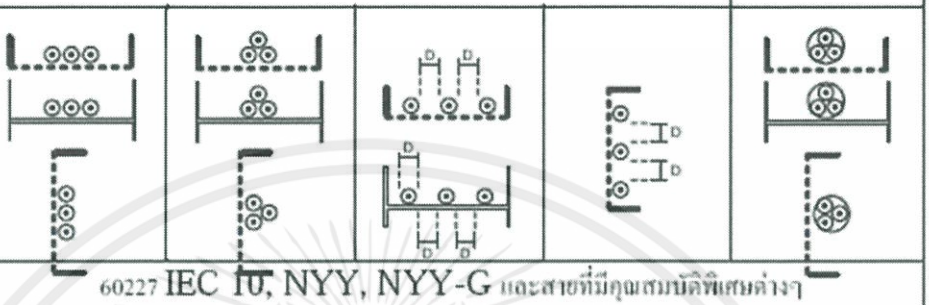
ตารางการเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับมอเตอร์ชนิดต่างๆ

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ทำงานไว	ฟิวส์หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์เวลาผกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ทั้งหมด และมอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดินโดยรับแรงดันไฟฟ้าเต็มที่หรือเริ่มเดินผ่านตัวต้านทานหรือรีแอ็กเตอร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
• รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
• รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสสลับทั้งหมด แบบกรงกระรอก และแบบซิงโครนัสซึ่งเริ่มเดินโดยผ่านหม้อแปลงออโต				
กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	250	175	700	200
กระแสเกิน 30 แอมแปร์				
• ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
• รหัสอักษร F ถึง V	250	175	700	200
• รหัสอักษร B ถึง E	200	175	700	200
• รหัสอักษร A	150	150	700	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางเลือกใช้ขนาดสายไฟชนิดต่างๆบนรางเคเบิล

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 7				
ลักษณะตัวนำกระแส	แกนเดียว				หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง					
รหัสชนิดเคเบิลใช้งาน	60227 IEC 10, NYY, NYY-G และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น				
ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)				
1	-	-	-	-	13
1.5	-	-	-	-	16
2.5	-	-	-	-	22
4	-	-	-	-	30
6	-	-	-	-	37
10	-	-	-	-	52
16	-	-	-	-	70
25	99	96	127	113	88
35	124	119	157	141	110
50	151	145	191	171	133
70	196	188	244	221	171

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล : นายธันวาเจริญ วิวัฒรางกูล

วัน เดือน ปี เกิด : 1 ธันวาคม 2539

อีเมลล์ : thanwacharoen@gmail.com

ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมต้น โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า

ระดับมัธยมปลาย โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า

ระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน : มิถุนายน - กรกฎาคม 2561

นักศึกษาฝึกงาน แผนก วิศวกรรม

บริษัท เทอร์โมเทรเซอร์ จำกัด

สิงหาคม - พฤศจิกายน 2561

นักศึกษาฝึกงาน แผนก ซ่อมบำรุงไฟฟ้าและวัดคุม

บริษัท เคมีแมน จำกัด(มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้