



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การศึกษาเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม ณ บริษัทมาจินอล จำกัด

THE STUDY OF ABSORPTION CHILLER AT MARJINAL CO., LTD.

โดย

นายพงศกร ทาธิมา

6003200008

นายอภิเดช เกตุหิรัญ

6003200002

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2561



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การศึกษาเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม ณ บริษัทมาจินอล จำกัด

THE STUDY OF ABSORPTION CHILLER AT MARJINAL CO., LTD.

โดย

นายพงศกร ทาธิมา

6003200008

นายอภิเดช เกตุหิรัญ

6003200002

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2561

หัวข้อโครงการ การศึกษาเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม ณ บริษัทมาจิ้นอล จำกัด

The Study of Absorption Chiller at Marjinal Co., Ltd.

คณะผู้จัดทำ นายพงศกร ทาธิมา 6003200008

นายอภิเดช เกตุหิรัญ 6003200002

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์จักรกฤษณ์ จันทร์เขียว

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2562

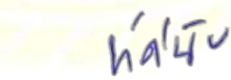
คณะกรรมการการสอบโครงการ



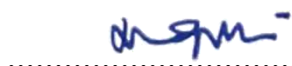
..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์จักรกฤษณ์ จันทร์เขียว)



..... พนักงานที่ปรึกษา
(นายศิริระ ปริณญาชัย)



..... กรรมการกลาง
(ผศ.ดร.ทัศนัย พลอยสุวรรณ)



..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒนะ)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2562

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา
เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์จักรกฤษณ์ จันทร์เขียว

ตามที่คณะผู้จัดทำ นายพงศกร ทาธิมา และนายอภิเดช เกตุหิรัญ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยามได้ไปปฏิบัติสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 14 พฤษภาคม ถึงวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ในตำแหน่งช่างเทคนิค (Technician) ณ บริษัท มาร์จินอล จำกัด และได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง

“การศึกษาเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม ณ บริษัทมาจินอล จำกัด”

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดแล้ว คณะผู้จัดทำจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นายพงศกร ทาธิมา

นายอภิเดช เกตุหิรัญ

นักศึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อโครงการ : การศึกษาเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม ณ บริษัทมาจินอล จำกัด

หน่วยกิต : 5 หน่วยกิต

ชื่อนักศึกษา : นายพงศกร ทาธิมา 6003200008
: นายอภิเดช เกตุหิรัญ 6003200002

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ จักรกฤษณ์ จันทร์เจียว

ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี (วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต)

ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา : 3/2561

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจเล่มนี้นำเสนอความรู้เกี่ยวกับระบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม เป็นระบบทำความเย็นที่อาศัยพลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากแหล่งอื่น ๆ มาใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องทำความเย็นให้ทำงาน โดยความร้อนที่ป้อนให้เครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมส่วนมากจะอยู่ในรูปของไอน้ำ น้ำร้อน หรือก๊าซร้อน ซึ่งเป็นพลังงานคุณภาพต่ำ จึงเหมาะที่จะทำงานคู่กับระบบผลิตพลังงานร่วม ซึ่งในปัจจุบันเครื่องปรับอากาศหรือเครื่องทำความเย็นเป็นเครื่องจักรกลที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง เพราะเป็นระบบแบบอัดไอโดยต้องขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและใช้สารทำความเย็นที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน เนื่องจากสาเหตุนี้ จึงได้นำระบบทำความเย็นแบบดูดซึมมาใช้ ซึ่งเป็นการนำพลังงานความร้อนเหลือใช้มาใช้แทนพลังงานไฟฟ้าแทน ทำให้เป็นการประหยัดพลังงานและรักษาสິงแวดล้อม

คำสำคัญ: เครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม, พลังงานความร้อน, สิ่งแวดล้อม

Project Title : The Study of Absorption Chiller at Marjinal Co., Ltd.

Credits : 5 Unit

By : Mr. Pongsakorn Thathima 6003200008
 : Mr. Apidej Kathiran 6003200002

Advisor : Mr. Jrukkrit Chankiew

Degree : Bachelor of Engineering

Major : Electrical Engineering

Faculty : Engineering

Semester/Academic year : 3/2018

Abstract

This cooperative education report presents the knowledge of an Absorption Chiller as a cooling system that uses waste heat energy from other sources to drive the chiller to work by the heat that is fed to the absorption chiller. Most are in the form of steam, hot water or hot gas, which are low quality energy, therefore, suitable to work with cogeneration systems. Presently air-conditioners and chillers are the machineries that use much electric energy because the systems are vapor compression refrigeration systems, which are powered by an electric motor and use refrigeration that makes global warming. These caused absorption refrigeration systems to be used. That is heat energy to replace the electric energy for saving energy and environment.

Keywords: Absorption Chiller/ Heat Energy/ Environment

Approved by

.....

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การที่คณะผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท มาร์จินอล จำกัด ตั้งแต่ วันที่ 14 พฤษภาคม ถึงวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2562 รวมทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ ส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานสหกิจศึกษานี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. บริษัท มาร์จินอล จำกัด
2. นายศิระ ปริญญาชัย พนักงานที่ปรึกษา
3. อาจารย์จักรกฤษณ์ จันทรเจียว อาจารย์ที่ปรึกษา

และบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจกับชีวิตของการทำงานจริง ซึ่งคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นายพงศกร ทาธิมา

นายอภิเดช เกตุหิรัญ

สารบัญ

หน้า

จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หลักการของเทคโนโลยีทำความเย็น	3
2.2 อุปกรณ์ประกอบในระบบการทำความเย็นแบบดูดซึม	4
2.3 หลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม	4
2.3.1 การระเหย (Evaporation)	5
2.3.2 การดูดซึม (Absorption)	6
2.3.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)	6
2.3.4 แหล่งกำเนิดความร้อน (Heat Generator)	7
2.3.5 การควบแน่น (Condensation)	8
2.4 ประเภทของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม	9
2.4.1 Single Effect Absorption Chiller	8
2.4.2 Double Effect Absorption Chiller	9
2.4.3 Direct-fired Absorption Chiller	9
2.5 การคำนวณวัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดกลืน	9
2.5.1 สัมประสิทธิ์สมรรถนะของ Absorption Chiller (COP)	9
2.5.2 COP of the ideal absorption cycle	9
2.6 ประโยชน์ของ Absorption Chillers	10
2.7 ค่าธรรมเนียมการใช้พลังงานความร้อนของแต่ละหน่วยงาน	11
2.8 ระบบปรับและหมุนเวียนอากาศ (Air Handling Unit: AHU)	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 ระบบเติมลมส่งอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air Unit)	13
2.10 การลดความชื้นด้วยฮีทไปป์ (Heat Pipe Dehumidification)	13
2.11 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	15
2.11.1 โครงมอเตอร์ (Frame)	15
2.11.2 แกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator Core)	16
2.11.3 ขดลวดสเตเตอร์ (Stator Winding)	16
2.11.4 ฝาปิดหัวท้าย (End Plate)	17
2.11.5 ส่วนที่เคลื่อน	17
2.12 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	18
2.13 คุณลักษณะและการนำมอเตอร์ไปใช้งาน	19
2.14 ระบบท่อน้ำเย็น (Chilled Water Piping)	20
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	22
3.2 ลักษณะการประกอบการผลิตภัณฑ์การให้บริการหลักขององค์กร	22
3.3 รูปแบบการจัดการองค์การและการบริหารงาน	23
3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย	23
3.5 ชื่อและตำแหน่งพนักงานที่ปรึกษา	23
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	23
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	24
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ	
4.1 ลักษณะงานที่ได้มอบหมาย	25
4.2 การตรวจสอบภาพแฟงกรองอากาศ (Air Filter)	25
4.3 การทำความสะอาดแฟงกรองอากาศ (Air Filter)	26
4.4 การทำความสะอาดชุดลดความชื้นด้วยฮีทไปป์ (Heat Pipe)	26
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน	28
5.2 ประโยชน์ด้านสังคม	28
5.3 ประโยชน์ด้านการทำงาน	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.4 ปัญหาในการปฏิบัติงาน	29
5.5 การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน	29
5.6 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน	29
5.7 ความปลอดภัยในงานวิศวกรรม	30
บรรณานุกรม	31
ประวัติคณะผู้จัดทำ	32
ภาคผนวก ก	33
ภาคผนวก ข	40



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller)	3
รูปที่ 2.2 กระบวนการระเหยสารทำความเย็นภายใน	5
รูปที่ 2.3 กระบวนการดูดซึมภายใน Absorber	6
รูปที่ 2.4 กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสาร LiBr เจือจางและเข้มข้น	7
รูปที่ 2.5 กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างแหล่งความร้อนจากภายนอก	7
รูปที่ 2.6 วัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดซึม	8
รูปที่ 2.7 เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียว	9
รูปที่ 2.8 เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมสองชั้น	9
รูปที่ 2.9 วัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดซึมทางอุณหพลศาสตร์	10
รูปที่ 2.10 Air Handling Unit	12
รูปที่ 2.11 การใช้ฮีทไปป์ในการลดความชื้น	14
รูปที่ 2.12 มอเตอร์ 3 เฟส	15
รูปที่ 2.13 โครงมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	16
รูปที่ 2.14 แกนเหล็กสเตเตอร์และขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	16
รูปที่ 2.15 ฝาปิดหัวท้าย	17
รูปที่ 2.16 โรเตอร์แบบกรงกระรอก	18
รูปที่ 2.17 โรเตอร์แบบฟันขดลวด	18
รูปที่ 2.18 การเกิดแรงบิดที่ตัวนำของโรเตอร์	19
รูปที่ 2.19 ระบบท่อส่งน้ำเย็น	20
รูปที่ 3.1 อาคารสำหรับปฏิบัติงานสหกิจ	22
รูปที่ 3.2 แผนผังองค์กร	23
รูปที่ 4.1 การตรวจสอบสภาพของแผงกรองฝุ่น (Air Filter)	25
รูปที่ 4.2 การทำความสะอาดแผงกรองอากาศ (Air Filter)	26
รูปที่ 4.3 การถอดชุดความชื้นด้วยฮีทไปป์ (Heat Pipe)	26
รูปที่ 4.4 การทำความสะอาดชุดลดความชื้นด้วยฮีทไปป์ (Heat Pipe)	27

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินการโครงการ

หน้า

24



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บริษัท ผลิตไฟฟ้าและพลังงานร่วม จำกัด ทำการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าและน้ำเย็น มีเชื้อเพลิงหลักในกระบวนการผลิตคือ ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ซึ่งซื้อจาก PTT ผ่านระบบท่อก๊าซธรรมชาติ เมื่อนำก๊าซธรรมชาติเข้าระบบกังหันก๊าซ (Gas Turbine) จะได้พลังงานไฟฟ้าและไอความร้อนออกมา แล้วนำไอความร้อนที่ได้ดังกล่าวเข้าสู่ระบบทำน้ำเย็น (Absorption Chiller) นอกจากนี้ยังมีระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานไฟฟ้า (Electric Chiller) ด้วยเพื่อผลิตน้ำเย็นในช่วงกลางคืน หรือใช้ผลิตในช่วงที่ไม่สามารถเดินระบบ Gas Turbine หรือ Absorption Chiller ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม
- 1.2.2 เพื่อซ่อมบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม
- 1.2.3 เพื่อให้เรียนรู้การทำงานเป็นหมู่คณะ
- 1.2.4 เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานรู้จักการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนและถูกต้อง
- 1.2.5 เพื่อให้ทราบถึงหลักการติดตั้งอุปกรณ์และซ่อมแซมอย่างถูกต้อง
- 1.2.6 เพื่อนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 เข้าใจหลักการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม
- 1.3.2 รู้วิธีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการซ่อมบำรุงของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม
- 1.3.3 ตรวจสอบหาความบกพร่องของการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม
- 1.3.4 มีทักษะในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการตรวจเช็คระบบการทำความเย็นแบบดูดซึม
- 1.3.5 รู้จักการแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงานจริง
- 1.3.6 สามารถอธิบายหลักการทำงานของระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมได้
- 1.3.7 ดูแล และ รักษาระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถเข้าใจระบบของการทำความเย็นแบบดูดซึม
- 1.4.2 สามารถซ่อมบำรุงรักษาของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมได้
- 1.4.3 สามารถเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมได้
- 1.4.4 สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้
- 1.4.5 สามารถรู้จักการทำงานเป็นขั้นตอนและถูกต้องได้
- 1.4.6 สามารถทราบถึงหลักการติดตั้งอุปกรณ์และซ่อมแซมอย่างถูกต้อง
- 1.4.7 สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

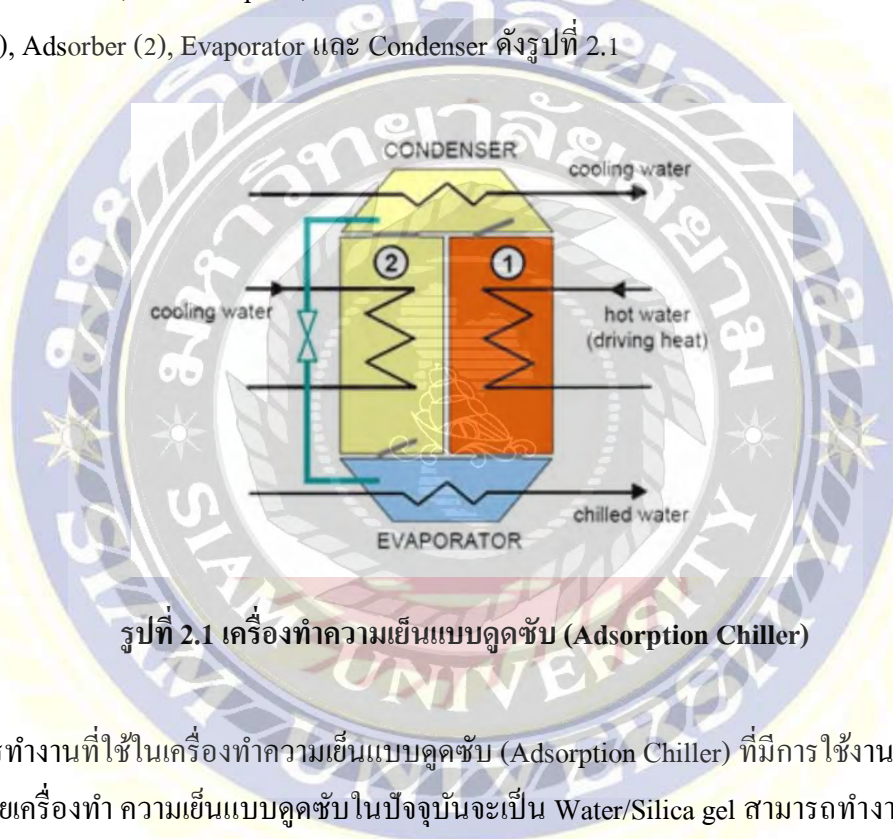


บทที่ 2

การทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการของเทคโนโลยีทำความเย็น

เครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller) เป็นเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้คุณสมบัติการระเหยของสารทำความเย็น (น้ำ) ที่ความดันที่กำหนดเพื่อรับความร้อนออกจากน้ำที่ต้องทำให้เย็น และใช้สารดูดซับร่วมกับแหล่งความร้อนจากภายนอกเครื่อง เพื่อปรับสภาวะของสารดูดซับและสารทำความเย็นให้หมุนเวียนทำงานในระบบได้อย่างต่อเนื่อง ในเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller) จะใช้สารดูดซับที่เป็นของแข็ง (Solid Sorption) โดยมีส่วนประกอบหลักของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ คือ Absorber (1), Adsorber (2), Evaporator และ Condenser ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 เครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller)

สารทำงานที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller) ที่มีการใช้งานในตลาดการทำความเย็นด้วยเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับในปัจจุบันจะเป็น Water/Silica gel สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 60-70°C

เครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller) ประกอบด้วย 2 Sorbent Compartments (จากรูปที่ 2.1) Evaporator และ Condenser เมื่อสารดูดซับใน Compartment ที่ 1 อยู่ในช่วงของการ Regenerate โดยใช้ความร้อนจากแหล่งความร้อน ภายนอก เช่น น้ำร้อนจาก Solar Collector เป็นต้น สารดูดซับ (Silica gel) ใน Compartment ที่ 2 จะดูดซับไอน้ำที่ผ่านมาจาก Evaporator ซึ่งเกิดจากการระเหยของสารทำความเย็น (น้ำ) ที่ความดันที่กำหนด การระเหยดังกล่าวจะดึงความร้อนออกจากน้ำที่ต้องการทำให้เย็นจึงได้น้ำเย็น

(Chilled Water) ไปใช้งาน กระบวนการดูดซับนี้เกิดขึ้นจนกระทั่งสารดูดซับ (Silica Gel) ถึงจุดอิ่มตัว ใน Compartment ที่ 2 จากนั้นก็จะทำการสลับการทำงานโดยใช้ Compartment ที่ 1 ซึ่งสารดูดซับมีความพร้อมจากการ Regenerate แล้ว ทำงานในลักษณะเดียวกันต่อไป

จุดเด่นของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller) เมื่อเทียบกับวัฏจักรอัดไอ (Vapor Compression Cycle) คือการเป็นวัฏจักรทำความเย็นที่ใช้คุณสมบัติการระเหยของน้ำ ประกอบกับการดูดซับของสารดูดซับทำให้ประหยัดพลังงาน และมีการบำรุงรักษาที่น้อยกว่า นอกจากนี้ หากเปรียบเทียบกับระบบทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller) ยังมีโครงสร้าง อุปกรณ์ที่ง่ายกว่า สามารถใช้แหล่งความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าได้ ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบดูดซับจะต่ำกว่า วัฏจักรแบบอัดไอ แต่ระบบนี้ไม่ต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าเพื่อขับเครื่องอัด (Compressor) ซึ่งใช้ความร้อนโดยตรงมาขับเคลื่อน ทำให้ลดขั้นตอนในการเปลี่ยนรูปพลังงานและลดการพึ่งพากระแสไฟฟ้าที่ต้องนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศได้ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีการใช้พลังงานจำนวนมากในการทำความเย็น

2.2 อุปกรณ์ประกอบในระบบการทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption chiller) ประกอบด้วย

- 1.1 ตัวถัง (Shelf) ประกอบด้วย เครื่องดูดซึม (Absorber) และ Evaporator
- 1.2 ขดท่อทำความเย็น (Chilled Water Tube)
- 1.3 ขดท่อน้ำหล่อเย็น (Cooling Water Tube)
- 1.4 Generator
- 1.5 เครื่องควบแน่น (Condenser)
- 1.6 เครื่องสูบลำไส้ทำความเย็น (น้ำ)
- 1.7 เครื่องสูบลำไส้ละลาย (Absorbent Pump)
- 1.8 ลำไส้ทำความเย็น (น้ำ)
- 1.9 สารละลายลิเทียมโบรไมด์ (LiBr)

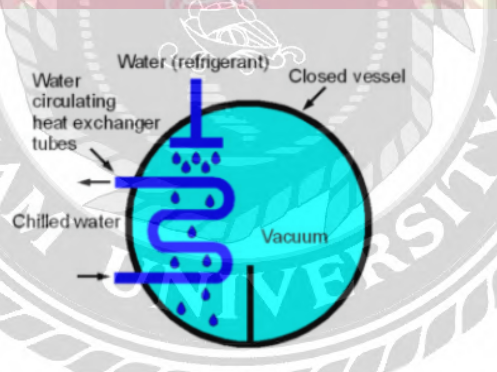
2.3 หลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม

เริ่มต้นที่สารละลายลิเทียมโบรไมด์เข้มข้น และอุณหภูมิสูง (Concentrated Lithium Bromide) ที่ไหลลงมาจาก Generator จะถูกฉีดกระจายลงบนขดท่อน้ำหล่อเย็นที่มีน้ำหล่อเย็นหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา เพื่อลดอุณหภูมิของสารละลายลิเทียมโบรไมด์ โดยสารละลายลิเทียมโบรไมด์นี้ จะดูดซึมไอระเหยของสารทำความเย็น (น้ำ) จาก Evaporator ไปพร้อม ๆ กัน เมื่อสารละลายลิเทียมโบรไมด์ดูดซึมสารทำความเย็น และลดอุณหภูมิลงแล้ว ก็จะเปลี่ยนสภาพเป็นสารละลายลิเทียมโบรไมด์ที่เจือจาง และจะไหลมารวมกันบริเวณด้านล่างของตัวถัง เพื่อให้เครื่องสูบลำไส้ของสารละลายลิเทียมโบรไมด์สูบส่งไปยัง Generator เพื่อแยกสารทำความเย็น (น้ำ) ออกจากสารละลายลิเทียมโบรไมด์ด้วยการให้ความร้อน โดยความร้อนที่ให้ที่

Generator เพื่อแยกสารทำความเย็นออกจากลิเทียมโบรไมด์ สามารถใช้แหล่งความร้อนจากภายนอกได้หลายรูปแบบ เช่น ใช้น้ำความดันต่ำ ไอเสีย จากกระบวนการต่าง ๆ การเผาไหม้โดยตรง (Direct Fired) เป็นต้น สารทำความเย็น (น้ำ) ที่แยกตัวออกจากสารละลายลิเทียมโบรไมด์จะไหลไปควบแน่นที่เครื่องควบแน่น (Condenser) และสารละลายลิเทียมโบรไมด์ใน Generator ก็จะกลับเข้มข้นขึ้นมาใหม่ และไหลไปที่ตัวถัง (Shelf) เพื่อดูดซับน้ำเป็นวัฏจักร สารทำความเย็น (น้ำ) ที่ควบแน่นในเครื่องควบแน่น (Condenser) โดยมีน้ำหล่อเย็นช่วยในการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็น (น้ำ) เมื่อควบแน่นแล้ว สารทำความเย็นดังกล่าวจะไหลลงไปที่ Evaporator โดยฉีดกระจายผ่านขดท่อทำความเย็น (Cooling Coil) ซึ่งสารทำความเย็น (น้ำ) จะระเหยกายเป็นไอ ภายใต้ความกดดันสุญญากาศที่ 6-7 มิลลิเมตรของปรอท (mmHg) ซึ่งสารทำความเย็น (น้ำ) จะระเหยกกลายเป็นไอ และดูดความร้อนจากน้ำเย็นที่ไหลหมุนเวียนอยู่ในขดท่อทำความเย็น โดยจะลดอุณหภูมิของน้ำเย็นจาก 12°C (53.6°F) มาที่อุณหภูมิ 7°C (44.6°F)

จากที่กล่าวมาทั้งหมด จะสามารถสรุปกระบวนการทำความเย็นได้ทั้งสิ้น 5 กระบวนการดังต่อไปนี้

2.3.1 การระเหย (Evaporation)

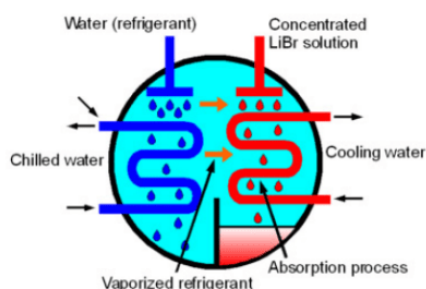


รูปที่ 2.2 กระบวนการระเหยสารทำความเย็นภายใน Evaporator
(แหล่งที่มา PTS-Service)

สารทำความเย็น (ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้น้ำ) ใน Evaporator จะถูกเครื่องสูบสารทำความเย็นซึ่งอยู่ด้านล่างของ Evaporator สูบและฉีดกระจายลงบนขดท่อทำความเย็นที่มีน้ำเย็นหมุนเวียนไหลผ่านอย่างสม่ำเสมอเพื่อทำความเย็น สารทำความเย็น (น้ำ) จะระเหยกกลายเป็นไอ โดยดูดเอาความร้อนแฝงของการระเหยจากน้ำเย็นที่ไหลหมุนเวียนอยู่ในขดท่อทำความเย็น ไอน้ำที่ระเหยออกมานั้น จะถูกดูดเข้าไปในเครื่องดูดซับที่ติดตั้งอยู่บริเวณส่วนล่างของ Evaporator ภายใน Evaporator จะต้องทำให้เป็นสุญญากาศที่ความดัน 6-7 มิลลิเมตรของปรอท (mmHg) ซึ่งน้ำที่ใช้

เป็นสารทำความเย็นจะระเหยที่อุณหภูมิประมาณ 5°C (41°F) โดยน้ำเย็นที่ไหลหมุนเวียนผ่านชุดท่อทำความเย็นจะดูดกลืนอุณหภูมิจากอุณหภูมิ 12°C (53.6°F) มาเป็น 7°C (44.6°F)

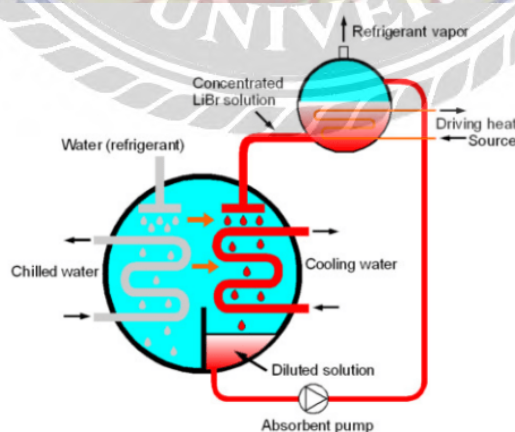
2.3.2 การดูดซึม (Absorption)



รูปที่ 2.3 กระบวนการดูดซึมภายใน Absorber
(แหล่งที่มา PTS-Service)

ในเครื่องดูดซึม (Absorber) สารละลายเข้มข้นของลิเทียมโบรไมด์ (Concentrated Lithium Bromide) จะถูกเครื่องสูบลำลาย (Absorbent Pump) สูบและฉีดกระจายลงบนท่อน้ำหล่อเย็นซึ่งมีน้ำหล่อเย็นไหลหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา โดยสารละลายเข้มข้นของลิเทียมโบรไมด์จะดูดซึมไอระเหยจากน้ำในกระบวนการระเหยที่ Evaporator ตลอดเวลา เพื่อรักษาสัญญากาศใน Evaporator ไว้ระหว่างกระบวนการนี้ สารละลายลิเทียมโบรไมด์จะถูกเจือจางลงด้วยไอระเหยของน้ำ และความร้อนของการดูดซึมจะระบายออกมา

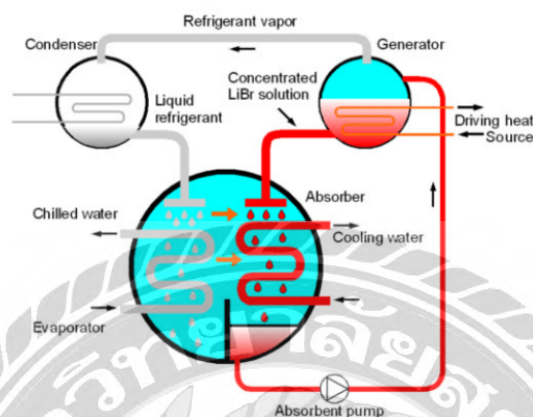
2.3.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)



รูปที่ 2.4 กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสาร LiBr เจือจางและเข้มข้น
(แหล่งที่มา PTS-Service)

สารละลายลิเทียมโบรไมด์ที่เจือจางภายในเครื่องดูดซึม จะถูกเครื่องสูบสารละลาย (Absorbent Pump) โดยสารละลายลิเทียมโบรไมด์เจือจาง จะแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารละลายลิเทียมโบรไมด์เข้มข้นที่มีอุณหภูมิสูงทำให้สารละลายลิเทียมโบรไมด์เจือจางดังกล่าวร้อนขึ้น

2.3.4 แหล่งกำเนิดความร้อน (Heat Generator)



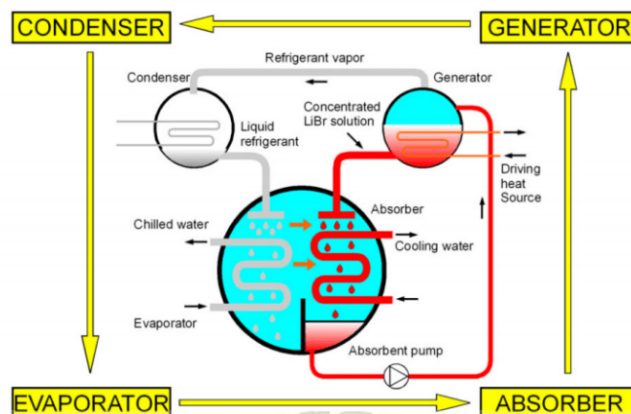
รูปที่ 2.5 กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างแหล่งความร้อนจากภายนอก กับ LiBr (แหล่งที่มา PTS-Service)

สารละลายลิเทียมโบรไมด์ที่เจือจางจะสะสมอยู่บริเวณด้านล่างของ Generator ซึ่งติดตั้งอยู่เหนือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและจะถูกทำให้ร้อนโดยท่อทำความร้อนที่ติดตั้งอยู่ใน Generator เมื่อได้รับความร้อน สารทำความเย็น (น้ำ) ที่ผสมอยู่ในสารละลายลิเทียมโบรไมด์ที่เจือจางจะระเหยออกไป ทำให้สารละลายลิเทียมโบรไมด์ที่เจือจางเกิดความเข้มข้นขึ้นมากขึ้น โดยแหล่งให้ความร้อนที่ Generator อาจใช้น้ำความดันต่ำหรือน้ำร้อน หรือไอเสียหรือแก๊สร้อน จากแหล่งให้ความร้อนภายนอก

สารละลายเข้มข้นของลิเทียมโบรไมด์จะไหลไปที่บริเวณของเครื่องดูดซึมผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยอาศัยความถ่วงและความแตกต่างของความดัน จากนั้นก็จะถูกเครื่องสูบสารละลายสูบให้หมุนเวียน เป็นวัฏจักร

ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ความร้อนจะแลกเปลี่ยนระหว่างสารลิเทียมโบรไมด์ที่เข้มข้นและเจือจางที่เครื่องสูบสารละลาย สูบเข้าไปเป็นการประหยัดความร้อนใน Generator ขณะเดียวกันอุณหภูมิของสารละลายลิเทียมโบรไมด์ที่เข้มข้นที่ถูกสูบเข้าไปในเครื่องดูดซึมก็จะลดลง เป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

2.3.5 การควบแน่น (Condensation)

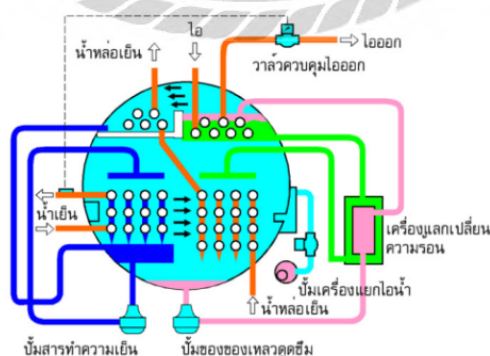


รูปที่ 2.6 วัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดซึม
(แหล่งที่มา PTS-Service)

ไอสารทำความเย็นที่ระเหยใน Generator จะถูกทำให้เย็นลงและควบแน่นโดยใช้น้ำหล่อเย็นไหลผ่านท่อในเครื่องควบแน่นซึ่งติดตั้งอยู่ด้านบนของ Generator สารทำความเย็นที่ควบแน่นแล้วจะไหลกลับไปยัง Evaporator โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง และความแตกต่างของความดัน จากนั้นจะถูกเครื่องสูบลำทำความเย็นสูบให้หมุนเวียนเป็นวัฏจักร

2.4 ประเภทของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม

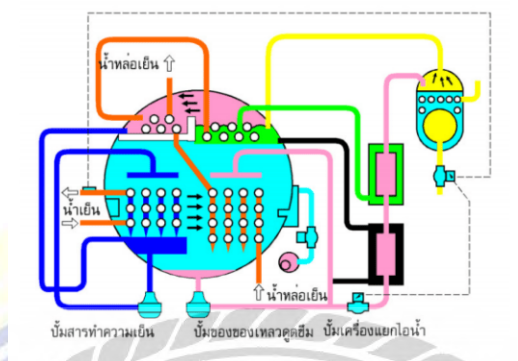
2.4.1 Single Effect Absorption Chiller ใช้พลังงานความร้อนในรูปของไอน้ำ ที่ความดันระหว่าง $0.8-1.5 \text{ kg/cm}^2$ หรือน้ำร้อน ที่อุณหภูมิระหว่าง $130^{\circ}\text{C}-150^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 2.7 เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียว

(Single Effect Absorption Water Chilling Unit) (แหล่งที่มา PTS-Service)

2.4.2 Double Effect Absorption Chiller ใช้พลังงานความร้อนในรูปของไอน้ำ ที่ความดันประมาณ 8 kg/cm^2 หรือน้ำร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 180°C - 200°C โดยระบบนี้จะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าระบบแรกประมาณ 65%



รูปที่ 2.8 เครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึมสองชั้น
(Double Effect Absorption Water Chilling Unit) (แหล่งที่มา PTS-Service)

2.4.3 Direct-fired Absorption Chiller

ใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายใน Generator หรือ ความร้อนในรูปของก๊าซร้อน โดยที่ก๊าซร้อนออกจาก Generator ที่อุณหภูมิประมาณ 190°C - 204°C โดยระบบนี้จะมี COP อยู่ในช่วง 0.85-1.14

2.5 การคำนวณวัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดกลืน

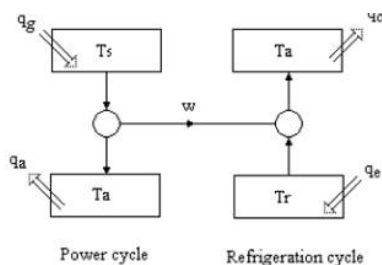
2.5.1 สัมประสิทธิ์สมรรถนะของ Absorption Chiller (COP)

สัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำความเย็นระบบดูดกลืน (COP_{ac}) สามารถคำนวณได้จากอัตราการทำความเย็น (QE) ต่อ อัตราการให้ความร้อนในเครื่องผลิต (QG) บวกกับงานปั๊ม (WP) แต่งานปั๊มมีค่าน้อยอาจตัดทิ้งได้แสดงดังสมการ

$$COP = \frac{Q_E}{Q_G}$$

2.5.2 COP of the ideal absorption cycle

$$COP = \frac{\text{Refrigeration rate}}{\text{Rate of heat addition at generator}}$$



รูปที่ 2.9 วัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดซึมทางอุณหพล

จากรูปที่ 2.9 สามารถพิจารณาแยกเป็นสองส่วนคือ

- สำหรับ Power Cycle ด้านซ้ายมือ

$$\frac{q_g}{w} = \frac{T_s}{T_s - T_a}$$

- สำหรับ Refrigeration Cycle ด้านซ้ายมือ

$$\frac{q_g}{w} = \frac{T_s}{T_s - T_a}$$

เมื่อ T_s is heat source temperature

T_r is refrigerant temperature

T_a is ambient temperature

ดังนั้นสมรรถนะการทำความเย็นของวัฏจักรดูดซึมสามารถหาได้ดังนี้

$$COP = \frac{q_e}{q_g} = \frac{\frac{wT_r}{T_a - T_r}}{\frac{wT_s}{T_s - T_a}} = \frac{wT_r}{T_a - T_r} \cdot \frac{T_s - T_a}{wT_s} = \frac{T_r(T_s - T_a)}{T_s(T_a - T_r)}$$

2.6 ประโยชน์ของ Absorption Chillers

1. ไม่ใช้ไฟฟ้า
2. ใช้ความร้อนเหลือทิ้งเป็นแหล่งพลังงาน
3. หมดปัญหาเรื่องค่าบำรุงรักษา
4. ปราศจากเสียงในการทำงาน
5. ไม่มีการรั่วของ Refrigerant
6. สามารถปรับประสิทธิภาพการทำงานได้ตั้งแต่ 10-100%

7. ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องต่ำ
8. สามารถติดตั้งบนสถานที่ ที่รับน้ำหนักได้น้อย
9. ปราศจากสารทำลายชั้นบรรยากาศ

2.7 ค่าธรรมเนียมการใช้พลังงานความเย็นของแต่ละหน่วยงาน

การคำนวณค่าพลังงานความเย็น

ค่าพลังงานความเย็นที่หน่วยงานต้องชำระแก่ผู้ขายตามสัญญาคำนวณปริมาณพลังงานความเย็นที่ใช้จริงเท่ากับ

TCWP = ค่าพลังงานความเย็น (Chilled Water Payment)

= DC + PC + CC + MakeupWC + SD + DL + DF โดยที่

DC = ค่าความต้องการพลังงานความเย็น (Demand Charge)

= DR x UDC

PC = ค่าผลิตพลังงานความเย็น (Production Charge)

= DSM x UPC

CC = ค่าพลังงานความเย็นผันแปร (Commodity Charge)

= DSM x UCC

Make up WC = เงินชดเชยสำหรับปริมาณน้ำเย็นที่หายไปจากระบบ

SD = ค่าพลังงานความเย็นส่วนเกิน (Surplus Demand Charge)

= (DP-DR) x USD

CWP = DC + PC + CC + Make up WC + SD

DL = ค่าพลังงานความเย็นที่สูญเสีย (Distribution Loss) คิดเฉลี่ย

= 3% ของ CWP

หมายเหตุ

DR = Chilled Water Demand Request

= จำนวนปริมาณพลังงาน (RT) ที่ใช้ในการทำพลังงานความเย็น

UDC = Unit of Demand Charge

= อัตราค่าความต้องการพลังงานความเย็นต่อหน่วยคงที่ (บาท/RT) ตลอดระยะเวลาสัญญา

= 826 บาท/RT

DSM = จำนวนรวมของปริมาณพลังงาน (หน่วยเป็น RTh) ที่ใช้ในการทำพลังงานความเย็นที่อ่านได้จาก Sale Meter

UPC = Unit of Production Charge

= อัตราค่าผลิตพลังงานความเย็นต่อหน่วยคงที่ (บาท/Rth)

ตลอดเวลาสัญญา

= 1.5441 บาท/ Rth

UCC = Unit of Commodity Charge for chilled water as of period

= อัตราค่าพลังงานความเย็นผันแปรต่อหน่วย (หน่วยเป็น บาท/ Rth)

= $UCC_0 \times (0.25 G_t/G_0 + 0.75 E_t/E_0)$

UCC_0 = อัตราค่าพลังงานความเย็นผันแปรต่อหน่วย (หน่วยเป็น บาท/ RTh)

= 2.0466 บาท/ Rth

G_t = อัตราค่าก๊าซที่ซื้อมาเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต (บาท/ ล้านบีทียู)

G_0 = อัตราค่าก๊าซธรรมชาติฐาน (บาท/ ล้านบีทียู)

= 171 บาท/ ล้านบีทียู

E_t = อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลา (บาท/ กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

E_0 = อัตราค่าไฟฟ้าฐาน (บาท/ กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

= 2.4309 บาท/ กิโลวัตต์-ชั่วโมง

DP = Chilled Water Demand Peak as of Period

= จำนวนปริมาณพลังงานความเย็นสูงสุด (RT)

= อัตราค่าพลังงานความต้องการพลังงานความเย็นส่วนเกินจากปริมาณ
แจ้งขอใช้ต่อหน่วยคงที่ (บาท/RT) ตลอดระยะเวลาสัญญา

2.8 ชุดปรับระบบหมุนเวียนอากาศ (Air Handling Unit; AHU)



รูปที่ 2.10 Air Handling Unit

ระบบ AHU (Air Handling Unit) คือ เครื่องส่งลมหรือเครื่องควบคุมอากาศ ทำหน้าที่ คือ การนำอากาศจากภายนอกเข้ามาปรับอากาศ และส่งอากาศไปยังอาคาร อากาศที่หมุนเวียนแล้ว (Exhaust air) จะถูกระบายออกเพื่อรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคาร ทั้งนี้อากาศภายนอกอาจจะถูกทำให้ร้อน โดยหน่วยนำความร้อนกลับมาใช้ (Recovery Unit) หรือคอยล์ทำความร้อน (Heating Coil) หรือถูกทำให้เย็น โดยคอยล์ทำความเย็น (Cooling Coil) ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศที่ต้องการ

ซึ่งภายในอาคารมีข้อกำหนดทางอนามัยสำหรับคุณภาพอากาศต่ำกว่า อากาศบางส่วนจากภายในห้องต่าง ๆ สามารถถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยห้องผสม (Mixing Chamber) ซึ่งจะส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้มาก ห้องผสม (Mixing Chamber) มีบานปรับ (Damper) สำหรับควบคุมอัตราส่วนระหว่างอากาศที่หมุนเวียนกลับมาใช้ อากาศใหม่จากภายนอก และอากาศที่ระบายทิ้ง ข้อดีของ AHU คือ สามารถควบคุมการจ่ายลม และนำส่งลมไปในพื้นที่ที่เราต้องการควบคุมได้ ซึ่งความต้องการเมื่อต้องใช้ AHU เพื่อจ่ายลมในปริมาณมาก ๆ ไปยังพื้นที่ที่ต้องการเช่น ห้องประชุม โรงแรม ห้องอาหารสำนักงาน ฯลฯ ผ่านท่อลมลมเย็น (Supply Air Duct) และจ่ายออกด้วยหัวจ่ายลมแบบต่าง ๆ

AHU สำหรับประเทศไทยเราต้องการอุณหภูมิด้านคอยล์ทำความเย็น (Cooling Coil) เพื่อปรับอากาศภายในอาคาร เพราะเมืองไทยของเราซึ่งจัดว่าเป็นเมืองที่มีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น จำเป็นจะต้องใช้ระบบปรับอากาศกันแทบทั้งสิ้น ซึ่งไม่เพียงแต่ให้ความเย็นที่พอเหมาะเท่านั้น แต่เพื่อควบคุมคุณภาพของการผลิตด้วยและแน่นอนว่าต้องสิ้นเปลืองงบประมาณ เพื่อซื้อพลังงานไฟฟ้าเข้ามาใช้ ซึ่งสำหรับอาคารส่วนใหญ่กว่าครึ่งหนึ่งของค่าไฟฟ้าทั้งหมดจะอยู่ที่ระบบปรับอากาศนั่นเอง และนั่นหมายถึงต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น โดยสามารถลดค่าพลังงานในส่วนนี้โดยการต่อ AHU เข้ากับ Chiller ซึ่งเป็นระบบปรับอากาศประสิทธิภาพสูงที่ช่วยประหยัดพลังงานและประหยัดงบประมาณ สำหรับอาคารขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรม

2.9 Fresh Air Unit

เครื่องปรับอากาศที่ถูกเรียกว่า เฟรชแอร์ยูนิตนั้น จะถูกออกแบบมาให้ใช้งานในการเอาอากาศภายนอกอาคารมาลดอุณหภูมิให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมก่อนที่จะส่งเข้าไปในอาคาร เพื่อจุดประสงค์หลักคือ เพื่อเติมลมส่งอากาศบริสุทธิ์เข้าไปในห้องปรับอากาศ เพื่อใช้ในการหายใจ หรือ เพื่อใช้ในจุดประสงค์อื่น ๆ ที่ยังไม่กล่าวถึง โดยจะเน้นไปที่ชี้แจงความเข้าใจว่า การออกแบบของเครื่องชนิดนี้มีความแตกต่างจากการออกแบบ เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคาร

2.10 การลดความชื้นด้วยฮีทไปป์ (Heat Pipe Dehumidification)

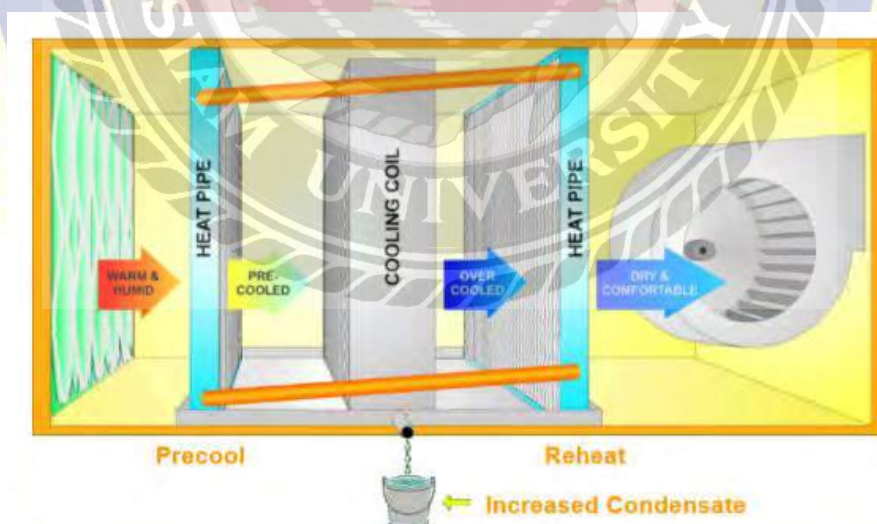
ฮีทไปป์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนหรือส่งถ่ายความร้อนได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก ส่วนประกอบของฮีทไปป์จะเป็นท่อโลหะที่ปิดหัวท้ายภายในเป็นสุญญากาศ ที่มีสารทำงาน (Working Fluid) บรรจุอยู่ภายใน ซึ่งมักจะเป็นสารทำความเย็น (Refrigerant) ฟรีออน 22 หรือ 134a

การทำงานของฮีทไปป์อาศัยหลักการเปลี่ยนสถานะจากการระเหยและควบแน่นร่วมกับแรงโน้มถ่วงของสารทำงาน โดยไม่ใช้พลังงานจากภายนอก (Passive) กล่าวคือสารทำงานในท่อด้านที่ต่ำกว่าเมื่อได้รับความร้อนก็จะระเหยเป็นไอลอยขึ้นไปยังด้านที่สูงกว่าแล้วคายความร้อนออก ทำให้ไอของสารทำงานมีอุณหภูมิลดลงถึงจุดควบแน่น กลายเป็นของเหลวตกลงสู่ด้านต่ำกว่าอีกครั้ง และด้วยเหตุนี้จึงเรียกด้านที่อยู่ต่ำกว่าว่าด้านระเหย (Evaporation Section) และเรียกด้านที่อยู่สูงกว่าด้านควบแน่น (Condensation Section)

ในการใช้ฮีทไปป์ในการลดความชื้น ฮีทไปป์สามารถใช้ในการลดความชื้นในระบบปรับอากาศ โดยการติดตั้งฮีทไปป์คร่อมคอยล์เย็น (Cooling Coil) ของระบบปรับอากาศ ฮีทไปป์ที่ติดตั้งจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก เรียกว่า ส่วนให้ความเย็นเบื้องต้น (Precool Heat Pipe Section) ซึ่งอยู่ทางช่องลมเข้าก่อนที่จะผ่านคอยล์เย็น เมื่ออากาศร้อนผ่านฮีทไปป์ส่วนนี้ อากาศร้อนจะถ่ายเทความร้อนให้ฮีทไปป์ อากาศที่ผ่านไปยังคอยล์เย็นจึงมีอุณหภูมิลดลงกว่าปกติ ทำให้คอยล์เย็นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากไอน้ำกลั่นตัวได้มาก อุณหภูมิของอากาศที่ผ่านคอยล์เย็นจะเย็นกว่าเครื่องปรับอากาศทั่วไป (Overcooled Air)

ในขณะที่ฮีทไปป์ส่วนแรกรับพลังงานจากลมร้อน สารทำความเย็นภายในตัวฮีทไปป์จะระเหยและพาความร้อนที่ได้รับจากอากาศร้อนนั้น ไปยังฮีทไปป์ส่วนที่สอง (Reheat Heat Pipe Section) เมื่ออากาศจากคอยล์เย็นผ่านฮีทไปป์ส่วนที่สอง ก็จะได้รับความร้อนจากฮีทไปป์ส่วนนี้ ทำให้อากาศที่ผ่านระบบมีอุณหภูมิที่พอเหมาะ

ขั้นตอนทั้งหมดเกิดขึ้นโดยไม่อาศัยพลังงานจากภายนอก และผลที่ได้คือ เครื่องปรับอากาศสามารถดึงเอาความชื้นจากอากาศได้สูงกว่าปกติ



รูปที่ 2.11 การใช้ฮีทไปป์ในการลดความชื้น

2.11 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

ส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้งานกันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ชนิดที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก มีข้อดี คือ ไม่มีแปรงถ่าน ทำให้การสูญเสียเนื่องจากความฝืดมีค่าน้อยมีตัวประกอบกำลังสูงการบำรุงรักษาคำการเริ่มเดินทำได้ไม่ยากความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ สร้างง่าย ทนทาน ราคาถูก และมีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อเสีย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของมอเตอร์ทำได้ยาก ปัจจุบันได้มีการพัฒนาชุดควบคุมอินเวอร์เตอร์ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบของมอเตอร์และเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลนี้ พลังงานไฟฟ้าไม่ได้นำเข้าสู่ที่โรเตอร์โดยตรง แต่ได้จากการเหนี่ยวนำ (Induction) จึงนิยมเรียกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับว่า มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor)

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แบ่งออกได้ 2 แบบ ได้แก่ แบบโรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor) และโรเตอร์แบบพันขดลวด (Wound Rotor) มอเตอร์ทั้งสองแบบนี้จะมีส่วนประกอบที่เหมือน ๆ กัน คือ ส่วนที่อยู่กับที่ แต่จะแตกต่างกันเฉพาะส่วนที่เคลื่อนที่เท่านั้น



รูปที่ 2.12 มอเตอร์ 3 เฟส

ส่วนที่อยู่กับที่ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

2.11.1 โครงมอเตอร์ (Frame) ทำจากเหล็กหล่อเหนียว หรือเหล็กเหนียวเป็นรูปทรงกระบอกกลวงมีฐานเป็นขาตั้ง ด้านข้างตัวมอเตอร์จะมีกล่องสำหรับต่อสายไฟ (Terminal Box) โครงทำหน้าที่จับยึดแกนเหล็กที่พันขดลวดให้แน่นอยู่กับที่ และรองรับน้ำหนักทั้งหมดของมอเตอร์ที่ผิวด้านนอกของโครงจะออกแบบให้มีครีป เพื่อช่วยในการระบายความร้อนของมอเตอร์



รูปที่ 2.13 โครงมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

2.11.2 แกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator Core) ทำมาจากแผ่นเหล็กบาง ๆ อัดซ้อนกันและยึดติดเข้ากับโครงของมอเตอร์ มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก และด้านในทำเป็นสล็อต ไว้สำหรับพันขดลวด นอกจากนี้แกนเหล็กยังทำหน้าที่เป็นทางเดินของวงจรแม่เหล็ก



รูปที่ 2.14 แกนเหล็กสเตเตอร์และขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

2.11.3 ขดลวดสเตเตอร์ (Stator Winding) ซึ่งเป็นขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในสล็อตของแกนเหล็กสเตเตอร์ และเป็นลวดทองแดงที่เคลือบด้วยฉนวนไฟฟ้าอย่างดี เมื่อพันเสร็จแล้วจะอบด้วยน้ำมันวานิชและอบให้แห้งอีกครั้งหนึ่งมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่สเตเตอร์มีขดลวดพันอยู่ 3 ชุด หรือ 3 เฟส ซึ่งแต่ละเฟสจะทำมุมห่างกัน 120 องศาไฟฟ้า และขดลวดแต่ละเฟสจะต่ออนุกรมกันเหมือนกับขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ แต่ละเฟสมีกลุ่มของขดลวดอีก เช่น มอเตอร์ที่มี 36 สล็อต (Slot) 4 ขั้วแม่เหล็ก (Pole) 3 เฟส (Phase) จำนวนสล็อตต่อขั้ว (Slot/ Pole) จะมีค่าเท่ากับ 9 สล็อต ดังนั้นจำนวนกลุ่มของขดลวดในหนึ่งขั้วแม่เหล็กต้องเท่ากับ 9 ชุด และแบ่งจำนวนกลุ่มของขดลวดต่อหนึ่งเฟสจะมีค่าเป็น 3 ชุด ในการพันขดลวดทั้งสามชุดของแต่ละเฟสนี้จะพันลงสล็อตเรียงกันไป 3 สล็อต และการพันขดลวดทั้ง 9 ชุดในหนึ่งขั้วจะพันเรียงกันไป 9 สล็อต

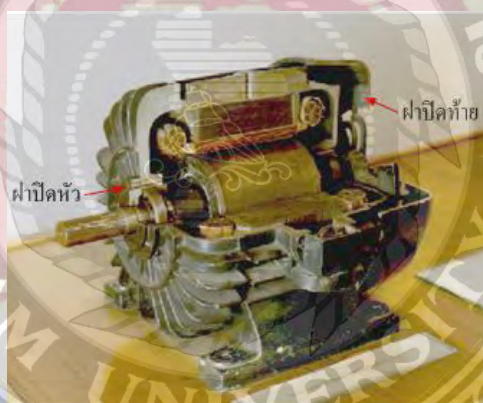
เมื่อพันขดลวดจนครบทั้ง 36 ขดแล้ว จะสังเกตเห็นว่าในหนึ่งสล็อตจะมีขดลวด 2 ขด ซึ่งเป็นด้านของขดลวดที่ต่างกัน เรียกว่า การพันขดลวดแบบสองชั้น (Two Layer) เป็นที่นิยมพันกันโดยทั่วไป

เนื่องจากลักษณะการพันขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์จะเหมือนกับขดลวดอาร์เมเจอร์ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งระยะพิทช์ (Pitch) ของขดลวดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ได้แก่ ขดลวดที่มีระยะพิทช์เต็ม (Full Pitch) และระยะพิทช์เศษส่วน (Fractional Pitch or Short Pitch)

การพันขดลวดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ส่วนมากพันขดลวดเป็นแบบพิทช์เศษส่วน ซึ่งมีข้อดีดังนี้

- 1) เพื่อลดค่าลี้กเกจรีแอ็กแตนซ์ ทำให้มอเตอร์มีค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์สูงขึ้น
- 2) การพันขดลวดมีความแข็งแรงขึ้น เนื่องจากความกว้างของขดลวดแคบลง
- 3) ประหยัดขดลวดทองแดงที่ใช้พันมอเตอร์
- 4) ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper Losses)

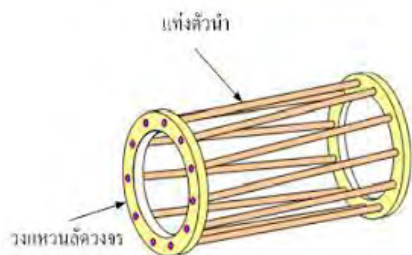
2.11.4 ฝาปิดหัวท้าย (End Plate) ทำจากเหล็กหล่อเหนียวหรือเหล็กเหนียว ฝาปิดนี้จะถูกยึดติดอยู่กับโครงมอเตอร์ด้วยสลักเกลียว มีแปรงอยู่ตรงกลางสำหรับรองรับเพลลา เพื่อให้โรเตอร์ หมุนอยู่ในแนวศูนย์กลางพอดี



รูปที่ 2.15 ฝาปิดหัวท้าย

2.11.5 ส่วนที่เคลื่อน มีอยู่ 2 แบบ ได้แก่ โรเตอร์แบบกรงกระรอกและโรเตอร์แบบพันขดลวด ซึ่งโรเตอร์ทั้งสองแบบนี้ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ แกนเหล็กโรเตอร์ ขดลวดทองแดง ใบพัด และเพลลา

ก) โรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel Cage Rotor) ประกอบด้วยแกนเหล็กที่ทำมาจากแผ่นเหล็กบาง ๆ มีลักษณะกลมอัดซ้อนกัน โดยมีเพลลาร้อยทะลุเพื่อยึดให้แน่น ที่ผิวของโรเตอร์นี้จะมีสล๊อตไปตามทางยาว และในสล๊อตจะมีแท่งตัวนำทองแดงหรืออะลูมิเนียมฝังอยู่โดยรอบ ที่ส่วนปลายของแท่งตัวนำจะเชื่อมติดกับวงแหวนโลหะ ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกรงกระรอก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกว่า โรเตอร์แบบกรงกระรอก ในปัจจุบันตัวนำที่ฝังอยู่ในสล๊อตของโรเตอร์จะใช้วิธีหล่อตัวนำที่เป็นโลหะผสมหรืออะลูมิเนียมเข้าไปเลย รวมทั้งหล่อวงแหวนตัวนำที่มีครีช่วยระบายความร้อนเชื่อมเข้ากับปลายตัวนำแต่ละด้านของโรเตอร์ด้วย



รูปที่ 2.16 โรเตอร์แบบกรงกระรอก

โรเตอร์พันขดลวด (Wound Rotor) เป็นโรเตอร์ที่มีส่วนประกอบคล้ายกับโรเตอร์กรงกระรอก แตกต่างกันตรงที่ตัวนำที่ใช้จะพันด้วยขดลวดทองแดงเคลือบด้วยฉนวนไฟฟ้าอย่างดี จำนวน 3 ชุด หรือ 3 เฟส พันอยู่ในสลอต แต่ละเฟสจะวางทำมุมห่างกัน 120 องศาไฟฟ้า และต้องพันขดลวดให้มีจำนวนขั้วแม่เหล็กเท่ากับจำนวนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ด้วย ขดลวดทั้ง 3 ชุดจะต่อกันแบบสตาร์ (Star) และปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับสลิปริง (Slip Ring) 3 วงที่ติดอยู่บนเพลาด้านหนึ่ง ซึ่งจะมีแปรงถ่านสัมผัสอยู่เพื่อต่อไปยังอุปกรณ์ควบคุมภายนอก (ตัวต้านทานปรับค่าได้)

ดังนั้นมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่มีโรเตอร์แบบนี้จึงนิยมเรียกว่า สลิปริงมอเตอร์ (Slip Ring Motor) และการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ทำได้โดยการเพิ่มหรือลดค่าความต้านทานภายนอกที่ต่อผ่านทางสลิปริง มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่มีโรเตอร์แบบพันขดลวดจะให้แรงบิดเริ่มเดินสูง เมื่อมอเตอร์หมุนเข้าสู่ความเร็วปกติ สลิปริงจะถูกลัดวงจรทำให้โรเตอร์ทำงานแบบกรงกระรอก



รูปที่ 2.17 โรเตอร์แบบพัน

ขดลวด

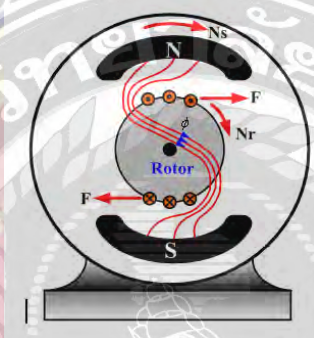
2.12 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้กับขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นที่ขดลวดสเตเตอร์ โดยจะหมุนตัดกับตัวนำโรเตอร์ที่วางอยู่ในสลอตที่โรเตอร์ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวนำของโรเตอร์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่

โรเตอร์ผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กที่สเตเตอร์กับเส้น เส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่ตัวนำและทำให้โรเตอร์หมุนไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์

การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก

เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสให้กับขดลวดสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นที่สเตเตอร์ด้วยความเร็วเชิงโคโรนัส สนามแม่เหล็กหมุนนี้จะเคลื่อนที่ตัดขดลวดที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำบนโรเตอร์ แต่ตัวนำบนโรเตอร์นี้ได้ถูกลัดวงจรไว้ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลที่ตัวนำนี้ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์เกิดชั่วเหวี่ยงและชั่วได้ขึ้นในโรเตอร์เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์ผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กที่สเตเตอร์กับเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่โรเตอร์และทำให้โรเตอร์หมุนไปได้และมีทิศทางตามทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์



รูปที่ 2.18 การเกิดแรงบิดที่ตัวนำของโรเตอร์

2.13 คุณสมบัติและการนำไปใช้งาน

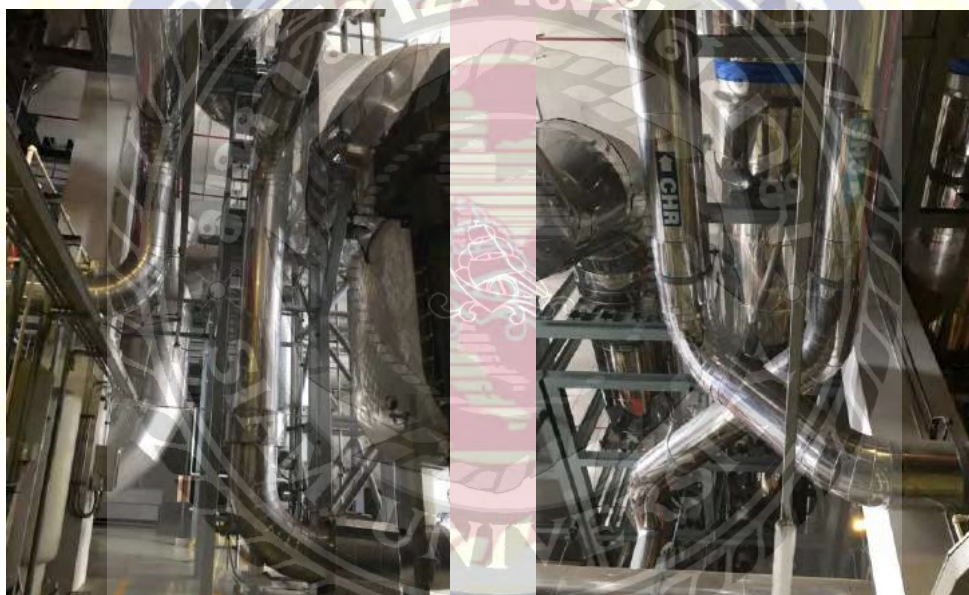
พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอกในสภาวะที่ขับโหลดเต็มพิกัด ดังแสดงในรูปที่ 2.18 พบว่าแรงบิดในสภาวะปกติที่โหลดเต็มพิกัดคือ T และแรงบิดในสภาวะที่โรเตอร์หยุดนิ่งเท่ากับ 1.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด สำหรับแรงบิดเบรกคาวาน์จะมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด

ที่โหลดเต็มพิกัดความเร็วรอบของมอเตอร์จะเท่ากับ N_r แต่ถ้าแรงบิดของโหลดเพิ่มขึ้นความเร็วจะลดลง จนกระทั่งมอเตอร์สร้างแรงบิดได้เท่ากับแรงบิดของโหลด ในสภาวะดังกล่าวมอเตอร์ยังคงหมุนไปได้ แต่เมื่อใดก็ตามที่แรงบิดของโหลดเกินกว่า 2.5 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด ซึ่งเรียกว่าแรงบิดเบรกคาวาน์ จะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนอย่างรวดเร็ว เพราะวามอเตอร์ไม่สามารถสร้างแรงบิดขึ้นมาเท่ากับแรงบิดของโหลดได้ สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่มีขนาดเล็กกว่า 10 kW ความเร็วที่แรงบิดเบรกคาวาน์จะมีค่าประมาณ 80 % ของความเร็วเชิงโคโรนัส แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีพิกัดมากกว่า 1,000 kW ความเร็วที่แรงบิดเบรกคาวาน์จะมีค่าประมาณ 98% ของความเร็วเชิงโคโรนัส มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอกส่วนมากจะนำไปใช้เป็นตัวขับเคลื่อนเครื่องกลชนิดต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรมเช่น เครื่องกลึง เครื่องไส

เครื่องกัก เครื่องเจียรไน ปัมไฮดรอลิกส์ ปัมน้ำ คอมเพรสเซอร์ และงานอื่น ๆ เนื่องจากมีคุณลักษณะให้แรงบิดในการเริ่มเดินที่ดี และมีความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ ส่วนมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบพันขดลวดจะใช้กับงานหนัก ใช้ความต้านทานภายนอกช่วยในการเริ่มเดินจะได้แรงบิดในตอนเริ่มเดินสูงสุด และกระแสเริ่มเดินจะลดลง

2.14 ระบบท่อน้ำเย็น (Chilled Water Piping)

ระบบนี้ไม่เกี่ยวข้องกับระบบท่อน้ำยาแต่อย่างใด ระบบท่อน้ำเย็น คือ ระบบท่อนำน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ไปยัง FCU และ AHU เมื่อน้ำร้อนขึ้นก็นำกลับมาทำให้เย็นที่เครื่อง ทำน้ำเย็นใหม่ จัดว่าเป็นระบบปิด (Close System) เพราะน้ำเย็นจะหมุนเวียนอยู่อย่างนี้ภายในระบบท่อน้ำไปเรื่อย ๆ เมื่อน้ำพร่องลงเนื่องจากรั่วหรือมีการระบายน้ำทิ้งบ้าง จึงจะเติมน้ำเข้ามาชดเชย ซึ่งมักจะเติมกันที่ถังที่เรียกว่า Expansion Tank



รูปที่ 2.19 ระบบท่อน้ำเย็น

เหตุที่ต้องมี Expansion Tank ก็เนื่องจากปริมาตรของน้ำจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และเนื่องจากระบบเป็นระบบปิดดังกล่าวแล้ว จึงต้องมีที่ให้น้ำที่ขยายตัวไปพักไว้หาไม่แล้วจะเกิดความดันจากการขยายตัวของน้ำ ทำให้ระบบท่อน้ำเสียหายได้ การหมุนเวียนของน้ำเย็นอาศัยแรงขับเคลื่อนจากเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ท่อน้ำเย็นที่ส่งน้ำเย็นเรียกว่า Chilled Water Supply จะมีน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 7 องศาเซลเซียส ท่อน้ำเย็นหลังจากออกจาก FCU และ AHU เรียกว่า Chilled Water Return จะมีน้ำเย็นที่อุณหภูมิประมาณ 12 องศาเซลเซียส ท่อทั้งหมดจะต้องหุ้มฉนวน เพราะที่อุณหภูมินี้หากไม่หุ้มฉนวนจะมีน้ำเกาะและหยดลงเป็นทางได้ การเดินท่อน้ำเย็นจะต้องมีการพิจารณา

ความดันและน้ำในท่อไม่ให้แตกต่างกันมากระหว่างต้นทางและปลายทางของท่อ ไม่เช่นนั้นมักจะมีปัญหาในการควบคุมปริมาณน้ำเข้า FCU และ AHU ดังนั้น หากพบว่าท่อเดินไกลก็อาจจะต้องแบ่งเครื่องสูบน้ำเย็นเป็นชุดที่มีความดันสูง และชุดที่มีความดันปานกลาง หรืออาจจะต้องเดินท่อเป็นแบบที่เรียกว่า Reverse Return เพื่อเฉลี่ยให้ระยะทางท่อไป-กลับ FCU หรือ AHU ใกล้เคียงกันทุกตัว การควบคุมอุณหภูมิในระบบปรับอากาศในกรณีที่ใช้ระบบน้ำเย็นนี้อาศัยเทอร์โมสแตทเหมือนกัน โดยเทอร์โมสแตทจะวัดอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศแล้วไปสั่งการทำงานของวาล์วควบคุมปริมาณน้ำเย็นอัตโนมัติซึ่งจะติดอยู่ที่ FCU และ AHU แต่ละตัว ถ้าห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้น เทอร์โมสแตทก็จะสั่งให้วาล์วเปิดให้น้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นมากขึ้น และถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้ วาล์วก็จะห้ให้น้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นน้อยลง อุปกรณ์ประกอบในระบบท่อน้ำเย็นยังมีอีกหลายอย่างเช่น วาล์วเปิด ปิด ที่จะติดตั้งไว้ตามจุดที่สำคัญ เพื่ออำนวยความสะดวกในการซ่อมบำรุงหรือเดินท่อเพิ่ม วาล์วระบายน้ำที่จุดต่ำสุดของท่อเพื่อระบายตะกอน เช่น จี๊เชื่อมที่อยู่ในท่อน้ำวาล์วปรับปริมาณน้ำ (Balancing Valve) เพื่อช่วยในการ ปรับสมดุลของระบบ วาล์วระบายอากาศ (Air Vent) เพื่อระบายอากาศที่ค้างอยู่ในท่อ และตามคอยล์เย็นใน FCU และ AHU ข้อต่อเพื่อรับการขยายตัว หดตัวของท่อ (Expansion Valve) ข้อต่ออ่อน (Flexible Connector) เพื่อลดการส่งผ่านของการสั่นสะเทือนจากเครื่องสูบน้ำ เครื่องวัดความดันที่วัดอุณหภูมิ ฯลฯ

คอยล์เย็นที่ทำงานปกติ จะต้องเย็นและมีน้ำเกาะและหยดไหลดูตลอดเวลา หากคอยล์แห้งเย็นซึ่ๆ แสดงว่าผิดปกติจะต้องดูว่าน้ำเย็นไหล เข้าคอยล์เย็นได้สะดวกหรือไม่ และมีลมค้างอยู่ภายในท่อน้ำหรือคอยล์น้ำเย็นหรือไม่ เพราะลมที่ค้างอยู่จะขวางไม่ให้น้ำไหล (Air Block) ต้องไล่อากาศนี้ออกทาง Air Vent

บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท มาร์จินอล จำกัด

ที่ตั้ง ศูนย์ราชการแจ้งวัฒนะ สำนักงานเขตหลักสี่ 999 ซอยแจ้งวัฒนะ 10 ถนนแจ้งวัฒนะ
แขวงทุ่งสองพี่น้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10201

โทรศัพท์ 02-9339866

เวลาทำการ วันจันทร์-ศุกร์ เวลา 8:00-17:00 น.



รูปที่ 3.1 อาคารสำหรับปฏิบัติงานสหกิจ (บริษัทผลิตไฟฟ้าและพลังงานร่วม จำกัด ศูนย์ราชการฯ)

3.2 ลักษณะการประกอบการ การให้บริการหลักขององค์กร

บริษัท มาร์จินอล จำกัด และกลุ่มบริษัทในเครือ เอ็ม พร็อพเพอร์ตี้ กรุ๊ป ก่อตั้งขึ้นในปี 2534 เพื่อให้บริการด้านงานบริหารจัดการอสังหาริมทรัพย์อย่างครบวงจร ตามลักษณะของอสังหาริมทรัพย์อันหลากหลายในปัจจุบัน ด้วยประสบการณ์อันยาวนานในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ ประกอบกับทีมงานมืออาชีพของมาร์จินอล และกลุ่มบริษัทในเครือ เอ็ม พร็อพเพอร์ตี้ กรุ๊ป ท่านจึงมั่นใจได้ว่า บริการของเราจะสามารถตอบสนองความต้องการของท่าน ในการจัดการและดูแลให้อสังหาริมทรัพย์ รวมถึงสภาพแวดล้อม ให้อยู่ในสภาพที่ดีสมบูรณ์แบบอยู่เสมอ

3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร



รูปที่ 3.2 แผนผังองค์กร

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

3.4.1 ตำแหน่งที่ได้รับมอบหมาย

นาย อภิเดช เกตุหิรัญ รหัสประจำตัว 6003200002 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ตำแหน่ง ช่างเทคนิค

นาย พงศกร ทาธิมา รหัสประจำตัว 6003200008 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ตำแหน่ง ช่างเทคนิค

3.4.2 ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

- ตรวจสอบ บันทึกข้อมูลประจำวันของเครื่องระบบทำความเย็น
- ศึกษาการวางแผนการดูแล บำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ
- รับงานแจ้งซ่อมเบื้องต้นจากแผนกต่างๆ

3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา นายศิริระ ปริญาชัย

ตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรมซ่อมบำรุง

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

ระหว่างวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2562

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.7.1 ศึกษางานต่าง ๆ ของการทำงานระบบต่างๆจากพี่เลี้ยง

3.7.2 ศึกษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ในศูนย์ราชการ

3.7.3 ศึกษาการทำงานของทีมงานแก่ระบบขัดข้องต่างๆ

3.7.4 ปฏิบัติงานซ่อมและการบำรุงรักษา

3.7.5 สรุปและบันทึกผลการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินการโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม
1. ตั้งหัวข้อของโครงการ	↔			
2. รวบรวมข้อมูลของโครงการ	↔↔↔			
3. เริ่มเขียนโครงการ		↔↔↔		
4. ตรวจสอบโครงการ		↔↔↔		
5. โครงการเสร็จเรียบร้อย			↔↔↔↔↔	

บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

4.1 ลักษณะงานที่ได้มอบหมาย

ในโครงการสหกิจศึกษาทางคณะผู้จัดทำได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติงานตามแผนงานการบริการการบำรุงรักษาเพื่อการป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) เป็นการวางแผนโดยกำหนดระยะเวลาในการเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่บางส่วน หรือการฟื้นฟูปรับเปลี่ยนอะไหล่ทั้งหมด (Overhaul) เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น เป็นการวางแผนการป้องกันไว้ล่วงหน้าทำให้ไม่ต้องหยุดการใช้งานหรืออุปกรณ์แบบฉุกเฉิน โดยทั่วไประยะเวลาในการทำงานสามารถหาข้อมูลอ้างอิงได้จากคู่มือของผู้ผลิตหรือจากแผนการบำรุงรักษาที่ใช้งานอยู่ เช่น การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องและกรองน้ำมัน, การเปลี่ยนกรองอากาศ ข้อดีคือ สามารถทำการวางแผนการบำรุงรักษาและแผนการใช้อุปกรณ์ได้ง่าย โดยทั่วไปมักจะปฏิบัติตามคู่มือผู้ผลิต ทำให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ได้มากกว่าการบำรุงรักษาแบบแก้ไขได้ เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการใช้ทรัพยากรที่สูง ได้อย่างคุ้มค่า

4.2 การตรวจสอบสภาพแผงกรองอากาศ (Air Filter)

เพื่อตรวจสอบพื้นผิวของแผ่นกรองอากาศว่าอยู่ในสภาพที่สามารถกรองฝุ่น แมลง เศษใบไม้ ได้หรือไม่ ไม่มีรอยฉีกขาด ตะเข็บรอบต่ออยู่ในสภาพที่สมบูรณ์



รูปที่ 4.1 การตรวจสอบสภาพของแผงกรองฝุ่น (Air Filter)

4.3 การทำความสะอาดแผงกรองอากาศ (Air Filter)

เพื่อชำระล้างสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วให้กลับมามีสภาพการใช้งานใหม่ได้ดังเดิม โดยไม่ต้องเปลี่ยนแผงกรองอากาศใหม่



รูปที่ 4.2 การทำความสะอาดแผงกรองอากาศ (Air Filter)

4.4 การทำความสะอาดชุดลดความชื้นด้วยฮีทไพป์ (Heat Pipe)

เมื่อฮีทไพป์ถูกใช้งานในระยะเวลาหนึ่งแล้ว จะมีฝุ่นผงจำนวนมากมาเกาะติดที่แผง จึงต้องล้างทำความสะอาดใหม่เพื่อให้กลับมามีความสามารถในการลดความชื้นในการใช้งานครั้งต่อไป



รูปที่ 4.3 การถอดชุดลดความชื้นด้วยฮีทไพป์ (Heat Pipe)



รูปที่ 4.4 การทำความสะอาดชุดลดความชื้นด้วยฮีทไปป์ (Heat Pipe)



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน

- 5.1.1 การซ่อมบำรุงอุปกรณ์บางชนิดต้องมีผู้ควบคุมในการทำงาน
- 5.1.2 อุปกรณ์ที่เปลี่ยนต้องมีค่าเหมือนกันหรือค่าใกล้เคียงกัน เพื่อป้องกันอุปกรณ์ไม่ให้เสียหาย
- 5.1.3 ในการตรวจซ่อมอุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องใช้ความรอบคอบและระมัดระวังในการทำงาน
- 5.1.4 งานที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติด้วยความรอบคอบ เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย
- 5.1.5 งานที่ปฏิบัติต้องคำนึงถึงความปลอดภัย และผลกระทบที่จะตามมาเพื่อลดความสูญเสียไม่ว่าจะเป็นต่ออุปกรณ์หรือตัวของผู้ปฏิบัติเอง
- 5.1.6 สามารถเข้าใจหลักการทำงานของระบบต่าง ๆ ในอาคารได้เป็นอย่างดี

5.2 ประโยชน์ด้านสังคม

- 5.2.1 ได้มีการปฏิบัติงานเป็นทีม มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี
- 5.2.2 ได้ทราบถึงการทำงานจริงและปัญหาที่เกิดขึ้นจริง
- 5.2.3 ได้เข้าถึงการวางตัวในแต่ละแผนกต่าง ๆ อย่างเหมาะสม
- 5.2.4 เพิ่มพูนประสบการณ์ในเรื่องการทำงาน การเสนอแนะความคิดเห็นต่อแผนกอื่น ๆ
- 5.2.5 เรียนรู้บุคคลอื่น ๆ ทั้งภายในหน่วยงานและภายนอกหน่วยงาน
- 5.2.6 รู้จักรับผิดชอบต่อตนเอง รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และการตรงต่อเวลา

5.3 ประโยชน์ด้านการทำงาน

- 5.3.1 ได้เรียนรู้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม
- 5.3.2 ได้เรียนรู้และได้ทำงานเกี่ยวกับงานด้านความปลอดภัยในอาคาร
- 5.3.3 ได้เรียนรู้เครื่องมือที่สนับสนุนการทำงานให้สะดวกรวดเร็วขึ้น
- 5.3.4 สามารถนำไปใช้งานได้ในชีวิตประจำวันที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน
- 5.3.5 ได้รู้จักการวางแผน กำหนดขอบเขตการทำงาน จัดลำดับความสำคัญก่อนและหลัง
- 5.3.5 ได้รู้จักกฎระเบียบ ความปลอดภัย ระบบประกันคุณภาพ (ISO) การอนุรักษ์พลังงาน
- 5.3.6 ได้เรียนรู้การประสานงานการดำเนินงานกับ ผู้รับเหมา

5.4 ปัญหาในการปฏิบัติงาน

- 5.4.1 ในช่วงแรกของการฝึกงานสหกิจไม่สามารถทำงานตามที่ได้รับมอบหมายเกี่ยวกับการตรวจเช็คอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ทันกำหนด
- 5.4.2 ไม่มีความชำนาญการใช้เครื่องมือสมัยใหม่
- 5.4.3 มีปัญหาในการตรวจเช็คอุปกรณ์ที่ไม่มีความรู้มาก่อน
- 5.4.4 อุปกรณ์ต่าง ๆ บางตัวมีสภาพเก่าและชำรุด ขาดคู่มือในการศึกษาเวลาซ่อม หรือเช็คสภาพ
- 5.4.5 บางสถานที่ที่มีพื้นที่ในการปฏิบัติงานที่จำกัด สิ่งแวดล้อมไม่เอื้ออำนวย

5.5 การแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน

- 5.5.1 สอบถามพนักงานประจำ หรือพนักงานพี่เลี้ยงที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน
- 5.5.2 ทดลองปฏิบัติงานภายใต้การควบคุมของพนักงานพี่เลี้ยง
- 5.5.3 ฟังคำแนะนำจากหัวหน้า หรือผู้ดูแลอย่างตั้งใจแล้วนำมาปฏิบัติ
- 5.5.4 ในบางพื้นที่ที่ถูกจำกัดในการปฏิบัติงาน หรือสิ่งแวดล้อมรอบเป็นพิษ จะถูกจัดเวลาให้มากขึ้น
- 5.5.5 เรียนรู้และเพิ่มพูนประสบการณ์ในการตัดสินใจปฏิบัติงานจากพนักงานพี่เลี้ยง
- 5.5.6 มีการฝึกอบรมความรู้เกี่ยวกับการตรวจเช็คและการบำรุงรักษาเพิ่มเติม

5.6 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน

- 5.6.1 การทำงานเกี่ยวกับการซ่อมบำรุง ต้องมีการวางแผนล่วงหน้า เพื่อลดอัตราการเสียหายจากอายุการใช้งานที่นาน และการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร
- 5.6.2 มีการทำงานที่เป็นขั้นตอน วางแผนการทำงานเป็นประจำ แบ่งหน้าที่ให้ชัดเจน
- 5.6.3 ใช้เครื่องมือให้ถูกต้องตรงกับงาน
- 5.6.4 มีการจดบันทึกและตรวจเช็คอุปกรณ์เป็นระยะเพื่อยืดอายุการใช้งานให้กับอุปกรณ์
- 5.6.5 มีความรู้ความเข้าใจก่อนเข้าปฏิบัติงานซ่อมบำรุงรักษา ทุกครั้ง
- 5.6.6 มีจรรยาบรรณในวิชาชีพ ซื่อตรงต่อหน้าที่
- 5.6.7 มีสติ ไม่ประมาทในการทำงาน มิเช่นนั้นอาจเกิดอันตรายถึงชีวิตได้

5.7 ความปลอดภัยในงานวิศวกรรม

การทำงานทางวิศวกรรม หรือการใช้เครื่องมืองานช่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือความปลอดภัยของตนเองเป็นอันดับแรกดังนี้

- 5.7.1 ตรวจสอบเครื่องมือทุกชนิดก่อนและหลังใช้งานเพื่อให้ใช้งานได้อย่างปลอดภัย
- 5.7.2 ใช้เครื่องมือให้ถูกต้องกับประเภทของงาน เช่น ไขมีเตอร์ให้ถูกต้องกับค่าที่เราจะวัด
- 5.7.3 แต่งกายให้เหมาะสมกับชนิดของงาน
- 5.7.4 สถานที่ทำงานควรมีแสงสว่าง และอากาศถ่ายเทอย่างพอเพียง
- 5.7.5 การแก้ไขอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องตัดกระแสไฟฟ้าออกเสียก่อน โดยยกสวิตช์ขึ้นและต้องเขียนป้ายบอกแจ้งกำลังซ่อมไฟฟ้า
- 5.7.6 ไม่พกพาเครื่องมือที่มีคมในกระเป๋าเสื้อหรือกางเกง
- 5.7.7 ไม่แตะต้องอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อร่างกายเปียกชื้น
- 5.7.8 ไม่ติดตั้งเตารีดตำกินไป อาจเป็นอันตรายเมื่อเด็กเล่นหรือน้ำท่วมถึงได้ง่าย
- 5.7.9 ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานอุตสาหกรรม
- 5.7.10 ปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ได้วางแผน
- 5.7.11 ศึกษาคู่มือการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เข้าใจก่อนการใช้งาน
- 5.7.12 ขั้วต่อต่าง ๆ ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องแน่น และมั่นคงแข็งแรง
- 5.7.13 ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้ถูกต้อง เช่น ใช้ฟิวส์ให้ถูกขนาดตามพิกัด
- 5.7.14 ไม่หยอกล้อเล่นกันในขณะทำงาน
- 5.7.15 ไม่ทำงานเกินกำลังของตนเอง

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.(ม.ป.ป.). เทคโนโลยีการลดความชื้นด้วยฮีทปั๊ม.

เข้าถึงได้จาก http://www2.dede.go.th/km_berc/downloads/menu4/เทคโนโลยี/ฮีทปั๊ม

ไชยชาญ หินเกิด. (2543). *เครื่องกลไฟฟ้า 1 (พิมพ์ครั้งที่ 8)*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ทรงฤทธิ์ สิริวัฒนะ. (2540). *เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยุคเข่น.

Advance Thermo Solution.(ม.ป.ป.). *Absolute Absorption Chiller*. เข้าถึงได้จาก

<https://www.advancethermo.com/16763244/absorption-chiller>

Energy Guru.(2015). *วัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดซึม*. เข้าถึงได้จาก

<https://ienergyguru.com/2015/09/absorption-refrigeration-system/>

HONOURS HVAC.(2016). *Chilled Water Piping* เข้าถึงได้จาก

<http://www.honor1999.co.th/faq/detail/28>

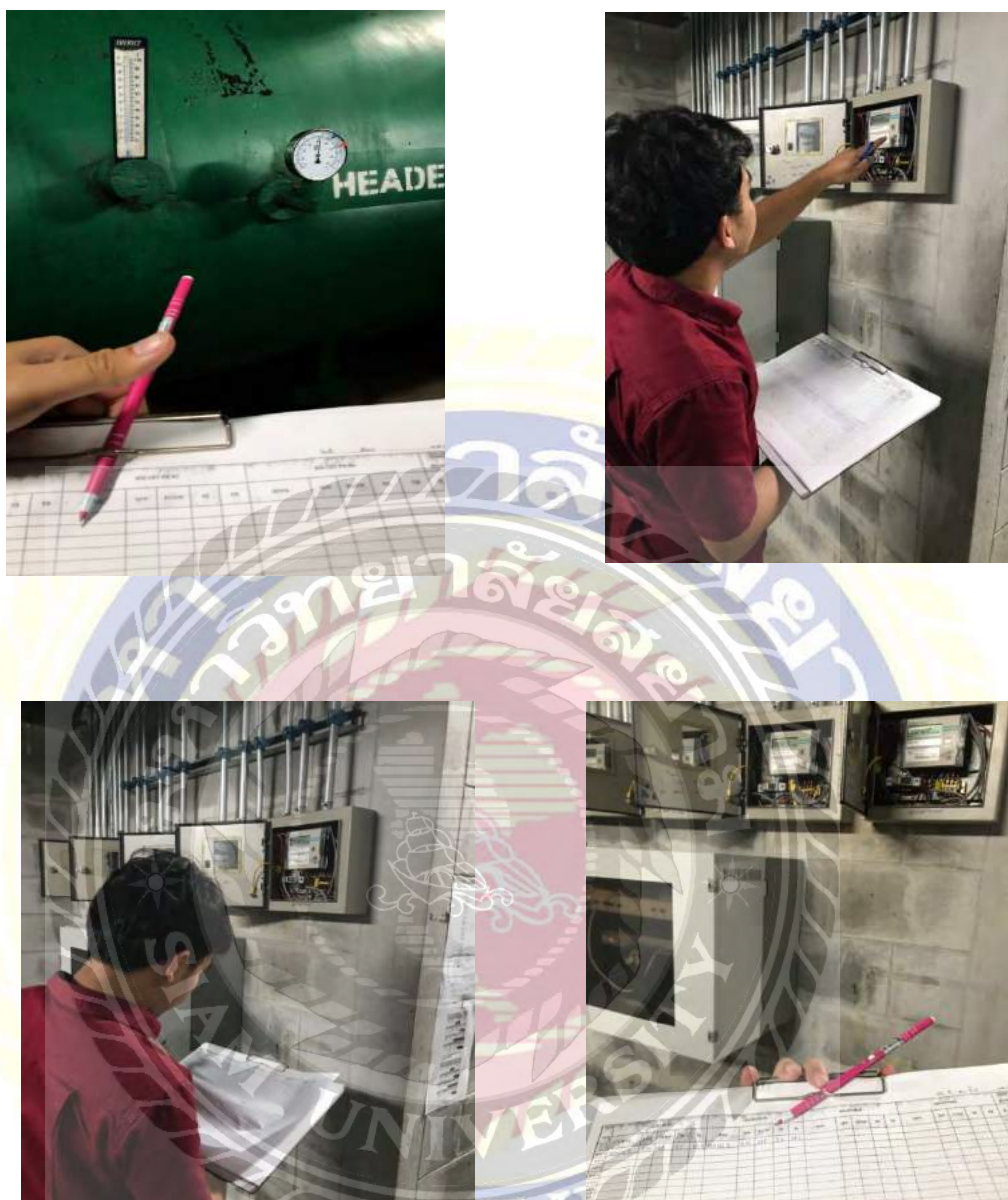
NACRES.(2015.). *Air Handling Unit*. เข้าถึงได้จาก

<http://nacres.co.th/home.html/>

The logo of Siam University is a circular emblem. It features a central red and gold design, possibly a Thai royal crest, surrounded by a blue ring with the university's name in Thai and English. The outermost ring is yellow with a repeating pattern.

ภาคผนวก ก

(การปฏิบัติงานสหกิจในส่วนที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อรายงาน)



การจดบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าอุณหภูมิของน้ำเย็น



งานตรวจสอบค่าอุณหภูมิของลมที่ผ่านการควบคุมการทำความเย็น



งานตรวจสอบท่อส่งจ่ายน้ำเย็น



งานตรวจสอบมอเตอร์ปั๊มน้ำจ่ายเย็น



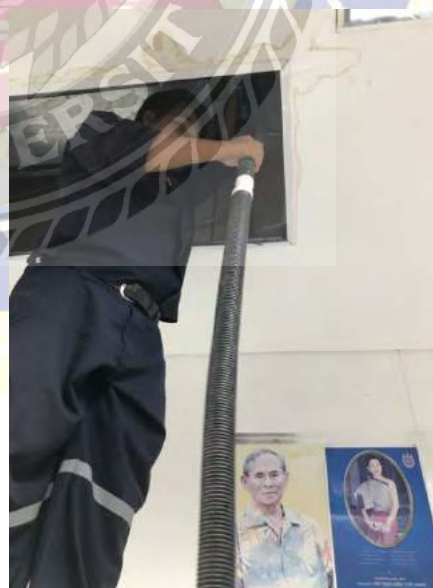
งานตรวจสอบเครื่องควบคุมระบบไฟฟ้า



งานทำความสะอาดแผงกรองอากาศ (Air Filter)



• งานทำความสะอาดช่องจ่ายลมเย็น (Air Grille Diffuser)



งานกำจัดน้ำที่เกิดการกลั่นตัวนอกระบบ (Condensate Water)

ภาคผนวก ข

(การปฏิบัติงานสหกิจในสำนักงานด้านบำรุงรักษาเพิ่มเติม)





การเข้าอบรมพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์



การศึกษาระบบไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์



การตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าแผงโซลาร์เซลล์



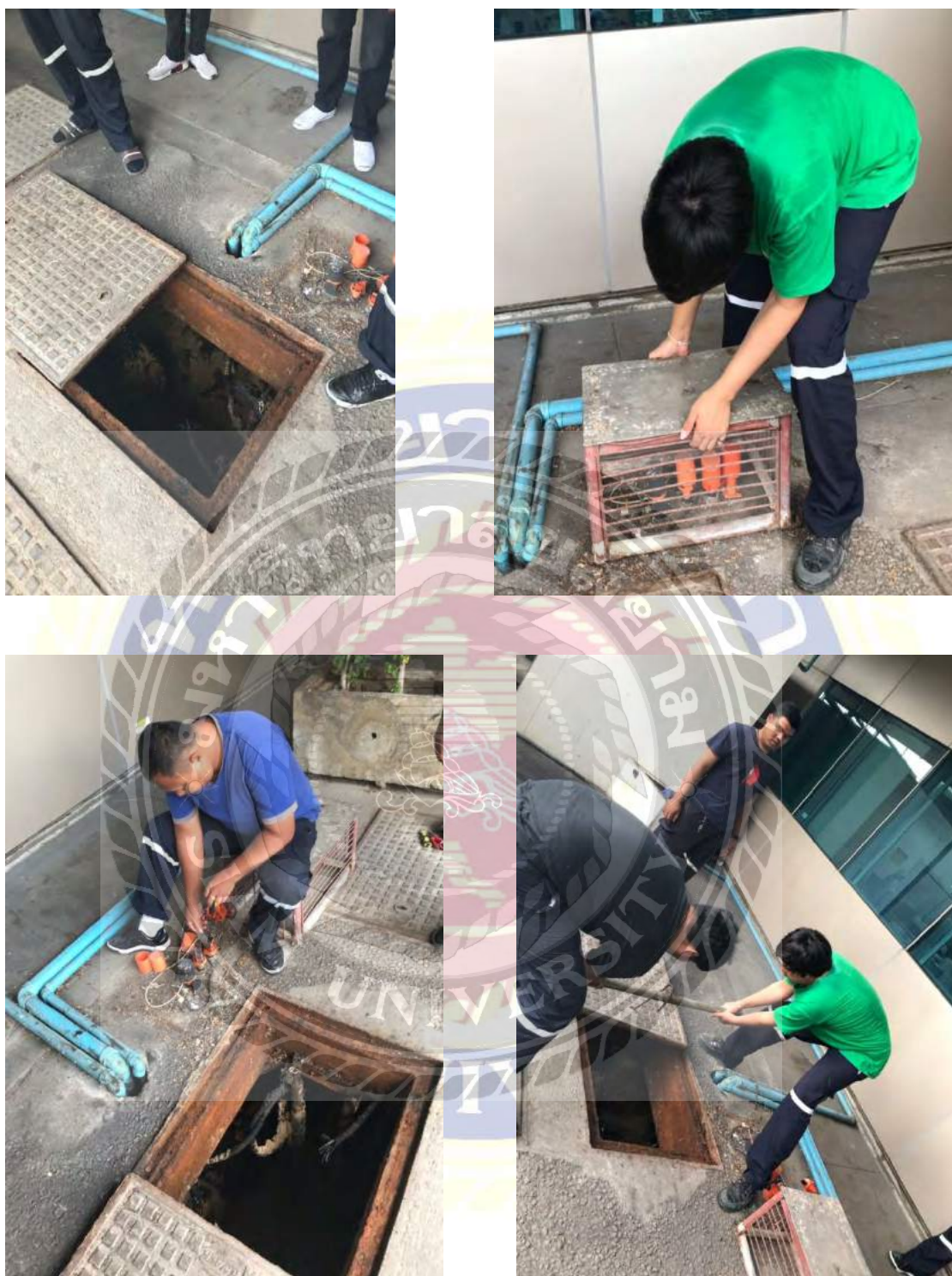
การซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าสำรอง



การตรวจสอบท่อสายยางดับเพลิง (Fire Hose)



การซ่อมบำรุงระบบไฟฉุกเฉิน



การซ่อมบำรุงระบบบำบัดน้ำเสีย



การปรับปรุงแผนผังระบบทางเดินไฟฟ้า



การวางแผนตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ตรวจจับควัน (Smoke Detector)



ประวัติคณะผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล

นายพงศกร ทาธิมา

รหัสนักศึกษา

6003200008

ที่อยู่

515/118 ซอยประดู่33 ถนนประดู่1 แขวงบางโคล่
เขตบางคอแหลม กรุงเทพฯ 10120

การศึกษา

- พ.ศ. 2552-2555 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (สาขาไฟฟ้ากำลัง)
โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม
- พ.ศ. 2555-2557 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (สาขาไฟฟ้ากำลัง)
โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม
- พ.ศ. 2560-ปัจจุบัน กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วศ.บ.) มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพฯ



ชื่อ-นามสกุล

นายอภิเดช เกตุหิรัญ

รหัสนักศึกษา

6003200002

ที่อยู่

43/10 หมู่ที่ 4 ถนนกาญจนาภิเษก ตำบลศาลากลาง
อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 11130

การศึกษา

- พ.ศ. 2554-2556 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (สาขาอิเล็กทรอนิกส์)
โรงเรียนช่างฝีมือทหาร สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ สังกัด
กองทัพไทย
- พ.ศ. 2558-2559 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (สาขาไฟฟ้ากำลัง)
โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม
- พ.ศ. 2560-ปัจจุบัน กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วศ.บ.) มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพฯ