



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การประหยัดพลังงานเครื่องทำน้ำเย็นчилเลอร์ด้วยอุปกรณ์ควบคุมรอบมอเตอร์

Energy Savings of Water-cooled Chillers with Variable Speed Drives

โดย

นายทวีชัย จันทรเอี่ยม 6123200016

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2562

หัวข้อโครงการ การประหยัดพลังงานเครื่องทำน้ำเย็นчилเลอร์ด้วยอุปกรณ์ควบคุมรอบมอเตอร์

Energy Savings of Water-cooled Chillers with Variable Speed Drives

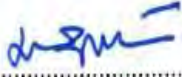
รายชื่อผู้จัดทำ นายทวีชัย จันทรเอี่ยม

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์โตมร สุนทรนภา

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2562




..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)



จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2563

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์โตมร สุนทรนภา

ตามที่ผู้จัดทำ นายทวีชัย จันทรเอี่ยม นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ระหว่างวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2563 ถึงวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2563 ในตำแหน่ง วิศวกรไฟฟ้า ณ บริษัท JLL จำกัด และได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาให้ทำการศึกษาและทำรายงานเรื่อง การประหยัดพลังงานเครื่องทำน้ำเย็นчилเลอร์ด้วยอุปกรณ์ควบคุมรอบมอเตอร์

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ผู้จัดทำจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่ม และ CD จำนวน 1 แผ่น เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นายทวีชัย จันทรเอี่ยม

นักศึกษาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ตามที่ได้จัดทำ ได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษากับ สถานประกอบการบริษัท JLL จำกัด ณ อาคาร FYI CENTER ตั้งแต่วันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2563 นั้น ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่มีค่ามากมาย รายงานสหกิจศึกษานี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

- 1) คุณ เวนิช เพิ่มสวัสดิ์ ตำแหน่ง วิศวกรอาคาร
- 2) คุณ สมพร บุญเที่ยงตรง ตำแหน่ง หัวหน้าช่างเทคนิค
- 3) อาจารย์โตมร สุนทรนภา อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา

และบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ได้กล่าวชื่อนามทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการจัดทำรายงานเล่มนี้

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจกับชีวิตของการทำงานจริงซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

ทวีชัย จันทรเอี่ยม

12 กันยายน 2563

ชื่อโครงการ : การประหยัดพลังงานเครื่องทำน้ำเย็นซิลเลอร์ด้วยอุปกรณ์ควบคุมรอบมอเตอร์

หน่วยกิต : 5

ผู้จัดทำ : นายทวีชัย จันทร์เอี่ยม

อาจารย์ที่ปรึกษา: อาจารย์โตมร สุนทรนภา

ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี

สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา : 2/2562

บทคัดย่อ

รายงานการปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษานี้ นำเสนอผลการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน ณ บริษัท JLL จำกัด มีระยะเวลาฝึกงานสหกิจศึกษา ตั้งแต่วันที่ 15 มกราคม 2563 จนถึงวันที่ 25 เมษายน 2563 รวม 15 สัปดาห์ บริษัท JLL จำกัด เป็นบริษัททางด้านการดูแลระบบไฟฟ้า สุขาภิบาล แสงสว่าง และเครื่องปรับอากาศ การฝึกงานในครั้งนี้ ได้กำหนดหัวข้อศึกษา เป็นเรื่องการประหยัดพลังงานเครื่องทำน้ำเย็นซิลเลอร์ด้วยอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์และการทำงานเป็นระบบของอาคาร นำเทคนิคการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ VSD มาประยุกต์ใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นซิลเลอร์จำนวน 5 ตัว บนพื้นที่ ทำความเย็นขนาด 2,116 ตารางเมตร ค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน (kWh/m²) ได้ทำการวัดก่อนและหลังการใช้มาตรการประหยัดพลังงาน ได้ผลพบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ดีกว่าการทำงานแบบ By-Pass ได้ถึง 37.5 %

คำสำคัญ : การประหยัดพลังงาน เครื่องทำน้ำเย็นซิลเลอร์ อุปกรณ์ควบคุมรอบมอเตอร์

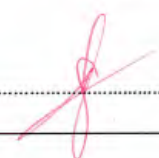
Project Title : Energy Savings of Water-cooled Chillers with Variable Speed Drives
Credits : 5 Units
By : Mr. Taweechai Janiam 6123200016
Advisor : Mr. Tomorn Soontronnapa
Degree : Bachelor of Engineering
Major : Electrical Engineering
Faculty : Engineering
Semester/Academic year : 2/2019

Abstract

This cooperative education project report presented the learning and performance results at JLL Company Limited from 15 January 2020 until 25 April 2020, a total of 15 weeks. JLL Company Limited is a company that maintains electrical, sanitation, lighting and air conditioning systems. This internship defined the topic of study on energy saving, water-cooled chillers with variable speed control devices and building systems. The VSD motor speed control technique was applied to 5 water-cooled chillers with a cooling area of 2,116 square meters. The specific energy consumption index (kWh/m²) was measured before and after the use of energy saving measures. The results showed that energy saving were 37.5% better than previous operations.

Keywords : Energy Saving, Water-cooled Chiller, Variable Speed Drive

Approved by



.....

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	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีและหลักการของระบบปรับอากาศ	2
2.2 ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	3
2.3 การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี	5
2.4 ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ	7
2.5 การควบคุมระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ	8
2.6 การควบคุมระบบ Chiller ภายในอาคาร FYI CENTER	9
2.7 การตรวจสอบและการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ	10
2.8 การจัดการพลังงาน	10
2.9 วิเคราะห์ประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็น	11
2.10 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์	15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1	ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	17
3.2	ลักษณะการให้บริการของสถานประกอบการ	18
3.3	ตำแหน่งและงานที่รับมอบหมาย	18
3.4	ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา	18
3.5	แผนผังองค์กร	19
3.6	ผังการดำเนินงาน	20
3.7	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	20

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

4.1	วิธีและมาตรการ การประหยัดพลังงาน	21
4.2	การปรับขนาด Chiller ที่เหมาะสมในการทำงาน	22
4.3	การเปรียบเทียบการทำงานของ AHU	24
4.4	ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้าและการทำงาน	25
4.5	แผนผังพื้นที่ ที่ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิ	28
4.6	ผลการทดลองมอเตอร์หรือปั๊มน้ำ	30

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1	สรุปผลของการดำเนินงาน	32
5.2	สรุปผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	32
5.3	ข้อเสนอแนะ	33

บรรณานุกรม

ประวัติคณะผู้จัดทำ

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 วัฏจักรอัดไอ	2
รูปที่ 2.2 ภาระในระบบปรับอากาศ	5
รูปที่ 2.3 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น	8
รูปที่ 2.4 การควบคุมระบบ Chiller ภายในอาคาร	9
รูปที่ 3.1 แผนที่ อาคาร FYI CENTER	17
รูปที่ 3.2 แผนผังฝ่ายบริหารอาคาร	19
รูปที่ 4.1 วิธีการตั้งเวลาเปิดปิด Chiller 01 - 03	21
รูปที่ 4.2 ตารางการเปิดปิดระบบ Chiller ก่อนเริ่มมาตรการ	22
รูปที่ 4.3 ตารางหลังจากการปรับเปลี่ยนเวลาการทำงานของ Chiller	22
รูปที่ 4.4 ผัง AHU ชั้น 5 อาคาร 1	24
รูปที่ 4.5 ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-02 ขณะช่วงเวลา 08.00 น	25
รูปที่ 4.6 ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-04 ขณะช่วงเวลา 08.00 น By-Pass	25
รูปที่ 4.7 ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-02 ขณะช่วงเวลา 11.00 น	26
รูปที่ 4.8 ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-04 ขณะช่วงเวลา 11.00 น By-Pass	26
รูปที่ 4.9 ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-02 ขณะช่วงเวลา 13.00 น	26
รูปที่ 4.10 ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-04 ขณะช่วงเวลา 13.00 น By-Pass	27
รูปที่ 4.11 ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-02 ขณะช่วงเวลา 15.00 น	27
รูปที่ 4.12 ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-04 ขณะช่วงเวลา 15.00 น By-Pass	27
รูปที่ 4.13 แสดงอุณหภูมิชั้น 5 อาคาร 1 ช่วงเวลา 08.00 น	28
รูปที่ 4.14 แสดงอุณหภูมิชั้น 5 อาคาร 1 ช่วงเวลา 13.00 น	28
รูปที่ 4.15 แสดงอุณหภูมิชั้น 5 อาคาร 1 ช่วงเวลา 16.00 น	29

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบต่างๆ	6
ตารางที่ 2.2 ตาราง Part load เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 1-2 (900 tons)	11
ตารางที่ 2.3 ตาราง Part load เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 3 (450 tons)	12
ตารางที่ 2.4 ตาราง Part load เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 4 (220 tons)	13
ตารางที่ 2.5 ตาราง Part load เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 5 (110 tons)	14
ตารางที่ 4.1 ตารางคำนวณการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าก่อนเริ่มมาตรการ	23
ตารางที่ 4.2 ตารางคำนวณการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าหลังเริ่มมาตรการ	23
ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้า	29
ตารางที่ 4.4 ตารางการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 33.5 kW ทำงานแบบ VSD	30
ตารางที่ 4.5 ตารางการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 33.5 kW ทำงานแบบ By-Pass	30
ตารางที่ 4.6 ตารางการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 17.3 kW ทำงานแบบ By-Pass	31
ตารางที่ 4.7 ตารางการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 17.3 kW ทำงานแบบ VSD	31

บทที่1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในครั้งนี้เกิดขึ้นโดยความร่วมมือระหว่าง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม และสถานประกอบการบริษัท JLL จำกัด ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จริงโดยนำความรู้จากการเรียนในห้องเรียนไปผสมผสานกับการปฏิบัติงานที่หน่วยงานเสมือนพนักงานจริง โดยนักศึกษามีโอกาสได้ตอบรับเข้าทำงานหรือมีความพร้อมในการทำงานจริงมากขึ้นเมื่อจบการศึกษาไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานสหกิจ

- 1.2.1 เพื่อให้ให้นักศึกษามีความพร้อมทั้งความรู้ในด้านสาขาที่ตนเรียน
- 1.2.2 เพื่อให้ มีความอดทน และมีความรับผิดชอบและมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี
- 1.2.3 เพื่อเรียนรู้การทำงานจริงและการใช้ชีวิตจริงในการทำงาน
- 1.2.4 เพื่อให้ให้นักศึกษามีโอกาสพัฒนาความรู้ ทักษะ ความชำนาญในด้านสาขาที่เรียน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 โครงการสหกิจศึกษานี้มีขอบเขตในการศึกษาการประหยัดพลังงานเครื่องทำความเย็น Chiller จำนวน 5 ตัวภายในอาคาร FYI CENTER โดยมีพื้นที่ทำความเย็นขนาด 2116 ตารางเมตร ใช้หลักการ VSD เปรียบเทียบกับ By-Pass

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

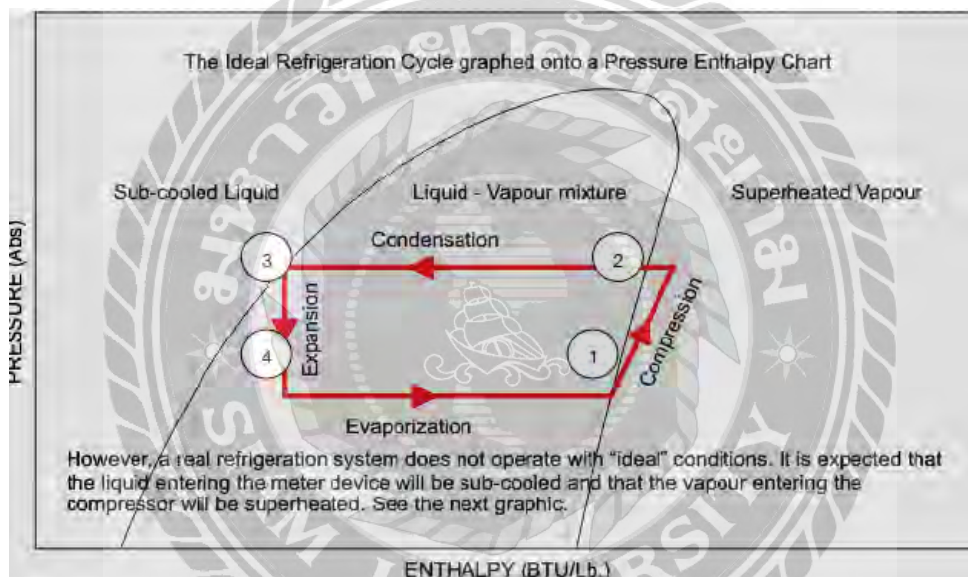
- 1.4.1 สามารถทำให้เกิดผลประหยัดจากการใช้มาตรการ VSD กับ Chiller ได้ประมาณ 245,765 บาท/ปี
- 1.4.2 นำความรู้ความสามารถจากการเรียนมาประยุกต์ใช้ กับงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.4.3 เข้าใจถึงขบวนการทำงาน และเรียงลำดับความสำคัญของงาน
- 1.4.4 สร้างความรับผิดชอบต่อเกิดขึ้นกับตนเองและมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่การทำงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและหลักการของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศในภาคอาคารธุรกิจซึ่งได้แก่อาคารสำนักงาน โรงแรม โรงพยาบาล สถานศึกษา ถือว่ามีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด ในแต่ละสถานประกอบการมีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศอาจสูงเกิน 50% ของการใช้พลังงานทั้งหมดในอาคาร ดังนั้นการออกแบบอาคารที่ดีไม่ว่าจะเป็น การปรับภูมิทัศน์ หรือเลือกวัสดุป้องกันความร้อนประเภทต่างๆเข้ามาภายในอาคาร รวมทั้งการออกแบบ ระบบปรับอากาศและระบบควบคุมที่ดีและถูกต้องจะทำให้ประหยัดพลังงานและประสิทธิภาพการใช้ พลังงานสูงขึ้น



รูปที่ 2.1 วัฏจักรอัดไอ([http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Commercial\(PDF\)](http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Commercial(PDF)))

- 1 – 2 การอัด (Compression) อัดสารทำความเย็นสถานะก๊าซความดันต่ำ ให้เป็นก๊าซร้อนความดันสูง
 - 2 – 3 การควบแน่น (Condensing) สารทำความเย็นสถานะก๊าซควบแน่นเป็นของเหลว และคายความร้อนออก
 - 3 – 4 การขยายตัว (Expansion) จากสารทำความเย็นความดันสูงไปเป็นความดันต่ำ พร้อมทั้งลดอุณหภูมิลงและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของเหลวผสมก๊าซ
 - 4 – 1 การระเหย (Evaporation) ความร้อนจากสารตัวกลาง (อากาศหรือน้ำ) จะถูกดูดเพื่อใช้ในการระเหยของสารทำความเย็นเหลวให้เป็นก๊าซ
- ระบบปรับอากาศมักจะถูกออกแบบเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอยู่ในช่วงความสบายของ

ผู้ที่อยู่ในอาคาร หรือที่เรียกว่า Comfort Zone คืออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20-75% โดยทั่วไประบบปรับอากาศที่มีการใช้งานในภาคอาคารธุรกิจมีการออกแบบอยู่หลายประเภทดังนี้

2.2 ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่บางครั้งเรียกว่าระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศที่ขนาดใหญ่ มีจำนวนห้องที่จำเป็นต้องปรับอากาศหลายห้อง หลายโซน หรือหลายชั้น โดยส่วนใหญ่จะใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนหรือความเย็น โดยมีส่วนประกอบของระบบดังต่อไปนี้

2.2.1 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

ถือว่าเป็นหัวใจของระบบปรับอากาศประเภทนี้ ในการออกแบบระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็นนี้ เครื่องทำน้ำเย็นจะทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่เข้าและออกจากเครื่องระเหย (Evaporator) ให้ได้ 12 องศาเซลเซียส และ 7 องศาเซลเซียสโดยมีอัตราการไหลของน้ำเย็นตามมาตรฐานการออกแบบของผู้ผลิตอยู่ที่ 2.4 แกลลอนต่อนาทีต่อตันความเย็น ภายในประกอบไปด้วยระบบทำน้ำเย็นโดยมีวัฏจักรการทำความเย็นที่มีส่วนประกอบ 4 ส่วนคือ เครื่องระเหย (Evaporator) เครื่องอัดไอ (Compressor) เครื่องควบแน่น (Condenser) และวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานมีให้เลือกหลายประเภทซึ่งมีข้อดีและข้อเสียของแต่ละประเภทแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งาน หากแบ่งตามลักษณะการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น (Condenser) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

2.2.2 ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)

โดยปกติขนาดการทำความเย็นไม่เกิน 500 ตัน เหมาะสำหรับพื้นที่ปรับอากาศที่มีข้อจำกัดของพื้นที่ติดตั้ง หรือระบบน้ำสำหรับระบายความร้อน ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศจะอยู่ระหว่าง 1.4-1.6 กิโลวัตต์ต่อตัน

2.2.3 ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)

ใช้สำหรับระบบที่ต้องการขนาดการทำความเย็นมาก ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำดีกว่าระบายความร้อนด้วยอากาศโดยจะอยู่ระหว่าง 0.62-0.75 กิโลวัตต์ต่อตัน อย่างไรก็ตามเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำต้องมีการลงทุนที่สูงกว่าเนื่องจากการติดตั้งหอระบายความร้อน (Cooling Tower) เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) และยังต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมเพื่อป้องกันการสึกกร่อนและตะกอนในระบบท่อและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอันเป็นสาเหตุทำให้ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นต่ำลงในส่วน of เครื่องระเหย (Evaporator) ที่ใช้งานกับเครื่องทำน้ำเย็นทั้ง 2 ประเภทนี้มีชนิดของเครื่องระเหย 3 ชนิดหลักๆ Braze Plate มักใช้ในเครื่องทำ

น้ำเย็นขนาดต่ำกว่า 60 ตัน DX Shell and Tube โดยสารทำความเย็นไหลภายในท่อ (Tube) และน้ำอยู่โดยรอบ (Shell) Flooded Shell and Tube โดยสารทำความเย็นท่วมท่อ ส่วนน้ำจะไหลอยู่ภายในท่อและในส่วน of เครื่องอัดไอที่ใช้งานกับเครื่องทำน้ำเย็นทั้ง 2 ประเภทมีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับขนาดการทำความเย็น และลักษณะการใช้งานได้แก่

เครื่องอัดไอชนิดลูกสูบ (Reciprocating type)

เครื่องอัดไอแบบสกรู (Screw type)

เครื่องอัดไอแบบอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifugal type)

เครื่องอัดไอแบบสโครล์ (Scroll type)

แต่ละชนิดมีสมรรถนะแตกต่างกันโดยที่เครื่องอัดแบบอาศัยแรงเหวี่ยงจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบการทำความเย็นที่เท่ากัน

2.2.4 เครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สูบน้ำจากเครื่องทำน้ำเย็นไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เช่นเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) หรือคอยล์เย็น (Fan Coil Unit)

2.2.5 ระบบส่งจ่ายลมเย็น (Air Handling Unit) และท่อส่งลมเย็น (Air Duct System)

ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิอากาศภายนอก (Fresh Air) หรืออุณหภูมิอากาศไหลกลับ (Return Air) ให้อยู่ในระดับที่ควบคุมโดยอากาศจะถูกเป่าด้วยพัดลม (Blower) ผ่านแผงคอยล์น้ำเย็น (Cooling Coil) ซึ่งจะมีวาล์วควบคุมปริมาณน้ำเย็นที่ส่งมาจากเครื่องทำน้ำเย็นด้วยเครื่องสูบน้ำเย็นตามความต้องการของภาระการทำความเย็น ณ ขณะนั้น อากาศเย็นที่ไหลผ่านแผงคอยล์เย็นจะไหลไปตามระบบท่อส่งลมเย็นไปยังพื้นที่ปรับอากาศ

2.2.6 คอยล์ร้อน (Condensing Unit)

สำหรับระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ หรือหอระบายความร้อน (Cooling Tower) สำหรับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นเพื่อเปลี่ยนสถานะสารทำความเย็นจากก๊าซไปเป็นของเหลว สำหรับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำโดยหอระบายความร้อนนั้นอุณหภูมิของน้ำที่ออกแบบไว้เมื่อเข้าและออกของเครื่องควบแน่นจะอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส และ 37 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนตามมาตรฐานการออกแบบของผู้ผลิตอยู่ที่ 3.0 แกลลอนต่อนาทีต่อตันทำความเย็น เนื่องจากน้ำที่ใช้ในระบบหล่อเย็นต้องใช้เป็นปริมาณมาก จึงจำเป็นต้องใช้ระบบน้ำหมุนเวียน และใช้หอระบายความร้อนเพื่อปรับอุณหภูมิของน้ำให้ต่ำลง เพื่อสามารถนำกลับไปใช้ได้ อีก ปริมาณจะสูญเสียไปประมาณ 4-6 % ของปริมาณน้ำหมุนเวียน ซึ่งแบ่งเป็นน้ำ 2-3 % กระเด็นสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์น้ำอีก 2-3 % จะระเหยหายไป การระเหยของน้ำจะมากขึ้นเพียงใดขึ้นกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่ใช้ใน

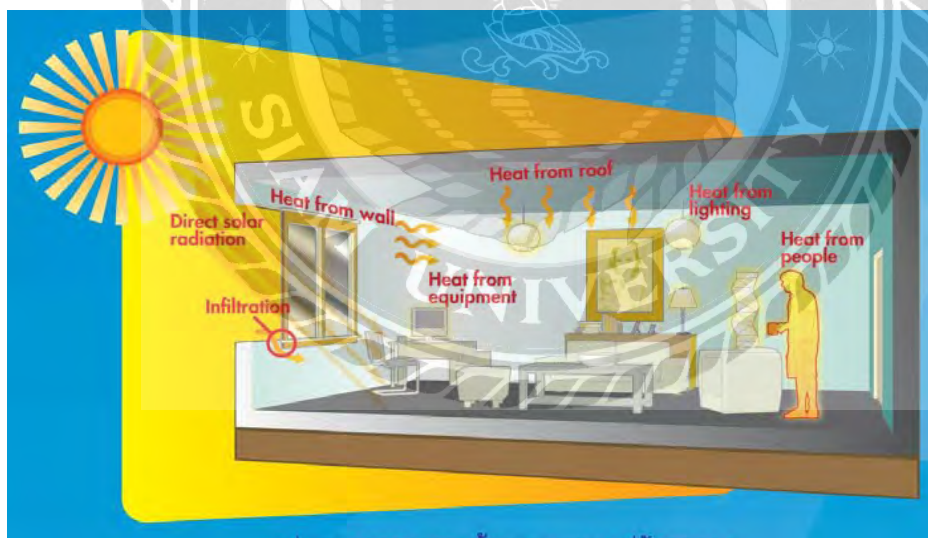
การถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศยิ่งต่ำเท่าใดเราจะยิ่งได้น้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำยิ่งขึ้น

2.3 การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี

2.3.1 ภาระในระบบปรับอากาศ

องค์ประกอบของความร้อนที่ห้องได้รับนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ความร้อนจากภายนอกอาคารและความร้อนจากภายในอาคารโดยความร้อนจากภายนอก ประกอบด้วย

1. การนำความร้อนผ่านจากผนัง หลังคา และกระจก ด้านนอก
2. การนำความร้อนผ่าน ผนังเบา เพดาน และพื้น ด้านใน
3. การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านกระจกสำหรับความร้อนจากภายใน ประกอบด้วย
4. ความร้อนจาก แสงสว่าง
5. คน และสัตว์
6. อุปกรณ์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า มอเตอร์ของเครื่องเป่าลม เป็นต้น
7. การรั่วของอากาศ
8. ที่อุณหภูมิสูงเข้าสู่ห้องหรืออาคารที่ปรับอากาศอาจจะจัดแยกอยู่อีกประเภทหนึ่งก็ได้



รูปที่ 2.2 ภาระในระบบปรับอากาศ

เมื่อพิจารณาถึงแหล่งที่มาของความร้อนของระบบปรับอากาศ จะพบว่าประมาณ 60% เป็นผลจากความร้อนที่ถ่ายเทจากภายนอกอาคาร ผ่านผนังทึบและผนังโปร่งแสงเข้าสู่ภายในตัวอาคาร ส่วนที่เหลืออีก 40% เป็นภาระความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในตัวอาคารเอง เช่น ความร้อนจากหลอดไฟฟ้า อุปกรณ์สำนักงานและความร้อนจากผู้อยู่ในอาคาร เพื่อให้ผู้ที่อยู่ในห้องปรับอากาศ มีความรู้สึกสบายดังนั้น ในการออกแบบระบบปรับอากาศจะต้องคำนึงถึงตัวประกอบดังนี้

อุณหภูมิของอากาศ

ความชื้นของอากาศ

ความเร็วของอากาศ

คุณภาพของอากาศ

ปริมาณของอากาศหมุนเวียน

การควบคุมเสียง

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบต่างๆ

ลักษณะเครื่องปรับอากาศ	ขนาดทำความเย็น (ตัน)	ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ย (กิโลวัตต์ต่อตัน)	ลักษณะการใช้งาน
แบบหน้าต่าง (Window Type)	0.5-3	1.3-1.5	บ้านพักอาศัย สำนักงาน
แบบแยกส่วน (Split Type)	0.75-3.0	1.3-1.5	บ้านพักอาศัย สำนักงาน
แบบแพ็คเกจระบายความร้อนด้วย อากาศ (Packaged Air-Cooled Air conditioner)	3-30	1.3-1.5	คอนโดมิเนียมสำนักงาน
แบบแพ็คเกจระบายความร้อนด้วยน้ำ (Packaged Water-Cooled Air	1-50	1.2	สำนักงาน คอนโดมิเนียมสำนักงาน
เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วย อากาศ (Air-Cooled Water Chiller)	3-10 10-500	1.4-1.6 1.4-1.6 (ปริมาณการกินไฟทั้งระบบ)	บ้านพักอาศัย ศูนย์คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ศูนย์คอมพิวเตอร์ โรงแรมขนาดเล็ก ห้องส่งสถานีโทรทัศน์ โรงพยาบาลขนาดเล็ก
เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Water Chiller)	500-10,000	0.8-1 (ปริมาณการกินไฟทั้งระบบ)	ศูนย์การค้าขนาดใหญ่ สำนักงานขนาดใหญ่ โรงแรม โรงพยาบาล ศูนย์คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่

2.4 ประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ

ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศสามารถคำนวณและระบุได้ 2 รูปแบบคือ

2.4.1 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficient Ratio, EER)

เช่นเดียวกับสัมประสิทธิ์ในการทำงาน เพียงแต่พลังงานความเย็นใช้มีหน่วยเป็น บีทียู / ชพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยเป็นวัตต์ เพราะฉะนั้น

$$\text{ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)} = \frac{\text{อัตราการทำความเย็น (บีทียูต่อชั่วโมง)}}{\text{กำลังไฟฟ้าป้อนเข้า (วัตต์)}}$$

สำหรับค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานจะใช้บอกประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศขนาดเล็กเช่นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน และระบบปรับอากาศแบบแพ็คเกจขนาดเล็ก

2.4.2 ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller Performance, ChP)

เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพการทำความเย็น คือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานที่เครื่องสามารถทำความเย็นได้ต่อพลังงานที่ต้องใช้ (พลังงานไฟฟ้า)

TON = ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (ตันความเย็น)หาได้จาก

$$\text{TON} = (\text{F} \times \text{T}) / 50.4$$

F = ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านส่วนทำน้ำเย็น (ลิตรต่อนาที)

T = อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้าและไหลออกจากส่วนทำน้ำเย็น (องศาเซลเซียส)

kW = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็น (กิโลวัตต์)

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (ChP)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าป้อนเข้า (กิโลวัตต์)}}{\text{อัตราการทำความเย็น (ตัน)}}$$

2.5 การควบคุมระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ

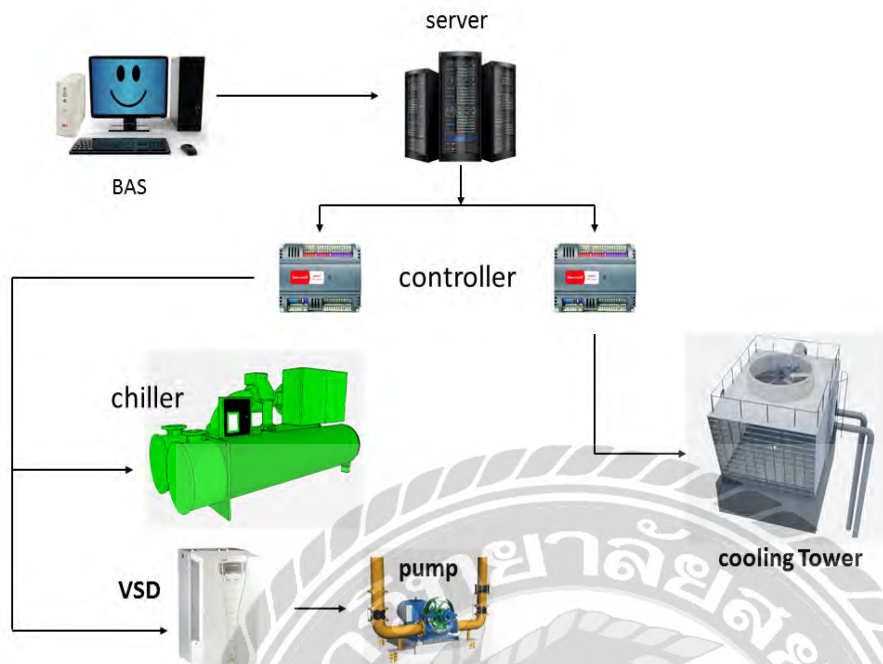
ระบบปรับอากาศที่มีการใช้งานโดยส่วนใหญ่ในอาคารธุรกิจนั้นมีทั้งประเภทระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบบปรับอากาศแบบแพ็คเกจและระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน สำหรับอาคารธุรกิจขนาดใหญ่โดยทั่วไปจะเป็นระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็นเป็นหลักดังแสดงไว้ในไดอะแกรมดังนี้



รูปที่ 2.3 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น

ส่วนในเรื่องการใช้ระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบควบคุมจะทำการตรวจสอบความต้องการของภาระทำความเย็น (Load) ณ. ขณะใดขณะหนึ่งจากนั้นจะทำการควบคุมการเดินเครื่องของเครื่องทำน้ำเย็น ให้เหมาะสมกับภาระจริง เนื่องจากโดยปกติเครื่องทำน้ำเย็นทุกประเภทจะถูกออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเครื่องทำน้ำเย็นเดินที่พิกัดภาระสูงสุด (Full Load) หากภาระของเครื่องทำน้ำเย็นลดลงประสิทธิภาพจะลดลงไปด้วยหรือการใช้พลังงานจะสูงขึ้น (Part Load) ดังนั้นเครื่องทำน้ำเย็นจึงควรเดินที่ภาระสูงที่สุดตลอดเวลา

2.6 การควบคุมระบบ CHILLER ภายในอาคาร FYI CENTER



รูปที่ 2.4 การควบคุมระบบ Chiller ภายในอาคาร

แนวทางในการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ

2.6.1 การออกแบบปรับปรุงอาคาร

ปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยรอบ

จัดทิศทางการวางตัวอาคารให้เหมาะสม (สำหรับอาคารใหม่)

ใช้วัสดุก่อสร้างที่เป็นฉนวนกันความร้อน

ป้องกันการรั่วซึมของอากาศภายนอก

ใช้การบังเงาเพื่อหลีกเลี่ยงแสงที่ส่องโดยตรงจากดวงอาทิตย์

2.6.2 การเลือกใช้อุปกรณ์

เลือกประเภทและขนาดของอุปกรณ์ให้ถูกต้อง

เลือกใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง

2.6.3 การใช้งานและการควบคุม

พื้นที่ปรับอากาศ ตั้งค่าอุณหภูมิให้เหมาะสม ไม่เย็นจนเกินไป โดยทั่วไปอุณหภูมิใช้งานในห้องทำงานไม่ควรต่ำกว่า 24 องศาเซลเซียส

หลีกเลี่ยงการใช้งานที่ไม่จำเป็นหลีกเลี่ยงการใช้อุปกรณ์ที่มีความร้อนสูงในพื้นที่ปรับอากาศ ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำเช่น เทอร์โมสตัท(Thermostat)

2.7 การตรวจสอบและการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ

เครื่องทำน้ำเย็น

- ตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น หรือค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/ton)
- ตรวจสอบความดันของสารทำความเย็นด้านความดันต่ำและความดันสูง
- อุณหภูมิของน้ำเย็นเข้าและออกจากทำน้ำเย็น
- ตรวจสอบระดับน้ำมันของเครื่องอัดไอ
- ทำความสะอาดเครื่องควบแน่น (Condenser) ทุก 6 เดือนเพื่อกำจัดตะกอนและสิ่งสกปรกที่ฝังด้านในของท่อโดยใช้น้ำยาหรือแปรงในการทำความสะอาดสำหรับเครื่องควบแน่นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ และทำความสะอาดคอยล์ร้อนโดยใช้น้ำล้างทำความสะอาดสำหรับเครื่องควบแน่นที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ
- ทำความสะอาดเครื่องระเหย (Evaporator) ทุก 6 เดือนเพื่อกำจัดตะกอนและสิ่งสกปรกที่ฝังด้านในของท่อโดยใช้น้ำยาหรือแปรงในการทำความสะอาด

2.8 การจัดการพลังงาน

- 1.เดินเครื่องทำน้ำเย็นให้เหมาะสมกับภาระทำความเย็นที่ต้องการในอาคาร
- 2.เดินเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดก่อนเสมอ
- 3.ใช้ระบบการจัดการเครื่องทำน้ำเย็นหรือ Chiller Manager กรณีที่มีการใช้เครื่องทำน้ำเย็นหลายๆ ชุด
- 4.ลดการใช้งานระบบปรับอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ
- 5.การแบ่งโซนปรับอากาศเพื่อง่ายต่อการควบคุมอุณหภูมิ
- 6.ลดการรั่วของอากาศภายนอกเข้าสู่อาคารตามกรอบอาคาร ประตู หน้าต่าง

2.8.1 การใช้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน

1. การติดตั้งฮีทปั๊มเพื่อลดความชื้นในระบบปรับอากาศ
2. การใช้วงล้อแลกเปลี่ยนความร้อนของลมเย็นทั้งกับอากาศเดิมภายนอกทำให้ลดภาระ

การใช้งานของระบบปรับอากาศ

2.8.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ไม่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในทางตรงกันข้าม อาศัยหลักของการป้องกันความร้อนและเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมาช่วยให้การออกแบบทำให้ลดการใช้พลังงาน

2.9 วิเคราะห์ประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละเครื่องในอาคาร ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ตาราง Part load เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 1-2 (900 ton) = 0.691 kW/ton



Project:
Unit Tag:
Engineer:
Customer:

Rating Program: LTC v1_188.idd
Software Version: YW 19.04b
Date: 09/30/19 13:41:29

SALES REPORT

Unit Specifications			
Model	YKKCK4H95CUG	Gear Code	RN
Rated Net Capacity (Tons)	900.0	Specified Net Capacity (Tons)	900.0
Heat Rejection Capacity (MBtu/h)	12.58		
NPLV/IP (kW/Ton.R)	0.5052	Refrigerant Type/Charge (lb)	R-134a/1803
Full Load (kW/Ton.R)	0.6167	A-Weighted SPL (dBA)	93.5
Input Power (kW)	555.1	Max Motor Load (kW)	589.0
Voltage / Hz (Input)	380 / 50.0	Oil Cooler	Refrig cln
		Condenser Gas Inlet Type	Baffle
Job FLA (Amps)	960	OptiSound Control	Y
		Isolation Valve	N
LRA (Amps)	6313	Variable Orifice	VALVE:3
Min Circuit Ampacity	1200	Starter Type	Solid State - LV Unit Mounted
Max Circuit Breaker Amps	2000	Starter Model	33L_K-50

	Evaporator	Condenser
Fluid	Water*	Water*
Tube MTI No.	321	288 / 280
Passes	2*	2*
Fouling Factor (hr-ft ² -°F/Btu)	0.000100*	0.000250*
Entering Fluid Temp (°F)	58.27	90.00*
Leaving Fluid Temp (°F)	43.70*	99.38
Fluid Flow (gpm)	1714*	2700*



Project:
Unit Tag:
Engineer:
Customer:

Rating Program: LTC v1_188.idd
Software Version: YW 19.04b
Date: 09/30/19 13:41:29

Partload Data (CEFT constant)								
% Load	Net Capacity (Tons)	% Power	Input Power (kW)	EEFT (°F)	ELFT (°F)	CEFT (°F)	CLFT (°F)	kW/Ton.R
100	900.0	100	555.1	56.27	43.70	90.00	99.38	0.6167
90	810.0	89	494.5	55.01	43.70	90.00	98.43	0.6105
80	720.0	79	440.9	53.75	43.70	90.00	97.50	0.6124
70	630.0	70	391.2	52.49	43.70	90.00	96.58	0.6210
60	540.0	62	344.4	51.23	43.70	90.00	95.65	0.6379
50	450.0	54	299.8	49.98	43.70	90.00	94.74	0.6661
40	360.0	44	248.4	48.72	43.70	90.00	93.80	0.6845
30	270.0	36	200.4	47.46	43.70	90.00	92.88	0.7422
20	180.0	28	152.9	46.21	43.70	90.00	91.96	0.8492
15	135.3	23	127.5	45.59	43.70	90.00	91.50	0.9423

ตารางที่ 2.3 ตาราง Past load เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 3 (450 ton) = 0.623 kW/ton

YORK **Project:** **Unit Tag:** **Rating Program:** LTC v1_188.idd
Engineer: **Software Version:** YW 19.04b
Customer: **Date:** 09/30/19 13:37:06

SALES REPORT

Unit Specifications			
Model	YKECERQ65ELG	Gear Code	XC
Rated Net Capacity (Tons)	450.0	Specified Net Capacity (Tons)	450.0
Heat Rejection Capacity (MBtu/h)	6.291		
NPLV/IP (kW/Ton.R)	0.5186	Refrigerant Type/Charge (lb)	R-134a/1025
Full Load (kW/Ton.R)	0.6198	A-Weighted SPL (dBA)	80
Input Power (kW)	278.9	Max Motor Load (kW)	304.0
Voltage / Hz (Input)	380 / 50.0	Oil Cooler	Refrig clr
		Condenser Gas Inlet Type	Baffle
Job FLA (Amps)	491	OptiSound Control	Y
		Isolation Valve	N
LRA (Amps)	3375	Variable Orifice	VALVE.2
Min Circuit Ampacity	614	Starter Type	Solid State - LV Unit Mounted
Max Circuit Breaker Amps	1000	Starter Model	20LBK-50

	Evaporator	Condenser
Fluid	Water*	Water*
Tube MTI No.	321	260 / 260
Passes	2*	2*
Fouling Factor (hr-ft ² -°F/Btu)	0.000100*	0.000250*
Entering Fluid Temp (°F)	58.27	90.00*
Leaving Fluid Temp (°F)	43.70*	99.37
Fluid Flow (gpm)	857.0*	1350*
Fluid Pressure Drop (ft H ₂ O)	12.7	12.5

YORK **Project:** **Unit Tag:** **Rating Program:** LTC v1_188.idd
Engineer: **Software Version:** YW 19.04b
Customer: **Date:** 09/30/19 13:37:06

Partload Data (CEFT constant)								
% Load	Net Capacity (Tons)	% Power	Input Power (kW)	EEFT (°F)	ELFT (°F)	CEFT (°F)	CLFT (°F)	kW/Ton.R
100	450.0	100	278.9	58.27	43.70	90.00	99.37	0.6198
90	405.0	89	249.0	55.01	43.70	90.00	98.43	0.6149
80	360.0	80	222.4	53.75	43.70	90.00	97.50	0.6179
70	315.0	71	198.0	52.49	43.70	90.00	96.57	0.6285
60	270.0	63	175.0	51.23	43.70	90.00	95.66	0.6481
50	225.0	55	152.5	49.98	43.70	90.00	94.74	0.6778
40	180.0	47	130.2	48.72	43.70	90.00	93.83	0.7233
30	135.0	39	107.8	47.46	43.70	90.00	92.92	0.7987
20	90.00	30	84.18	46.21	43.70	90.00	92.00	0.9353
15	67.67	26	71.25	45.59	43.70	90.00	91.53	1.053

ตารางที่ 2.4 ตาราง Past load เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 4 (220 ton) = 0.68 kW/ton



YEWS Chiller
Performance Specification

BY JOHNSON CONTROLS

Project information					
Project Name:		FYICenter		Sold To:	
Location:				Customer Purchase Order No.:	
Engineer:				Customer Contract No.:	
Contractor:				Order Date:	
Factory:				9/1/2014	
				Software Version:	
				AECworks v2.70	

Unit Tag	Qty	Model No.	Capacity (Ton)	Power Supply	Refrigerant
CH-04	1	YEWS260HA50E	247.3	380V/3Ph/50	134A

Unit Data		Evaporator		Condenser	
EFT (°F):		56.2		90.0	
LFT (°F):		43.7		99.5	
Flow Rate (GPM):		476.2		750.0	
Pressure Drop (ft water):		14.5		16.6	
Fluid Type (%):		Water		Water	
Circuit No. of Passes:		2		2	
Fouling Factor (hr·ft²/F/Btu):		0.0001		0.00025	
Tube Description:		0.025" Enhanced Boiling Copper		0.025" CSL Enhanced Copper	
Design Working Pressure (psig):		150		150	
Water Box Weight, ea (kg):		66		68	
Return Head Weight (kg):		36		41	
Water Weight (kg):				870	

Performance Data		Electrical Data		Other	
Input Power (kW):	168.0	FLA Amps:	282	Operating Wt. (kg):	7000
Efficiency(kW/TR):	0.68	MLA Amps	416	Shipping Wt. (kg):	6130
NPLV:	0.499	LRA (per comp.):	1315	Each Isolator (kg):	1750
Isolation Valves:	No	Inrush Amps:	579	Refrigerant Wt. (kg):	200
		Type Starter:	Star Delta	Oil Charge (kg):	50

NPLV					
% Load	ELWT (°F)	CEWT (°F)	Capacity(Ton)	Input Power(kW)	Efficiency (kW/TR)
100	43.7	90.0	247.3	167.92	0.68
75	43.7	77.5	185.5	104.99	0.57
50	43.7	65.0	123.6	55.74	0.45
25	43.7	65.0	61.8	30.03	0.49

ตารางที่ 2.5 ตาราง Past load เครื่องทำน้ำเย็นเครื่องที่ 5 (110 ton) = 0.70 kW/ton



YEWS Chiller Performance Specification

Project information			
Project Name:-	FYICenter	Sold To:-	
Location:-		Customer Purchase Order No.:-	
Engineer:-		Customer Contract No.:-	
Contractor:-		Order Date:-	9/1/2014
Factory:-		Software Version:-	AECworks v2.70

Unit Tag	Qty	Model No.	Capacity (Ton)	Power Supply	Refrigerant
CIL-05	1	YEWS130HA50E	124.3	380V/3Ph/50	134A

Unit Data	Evaporator	Condenser
EFT (°F):-	56.2	90.0
LFT (°F):-	43.7	99.2
Flow Rate (GPM):-	238.0	390.0
Pressure Drop (ft water):-	8.0	15.7
Fluid Type (%):-	Water	Water
Circuit No. of Passes:-	2	2
Fouling Factor (hr*F°F/Btu):-	0.0001	0.00025
Tube Description:-	0.025" Enhanced Boiling Copper	0.025" CSI Enhanced Copper
Design Working Pressure (psig):-	150	150
Water Box Weight, ea (kg):-	55	51
Return Head Weight (kg):-	32	32
Water Weight (kg):-	500	

Performance Data		Electrical Data		Other	
Input Power (kW):	87.1	FLA Amps:	146	Operating Wt. (kg):	3950
Efficiency(kW/TR):	0.70	MLA Amps:	208	Shipping Wt. (kg):	3450
NPLV:	0.569	LRA (per comp.):	1315	Each Isolator (kg):	987.5
Isolation Valves:	No	Inrush Amps:	438	Refrigerant Wt. (kg):	120
		Type Starter:	Star Delta	Oil Charge (kg):	25

NPLV					
% Load	ELWT (°F)	CEWT (°F)	Capacity(Ton)	Input Power(kW)	Efficiency (kW/TR)
100	43.7	90.0	124.3	87.13	0.70
75	43.7	77.5	93.2	55.08	0.59
50	43.7	65.0	62.2	33.15	0.53
25*	43.7	65.0	31.1	19.87	0.64

* Minimum unit capacity with AHRI 550/590 condenser water relief is 27.34%.

รายละเอียดแสดงระดับการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นตามข้อกำหนดของกฎกระทรวง(พ.ศ2538) ว่าด้วยกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์สำหรับอาคารควบคุม

หน้า ๘		
เล่ม ๑๑๒ ตอนที่ ๕๖ ก	ราชกิจจานุเบกษา	๑๕ พฤศจิกายน ๒๕๓๘
ข้อ ๕ มาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร		
ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น ที่ภาระเต็มพิกัด (full load) หรือที่ภาระใช้งานจริง (actual load) ไม่เกินกว่าค่าตามตาราง ดังต่อไปนี้		
(๑) เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ		
ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ อาคารเก่า (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	
ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (centrifugal chiller)		
ขนาดไม่เกิน ๒๕๐ ตันความเย็น	๐.๗๕	๐.๕๐
ขนาดเกินกว่า ๒๕๐ ตันความเย็น ถึง ๕๐๐ ตันความเย็น	๐.๗๐	๐.๔๕
ขนาดเกินกว่า ๕๐๐ ตันความเย็น	๐.๖๗	๐.๔๐
ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (reciprocating chiller)		
ขนาดไม่เกิน ๓๕ ตันความเย็น	๐.๕๘	๐.๑๘
ขนาดเกินกว่า ๓๕ ตันความเย็น	๐.๕๑	๐.๑๐
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (package unit)	๐.๘๘	๐.๐๖
ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (screw chiller)	๐.๗๐	๐.๔๕

2.10 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drives : VSD)

อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drives : VSD) เป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ในขบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ระบบปั๊มน้ำ พัดลม และระบบปรับอากาศอาคารขนาดใหญ่ อุปกรณ์ VSD ใช้เทคโนโลยีแบบ Flux Current Control (FCC) ทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมไม่ให้เกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนภายในตัวมอเตอร์ (Derating) และมีอุปกรณ์กำจัดสัญญาณรบกวน (Harmonic Filter) ที่เป็น อุปกรณ์มาตรฐานของเครื่องป้องกันการรบกวนสัญญาณที่ควบคุม และยัง ส่งผลดีในการประหยัดพลังงานอีกด้วย

2.10.1 ข้อดีของการใช้ VSD

1. สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ได้จากเดิมซึ่งคงที่ทั้งมอเตอร์, ปั๊มน้ำ และพัดลมทำให้ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมตามความต้องการของการทำงานในแต่ละลักษณะและยังสามารถควบคุมแบบ Close Loop Control เพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพคงที่อยู่ตลอดเวลา

2. เพิ่มคุณภาพของชิ้นงานให้ถูกต้องตามความต้องการ
3. ช่วยลดการสึกหรอของเครื่องจักรและป้องกันการสูญเสียของมอเตอร์, พัดลมและปั๊มน้ำ
4. ลดการกระชากไฟฟ้าตอนเริ่มต้นทำให้ลดค่าดีมานชาร์จโดยเฉพาะมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่
5. ประหยัดพลังงาน (Energy Saving) โดยใช้พลังงานตามความจำเป็นของโหลด



บทที่ 3

รายละเอียดภาคปฏิบัติงาน

บริษัท JLL จำกัด จัดเป็นบริษัทอันดับแรกๆ ที่เข้ามาดูแลอาคารสูงและคอนโดมิเนียมภายในกรุงเทพมหานครและขยายครอบคลุมในพื้นที่ต่างจังหวัดซึ่งทางบริษัทมีการทำงานที่เป็นระบบและการจัดการภายในองค์กรที่ชัดเจน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ



รูปที่ 3.1 แผนที่ อาคาร FYI CENTER

ชื่อบริษัท:

JLL

ที่ตั้งสำนักงานใหญ่

175 ชั้น19 อาคารสารคดีห้าเวร ถนนสาทรใต้ เขตสาทร กรุงเทพฯ

กรุงเทพฯ, ประเทศไทย 10120

โทร. : +662 624 6400

เบอร์โทรสาร : +662 679 6519

สถานที่ทำงาน (site)

อาคาร FYI CENTER 2525 ชั้น G ถนนพระราม 4 แขวงคลองเตย เขต

คลองเตย กรุงเทพฯ 10110

โทร : 02-2602525 ต่อ 0 , 114

3.2 ลักษณะการให้บริการของสถานประกอบการ

บริษัท JLL จำกัดเป็นบริษัทที่เข้ามาดูแลระบบภายในอาคารสูงในพื้นที่กรุงเทพมหานครและดูแลเกี่ยวกับด้านอสังหาริมทรัพย์ ทั้งระบบ ปรับอากาศ ไฟฟ้า แสงสว่าง และสุขาภิบาล ทั้งหมดภายในอาคารรวมทั้งงานบริการลูกค้า

3.3 ตำแหน่งและลักษณะงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบ

ตำแหน่ง ช่างเทคนิค (Technician)

เช่น งาน Operate

- ตรวจสอบตารางการเปิดปิด Chiller
- ตรวจสอบคุณสมบัติของหม้อแปลงและแรงดันของ MDB
- ตรวจสอบการทำงานของระบบ BAS
- ตรวจสอบการทำงานของ AHU
- ตรวจสอบการทำงานของ Chiller
- ตรวจสอบระบบ Fire alarm / CCTV / MDF
- ตั้ง Schedule การเปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศและแสงสว่าง

3.4 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

1. คุณ เวนิช เพิ่มสวัสดิ์ ตำแหน่ง วิศวกรอาคาร (Building Service Engineer)
2. คุณ สมพร บุญเที่ยงตรง ตำแหน่ง หัวหน้าช่าง (Senior Technician)

รูปที่ 3.2 แผนผังฝ่ายบริหารอาคาร

3.6 ผังการดำเนินงาน

ระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2563 ถึงวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2563

ที่	หัวข้องาน	สัปดาห์ที่														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	ศึกษารายละเอียดการปฏิบัติงาน															
2	เริ่ม ค้นหาข้อมูล มาตรการประหยัดพลังงาน															
3	ตรวจเช็คค่ากระแส และการทำงานของ VSD															
4	รวบรวมข้อมูลการปฏิบัติงาน															
5	เขียนโครงการ															

3.7 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

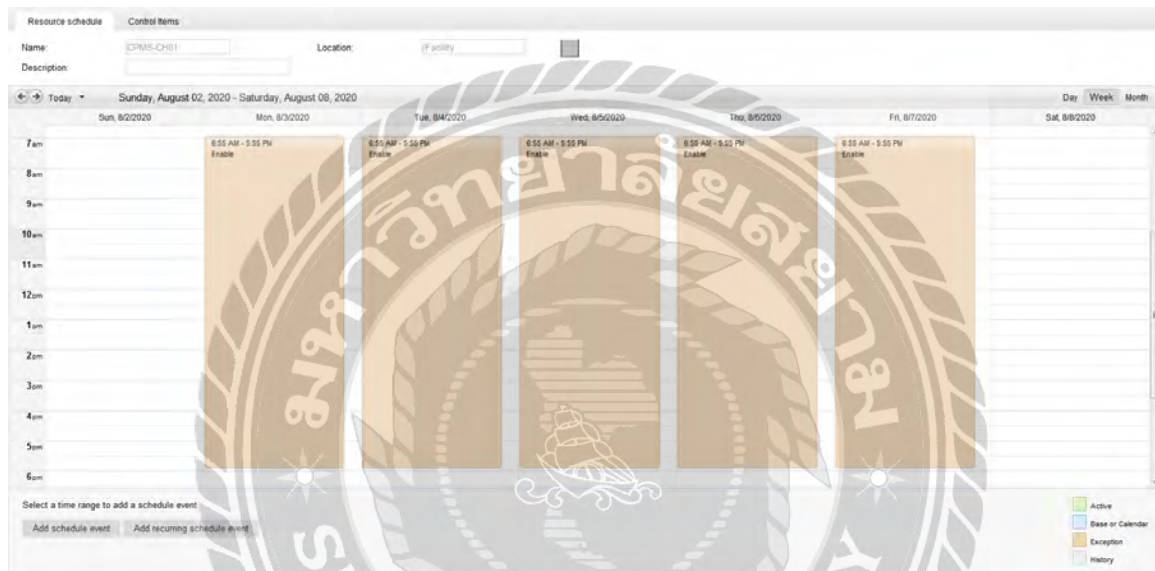
- ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter)
- คลิปแอมป์ (Clamp Meter)
- ไขควงลองไฟ ไขควงแบน แฉก (Electric Screwdriver)
- คีมตัด คีมจับ คีมปอกสายไฟฟ้า
- เทปพันสายไฟ และอื่นๆ

บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

การใช้มาตรการประหยัดพลังงานเพื่อเป็นการจัดการทำงานที่เป็นระบบมากยิ่งขึ้นและทำให้เห็นความแตกต่างของระบบที่ใช้ในการควบคุมที่สำคัญลดการสูญเสียพลังงานกับลดรายจ่ายภายในอาคารได้อย่างชัดเจน

4.1 วิธีและมาตรการ การประหยัดพลังงาน



รูป 4.1 วิธีการตั้งเวลาเปิดปิด chiller 01-03

รูปนี้เป็นการตั้งเวลาให้กับ Chiller01-03 ซึ่งสามารถกำหนดเวลาเปิดปิดได้แบบรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือนและรายปี ในภาพแสดงเวลา 07.30-18.00 น.

4.2 การปรับขนาดที่เหมาะสม

ก่อนเริ่มมาตรการ

Chiller 900 Tons จำนวน 2 ตัว Chiller 450 Tons จำนวน 1 ตัว

Chiller 220 Tons จำนวน 1 ตัว Chiller 110 Tons จำนวน 1 ตัว

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ตั้งไว้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) 43.7 องศาฟาเรนไฮต์

ตารางเวลาเปิด-ปิด ระบบ chiller plant	
อาคาร FYI CENTER	
CHILLER	Time
	6:00 6:30 7:00 7:30 8:00 8:30 9:00 9:30 10:00 10:30 11:00 11:30 12:00 12:30 13:00 13:30 14:00 14:30 15:00 15:30 16:00 16:30 17:00 17:30 18:00 18:30 19:00 19:30 20:00 20:30 21:00 21:30 22:00 22:30 23:00 23:30 0:00
Chiller 01	
Chiller 02	
Chiller 03	
Chiller 04	
Chiller 05	
ตารางการทำงาน chiller ยกเว้นวันหยุดหรือวันนักขัตฤกษ์ ที่มีการขอ O.T. จากลูกค้า	

รูปที่ 4.2 ตารางการเปิดปิดระบบ Chiller ก่อนเริ่มมาตรการ

เริ่มมาตรการ

เนื่องจากเป็นอาคารสำนักงานขนาดใหญ่พิเศษ จึงมีการใช้งาน Chiller 01-02 ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพในช่วงเวลา 07.00 น – 13.00 น เป็นเวลาที่ Chiller จะทำอุณหภูมิน้ำภายในระบบได้อย่างเต็มที่ตามที่ตั้งไว้ที่ 43.7 องศาฟาเรนไฮต์ จากนั้น จึงมีการปรับการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น เป็น Chiller 03 แทน Chiller 01 หรือ 02 ก็ได้เพื่อให้เครื่องทำน้ำเย็นอยู่ในระดับที่เหมาะสม ตั้งแต่เวลา 13.00 – 18.00 น.

ตารางเวลาเปิด-ปิด ระบบ chiller plant	
อาคาร FYI CENTER	
CHILLER	Time
	6:00 6:30 7:00 7:30 8:00 8:30 9:00 9:30 10:00 10:30 11:00 11:30 12:00 12:30 13:00 13:30 14:00 14:30 15:00 15:30 16:00 16:30 17:00 17:30 18:00 18:30 19:00 19:30 20:00 20:30 21:00 21:30 22:00 22:30 23:00 23:30 0:00
Chiller 01	
Chiller 02	
Chiller 03	
Chiller 04	
Chiller 05	

รูปที่ 4.3 ตารางหลังจากการปรับเปลี่ยนเวลาการทำงานของ Chiller

ตารางที่ 4.1 ตารางคำนวณการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าก่อนเริ่มมาตรการ

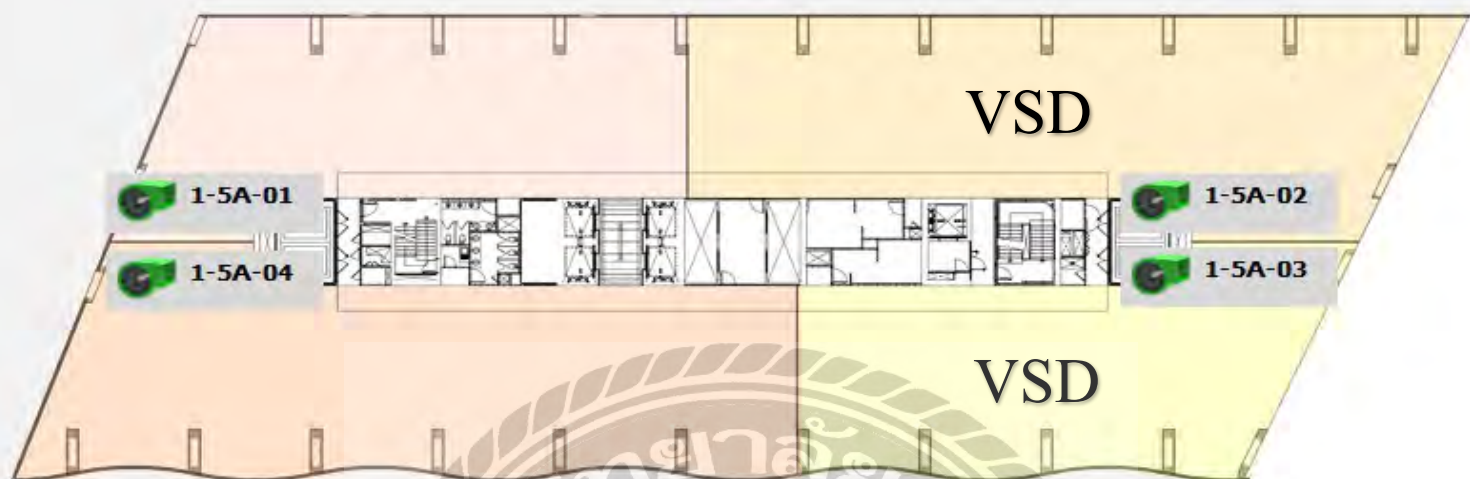
ก่อนมาตรการ								
No.	Item	TR	AVG %load	kW	hours	kWh	Avg.ค่าไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า (บาท)
1	Chiller No.1	900	69.5	369.5	11	4064.5	4.11	16,705.10
2	Chiller No.2	900	65.2	344.7	11	3791.7	4.11	15,583.89
3	Chiller No.3	450	85	235.7	1	235.7	4.11	968.73
4	Chiller No.4	220	66.5	105.0	2	209.98	4.11	863.02
								34,120.73

ตารางที่ 4.2 ตารางคำนวณการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าหลังเริ่มมาตรการ

เริ่มมาตรการ								
No.	Item	TR	%load	kW	hours	kWh	Avg.ค่าไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้า (บาท)
1	Chiller No.1	900	70	391.2	11	4303.2	4.11	17,686.15
2	Chiller No.2	900	69	368.9	5	1844.5	4.11	7,580.90
3	Chiller No.3	450	89	243.6	5.5	1339.8	4.11	5,506.58
4	Chiller No.4	220	65	104.5	2	209	4.11	858.99
								31,632.62

จากตารางที่ 6 และ 7 เป็นตารางแสดงการทำงานระหว่างก่อนเริ่มมาตรการ การประหยัดพลังงาน และช่วงเริ่มมาตรการ เนื่องจากปรับขนาดของ Chiller ให้เหมาะสมกับช่วงเวลาจึงทำการปรับขนาดของ Chiller ลงและยังสามารถทำอุณหภูมิภายในอาคารได้ปกติเพื่อลดพลังงานและค่าความค่าไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังเริ่มมาตรการ

4.3 การเปรียบเทียบการทำงานของ AHU โดยทำงานผ่าน VSD และทำงานไม่ผ่าน VSD



รูปที่ 4.4 ผัง AHU ชั้น 5 อาคาร 1

โดย ขนาด AHU 1-5A-01 และ 1-5A-03 มีขนาดเท่ากัน 3.7 kW
 ขนาด AHU 1-5A-02 และ 1-5A-04 มีขนาดเท่ากัน 5.5 kW

เนื่องจากทางอาคาร FYI CENTER มีการใช้ระบบในการสั่งงาน AHU เป็นทั้งแบบการ Start By-Pass หรือ Direct start และ การ Start แบบ VSD ซึ่งทางอาคารจะใช้เป็นแบบ VSD เป็นหลัก ซึ่งจะทำให้การประหยัดพลังงานที่มากกว่าแบบ By-pass ในกรณีที่ใช้ระบบ By-pass เฉพาะเวลาที่ VSD มีปัญหา หรือมีการเข้าตรวจเช็ค P.M. และการใช้แบบ VSD ลดกระแสไฟฟ้าช่วงการ Start มอเตอร์ ได้ดีกว่าใช้การ Start แบบ By-Pass จึงได้ทำการเปรียบเทียบการใช้งานระหว่าง 2 ระบบเพื่อให้ความแตกต่างการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้าระหว่าง VSD กับ By-Pass

4.4 ตรวจเช็คกระแสไฟฟ้าและการทำงาน

4.4.1 แสดงการทำงานระหว่าง AHU ที่ทำงานแบบ VSD และไม่ใช่ VSD ช่วง เวลา 8.00 น.



รูปที่ 4.5

ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-02 ขณะช่วงเวลา 08.00 น เพื่อทำการเก็บข้อมูลการทำงานของ VSD



รูปที่ 4.6 ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า

AHU 1-5A-04 ขณะช่วงเวลา 08.00 น เพื่อทำการเก็บข้อมูลการทำงานของ By-Pass

4.4.2 แสดงการทำงานระหว่าง AHU ที่ทำงานแบบVSD และไม่ใช่ VSD ช่วง เวลา 11.00 น.



รูปที่ 4.7

ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-02 ขณะช่วงเวลา 11.00 น เพื่อทำการเก็บข้อมูลการทำงานของ VSD



รูปที่ 4.8 ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า

AHU 1-5A-04 ขณะช่วงเวลา 11.00 น เพื่อทำการเก็บข้อมูลการทำงานของ By-Pass

4.4.3 แสดงการทำงานระหว่าง AHU ที่ทำงานแบบVSD และไม่ใช่ VSD ช่วง เวลา 13.00 น.



รูปที่ 4.9

ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-02 ขณะช่วงเวลา 13.00 น เพื่อทำการเก็บข้อมูลการทำงานของ VSD



รูปที่ 4.10 ตรวจสอบวัดกระแสไฟฟ้า

AHU 1-5A-04 ขณะช่วงเวลา 13.00 น. เพื่อทำการเก็บข้อมูลการทำงานของ By-Pass

4.4.4 แสดงการทำงานระหว่าง AHU ที่ทำงานแบบVSD และไม่ใช่ VSD ช่วง เวลา 15.00 น.



รูปที่ 4.11

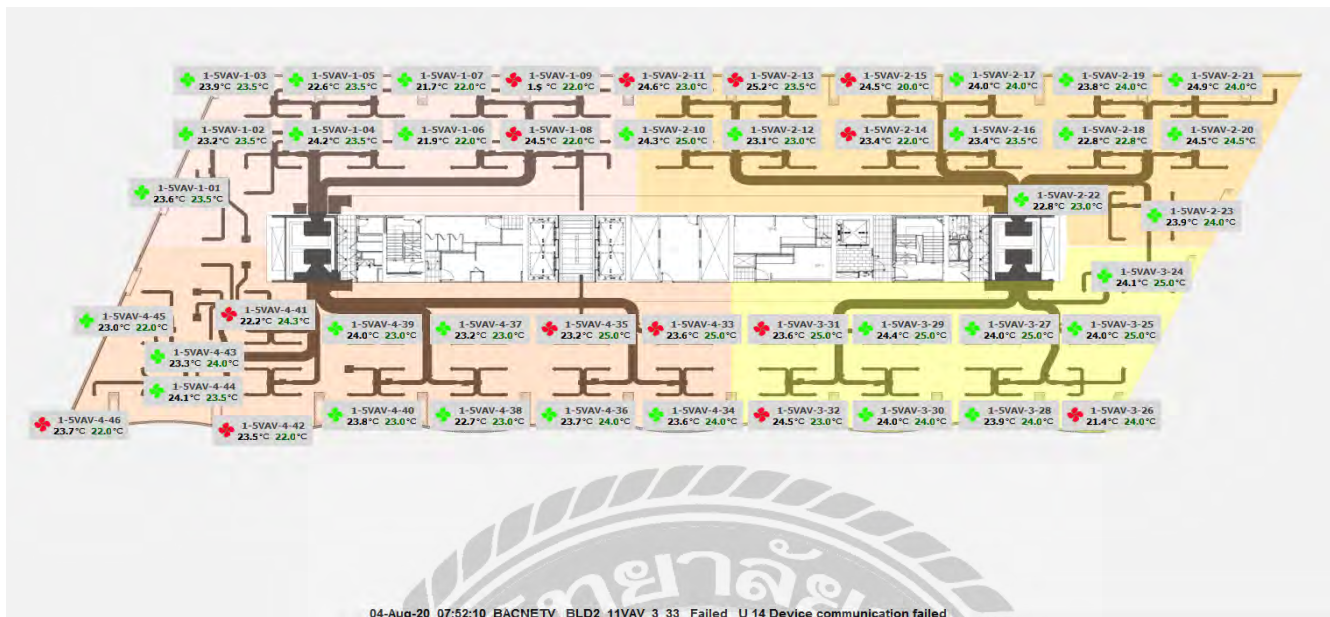
ตรวจสอบวัดกระแสไฟฟ้า AHU 1-5A-02 ขณะช่วงเวลา 15.00 น. เพื่อทำการเก็บข้อมูลการทำงานของ VSD



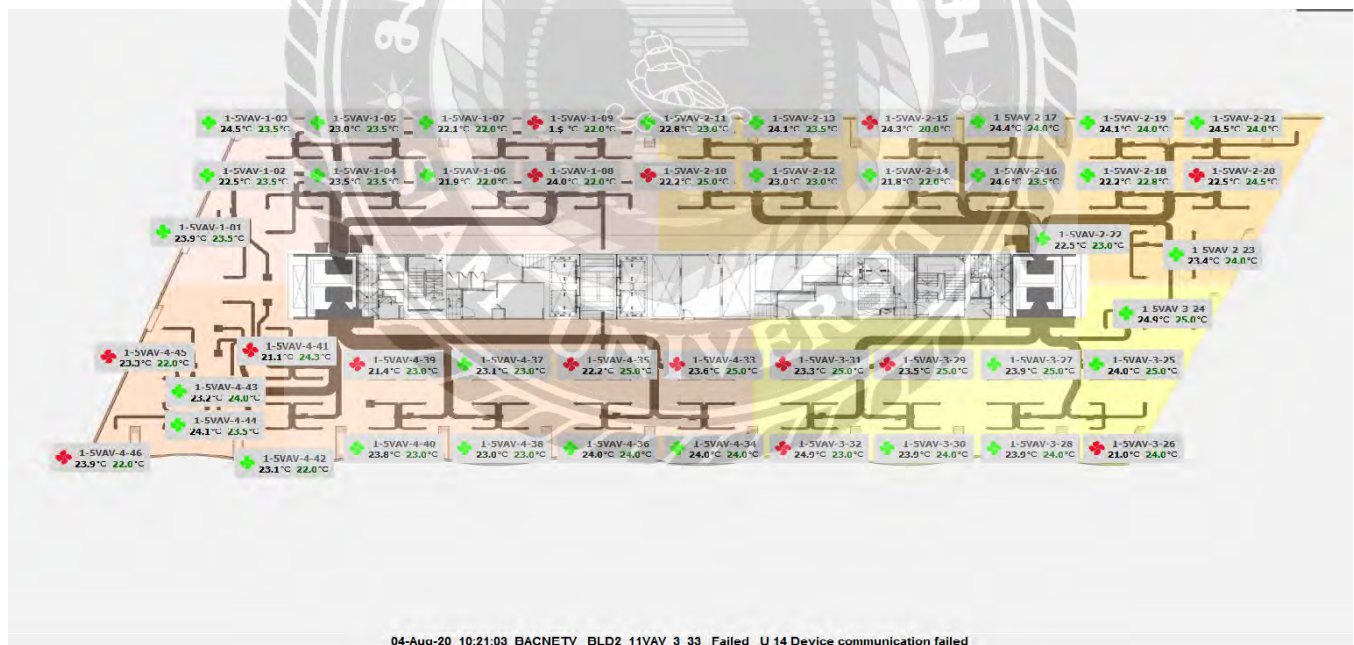
รูปที่ 4.12 ตรวจสอบวัดกระแสไฟฟ้า

AHU 1-5A-04 ขณะช่วงเวลา 15.00 น. เพื่อทำการเก็บข้อมูลการทำงานของ By-Pass

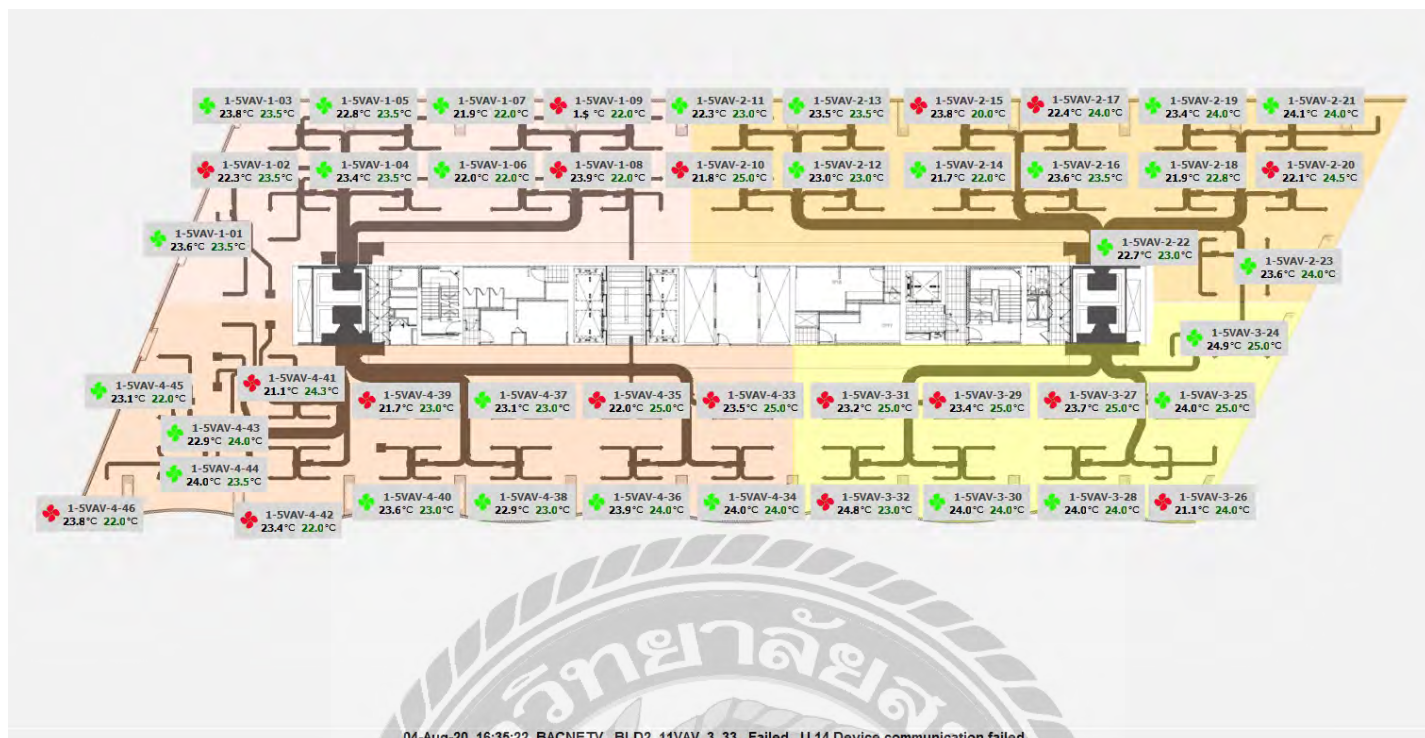
4.5 แผนผังแสดงอุณหภูมิพื้นที่ ที่เปรียบเทียบ ระหว่างใช้ VSD กับ By-Pass



รูปที่ 4.13 แสดงอุณหภูมิชั้น 5 อาคาร 1 ช่วงเวลา 08.00 น



รูปที่ 4.14 แสดงอุณหภูมิชั้น 5 อาคาร 1 ช่วงเวลา 11.00 น



รูปที่ 4.15 แสดงอุณหภูมิชั้น 5 อาคาร 1 ช่วงเวลา 16.00 น

ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงานและค่าไฟฟ้า

1-5A-02		VSD						1-5A-04		By - Pass		
เวลา	L-L	A	kw					เวลา	L-L	A	kw	
8.00	392	7.1	4.4					8.00	391	6.6	4	
9.00	392	7.1	4.4					9.00	390	6.7	4.1	
10.00	391	6.9	4.3					10.00	392	6.6	4.1	
11.00	392	4.3	2.6					11.00	391	6.5	4	
12.00	392	4.4	2.7					12.00	391	6.6	4	
13.00	391	3.5	2.1					13.00	391	6.5	4	
14.00	392	3.4	2.1					14.00	391	6.6	4	
15.00	391	3.5	2.1					15.00	392	6.6	4.1	
16.00	392	2.2	1.3					16.00	390	6.4	3.9	
17.00	391	2.6	1.6					17.00	390	6.6	4	
18.00	391	2.5	1.5					18.00	391	6.6	4	
		KW	29.1							KW	44.2	
ค่าไฟฟ้าต่อวัน	29.1 x 4.11 x 11			1,315.61 บาท				ค่าไฟฟ้าต่อ	44.2 x 4.11 x 11			1,998.29 บาท
ค่าไฟฟ้าต่อเดือน	1315.61 x 30			39,468 บาท				ค่าไฟฟ้าต่อ	1,998.29 x 30			59,948 บาท
ค่าไฟฟ้าต่อปี	1315.61 x 360			473,619 บาท				ค่าไฟฟ้าต่อ	1998.29 x 360			719,384 บาท
จะประหยัดค่าไฟฟ้าต่อปี ได้ 719,384 - 473,619 = 245,765 บาท/ ปี												

จากที่ได้เก็บข้อมูลระหว่างการใช้ VSD และ By-Pass ผ่าน AHU ซึ่งมีขนาดที่เท่ากันทำการเก็บข้อมูลตามการใช้งานจริงซึ่ง AHU 1-5A-02 ทำงานผ่าน VSD 1-5A-04 ทำงานแบบ By-Pass และทำการวัดกระแสไฟฟ้าตามช่วงเวลา และซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนในการทดสอบเนื่องจากทำงานแบบ VSDได้ประหยัดพลังงานและค่าไฟฟ้าได้ถึง 245,765 บาท/ปี และสามารถปรับรอบอัตโนมัติตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้

4.6 ผลการทดลองมอเตอร์หรือปั้มน้ำขณะที่ใช้ VSD กับไม่ใช่ VSD

ตารางที่ 4.4 ตารางการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 33.5 kW ทำงานแบบ VSD

มอเตอร์ขนาด 33.5 KW		ขณะทำงานผ่าน VSD	
เวลา(นาที)	L-L (V)	กระแส(A)	กำลังไฟฟ้า (KW)
1	390	20.7	12.8
2	390	20.6	12.8
3	390	20.7	12.8
4	391	20.5	12.73
5	390	20.5	12.73
6	391	20.5	12.77
7	391	20.5	12.77
8	390	20.5	12.73
9	390	20.6	12.8
10	390	20.5	12.73

ผลรวม KW / เวลาที่วัด	
12.8+12.8+12.8+12.73+12.73+12.77+12.77+12.73+12.8+12.73 / 10	
12.766	
ค่าไฟฟ้าต่อวัน	12.766 x 4 x 24
	1225.53 บาท/วัน
ค่าไฟฟ้าต่อปี	1225.53 x 360
	441,192.96 บาท



ตารางที่ 4.5 ตารางการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 33.5 kW ทำงานแบบ By-Pass

มอเตอร์ขนาด 33.5 KW		ขณะทำงานไม่ใช้ VSD	
เวลา(นาที)	L-L (V)	กระแส(A)	กำลังไฟฟ้า (KW)
1	392	29.5	18.42
2	391	29.5	18.37
3	392	29.4	18.36
4	392	29.3	18.3
5	392	29.5	18.42
6	392	29.5	18.42
7	392	29.4	18.36
8	392	29.6	18.48
9	392	29.4	18.36
10	392	29.3	18.3

คำนวณพลังงานไฟฟ้า

มอเตอร์ทำงานเต็มกำลังตลอดเวลา ดังนั้นการเสียบค่าไฟฟ้าจะคำนวณได้จาก

ผลรวม KW / เวลาที่วัด

$$18.42+18.37+18.36+18.3+18.42+18.42+18.36+18.48+18.36+18.3 / 10$$

18.379

ค่าไฟฟ้าต่อวัน $18.379 \times 4 \times 24$

1764.38 บาท/วัน

ค่าไฟฟ้าต่อปี 1764.38×360

635,176 บาท



ตารางที่ 4.6 ตารางการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 17.3 kW ทำงานแบบ By-Pass

มอเตอร์ขนาด 17.3 KW			
เวลา(นาท)	L-L (V)	ขณะทำงานโดยใช้ VSD	
		กระแส(A)	กำลังไฟฟ้า (KW)
1	392	23.5	14.67
2	390	23.5	14.6
3	390	23.5	14.6
4	391	23.5	14.64
5	392	23.4	14.61
6	392	23.3	14.55
7	390	23.3	14.47
8	392	23.5	14.67
9	392	23.5	14.67
10	392	23.5	14.67
คำนวณพลังงานไฟฟ้า			
มอเตอร์ทำงานเต็มพิกัดตลอดเวลา ดังนั้นการเสียค่าไฟฟ้าจะคำนวณได้จาก			
ผลรวม KW / เวลาที่วัด			
14.67+14.60+14.60+14.64+14.61+14.55+14.47+			
14.67+14.67+14.67 / 10			
14.615			
ค่าไฟฟ้าต่อวัน			
14.615 x 4 x 24			
1403.04 บาท/วัน			
ค่าไฟฟ้าต่อปี			
1403.04 x 360			
505,094.4 บาท			

ตารางที่ 4.7 ตารางการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 17.3 kW ทำงานแบบ VSD

มอเตอร์ขนาด 17.3 KW			
เวลา(นาท)	L-L (V)	ขณะทำงานผ่าน VSD	
		กระแส(A)	กำลังไฟฟ้า (KW)
1	390	18.3	11.37
2	391	18.2	11.33
3	391	18.2	11.33
4	391	18.2	11.33
5	391	18.2	11.33
6	390	18.3	11.37
7	391	18.4	11.46
8	390	18.3	11.37
9	391	18.2	11.33
10	391	18.2	11.33
ผลรวม KW / เวลาที่วัด			
11.37+11.33+11.33+11.33+11.33+11.37+11.46+			
11.37+11.33+11.33 / 10			
11.355			
ค่าไฟฟ้าต่อวัน			
11.355 x 4 x 24			
1090.08 บาท/วัน			
ค่าไฟฟ้าต่อปี			
1090.08 x 360			
392,428.8 บาท			

จากการทดลองเปรียบเทียบการทำงานของปั้มน้ำขนาดมอเตอร์ 33.5 kW และ 17.3 KW ซึ่งเป็นทดสอบเป็นเวลา 10 นาที เพื่อแสดงให้เห็นการทำงานระหว่าง VSD กับ By-Pass และกำลังไฟฟ้าขณะที่อุณหภูมิน้ำคงที่ จากที่ทดลองการทำงานของปั้มทำให้เห็นความแตกต่างของกำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า ความแตกต่างของค่าพลังงานไฟฟ้าระหว่างการเลือกใช้ Inverter และกรณีไม่ใช้ Inverter

$$= 1,140,270.4 - 833,621.76$$

$$= 306,648.64 \text{ บาท/ปี}$$

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลของการดำเนินงาน

5.1.1 การดำเนินงานโครงการ

การปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท JLL จำกัด ภายในอาคาร FYI CENTER เป็นการปฏิบัติงานตามแผนและระบบการจ่ายงานที่วางไว้ทั้งด้านการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ Chiller AHU และแสงสว่างภายในอาคารซึ่งควบคุมผ่านระบบควบคุมอัตโนมัติ (Building Automation System) รวมถึงงานด้านซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เป็นการตรวจเช็คอุปกรณ์ตามระยะหรือแผนที่วางไว้ การปฏิบัติงานสามารถลุล่วงได้เป็นอย่างดีจากการให้ความช่วยเหลือ และแนะนำจากพนักงานพี่เลี้ยงที่คอยกำกับดูแล

5.1.2 ข้อจำกัดหรือปัญหาของโครงการ

- ขาดทักษะและความเข้าใจในด้านของการประหยัดพลังงาน
- ขาดทักษะความชำนาญในการแก้ไขหน้างานและแก้ไขเฉพาะหน้า
- ขาดข้อมูลต่าง ๆ ของการทำงานของ Chiller และ อุปกรณ์ต่างๆ ภายในอาคาร ทำให้ต้องใช้เวลาศึกษาเพิ่มเติม

5.1.3 ข้อเสนอแนะ

- สอบถามพี่เลี้ยงหรือหัวหน้างานที่มีทักษะ และความชำนาญด้านการปฏิบัติและแก้ไขอุปกรณ์ต่างๆ
- ให้หัวหน้าที่มีความชำนาญทำการตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

5.2 สรุปผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

5.2.1 ข้อดีของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

- ได้เรียนรู้ถึงขั้นตอนและแนวทางในการปฏิบัติการทำงาน
- ได้เสริมสร้างประสบการณ์ในการทำงานในด้านดูแลอาคารสูง
- ได้เรียนรู้ถึงขั้นตอน การเตรียมความพร้อมในการแก้ไขหน้างาน
- ได้รู้จักการทำงานเป็นทีมภายในองค์กร

5.2.2 ปัญหาที่พบของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

- สถานที่การปฏิบัติงานภายในอาคารในบางสถานที่ไม่มีความสะดวกในการดำเนินงาน เช่น ในพื้นที่ลูกค้า โดยถ้ามีลูกค้าเป็นจำนวนมากจะไม่สามารถดำเนินการแก้ไขงานได้
- การสื่อสารกับทางลูกค้าเพื่อเข้าดำเนินการแก้ไขงานภายในพื้นที่และบางส่วนไม่สามารถดำเนินการได้อย่างทันที ทำให้การแก้ไขงานล่าช้าได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการเตรียมเครื่องมือกับอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ หรือควรทำความเข้าใจกับทางลูกค้าเพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงานได้ และช่างผู้ปฏิบัติงานควรคำนึงถึงความปลอดภัยในงานที่ปฏิบัติ เพื่อที่จะให้งานที่ทำนั้นสำเร็จไปด้วยดี



บรรณานุกรม

เกชา ชีระโกเมน. (2540). *ความรู้เบื้องต้นวิศวกรรมงานระบบ. กรุงเทพฯ: เอ็มแอนคี่อี.*

EnergyGuru. (2558). *ระบบปรับอากาศ*. เข้าถึงได้จาก <https://ienergyguru.com/2015/09/air-conditioning/>

THAI OBAYASHI. (2016). *AIR CONDITION SYSTEM*: FYI CENTER. [n.p.].



ภาคผนวก





รูปที่ 1 Site office JLL ณ อาคาร Fyi Center



รูปที่ 2 ห้อง Control ระบบ Building Automation System



Project:
Unit Tag:
Engineer:
Customer:

Rating Program: LTC v1_188.idd
Software Version: YW 19.04b
Date: 09/30/19 13:41:29

SALES REPORT

Unit Specifications			
Model	YKKCK4H05CUG	Gear Code	RN
Rated Net Capacity (Tons)	900.0	Specified Net Capacity (Tons)	900.0
Heat Rejection Capacity (MBtu/h)	12.58		
NPLV/IP (kW/Ton.R)	0.5052	Refrigerant Type/Charge (lb)	R-134a/1803
Full Load (kW/Ton.R)	0.8167	A-Weighted SPL (dBA)	83.5
Input Power (kW)	555.1	Max Motor Load (kW)	589.0
Voltage / Hz (Input)	380 / 50.0	Oil Cooler	Refrig cln
		Condenser Gas Inlet Type	Baffle
Job FLA (Amps)	980	OptiSound Control	Y
		Isolation Valve	N
LRA (Amps)	6313	Variable Orifice	VALVE:3
Min Circuit Ampacity	1200	Starter Type	Solid State - LV Unit Mounted
Max Circuit Breaker Amps	2000	Starter Model	33L_K-50

	Evaporator	Condenser
Fluid	Water*	Water*
Tube MTI No.	321	288 / 280
Passes	2*	2*
Fouling Factor (hr-ft ² -°F/Btu)	0.000100*	0.000250*
Entering Fluid Temp (°F)	56.27	90.00*
Leaving Fluid Temp (°F)	43.70*	99.38
Fluid Flow (gpm)	1714*	2700*
Fluid Pressure Drop (ft H2O)	13.2	15.9



Project:
Unit Tag:
Engineer:
Customer:

Rating Program: LTC v1_188.idd
Software Version: YW 19.04b
Date: 09/30/19 13:41:29

Partload Data (CEFT constant)								
% Load	Net Capacity (Tons)	% Power	Input Power (kW)	EEFT (°F)	ELFT (°F)	CEFT (°F)	CLFT (°F)	kW/Ton.R
100	900.0	100	555.1	56.27	43.70	90.00	99.38	0.8167
90	810.0	89	494.5	55.01	43.70	90.00	98.43	0.8105
80	720.0	79	440.9	53.75	43.70	90.00	97.50	0.8124
70	630.0	70	391.2	52.49	43.70	90.00	96.58	0.8210
60	540.0	62	344.4	51.23	43.70	90.00	95.65	0.8379
50	450.0	54	299.8	49.98	43.70	90.00	94.74	0.8661
40	360.0	44	246.4	48.72	43.70	90.00	93.80	0.8845
30	270.0	36	200.4	47.46	43.70	90.00	92.88	0.7422
20	180.0	28	152.9	46.21	43.70	90.00	91.96	0.8492
15	135.3	23	127.5	45.59	43.70	90.00	91.50	0.9423

รูปที่ 3 ตาราง Past load Chiller 01-02



Project:
Unit Tag:
Engineer:
Customer:

Rating Program: LTC v1_188.idd
Software Version: YW 19.04b
Date: 09/30/19 13:37:06

SALES REPORT

Unit Specifications			
Model	YKECERQ85ELG	Gear Code	XC
Rated Net Capacity (Tons)	450.0	Specified Net Capacity (Tons)	450.0
Heat Rejection Capacity (MBtu/h)	8.291		
NPLV/IP (kW/Ton.R)	0.5188	Refrigerant Type/Charge (lb)	R-134a/1025
Full Load (kW/Ton.R)	0.6198	A-Weighted SPL (dBA)	80
Input Power (kW)	278.9	Max Motor Load (kW)	304.0
Voltage / Hz (Input)	380 / 50.0	Oil Cooler	Refrig cln
		Condenser Gas Inlet Type	Baffle
Job FLA (Amps)	491	OptiSound Control	Y
		Isolation Valve	N
LRA (Amps)	3375	Variable Orifice	VALVE.2
Min Circuit Ampacity	614	Starter Type	Solid State - LV Unit Mounted
Max Circuit Breaker Amps	1000	Starter Model	26LBK-50

	Evaporator	Condenser
Fluid	Water*	Water*
Tube MTI No.	321	280 / 280
Passes	2*	2*
Fouling Factor (hr-ft ² -°F/Btu)	0.000100*	0.000250*
Entering Fluid Temp (°F)	58.27	90.00*
Leaving Fluid Temp (°F)	43.70*	99.37
Fluid Flow (gpm)	857.0*	1350*
Fluid Pressure Drop (ft H2O)	12.7	12.5

(*) Designates User Specified Input



Project:
Unit Tag:
Engineer:
Customer:

Rating Program: LTC v1_188.idd
Software Version: YW 19.04b
Date: 09/30/19 13:37:06

Partload Data (CEFT constant)								
% Load	Net Capacity (Tons)	% Power	Input Power (kW)	EEFT (°F)	ELFT (°F)	CEFT (°F)	CLFT (°F)	kW/Ton.R
100	450.0	100	278.9	58.27	43.70	90.00	99.37	0.6198
90	405.0	89	249.0	55.01	43.70	90.00	98.43	0.6149
80	360.0	80	222.4	53.75	43.70	90.00	97.50	0.6179
70	315.0	71	198.0	52.49	43.70	90.00	96.57	0.6285
60	270.0	63	175.0	51.23	43.70	90.00	95.66	0.6481
50	225.0	55	152.5	49.98	43.70	90.00	94.74	0.6778
40	180.0	47	130.2	48.72	43.70	90.00	93.83	0.7233
30	135.0	39	107.8	47.46	43.70	90.00	92.92	0.7987
20	90.00	30	84.18	46.21	43.70	90.00	92.00	0.9353
15	67.67	26	71.25	45.59	43.70	90.00	91.53	1.053

รูปที่ 4 ตาราง Past load Chiller 03



YEWS Chiller Performance Specification

Project information			
Project Name:	FYICenter	Sold To:	
Location:		Customer Purchase Order No.:	
Engineer:		Customer Contract No.:	
Contractor:		Order Date:	9/1/2014
Factory:		Software Version:	AECworks v2.70

Unit Tag	Qty	Model No.	Capacity (Ton)	Power Supply	Refrigerant
CH-04	1	YEWS260HA50E	247.3	380V/3Ph/50	134A

Unit Data	Evaporator	Condenser
EFT (°F):	56.2	90.0
LFT (°F):	43.7	99.5
Flow Rate (GPM):	476.2	750.0
Pressure Drop (ft water):	14.5	16.6
Fluid Type (%):	Water	Water
Circuit No. of Passes:	2	2
Fouling Factor (hr-ft²F/Btu):	0.0001	0.00025
Tube Description:	0.025" Enhanced Boring Copper	0.025" CSL Enhanced Copper
Design Working Pressure (psig):	150	150
Water Box Weight, ea (kg):	66	68
Return Head Weight (kg):	36	41
Water Weight (kg):	870	

Performance Data	Electrical Data	Other
Input Power (kW):	168.0	FLA Amps: 282
Efficiency(kW/TR):	0.68	MLA Amps 416
NPLV:	0.499	LRA (per comp.): 1315
Isolation Valves:	No	Inrush Amps: 579
	Type Starter:	Star Delta
		Oil Charge (kg): 50

NPLV					
% Load	ELWT (°F)	CEWT (°F)	Capacity(Ton)	Input Power(kW)	Efficiency (kW/TR)
100	43.7	90.0	247.3	167.92	0.68
75	43.7	77.5	185.5	104.99	0.57
50	43.7	65.0	123.6	55.74	0.45
25	43.7	65.0	61.8	30.03	0.49

รูปที่ 5 ตาราง Past load Chiller 04



YEWS Chiller Performance Specification

Project information			
Project Name:	FYICenter	Sold To:	
Location:		Customer Purchase Order No.:	
Engineer:		Customer Contract No.:	
Contractor:		Order Date:	9/1/2014
Factory:		Software Version:	AECworks v2.70

Unit Tag	Qty	Model No.	Capacity (Ton)	Power Supply	Refrigerant
C11-05	1	YEWS130HA50E	124.3	380V/3Ph/50	134A

Unit Data	Evaporator	Condenser
EFT (°F):	56.2	90.0
LFT (°F):	43.7	99.2
Flow Rate (GPM):	238.0	390.0
Pressure Drop (ft water):	8.0	15.7
Fluid Type (%):	Water	Water
Circuit No. of Passes:	2	2
Fouling Factor (hr·ft²/F/Btu):	0.0001	0.00025
Tube Description:	0.025" Enhanced Boring Copper	0.025" CSI Enhanced Copper
Design Working Pressure (psig):	150	150
Water Box Weight, ea (kg):	55	51
Return Head Weight (kg):	32	32
Water Weight (kg):	500	

Performance Data	Electrical Data	Other
Input Power (kW):	87.1	FLA Amps: 146
Efficiency(kW/TR):	0.70	MLA Amps: 208
NPLV:	0.569	LRA (per comp.): 1315
Isolation Valves:	No	Inrush Amps: 438
	Type Starter:	Star Delta
		Operating Wt. (kg): 3950
		Shipping Wt. (kg): 3450
		Each Isolator (kg): 987.5
		Refrigerant Wt. (kg): 120
		Oil Charge (kg): 25

NPLV					
% Load	ELWT (°F)	CEWT (°F)	Capacity(Ton)	Input Power(kW)	Efficiency (kW/TR)
100	43.7	90.0	124.3	87.13	0.70
75	43.7	77.5	91.2	55.08	0.59
50	43.7	65.0	62.2	33.15	0.53
25*	43.7	65.0	31.1	19.87	0.64

* Minimum unit capacity with AHRI 550/590 condenser water relief is 27.34%.

รูปที่ 6 ตาราง Past load Chiller 05

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล : ทวีชัย จันทร์เอี่ยม
รหัสนักศึกษา : 6123200016
ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน : 8/189 ม. 4 ต.ท่าตลาด
อ.สามพราน
จ. นครปฐม 73110
ประวัติการศึกษา : 2554-2557
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
(สาขาไฟฟ้ากำลัง)
วิทยาลัยเทคนิคเทคโนโลยีสยาม
(สยามเทค)
2559-ปัจจุบัน
กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า(วศ.บ.)
มหาวิทยาลัยสยาม