การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

กรณีศึกษา อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Energy Efficiency Analysis of Air Cooled Water Chiller System

Case Study : Faculty of Engineering , Naresuan University

นายณัฐกรณ์ เกาตระกูล

นายธวัชชัย อนาวัน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 20 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน 1550382 6
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 84321 ก 2553

1550382 6
ปร.
84321 ก
2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน : การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ
ระบบเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ
กรณีศึกษา อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายณัฐกรณ์ เกาะระกูล รหัส 50382038
นายธวัชชัย อนาวัน รหัส 50382236

ที่ปรึกษาโครงงาน : อาจารย์ศิษฐ์กัณฑ์ แคนลา

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์ศิษฐ์กัณฑ์ แคนลา)

.....กรรมการ
(ดร.ภาณุ พุทธวงศ์)

.....กรรมการ
(ดร.ศลิษา วีรพันธ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	: การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ ระบบเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ กรณีศึกษา อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร			
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายณัฐกรณ์	เกาตระกูล	รหัส	50382038
	นายธวัชชัย	อนาวัน	รหัส	50382236
ที่ปรึกษาโครงงาน	: อาจารย์ศิษฐ์ภัณฑ์	แคนลา		
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล			
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล			
ปีการศึกษา	: 2553			

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ พร้อมทั้งเปรียบเทียบความสามารถในการทำความเย็นและกำลังไฟฟ้า ขณะที่เครื่องทำความเย็นทำงาน เพื่อตรวจสอบสมรรถนะการทำความเย็น

ผลจากการศึกษาและตรวจวัด พบว่าสมรรถนะของเครื่องทำเย็นลดลงอีกทั้งเครื่องทำความเย็นทำงานเกินความจำเป็นจึงทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า กว่าครึ่งของค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนเป็นค่าไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงสมรรถนะเครื่องทำความเย็น โดยปรับอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำความเย็น จาก 45 °F เป็น 47 °F ลดอัตราการไหลของน้ำเย็นลง 30 % และลดชั่วโมงการใช้งาน จาก 10 ชม./วัน เป็น 8 ชม./วัน หลังจากทำการปรับปรุงสมรรถนะเครื่องทำความเย็นดีขึ้น ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง ทำให้ค่าไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ลดลง

Project title	: Energy Efficiency Analysis of Air Cooled Water Chiller System Case Study : Faculty of Engineering , Naresuan University			
Name	: Mr. Nattakorn	Kaotrakoon	ID.	50382038
	Mr. Tawatchai	Anawan	ID.	50382236
Project Advisor	: Mr. Sitphank	Kanla		
Major	: Mechanical	Engineering		
Department	: Mechanical	Engineering		
Academic Year	: 2010			

Abstract

This project is the study about energy consumption of central refrigerator cooling by air cooler system in Engineering Building along with the comparison of cooling capacity and electric power while the refrigerator is running to check the Chiller performance (Chp)

From the study and measurement, it was found that the refrigerator performance was decrease. The refrigerator operates more than necessary and cause to electric power costs. More than half of electricity charge in each months is from the refrigerator. Therefore, there is the refrigerator capacity improvement by adjust the cold water temperature that coming from the refrigerator from 45 °F to 47 °F reduce the flow rate of cold water by 30% and reduce a hours of use from 10 hours/day to 8 hours/day. After the improvement the refrigerator capacity was better and the electricity charge was decrease

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานการวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศเพื่อการอนุรักษ์พลังงานกรณีศึกษาอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัด พิษณุโลกนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้ดำเนินงานขอขอบพระอาจารย์ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน อนุเคราะห์อุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้าและอุปกรณ์วัดอุณหภูมิน้ำคุณประโพด พรวนต้นไชย หน่วยงานอาคารสถานที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น หน่วยงานบริการการศึกษาที่อนุเคราะห์อุปกรณ์สื่อสาร และภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ที่สนับสนุนเงินทำโครงงานนี้ ทำให้โครงงานนี้สำเร็จได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
สารบัญกราฟ	ญ
ลำดับสัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ของเขตของโครงงาน	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	4
1.7 งบประมาณที่ใช้	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	5
2.1 การปรับอากาศ	5
2.2 เครื่องปรับอากาศที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันสามารถแบ่งเป็นชนิดต่างๆ	5
2.3 ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางชนิด ระบายความร้อนด้วยอากาศ	9
2.4 การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ	17
2.5 การวิเคราะห์เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ	18
2.6 การวิเคราะห์เครื่องสูบน้ำเย็น	23
2.7 ระยะเวลาคืนทุน	24
2.8 การคำนวณค่าใช้ไฟฟ้า	25

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	26
3.1 การดำเนินงานในส่วนติดต่อประสานงาน	26
3.2การดำเนินงานในด้านค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและเครื่องสูบน้ำเย็น	29
3.3 การดำเนินงานในส่วนของวงจรน้ำเย็นและระบบทำความเย็น	30
3.4 การดำเนินงานในส่วนของการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานของระบบทำความเย็น	36
3.5 การดำเนินงานในส่วนของค่าใช้จ่าย	37
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์	38
4.1 ผลการดำเนินงาน	38
4.2 ผลการวิเคราะห์หาความสามารถในการทำความเย็นและตรวจวัดกำลังไฟฟ้าอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ก่อนทำการปรับปรุง	39
4.3 การวิเคราะห์เพื่อเลือกเครื่องทำความเย็นในการปรับปรุง	48
4.4 ผลการวิเคราะห์หาความสามารถในการทำความเย็นและตรวจวัดกำลังไฟฟ้าอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์หลังทำการปรับปรุง	51
4.5 ผลการวิเคราะห์หาความสามารถในการทำความเย็นและตรวจวัดกำลังไฟฟ้าอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์หลังทำการปรับปรุง	58
4.6 กราฟวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ ช่วงระหว่างปี 2551-2554	65
บทที่ 5 สรุป วิจารณ์ ผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	68
5.1 สรุป วิจารณ์ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์	68
5.2 ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารอ้างอิง	74
ภาคผนวก	75
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ	
ภาคผนวก ข คู่มือเครื่องทำความเย็น	
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน	

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงาน 4

ตารางที่3.1 ตารางบันทึกผลจากมอนิเตอร์ 30

ตารางที่3.2 ตารางบันทึกผลกำลังไฟฟ้า 31

ตารางที่ 4.1 เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา 48

ตารางที่ 4.2 เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ 49

ตารางที่ 4.3 เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ 50

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง	5
รูปที่ 2.2 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง	6
รูปที่ 2.3 เครื่องปรับอากาศแบบชุด	6
รูปที่ 2.4 ระบบทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)	7
รูปที่ 2.5 ระบบทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)	8
รูปที่ 2.6 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	10
รูปที่ 2.7 วัฏจักรอัดไอแบบมาตรฐานและ p-h Diagram	10
รูปที่ 2.8 เครื่องอัด (Compressor)	12
รูปที่2.9 (ก) ลักษณะด้านนอกของคอยล์ร้อน (Condenser)	13
รูปที่2.9 (ข) ลักษณะด้านในของคอยล์ร้อน (Condenser)	13
รูปที่ 2.10 อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve)	14
รูปที่ 2.11 คอยล์เย็น (Evaporator)	15
รูปที่ 2.12 เครื่องสูบน้ำเย็น (Chiller Water Pump)	15
รูปที่ 2.13 เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit/Fan Coil Unit, AHU/FCU)	16
รูปที่ 2.14 วัฏจักรอัดไอแบบมาตรฐานและ P-h Diagram ที่ปรับปรุงแล้ว	17
รูปที่ 2.15 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Clamp meter)	18
รูปที่2.16 มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge)	19
รูปที่2.17 เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำ (Thermo meter)	19
รูปที่ 2.18 เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Meter)	20
รูปที่ 2.19 คอยล์เย็น (Evaporator)	21
รูปที่2.20 กราฟสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (Coil Performance Curve)	21
รูปที่ 2.21 ระบบเครื่องสูบน้ำเย็น (Chiller Water Pump)	23
รูปที่ 3.1 เครื่องทำความเย็น (Chiller)	26
รูปที่ 3.2 (ก) แผนผังตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น	27
รูปที่ 3.2 (ข) ตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น	28

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.3(ก) ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น 29

รูปที่ 3.3(ข) ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าเครื่องสูบน้ำเย็น 29

รูปที่ 3.4 (ก) ข้อมูลจากมอนิเตอร์เครื่องทำความเย็น 32

รูปที่ 3.4 (ข) ข้อมูลวงจรน้ำเย็น 32

รูปที่ 3.4 (ค) ข้อมูลสารทำความเย็น 33

รูปที่ 3.4 (ง) ข้อมูลคอมเพรสเซอร์ 33

รูปที่ 3.5 แสดงความดันที่คอยล์เย็น 33

รูปที่ 3.6 กราฟหาอัตราการไหลของสารทำความเย็นโดยเทียบจากความแตกต่างของอุณหภูมิ 34

รูปที่ 3.7 แสดงแผนผังแสดงการเลือกเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น 35

รูปที่ 3.8 แสดงการเพิ่มอุณหภูมิน้ำออกจากเครื่องทำความเย็น 36

รูปที่ 3.9 แสดงการเพิ่มอุณหภูมิน้ำออกจากเครื่องทำความเย็น 36

สารบัญกราฟ

หน้า

กราฟที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็น
เทียบเวลา วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 39
กราฟที่4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็น
เทียบเวลา วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 40
กราฟที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็น
เทียบเวลา วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 41
กราฟที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องสูบน้ำ
เทียบเวลา วันที่ 27 มกราคม 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 42
กราฟที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเย็น
เทียบเวลา วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 43
กราฟที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำเย็น
วันที่ 26-29 ตุลาคม 2553 อาคารวิศวกรรมวิศวกรรมศาสตร์ 44
กราฟที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็น
ที่ Cond&Evap อาคารวิศวกรรมโยธา วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553
(ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น) 45
กราฟที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็น
ที่ Cond&Evap อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553
(ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น) 46
กราฟที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็น
ที่ Cond&Evap อาคารวิศวกรรมโยธา วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553
(ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น) 47

สารบัญกราฟ (ต่อ)

หน้า

กราฟที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็น
เทียบเวลาวันที่ 27 มกราคม 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 51
กราฟที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเทียบเวลา
วันที่ 27 มกราคม 2554 อาคารวิศวกรรมวิศวกรรมศาสตร์ 52
กราฟที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็น
เทียบเวลา วันที่ 27 มกราคม 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 53
กราฟที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเครื่องสูบน้ำ
เทียบเวลา วันที่ 27 มกราคม 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 54
กราฟที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเย็น
เทียบเวลา วันที่ 27 มกราคม 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 55
กราฟที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำเย็น
เทียบเวลา วันที่ 27 มกราคม 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 56
กราฟที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสารทำความเย็น
ที่ Cond&Evaวันที่ 27 มกราคม 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 57
กราฟที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็น
เทียบเวลา วันที่ 17กุมพาพันธ์ 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 58
กราฟที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น
เทียบเวลา วันที่ 17กุมพาพันธ์ 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 59
กราฟที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการทำความเย็น (Chp)
เทียบเวลา วันที่ 17กุมพาพันธ์ 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 60
กราฟที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเย็น
เทียบเวลา วันที่ 17กุมพาพันธ์ 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 61
กราฟที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็น
เทียบเวลา วันที่ 17 กุมพาพันธ์ 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ 62

สารบัญกราฟ (ต่อ)

หน้า

กราฟที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์สมรรถนะของเครื่องสูบน้ำเย็น
วันที่ 17กุมพาพันธ์ 2554 วันที่ 17กุมพาพันธ์ 2554 63

กราฟที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็น
ที่ Cond&Evapวันที่ 17กุมพาพันธ์ 2554 วันที่ 17กุมพาพันธ์ 2554 64

กราฟที่ 4.24 กราฟวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมโยธา
ช่วงระหว่างปี 2551-2554 65

กราฟที่ 4.25 กราฟวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมอุตสาหการ
ช่วงระหว่างปี 2551-2554 66

กราฟที่ 4.26 กราฟวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ
ช่วงระหว่างปี 2551-2554 67

กราฟที่ 5.1 กราฟแสดงความสามารถในการทำความเย็นเครื่องทำความเย็น
อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง
(ครั้งที่ 1: การตรวจวัดวัดครั้งแรกและยังไม่มีการปรับปรุง,
ครั้งที่ 2: การตรวจวัดครั้งที่ 2 หลังมีการดำเนินการปรังปรุงแล้ว,
ครั้งที่ 3: การตรวจวัดครั้งที่ 3 หลังมีการปรับปรุงแล้ว) 69

กราฟที่ 5.2 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นขณะทำงาน
อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง
(ครั้งที่ 1: การตรวจวัดวัดครั้งแรกและยังไม่มีการปรับปรุง,
ครั้งที่ 2: การตรวจวัดครั้งที่ 2 หลังมีการดำเนินการปรังปรุงแล้ว,
ครั้งที่ 3: การตรวจวัดครั้งที่ 3 หลังมีการปรับปรุงแล้ว) 70

สารบัญกราฟ (ต่อ)

หน้า

กราฟที่ 5.3 กราฟแสดงสมรรถนะการทำความเย็น (Chp) ของเครื่องทำความเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง (ครั้งที่ 1: การตรวจวัดวัดครั้งแรกและยังไม่มีการปรับปรุง, ครั้งที่ 2: การตรวจวัดครั้งที่ 2 หลังมีการดำเนินการปรังปรุงแล้ว, ครั้งที่ 3: การตรวจวัดครั้งที่ 3 หลังมีการปรับปรุงแล้ว) 71

กราฟที่ 5.4 กราฟแสดงสมรรถนะการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง 72

ลำดับสัญลักษณ์

		หน่วย
Q_L	ความสามารถในการทำความเย็น	(TON)
LPS	อัตราการไหล	(L/S)
w_c	กำลังที่ป้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์	(kW)
h	เอนทาลปี	(KJ/KG)
COP	สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (ตัวแปรไร้หน่วย)	
Chp	สมรรถนะการทำความเย็น	(kW/TON)
EER	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (ตัวแปรไร้หน่วย)	
ΔT	ผลต่างอุณหภูมิ	($^{\circ}$F,$^{\circ}$C)
kW	กำลังไฟฟ้า	(kW)
Q_H	พลังงาน	(J)
CH	เครื่องทำความเย็น	
P	เครื่องสูบน้ำ	
Temp	อุณหภูมิ	($^{\circ}$F,$^{\circ}$C)
Te	อุณหภูมิคอยล์เย็น	($^{\circ}$F,$^{\circ}$C)
Tc	อุณหภูมิคอยล์ร้อน	($^{\circ}$F,$^{\circ}$C)
Evap	คอยล์เย็น	
Cond	คอยล์ร้อน	

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

		หน่วย
Comp	เครื่องอัดไอ	
Exp	วาล์วลดความดัน	
CE	อาคารวิศวกรรมโยธา	
ME	อาคารวิศวกรรมเครื่องกล	
IE	อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ	
EE	อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า	

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในสภาวะการปัจจุบันที่ประเทศชาติของเรากำลังประสบปัญหาการขาดแคลนพลังงานอยู่ในขณะนี้ หนทางหนึ่งที่พวกเราทุกคนไม่ว่าจะเป็นวิศวกร สถาปนิก ช่างเทคนิค องค์กรต่างๆ ของทั้งภาครัฐและเอกชน จะสามารถร่วมมือร่วมใจกันช่วยเหลือให้ประเทศของเรารอดพ้นวิกฤตการณ์ขาดแคลนพลังงานในครั้งนี้ไปได้ ก็คือการช่วยกันประหยัดพลังงานหรือการอนุรักษ์พลังงาน

ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูง ความต้องการในการใช้ระบบปรับอากาศก็เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ได้ติดตั้งระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ จำนวน 12 เครื่อง แต่ละเครื่องมีอัตราการทำความเย็น 80 TON ซึ่งเป็นเวลานานกว่า 13 ปี มาแล้วที่เปิดใช้งานระบบทำความเย็น แต่ยังไม่มีการตรวจวัดการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็นอย่างเป็นระบบ ทำให้อัตราการทำความเย็นลดลงและสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

ทางคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงความสำคัญดังกล่าว จึงได้ศึกษาระบบการทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการทำความเย็น ณ ปัจจุบัน มีความเหมาะสมกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปหรือไม่ รวมถึงหามาตรการเพื่อการอนุรักษ์พลังงานที่สอดคล้องกับการทำงานของระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ที่อาคาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก เปิดใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์หาสมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ
2. เพื่อหามาตรการในการประหยัดพลังงานของระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาระบบการทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air -Cooled Water Chiller)

2. ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็นเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

3. ตรวจวัดค่าสมรรถนะการทำความเย็นโดยสำรวจจากระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และเครื่องสูบน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 12 เครื่อง ประกอบไปด้วย

อาคารวิศวกรรมโยธา	จำนวน 4 เครื่อง
อาคารวิศวกรรมเครื่องกล-วิศวกรรมอุตสาหการ	จำนวน 4 เครื่อง
อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-วิศวกรรมคอมฯ	จำนวน 4 เครื่อง

4. นำค่าจากการตรวจวัดมาวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

5. สรุปผลการวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

6. กำหนดมาตรการในการประหยัดพลังงานที่สอดคล้องกับระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

2. สามารถกำหนดมาตรการในการประหยัดพลังงานของระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

1.1 ศึกษาการทำงานของระบบการทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

1.2 ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงค่าสมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็นเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

1.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หาสมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็น

2. ทำการตรวจวัดข้อมูลต่างๆ ของระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยการวัดค่า

2.1 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

2.1.1 อัตราการไหลของน้ำเย็น (Q)

2.1.2 อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า (T_{in})

2.1.3 อุณหภูมิน้ำเย็นขาออก (T_{out})

2.2 เครื่องสูบน้ำเย็นหรือปั๊ม (Chilled Water Pump)

2.2.1 ความดันน้ำเย็นขาเข้า (P_{in})

2.2.2 ความดันน้ำเย็นขาออก (P_{out})

2.2.3 อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า (T_{in})

2.2.4 อุณหภูมิน้ำเย็นขาออก (T_{out})

2.2.5 กำลังไฟฟ้า (BHP)

2.3 เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit / Fan Coil Unit)

2.3.1 ความเร็วลมจ่าย (V_S)

2.3.2 ความเร็วลมกลับ (V_R)

2.3.3 พื้นที่ของหน้ากากหัวจ่ายลม (A_S)

2.3.4 พื้นที่ของหน้ากากลมกลับ (A_R)

2.3.5 อุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมจ่าย (T_S)

2.3.6 อุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมกลับ (T_R)

2.3.7 ความชื้นของลมจ่าย (%RH_S)

3. วิเคราะห์ข้อมูลหาสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็น

4. สรุปผลการวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็น

5. กำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่สอดคล้องกับระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

6. จัดทำรูปแบบการนำเสนอ

7. นำเสนอผลงาน

1.6 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2553							2554		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล										
2. ทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ของระบบทำความเย็น โดยการวัดค่า										
3. วิเคราะห์ข้อมูลหาสมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็น										
4. สรุปผลการวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็น										
5.กำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน										
6. จัดทำรูปแบบการเสนอผลงาน										
7. นำเสนอผลงาน										

1.7 งบประมาณ

1. ค่าเอกสารประกอบโครงงาน	1,000 บาท
2. ค่าจัดทำรูปเล่มโครงงาน	1,000 บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	2,000 บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 การปรับอากาศ

หมายถึง กระบวนการปรับสภาวะของอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิ (Temperature) ความชื้น (Humidity) ความสะอาด (Cleanliness) และการกระจายลม (Motion) ภายในห้องให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้อยู่อาศัย

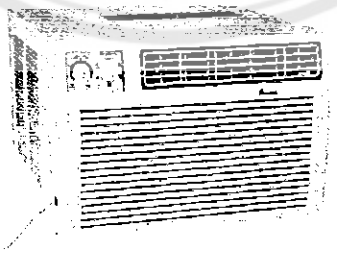
ลักษณะของการปรับอากาศสามารถแบ่งตามประเภทของวัตถุประสงค์การใช้งานได้เป็น 2ประเภท

2.1.1 การปรับอากาศเพื่อการอยู่อาศัย (Residential Air Conditioning) เป็นการปรับอากาศที่มุ่งส่งเสริมความสบายเชิงความร้อน และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของผู้คนที่อาศัยหรือทำงานอยู่ในบริเวณนั้นๆ

2.1.2 การปรับอากาศเพื่อเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม (Commercials and Industrials Air Conditioning) เป็นการปรับอากาศเพื่อควบคุมภาวะบรรยากาศในกระบวนการผลิต การทำงานวิจัย และการเก็บรักษาผลผลิตต่างๆ

2.2.เครื่องปรับอากาศที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันสามารถแบ่งเป็นชนิดต่างๆได้ดังนี้

2.2.1 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง (Window type Air Conditioning) เป็นเครื่องปรับอากาศ ที่รวมทั้ง คอนเดนซิ่ง ยูนิต (CDU) และ แฟนคอยล์ ยูนิต (FCU) อยู่ในเครื่องเดียวดัง แสดงรูปที่ 2.1 ซึ่งสามารถติดตั้งโดยการฝังที่กำแพงห้องได้เลย โดยที่ไม่ต้องเดินท่อน้ำยา ดังนั้นการติดตั้งจึงต้องติดตั้งบริเวณช่องหน้าต่างหรือเจาะช่องที่ผนังแข็งแรง



รูปที่ 2.1 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง

(ที่มา: http://www.pricescan.com,20/01/2554)

2.2.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioning) เหตุผลที่เรียกแอร์แบบแยกส่วนก็เพราะว่า คอยล์ร้อนกับคอยล์เย็น แยกออกจากกันดังแสดงรูปที่ 2.2 โดยที่คอยล์ร้อนอยู่นอกห้อง และคอยล์เย็นอยู่ด้านในตัวคอยล์เย็นประกอบด้วย วาล์วขยาย และคอยล์เย็น ตั้งอยู่ภายในห้อง พัดลมจะพัดผ่านคอยล์เย็น ให้ลมเย็นกระจายไปทั่วห้อง ส่วนคอยล์ร้อนตั้งอยู่นอกอาคาร มีพัดลมเป่าให้ความร้อนออกไป ส่วนที่เป็นคอยล์ร้อนและเย็น ต่อกันด้วยท่อสองเส้น คอนเดนเซอร์ประกอบด้วย ท่อโลหะที่ขดเป็นวง น้ำยาไหลผ่านท่อนี้ ส่วนพัดลมเป่าผ่านคอยล์ ที่ต้องแยกคอยล์ร้อนออกมาตั้งภายนอกห้อง เป็นเพราะว่า จะลดเสียงที่เกิดจากพัดลมเป่าแต่หลักการพื้นฐานเหมือนกับแอร์แบบหน้าต่าง

รูปที่2.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

(ที่มา: http://image.made-in-china.com,20/01/2554)

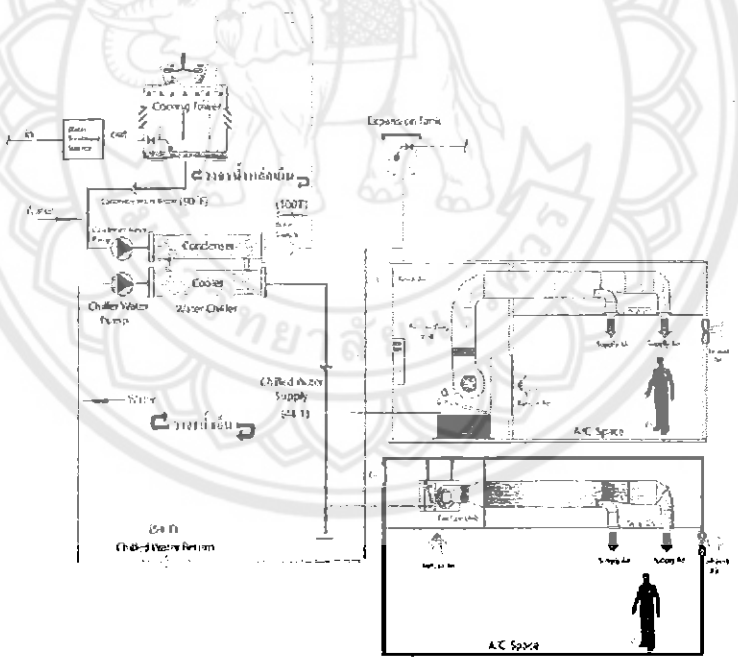
2.2.3 เครื่องปรับอากาศแบบชุด (Package Air Conditioning) ลักษณะคล้ายกับ แบบหน้าต่าง แต่มีขนาดใหญ่กว่า โดยทั่วไปมีขนาดประมาณตั้งแต่ 5-30 ตันการระบายความร้อน มีทั้ง ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Package Air Cooled Air-Conditioner) กับระบายความร้อนด้วยน้ำ (Package Water Cooled Air-Conditioner) ดังแสดงรูปที่ 2.3 การส่งลมเย็น โดยส่วนมาก จะส่งผ่านท่อลม นอกจากนี้ยังมีชนิดที่ตั้งบนหลังคา ซึ่งเรียกว่า Roof type

รูปที่ 2.3 เครื่องปรับอากาศแบบชุด

(ที่มา: http://www.sz-wholesaler.com,20/01/2554)

2.2.4 ระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง (Central Air Conditioning) คือ ระบบปรับอากาศที่มีการทำความเย็นให้แก่อาคาร โดยอ้อม กล่าวคือ แทนที่จะใช้สารทำความเย็นแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศในอาคาร โดยตรงเช่นเดียวกับเครื่องปรับอากาศทั้งสามแบบข้างต้น แต่ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับน้ำเพื่อสร้างน้ำเย็น และนำน้ำเย็นที่ได้ไปแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับอากาศในอาคารแทน จึงทำให้มีอัตราการทำเย็นสูงกว่าเครื่องปรับอากาศทั้งสามแบบที่กล่าวมาโดยระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางแบ่งได้ 2 ประเภท

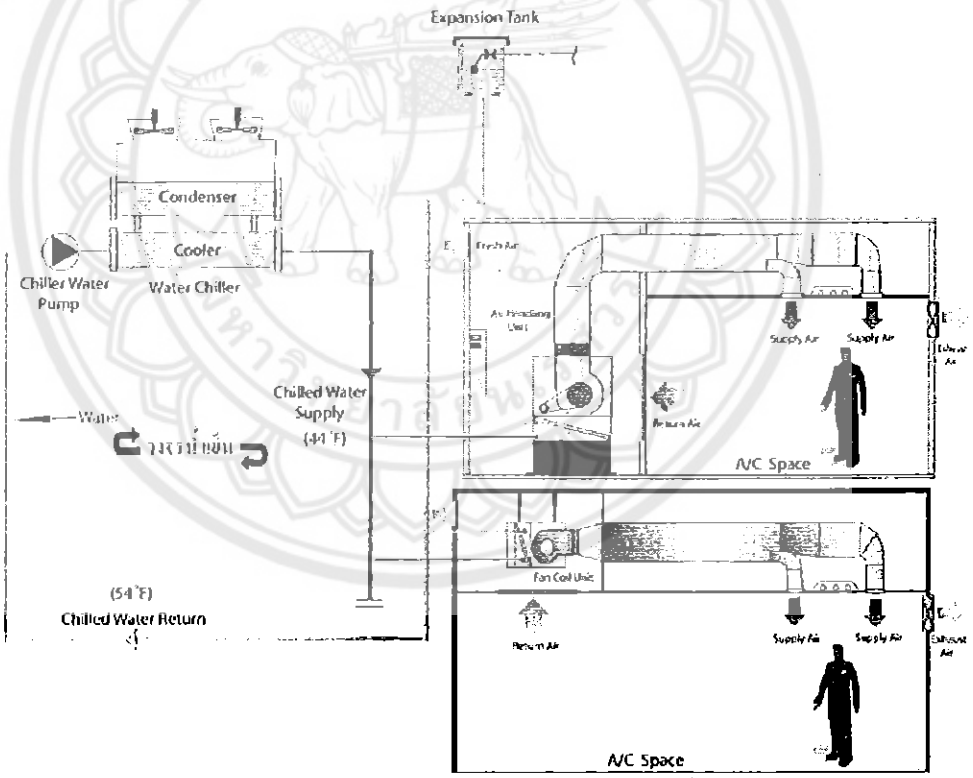
2.2.4.1 ระบบทำความเย็นจากส่วนกลางแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) คือ เครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้จะใช้น้ำเป็นตัวกลางเพื่อการถ่ายเทความร้อนทิ้งออกจากเครื่องควบแน่นในระบบปรับอากาศที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นและใช้น้ำในการช่วยระบายความร้อนคอยล์ร้อน ดังแสดงรูปที่2.4



รูปที่ 2.4 ระบบทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)
(ที่มา: เอกสารประกอบการสอนวิชา วิศวกรรมการปรับอากาศและการระบายอากาศ
อาจารย์ สินธู่ภัณฑ์ แคนลา)

เนื่องจากระบบทำความเย็น ที่ต้องการตรวจวัดวิเคราะห์ ภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัด พิษณุโลก เป็นระบบทำความเย็นจากส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ จึงขอเก็บข้อมูลส่วนนี้

2.2.4.2 ระบบทำความเย็นจากส่วนกลางแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) คือ เครื่องทำน้ำเย็นที่อาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ ลักษณะของงานที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบนี้ เป็นลักษณะของงานที่มีความต้องการความเย็นไม่มากนัก ซึ่งต้องการความสะดวกในการติดตั้ง และต้องการลดภาระการดูแลรักษา หรือจะใช้ในโครงการที่ขาดน้ำ หรือไม่มีน้ำที่มีคุณภาพพอจะมาใช้ระบายความร้อนของเครื่องได้ อย่างไรก็ตาม เครื่องที่ระบายความร้อนด้วยอากาศย่อมมีอัตราการใช้พลังงานมากกว่า เครื่องที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ เนื่องจากประสิทธิภาพการทำความเย็นจะน้อยกว่าเครื่องทำความเย็นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ



รูปที่ 2.5 ระบบทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)
(ที่มา: เอกสารประกอบการสอนวิชา วิศวกรรมการปรับอากาศและการระบายอากาศ
อาจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

2.3 ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางชนิด ระบายความร้อนด้วยอากาศ

จากรูปที่ 2.5 ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลาง ระบายความร้อนด้วยอากาศ มีส่วนประกอบดังนี้

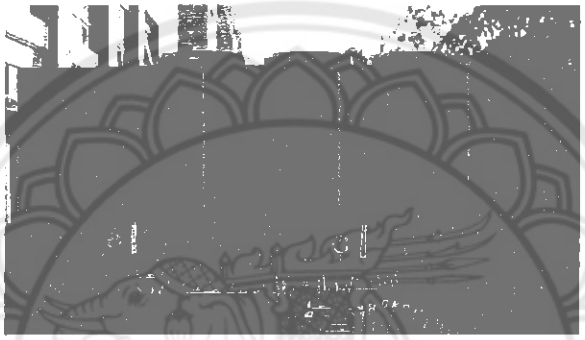
1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)
2. เครื่องสูบน้ำเย็นหรือระบบสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump)
3. เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit / Fan Coil Unit)

2.3.1 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นจากส่วนกลางชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง แบบระบายความร้อนด้วยอากาศใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนให้แก่น้ำที่คอยล์เย็น (Evaporator) ของเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ทำให้น้ำกลายเป็นน้ำเย็นอุณหภูมิต่ำก่อนจะลำเลียงไปตามระบบท่อ (Piping System) โดยอาศัยแรงดันจากเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในห้องที่เครื่องส่งลมเย็น (AHU) และเครื่องจ่ายลมเย็น (FCU) ทำให้น้ำเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้นและส่งกลับไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นที่คอยล์เย็น (Evaporator) เมื่อสารทำความเย็นแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะเป็นไอความดันต่ำ จากนั้นเครื่องอัด(Compressor) อัดไอสารทำความเย็น ทำให้ไอสารทำความเย็นมีอุณหภูมิและความดันสูงขึ้นและส่งไประบายความร้อนที่คอยล์ร้อน (Condenser) ให้มีอุณหภูมิลดต่ำลง ก่อนที่ส่งผ่านวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) แล้วไหลกลับเข้าสู่คอยล์เย็น (Evaporator) เพื่อไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็นอุณหภูมิสูงต่อไป

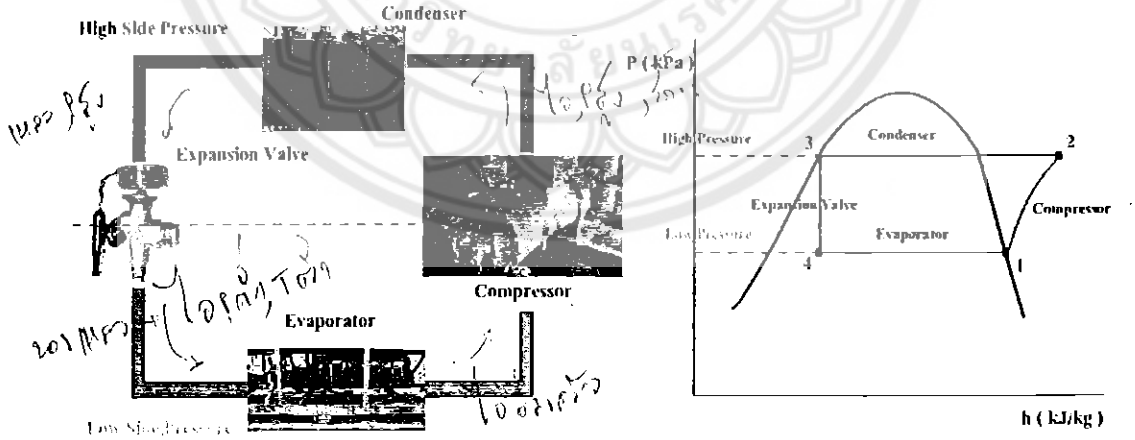
หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น

1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มีหน้าที่สร้างน้ำเย็นให้กับระบบปรับอากาศเพื่อนำน้ำเย็นไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในอาคาร โดยเครื่องทำน้ำเย็นแบ่งความดันออกเป็นสองส่วน ด้านความดันสูง (High Side Pressure) คือด้านทางออกของเครื่องอัด คอยล์ร้อน ถึงทางเข้าวาล์วลดแรงดัน และด้านความดันต่ำ (Low Side Pressure) คือด้านทางออกวาล์วลดความดัน คอยล์เย็น ถึงทางเข้าเครื่องอัด



รูปที่ 2.6 เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

1.1 หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น



รูปที่ 2.7 วัฏจักรอัดไอแบบมาตรฐานและ p-h Diagram
(ที่มา : เอกสารประกอบการสอนวิชา วิศวกรรมการปรับอากาศและการระบายอากาศ
อาจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

เมื่อสารทำความเย็นดังแสงในรูปที่ 2.7 ออกจากคอยล์เย็น(Evaporator) จุดที่ (1) สารทำความเย็นจะมีสภาวะเป็นไออิ่มตัว (Saturated Vapor) มีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ สารทำความเย็นที่สภาวะไออิ่มตัว จะถูกอัดด้วยเครื่องอัด (Compressor) ส่งไปยังจุดที่ (2) จนมีสภาวะเป็นไอร้อนยิ่งยวด (Superheated Vapor) มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง จากนั้นสารทำความเย็นจะผ่านเข้าไปใน คอยล์ร้อน (Condenser) ในจุดที่ (3) เพื่อถ่ายเทความร้อนออกโดยสารทำความเย็นจะเริ่มเปลี่ยนสภาวะกลายเป็นของเหลวที่มีความดันคงที่ สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์ร้อน (Condenser) จะมีสภาวะเป็นของเหลวที่มีความดันสูง เมื่อสารทำความเย็นผ่านวาล์วขยายตัว (Expansion Valve) แล้ว สารทำความเย็นจะมีความดันต่ำ อุณหภูมิต่ำ และเริ่มเปลี่ยนสภาพเป็นไอและจะผ่านเข้าไปยังจุดที่ (4) ก่อนเข้าสู่คอยล์เย็น (Evaporator) สารทำความเย็นจะรับความร้อนและกลายสภาพเป็นไออิ่มตัว (Saturated Vapor) วัฏจักรการทำความเย็นจะดำเนินเช่นนี้ซ้ำๆต่อไป

1.2 เครื่องทำน้ำเย็น ประกอบด้วย

1.2.1 เครื่องอัด (Compressor) คือ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นในสภาพที่เป็นไอจากคอยล์เย็น (Evaporator) ความดันต่ำเข้ามาและอัดไอสารทำความเย็นให้อยู่ในสภาวะที่ทำให้เป็นของเหลวได้ง่าย คือ อัดให้ความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น เครื่องอัด (Compressor) ที่ใช้งานทั่วไปมีทั้งชนิดที่เป็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) แบบโรตารี่ (Rotary Compressor) หรืออาจเป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) และแบบที่นิยมใช้ในเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ได้แก่ แบบสกรู (Screw Compressor)

จากรูปที่ 2.5 กระบวนการ 1 – 2 เป็นกระบวนการที่เครื่องอัด (Compressor) อัดแบบเอนโทรปีคงที่ (Isentropic process) ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้า และออกเครื่องอัดไอ

สมมติฐาน : 1) เป็นกระบวนการที่ไม่เกิดการถ่ายเทความร้อนและย้อนกลับได้

2) อัตราการไหลเชิงมวลคงที่

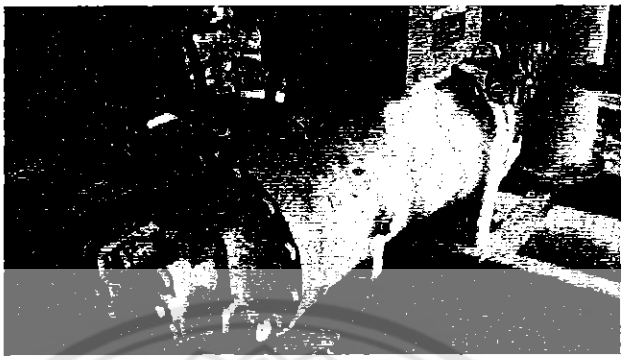
3) ไม่พิจารณา พลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ

$$\dot{W}_c = \dot{m}(h_2 - h_1) \qquad (2.1)$$

โดยที่ $\dot{W}_c$ = กำลังที่ให้กับเครื่องอัดไอ, (kW)

h_2, h_1 = เอนทาลปีเข้าและออกจากเครื่องอัดไอ, (kJ/kg)

$\dot{m}$ = อัตราการไหลของสารทำงาน, (kg/s)



รูปที่ 2.8 เครื่องอัด (Compressor)

1.2.2 คอยล์ร้อน (Condenser) คือ อุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นขดท่อโดยมีสารทำความเย็นไหลเวียนอยู่ภายในท่อ มีหน้าที่ระบายความร้อนจากไอสารทำความเย็นที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงจากเครื่องอัด เพื่อควบแน่นไอสารทำความเย็นให้เป็นของเหลว โดยการทำให้เย็นลงด้วยการใช้อากาศ (ใช้พัดลมระบายความร้อน) จากนั้นอากาศที่ได้รับความร้อนสารทำความเย็นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและถูกระบายออกไปจากเครื่องควบแน่นทำความเย็น

จากรูปที่ 2.5 กระบวนการ 2 – 3 เป็นกระบวนการคายความร้อนที่คอยล์ร้อน (Condenser) มีสภาวะความดันคงที่ (Isobaric process)

สมมติฐาน : 1) เป็นกระบวนการความดันคงที่

2) อัตราการไหลเชิงมวลคงที่

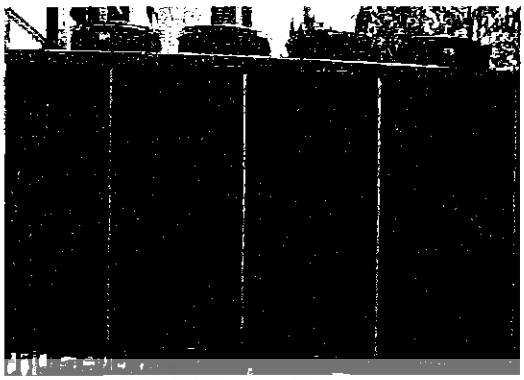
3) ไม่พิจารณา พลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ

$$\dot{Q}_H = \dot{m}\,(h_2 - h_3) \qquad (2.2)$$

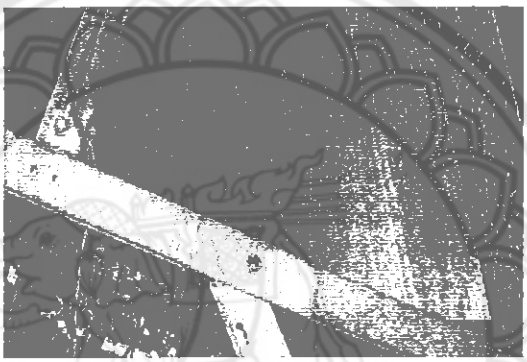
โดยที่ $\dot{Q}_H$ = อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอยล์ร้อน, (kW)

h_2, h_3 = เอนทาลปีเข้าและออกจากคอยล์ร้อน, (kJ/kg)

$\dot{m}$ = อัตราการไหลของสารทำงาน, (kg/s)



รูปที่2.9 (ก) ลักษณะด้านนอกของคอยล์ร้อน (Condenser)



รูปที่2.9 (ข) ลักษณะด้านในของคอยล์ร้อน (Condenser)

1.2.3 อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve) คือ อุปกรณ์ควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลเข้าไปในคอยล์เย็นให้เหมาะสมกับปริมาณความร้อนที่ต้องการแลกเปลี่ยนออกมา และช่วยลดความดันของสารทำความเย็นที่มีความดันสูงจากคอยล์ร้อน (Condenser) ให้มีความดันต่ำเพื่อส่งเข้าสู่เครื่องระเหยต่อไปมีหลักการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.5 กระบวนการจาก 3 – 4 คือการขยายตัวของสารทำงานโดยเอนทาลปีคงที่ภายใต้กระบวนการ Throttling process

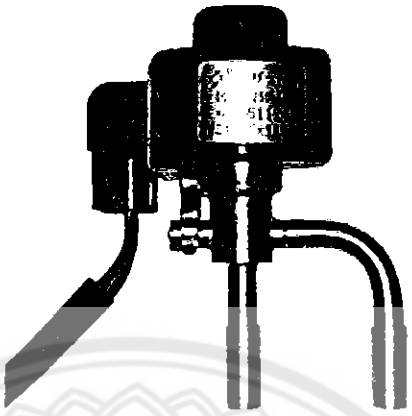
สมมติฐาน : 1) ไม่มีการถ่ายเทความร้อน และเอนทาลปีคงที่

2) อัตราการไหลเชิงมวลคงที่

3) ไม่พิจารณา พลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ

$$h_4 = h_3 \qquad (2.3)$$

โดยที่ $h_4=h_3=$ เอนทาลปีของสารทำงานที่ออกวาล์วลดความดัน, (kJ/kg)



รูปที่ 2.10 อุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve)

(ที่มา: http://www.hiwtc.com ,16/02/2554)

1.2.4 คอยล์เย็น (Evaporator) คือ อุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นขดท่อโดยมีสารทำความเย็นไหลเวียนอยู่ภายในท่อ มีหน้าที่รับความร้อนจากอากาศที่อยู่รอบคอยล์เย็น (Evaporator) โดยความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับสารทำความเย็นเหลวที่อยู่ภายในท่อ ทำให้สารทำความเย็นเหลวค่อยๆระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งกระบวนการนี้ความดันและอุณหภูมิจะมีค่าคงที่

จากรูปที่ 2.5 กระบวนการจาก 4 – 1 เป็นกระบวนการดูดความร้อนภายใต้ความดันคงที่ (Isobaric process)

สมมติฐาน : 1) เป็นกระบวนการความดันคงที่

2) อัตราการไหลเชิงมวลคงที่

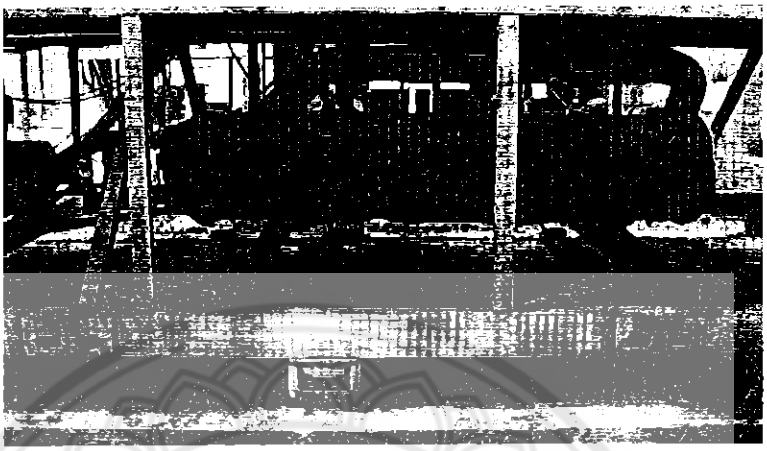
3) ไม่พิจารณา พลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ

$$\dot{Q}_L = \dot{m}\ (h_1 - h_4) \qquad (2.4)$$

โดยที่ $\dot{Q}_L$ = อัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่คอยล์เย็น, (kW)

h_1, h_4 = เอนทาลปีเข้าและออกจากคอยล์เย็น, (kJ/kg)

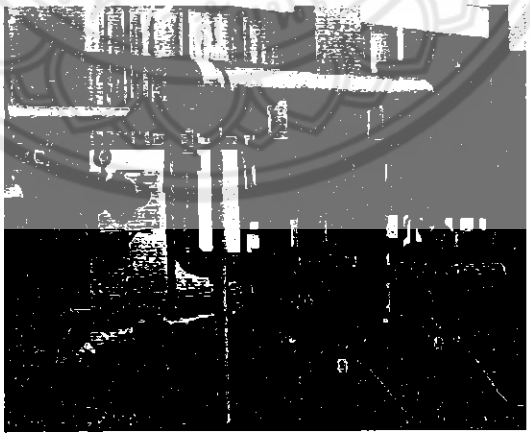
$\dot{m}$ = อัตราการไหลของสารทำงาน,(kg/s)



รูปที่ 2.11 คอยล์เย็น (Evaporator)

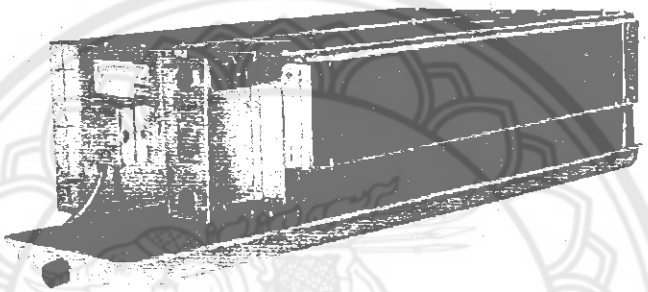
2. ระบบจ่ายน้ำเย็นเข้าสู่อาคาร (Water in building System) ในระบบจ่ายน้ำเย็นหมุนเวียน เครื่องสูบน้ำเย็นที่นิยมใช้ คือเครื่องสูบน้ำเย็นชนิดหอยโข่ง (centrifugal pump) เครื่องสูบน้ำเย็นอาจมีขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่มากๆขึ้นอยู่กับอัตราการไหลออกแบบ(หรือภาระความเย็นนั่นเอง)

ความดันของเครื่องสูบน้ำเย็นขึ้นอยู่กับลักษณะความดันสูญเสียของระบบท่อน้ำเย็น ลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็นจะต้องเข้ากันได้กับ ความต้องการความดันของระบบเป็นอย่างดี เพื่อเอาชนะความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นที่อัตราการไหลที่ต้องการ



รูปที่ 2.12 เครื่องสูบน้ำเย็น (Chiller Water Pump)

3) เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit/Fan Coil Unit, AHU/FCU) เปรียบเสมือนคอยล์เย็น (Evaporator) เพียงแต่ใช้น้ำเย็นแทนสารทำความเย็น โดยน้ำเย็นจะถูกส่งไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในอาคาร เครื่องส่งลมเย็นจะนำอากาศภายในอาคารแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็น น้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นถูกส่งกลับไปยังเครื่องทำน้ำเย็น



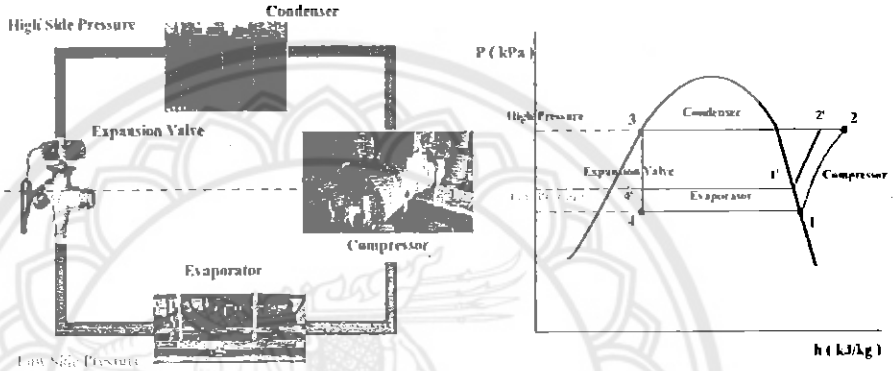
รูปที่ 2.13 เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit/Fan Coil Unit, AHU/FCU)

(ที่มา: http://snair.tradeindia.com/Exporters_Suppliers/Exporter13280

.190049/AHU.html,20/01/2554)

2.4 การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศนั้นพิจารณาจาก ด้านความดันต่ำ (Low side Pressure) ซึ่งเป็นส่วนที่สารทำความเย็นออกจากเครื่องอัดไอถึงทางเข้าของวาล์วความดัน ในส่วนนี้ถ้าสามารถจะลดความดันในด้านนี้ลงได้แล้ว ผลที่ได้คือการทำงานของเครื่องอัดไอจะน้อยลงสามารถที่จะอธิบายได้จากกราฟ P-h diagram



รูปที่ 2.14 วัฏจักรอัดไอแบบมาตรฐานและ P-h Diagram ที่ปรับปรุงแล้ว
(ที่มา: เอกสารประกอบการสอนวิชา วิศวกรรมการปรับอากาศและการระบายอากาศ
อาจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แดนลา)

กระบวนการ 1-2-3-4-1 คือ วัฏจักรทำความเย็นแบบเดิม

กระบวนการ 1'-2'-3-4'-1' คือ วัฏจักรทำความเย็นเมื่อทำการปรับปรุง

จากรูปที่ 2.12 แสดง P-h ไดอะแกรม การเพิ่มอุณหภูมิส่วนของคอยล์เย็น จากการศึกษาข้อมูลพลังงานโดยรวมที่ใช้ภายในระบบปรับอากาศ ส่วนใหญ่แล้วให้พลังงานกับเครื่องอัดไอ (Compressor) ดังนั้นเมื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว ในส่วนด้านความดันต่ำ (Low side) จะเพิ่มสูงขึ้น เป็นผลให้พลังงานที่เครื่องอัดไอทำงานลดลง รวมทั้งพลังงานรวมที่ต้องให้กับระบบน้อยลงเช่นเดียวกันคือสามารถที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าเดิมเมื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ

การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบปรับอากาศสามารถพิจารณากำลังที่ป้อนให้กับเครื่องอัดและพลังงานในส่วนดังสมการต่อไปนี้

จากรูปที่ 2.12 กระบวนการ 1' – 2' เป็นกระบวนการที่เครื่องอัด (Compressor) อัดแบบเอนโทรปีคงที่ (Isentropic process) ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้า และออกเครื่องอัดไอ

$$W_c = m' (h_2' - h_1') \quad (2.5)$$

จากรูปที่ 2.12 กระบวนการ 2' – 3 เป็นกระบวนการคายความร้อนที่คอยล์ร้อน (Condenser) มีสภาวะความดันคงที่ (Isobaric process)

$$Q_H = m' (h_2' - h_3') \quad (2.6)$$

จากรูปที่ 2.12 กระบวนการจาก 3 – 4' คือการขยายตัวของสารทำงานโดยเอนทาลปีคงที่ภายใต้กระบวนการ Throttling process

$$h_3 = h_4' \quad (2.7)$$

จากรูปที่ 2.12 กระบวนการจาก 4' – 1' เป็นกระบวนการดูดความร้อนภายใต้ความดันคงที่ (Isobaric process)

$$Q_L = m' (h_1' - h_4') \quad (2.8)$$

2.5 การวิเคราะห์เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

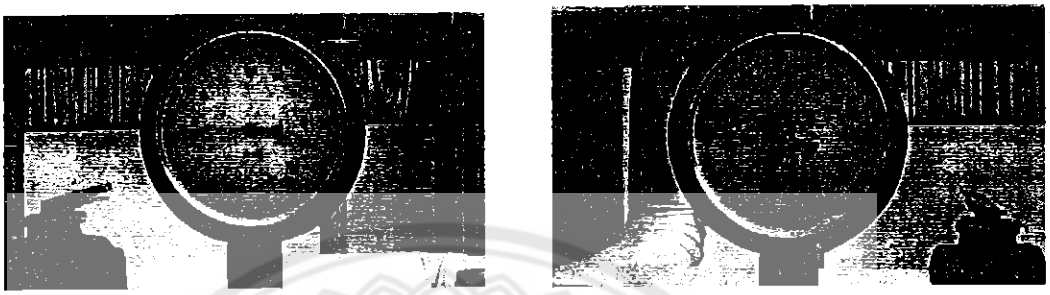
2.5.1 เครื่องมือวัดหรือมาตรวัดที่ใช้ดำเนินการ

- เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Clamp meter)

รูปที่ 2.15 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Clamp meter)

(ที่มา : http://www.thaien.com,20/01/2554)

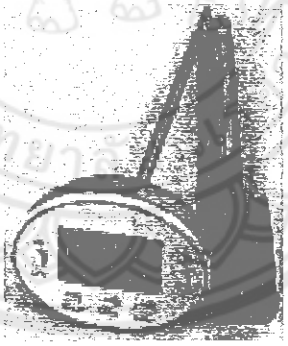
-มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge)



(ก) ความดันด้านออก (ข) ความดันด้านเข้า

รูปที่2.16 มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge)

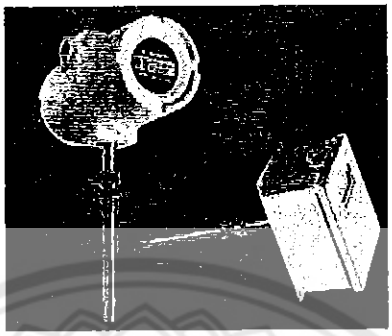
-เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำ (Thermo meter)



รูปที่2.17 เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำ (Thermo meter)

(ที่มา: http://www.ponpe.com, 20/01/2554)

-เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Meter)



รูปที่ 2.18 เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Meter)

(ที่มา: http://tcep.nanasupplier.com,20/01/2554)

2.5.2 การตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงาน

-บันทึกค่าความดันของน้ำเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นจากมาตรวัดความดัน (Pressure Gauge)
ที่จุด A

-บันทึกค่าความดันของน้ำเย็นที่ออกเครื่องทำน้ำเย็นจากมาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) ที่จุด B

-บันทึกค่าอัตราการไหลของน้ำเย็นผ่านเครื่องทำน้ำเย็น (LPS) ด้วยเครื่องวัดอัตราไหล (Flow Meter)

(ในกรณีที่ไม่มีเครื่องวัดอัตราไหล (Flow Meter) ใช้ค่าผลต่างของความดันที่เข้า-ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น นำค่าที่อ่านได้เทียบกับขนาดความสามารถในการทำความเย็น ในกราฟสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (Coil Performance Curve) คู่มือผู้ผลิตเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อหาอัตราการไหล (LPS)

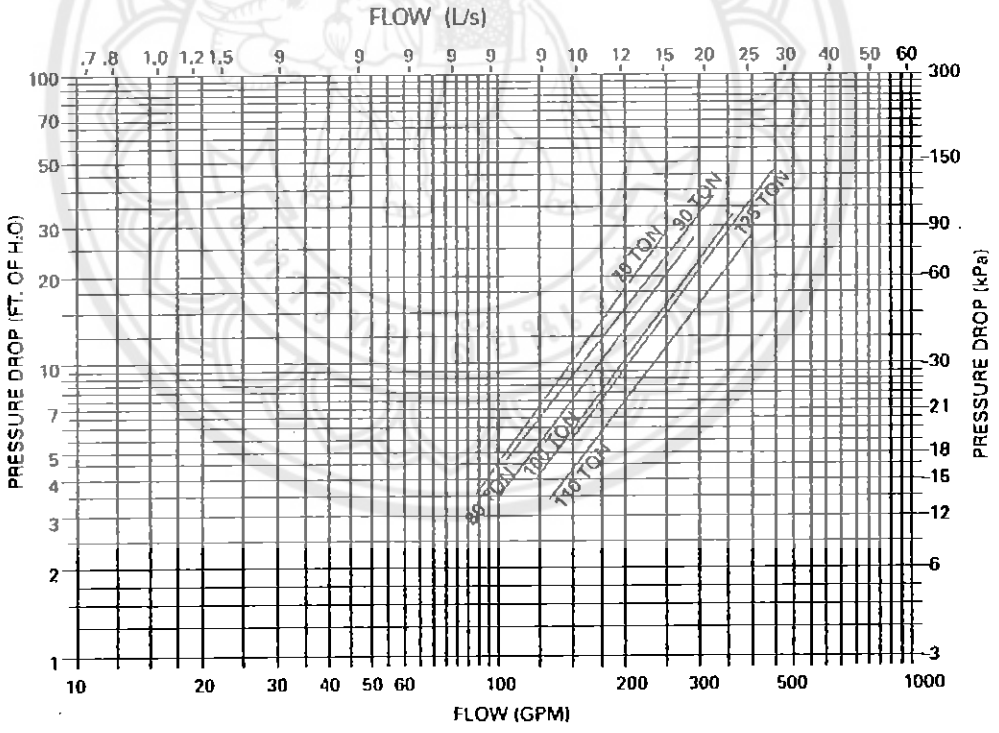
-บันทึกอุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็น (°C) จากเครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermo meter) ที่จุด C

-บันทึกอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น (°C) จากเครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermo meter) ที่จุด D

-บันทึกค่าการใช้พลังงานเป็น kW ด้วย เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Clamp meter)

รูปที่ 2.19 คอยล์เย็น (Evaporator)

Figure F-1 — Evaporator Water Pressure Drops, 70-125 Ton Units



รูปที่2.20 กราฟสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (Coil Performance Curve)

(ที่มา : Air-Cooled Series R™ Rotary Liquid Chiller Model RTAA 70 to 125 Tons)

2.5.3 คำนวณหาความสามารถในการทำความเย็น (Cooling Capacity) ของเครื่องทำน้ำเย็นจากสมการ

$$Q_L = (1.19)(LPS)(\Delta T) \quad (2.9)$$

Q_L **คือความสามารถในการทำความเย็น หน่วย** (TON_R)

LPS **คือ อัตราการไหลของน้ำเย็น** (L/s)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า-ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น (°C)

2.5.4 คำนวณหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP_R)

ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องปรับอากาศสามารถแสดงให้อยู่ในรูปของ**ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น** และแทนด้วนสัญลักษณ์ COP ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างสิ่ง**ที่ต้องการจะได้**จากเครื่องปรับอากาศต่อสิ่งที่ป้อนเข้าไป ในระบบทำความเย็นสิ่งที่ต้องการคือกำจัด**ความร้อนจากแหล่งอุณหภูมิต่ำ** แต่สิ่งที่ให้แก่ระบบคืองานที่ป้อนแก่คอมเพรสเซอร์

COP_R มีนิยามว่า อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็นวัตต์ กับพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นวัตต์ ดังนั้น

$$COP_R = \frac{Q_L}{W_{net}} \quad (2.10)$$

COP_R คือสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น

Q_L คือความสามารถในการทำความเย็น หน่วย (TR)

W_{net} คืองานที่ต้องป้อนให้กับระบบ หน่วย (kW)

2.5.5 สรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น

สรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ Chp สรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น คืออัตราส่วนระหว่างกำลังงานที่ป้อนให้แก่คอมเพรสเซอร์มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) ต่อด้วยความสามารถในการทำความเย็นมีหน่วยเป็นตันความเย็น (TON) ดังนั้นสมการความสัมพันธ์สรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น

$$Chp = \frac{12}{3.412(COP_R)} = \frac{3.52}{COP_R} = \frac{12}{EER} \qquad (2.11)$$

2.6 การวิเคราะห์เครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump)

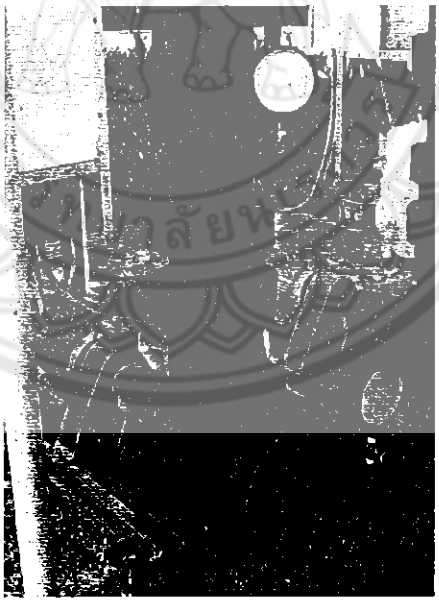
2.6.1 เครื่องมือวัดหรือมาตรวัดที่ใช้ดำเนินการ

-เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Clamp meter)

-มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge)

-เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Meter)

-กราฟสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำเย็น (Pump Performance Curve)



รูปที่ 2.21 ระบบเครื่องสูบน้ำเย็น (Chiller Water Pump)

2.6.2 การตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงาน

-บันทึกค่าความดันของน้ำเย็นที่เข้าเครื่องสูบน้ำเย็นจากมาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) ที่จุด A

-บันทึกค่าความดันของน้ำเย็นที่ออกเครื่องสูบน้ำเย็นจากมาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) ที่จุด B

-บันทึกค่าอัตราการไหลของน้ำเย็นผ่านเครื่องทำน้ำเย็น (LPS) ด้วยเครื่องวัดอัตราไหล (Flow Meter)

(ในกรณีที่ไม่มีเครื่องวัดอัตราไหล (Flow Meter) ใช้ค่าผลต่างของความดันที่เข้า-ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น นำค่าที่อ่านได้เทียบกับขนาดความสามารถในการทำความเย็น ในกราฟสมรรถนะการทำความเย็น (Pump Performance Curve) ของผู้ผลิตเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อหาอัตราการไหล (LPS)

-บันทึกค่าการใช้พลังงานเป็น kW ด้วย เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Clamp meter)

2.7 ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาที่ทำให้กระแสเงินสดรับสุทธิเท่ากับเงินลงทุนเริ่มต้นโครงการ ผลที่ได้รับจากการประเมินการลงทุนโดยวิธีนี้คือจะทำให้ทราบว่าจะได้รับเงินคืนทุนช้าหรือเร็วเท่าใด ถ้าคืนทุนได้เร็วเท่าใดโอกาสที่เสี่ยงต่อการขาดทุนก็มีน้อยลง และสามรถนำเงินทุนที่คืนทุนไปลงทุนกิจการอื่นได้วิธีหาระยะเวลาคืนทุน สามารถหาได้จาก

$$PB = \frac{R}{S} \qquad (2.12)$$

โดยที่ PB = ระยะเวลาคืนทุน

R = เงินลงทุนในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ

S = ค่าไฟฟ้าที่ลดต่อปี

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.8 การคำนวณค่าใช้ไฟฟ้า

เปรียบเทียบค่าไฟฟ้า ระหว่างเวลาการทำงานของเครื่องทำความเย็น และ กำลังไฟฟ้า สมการที่ใช้สำหรับคำนวณค่าใช้จ่ายไฟฟ้าคือ

$$X = (P)(T)(\Psi) \qquad (2.15)$$

โดยที่ X = คือ จำนวนเงินที่จ่ายค่าไฟฟ้า (บาท/ชม.)

P = คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)

T = คือ เวลาการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า (hr)

Ψ = คือ ค่าคงที่อัตราไฟฟ้าต่อหน่วย

1550382 6
มร.
ส432ก
2553

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

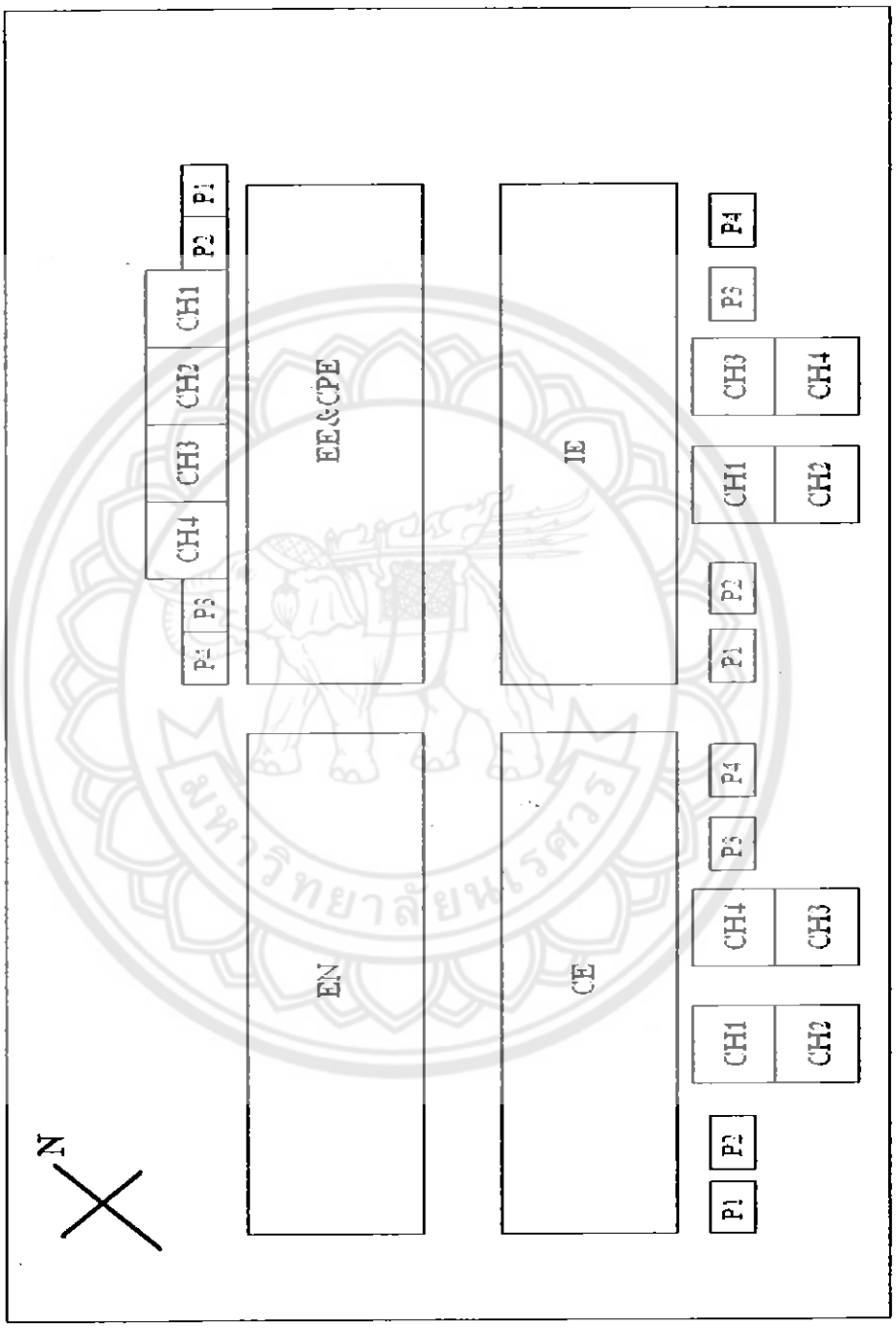
โครงงานการตรวจวัดวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็น ได้ทำการตรวจวัดวิเคราะห์ในส่วนของระบบทำความเย็นและข้อมูลด้านไฟฟ้า และทำการตรวจวัดเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา (CE) อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ (IE) และอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า (EE) โดยแต่ละอาคารมีเครื่องทำความเย็น (Chiller) จำนวน 4 เครื่องและเครื่องสูบน้ำเย็นจำนวน 4 เครื่อง ตรวจวัดทุก 1 ชั่วโมง โดยตรวจวัดเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น 2 เครื่องต่ออาคาร แบ่งตรวจวัดออกเป็น 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 ตรวจวัดตั้งแต่ วันที่ 26-29 ตุลาคม 2553 เริ่มตรวจวัดเวลา 09.00 น.-17.00น. ครั้งที่ 2 ตรวจวัดตั้งแต่วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 เริ่มตรวจวัดเวลา 09.00 น.-18.00 น. นำผลการตรวจวัดมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดมาตรการเพื่อเพิ่มสมรรถนะการทำความเย็น และนำมาตรการมาปรับใช้โดยการปรับอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากคอยล์เย็นเพิ่มขึ้นจากเดิม 45 °F เป็น 47 °F ปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นลดลง 20 % จึงทำการตรวจวัด ครั้งที่ 3 วันที่ 27 มกราคม 2554 เริ่มตรวจวัดเวลา 9.00 น.-17.00 น. จากนั้นปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นลดลง 30 % รวมถึงลดชั่วโมงการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นจากปกติปิดเครื่องเวลา 18.00น. เปลี่ยนมาปิด16.30น.แต่ยังใช้เครื่องสูบน้ำเย็นส่งน้ำเย็นผ่านเครื่องปรับอากาศอยู่จนถึงเวลา 18.00 น. จากนั้นทำการตรวจวัดครั้งที่ 4วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 เริ่มตรวจวัดเวลา 13.00 น.-16.00 น. ระหว่างการเก็บข้อมูลได้ใช้วิทยุสื่อสารติดต่อให้มีการเก็บข้อมูลในส่วนของระบบน้ำเย็นและข้อมูลด้านไฟฟ้าพร้อมกันซึ่งประกอบด้วย

3.1 การดำเนินงานในส่วนของติดต่อประสานงาน

3.1.1 ติดต่อประสานงานขอเข้าเก็บข้อมูลของเครื่องทำความเย็นกับหน่วยงานอาคารสถานที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์และขอคู่มือเครื่องทำความเย็น

รูปที่ 3.1 เครื่องทำความเย็น (Chiller

3.1.2 สำรวจข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องทำความเย็นภายนอกอาคาร



รูปที่ 3.2 (ก) แผนผังตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น

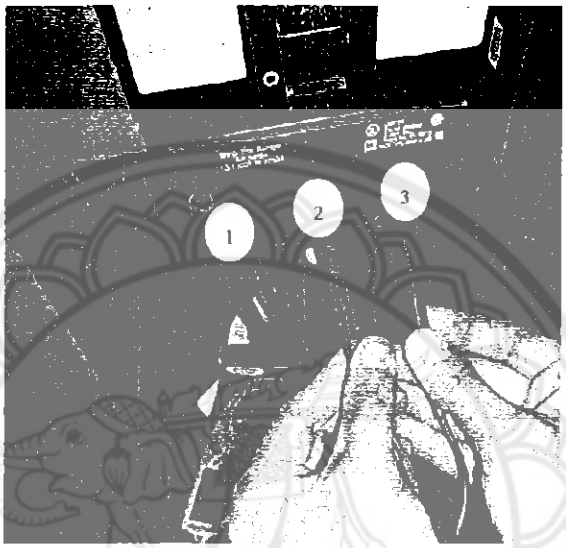
รูปที่ 3.2 (ข) ตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น

3.2 การดำเนินงานในด้านค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและเครื่องสูบน้ำเย็น

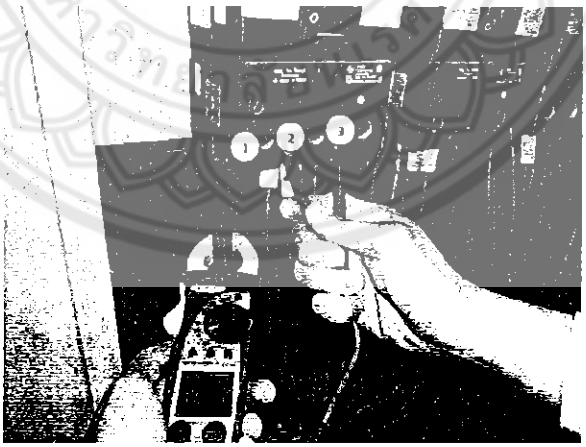
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าของระบบระบบทำความเย็น

3.2.1.1 อุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า (Clamp Meter)

3.2.2 วิธีการวัดค่ากำลังไฟฟ้า (kW)



รูปที่ 3.3 (ก) ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น (Chiller)



รูปที่ 3.3 (ข) ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็น (Pump)

3.3 การดำเนินงานในส่วนของวงจรน้ำเย็นและระบบทำความเย็น

3.3.1 ตารางบันทึกผลจากมอนิเตอร์และตารางบันทึกผลกำลังไฟฟ้า

Date / / Address Chiller No. Refrigerant type

Chiller Refrigerant Data

No.	Report	ค่าที่บันทึก													หมายเหตุ
		Time	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	
	Total Capacity	(%)													
	Percent capacity (%)	Ckt 1													
		Ckt 2													
1 2	Evap temp (°F) (°C)	In													
		Out													
3 4	Evap Pressure (Psig) (kPa)	In													
		Out													
5 6	Cprsr Suc pressure (Psig) (kPa)	Ckt 1													
		Ckt 2													
7 8	Cprsr Dis pressure (Psig) (kPa)	Ckt 1													
		Ckt 2													
9 10	Cprsr suc temp (°F) (°C)	Ckt 1													
		Ckt 2													
11 12	Disc gas temp (°F) (°C)	Ckt 1													
		Ckt 2													
13 14	Sat Cond Temp (°F) (°C)	Ckt 1													
		Ckt 2													
15 16	Pump pressure (Psig) (kPa)	In													
		Out													
17	Zone air	(°F)													

ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกผลจากมอนิเตอร์

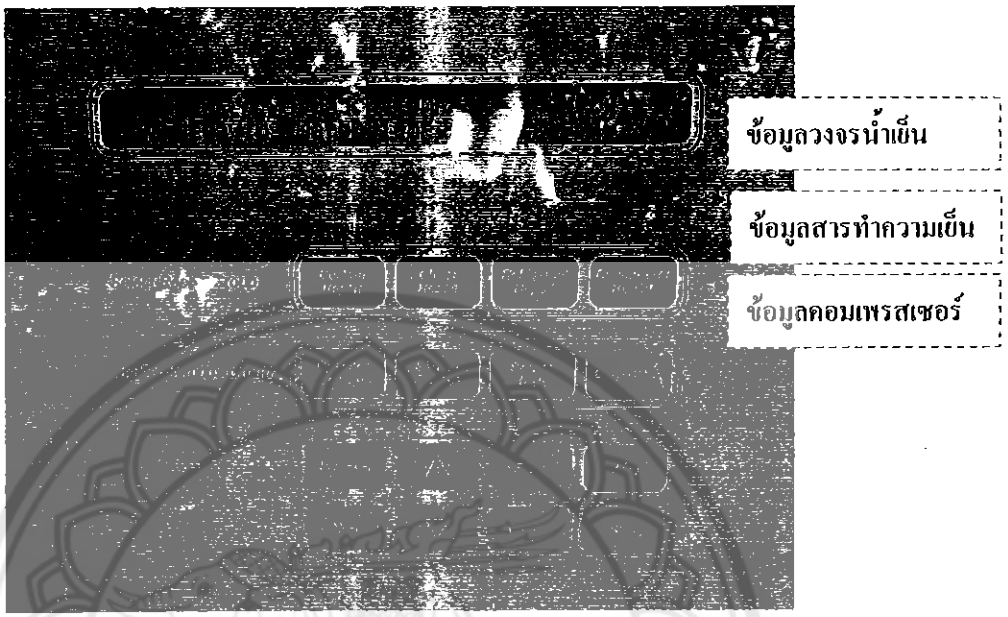
Date / / Address Refrigerant type

Electrical Chiller Data

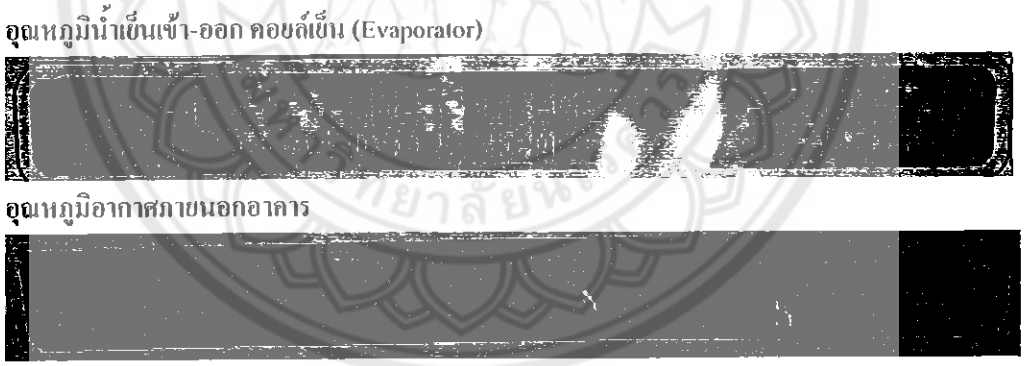
No.	Report	ค่าที่บันทึก												หมายเหตุ
		Time	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	
1	Chiller No.1 (kW)	L1													
2		L2													
3		L3													
4		A. P													
5	power factor	Ø													
6	Chiller No.2 (kW)	L1													
7		L2													
8		L3													
9		A. P													
10	power factor	Ø													
11	Chiller No.3 (kW)	L1													
12		L2													
13		L3													
14		A. P													
15	power factor	Ø													
16	Chiller No.4 (kW)	L1													
17		L2													
18		L3													
19		A. P													
20	power factor	Ø													

ตารางที่ 3.2 ตารางบันทึกผลกำลังไฟฟ้า

3.3.2 เก็บและบันทึกข้อมูลของระบบน้ำเย็นและระบบทำความเย็น



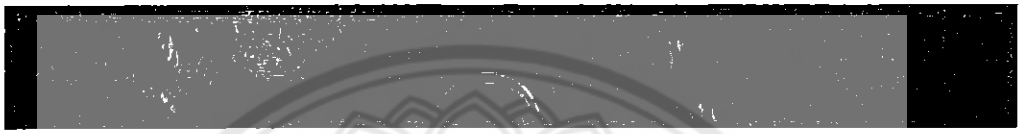
รูปที่ 3.4 (ก) ข้อมูลจากมอนิเตอร์เครื่องทำความเย็น



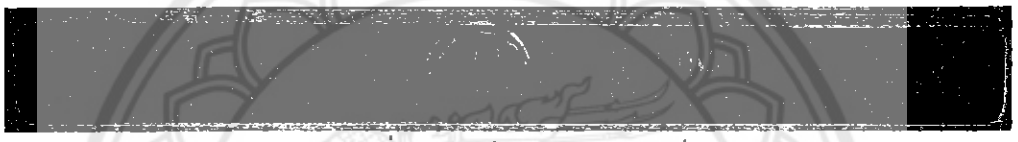
รูปที่ 3.4 (ข) ข้อมูลวงจรน้ำเย็น

ความดันสารทำความเย็นด้านทางเข้า – ออก เครื่องอัด (Compressor)

อุณหภูมิสารทำความเย็นด้านทางเข้า – ออก เครื่องอัด (Compressor)

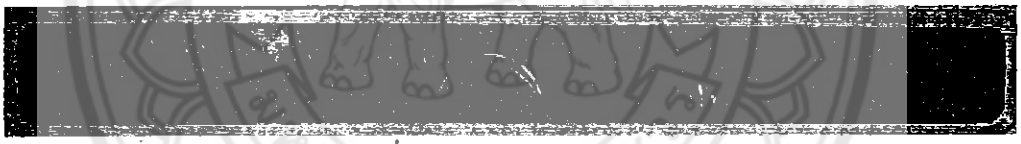


อุณหภูมิสารทำความเย็นด้านทางออกคอยล์ร้อน (Condenser)

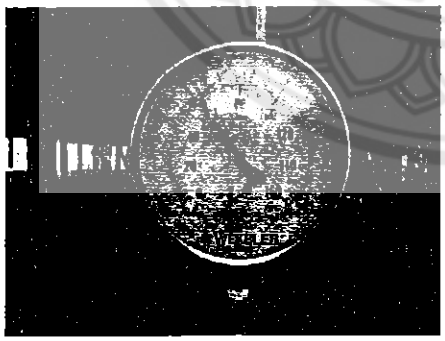


รูปที่ 3.4 (ค) ข้อมูลสารทำความเย็น

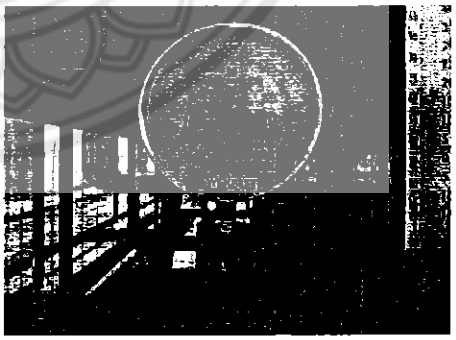
เปอร์เซอร์การทำงานเครื่องอัด (Compressor)



รูปที่ 3.4 (ง) ข้อมูลคอมเพรสเซอร์

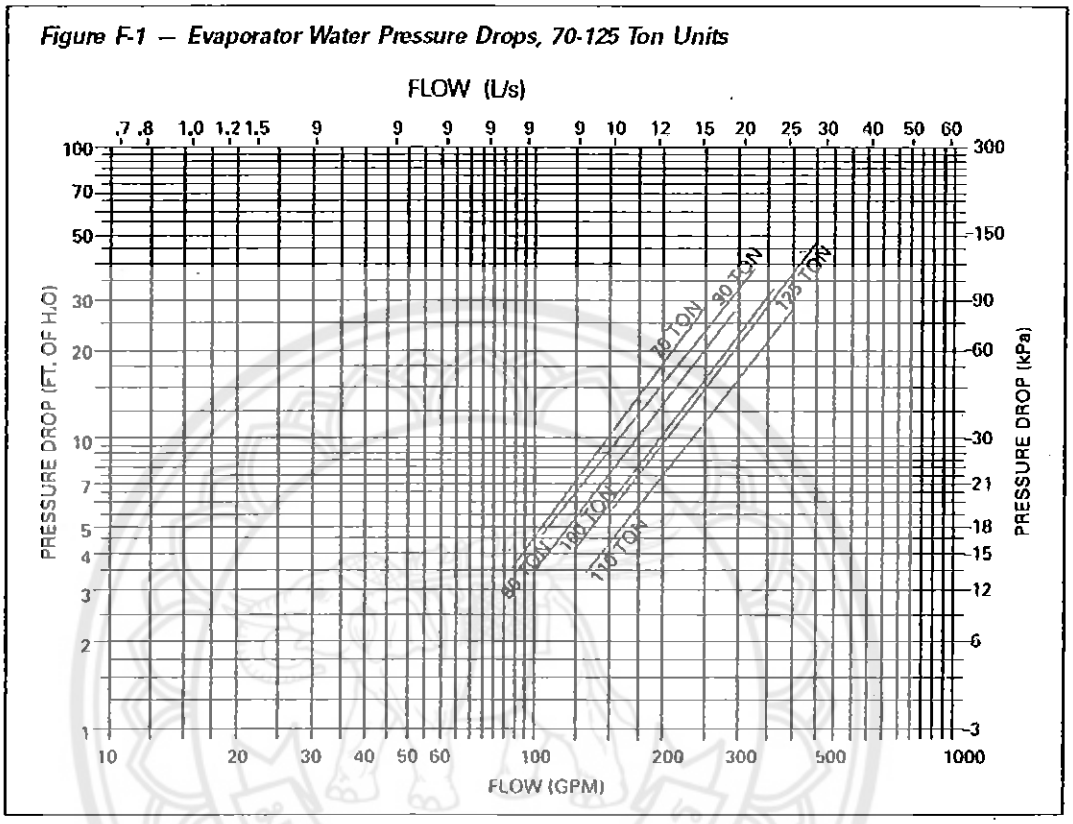


(ก) ความดันด้านออกคอยล์เย็น



(ข) ความดันด้านเข้าคอยล์เย็น

รูปที่ 3.5 แสดงความดันที่คอยล์เย็น

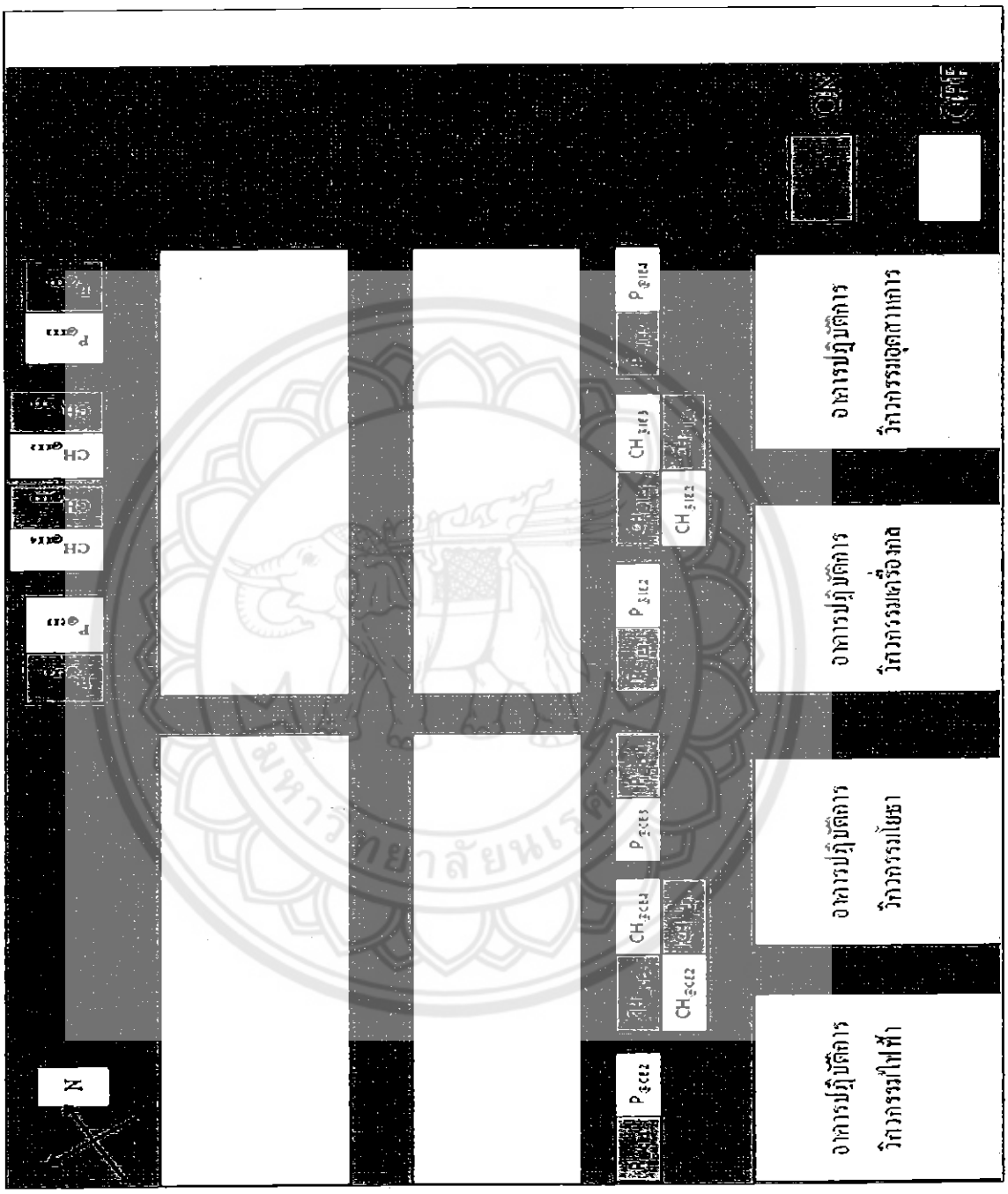


รูปที่ 3.6 กราฟหาอัตราการไหลของสารทำความเย็นโดยเทียบจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

3.3.3 นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าความสามารถการทำความเย็นตามสมการ (2.9) กำลังไฟฟ้าและสรรถนะการทำความเย็นตามสมการ (2.10) สมการ (2.11)

3.3.4 หลังจากการวิเคราะห์หาสมรรถนะการทำเย็นแล้ว เลือกเครื่องทำความเย็นที่มีสมรรถนะการทำความเย็นดีที่สุด อาคารละ 2 เครื่องมาทำการปรับปรุง

3.3.5 วางแผนให้เจ้าหน้าที่เปิด-ปิดเครื่องทำความเย็น เวลา 08.30-16.30 น.และเครื่องสูบน้ำเย็น เวลา 08.30-17.30น.



รูปที่ 3.7 แสดงแผนผังแสดงการเลือกเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น

3.4 การดำเนินงานในส่วนของการกำหนดมาตรการเพื่อลดการใช้พลังงานของระบบทำความเย็น

3.4.1 เลือกเครื่องทำความเย็นที่สมรรถนะการทำความเย็นที่ดีและอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อย –อาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 และ 3

-อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ เครื่องที่ 1 และ 4

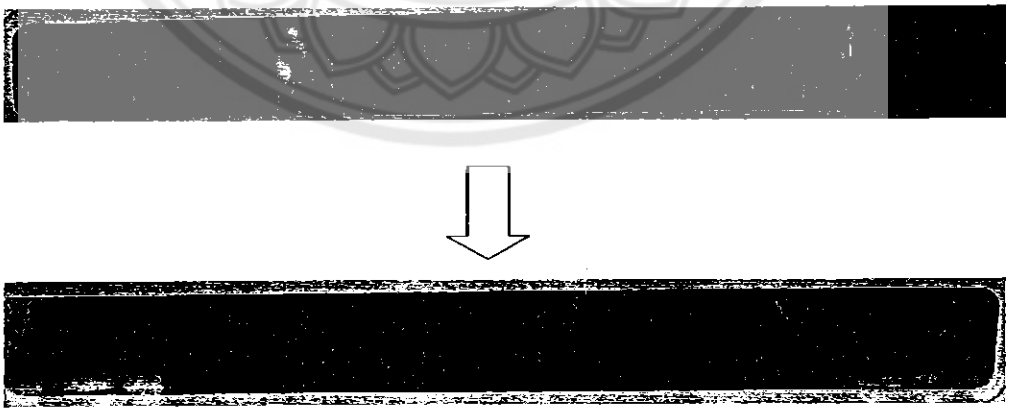
-อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ เครื่องที่ 1 และ 3

3.4.2 ลดอัตราการไหลของน้ำเย็นในวงจรระบบทำความเย็นจากเดิมมีการไหล 100 %ปรับอัตราการไหลลดลง 20% และ 30% ตามลำดับ

(ก) ก่อนปรับปรุงอัตราการไหล (ข) หลังปรับปรุงอัตราการไหล

รูปที่ 3.8 แสดงการลดอัตราการไหลของน้ำเย็น

3.4.3 เพิ่มอุณหภูมิน้ำออกจากเครื่องทำความเย็นให้สูงขึ้นจากเดิม 45 °F เป็น 47 °F



รูปที่ 3.9 แสดงการเพิ่มอุณหภูมิน้ำออกจากเครื่องทำความเย็น

3.4.4 ลดชั่วโมงการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นจากเดิมเปิดใช้งานเครื่องทำความเย็น ตั้งแต่ 08.30 –18.00 น. ให้มีการเปิดใช้งาน ตั้งแต่ 08.30-16.30น. แต่ระบบจ่ายน้ำเย็นเข้าสู่อาคารยังคงทำงานตามปกติ

3.4.5 เก็บและรวบรวมข้อมูลของระบบน้ำเย็นและระบบทำความเย็นก่อนและหลังการกใช้มาตรการลดการใช้พลังของเครื่องทำความเย็น

3.4.6 วิเคราะห์ข้อมูลหลังจากการใช้มาตรการลดการใช้พลังงานเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ชุดข้อมูลก่อนใช้มาตรการ

3.5 การดำเนินงานในส่วนของค่าใช้จ่าย

3.5.1 นำข้อมูลระบบการทำความเย็นที่ได้มาวิเคราะห์หาข้อมูลด้านค่าไฟฟ้า

3.5.2 หาค่าไฟฟ้าที่จะประหยัดได้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

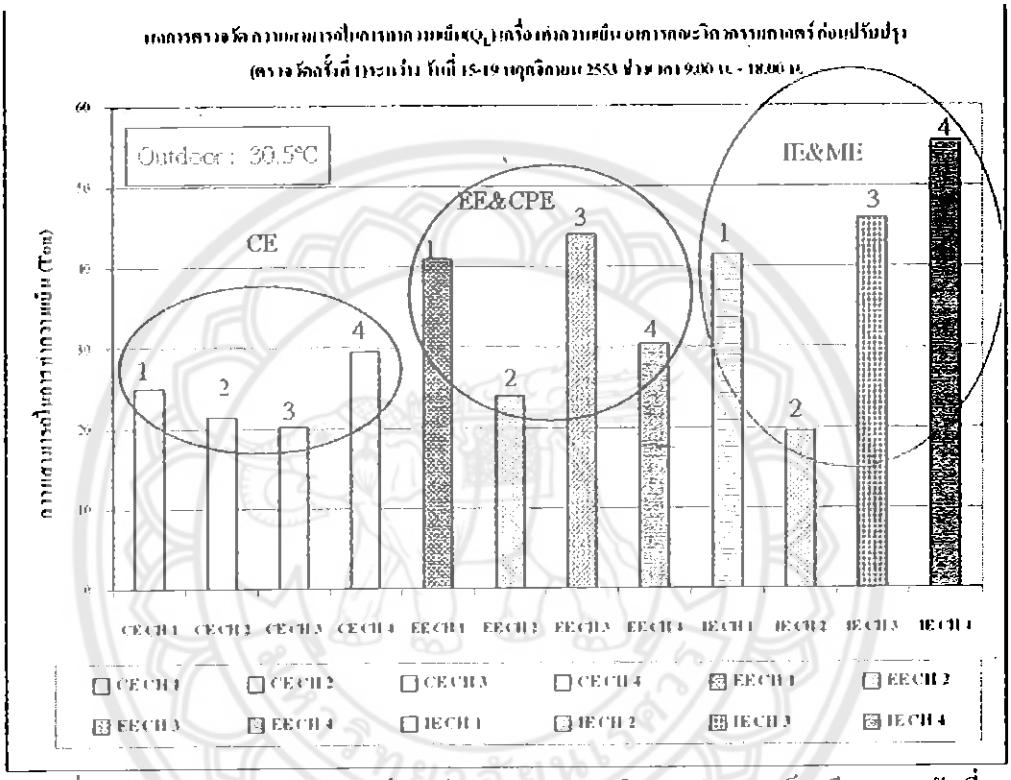
4.1 ผลการดำเนินงาน

จากการเก็บข้อมูลเครื่องทำความเย็นในส่วนของระบบทำความเย็นและข้อมูลด้านไฟฟ้า ช่วงเวลา 09.00-17.00น. ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2553 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2554 เป็นเวลาทั้งหมด 4 เดือน โดยเดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายน 2553 เป็นการเก็บข้อมูลตามปกติ จากนั้นมีการปรับปรุงสมรรถนะการทำความเย็น ในเดือน มกราคม-กุมภาพันธ์ 2554 โดยการปรับอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ออกจากคอยล์เย็นเพิ่มขึ้นจากเดิม 45 °F เป็น 47 °F ปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นลดลง 20 % เดือนมกราคม และปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นลดลง 30 % รวมถึงลดชั่วโมงการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นจากปกติปิดเครื่องเวลา 18.00น.เปลี่ยนมาปิด16.30น.แต่ยังใช้เครื่องสูบน้ำเย็นช่วยในการลำเลียงน้ำเย็นผ่านเครื่องปรับอากาศอยู่ ในเดือน กุมภาพันธ์ 2554 พบว่าเมื่อทำการปรับปรุงสมรรถนะการทำความเย็นแล้ว มีสรรถนะการทำงานเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบก่อนปรับปรุง สำหรับความสัมพันธ์ระหว่าง สรรถนะการทำความเย็นเทียบกับเวลา แสดงได้ดังกราฟต่อไปนี้

4.2 ผลการวิเคราะห์หาความสามารถในการทำความเย็นและตรวจวัดกำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ ก่อนปรับปรุง

ตรวจวัดครั้งที่ 1 (วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 เวลา 9.00 - 18.00น.)

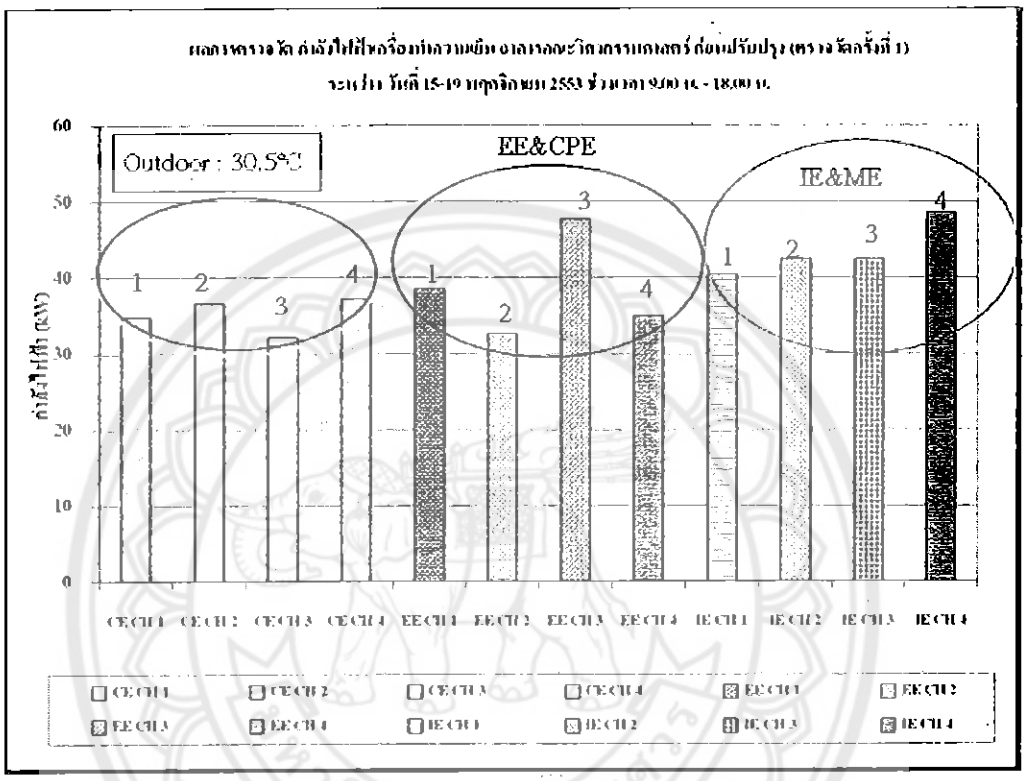
4.2.1 ผลการวิเคราะห์หาความสามารถในการทำความเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็นเทียบเวลา วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น)

จากกราฟที่ 4.1 สรุปได้ว่า ความสามารถในการทำความเย็นสูงสุดของเครื่องทำความเย็นอาคารวิศวกรรมโยธา โดยประมาณคือเครื่องที่ 4 เท่ากับ 29.52 Ton เครื่องที่ 1 เท่ากับ 24.98 Ton เครื่องที่2 เท่ากับ 21.50 Ton และเครื่องที่ 3 เท่ากับ 20.20 Ton ตามลำดับ ความสามารถในการทำความเย็นสูงสุด เครื่องความทำเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ โดยประมาณคือเครื่องที่ 4 เท่ากับ 55.60 Ton เครื่องที่ 3 เท่ากับ 46.13 Ton เครื่องที่ 1 เท่ากับ 41.53Ton และเครื่องที่ 2 เท่ากับ 19.67 Ton ตามลำดับ และความสามารถในการทำความเย็นสูงสุด อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ โดยประมาณคือเครื่องที่ 3 เท่ากับ 44.11 Ton เครื่องที่ 1 เท่ากับ 41.04 Ton เครื่องที่4 เท่ากับ 30.44 Ton และเครื่องที่ 2 เท่ากับ 20.04 Ton ตามลำดับ

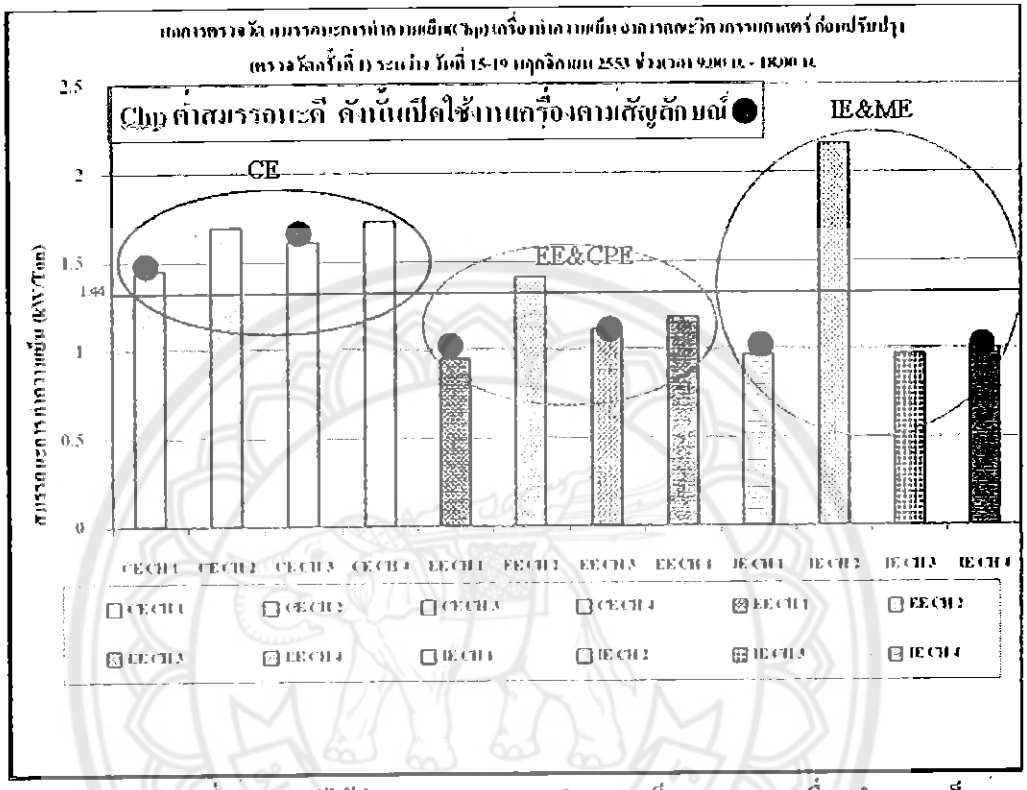
4.2.2 ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าขณะเครื่องทำความเย็นขณะทำงาน อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าเทียบเวลา วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น)

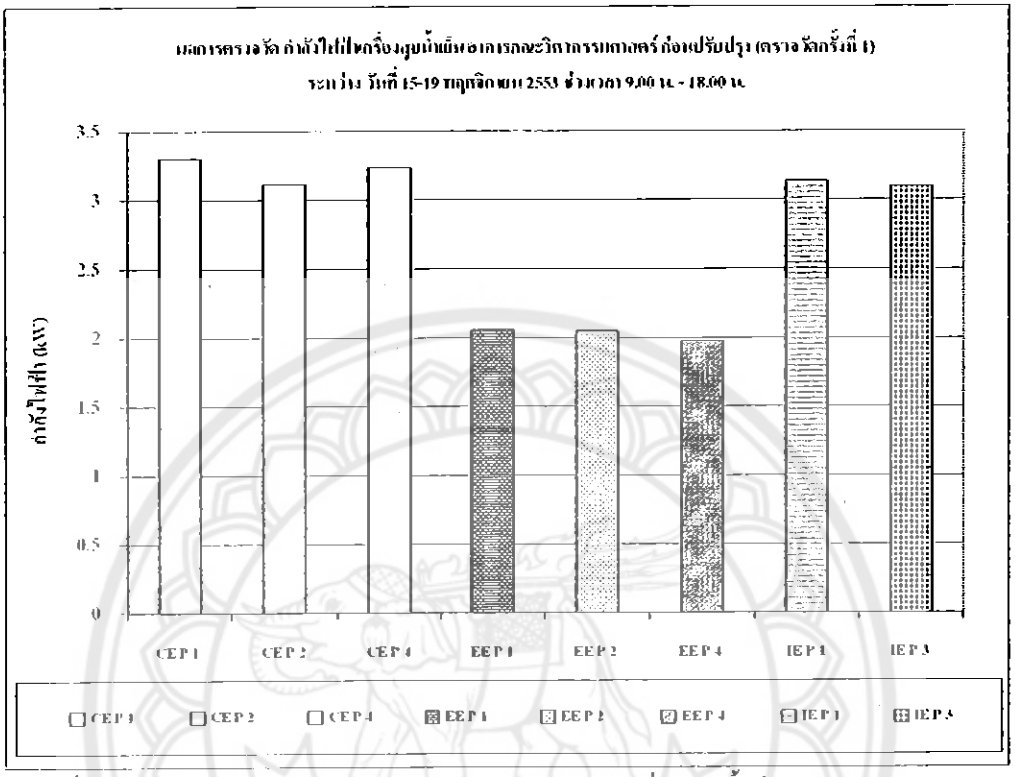
จากกราฟที่ 4.2 สรุปได้ว่า เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา ที่มีปริมาณกำลังไฟฟ้าสูงที่สุดคือ CE4 เท่ากับ 37.22 kW CE2 เท่ากับ 36.58 kW CE 1 เท่ากับ 34.84 kW CE3 เท่ากับ 32.17 kW ตามลำดับ เครื่องทำความเย็นอาคารวิศวกรรมอุตสาหการ ที่มีปริมาณกำลังไฟฟ้าสูงที่สุดคือ IE 4 เท่ากับ 48.60 kW IE3 เท่ากับ 42.52 kW IE 2 เท่ากับ 42.46 kW IE1 เท่ากับ 40.45 kW ตามลำดับ และเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ ที่มีปริมาณกำลังไฟฟ้าสูงที่สุดคือ EE3 เท่ากับ 47.71 kW EE1 เท่ากับ 38.60 kW EE4 เท่ากับ 35.01 kW EE2 เท่ากับ 32.72 kW ตามลำดับ

4.2.3 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



จากกราฟที่ 4.3 สรุปได้ว่า สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา มีความใกล้เคียง โดยเครื่องทำความเย็นที่มีสมรรถนะดีที่สุด คือ เครื่องที่ 1 เท่ากับ 1.22 kW/Ton เครื่องที่ 3 เท่ากับ 1.45 kW/Ton เครื่องที่ 4 เท่ากับ 1.48 kW/Ton เครื่องที่ 2 เท่ากับ 1.63 kW/Ton ตามลำดับ สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ มีความใกล้เคียง แต่มีเครื่องที่ 2 สมรรถนะต่ำเนื่องจากเครื่องทำความเย็นมีความผิดปกติ โดยเครื่องทำความเย็นที่มีสมรรถนะดีที่สุด คือ เครื่องที่ 3 เท่ากับ 0.63 kW/Ton เครื่องที่ 4 เท่ากับ 1.01 kW/Ton เครื่องที่ 1 เท่ากับ 1.03 kW/Ton เครื่องที่ 2 เท่ากับ 1.87 kW/Ton ตามลำดับ และสมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ มีความใกล้เคียง โดยเครื่องทำความเย็นที่มีสมรรถนะดีที่สุด คือ เครื่องที่ 1 เท่ากับ 0.84 kW/Ton เครื่องที่ 4 เท่ากับ 0.99 kW/Ton เครื่องที่ 3 เท่ากับ 1.08 kW/Ton เครื่องที่ 2 เท่ากับ 1.49 kW/Ton ตามลำดับ

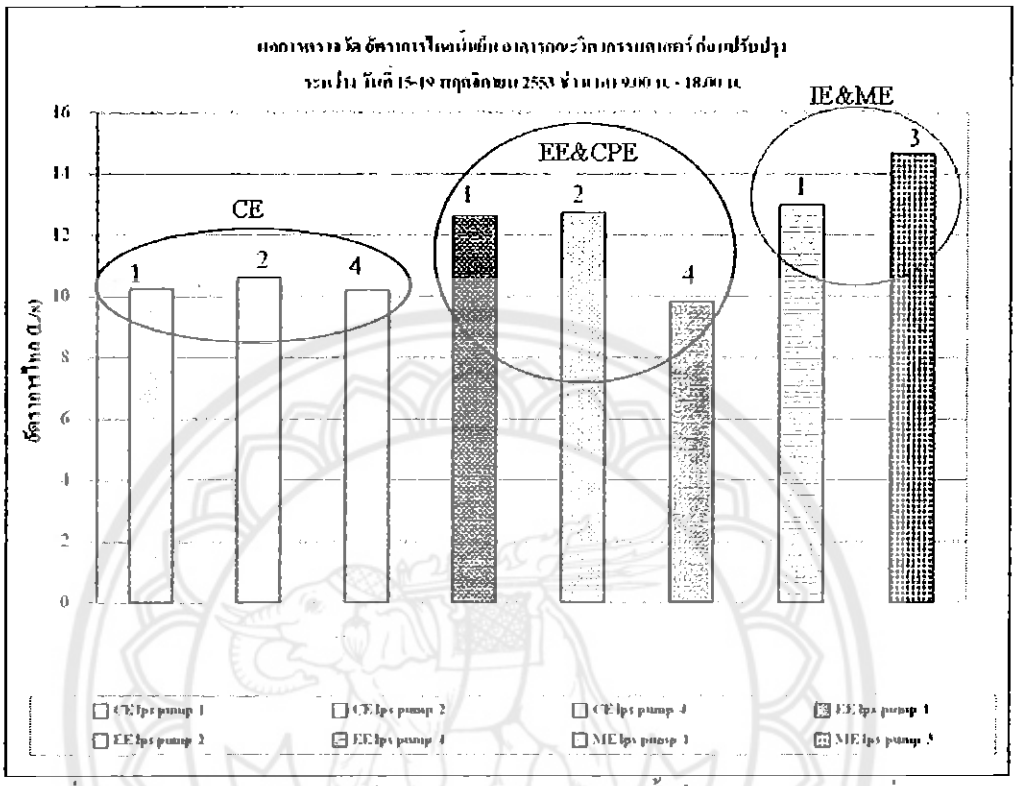
4.2.4 ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็นเทียบกับเวลา **วันที่** 15-19 พฤศจิกายน 2553 (ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น)

จากกราฟที่ 4.4 สามารถสรุปได้ว่า กำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำมีค่าคงที่ ตลอดเวลา**ที่ใช้งาน** CE 1 เท่ากับ 3.30 kW CE2 เท่ากับ 3.11 kW CE 4 เท่ากับ 3.23 kW IE 1 เท่ากับ 3.13 kW kW IE 3 **เท่ากับ** 3.09 kW EE1 2.05 kW EE4 2.05 kW

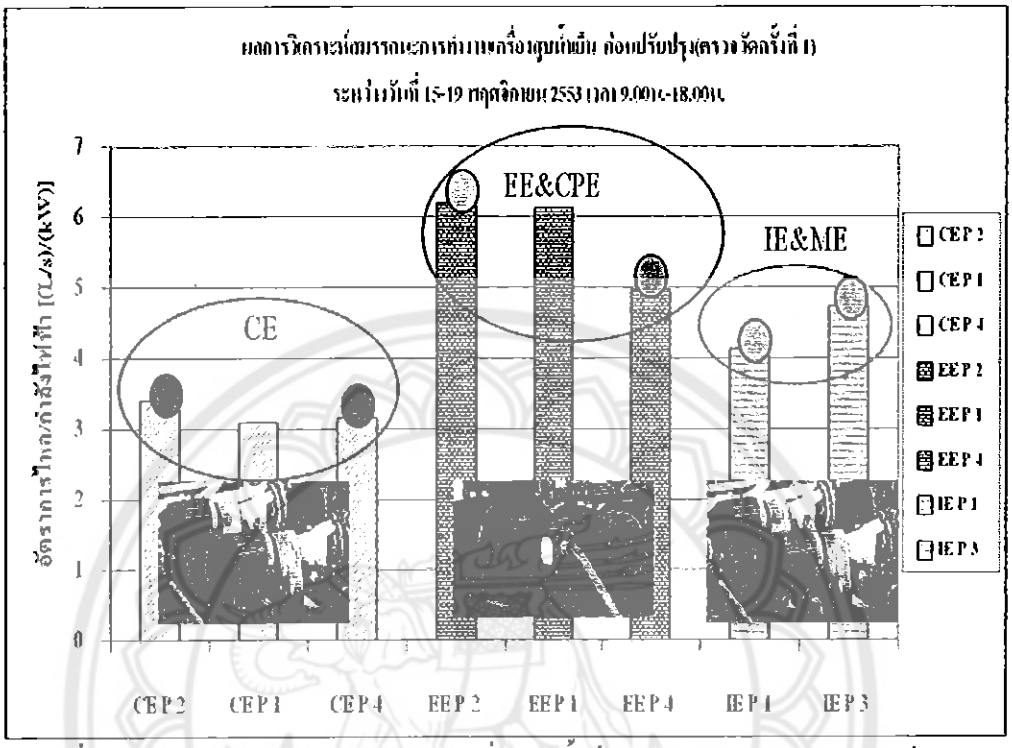
4.2.5 ผลการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการ ไหลของน้ำเย็นเทียบกับเวลา วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 (ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น)

จากกราฟที่ 4.5 สามารถสรุปได้ว่า อัตราการไหลของน้ำเย็นมีความคงที่ CE1 เท่ากับ 10.24 lps CE2 เท่ากับ 10.60 lps CE 4 เท่ากับ 12.72 lps IE 1 เท่ากับ 12.97 lps IE 3 เท่ากับ 14.66 lps EE 1 เท่ากับ 12.63 lps EE 2 เท่ากับ 12.72 lps EE 4 เท่ากับ 9.80 lps

4.2.6 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์

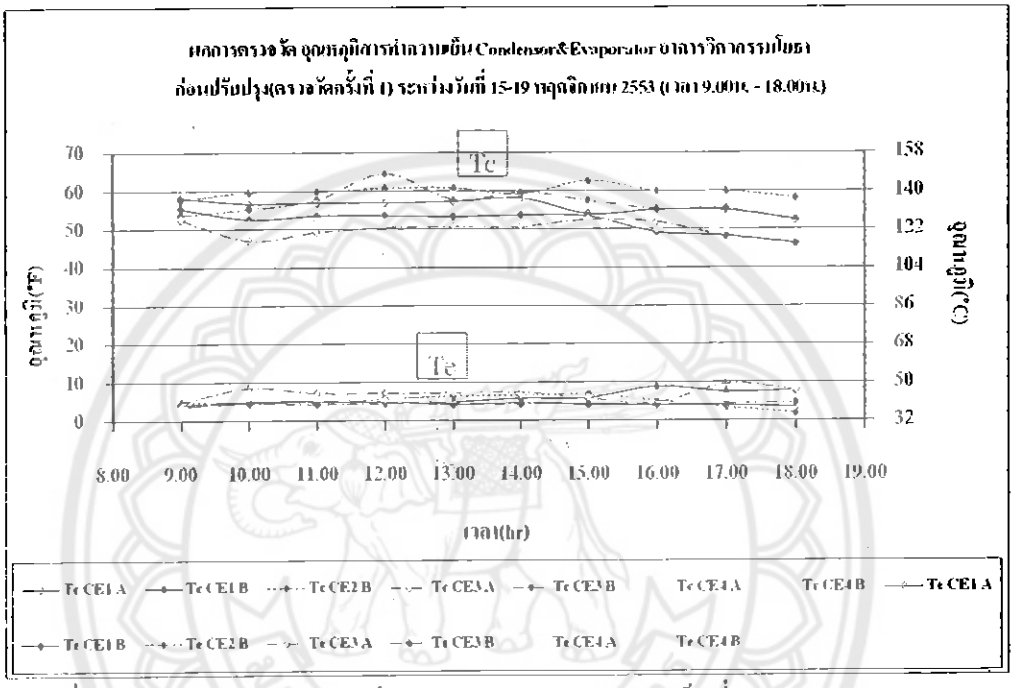


กราฟที่ 4.6 กราฟแสดงสมรรถนะการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 (ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น)

จากกราฟที่ 4.6 สามารถสรุปได้ว่าสมรรถนะการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 และ เครื่องที่ 4 มีสมรรถนะการทำความเย็นดีที่สุด อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ เครื่องที่ 1 และ เครื่องที่ 3 อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ เครื่องที่ 1 และ 4 มีสมรรถนะดีที่สุด

4.2.7 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็น จากการ ตรวจวัด (วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 เวลา 09.00-18.00 น.)

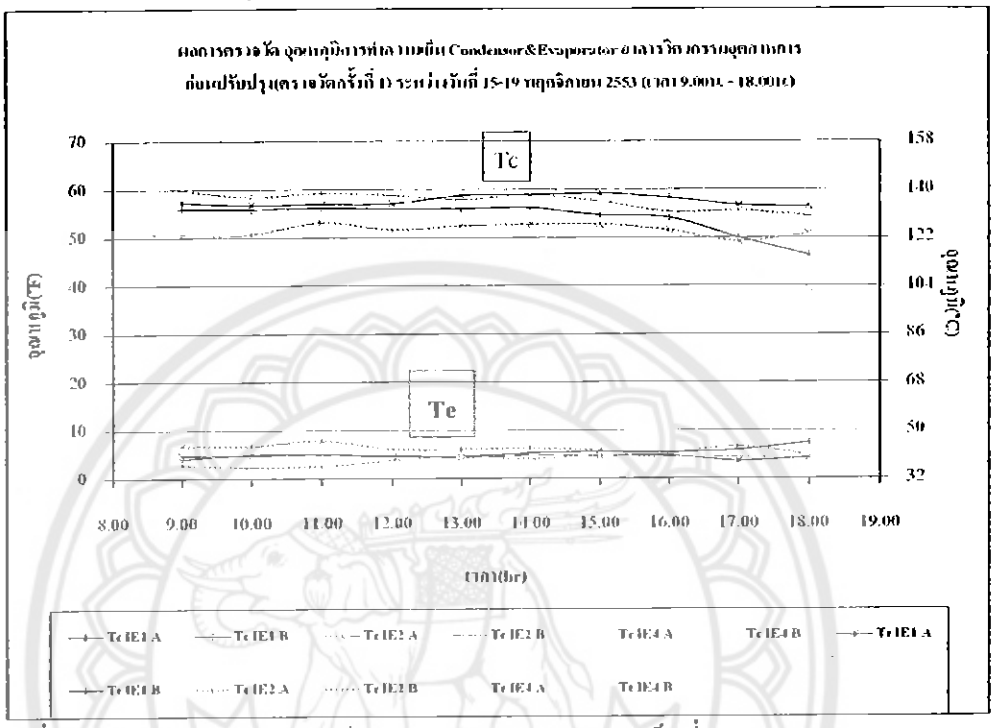
4.2.7.1 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา



กราฟที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater อาคารวิศวกรรมโยธา วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 (ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น)

จากกราฟที่ 4.7 สรุปได้ว่า สารทำความเย็นด้านคอยล์เย็นมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ประมาณ 41.64 °F แต่อุณหภูมิด้านคอยล์ร้อนมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาโดยอุณหภูมิเฉลี่ย 130.60 °F**อุณหภูมิสารทำความเย็นทั้งสองด้านมีค่าแปรผันตามกัน และช่วงห่างระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็นทั้งสองด้านมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก**

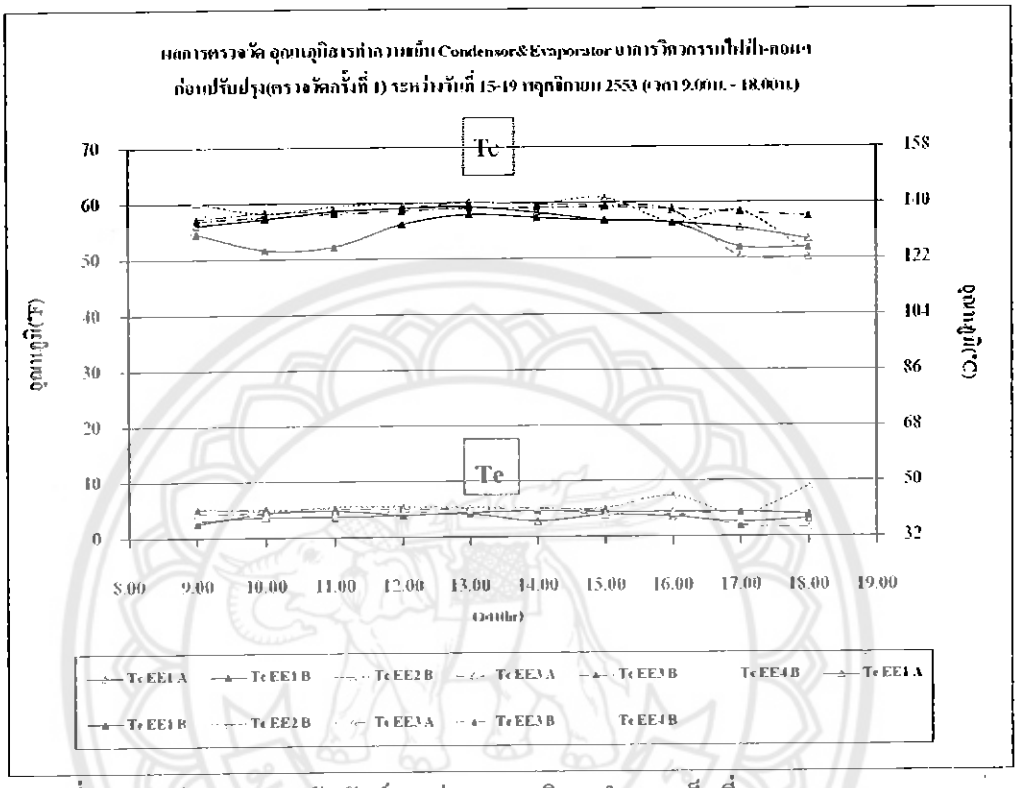
4.2.7.2 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ



กราฟที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 (ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น)

จากกราฟที่ 4.8 สรุปได้ว่า สารทำความเย็นด้านคอยล์เย็นมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ประมาณ 40.55 °F แต่อุณหภูมิด้านคอยล์ร้อนมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาโดยอุณหภูมิเฉลี่ย 132.60 °F อุณหภูมิสารทำความเย็นทั้งสองด้านมีค่าแปรผันตามกัน และช่วงห่างระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็นทั้งสองด้านมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

4.2.7.3 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็น วิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ



กราฟที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 (ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น)

จากกราฟที่ 4.9 สรุปได้ว่า สารทำความเย็นด้านคอยล์เย็นมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ประมาณ 39.78 °F แต่อุณหภูมิด้านคอยล์ร้อนมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาโดยอุณหภูมิเฉลี่ย 136.50 °Fอุณหภูมิสารทำความเย็นทั้งสองด้านมีค่าแปรผันตามกัน และช่วงห่างระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็นทั้งสองด้านมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

4.3 การวิเคราะห์เพื่อเลือกเครื่องทำความเย็นในการปรับปรุง

ตารางที่ 4.1 เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา

ความสามารถในการทำความเย็น (Ton)	อุณหภูมิน้ำเย็น (°F)	อัตราการน้ำเย็น (lps)	กำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น (kw)	สมรรถนะการทำความเย็น (chp)	การปรับปรุง
24.98	1.94	10.79	34.84833	1.4488	เปิดเครื่อง 1 โดยลดอัตราการไหลและปรับอุณหภูมิขาออกให้เพิ่มขึ้น
21.50	1.82	9.89	36.5825	1.691219	
20.20	1.73	9.80	32.18743	1.609961	เปิดเครื่อง 3 โดยลดอัตราการไหลและปรับอุณหภูมิขาออกให้เพิ่มขึ้น
29.52	1.76	14.03	37.2225	1.728581	

จากตาราง 4.1 พิจารณาเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา ได้เลือกที่จะปรับปรุงเครื่องทำความเย็น เครื่องที่ 1 และ 3 เนื่องจากมีสมรรถนะการทำความเย็นที่ดี และความสามารถในการทำความเย็นที่สูง

ตารางที่ 4.2 เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ

ความสามารถในการทำความเย็น (Ton)	อุณหภูมิน้ำเย็น (°F)	อัตราการน้ำเย็น (lps)	กำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น (kw)	สมรรถนะการทำความเย็น (chp)	การปรับปรุง
41.537759	2.23512	15.61692	40.45067	0.968985	เปิดเครื่อง 1 โดยลดอัตราการไหลและปรับอุณหภูมิขาออกให้เพิ่มขึ้น
19.670558	1.82924	9.036475	42.467	2.160518	
46.138363	3.3916	11.43169	42.52433	0.971307	
55.604226	2.36578	19.75088	48.602	1.002955	เปิดเครื่อง 4 โดยลดอัตราการไหลและปรับอุณหภูมิขาออกให้เพิ่มขึ้น

จากตาราง 4.2 พิจารณาเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ ได้เลือกที่จะปรับปรุงเครื่องทำความเย็น เครื่องที่ 1 และ 4 เนื่องจากมีสมรรถนะการทำความเย็นที่ดี และความสามารถในการทำความเย็นที่สูง

ตารางที่ 4.3 เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ

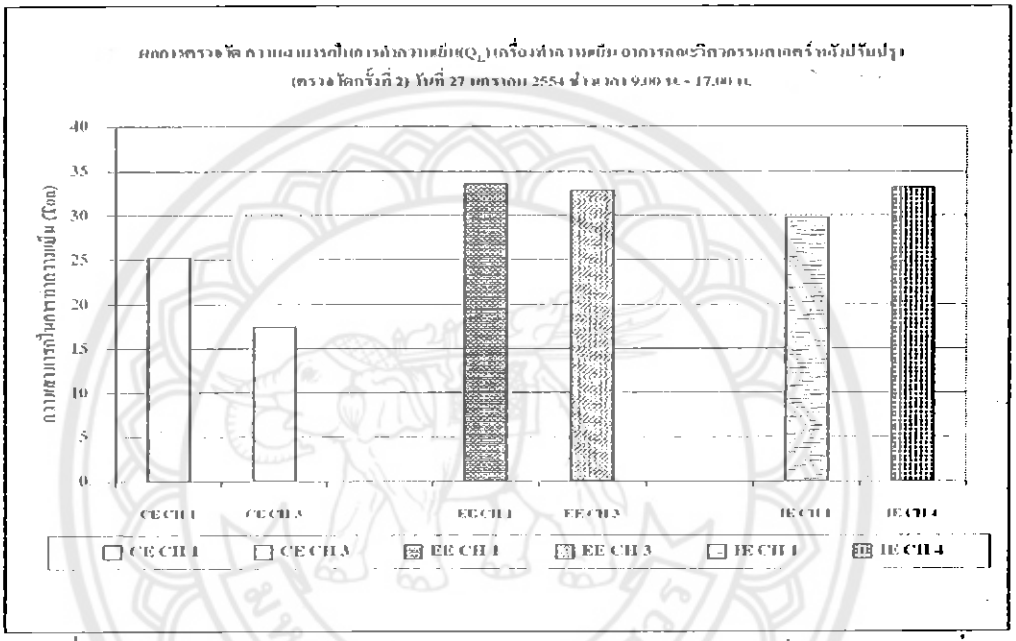
ความสามารถในการทำความเย็น (Ton)	อุณหภูมิน้ำเย็น (°F)	อัตราการน้ำเย็น (lps)	กำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น (kw)	สมรรถนะการทำความเย็น (chp)	การปรับปรุง
41.040427	2.3426133	14.72191	38.60333	0.949918	เปิดเครื่อง 1 ปรับอุณหภูมิขาออกให้เพิ่มขึ้น
24.041353	2.10446	9.600001	32.7244	1.413235	
44.115508	3.74188	9.907281	47.719	1.114462	เปิดเครื่อง 3 โดยลดอัตราการไหลและปรับอุณหภูมิขาออกให้เพิ่มขึ้น
30.448674	2.63544	9.708861	35.015	1.182609	

จากตาราง 4.3 พิจารณาเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ ได้เลือกที่จะปรับปรุงเครื่องทำความเย็น เครื่องที่ 1 และ 3 เนื่องจากมีสมรรถนะการทำความเย็นที่ดี และความสามารถในการทำความเย็นที่สูง

4.4 ผลการวิเคราะห์และตรวจวัดกำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ หลังการปรับปรุง

ตรวจวัดครั้งที่ 2 (วันที่ 27 มกราคม 2554 เวลา 9.00 - 17.00น.)

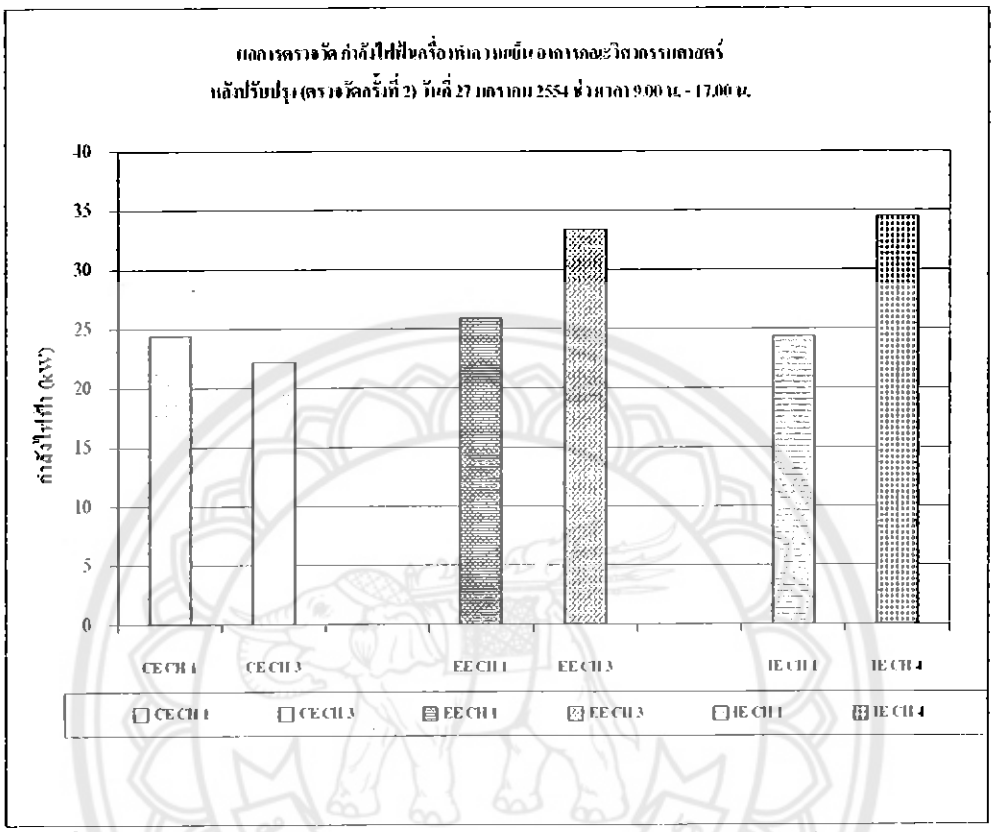
4.4.1 ผลการวิเคราะห์หาความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็นเทียบเวลา วันที่ 27 มกราคม 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ (ปรับอัตราการไหลลดลง 20 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้น จากเดิม 45 °F เป็น 47°F)

จากกราฟที่ 4.10 สรุปได้ว่า หลังจากปรับอัตราการไหลลด 20 % และเพิ่มอุณหภูมิด้านออกคอยล์เย็น ให้สูงขึ้นจากเดิม 45 °F เป็น 47 °F ความสามารถในการทำความเย็นลดลงเมื่อเทียบกับก่อนปรังปรุง โดย ความสามารถในการทำความเย็น CE1 เท่ากับ 25.31 Ton CE3 เท่ากับ 17.43 Ton EE 1 เท่ากับ 33.65 Ton EE 3 เท่ากับ 32.85 Ton IE 1 เท่ากับ 29.83 Ton IE 4 เท่ากับ 33.19 Ton

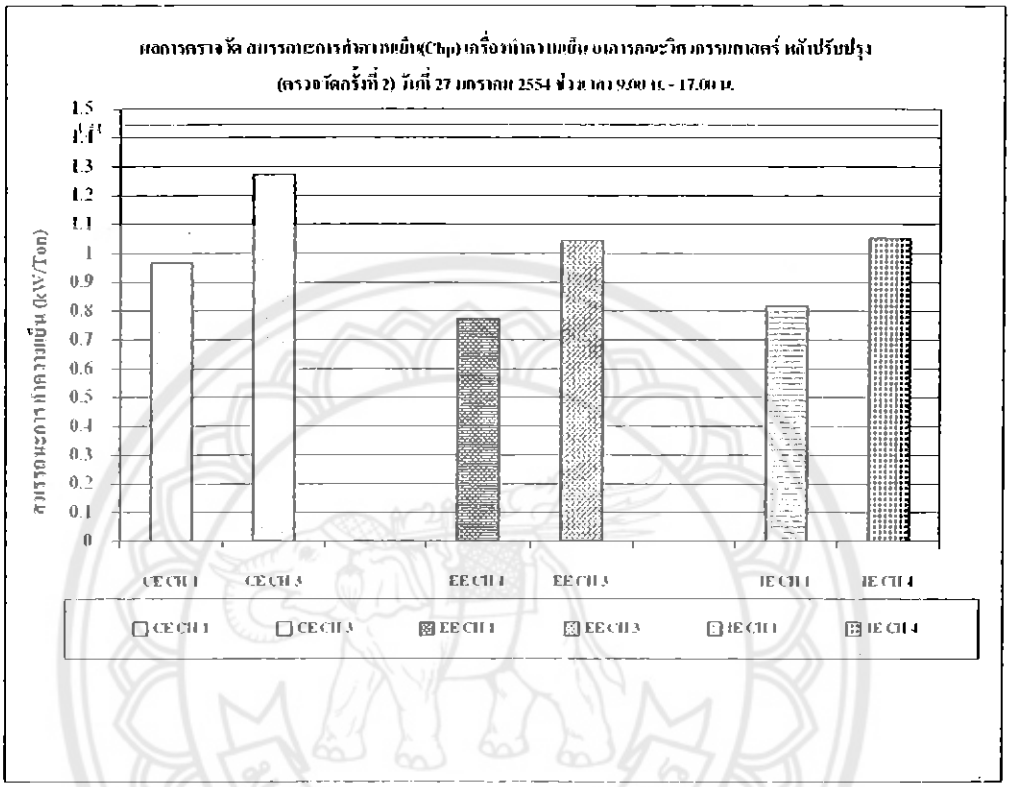
4.4.2 ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าขณะเครื่องทำความเย็นขณะทำงาน



กราฟที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็นเทียบเวลา **วันที่** 27 มกราคม 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ (ปรับอัตราการไหลลดลง 20 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้น จากเดิม 45 °F เป็น 47°F)

จากกราฟที่ 4.11 สรุปได้ว่า หลังจากปรับอัตราการไหลลด 20 % และเพิ่มอุณหภูมิด้านออกคอยล์เย็น ให้สูงขึ้นจากเดิม 45 °F เป็น 47 °F กำลังไฟฟ้าขณะเครื่องทำความเย็นทำงานเมื่อเทียบกับก่อนปรังปรุง โดย กำลังไฟฟ้า CE1 เท่ากับ 24.41 kW CE3 เท่ากับ 22.18 kW EE 1 เท่ากับ 25.91 kW EE 3 เท่ากับ 33.41 kW IE 1 เท่ากับ 24.33 kW IE 4 เท่ากับ 34.47 kW

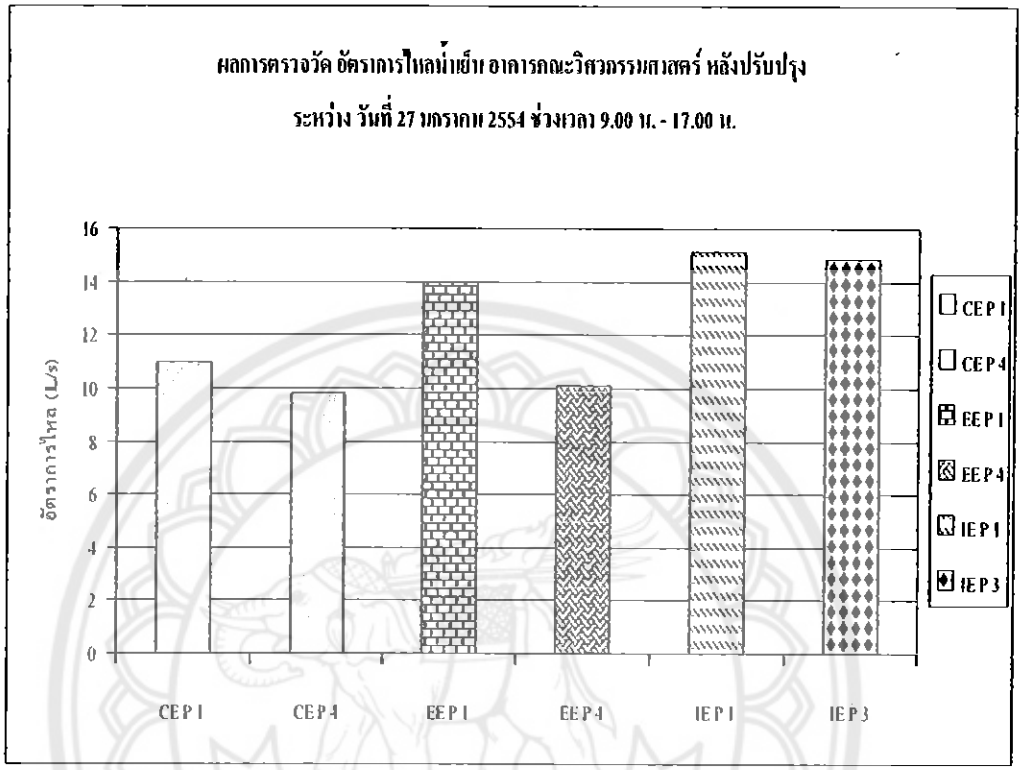
4.4.3 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็นเทียบเวลา วันที่ 27 มกราคม 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ (ปรับอัตราการไหลลดลง 20 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้น จากเดิม 45 °F เป็น 47°F)

จากกราฟที่ 4.12 สรุปได้ว่า สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็นดีขึ้นหลังทำการปรับปรุง โดยเครื่องทำความเย็นที่มีสมรรถนะดีที่สุด คือ EE เครื่องที่ 1 เท่ากับ 0.77 IE เครื่องที่ 1 เท่ากับ 0.81 CE เครื่องที่ 1 เท่ากับ 0.96 EE เครื่องที่ 3 เท่ากับ 1.04 IE เครื่องที่ 4 เท่ากับ 1.05 และ CE เครื่องที่ 3 เท่ากับ 1.27 ตามลำดับ

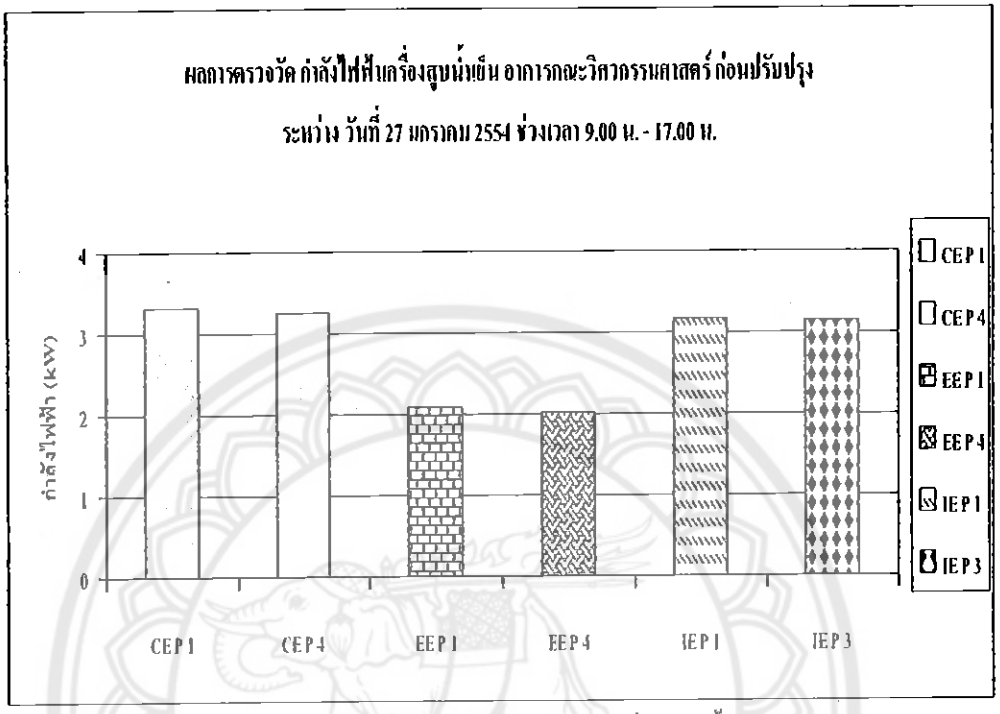
4.4.4 ผลการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเย็นเทียบกับเวลา วันที่ 27 มกราคม 2554 (ปรับอัตราการไหลลดลง 20 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้นจากเดิม 45 °F เป็น 47°F)

จากกราฟที่ 4.13 สามารถสรุปได้ว่า อัตราการปรับตัวสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุง อัตราการไหลของน้ำเย็นมีความคงที่ CE1 เท่ากับ 11 lps CE4 เท่ากับ 9.8 lps CE 4 เท่ากับ 10.18 lps ME 1 เท่ากับ 15.11 lps ME 3 เท่ากับ 14.83 lps EE 1 เท่ากับ 14 lps EE 2 เท่ากับ 10.13 lps

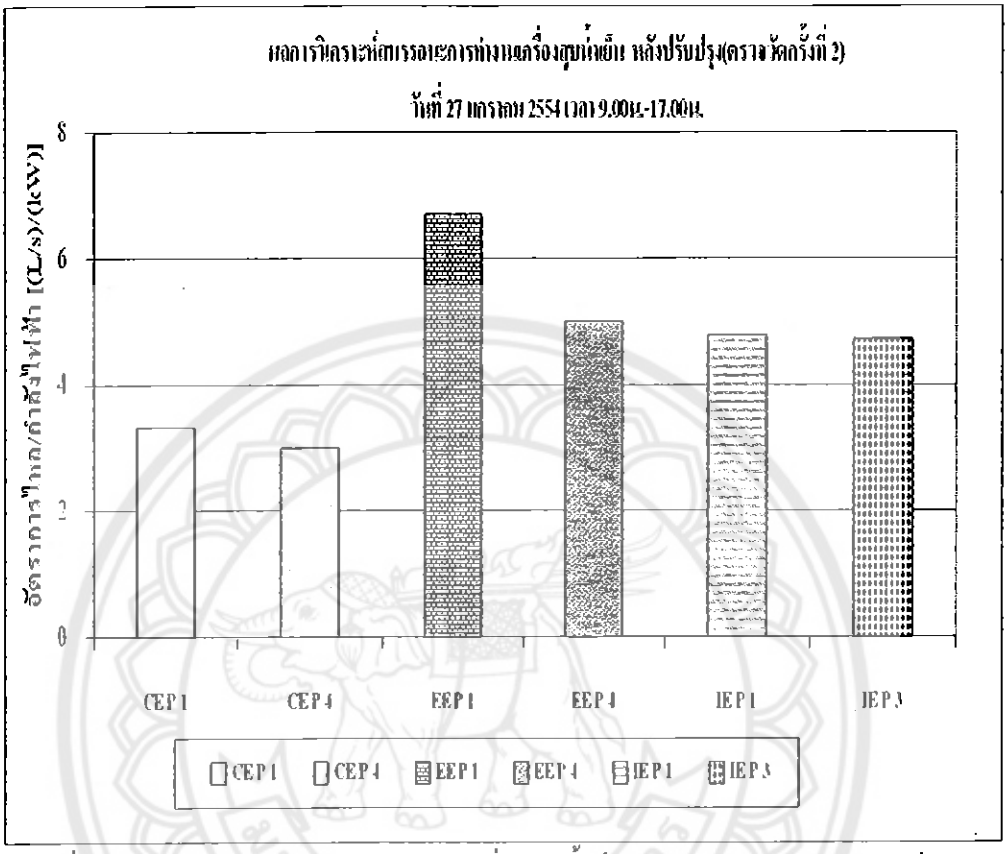
4.4.5 ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็นเทียบกับเวลา วันที่ 27 มกราคม 2554 เวลา (ปรับอัตราการไหลลดลง 20 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้น จากเดิม 45 °F เป็น 47°F)

จากกราฟที่ 4.14สามารถสรุปได้ว่า กำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ ปรับตัวลดลง โดยรวมแล้วกำลังไฟฟ้าของสูบน้ำเย็น CE 1 เท่ากับ 3.31 kW CE2 CE 4 เท่ากับ 3.26 kW IE 1 เท่ากับ 3.16 kW IE 3 เท่ากับ 3.14 kW EE 1 เท่ากับ 2.09 kW EE 4 เท่ากับ 2.02 kW

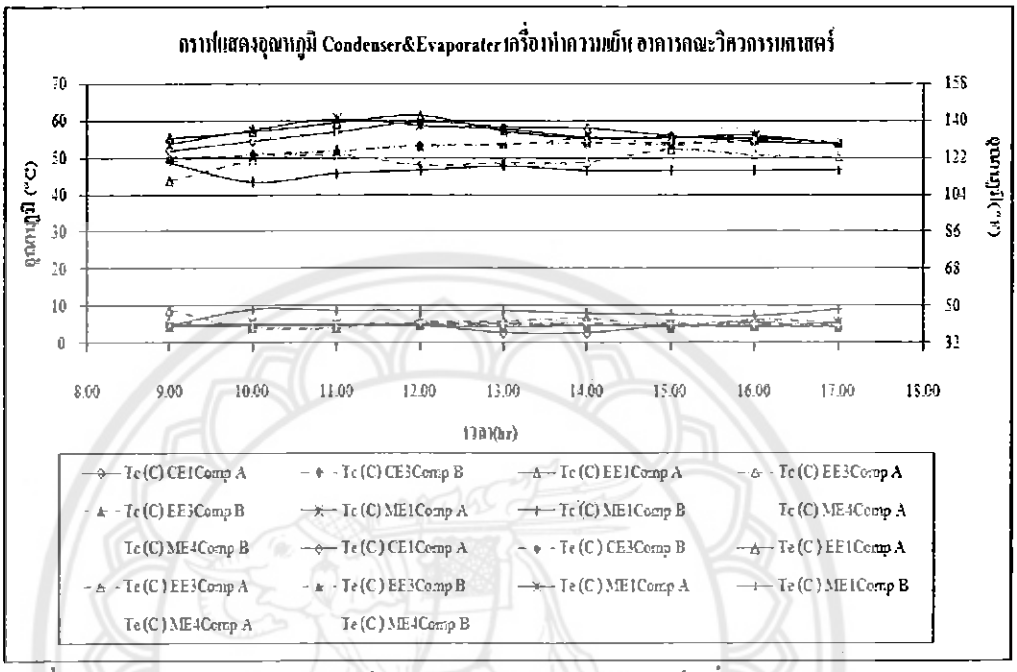
4.4.6 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.15 กราฟแสดงสมรรถนะการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ วันที่ 27 มกราคม 2554 (ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น)

จากกราฟที่ 4.15 สามารถสรุปได้ว่าสมรรถนะการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 และ เครื่องที่ 4 มีสมรรถนะการทำความเย็นดีที่สุด อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ เครื่องที่ 1 และ เครื่องที่ 3 อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ เครื่องที่ 1 และ 4 มีสมรรถนะดีที่สุด

4.4.7 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็นจากการตรวจวัด (วันที่ 27 มกราคม 2554 เวลา 09.00-17.00 น.)



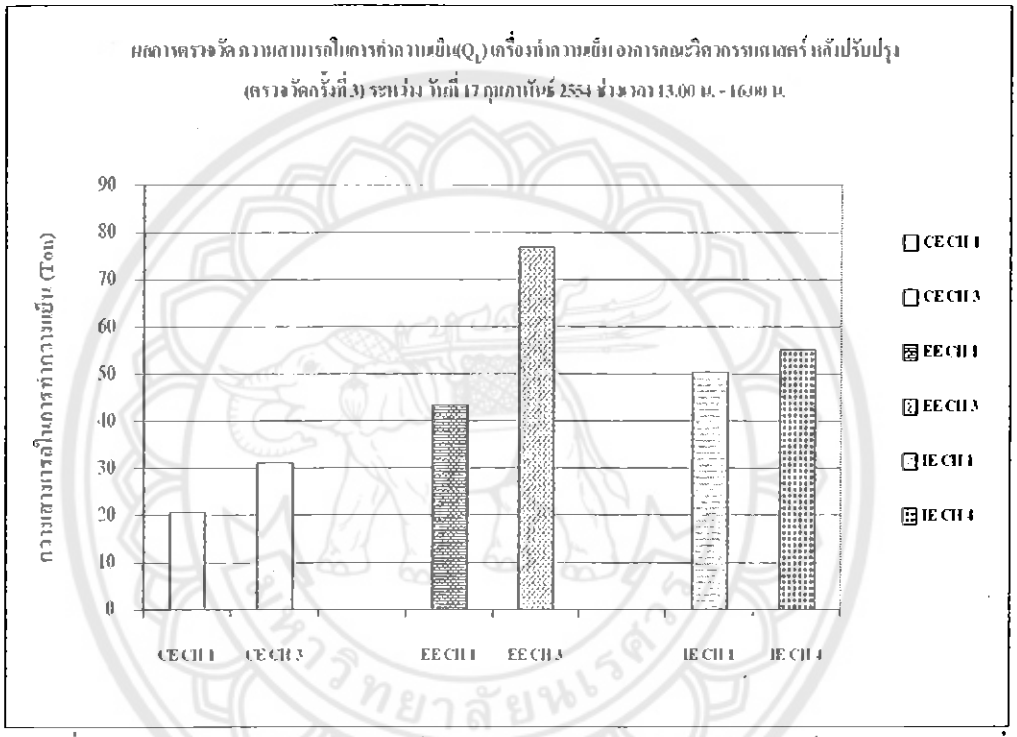
กราฟที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater อาคารวิสวกรรมคณะวิสวกรรมศาสตร์ วันที่ 27 มกราคม 2554 (ปรับอัตราการไหลลดลง 20 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้น จากเดิม 45 °F เป็น 47°F)

จากกราฟสรุปได้ว่า สารทำความเย็นด้านคอยล์เย็นมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ประมาณ 41.57 °F แต่อุณหภูมิด้านคอยล์ร้อนมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาโดยอุณหภูมิเฉลี่ย 127.11 °Fอุณหภูมิสารทำความเย็นทั้งสองด้านมีค่าแปรผันตามกัน และช่วงห่างระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็นทั้งสองด้านมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

4.5 ผลการวิเคราะห์และตรวจวัดเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ หลังการปรับปรุง

ตรวจวัดครั้งที่ 3 (วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 เวลา 13.00 - 16.00น.)

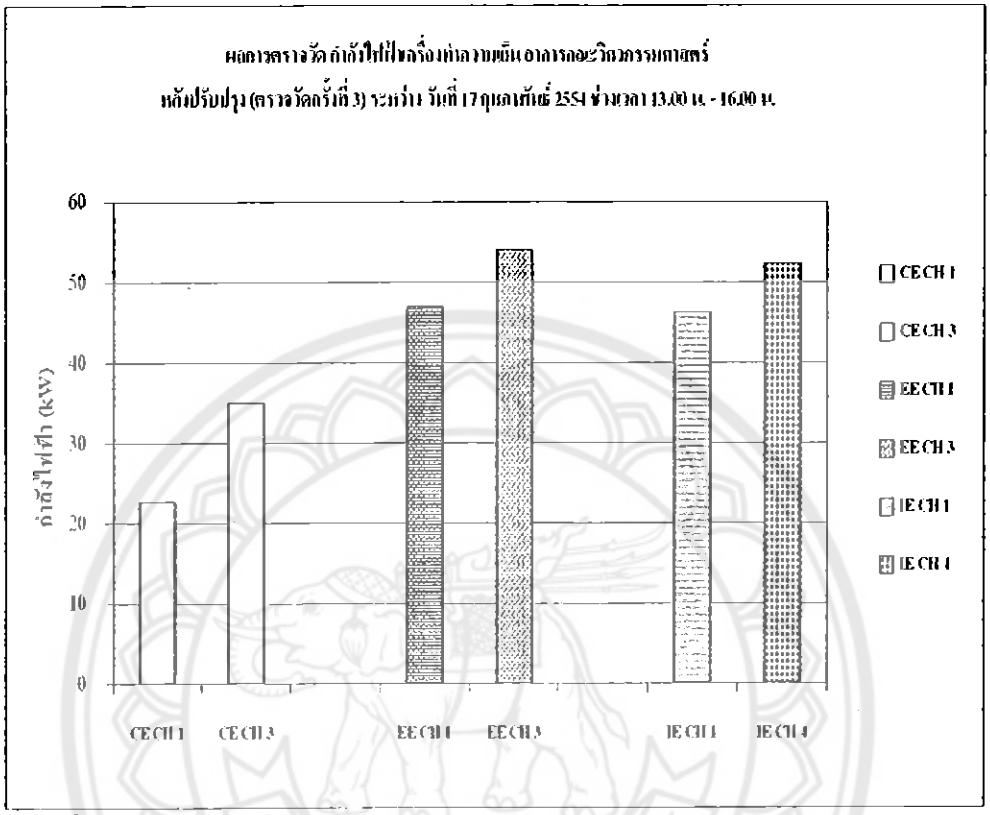
4.5.1 ผลการวิเคราะห์หาความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็นเทียบเวลา วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ (ปรับอัตราการไหลลดลง 30 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้น จากเดิม 45 °F เป็น 47°F ลดชั่วโมงการทำงานลง 2 ชั่วโมง)

จากกราฟที่ 4.17 สรุปได้ว่า หลังจากปรับอัตราการไหลลด 30 % และเพิ่มอุณหภูมิด้านออกคอยล์เย็น ให้สูงขึ้นจากเดิม 45 °F เป็น 47 °F ความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิด้านนอกเครื่องทำความเย็นที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุง โดยความสามารถในการทำความเย็น CE1 เท่ากับ 20.58 Ton CE 3 เท่ากับ 31.17 Ton EE 1 เท่ากับ 43.30 Ton EE 3 เท่ากับ 76.965 Ton IE 1 เท่ากับ 50.49 Ton IE 4 เท่ากับ 55.11 Ton

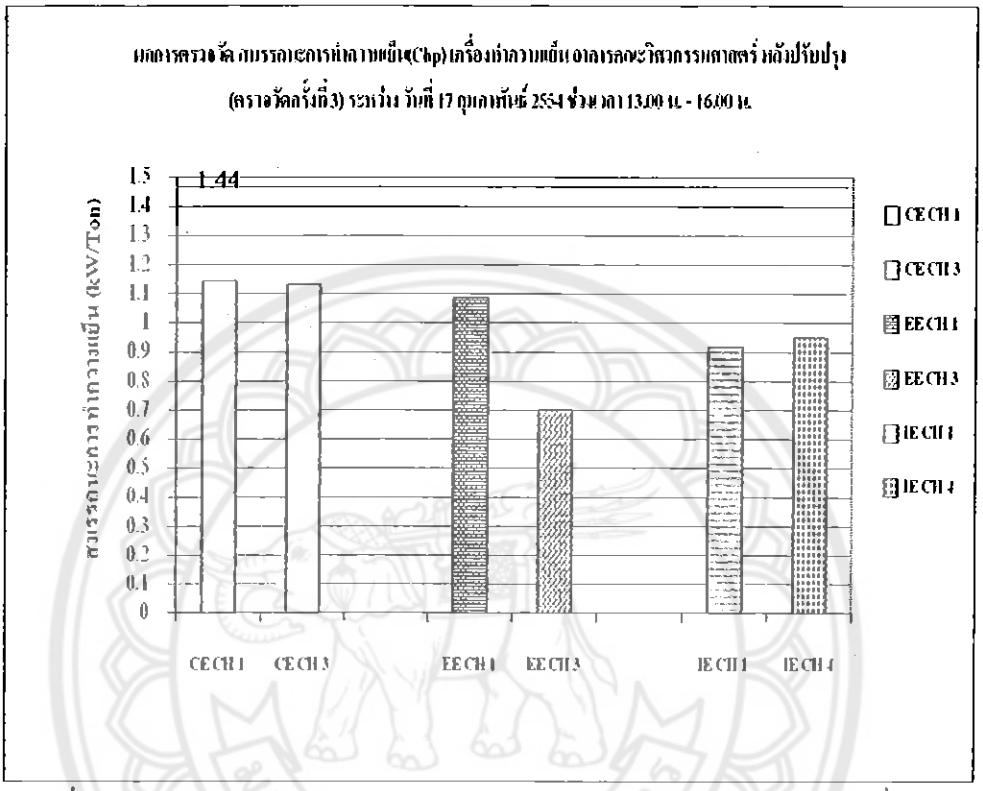
4.5.2 ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าขณะเครื่องทำความเย็นขณะทำงาน



กราฟที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็นเทียบเวลา วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ (ปรับอัตราการไหลลดลง 20 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้น จากเดิม 45 °F เป็น 47°F ลดการชั่วโมงการใช้งานลง 2 ชั่วโมง)

จากกราฟที่ 4.18 สรุปได้ว่า หลังจากปรับอัตราการไหลลด 30 % และเพิ่มอุณหภูมิด้านออกคอยล์เย็น ให้สูงขึ้นจากเดิม 45 °F เป็น 47 °F กำลังไฟฟ้าขณะเครื่องทำความเย็นทำงานเมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุง โดย กำลังไฟฟ้า CE1 เท่ากับ 22.75 kW CE3 เท่ากับ 34.99 kW EE 1 เท่ากับ 46.97 kW EE 3 เท่ากับ 53.98 kW IE 1 เท่ากับ 46.21 kW IE 4 เท่ากับ 52.35 kW

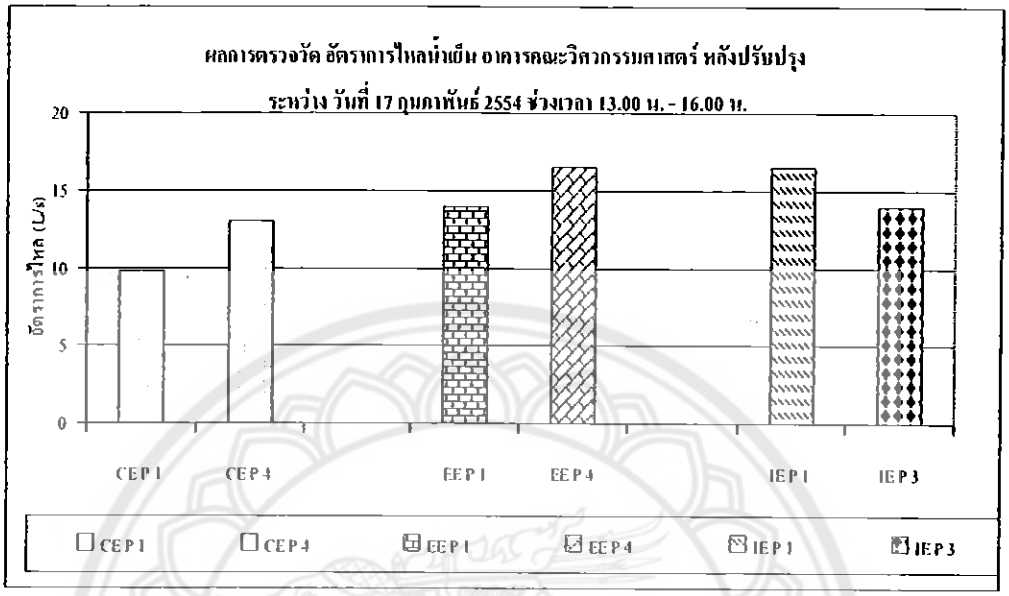
4.5.3 ผลการวิเคราะห์เพื่อสมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น เทียบเวลา วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 อาคารวิศวกรรมศาสตร์ (ปรับอัตราการไหลลดลง 30 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้น จากเดิม 45 °F เป็น 47°F)

จากกราฟที่ 4.19 สรุปได้ว่า สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีความใกล้เคียง และปรับลดลงเมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุงซึ่งเป็นผลดี เนื่องกฎหมายกำหนด สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) ไม่เกิน 1.44 kW/Ton โดยเครื่องทำความเย็นที่มีสมรรถนะดีที่สุด คือ EE เครื่องที่ 3 เท่ากับ 0.70 kW/Ton IE เครื่องที่ 1 เท่ากับ 0.91 kW/Ton IE เครื่องที่ 4 เท่ากับ 0.95 kW/Ton EE เครื่องที่ 1 เท่ากับ 1.08 kW/Ton CE เครื่องที่ 3 เท่ากับ 1.13 kW/Ton และ CE เครื่องที่ 1 เท่ากับ 1.14 ตามลำดับ

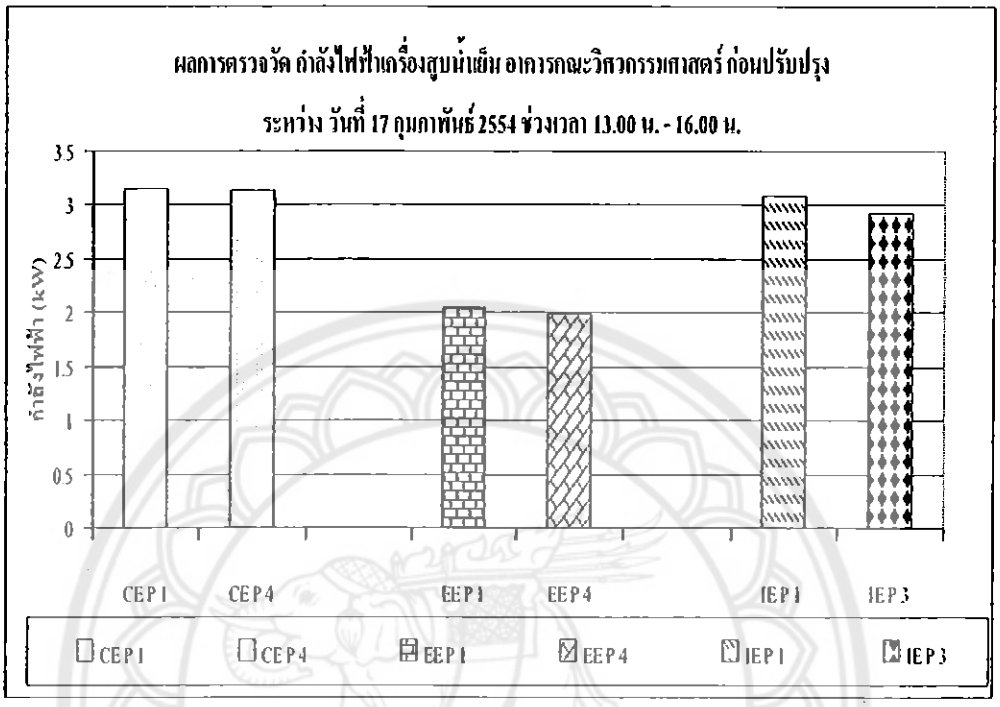
4.5.4 ผลการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเย็นเทียบกับเวลา วันที่ 17 มกราคม 2554 (ปรับอัตราการไหลลดลง 30 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้น จากเดิม 45 °F เป็น 47°F)

จากกราฟที่ 4.20 สามารถสรุปได้ว่า อัตราการไหลของน้ำเย็นมีความคงที่ CE1 เท่ากับ 9.80 lps CE 4 เท่ากับ 13 lps IE 1 เท่ากับ 16.5 lps IE 3 เท่ากับ 14.0 lps EE 1 เท่ากับ 14.0 lps EE 2 เท่ากับ 16.56 lps

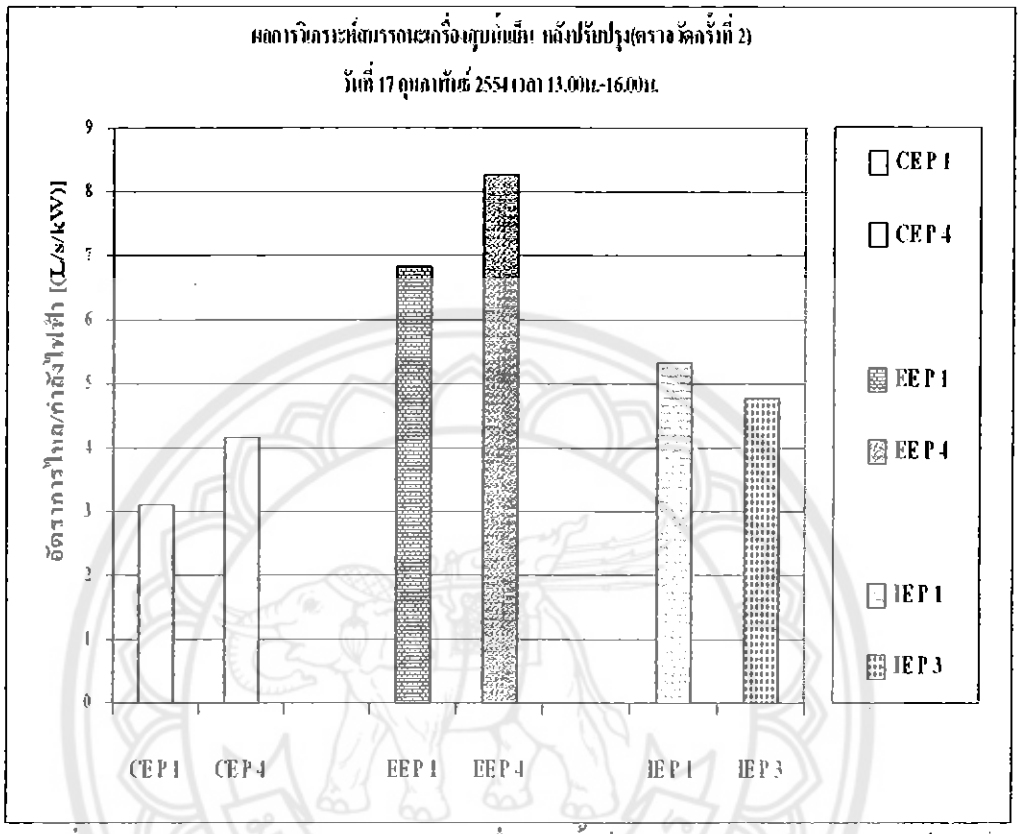
4.5.5 ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็นเทียบกับเวลา วันที่ 17 มกราคม 2554 (ปรับอัตราการไหลลดลง 30 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้นจากเดิม 45 °F เป็น 47°F)

จากกราฟที่ 4.21 สามารถสรุปได้ว่า กำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำมีค่าคงที่ ตลอดเวลาที่ใช้งาน CE 1 เท่ากับ 3.15 kW CE 4 เท่ากับ 3.12 kW IE 1 เท่ากับ 3.09 kW IE 3 เท่ากับ 2.93 kW EE 1 เท่ากับ 2.04 kW EE 3 เท่ากับ 1.99 kW

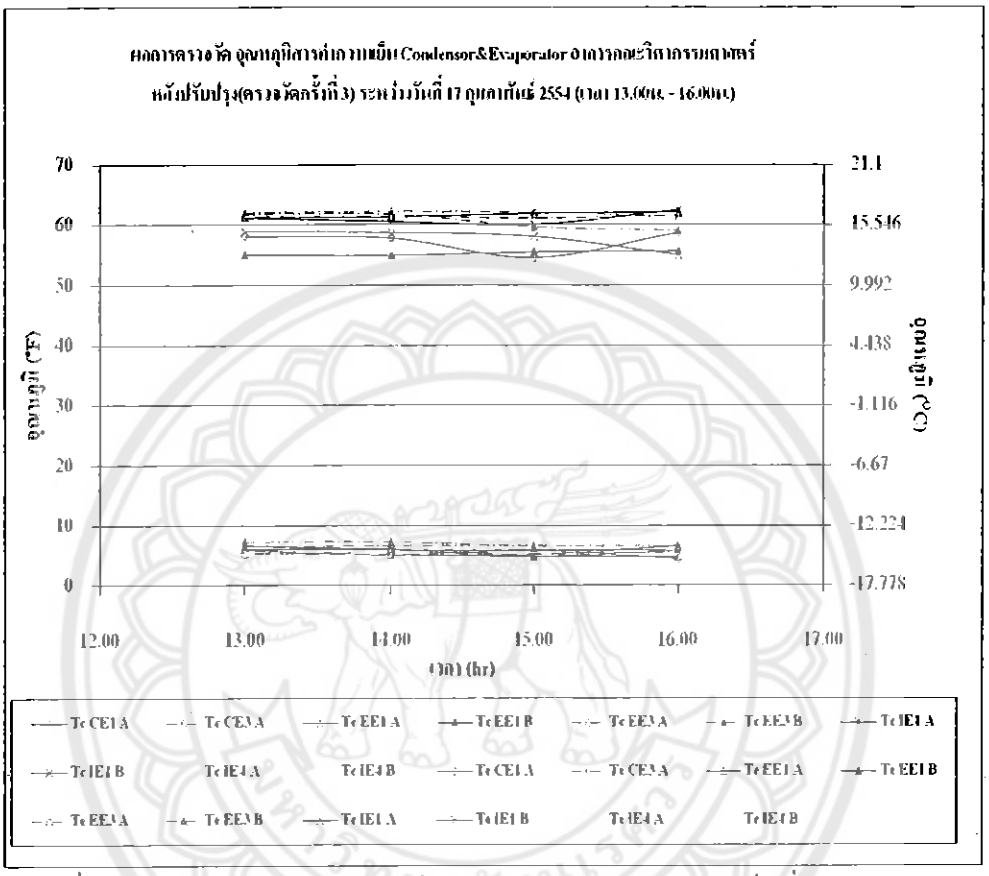
4.5.6 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



กราฟที่ 4.22 กราฟแสดงสมรรถนะการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 (ไม่มีการปรับอัตราการไหลและอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็น)

จากกราฟที่ 4.22 สามารถสรุปได้ว่าสมรรถนะการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น **อาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 และ เครื่องที่ 4 มีสมรรถนะการทำความเย็นดีที่สุด อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ เครื่องที่ 1 และ เครื่องที่ 3 อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ เครื่องที่ 1 และ 4 มีสมรรถนะดีที่สุด**

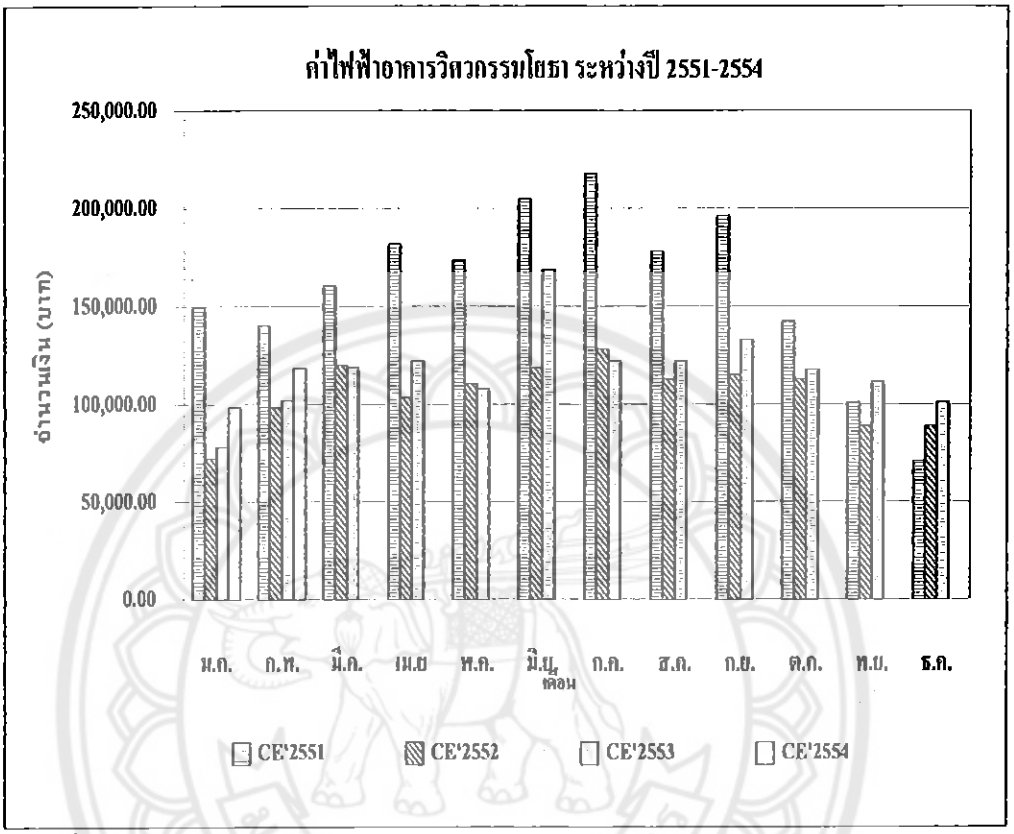
4.5.7 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็นจากการตรวจวัด (วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 เวลา 13.00-16.00 น.)



กราฟที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater อาคารวิศวกรรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 (ปรับอัตราการไหลลดลง 30 %และปรับอุณหภูมิออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้น จากเดิม 45 °F เป็น 47°F)

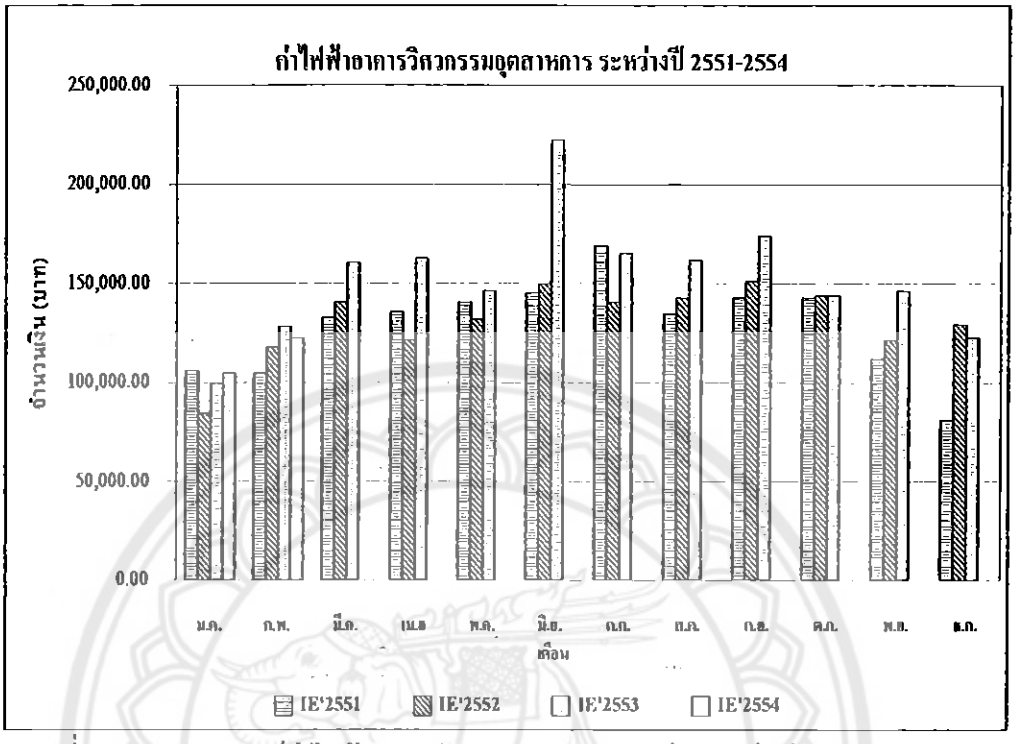
จากกราฟสรุปได้ว่า สารทำความเย็นด้านคอยล์เย็นมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ประมาณ 8.7 °F แต่อุณหภูมิด้านคอยล์ร้อนมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาโดยอุณหภูมิเฉลี่ย 58.78 °F อุณหภูมิสารทำความเย็นทั้งสองด้านมีค่าแปรผันตามกัน และช่วงห่างระหว่างอุณหภูมิสารทำความเย็นทั้งสองด้านมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

4.6 กราฟวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมศาสตร์ ช่วงระหว่างปี 2551-2554



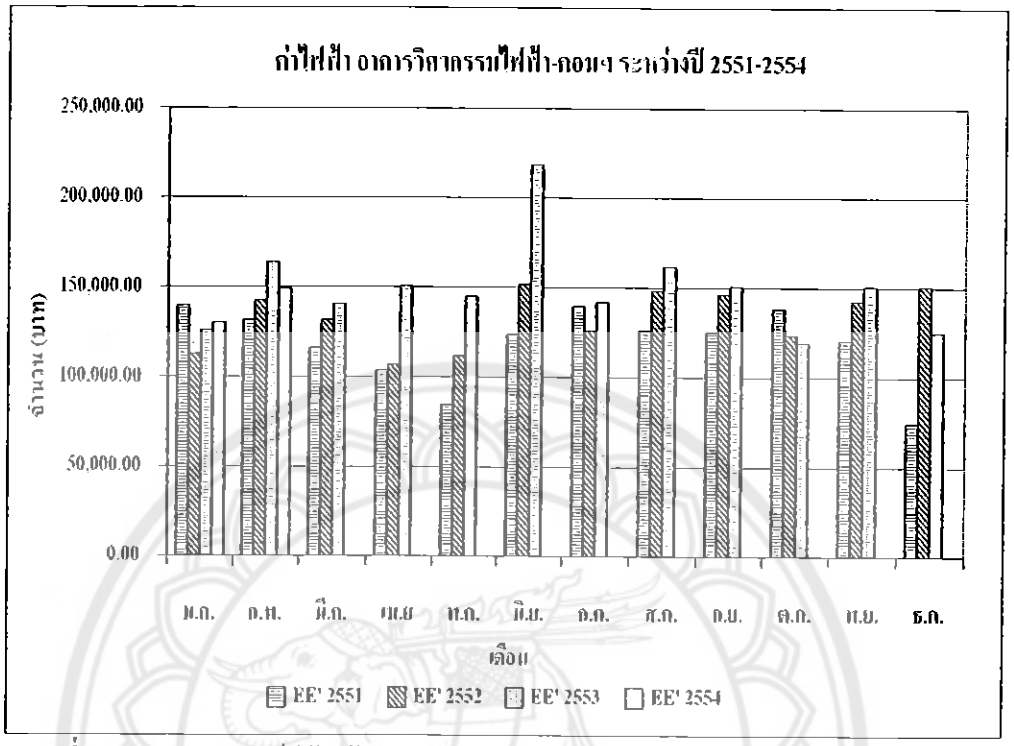
กราฟที่ 4.24 กราฟวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมโยธา ช่วงระหว่างปี 2551-2554

จากกราฟที่ 4.24 ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมโยธามีการปรับอย่างต่อเนื่องโดยเมื่อมีการกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงานเครื่องทำความเย็นในช่วงเดือน มกราคม 2554 – กุมภาพันธ์ 2554 แต่ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมโยธายังเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนมกราคม 2553 เมื่อค่าไฟฟ้าเทียบกับเดือนมกราคม 2552 ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นคิดเป็น 8.19 % แต่ค่าไฟฟ้าเดือนมกราคม 2554 เปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าเดือนมกราคม 2553 แล้วค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 25.75% ในเดือนกุมภาพันธ์ 2553 เมื่อค่าไฟฟ้าเทียบกับเดือนกุมภาพันธ์ 2552 ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 3.61 % เมื่อในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 เมื่อค่าไฟฟ้าเทียบกับเดือนกุมภาพันธ์ 2553 ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 16.28 % การเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมโยธา เนื่องมีการเข้าใช้งานในอาคารชั้นซึ่งปกติไม่มีการใช้งาน จึงทำให้ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น



กราฟที่ 4.25 กราฟวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมอุตสาหการ ช่วงระหว่างปี 2551-2554

ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมอุตสาหการมีการปรับอย่างต่อเนื่องโดยเมื่อมีการกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงานเครื่องทำความเย็นในช่วงเดือน มกราคม 2554 – กุมภาพันธ์ 2554 แต่ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมอุตสาหการได้ลดลง โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าช่วงเดือนมกราคม 2553 กับเดือน มกราคม 2552 ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นคิดเป็น 18.31 % แต่ค่าไฟฟ้าเดือนมกราคม 2554 เปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าเดือนมกราคม 2553 แล้วค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 4.76 ซึ่งมีการชะลอในเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้า เมื่อดูในส่วนของเดือนกุมภาพันธ์ 2553 เมื่อค่าไฟฟ้าเทียบกับเดือน กุมภาพันธ์ 2552 ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 9.1 % เมื่อในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 เมื่อค่าไฟฟ้าเทียบกับเดือน กุมภาพันธ์ 2553 ค่าไฟฟ้าลดลง 4.62 % จะเห็นได้ว่าอัตราการเพิ่มของค่าไฟฟ้าเริ่มชะลอตัวและลดลงในเดือนกุมภาพันธ์ เป็นผลมาจากการใช้มาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น



กราฟที่ 4.26 กราฟวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ ช่วงระหว่างปี 2551-2554

ค่าไฟฟ้าอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ มีการปรับอย่างต่อเนื่องโดยเมื่อมีการกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงานเครื่องทำความเย็นในช่วงเดือน มกราคม 2554 – กุมภาพันธ์ 2554 ได้ลดลง โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าช่วงเดือนมกราคม 2553 กับเดือน มกราคม 2552 ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นคิดเป็น 11.88 % แต่ค่าไฟฟ้าเดือนมกราคม 2554 เปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าเดือนมกราคม 2553 แล้วค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 3.54% ซึ่งมีการชะลอในเพิ่มขึ้นของค่าไฟฟ้า เมื่อดูในส่วนของเดือนกุมภาพันธ์ 2553 เมื่อค่าไฟฟ้าเทียบกับเดือน กุมภาพันธ์ 2552 ค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 14.84 % เมื่อในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 เมื่อค่าไฟฟ้าเทียบกับเดือน กุมภาพันธ์ 2553 ค่าไฟฟ้าลดลง 8.84 % จะเห็นได้ว่าอัตราการเพิ่มของค่าไฟฟ้าเริ่มชะลอตัวและลดลงในเดือนกุมภาพันธ์ เป็นผลจากการใช้มาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้เป็นการตรวจวัดหาสมรรถนะการทำความเย็น(Chp) ของเครื่องทำความเย็นจากส่วนกลางแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ และกำหนดมาตรการในการประหยัดพลังงานของเครื่องทำเย็น การตรวจวัดเครื่องทำความเย็นอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งหมด 12 เครื่อง โดยการดำเนินงานสามารถสรุปได้ 2 ส่วน ดังนี้ คือ

ส่วนที่ 1 ตรวจวัดก่อนการใช้มาตรการลดการใช้พลังงานเครื่องทำความเย็น

ส่วนที่ 2 ตรวจวัดหลังการใช้มาตรการลดการใช้พลังงานเครื่องทำความเย็นแล้ว

-เลือกเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำ ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดหลังจากทำการตรวจวัด สามารถเครื่องทำความเย็น

อาคารวิศวกรรมโยธาเลือกเปิด เครื่องที่ 1, 3 เครื่องสูบน้ำเย็น 1,4

อาคารวิศวกรรมอุตสาหการเลือกเปิด เครื่องที่ 1, 4 เครื่องสูบน้ำเย็น 1,3

อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ เลือกเปิด เครื่องที่ 1, 3 เครื่องสูบน้ำเย็น 1,4

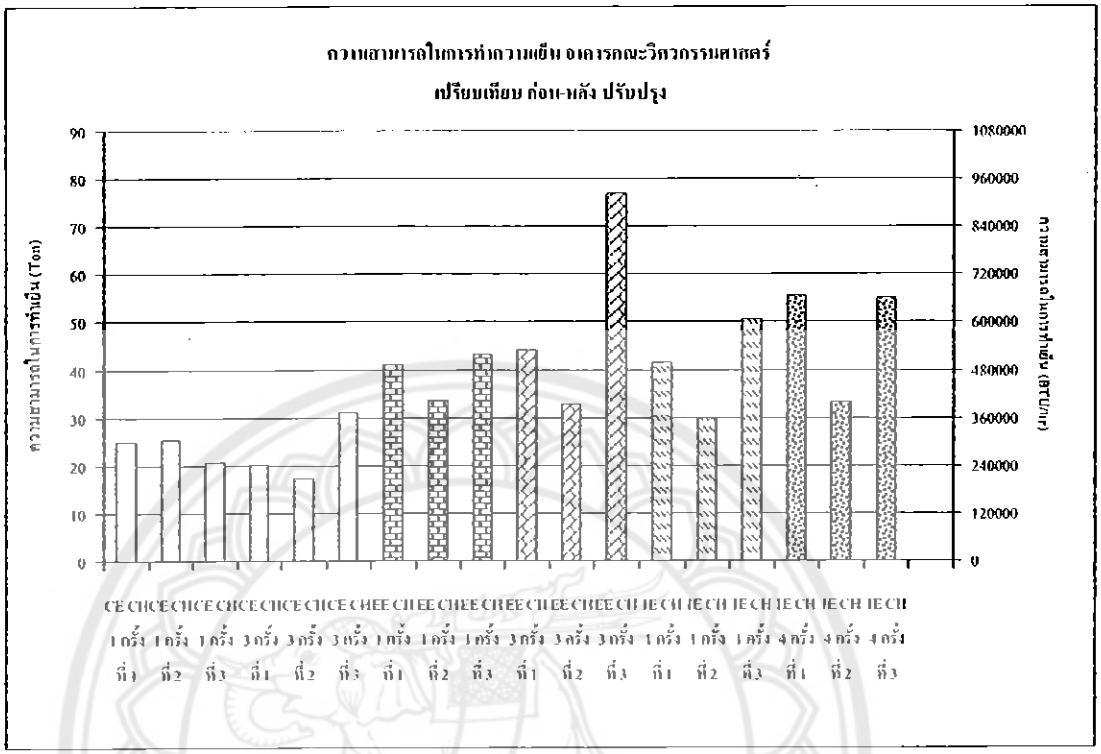
-ปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นด้านออกจากเครื่องทำความเย็น 45 °F เป็น 47 °F

-ปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นลง 20% และ 30% ตามลำดับ

- ลดชั่วโมงการทำงานเครื่องทำความเย็นลงจากเดิม

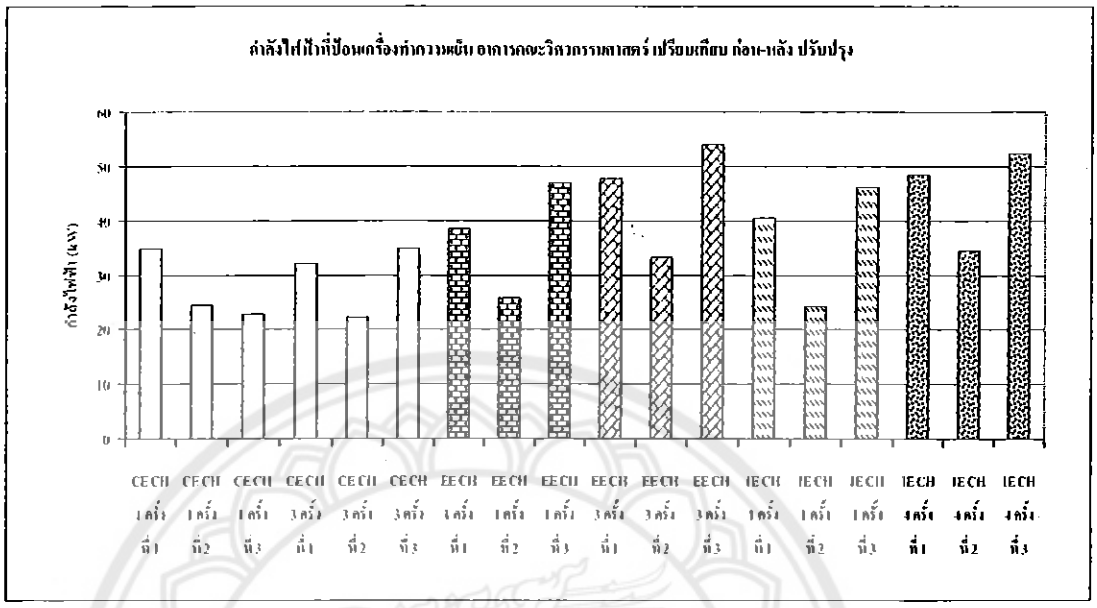
เปิดทำงาน 8.30 น.-18.00 น. เป็น 8.30 น.-16.30 น.

หลังดำเนินมาตรการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีการเลือกเปิดเครื่องทำความเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในแต่ละอาคาร ปรับอุณหภูมิน้ำเย็นด้านที่ออกจากเครื่องทำความเย็นเพิ่มจาก 45 °F เป็น 47 °F ลดอัตราการไหลน้ำเย็นลง 30 % และลดชั่วโมงการทำงานเครื่องความเย็นลง 2 ชั่วโมงแต่ยังเปิดเครื่องสูบน้ำเย็นตามปกติ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตรการลดการใช้พลังงาน โดยเครื่องทำความเย็นอาคารวิศวกรรมโยธาสามารถลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้คิดเป็น 34.83 % อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ ลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้คิดเป็น 26.47% อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ ลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้คิดเป็น 5.03%



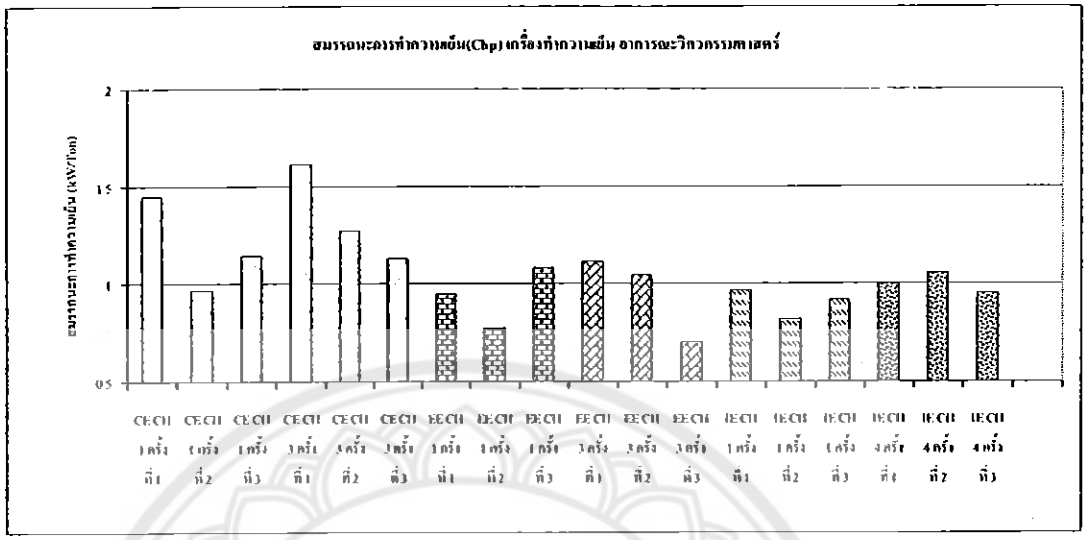
กราฟ 5.1 กราฟแสดงความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็นอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง (ครั้งที่ 1: การตรวจวัดวัดครั้งแรกและยังไม่มีการปรับปรุง, ครั้งที่ 2: การตรวจวัดครั้งที่ 2 หลังมีการดำเนินการปรังปรุงแล้ว, ครั้งที่ 3: การตรวจวัดครั้งที่ 3 หลังมีการปรับปรุงแล้ว)

5.1.1 ความสามารถในการทำความเย็น(Q_t) เครื่องทำความเย็นอาคารวิศวกรรมโยธา เมื่อมีการใช้มาตรการได้เลือกเครื่องทำความเย็นเครื่องที่ 1 และ 3 ในการปรับปรุง หลังจากดำเนินการตามมาตรการแล้ว พบว่าเครื่องทำความเย็นเครื่องที่ 1 มีความสามารถในการทำความเย็นลดลง 17.61% เครื่องที่ 3 ความสามรถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น 35.19% เมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตรการ ส่วนเครื่องทำความเย็นอาคารวิศวกรรมอุตสาหการ เมื่อมีการใช้มาตรการได้เลือกเครื่องทำความเย็น เครื่องที่ 1 และ 4 ในการปรับปรุง หลังจากดำเนินการตามมาตรแล้ว พบว่าเครื่องทำความเย็นเครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 4 มีความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตรการ 21.48 % และ43.36 % ตามลำดับ เครื่องทำความเย็นอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ เมื่อมีการใช้มาตรการได้เลือกเครื่องทำความเย็นเครื่องที่ 1 และ 3 ในการปรับปรุง หลังจากดำเนินการตามมาตรการแล้ว พบว่าเครื่องทำความเย็นเครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 3 มีความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตรการ 5.29 % และ 42.68 % ตามลำดับ



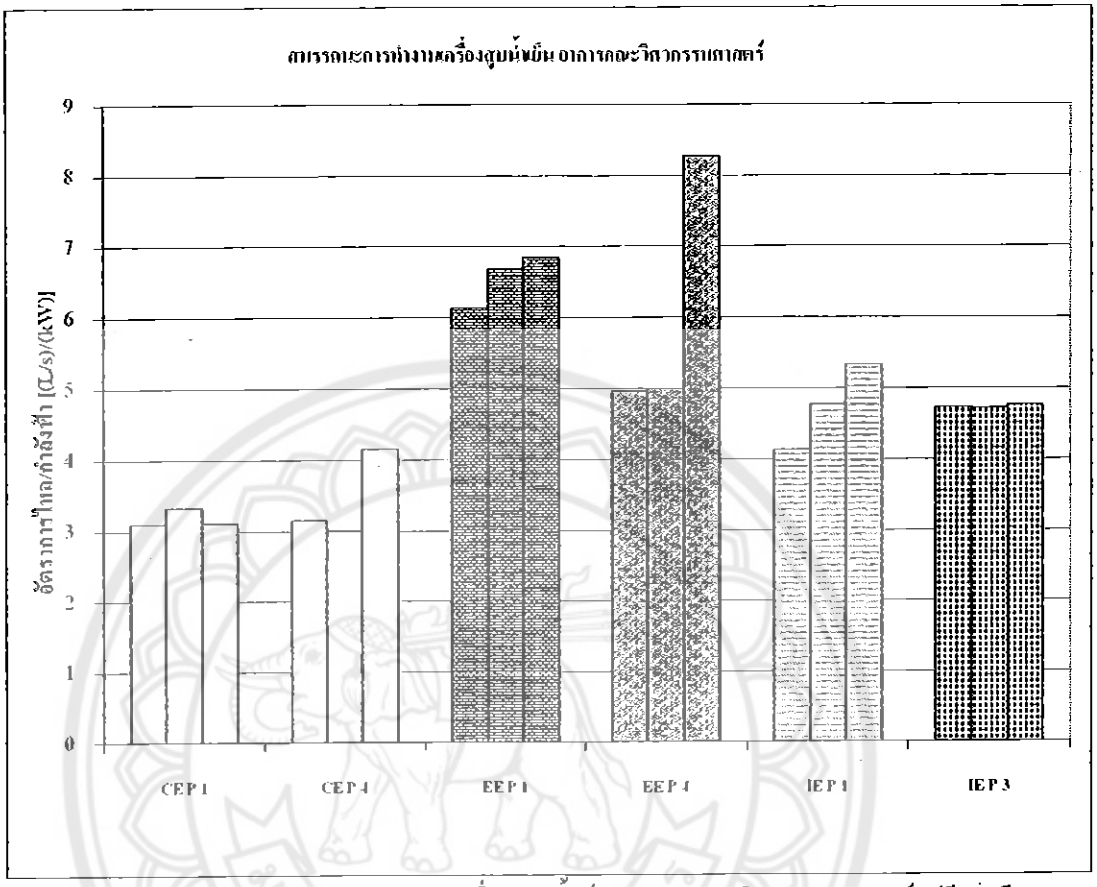
กราฟ 5.2 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นขณะทำงาน อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง (ครั้งที่ 1: การตรวจวัดวัดครั้งแรกและยังไม่มีการปรับปรุง, ครั้งที่ 2: การตรวจวัดครั้งที่ 2 หลังมีการดำเนินการปรังปรุงแล้ว, ครั้งที่ 3: การตรวจวัดครั้งที่ 3 หลังมีการปรับปรุงแล้ว)

5.1.2 กำลังไฟฟ้าสุทธิที่ป้อนให้แก่เครื่องทำความเย็นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากภาระการทำความเย็นที่จากการอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารสูงขึ้นเมื่อกับก่อนใช้มาตรการ โดยอาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 มีแนวโน้มลดลง 37% กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้เครื่องที่ 3 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคิดเป็น 8 % เมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตรการ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่เครื่องทำความเย็นอาคาร วิศวกรรมอุตสาหการ เครื่องที่ 1 และ 3 เพิ่มมากขึ้นคิดเป็น 14.23%, 7.71% ตามลำดับเมื่อเทียบกับก่อนให้มาตรการ และส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่เครื่องทำความเย็นอาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯเครื่องที่ 1 และ 3 เพิ่มขึ้นคิดเป็น 21%, 13.14 % เมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตรการ



กราฟ 5.3 กราฟแสดงสมรรถนะการทำความเย็น (Chp) ของเครื่องทำความเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง (ครั้งที่ 1: การตรวจวัดวัดครั้งแรกและยังไม่มีการปรับปรุง, ครั้งที่ 2: การตรวจวัดครั้งที่ 2 หลังมีการดำเนินการปรังปรุงแล้ว, ครั้งที่ 3: การตรวจวัดครั้งที่ 3 หลังมีการปรับปรุงแล้ว)

5.1.3 สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นมีสมรรถนะที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตรการ โดย เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 และ 3 มีสมรรถนะการทำความเย็นดีขึ้นคิดเป็น 20.83 %, 29.81% เมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตรการ อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ เครื่องที่ 1 และ 4 มีสมรรถนะการทำความเย็นดีขึ้นคิดเป็น 5.2%, 2.06% เมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตรการ อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ เครื่องที่ 1 มีสมรรถนะการทำความเย็นแย่ลงคิดเป็น 13.68% เมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตรการ เครื่องที่ 3 มีสมรรถนะการทำความเย็นที่ดีขึ้นคิดเป็น 36.93% เทียบกับก่อนใช้มาตรการ



กราฟ 5.4 กราฟแสดงสมรรถนะการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง

5.1.4 สมรรถนะของเครื่องสูบน้ำที่ดี ควรมีอัตราการไหลมาก และมีอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าน้อย เครื่องสูบน้ำอาคารวิศวกรรมไฟฟ้ามีอัตราการไหลมากกว่าอาคารวิศวกรรมโยธาและอาคารวิศวกรรมอุตสาหการ และมีอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า ฉะนั้นแสดงเครื่องสูบน้ำอาคารวิศวกรรมไฟฟ้าดีกว่าเครื่องสูบน้ำทั้ง 2 อาคาร

5.1.5 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตรการลดการใช้พลังงาน โดยเครื่องทำความเย็นอาคารวิศวกรรมโยธาสามารถลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้คิดเป็น 34.83 % อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ ลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้คิดเป็น 26.47% อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ ลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้คิดเป็น 5.03%

5.1.6 จากข้อมูลไฟฟ้าของหน่วยงาน อาคารและสถานที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ พบว่าหลังการกำหนดมาตรการในการลดการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็น ในเดือนมกราคม 2554 เทียบกับเดือนมกราคม 2553 มีอัตราการเพิ่มของค่าไฟฟ้าประมาณ 10-13.5 % ซึ่ง ในเดือนมกราคม 2553 เทียบกับเดือนมกราคม 2552 มีอัตราการเพิ่มของค่าไฟฟ้ามากถึง 12.79-15 % และในเดือนกุมพาพันธ์ 2554 เทียบกับ เดือน กุมพาพันธ์ 2553 อัตราค่าไฟฟ้าลดลง 6-8 %

5.1.7 ระยะเวลาคืนทุน เนื่องจากดำเนินงานตามมาตรการลดการใช้พลังงานเครื่องทำความเย็นอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์มีไม่การทุน ดั้งนั้นเมื่อนำมาตรการไปใช้สามารถรับผลตอบได้ทันที โดยหลังจากดำเนินงานตามมาตรการ คณะวิศวกรรมศาสตร์สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนค่าไฟฟ้าที่เกิดจากการเปิดใช้เครื่องทำความเย็นได้โดยประมาร 16 % เมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้าก่อนจะที่จะนำมาตรการไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรเลือกเปิดเครื่องทำความเย็นที่ประสิทธิภาพดีที่สุดเพื่อช่วยลดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

5.2.2 ปรับเพิ่ม-ลด เวลาการใช้งานเครื่องทำความเย็นให้เหมาะกับภาระการทำความเย็นภายในอาคาร

5.2.3 ติดตั้งระบบสเปรย์น้ำ บริเวณรอบเครื่องทำความเย็น เพื่อลดอุณหภูมิภายนอก เพราะอุณหภูมิภายนอกมีผลต่อการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น โดยอาจติดตั้งระบบสเปรย์น้ำแบบอัตโนมัติ สเปรย์ทุกๆ 30 นาที หรือตามความเหมาะสม

5.2.4 หุ้มฉนวนท่อน้ำเย็นและเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำให้มีขนาด 4 hp

เอกสารอ้างอิง

(1) Pita, Edward G. Air Conditioning Principle and Systems. Upper Saddle River, N.J. : Prentice, 2002.

(2) http://www.pricescan.com http://image.made-in-china.com http://www.sz-wholesaler.com http://www.hiwtc.com

(3) Air-Cooling Series R™ Rotary Liquid Chiller manual (คู่มือเครื่องทำความเย็น)

(4) ศิษฐ์ภัฒท์ แคนลา. เอกสารประกอบการสอน ระบบปรับอากาศและระบายอากา**ศมหาวิทยาลัย**นเรศวร

(5) เอกสารประกอบ การวิเคราะห์การใช้พลังงานในเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่**เพื่อการอนุรักษ์**พลังงาน

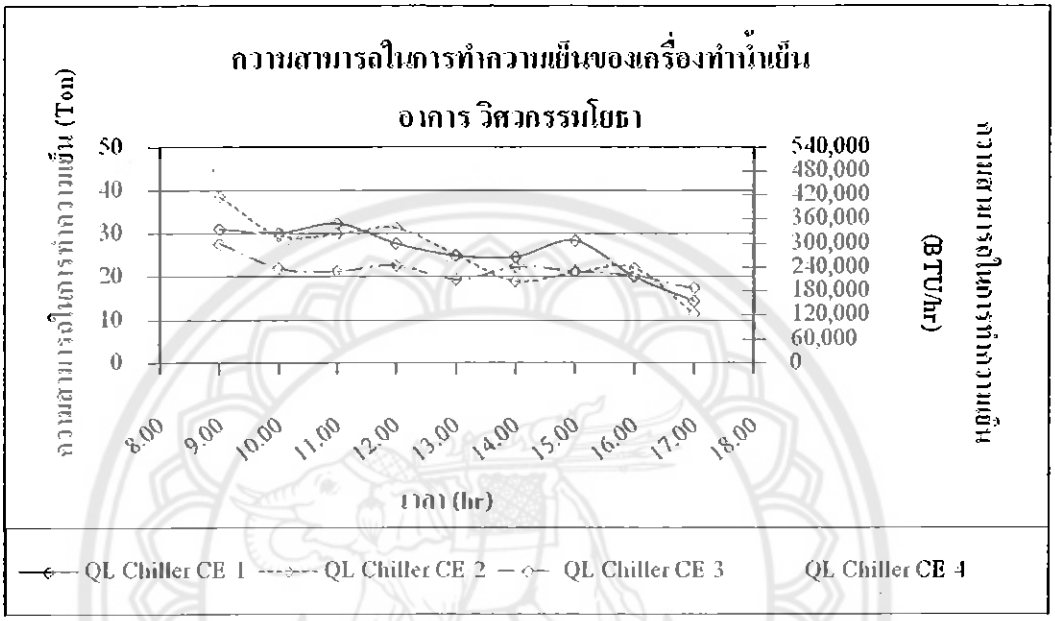
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

กราฟผลการดำเนินงาน

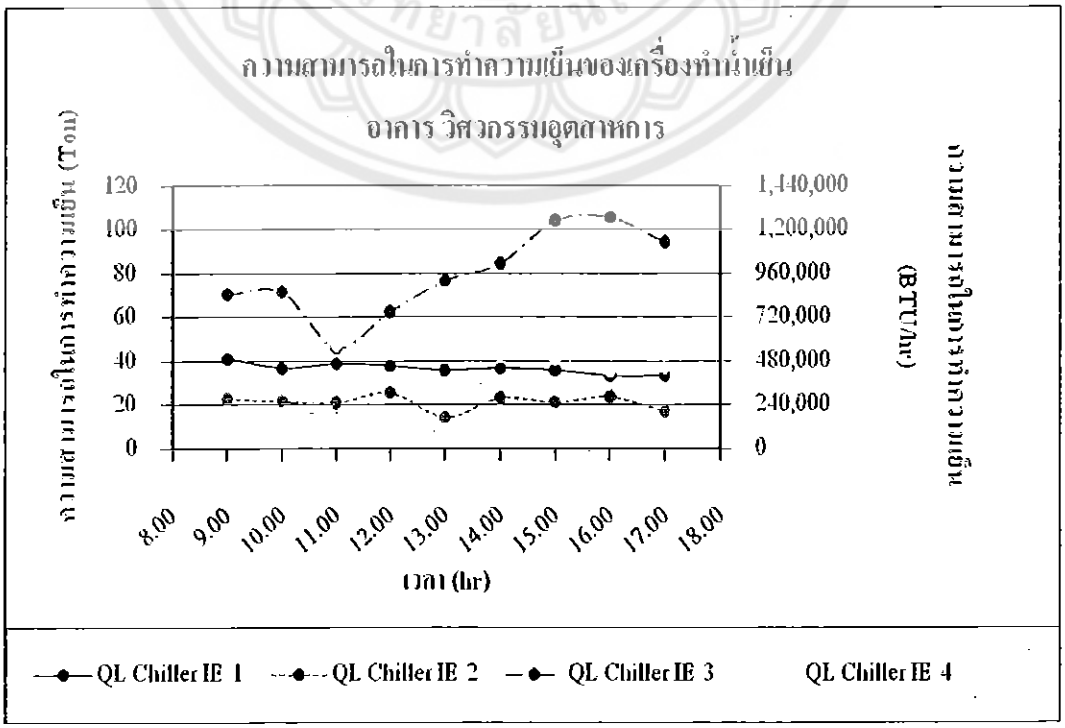
ความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา

(วันที่ 26 – 29 ตุลาคม 2553 เวลา 9.00น. - 17.00น.)

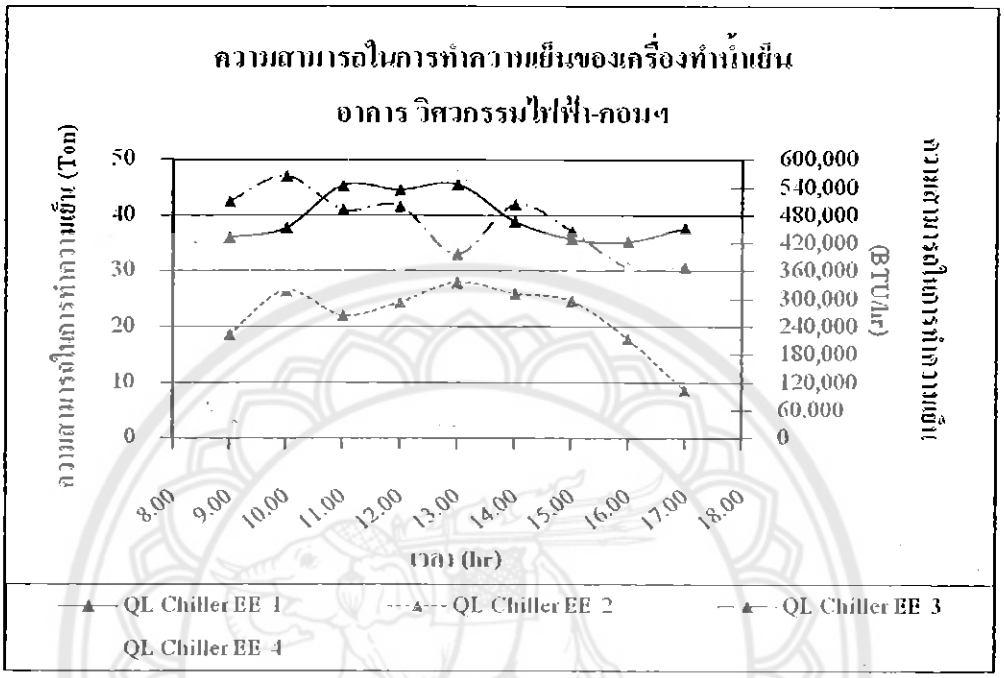


ความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ

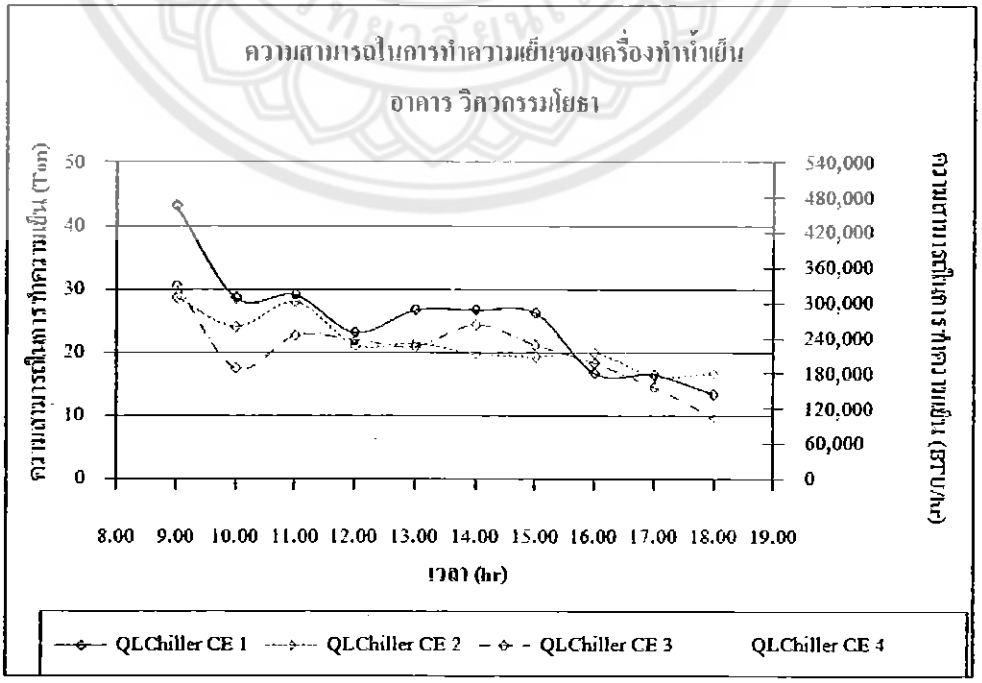
(วันที่ 26 – 29 ตุลาคม 2553 เวลา 9.00 - 17.00 น.)



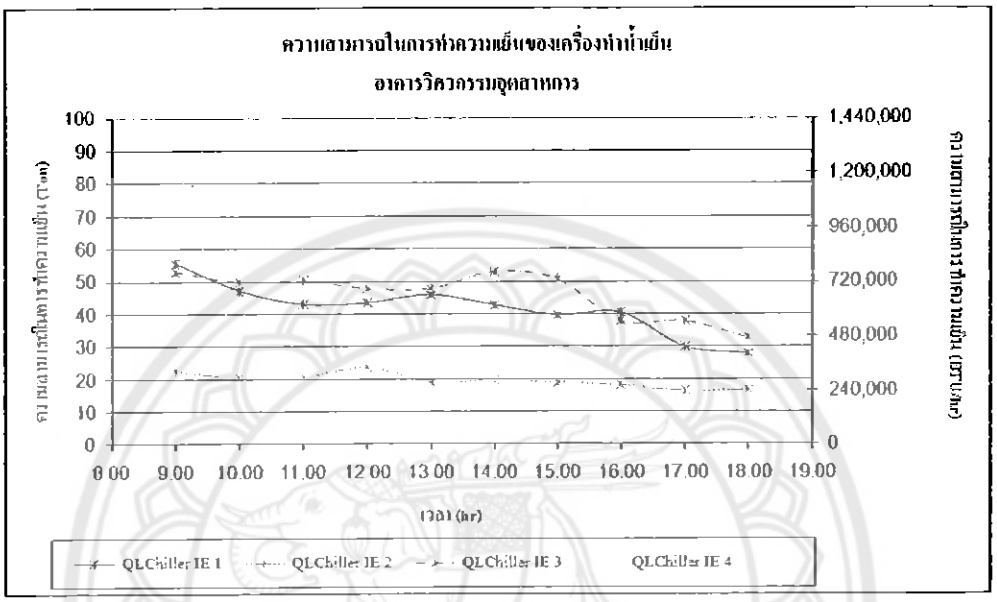
ความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า (วันที่ 26 – 29 ตุลาคม 2553 เวลา 9.00 - 17.00น.)



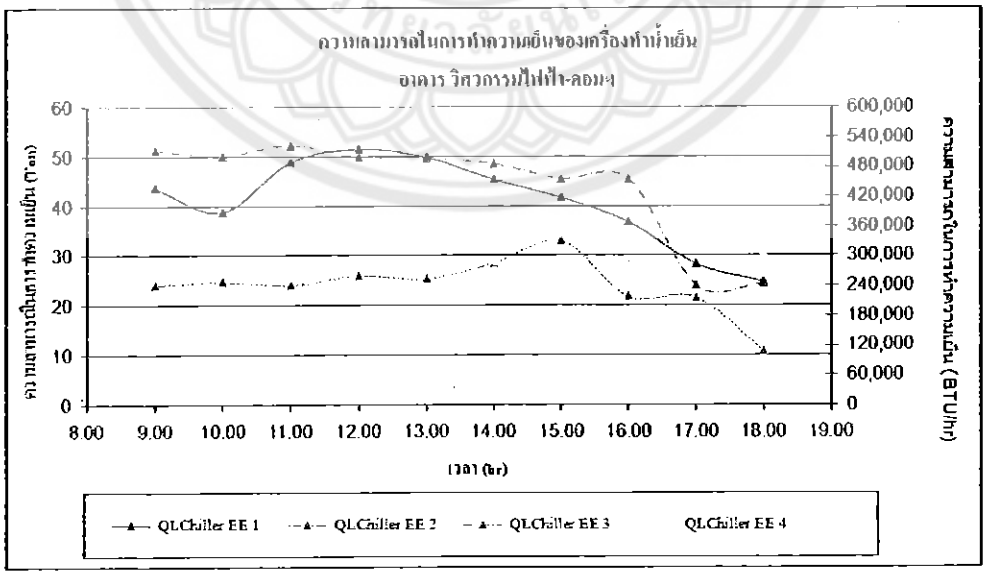
ความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรม โยธา (วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 เวลา 9.00 - 18.00น.)



ความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรม อุตสาหการ
(วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 เวลา 9.00 - 18.00น.)

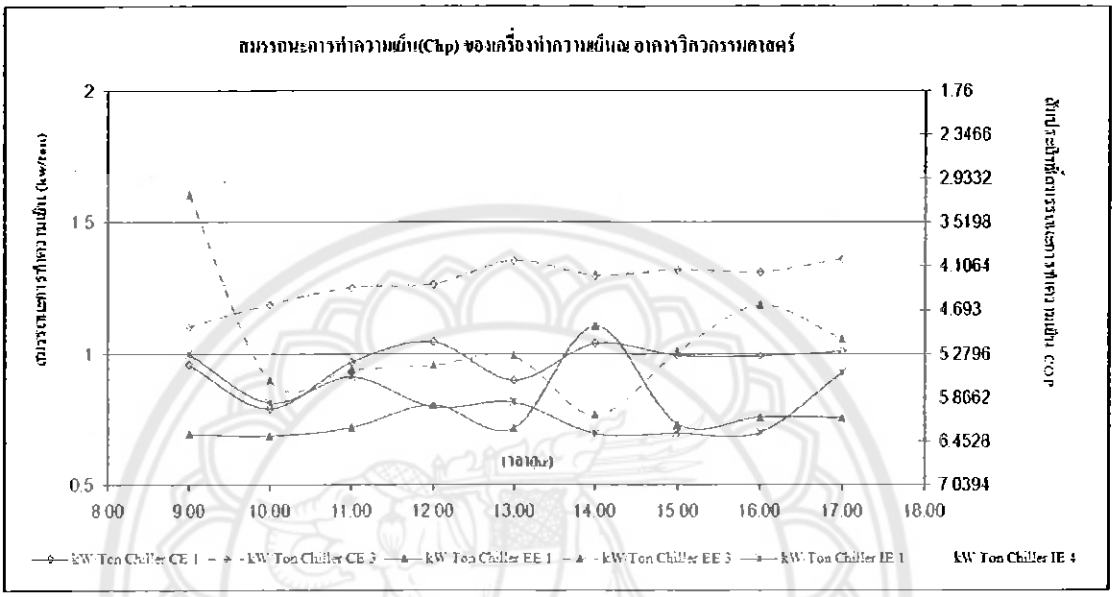


ความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า
(วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 เวลา 9.00 - 18.00น.)



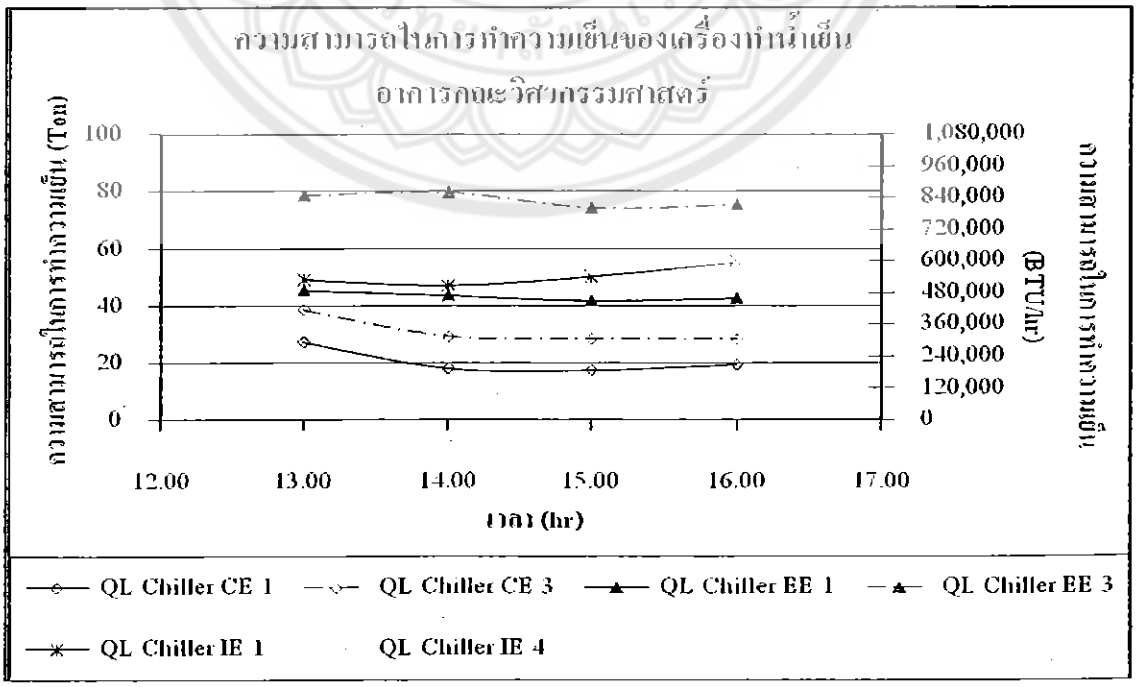
ความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมศาสตร์

(วันที่ 27 มกราคม 2554 เวลา 9.00 - 17.00น.)



ความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมศาสตร์

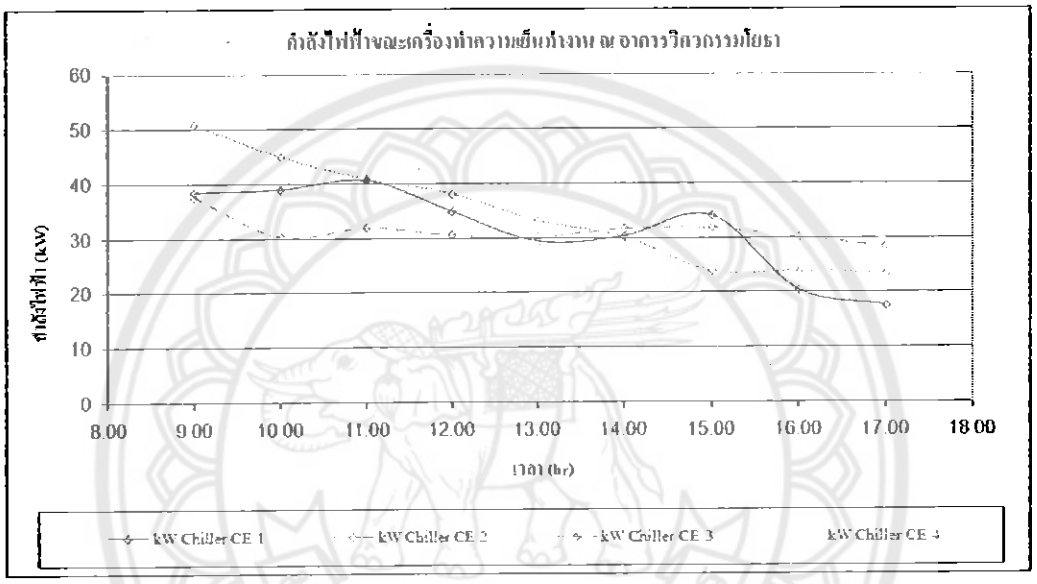
(วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 เวลา 13.00 - 17.00น.)



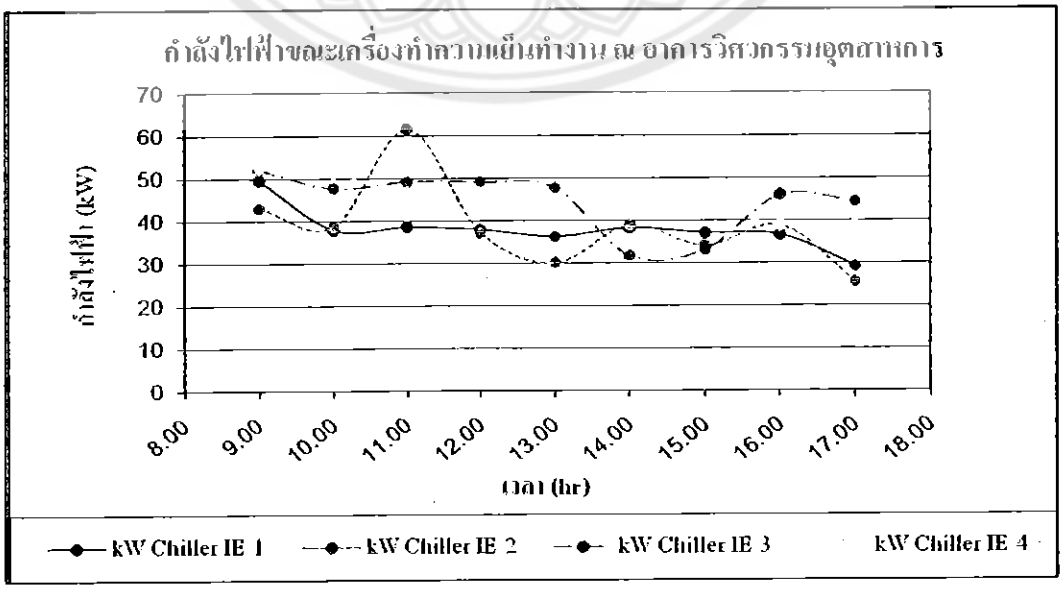
ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าขณะเครื่องทำความเย็นขณะทำงานการ ตรวจวัด

(วันที่ 26-29ตุลาคม 2553 เวลา 9.00น. - 17.00น.)

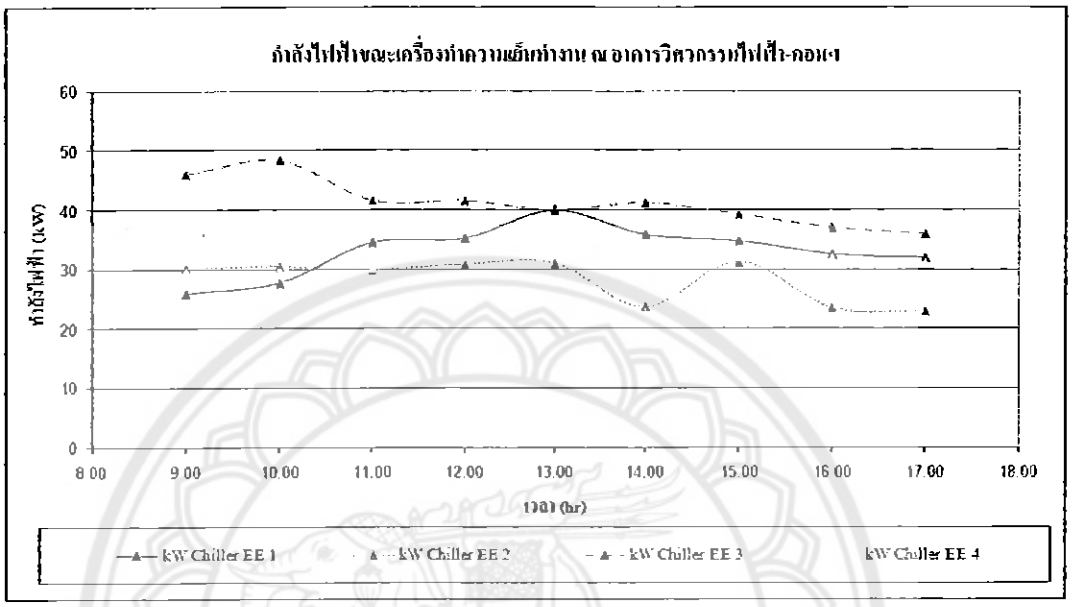
กำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา



กำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ

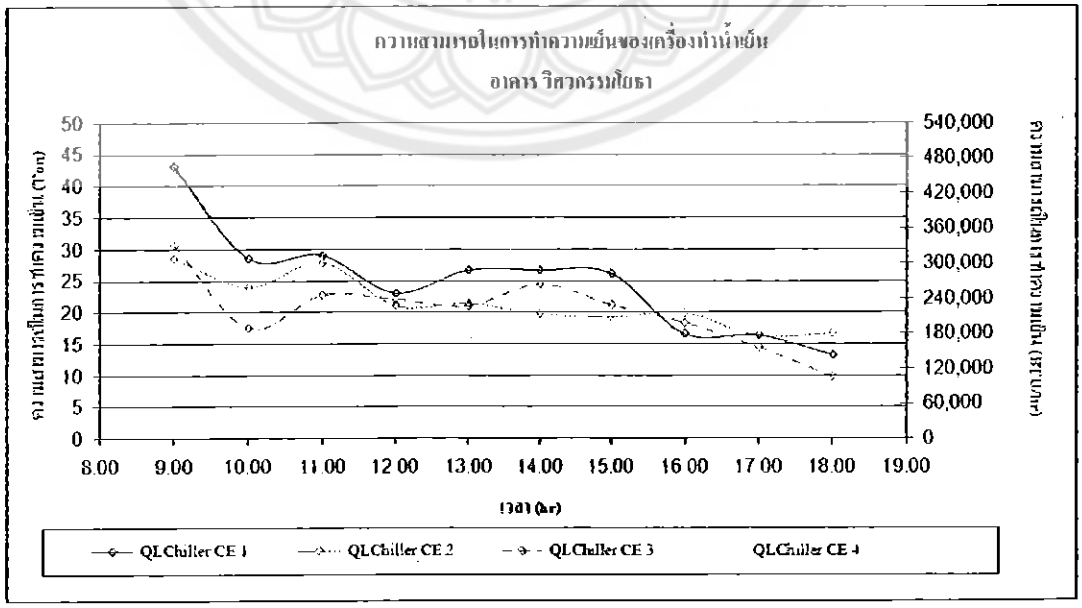


กำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ

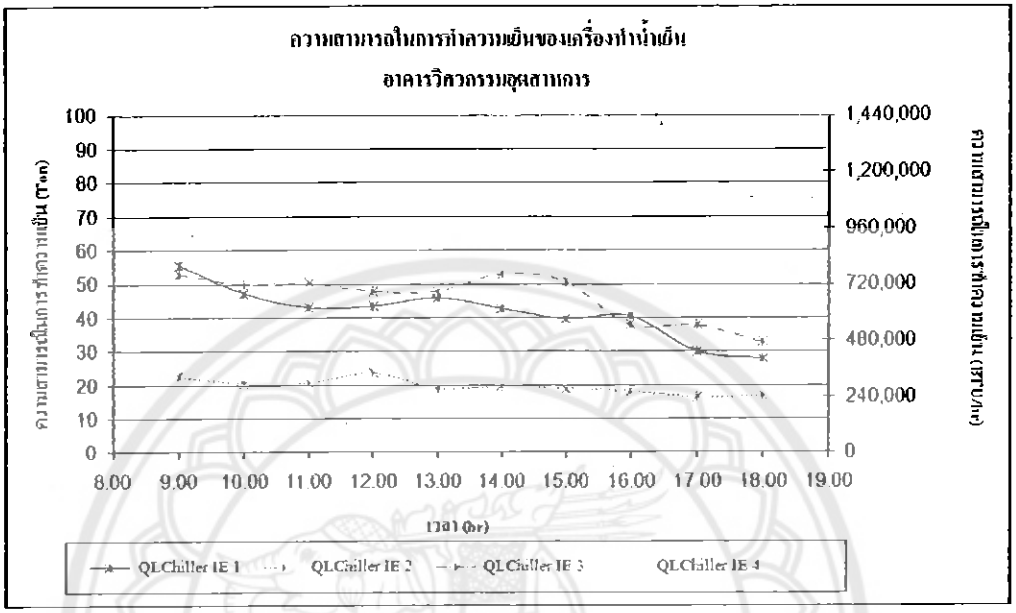


ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าขณะเครื่องทำความเย็นขณะทำงานการ ตรวจวัด
(วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 เวลา 9.00น. - 18.00น.)

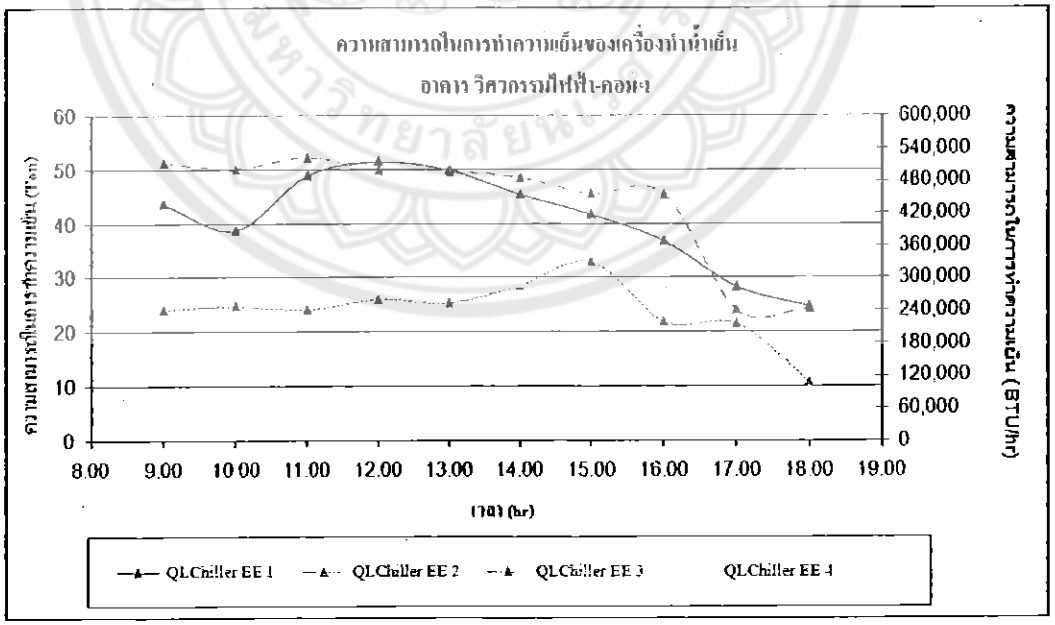
กำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา



กำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ



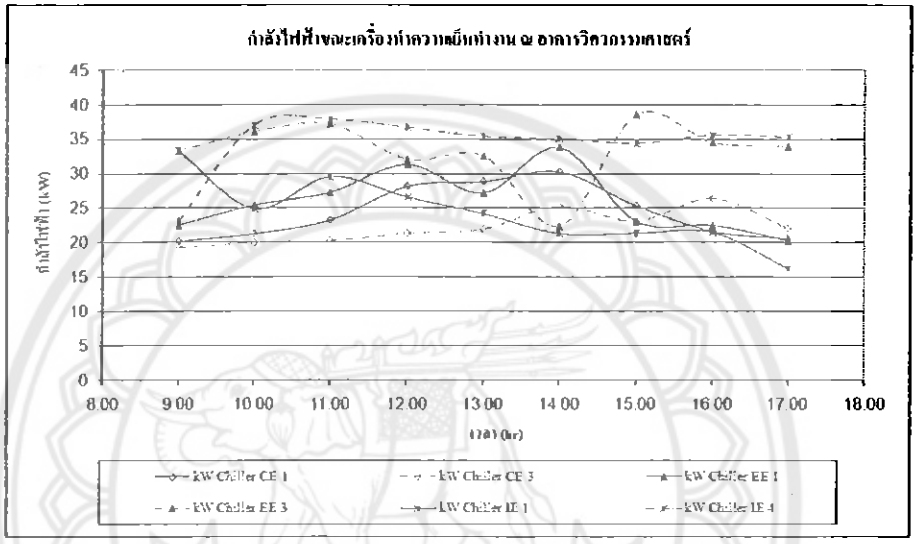
กำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า



ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าขณะเครื่องทำความเย็นขณะทำงานการ ตรวจวัด

(วันที่ 27 มกราคม 2554 เวลา 9.00 - 17.00น)

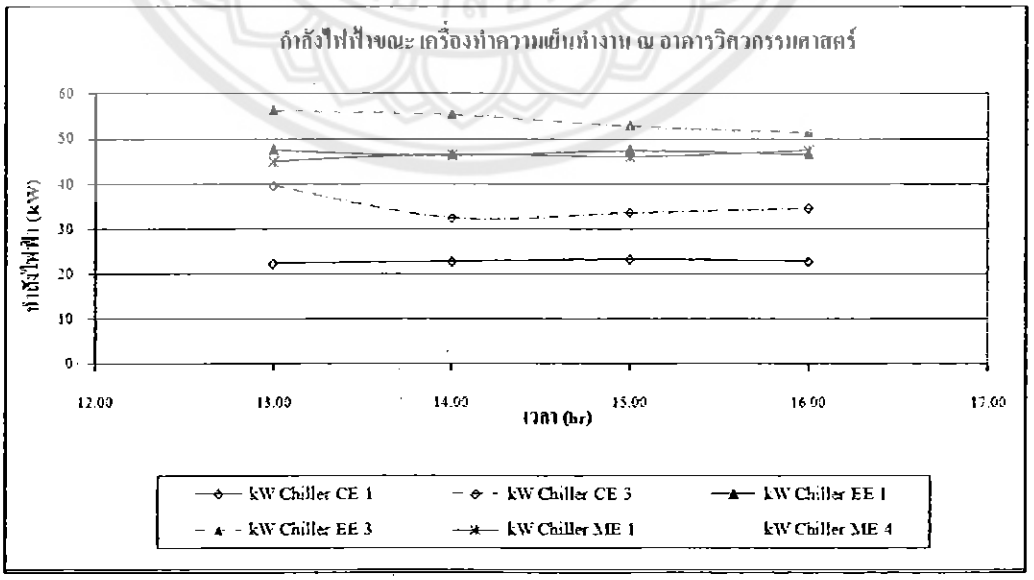
กำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมศาสตร์



ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าขณะเครื่องทำความเย็นขณะทำงานการ ตรวจวัด

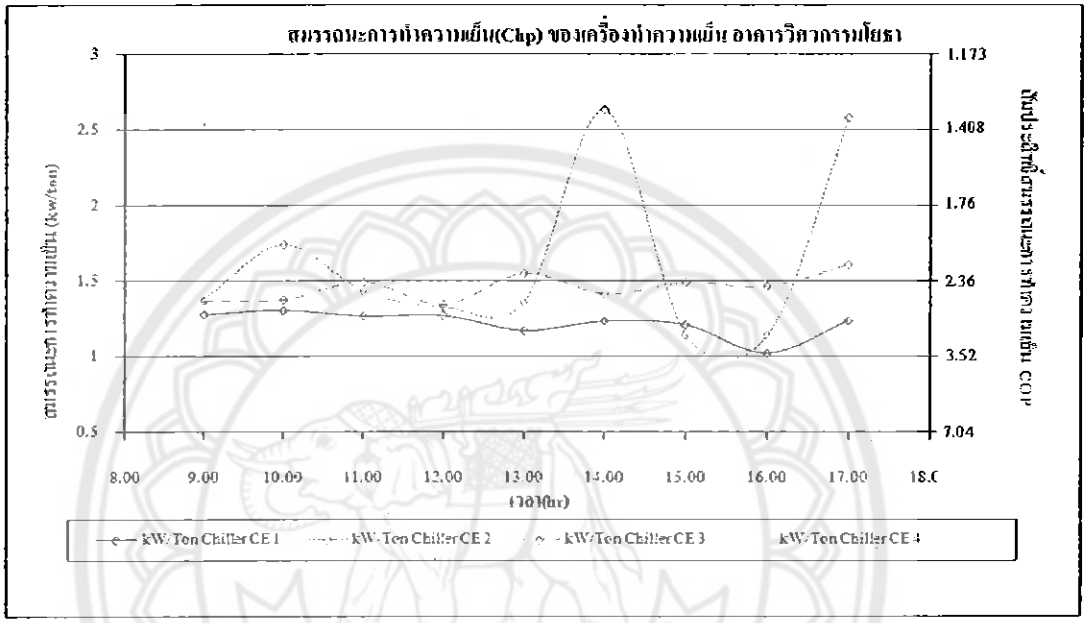
(วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2554 เวลา 13.00 - 17.00น.)

กำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมศาสตร์

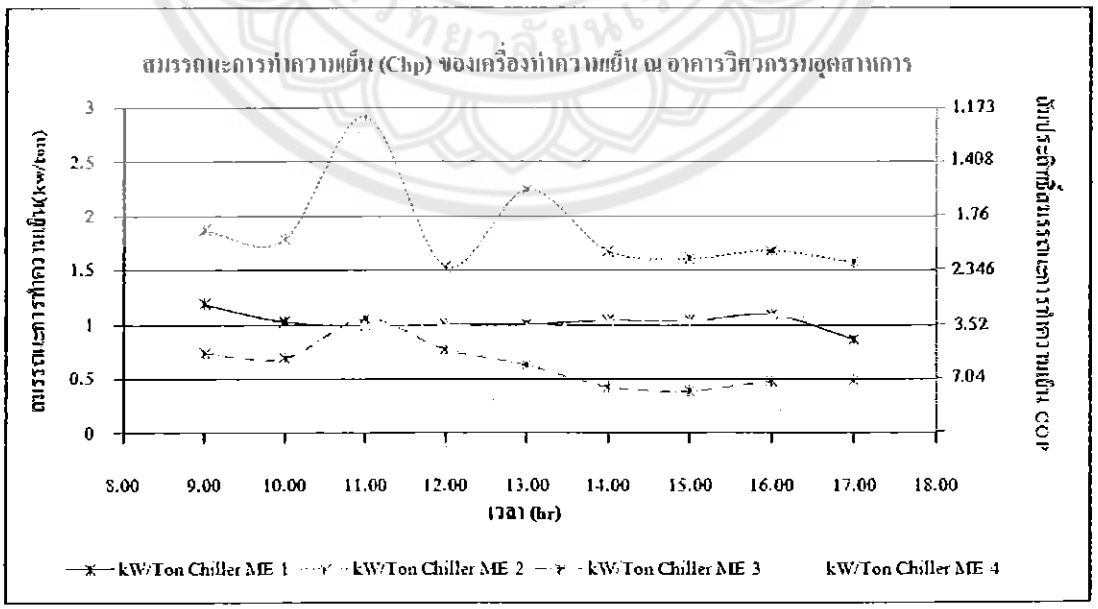


ผลการวิเคราะห์เพื่อสมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น จากการตรวจวัด (วันที่ 26-29 ตุลาคม 2553 เวลา 09.00-17.00 น.)

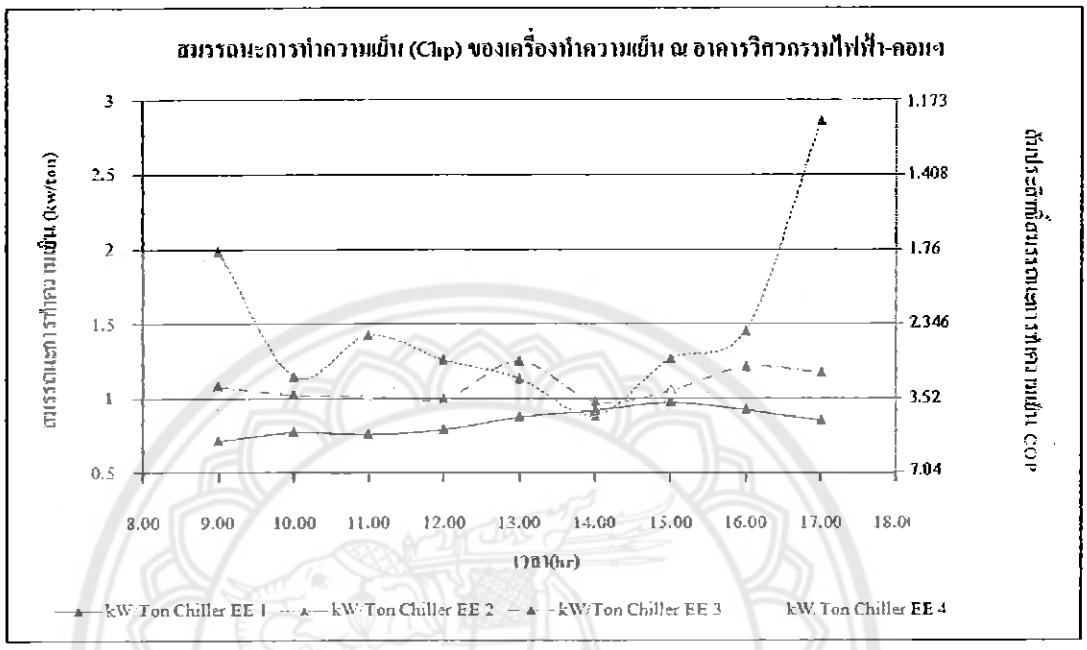
สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา



สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ

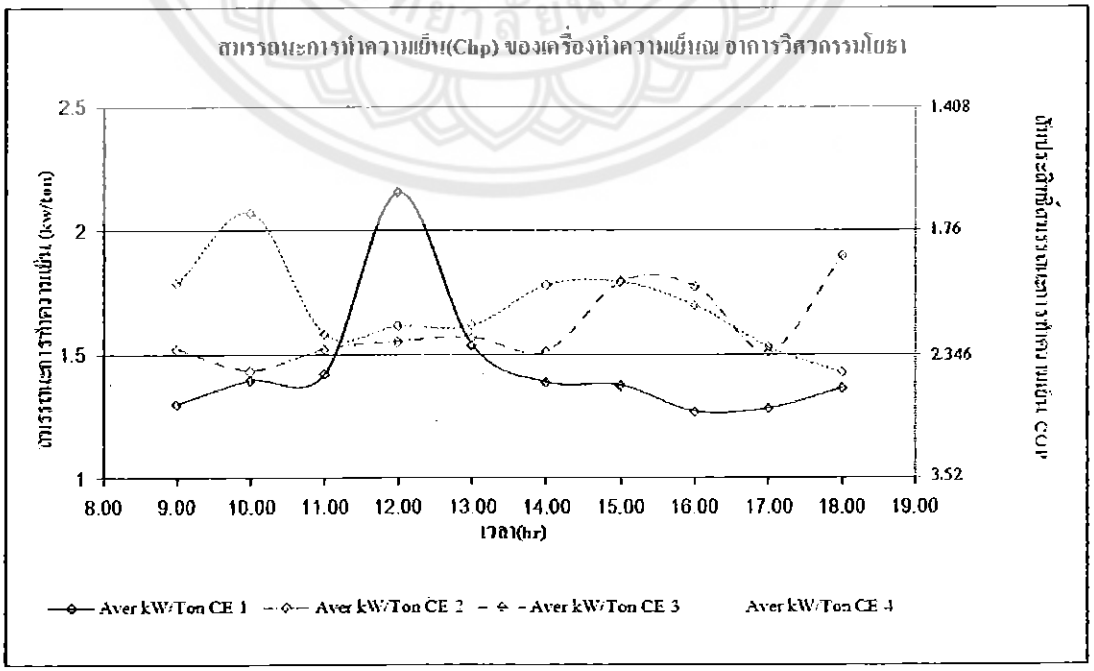


สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ

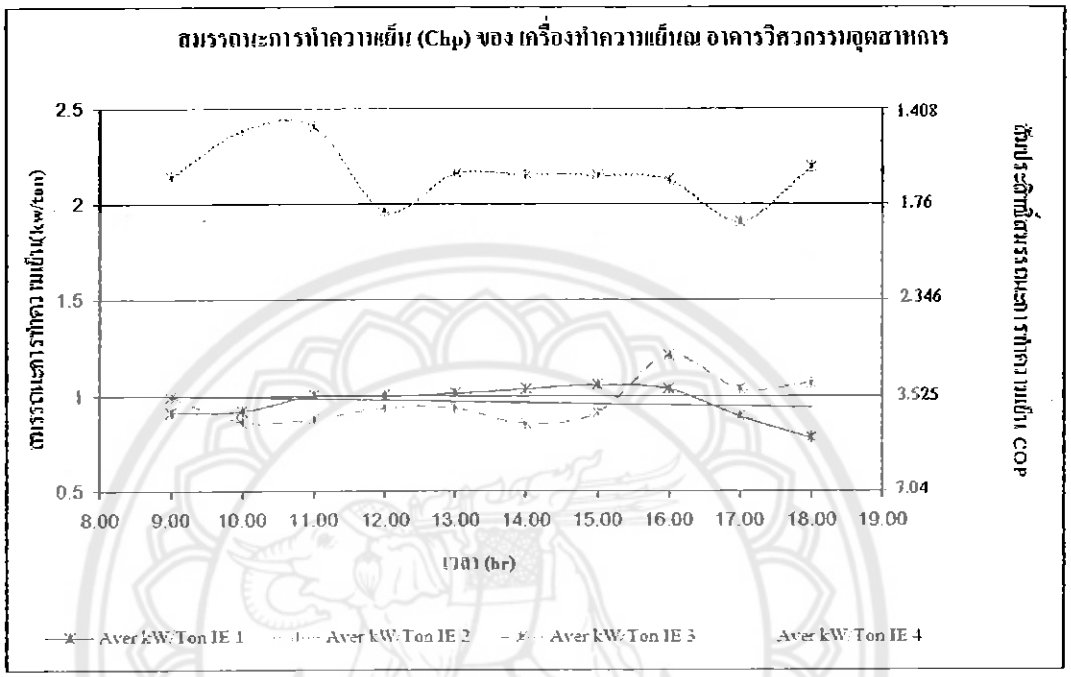


ผลการวิเคราะห์เพื่อสมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น จากการตรวจวัดครั้งที่ 2 (วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553)

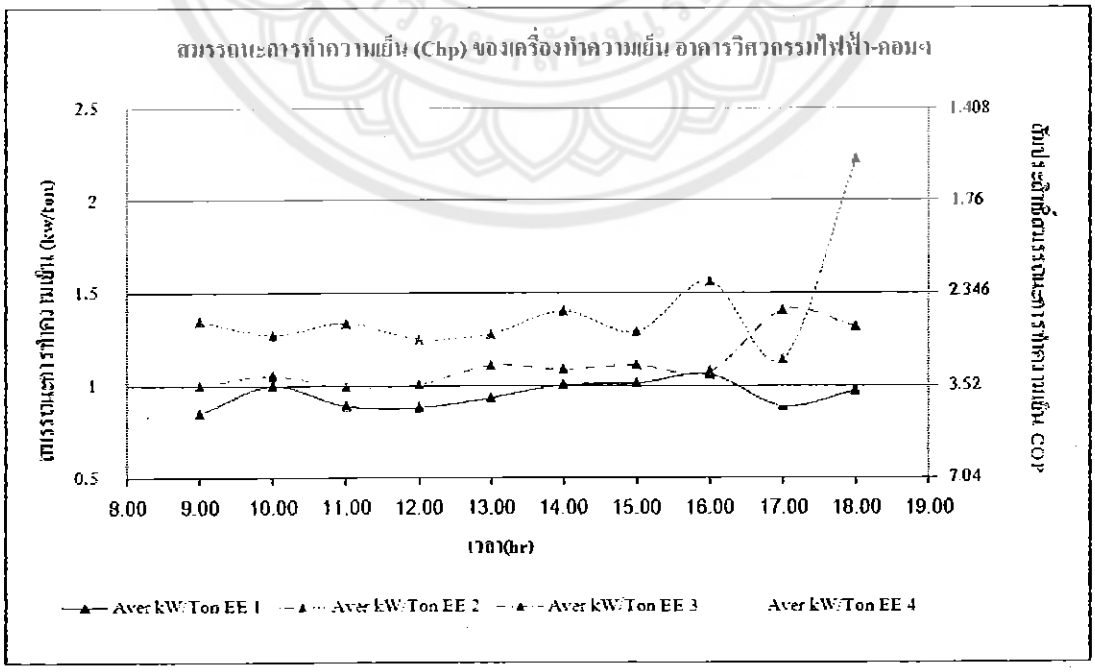
สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา



สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ

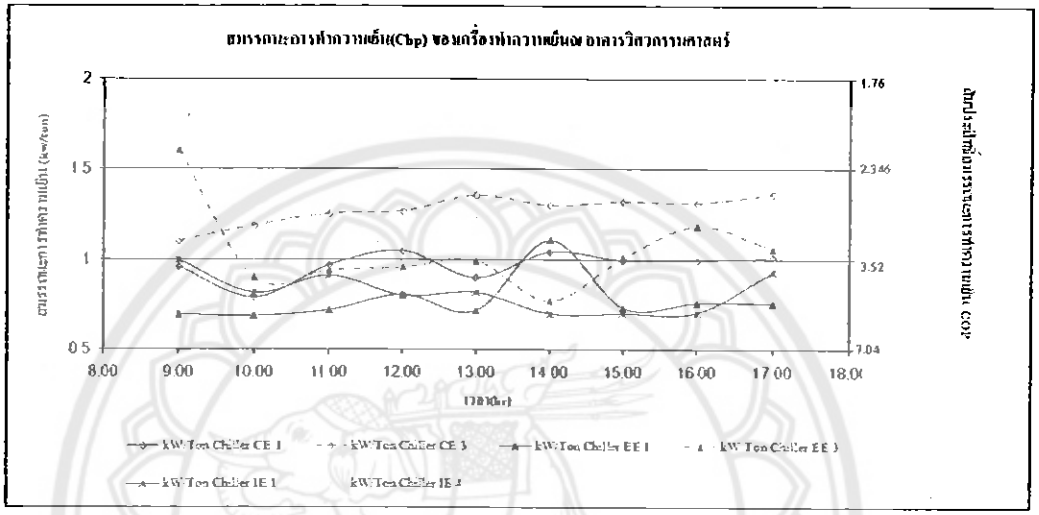


สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า-คอมฯ



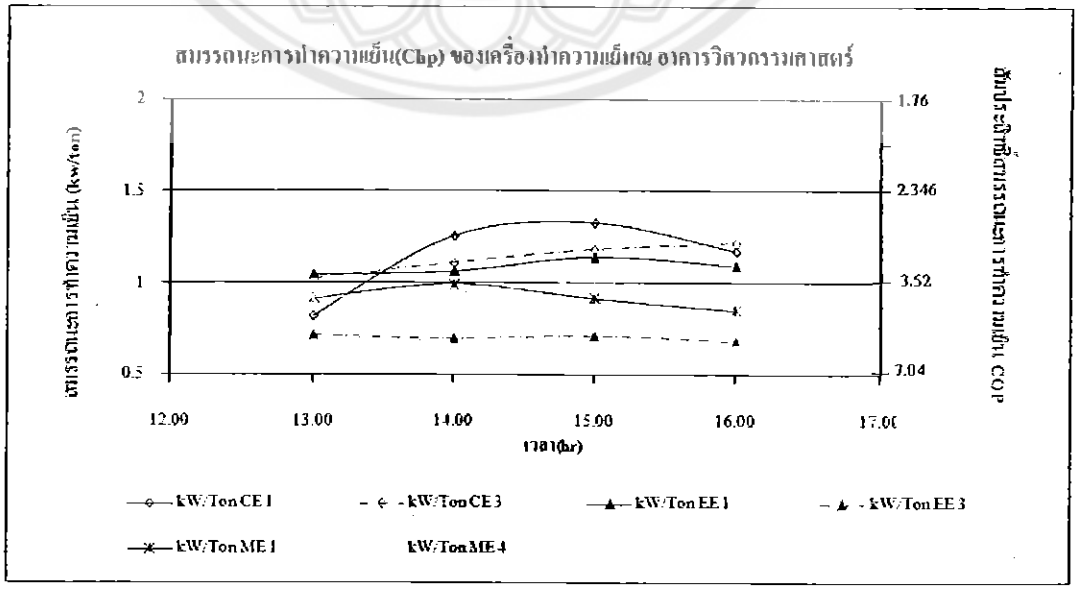
ผลการวิเคราะห์เพื่อสมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น จากการตรวจวัด (วันที่ 27 มกราคม 2554 เวลา 9.00 - 17.00น)

สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



ผลการวิเคราะห์เพื่อสมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น จากการตรวจวัด (วันที่ 27 มกราคม 2554 เวลา 9.00 - 17.00น)

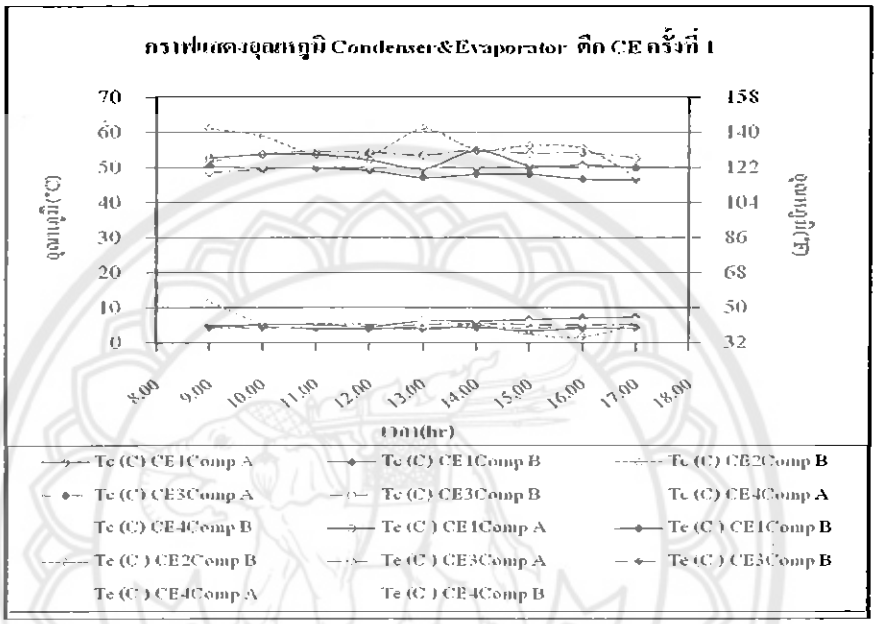
สมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์



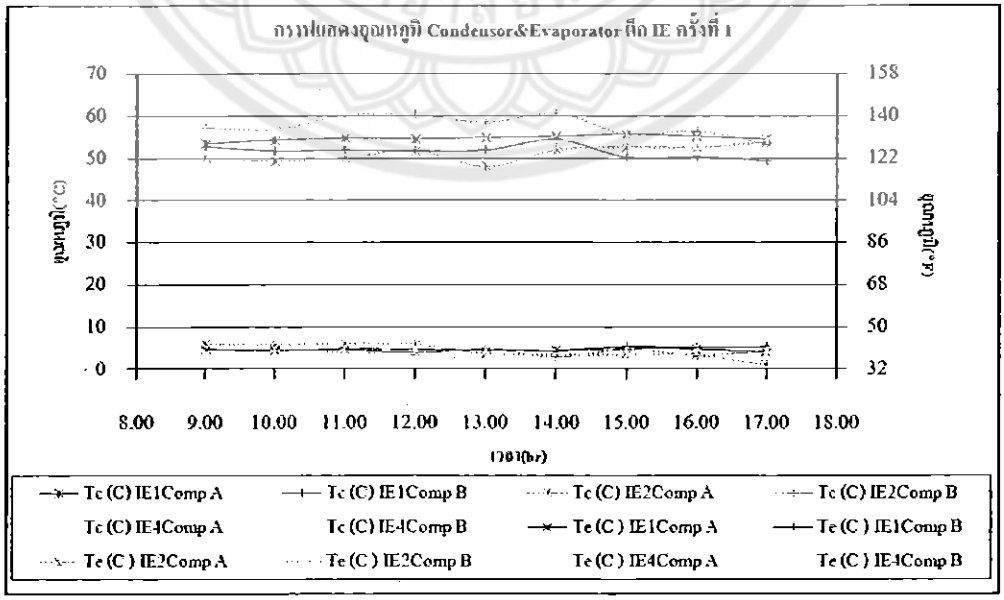
ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็น จากการตรวจวัด (วันที่ 26-29 ตุลาคม 2553 เวลา 09.00-17.00น.)

ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser &Evaporater

เครื่องทำความเย็นอาคารวิศวกรรมโยธา

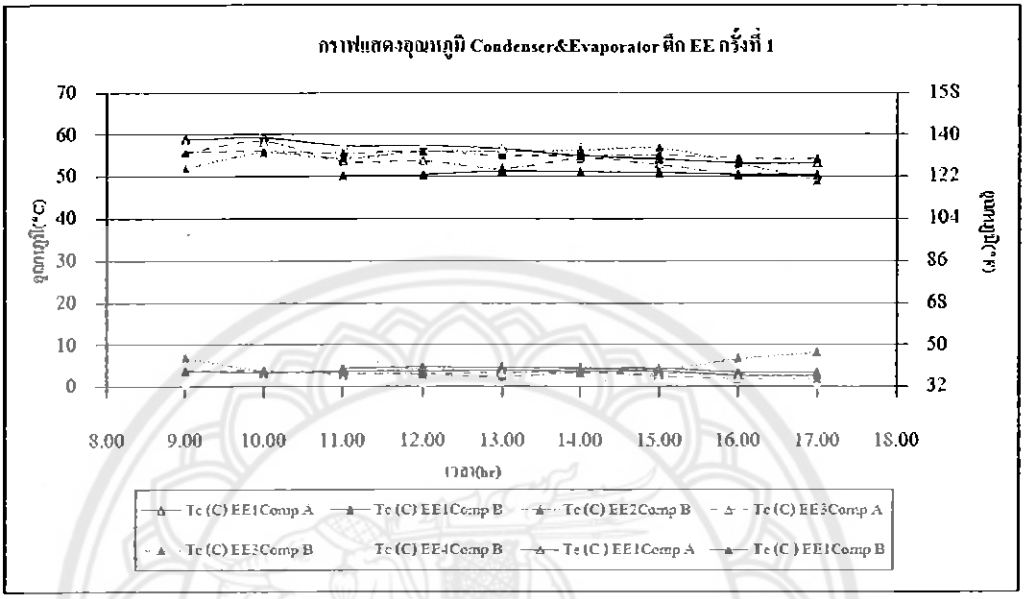


ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ



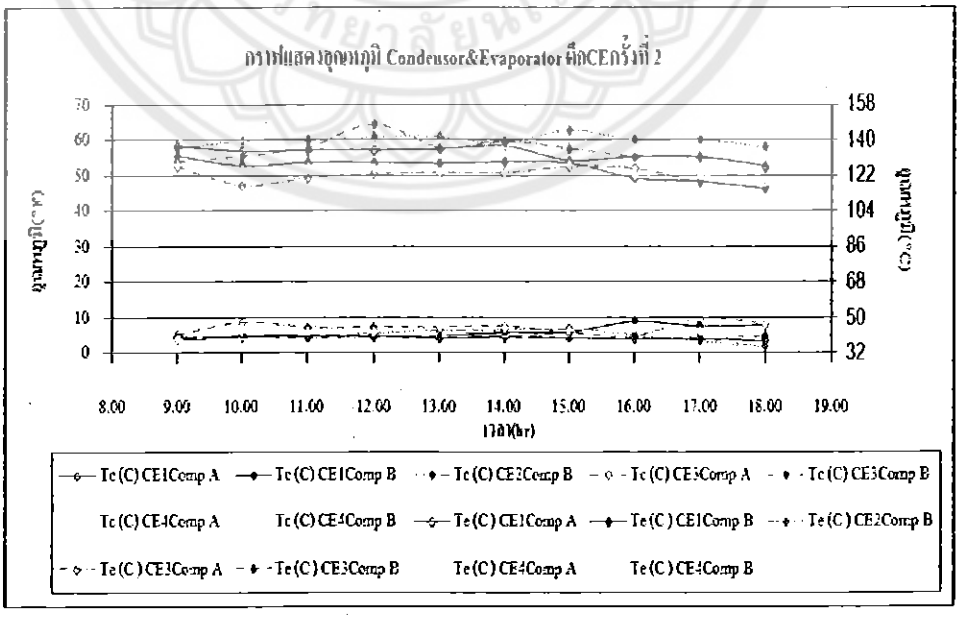
ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater

เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า

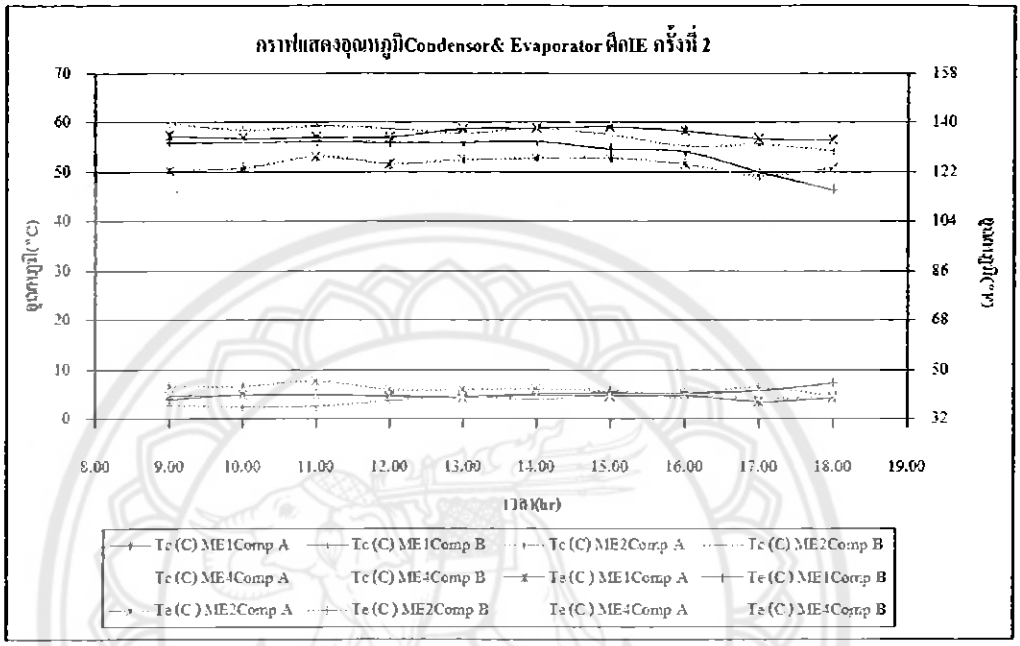


ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็น จากการ ตรวจวัด (วันที่ 15-19 พฤศจิกายน 2553 เวลา 09.00-18.00 น.)

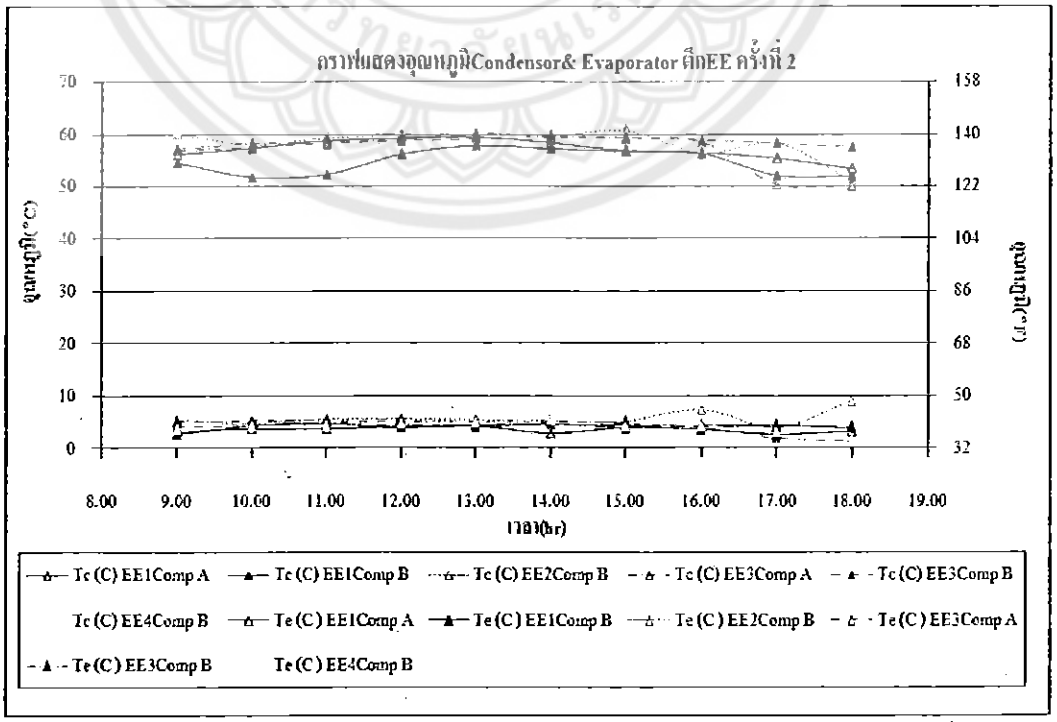
ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็นอาคารวิศวกรรมโยธา



ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมอุตสาหการ



ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condenser&Evaporater เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมไฟฟ้า



ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการการคำนวณ

1.การคำนวณเพื่อหาค่าความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 ประจำวันที่ 17 กุมพาพันธ์ 2554 ช่วงเวลา 13.00 น.-16.00 น.

ขั้นตอนการคำนวณ

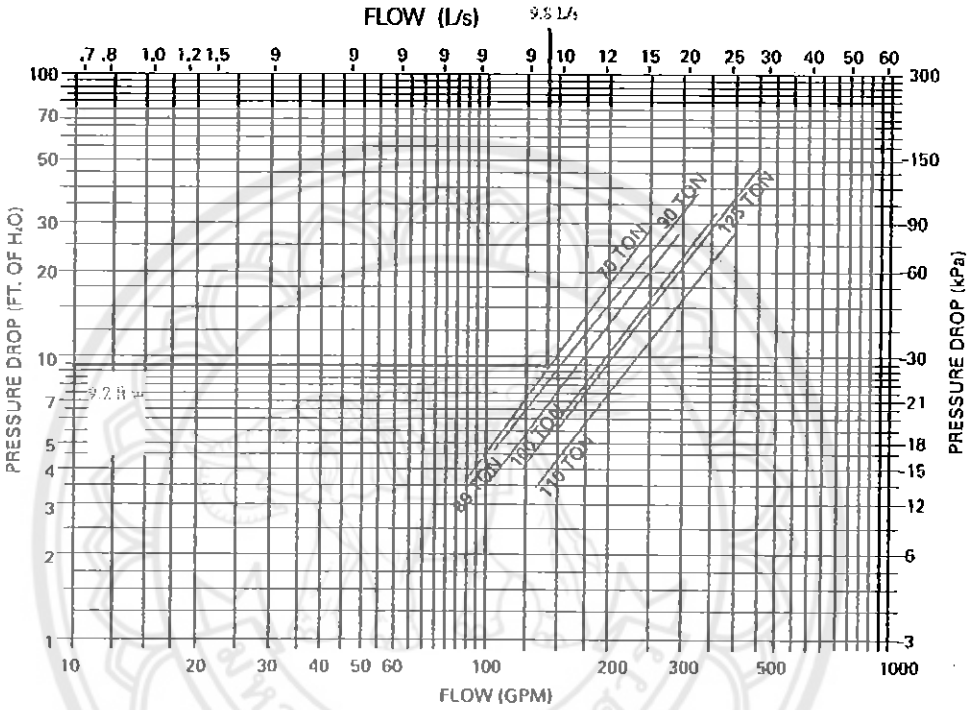
ตารางที่ ข 1 ตารางผลการตรวจวัดเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 ประจำวันที่ 17 กุมพาพันธ์ 2554 ช่วงเวลา 9.00 น.-17.00 น.

No.	Report	ค่าที่บันทึก						หมายเหตุ
		Time	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	
	Total Capacity	(%)	100	100	100	100	-	
	Percent capacity	Ckt.1	58	56	45	57	-	
	(%)	Ckt.2	-	-	-	-	-	
1	Evap temp	In	50.2	49	49.4	47.5	-	
2	□(°F) □(°C)	Out	46	46.2	46.7	44.5	-	
3	Evap Pressure	In	60	60	60	60	-	
4	□(Psig) □(kPa)	Out	56	56	56	56	-	
5	Cprsr Suc pressure	Ckt.1	72.5	70.5	72.5	68.5	-	
6	□(Psig) □(kPa)	Ckt.2	80.5	80.5	81.5	77.5	-	
7	Cprsr Dis pressure	Ckt.1	210	209.1	190.5	213.5	-	
8	□(Psig) □(kPa)	Ckt.2	170	170.5	179.5	178.5	-	
9	Cprsr suc temp	Ckt.1	48.2	47.1	49.4	45.1	-	
10	□(°F) □(°C)	Ckt.2	94.5	93.2	94.5	95.5	-	
11	Disc gas temp	Ckt.1	40.5	40.7	43.2	39.5	-	
12	□(°F) □(°C)	Ckt.2	47.7	47.9	48.5	45.7	-	
13	Sat. Cond Temp	Ckt.1	104.5	104	98	105.7	-	
14	□(°F) □(°C)	Ckt.2	95.6	93.7	93.6	93.4	-	
15	Pump pressure	In	36	36	36	36	-	
16	▯▯(Psig) ▯▯(kPa)	Out	48	48	48	48	-	
17	Zone air	(°F)	94	93.4	93	93.6	-	

1.1 คำนวณค่าอัตราการไหลน้ำเย็น

การหาผลต่างแรงดันน้ำเย็นที่เข้า-ออก คอยล์เย็น จากตารางที่ ข 1 เวลา 13.00 น. ผลต่างแรงดัน เท่า 4 Psig (9.2 ft_w)

Figure F-1 — Evaporator Water Pressure Drops, 70-125 Ton Units



รูปที่ ข1 กราฟสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (Coil Performance Curve)

(ที่มา : Air-Cooled Series R™ Rotary Liquid Chiller Model RTAA 70 to 125 Tons)

นำผลต่างแรงดันเทียบกราฟสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (Coil Performance Curve) ขนาดการทำความเย็น 70 Ton ดังแสดงในรูปที่ ข1 ได้อัตราการไหลน้ำเย็น คือ 9.8 L/s

1.2 หาผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้า-ออก คอยล์เย็น เวลา 13.00 น.

T_{IN}-T_{OUT} = 50.2-46

= 4.2 ^{O}F (2.3352 ^{O}C)

$$Q_L = 1.19*LPS*\Delta T$$

Q_L คือความสามารถในการทำความเย็น หน่วย(TR)

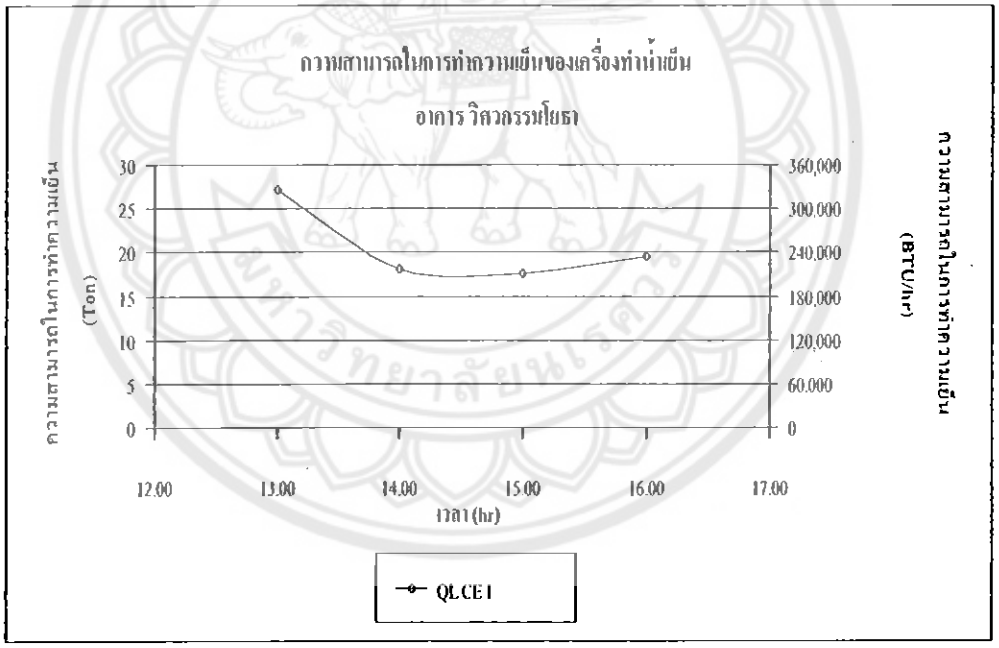
LPS คือ อัตราการไหลของน้ำเย็น (L/S)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า-ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น (°C)

แทนค่า $Q_L = (1.19)(9.2)(2.3352)$

$Q_L = 27.2331$ Ton

เมื่อคำนวณความสามารถในการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 ช่วงเวลา 13.00 น.-16.00 น. ได้ชุดข้อมูลเพื่อสร้างความสัมพันธ์กับเวลา



กราฟที่ ข 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็นกับเวลา

ตารางที่ ข 2 ตารางผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 ประจำวันที่ 17 กุมพาพันธ์ 2554 ช่วงเวลา 9.00 น.-17.00 น.ช่วงเวลา 13.00 น. – 16.00 น.

No.	Report	ค่าที่บันทึก					หมายเหตุ
		Time	13.00	14.00	15.00	16.00	
1	Chiller No.1 (kW)	L.1	22.27	22.95	23.64	22.67	
2		L.2	23.17	23.71	23.86	23.54	
3		L.3	21.51	21.64	22.19	22.16	
4		A. P	22.32	22.77	23.23	22.79	
5	power factor	Ø	0.73	0.74	0.73	0.74	

2.การคำนวณหาสมรรถนะการทำความเย็น (Chp) เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 ประจำวันที่ 17 กุมพาพันธ์ 2554 ช่วงเวลา 9.00 น.-17.00 น.ช่วงเวลา 13.00 น. – 16.00 น.

$$Chp = \frac{W_c}{Q_L}$$

Chp คือ สมรรถนะการทำความเย็น (kW/Ton)

W_c คือ กำลังไฟฟ้าขณะเครื่องทำความเย็นทำงาน (kW)

Q_L คือ ความสามารถในการทำความเย็น (Ton)

จากข้อมูลข้างต้น ในช่วงเวลา 13.00 น.

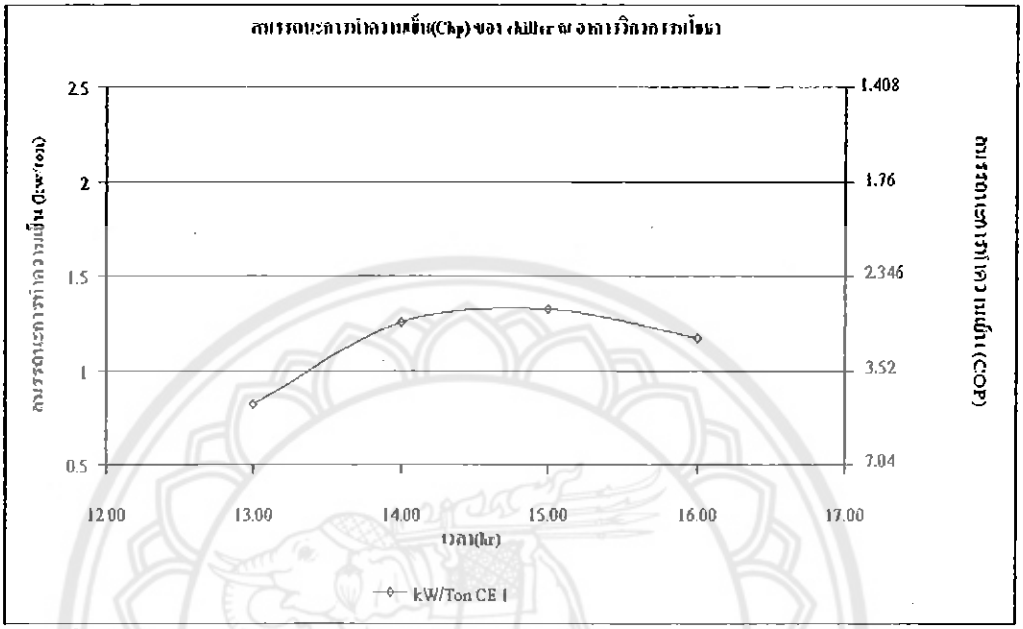
Q_L = 27.2331 Ton

W_c= 22.32

แทนค่า Chp = (22.32)/ (27.2331)

Chp = 0.819 kW/Ton

เมื่อคำนวณสมรรถนะการทำความเย็น เครื่องทำความเย็น อาคารวิศวกรรมโยธา เครื่องที่ 1 ช่วงเวลา 13.00 น.-16.00 น. ได้ชุดข้อมูลเพื่อสร้างความสัมพันธ์กับเวลา



กราฟที่ ข 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการทำความเย็นกับเวลา

ภาคผนวก ค

คู่มือเครื่องทำความความเย็น

(กราฟสมรรถนะเครื่องทำความเย็น)

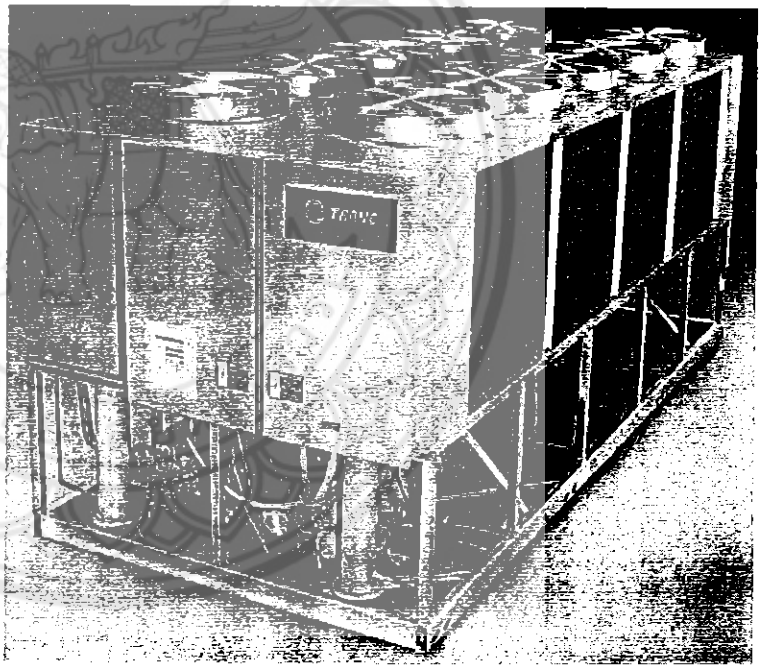
TRANE

Air-Cooled Series R™ Rotary Liquid Chiller

Model RTAA

70 to 125Tons

Built for Industrial and Commercial Markets



November 2006 RLC-PRC016-EN

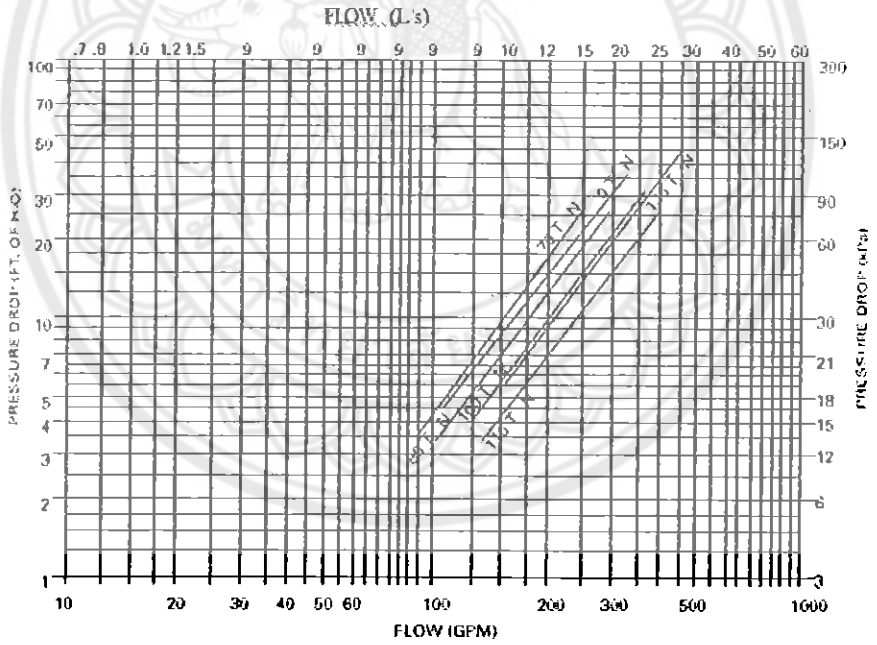
TRANE

Performance Adjustment Factors

Table F-1 — Performance Data Adjustment Factors

Fouling Factor	Chilled Water Temp. Drop	Altitude: Sea Level CAP	Sea Level CAPI	Sea Level kW	2000 Feet CAP	2000 Feet CAPI	2000 Feet kW	4000 Feet CAP	4000 Feet CAPI	4000 Feet kW	6000 Feet CAP	6000 Feet CAPI	6000 Feet kW
0.00010	8	1.000	1.245	1.000	0.986	1.245	1.004	0.981	1.245	1.007	0.977	1.234	1.014
	10	1.000	1.000	1.000	0.987	0.998	1.004	0.983	0.992	1.007	0.981	0.988	1.015
	12	1.000	0.835	1.004	0.987	0.837	1.004	0.983	0.828	1.008	0.988	0.824	1.015
	14	1.000	0.715	1.004	0.989	0.714	1.004	0.984	0.711	1.008	0.990	0.708	1.015
	16	1.004	0.628	1.004	1.000	0.626	1.005	0.987	0.623	1.009	0.991	0.620	1.016
0.00025	8	0.988	1.235	0.994	0.986	1.230	1.000	0.980	1.225	1.004	0.976	1.220	1.010
	10	0.988	0.989	0.998	0.986	0.985	1.000	0.981	0.981	1.004	0.977	0.976	1.011
	12	0.990	0.823	0.998	0.987	0.822	1.000	0.983	0.819	1.005	0.978	0.815	1.011
	14	0.991	0.709	0.998	0.988	0.706	1.001	0.984	0.703	1.005	0.980	0.700	1.011
	16	0.993	0.621	0.999	0.990	0.619	1.001	0.985	0.617	1.006	0.981	0.614	1.012

Figure F-1 — Evaporator Water Pressure Drops, 70-125 Ton Units



ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายณัฐกรณ์ เกาะระกูล

ภูมิลำเนา 681 หมู่ 1 ต.เมืองพาน อ.พาน จ.เชียงราย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพานพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแรศวร

E-mail : Nattakorn_me2038@hotmail.com

ชื่อ นายธวัชชัย อนาวัน

ภูมิลำเนา 72 หมู่ 4 ต.ผางาม อ.เวียงชัย จ.เชียงราย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนคอนศิลาผางามวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแรศวร

E-mail : Tawatchai_anawan@hotmail.com