การตรวจวัดและการจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศในโรงงาน

ENERGY AUDIT AND MANAGEMENT

OF AIR CONDITIONING SYSTEM IN FACTORY

นายคณินนาถ เหล่ากาวี รหัส 57361876

นายพันธมิตร ยอดแก้ว รหัส 57362316

นายสิทธิชัย เอกอภิรัตน์ รหัส 57362569

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การตรวจวัดและการจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศในโรงงาน

ผู้ดำเนินโครงงาน นายคณินนาถ เหล่ากาวี รหัส 57361876

นายพันธมิตร ยอดแก้ว รหัส 57362316

นายสิทธิชัย เอกอภิรัตน์ รหัส 57362569

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์**ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง**ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กุลยา กนกจารุวิจิตร)

.....กรรมการ

(ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การตรวจวัดและการจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศในโรงงาน
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายคณินนาถ เหล่ากาวี รหัส 57361876
	นายพันธมิตร ยอดแก้ว รหัส 57362316
	นายสิทธิชัย เอกอภิรัตน์ รหัส 57362569
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2560

.....

บทคัดย่อ

บริษัทผลิตชุดสายไฟรถยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลกมีการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิตกว่าร้อยละ 58 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ดังนั้นโครงงานนี้จึงเป็นการตรวจวัดสมรรถนะและวิเคราะห์รวมถึงกำหนดแผนมาตรการอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาด 150 ตัน จำนวน 8 ชุด และระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด 75 ตัน จำนวน 2 ชุด ทำให้สามารถกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศได้ทั้งหมด 8 มาตรการ แบ่งเป็นมาตรการไม่ใช้เงินลงทุน 3 มาตรการ ได้แก่ 1.การลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 2.การสลับใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีสมรรถนะสูง 3.ปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ และมาตรการที่ใช้เงินลงทุน 5 มาตรการ ได้แก่ 1.ซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 2.เพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 3.ลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก 4.การใช้อากาศอุณหภูมิต่ำภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต 5.การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีสมรรถนะสูง ซึ่งทั้ง 8 มาตรการ มีเงินลงทุนรวมทั้งสิ้น 22,839,136.00 บาท มีผลประหยัดรวม 8,493,876.25 บาทต่อปี ลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์ได้ทั้งหมด 1,367,476.80 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็นร้อยละการประหยัดโดยรวมเท่ากับ 25.79 เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ. 2560

Project title	Energy Audit and Management of Air Conditioning System in Factory
Name	Mr. Kaninnart Laowkawee ID. 57361876
	Mr. Panthamit Yodkaew ID. 57362316
	Mr. Sittichai Eakpirat ID. 57362569
Project advisor	Assistant Professor Sitphan Kanla
Department	Mechanical Engineering
Academic year	2017

.....

Abstract

The company for manufacturing of automotive wire in Phitsanulok province, there is useding energy in the air conditioning systems is more than 58 percent of total energy consumption in the production areas. Therefore, this project is measurement and energy management for 150 tons 8 sets of the air cooled water chiller and 75 tons 2 sets of water cooled package. The results from project of energy management system are 8 measures it can be divided into the measures are divided into 3 non-investment measures and 5 investment measures. The 3 non-investment measures are 1. Reducing operating time of Air Cooler Water Chiller, 2. Switching of high performance chiller water pump 3. Turn off Cooling Tower's fan with Package Water Cooled. And 5 investment measures 1. Blower maintenance of Water Cooled Package, 2. Increase the performance of Water Cooled Package, 3. Reduce rate of air leakage plastic curtain, 4.Take low temperature of outside air to adjust the air conditions in the production area 5. Changing of high performance Air Cooled Water Chiller. All of 8 measures have total investment 22,839,136.00 bath it can be save the money 8,493,876.25 baht per year and reduced the carbondioxide emission was 1,367,476.80 kg per year that include measures it can be save money are 25.79% and compared with the electricity energy charge in the year 2560.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สามารถทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผศ. ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงงาน ตลอดจนติดตามประเมินผลการดำเนินโครงงานมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กุลยา กนกจารุวิจิตร และ ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์ ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ต่างๆ เพื่อให้โครงงานนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงงาน

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารและคณะจัดการด้านพลังงานของบริษัท ที่ให้ความอนุเคราะห์เข้าไปศึกษาและอำนวยความสะดวกเพื่อให้โครงงานนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนจนกระทั่งสามารถเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงินและคอยให้กำลังใจจนกระทั่งโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินงานขอมอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงงานนี้ แด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงงานนี้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงงานนี้ ผู้ดำเนินงานต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้ดำเนินโครงงาน

คณินนาค เหล่ากาวี

พันธมิตร ยอดแก้ว

สิทธิชัย เอกอภิรัตน์

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
Abstract ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 3
1.5 วิธีการดำเนินงาน 4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าน่าจะได้รับ 4
1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน 4
1.8 งบประมาณ 4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.2 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 6
2.3 พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 7
2.3.1 ลักษณะการเป็นอาคารและโรงงานควบคุม 7
2.3.2 พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 7
2.3.3 พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. 2540 7
2.3.4 อาคารที่ได้รับการยกเว้นไม่เป็นอาคารควบคุม 8
2.4 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2550 9

2.4.1 การจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอนตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงาน พ.ศ. 2552 9
2.5 ระบบปรับอากาศ 11
2.5.1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioning) 11
2.5.2 เครื่องปรับอากาศแบบชุด (Package Air Conditioning) 11
2.5.3 ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลาง (Central Air Conditioning) 13
2.6 วัฏจักรของกระบวนการทำความเย็น 15
2.6.1 ส่วนประกอบหลักของวัฏจักรการทำความเย็น 15
2.7 หลักการทำงานระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลาง ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) 21
2.7.1 สมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Chiller Performance:ChP) 22
2.7.2 สมรรถนะของพัดลมส่งลมเย็น (Air Handing Unit Performance : AhuP) ของระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ .. 23
2.7.3 สมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump Performance : ChpP) ... 24
2.8 หลักการทำงานระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Package Water Cooled Water Chiller) 25
2.8.1 สมรรถนะระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Package Water Cooled Water Chiller Performance : ChP) 26
2.8.2 สมรรถนะหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower Performance : η_{CT}) 27
2.8.3 สมรรถนะเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump Performance: CwpP) 29
2.8.4 สมรรถนะของพัดลมส่งลมเย็น (Air Handing Unit Performance : AhuP) ของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 31
2.9 การวิเคราะห์หาการลดอัตราการรั่วไหลของม่านประตูพลาสติก 32
2.10 การคำนวณค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 34
2.11 การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า 35
2.12 ก๊าซเรือนกระจก 36

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 38
3.1 เครื่องมือวัด 39
3.1.1 แคมป์มิเตอร์ (clamp meter) 39
3.1.2 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด (Infrared Thermometer) 39
3.1.3 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (Hygrometer) 40
3.1.4 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) 40
3.2 การตรวจวัด 41
3.2.1 การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 41
3.2.2 การตรวจวัดพัดลมส่งลมเย็น (AHU) 41
3.2.3 การตรวจวัดเครื่องสูบน้ำ 42
3.2.4 การตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 42
3.2.5 การตรวจวัดอุณหภูมิ ความเร็วลมและความชื้น
ด้านในและด้านนอก อาคารส่วนผลิต 44
บทที่ 4 การดำเนินงานและวิเคราะห์ผล 45
4.1 สมรรถนะระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ ... 45
4.1.1 สมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (ChP) 45
4.1.2 สมรรถนะเครื่องส่งลมเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น
ระบายความร้อนด้วยอากาศ (AhuP) 46
4.1.3 สมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น
ระบายความร้อนด้วยอากาศ (ChpP) 47
4.2 สมรรถนะระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 47
4.2.1 ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (ChP) 48
4.2.2 สมรรถนะเครื่องส่งลมเย็นของระบบปรับอากาศ
แบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (AhuP) 49
4.2.3 สมรรถนะเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นของระบบปรับอากาศ
แบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (CwpP) 50
4.2.4 สมรรถนะหอผึ่งน้ำของระบบปรับอากาศ
แบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (ηCT) 51
4.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุง 51

4.3.1 การลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 51
4.3.2 การสลับใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีสมรรถนะสูง 53
4.3.3 ปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศ
แบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 54
4.3.4 ซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศ
แบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 55
4.3.5 เพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
แบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 57
4.3.6 ลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก 58
4.3.7 การใช้อากาศในฤดูหนาวจากภายนอก
มาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต 60
4.3.8 การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีสมรรถนะสูง 61
บทที่ 5 สรุป 63
5.1 การตรวจวัดและวิเคราะห์สมรรถนะ 63
5.1.1 ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ 63
5.1.2 ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 63
5.2 กำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน 66
เอกสารอ้างอิง 68
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 122

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 52

4.2 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการสลับใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีสมรรถนะสูง 54

4.3 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 55

4.4 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 56

4.5 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 58

4.6 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงหลังปรับปรุงมาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก 59

4.7 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงหลังปรับปรุงมาตรการใช้อากาศในฤดูหนาวจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต 61

4.8 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงหลังปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีสมรรถนะสูง 62

5.1 แบบบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีนัยสำคัญของเครื่องจักร/อุปกรณ์ 65

5.2 สรุปมาตรการไม่ใช้เงินลงทุนและใช้เงินลงทุน 8 มาตรการ 67

ข.1 แสดงเวลาการปิดเครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็นก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง 81

ข.2 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 81

ข.3 ตารางวันทำงาน 82

ข.4 คำนวณก่อนปรับปรุงวันคู่ของมาตรการเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 83

ข.5 คำนวณหลังปรับปรุงวันคู่ของมาตรการเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 83

ข.6 คำนวณก่อนปรับปรังวันคี่ของมาตรการเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.7 คำนวณหลังปรับปรังวันคี่ของมาตรการเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 84

ข.8 แสดงกำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำแต่ละตัว 86

ข.9 แสดงการย้ายเครื่องสูบน้ำที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ 86

ข.10 การคำนวณค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง ... 87

ข.11 การคำนวณค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง 88

ข.12 เปรียบเทียบพลังงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง 89

ข.13 เปรียบเทียบพลังงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 90

ข.14 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุงมาตรการปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 91

ข.15 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุงมาตรการปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 91

ค.1 เปรียบเทียบพลังงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 94

ค.2 วันทำงาน 95

ค.3 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุงมาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 95

ค.4 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุงมาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 96

ค.5 ค่าความดันที่คอมเพรสเซอร์ 97

ค.6 เปรียบเทียบพลังงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 98

ค.7 การคำนวณค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุงมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ค.8 การคำนวณค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุงมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 99

ค.9 เปรียบเทียบพลังงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก 103

ค.10 ช่วงเวลาทำงานในโรงงาน 104

ค.11 ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดเฉลี่ย 105

ค.12 ข้อมูลทั้งหมดก่อนปรับปรุงมาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก 107

ค.13 คำนวณค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุงมาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก 108

ค.14 ข้อมูลทั้งหมดหลังปรับปรุง 109

ค.15 คำนวณค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุงมาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก 110

ค.16 การคำนวณก่อนปรับปรุงมาตรการใช้อากาศจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต 113

ค.17 การคำนวณหลังปรับปรุงช่วงฤดูหนาวมาตรการใช้อากาศจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต 114

ค.18 การคำนวณหลังปรับปรุงช่วงฤดูหนาวของเครื่องส่งลมเย็นมาตรการใช้อากาศจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต 115

ค.19 การคำนวณหลังปรับปรุงช่วงฤดูร้อนมาตรการใช้อากาศจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต 115

ค.20 สมรรถนะการทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศทั้ง 8 เครื่อง 118

ค.21 แสดงการคำนวนการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศประสิทธิภาพสูง 119

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ค.22 แสดงการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศประสิทธิภาพสูง 120

ค.23 ค่าแฟกเตอร์ กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดร์ออกไซด์ 121

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอนตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงาน พ.ศ. 2552 9

2.2 แสดงลักษณะและการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 11

2.3 ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 12

2.4 ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Package Air cooled water chiller 12

2.5 ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) 14

2.6 ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) 14

2.7 การวิเคราะห์วัฏจักรการทำความเย็นบนแผนภาพ P-h ของสารทำความเย็น R-22 15

2.8 การวิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องอัดไอ (Compressor) 16

2.9 การวิเคราะห์หลักการทำงานของคอนเดนเซอร์ (Condenser) 17

2.10 การวิเคราะห์หลักการทำงานของวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) 18

2.11 การวิเคราะห์หลักการทำงานของอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) 19

2.12 ตำแหน่งเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศและระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 20

2.13 วงจรระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ 21

2.14 แสดงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น 22

2.15 แสดงการทำงานของพัดลมส่งลมเย็น 23

2.16 แสดงการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น 24

2.17 วงจรระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 25

2.18 แสดงการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 26

2.19 แสดงการทำงานของหอผึ่งน้ำ 27

2.20 แสดงการหาค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกจาก Psychrometric Chart 28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.21 แสดงการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น 29
2.21 แสดงการทำงานของ AHU 31
2.23 ตรวจวัดความเร็วลม ความชื้น และความเร็วลมบริเวณประตูม่านพลาสติก 33
2.24 แสดงการหาค่าเอรทราปีด้านนอกและเอนทราปีด้านในของประตูม่านพลาสติกจาก Psychrometric Chart 33
2.25 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าตามช่วงเวลาและอัตราการค่าใช้บริการของ ช่วงเวลาแบบ TOD 34
3.1 แผนภาพการดำเนินงาน 38
3.2 แคลมป์มิเตอร์ (clamp meter) 39
3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด (Infrared Thermometer) 39
3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (Hygrometer) 40
3.5 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) 40
3.6 การตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเข้าอุณหภูมิน้ำออก 41
3.7 การตรวจวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของพัดลมส่งลมเย็น 42
3.8 การตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำ 42
3.9 การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศขาเข้าและขาออก 43
3.10 การตรวจวัดความดันด้านสูงและความดันด้านต่ำ 43
3.11 การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นด้านในและด้านนอกอาคารส่วนผลิต 44
3.12 การตรวจวัดความเร็วลม 44
4.1 กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 45
4.2 กราฟแสดงสมรรถนะพัดลมส่งลมเย็น 46
4.3 กราฟแสดงสมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็น 47
4.4 กราฟแสดงสมรรถของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 48
4.5 กราฟแสดงสมรรถนะพัดลมส่งลมเย็น 49
4.6 กราฟแสดงสมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็น 50
4.7 กราฟสมรรถของหอผึ่งน้ำ 51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.8 มาตรการลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 52

4.9 มาตรการสลับใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีสมรรถนะสูง 53

4.10 มาตรการปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 54

4.11 มาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 56

4.12 มาตรการเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 57

4.13 มาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก 59

4.14 มาตรการใช้อากาศในฤดูหนาวจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต .. 60

4.15 มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีสมรรถนะสูง 62

ก.1 กราฟของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 71

ก.2 กราฟของเครื่องสูบน้ำเย็น 72

ก.3 กราฟของเครื่องส่งลมเย็น 73

ก.4 กราฟของเครื่องส่งลมเย็นของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 74

ก.5 กราฟของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วย 76

ข.1 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น 80

ข.2 ปั๊มน้ำเพื่อส่งน้ำหล่อเย็นไปที่ AHU 85

ค.1 สภาพแผ่นฟิลเลอร์ก่อนปรับปรุง 97

ค.2 ความดันด้านสูงและความดันด้านต่ำ 97

ค.3 ม่านก่อนปรับปรุง 101

ค.4 ติดประตูหลังปรับปรุง 102

ค.5 แสดงตำแหน่งของประตูของโรงงาน 104

ค.6 ข้อมูล 106

ต.7 ท่อดูดอากาศจากภายนอก 111

ค.8 ท่อดูดอากาศจากภายนอก 111

ค.9 อุณหภูมิของอากาศ 5 ปีย้อนหลังในจังหวัดพิษณุโลก 112

ค.10 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศสภาพเดิม 117

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ค.11 เกจวัดความดันด้านสูงและด้านต่ำ เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศสภาพเดิม . 117

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

บริษัท ผลิตชุดสายไฟในรถยนต์แห่งหนึ่ง จังหวัดพิษณุโลก จากข้อมูลรายงานการจัดการพลังงานของบริษัทปี 2560 พบว่ามีสัดส่วนการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในส่วนผลิตคิดเป็นร้อยละ 58 ของพลังงานทั้งหมด ถ้าบริษัทมีการบริหารจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิตจะสามารถประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างมาก ทางบริษัทมีการติดตั้งหม้อแปลง 5 เครื่อง ขนาดรวมทั้งสิ้น 6,750 กิโลโวลต์แอมแปร์ ซึ่งตามพระราชกฤษฎีกากำหนดให้โรงงานควบคุม พ.ศ. 2540 มาตรา 4 (ผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ.2541) กำหนดให้โรงงานควบคุมที่มีขนาดหม้อแปลง 3,530 – 11,750 กิโลโวลต์แอมแปร์ ซึ่งมีขนาดหม้อแปลงอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจึงจัดเป็นโรงงานควบคุม โดยโรงงานควบคุมจะต้องจัดทำรายงานตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ทั้ง 8 ขั้นตอนเพื่อส่งกระทรวงพลังงานภายในเดือนมีนาคม ของทุกปี โดยรายงาน 8 ขั้นตอนประกอบด้วย

1. การจัดให้มีคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์
2. การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น
3. กำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์
4. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน โดยประเมินระดับเครื่องจักร / อุปกรณ์
5. การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน แผนการฝึกอบรม และกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
6. การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงานและการตรวจสอบวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน
7. การตรวจติดตาม ประเมินการจัดการพลังงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์
8. การทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

ทางผู้บริหารของบริษัทเล็งเห็นปัญหาและความสำคัญของการบริหารจัดการพลังงานภายในโรงงาน ทำให้คณะผู้จัดทำมีโอกาสเข้าไปการตรวจวัดและการจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศในโรงงานตามขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 5 ของกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.ตรวจวัดและวิเคราะห์สมรรถนะการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Package) และระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package) ในอาคารส่วนผลิตชุดสายไฟในรถยนต์

2.กำหนดแผนการอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Package) และระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package)

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.ตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในส่วนระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลาระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Package) ขนาด150 ตัน จำนวน 8 เครื่อง และระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package) ขนาด 75 ตัน จำนวน 2 เครื่อง

2.ประเมินศักยภาพเครื่องจักรของระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศและระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำเพื่อไปประกอบรายงานการจัดการพลังงานในขั้นตอนที่ 4รวมถึงกำหนดแผนการอนุรักษ์พลังงานเพื่อไปประกอบรายงานการจัดการพลังงานในขั้นตอนที่ 5

3.นำเสนอมาตรการลดการใช้พลังงานให้ผู้บริหารบริษัท (ในวันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2561) เพื่อนำไปประกอบรายงานการจัการพลังงานในขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 5 ของกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2560					พ.ศ. 2561				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1 ศึกษาทฤษฎีรวมถึงข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง										
2 ตรวจวัดสมรรถนะระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศและระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ										
3 วางแผนและวิเคราะห์เพื่อกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน										
4 นำเสนอมาตรการอนุรักษ์พลังงานแก่ผู้บริหารและคณะทำงานด้านจัดการพลังงานของบริษัท										
5 สรุปผลและจัดทำรูปเล่มรายงานการอนุรักษ์พลังงาน										
6 นำเสนอการตรวจวัดและการจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศในโรงงานแก่คณะกรรมการ										

1.5 วิธีการดำเนินงาน

1.ศึกษาทฤษฎีรวมถึงข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.ตรวจวัดสมรรถนะระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศและระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

3.วางแผนและวิเคราะห์เพื่อกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

4.นำเสนอมาตรการอนุรักษ์พลังงานแก่ผู้บริหารและคณะทำงานด้านจัดการพลังงานบริษัท

5.สรุปผลและจัดทำรูปเล่มรายงานการอนุรักษ์พลังงาน

6.นำเสนอผลการตรวจวัดและแผนการอนุรักษ์พลังงานแก่คณะกรรมการ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าน่าจะได้รับ

1.ทราบถึงสมรรถนะเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศเพื่อวางแผนการใช้งานระบบอย่างมีประสิทธิภาพ

2.ได้แผนการในการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศเพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของบริษัท

3.สามารถนำแผนการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศไปประยุกต์ใช้กับบริษัทอื่นในเครือเพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน

1.บริษัทผลิตชุดสายไฟในรถยนต์แห่งหนึ่ง จังหวัดพิษณุโลก

2.ภาควิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

1.8 งบประมาณ

1 ค่าเดินทางไปและกลับ	500 บาท
รวมเป็นเงิน (ห้าร้อยบาทถ้วน)	500 บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.ณัฐกรณ์ เก่ดระกูล และธวัชชัย อนาวัน ได้เข้าไปวิเคราะห์เพื่อหาสมรรถนะการทำความเย็นจากส่วนกลางแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และกำหนดมาตรการในการประหยัดพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น โดยการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ทั้งหมด 12 เครื่อง เพื่อกำหนดมาตรการในการประหยัดพลังงานโดยมีทั้งหมด 4 มาตรการดังนี้ 1.เลือกเครื่องทำความเย็นที่สมรรถนะที่สูง 2.ลดอัตราการไหลของน้ำเย็นในวงจรระบบทำความเย็นจากเดิมร้อยละ 100 ลดลงร้อยละ 20 และ 30 ตามลำดับ 3.เพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นออกจากคอยล์เย็นให้สูงขึ้นจากเดิม 45 °F เป็น 47 °F 4.ลดชั่วโมงการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นจากเดิมเปิดใช้งาน 8.30 – 18.00 น เป็น 8.30 – 16.30 น แต่ยังใช้เครื่องสูบน้ำเย็นช่วยในการลำเลียงน้ำเย็นผ่านเครื่องปรับอากาศอยู่ หลังจากดำเนินมาตราการเพื่ออนุรักษ์พลังงานมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับก่อนใช้มาตราการลดการใช้พลังงานโดยลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้คิดเป็นร้อยละ 66.33 ของค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

2.วงศ์ประกริช แก้วประเสริฐและคณะ ได้ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อบริหารการจัดการตารางการใช้ห้องเรียนให้มีความเหมาะสม และได้เสนอมาตรการการประหยัดพลังงาน โดยแบ่งออกเป็น 2 มาตรการดังนี้ คือมาตรการที่ไม่มีเงินลงทุนประกอบด้วยมาตรการลดระบบไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณทางเดินเปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามผู้เข้าเรียนจริง และการบริหารจัดการตารางการใช้ห้องเรียนโดยคำนึงถึงภาระการทำความเย็นสูงสุด สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้ 141,803 บาทต่อปี และมาตรการที่ใช้เงินลงทุน 3,036,500 บาท ประกอบด้วยเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ และเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้ 452,874 บาทต่อปีระยะเวลาคืนทุน 6.71 ปี

3.มนตรี ยืนสา ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนท์ T8 เป็นหลอดฟลูออเรสเซนท์ T5 และ LED เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่หอพักชาย 3 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าต้นทุนการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนท์ T8 เป็นหลอด T5 เท่ากับ 119,725 บาท ผลประหยัด เท่ากับ 42,724.8 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุนจากการเท่ากับ 2.8 ปีหรือ 2 ปี 9 เดือน และต้นทุนการเปลี่ยน หลอด T8

เป็น LED เท่ากับ 408,750 บาทผลประหยัดของหลอด LED เท่ากับ 83,808 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 4.88 ปี หรือ 4 ปี 9 เดือน สรุปได้ว่าควรเปลี่ยนเป็นหลอด T5 มากกว่า หลอด LED

4.กัญญ์ณณัฐ จันทร์ผิว และคณะ ได้จัดทำรายงานการจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอนตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมพ.ศ. 2552 ให้กับ โรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในการดำเนินงานได้มีการกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานให้ลดลงร้อยละ 5 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด โดยสามารถแบ่งออกเป็น มาตรการที่ไม่ใช้เงินลงทุนประกอบไปด้วย 7 มาตรการ ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 23,210.04 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี เป็นเงินที่ประหยัดได้ 141,803 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 2.18 ของการใช้พลังงานทั้งหมด และมาตรการที่มีเงินลงทุน 375,000 บาท ประกอบไปด้วย 3 มาตรการ ผลการประหยัดพลังงานทั้งหมด 33,178.22 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปีเป็นเงินที่ประหยัดได้ 134,703.59 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 3.11 ของการใช้พลังงานทั้งหมด มีระยะเวลาคืนทุนรวม 2.78 ปี

2.2 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

กฎหมายอนุรักษ์พลังงานมีชื่อเต็มว่า พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 2 เมษายน 2535 และมีผลให้ใช้บังคับในวันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป โดยหลักการของกฎหมายมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1.กำกับดูแลส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้ที่อยู่ภายใต้บังคับของกฎหมาย (อาคารควบคุมและโรงงานควบคุม) มีการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

2.ส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการผลิตเครื่องจักร อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพและวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นภายในประเทศและมีการใช้อย่างแพร่หลาย

3.ส่งเสริมและสนับสนุนให้การอนุรักษ์พลังงานเป็นรูปธรรมด้วยการจัดตั้ง “กองทุนเพื่อส่งเสริมการ-อนุรักษ์พลังงาน” เพื่อใช้เป็นกลไกในการให้การอุดหนุนช่วยเหลือทางการเงินในการอนุรักษ์พลังงาน

กลุ่มเป้าหมายหลักของกฎหมายตามหมวด 1 หมวด 2 และ 3 สามารถจัดแบ่งกลุ่มเป้าหมายที่รัฐจะเข้าไปกำกับดูแล และให้การส่งเสริมช่วยเหลือคือ

1.โรงงานควบคุม

2.อาคารควบคุม

3.ผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน

สำหรับกลุ่มโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมจะเน้นไปที่โรงงาน และอาคารที่ใช้พลังงานในปริมาณมากและมีศักยภาพพร้อมที่จะดำเนินการอนุรักษ์พลังงานได้ทันทีโดยจะมีการออก "พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม" และ "พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม" เพื่อกำหนดว่าโรงงานและอาคารประเภทใดใช้พลังงานชนิดใดในปริมาณเท่าใดจึงจะเป็นโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมที่จะต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัตินี้

ในส่วนของกลุ่มผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายเครื่องจักร อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานจะได้รับสิทธิในการอุดหนุนช่วยเหลือเพื่อให้มีการผลิตหรือจำหน่ายเครื่องจักรอุปกรณ์และวัสดุเหล่านี้แก่ประชาชนทั่วไปอย่างแพร่หลาย และมีราคาถูกซึ่งจะช่วยให้ประชาชนทั่วไปลดการใช้พลังงานลงได้ทั้งนี้จะได้มีการกำหนดประเภทและมาตรฐานของคุณภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์และวัสดุที่จะได้รับสิทธิอุดหนุนช่วยเหลือไว้ในกฎกระทรวงต่อไป

2.3 พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538

2.3.1 ลักษณะการเป็นอาคารและโรงงานควบคุม

เป็นอาคารหรือโรงงานหลังเดียวหรือหลายหลังภายใต้บ้านเลขที่เดียวกัน ที่มีการอนุมัติติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า หรือหม้อแปลงรวมกันตามขนาดที่พระราชกฤษฎีกากำหนด หรือใช้พลังงานไฟฟ้า ความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองรวมกันในรอบปีที่ผ่านมาคิดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าในปริมาณตามที่พระราชกฤษฎีกากำหนด

2.3.2 พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538

มาตรา 3 ใช้บังคับกับอาคารที่มีขนาด

เครื่องวัด	: 1,000 kW	ขึ้นไป
หม้อแปลง	: 1,175 kVA	ขึ้นไป
การใช้รวม	: 20 ล้าน MJ/ปี	ขึ้นไป

2.3.3 พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. 2540

มาตรา 3 พ้น 120 วัน นับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา (มีผลในวันที่ 17 กรกฎาคม 2540) โดยใช้บังคับกับโรงงานที่มีขนาด

เครื่องวัด	: 10,000 kW	ขึ้นไป
หม้อแปลง	: 11,750 kVA	ขึ้นไป

การใช้รวม : 200 ล้าน MJ/ปี ขึ้นไป

มาตรา 4 มีผลในวันที่ 17 กรกฎาคม 2541

เครื่องวัด : 3,000 - 10,000 kW

หม้อแปลง : 3,530 - 11,750 kVA

การใช้รวม : 60 - 200 ล้าน MJ/ปี

มาตรา 5 มีผลในวันที่ 17 กรกฎาคม 2542

เครื่องวัด : 2,000 - 3,000 kW

หม้อแปลง : 2,350 - 3,530 kVA

การใช้รวม : 40 - 60 ล้าน MJ/ปี

มาตรา 6 มีผลในวันที่ 17 กรกฎาคม 2543

เครื่องวัด : 1,000 - 2,000 kW

หม้อแปลง : 1,175 - 2,350 kVA

การใช้รวม : 20 - 40 ล้าน MJ/ปี

2.3.4 อาคารที่ได้รับการยกเว้นไม่เป็นอาคารควบคุม

1.อาคารที่ใช้เป็นพระที่นั่งหรือพระราชวัง

2.อาคารที่ทำการสถานทูต สถานกงสุลต่างประเทศ

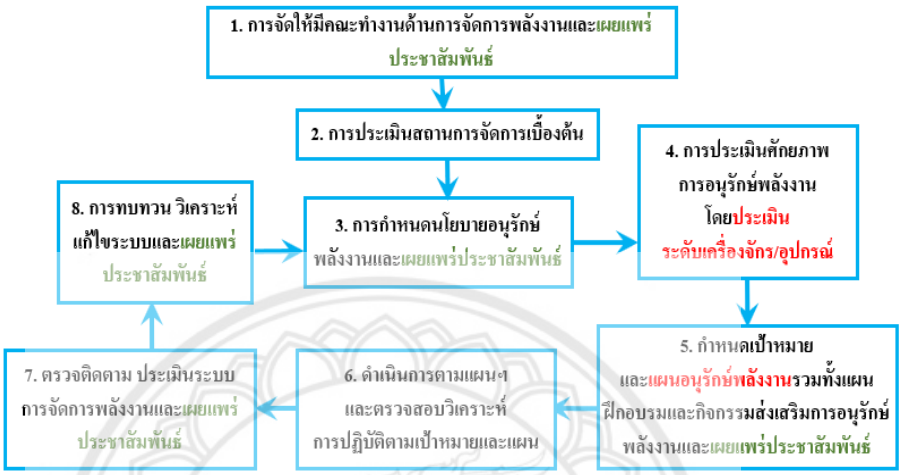
3.อาคารที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ

4.โบราณสถาน วัดวาอาราม อาคารที่ใช้เพื่อการศาสนา

2.4 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2550

2.4.1 การจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอนตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงาน พ.ศ. 2552

มีขั้นตอนการปฏิบัติดังแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอนตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงาน พ.ศ. 2552

ที่มา : โครงงานรายงานการจัดการพลังงาน กรณีศึกษาโรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

มาตรการการลดใช้พลังงานให้ผู้บริหารบริษัทแห่งหนึ่ง สาขาพิษณุโลก เพื่อนำไปประกอบการจัดการใช้พลังงานในขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 5 ของกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ในที่นี้ขออธิบายในส่วนของขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 5

<u>ขั้นตอนที่ 4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานโดยประเมินระดับเครื่องจักร/อุปกรณ์</u>

นำเสนอผลการดำเนินการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม/อาคารควบคุมโดยแบ่งเป็น 3 ระดับ

1.การประเมินระดับองค์กร

2.การประเมินระบบผลิตภัณฑ์/อุปกรณ์

3.การประเมินระดับเครื่องจักร/อุปกรณ์

ซึ่งประกอบไปด้วย

1.แนวทางการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

2.หลักฐานหรือเอกสารต่างๆ ที่แสดงถึงการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

<u>ขั้นตอนที่ 5 การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน แผนการฝึกอบรม และกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน</u>

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.กำหนดค่าเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน โดยกำหนดเป็นร้อยละที่ลดลงของปริมาณพลังงานที่ใช้เดิมหรือกำหนดเป็นระดับของค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต

2.กำหนดมาตรการและเป้าหมายในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน เป้าหมายอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดต้องระบุมาตรการอนุรักษ์พลังงาน (ไฟฟ้า+ความร้อน) ระยะเวลาการดำเนินการ เงินลงทุน ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ปริมาณและมูลค่า)

3.ต้องจัดให้มีแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานลักษณะของแผนการฝึกอบรม/กิจกรรม ต้องมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.กำหนดค่าเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน โดยกำหนดเป็นร้อยละที่ลดลงของปริมาณพลังงานที่ใช้เดิมหรือกำหนดเป็นระดับของค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต

2.กำหนดมาตรการและเป้าหมายในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน เป้าหมายอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดต้องระบุมาตรการอนุรักษ์พลังงาน (ไฟฟ้า+ความร้อน) ระยะเวลาการดำเนินการ เงินลงทุน ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ปริมาณและมูลค่า)

3.ต้องจัดให้มีแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานลักษณะของแผนการฝึกอบรม/กิจกรรม ต้องมีรายละเอียดดังนี้

ก. ชื่อหลักสูตร/กิจกรรม

ข. กลุ่มผู้เข้าอบรม

ค. ระยะเวลาฝึกอบรม (ระบุเดือน)

ง. ผู้รับผิดชอบ

4.ให้บุคลากรของโรงงาน/อาคารควบคุมเข้าร่วมฝึกอบรมและร่วมกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง

5.เผยแพร่แผนการฝึกอบรมให้บุคลากรทราบอย่างทั่วถึง

2.5 ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศสามารถแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

2.5.1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioning)

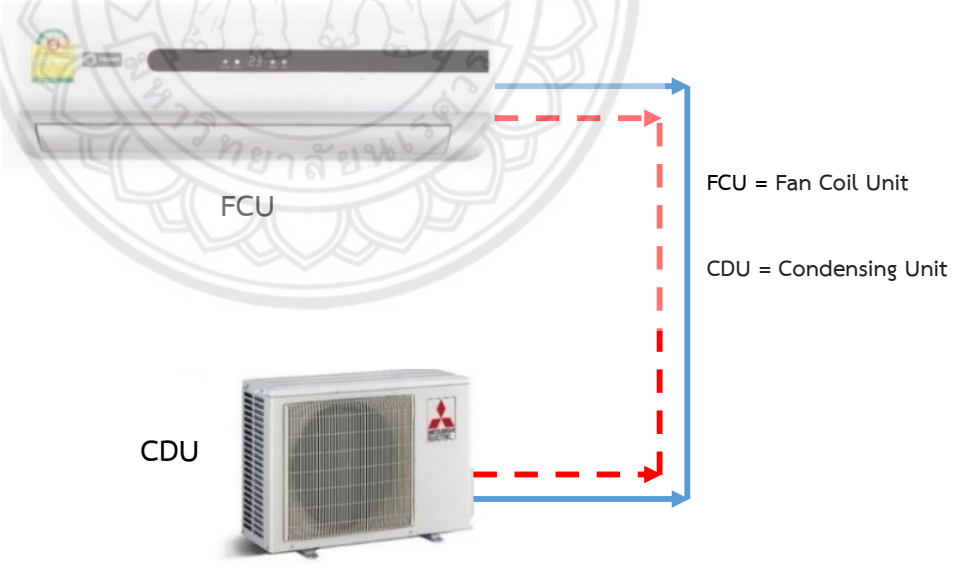
เครื่องปรับอากาศประกอบสำเร็จแล้วจากโรงงานผู้ผลิต ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.หน่วยเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) หรือหน่วยแฟนคอยล์ (Fan-Coil Unit, FCU) จะติดตั้งไว้ภายในห้อง เป็นส่วนที่ทำความเย็นให้แก่ห้อง ประกอบด้วยคอยล์เย็นและพัดลมส่งลมเย็น หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหน่วยภายในห้อง (Indoor Unit)

2.หน่วยคอยล์ร้อน (Condenser Unit, CDU) จะติดตั้งไว้บริเวณนอกห้องหรือนอกอาคาร เป็นส่วนที่ใช้ระบายความร้อนที่รับมาจากภายในห้องออกทิ้งสู่บรรยากาศ ประกอบด้วยคอยล์ร้อน พัดลมระบายความร้อน และคอมเพรสเซอร์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหน่วยภายนอกห้อง (Outdoor Unit)

โดย CDU จำนวน 1 ชุด อาจใช้ร่วมกับ AHU หรือ FCU มากกว่า 1 ชุดก็ได้

หมายเหตุ : ส่วนของวาล์วลดความดันนั้น อาจติดตั้งอยู่ที่ CDU หรือ FCU ก็ได้ ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ

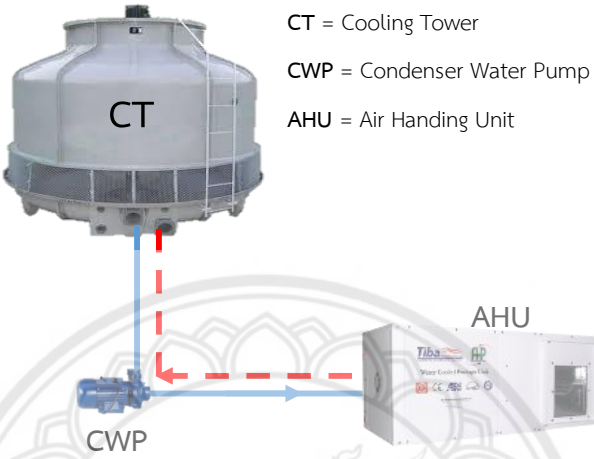


รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะและการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

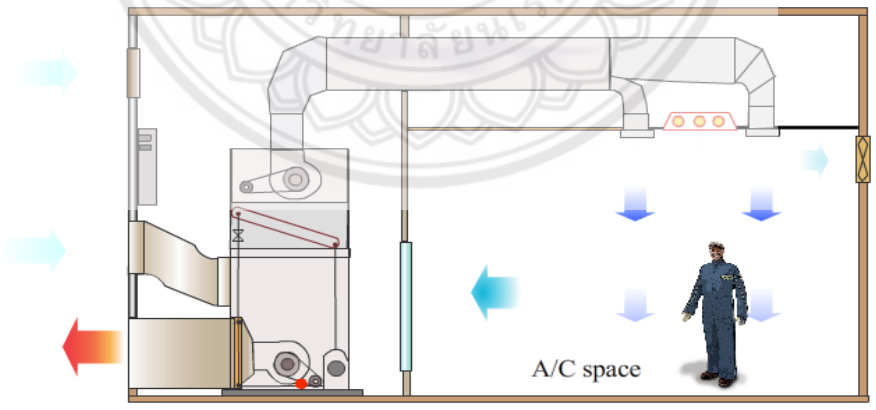
2.5.2 เครื่องปรับอากาศแบบชุด (Package Air Conditioning)

มีลักษณะคล้ายคลึงกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งประกอบไปด้วย Indoor Unit และ Outdoor Unit แต่ขนาดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

แบบเป็นชุดนี้จะมีค่ามากกว่าแบบแยกส่วนและการระบายความร้อนจะมี 2 ประเภทคือ เครื่องปรับอากาศแบบชุดชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Package, ACP) และเครื่องปรับอากาศแบบชุดชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package, WCP) แสดงดังรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package)



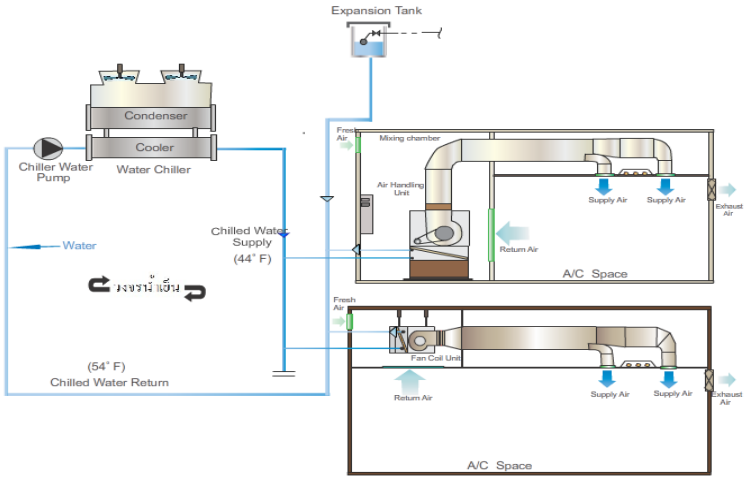
รูปที่ 2.4 ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Package)

ที่มา : เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมปรับอากาศและการระบายอากาศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องคล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.5.3 ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลาง (Central Air Conditioning)

คือ ระบบปรับอากาศที่ทำความเย็นให้แก่อาคารโดยอ้อม กล่าวคือ แทนที่จะใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในอาคารโดยตรงเช่นเดียวกับเครื่องปรับอากาศทั้งสามแบบข้างต้น แต่กลับใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนให้แก่น้ำที่คอยล์เย็น (Evaporator) ของเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ทำให้น้ำกลายเป็นน้ำเย็น (Chilled Water) อุณหภูมิต่ำก่อนที่จะลำเลียงไปตามระบบท่อ (Piping System) โดยอาศัยแรงดันจากเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในห้องที่ AHU หรือ FCU ทำให้น้ำเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น และน้ำเย็นอุณหภูมิสูงนี้ก็จะถูกส่งกลับไปแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับสารทำความเย็นที่คอยล์เย็นของเครื่องทำน้ำเย็น ทำให้กลายเป็นน้ำเย็นอุณหภูมิต่ำ และนำกลับมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศที่ AHU หรือ FCU อีกครั้ง ส่วนสารทำความเย็นเมื่อได้รับความร้อนจากน้ำก็จะถูกคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ของเครื่องทำน้ำเย็นอัดทำให้สารทำความเย็นมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้นและส่งไประบายความร้อนที่คอยล์ร้อน (Condenser) ของเครื่องทำน้ำเย็น ทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิลดต่ำลง ก่อนจะส่งผ่านวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) และไหลกลับเข้าสู่คอยล์เย็นเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเย็นอุณหภูมิสูงต่อไป

การระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นจะมี 2 ชนิดคือ เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller, ACWC) และเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller, WCWC) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6

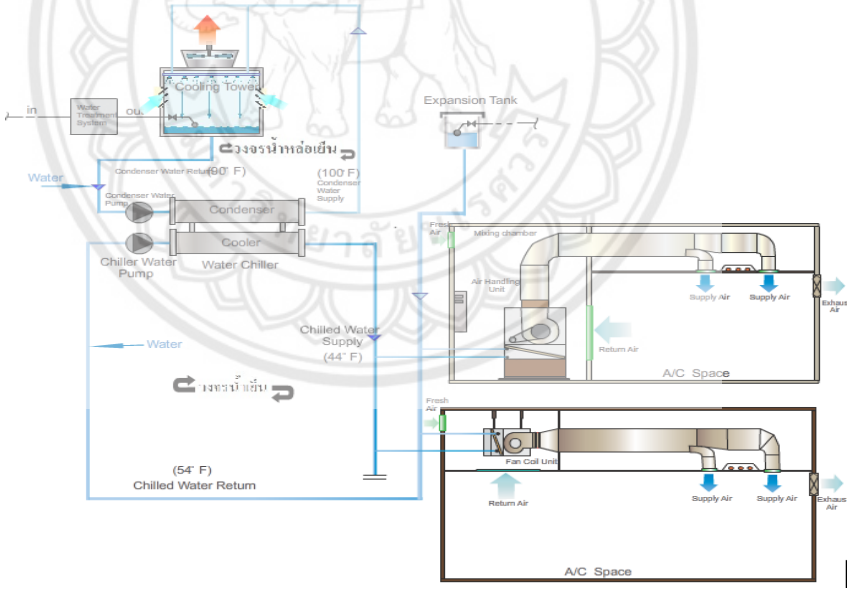


รูปที่ 2.5 ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ

ที่มา : เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมปรับอากาศและการระบายอากาศ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องคล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



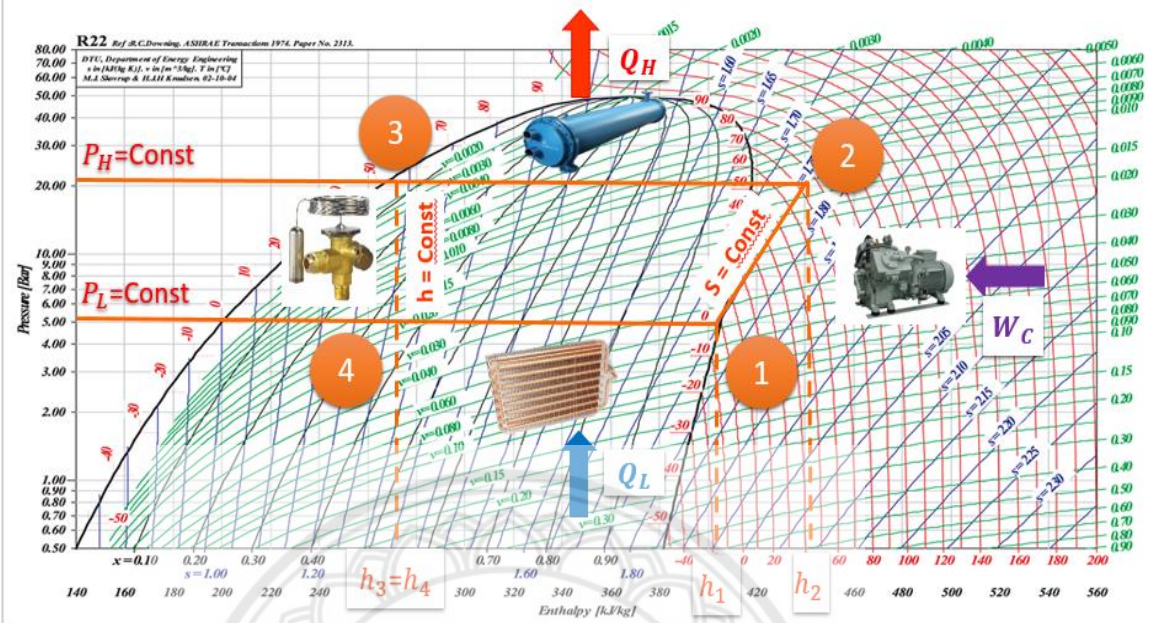
รูปที่ 2.6 ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ

ที่มา : เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมปรับอากาศและการระบายอากาศ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องคล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.6 วัฏจักรของกระบวนการทำความเย็น



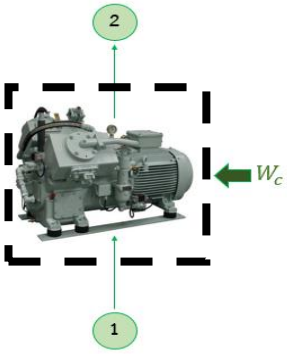
รูปที่ 2.7 การวิเคราะห์วัฏจักรการทำความเย็นบนแผนภาพ P-h ของสารทำความเย็น R-22

ที่มา : Yunus A. Cengel, M. A. (2005). Thermodynamics: An Engineering Approach. McGraw-Hill Science/Engineering/Math

จากรูปที่ 2.7 จากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 เป็นกระบวนการอัดไอโดยมีงานจากคอมเพรสเซอร์ซึ่งเป็นกระบวนการเอนโทรปีคงที่ จากนั้นสารทำความเย็นจะมาระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ระหว่างจุดที่ 2 และ 3 โดยมีความดันคงที่ จากนั้นมาผ่านวาล์วลดความดันระหว่างจุดที่ 3 และ 4 โดยเป็นกระบวนทรอตทลิ่งวาล์ว ซึ่งมีค่าเอนทัลปีคงที่ หลังจากนั้นมาทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ระหว่างจุดที่ 1 และ 4 โดยเป็นกระบวนการรับความร้อนภายใต้ความดันคงที่

2.6.1 ส่วนประกอบหลักของวัฏจักรการทำความเย็น

1.เครื่องอัดไอ (Compressor) ที่ใช้งานในระบบทำความเย็นมีอยู่หลายชนิดด้วยกันซึ่งจะแบ่งชนิดตามโครงสร้างและลักษณะการทำงานในการอัดไอคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (reciprocating type) นั้นจะเป็นแบบที่มีความนิยมและมีการใช้งานแพร่หลายและเลือกใช้กับงานต่างๆได้อย่างกว้างขวางคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (reciprocating type) อาศัยการทำงานของเพลาข้อเหวี่ยง (crank shaft) ขับลูกสูบให้เกิดการดูดอัดเป็นแบบที่นิยมใช้งานมากที่สุด แสดงดังรูป 2.8



รูปที่ 2.8 การวิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องอัดไอ (Compressor)

จากรูปที่ 2.8 กระบวนการอัดไอแบบไอเซนทรอปิค (Isentropic Compression Process) กระบวนการอัดไอซึ่งมีค่าเอนโทรปี (S) คงที่ สารทำความเย็นที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ (จุดที่1) มีสถานะเป็นไอ ความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ โดยให้งานป้อนเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ (W_C) เพื่อเพิ่มความดัน เพิ่มอุณหภูมิและส่งไปยังคอนเดนเซอร์ (จุดที่ 2) ทำให้สารทำความเย็นมีความดันสูงและอุณหภูมิสูงก่อนที่จะส่งไปทำความร้อนที่คอยล์ร้อน

งานที่เข้าสู่วัฏจักรที่คอมเพรสเซอร์สามารถคำนวณได้จากสมการสมดุลพลังงาน ดังสมการ 2.1

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

โดยที่

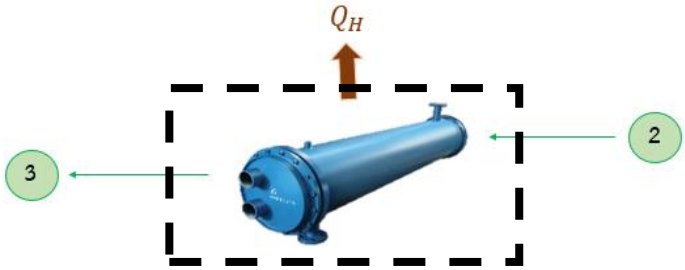
$\dot{W}_c$ = กำลังที่คอมเพรสเซอร์ (หน่วย kW)

$\dot{m}$ = อัตราการไหลของสารทำความเย็น (หน่วย kg/s)

h_1 = เอนทาปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัด (หน่วย kJ/kg)

h_2 =เอนทาปีของสารทำความเย็นออกจากเครื่องอัด (หน่วย kJ/kg)

2.คอนเดนเซอร์ (Condenser) คืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง ซึ่งมักจะมีโครงสร้างคล้ายกับอีวาพอเรเตอร์การระบายความร้อนจากสารทำความเย็นจะใช้อากาศหรือน้ำก็ได้ คอนเดนเซอร์เป็นอุปกรณ์หลักทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากระบบทำความเย็น แสดงดังรูป 2.9



รูปที่ 2.9 การวิเคราะห์หลักการทำงานของคอนเดนเซอร์ (Condenser)

รูปที่ 2.9 เป็นกระบวนการคายความร้อนแบบความดันคงที่ (Heat Rejecttion @ Isobaric Process) ตรงทางออกคอมเพรสเซอร์ (จุดที่ 2) สารทำความเย็นมีสถานะเป็นไอร้อนยวดยิ่งความดันสูงและอุณหภูมิสูง ระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ (Q_H) ภายใต้ความดันคงที่ ทำให้สารทำความเย็นควบแน่นกลายเป็นของเหลว ก่อนที่จะส่งไปยังวาล์วลดความดัน (จุดที่ 3) ซึ่งเป็นกระบวนการความดัน (P) คงที่

การถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์หาได้จากสมการพื้นฐานของการถ่ายเทความร้อนดังสมการ 2.2

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

โดยที่

$\dot{Q}_H$ = ความร้อนที่ออกจากคอนเดนเซอร์ (หน่วย kW)

h_2 = เอนทาลปีก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ (หน่วย kJ/kg)

h_3 = เอนทาปีที่ออกจากคอนเดนเซอร์ (หน่วย kJ/kg)

3.อุปกรณ์ขยายตัว (Expansion Valve) คือ อุปกรณ์ควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่ไหล เข้าไปในคอยล์เย็นและช่วยลดความดันของสารทำความเย็นลง เช่น Thermal Expansion Valve และ Capillary Tube เป็นต้น ผลที่ได้คือสารทำความเย็นที่มีสภาพเป็นก๊าซ หน้าที่ของอุปกรณ์ขยายตัวคือลดความดันของสารทำความเย็นยิ่งไปเป็นความดันของอีวาพอเรเตอร์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น เพื่อรักษาระดับสารทำความเย็นในเครื่องระเหยให้เพียงพอเพื่อให้สามารถทำความเย็นได้สูงสุดโดยให้มีเฉพาะไอร้อนยวดยิ่งเท่านั้นที่เข้าสู่คอมเพรสเซอร์ แสดงดังรูป 2.10

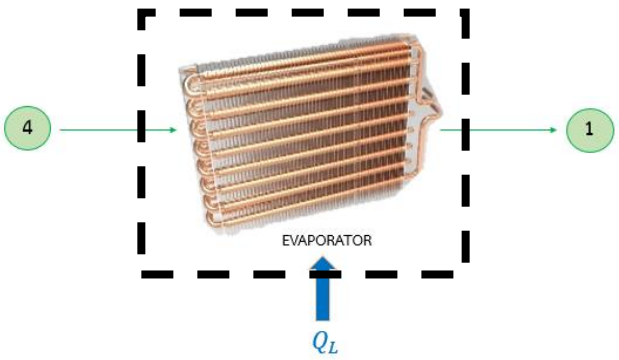
รูปที่ 2.10 การวิเคราะห์หลักการทำงานของวาล์วลดความดัน (Expansion Valve)

รูปที่ 2.10 เป็นกระบวนการขยายตัว (Throttling Process) ตรงทางออกจากคอนเดนเซอร์สารทำความเย็นมีสถานะเป็นของเหลวความดันสูงและอุณหภูมิสูง (จุดที่ 3) เข้าสู่วาล์วลดความดัน ทำให้ความดันและอุณหภูมิลดลงกลายเป็นไอเปียกส่งไปยังอีวาพอเรเตอร์ (จุดที่ 4) ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีค่าเอนทัลปี (h) คงที่ ไม่มีงานหรือการถ่ายเทความร้อนดังสมการ 2.3

$$h_3=h_4 \qquad \textbf{(2.3)}$$

4.อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งได้รับการออกแบบให้ทำการดึงความร้อน ออกจากผลิตภัณฑ์ หรือพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น การดึง ความร้อนออกโดยตรงระหว่างผลิตภัณฑ์กับอีวาพอเรเตอร์โดยปกติไม่สามารถจะกระทำได้

จึงมักจะต้องมีของไหลอื่นที่เหมาะสม เช่น อากาศ หรือสาร ทำความเย็นทุติยภูมิเป็นตัวกลางถ่ายเทศวามร้อนแสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การวิเคราะห์หลักการทำงานของอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator)

รูปที่ 2.11 กระบวนการรับความร้อนแบบความดันคงที่ (Heat Absorb @ Isobaric) ตรงทางเข้าอีวาพอเรเตอร์สารทำความเย็นมีสถานะเป็นไอเปียก ความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ (จุดที่ 4) ได้รับความร้อนจากบริเวณที่ทำความเย็น (Q_L) ภายใต้ความดันคงที่ ทำให้สารทำความเย็นระเหยกลายเป็นไอกลับเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ (จุดที่ 1) ซึ่งเป็นกระบวนการความดัน (P) คงที่

น้ำยาทำความเย็นในชุดอีวาพอเรเตอร์มีหน้าที่ในการดูดความร้อนออกจากโหลดซึ่งในที่นี้โหลดคือสารทำความเย็น ความร้อนที่ออกมาจะไปทำให้น้ำยาทำความเย็นที่เป็นของเหลวเดือดและระเหยกลายเป็นไอ ฉะนั้นสถานะน้ำยาทำความเย็นที่ออกจากชุดอีวาพอเรเตอร์จะเป็นไอที่มีแรงดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ และโหลดหรือน้ำเมื่อถูกดูดความร้อนออกก็จะเข้าสู่คอสเพรสเซอร์ต่อไป

ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่วัฏจักรหรือความสามารถในการทำความเย็น (Refrigerating effect :RE) ที่อีวาพอเรเตอร์สามารถคำนวณได้จากสมการสมดุลพลังงานดังสมการ 2.4

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

โดยที่

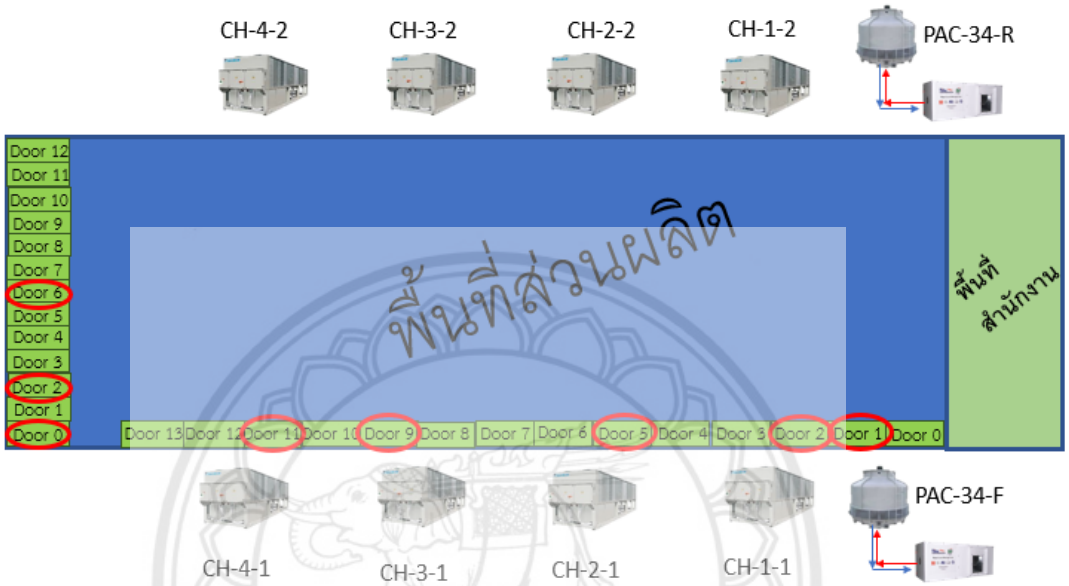
$\dot{Q}_L$ = ความสามารถในการทำความเย็น (หน่วย kW)

h_1 = เอลทาลปีที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ (หน่วย kJ/kg)

h_4 = เอนทาลปีก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ (หน่วย kJ/kg)

$(h_1 - h_4)$ = Refrigerating effect (หน่วย kJ/kg)

เนื่องจากเราสนใจระบบปรับอากาศอยู่ 2 ประเภท คือ ระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศจำนวน 8 ชุด และระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำจำนวน 2 ชุด ซึ่งจะมีการแสดงตำแหน่งของเครื่องปรับอากาศดังรูปที่ 2.12

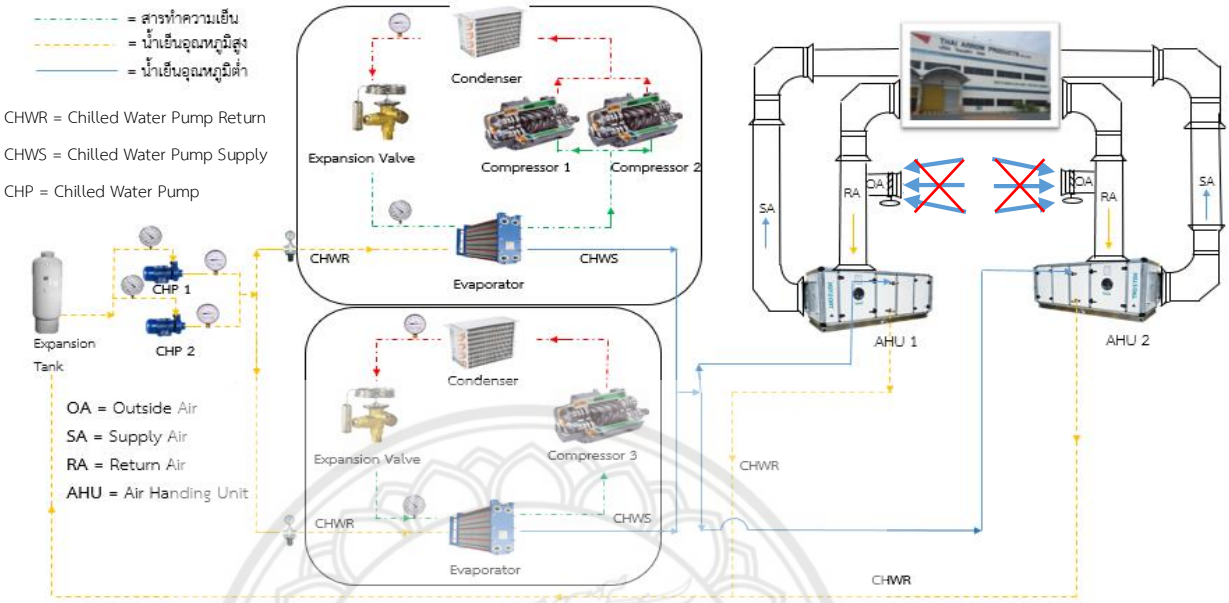


CH = เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 8 ชุด

PAC = ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 2 ชุด

รูปที่ 2.12 ตำแหน่งเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศและระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

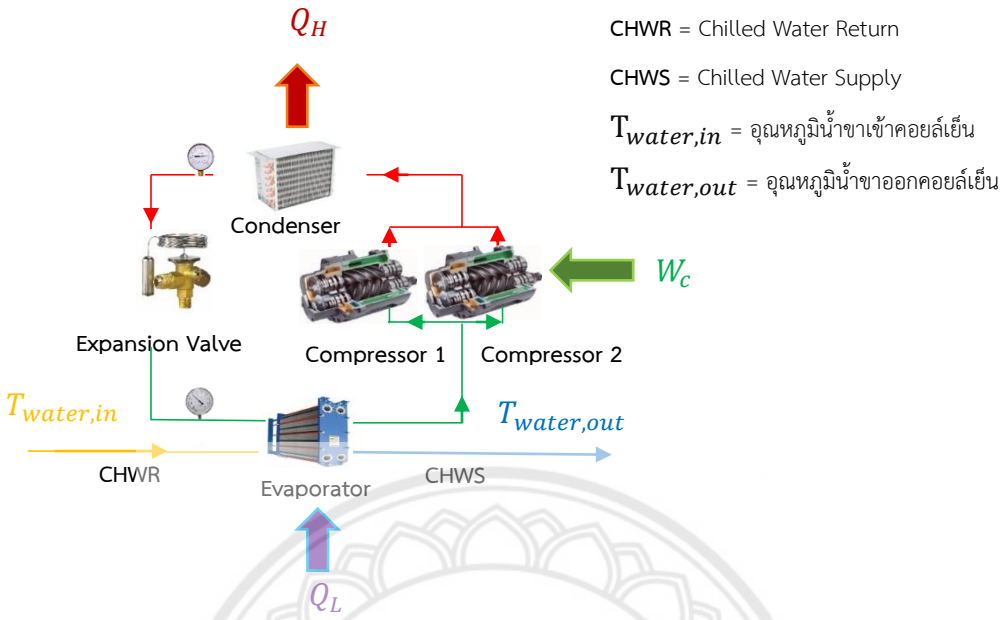
2.7 หลักการทำงานระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)



รูปที่ 2.13 วงจรระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ

จากรูปที่ 2.13 เครื่องทำน้ำเย็นมีกระบวนการทำความเย็นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยชุดแรกมีคอมเพรสเซอร์จำนวน 2 เครื่อง ชุดที่สองมีคอมเพรสเซอร์จำนวน 1 เครื่อง จะอัดสารทำความเย็นที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง เข้าไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ จากนั้นเข้ามาลดความดัน ลดอุณหภูมิที่วาล์วลดความดันก่อนที่จะเข้าไประบายความร้อนกับน้ำที่อีวาพอเรเตอร์ ซึ่งเครื่องสูบน้ำจะสูบน้ำอุณหภูมิสูงมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ หลังจากนั้นน้ำจะมีอุณหภูมิต่ำแล้วถูกส่งไปที่พัดลมส่งลมเย็นโดยพัดลมสังลมเย็นประกอบไปด้วยคอยล์เย็นและพัดลม ซึ่งพัดลมจะดูดอากาศภายในโรงงานมาทางท่ออากาศกลับ (Return Air : RA) โดยอากาศจะเข้ามาแลกเปลี่ยนความร้อนที่คอยล์เย็น อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะถูกส่งกลับไปที่โรงงานอีกครั้งทางท่อส่งอากาศ (Supply Air : SA) ซึ่งทางโรงงานมีการออกแบบโดยการนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศกลับภายในโรงงาน เรียกว่า Outside Air : OA แต่ทางโรงงานเล็งเห็นว่าอากาศภายนอกมีความชื้นสูง อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดภาระของระบบปรับอากาศทางบริษัทจึงทำการปิดแดมเปอร์ลง

2.7.1 สมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Chiller Performance:ChP)



รูปที่ 2.14 แสดงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น

จากรูปที่ 2.14 โดยเราจะทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็น ($T_{Water,in}$) และออกจากเครื่องทำน้ำเย็น ($T_{Water,out}$) เพื่อวิเคราะห์หาค่าขนาดเครื่องทำความเย็นดังสมการ 2.5 เพื่อหาค่าสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นดังสมการ 2.6 โดยค่าสมรรถนะจะบ่งบอกถึง 1 ตันความเย็นใช้กำลังไฟฟ้ากี่กิโลวัตต์ ซึ่งค่าสมรรถนะไม่ควรเกิน 1.33 kW/TON ตามข้อกฎหมายประกาศกระทรวงพลังงานเรื่องการกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำ

$$Q_L = 1.19(\dot{V})(T_{Water,in} - T_{Water,out}) \quad \textbf{(2.5)}$$

โดยที่ :

Q_L = ความสามารถการทำความเย็น (หน่วย TON)

$\dot{V}$ = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำเย็น (หน่วย L/s)

$T_{Water,in}$ = อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องทำน้ำเย็น (หน่วย˚C)

$T_{Water,out}$ = อุณหภูมิน้ำออกเครื่องทำน้ำเย็น (หน่วย˚C)

$$ChP = \frac{W_C}{Q_L} \quad \textbf{(2.6)}$$

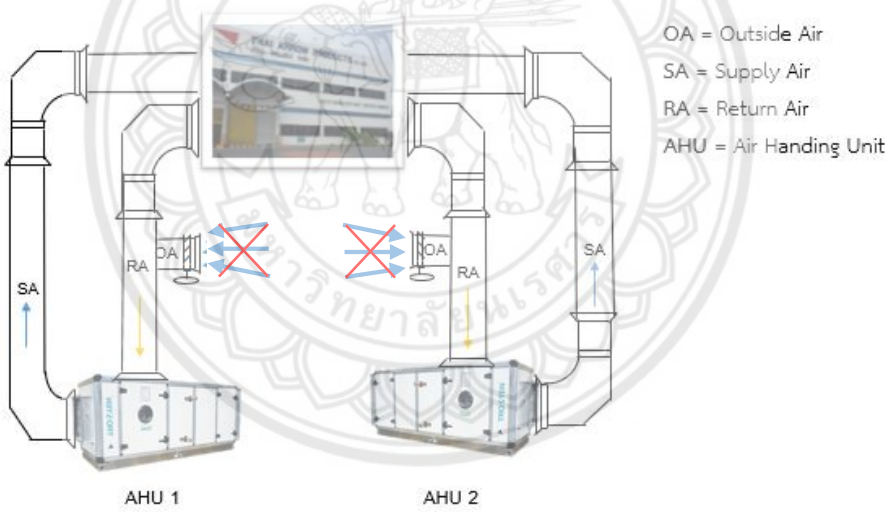
โดยที่ :

ChP = สมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (หน่วย kW/TON)

W_C = กำลังไฟฟ้าที่ตรวจวัด (หน่วย kW)

หมายเหตุ : สมรรถนะตามข้อกฎหมาย (kW/TON) ≤ 1.33 ประกาศกระทรวงพลังงานเรื่องการกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร ณ วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2552 และมีขนาดความสามารถในการทำความเย็นน้อยกว่า 300 ตันความเย็น

2.7.2 สมรรถนะของพัดลมส่งลมเย็น (Air Handing Unit Performance : AhuP) ของระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ



รูปที่ 2.15 แสดงการทำงานของพัดลมส่งลมเย็น

จากรูปที่ 2.15 โดยเราจะทำการหาค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรจากสมการที่ 2.7 เพื่อวิเคราะห์หาค่าสมรรถนะโดยค่าสมรรถนะจะบ่งบอกว่า 1 กิโลวัตต์จะสามารถส่งลมเย็นได้กี่ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงดังสมการที่ 2.8

Law of Fan

$$\frac{W_{F1}}{W_{F2}} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^3 \qquad \textbf{(2.7)}$$

โดยที่ :

W_{F1} = กำลังไฟฟ้าที่ตรวจวัดของพัดลมส่งลมเย็น (หน่วย kW)

W_{F2} = กำลังไฟฟ้าตามพิกัดมีค่าเท่ากับ 15 kW

Q_2= อัตราการไหลเชิงปริมาตรตามพิกัดมีค่าเท่ากับ 32,400 CMH

Q_1= อัตราการไหลเชิงปริมาตรที่ต้องการทราบ (หน่วย CMH)

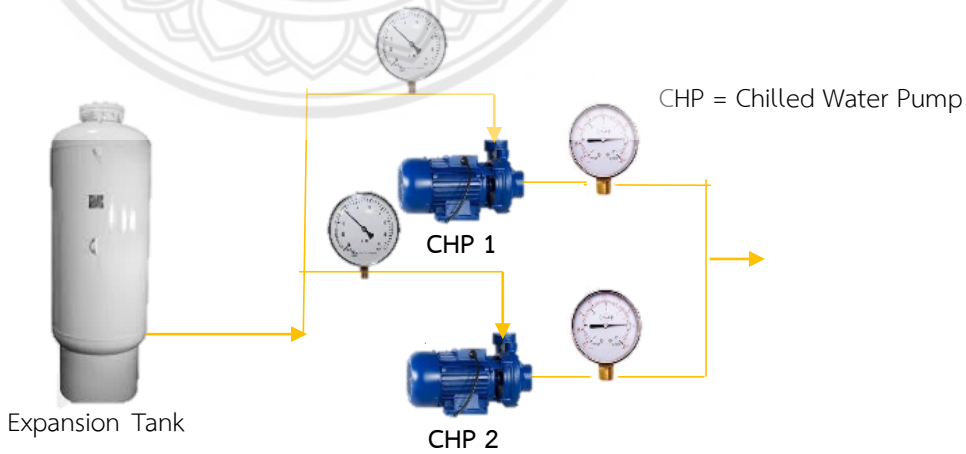
$$AhuP = \frac{Q_1}{W_{F1}} \qquad \textbf{(2.8)}$$

โดยที่ :

AhuP = สมรรถนะพัดลมส่งลมเย็น (หน่วย CMH/kW)

W_{F1} = กำลังไฟฟ้าที่ตรวจวัดของพัดลมส่งลมเย็น (หน่วย kW)

2.7.3 สมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump Performance : ChpP)



รูปที่ 2.16 แสดงการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น

จากรูปที่ 2.16 เครื่องสูบน้ำจะสูบน้ำอุณหภูมิสูงจากถังน้ำขยายตัว (Expansion Tank) เข้าไปแลกเปลี่ยนความร้อนที่อีวาพอเรตอร์ทางท่อ (Chilled Water Return : CHWR)

$$ChpP = \frac{\dot{V}_{CHP}}{W_P} \quad \textbf{(2.9)}$$

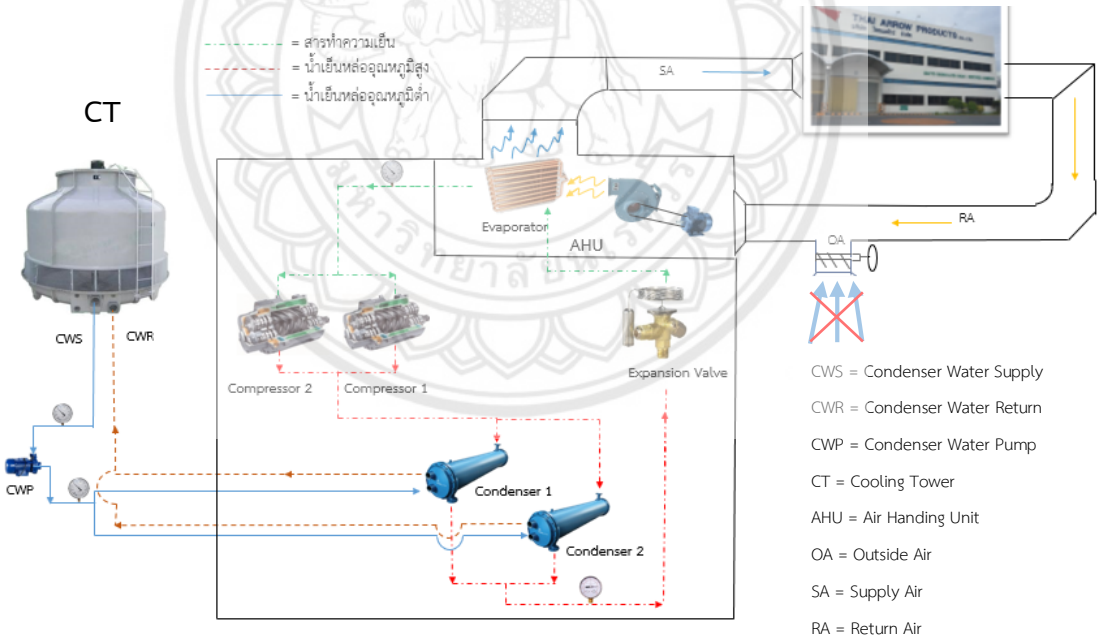
โดยที่ :

ChpP = สมรรถนะเครื่องสูบน้ำ (หน่วย CMH/kW)

$\dot{V}_{CHP}$ = อัตราการไหลเชิงปริมาตรเครื่องสูบน้ำจากการตรวจวัด (หน่วย CMH)

W_P = กำลังไฟฟ้าที่ตรวจวัดของเครื่องสูบน้ำ (หน่วย kW)

2.8 หลักการทำงานระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Package Water Cooled)

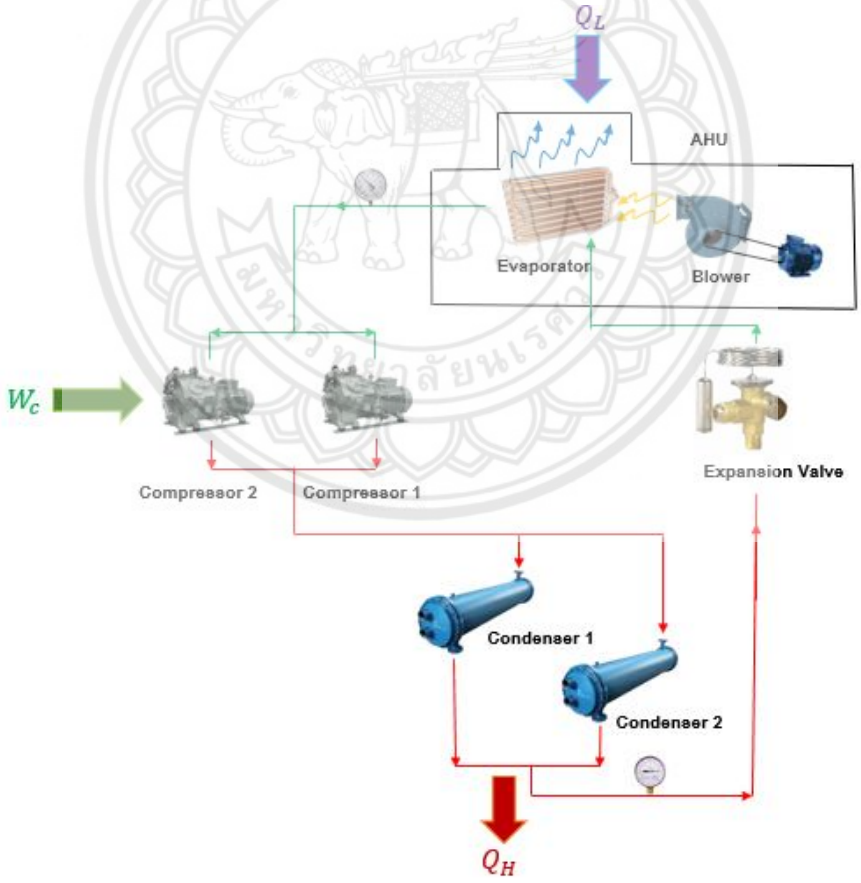


รูปที่ 2.17 วงจรระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ

จากรูปที่ 2.17 มีกระบวนการทำความเย็น 1 ชุด ประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์ 2 เครื่อง โดยคอมเพรสเซอร์จะอัดสารทำความเย็นที่มีความดันสูง อุณหภูมิสูง เข้าไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ ซึ่งระบายความร้อนด้วยน้ำ จากนั้นเข้ามาลดความดันลดอุณหภูมิที่วาล์วลดความดัน

ก่อนที่จะเข้าไประบายความร้อนกับน้ำที่อีวาพอเรเตอร์ ซึ่งเครื่องสูบน้ำจะสูบน้ำอุณหภูมิสูงมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ พัดลมจะดูดอากาศภายในโรงงานมาทางท่ออากาศกลับ (Return Air : RA) โดยอากาศจะเข้ามาแลกเปลี่ยนความร้อนที่อีวาพอเรเตอร์ อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะถูกส่งกลับไปที่โรงงานอีกครั้งทางท่อส่งอากาศ (Supply Air : SA) ซึ่งทางโรงงานมีการออกแบบโดยการนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศกลับภายในโรงงาน เรียกว่า (Outside Air : OA) แต่ทางโรงงานเล็งเห็นว่าอากาศภายนอกมีความชื้นสูง อุณหภูมิสูง ทำให้เกิดภาระของระบบปรับอากาศทางบริษัทจึงทำการปิดแดมเปอร์ลง ในส่วนการระบายความร้อนที่หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower : CT) โดยหอผึ่งน้ำจะดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะถูกเป่าออกน้ำที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้มีอุณภูมิต่ำก่อนจะส่งไปแลกเปลี่ยนความร้อนที่คอนเดนเซอร์

2.8.1 สมรรถนะระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Package Water Cooled Water Chiller Performance : ChP)



รูปที่ 2.18 แสดงการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

จากรูปที่ 2.18 การตรวจวัดความดันด้านสูงและความดันด้านต่ำเพื่อเปิดหาค่า เอนทัลปี แต่ละจุดใน แผนภาพ P-h จากรูปที่ 2.7 และนำมาหาความสามารถการทำความเย็น (COP) ดังสมการ 2.10 จากนั้นนำค่ามาวิเคราะห์หาค่าสมรรถนะโดยสมรรถนะจะบ่งบอกถึง 1 ตันความเย็นใช้พลังงานไฟฟ้ากี่กิโลวัตต์ โดยจะคำนวณหาสมรรถนะได้ดังสมการ 2.11

$$ChP = \frac{3.52}{COP} \quad \textbf{(2.10)}$$

โดยที่ :

ChP = สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (kW/TON)

COP = ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

$$COP = \frac{Q_L}{W_C} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad \textbf{(2.11)}$$

โดยที่ :

h_1 = เอนทาปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัด (หน่วย kJ/kg)

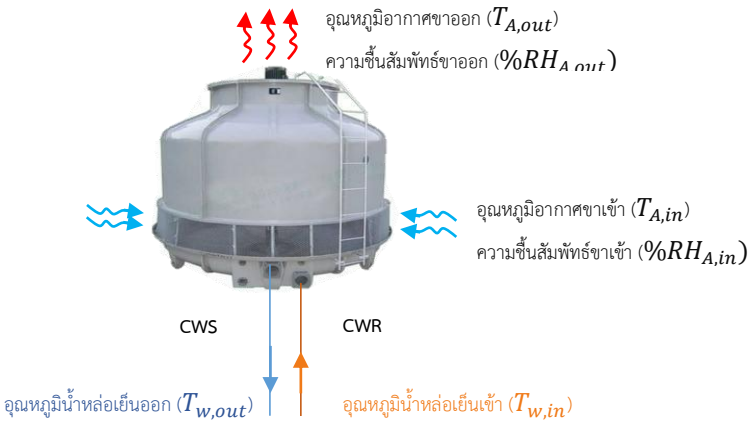
h_2 = เอนทาปีของสารทำคาวมเย็นออกจากเครื่องอัด (หน่วย kJ/kg)

h_4 = เอนทาปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ (หน่วย kJ/kg)

W_C = งานที่คอมเพรสเซอร์ (หน่วย kJ/kg)

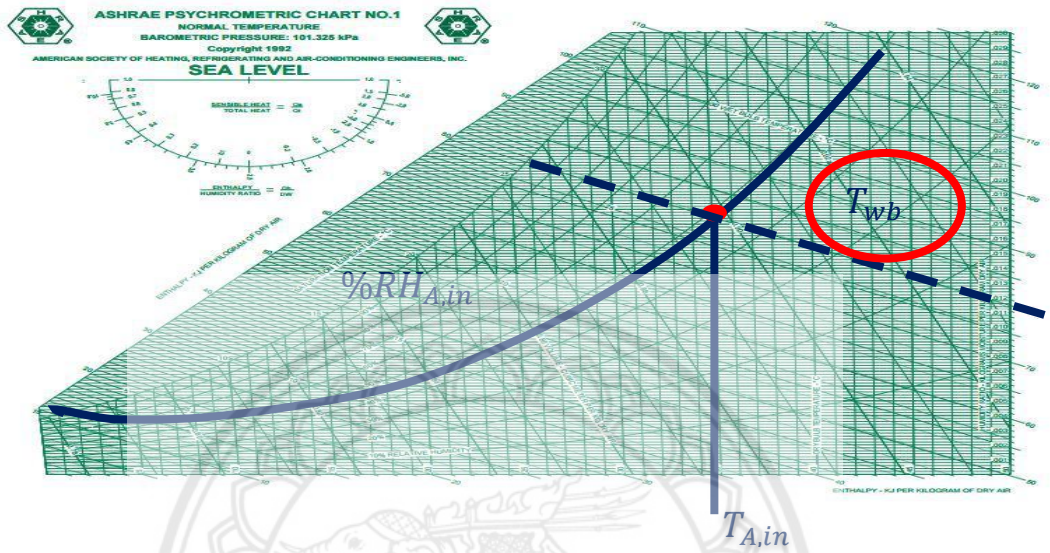
Q_L = ความสามารถในการทำความเย็น (หน่วย kJ/kg)

2.8.2 สมรรถนะหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower Performance : η_{CT})



รูปที่ 2.19 แสดงการทำงานของหอผึ่งน้ำ

จากรูปที่ 2.19 เราจะทำการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศขาเข้าหอผึ่งน้ำเพื่อไปเปิดแผนภาพ Psychrometric Chart ดังรูป 2.20 เพื่อจะทราบอุณหภูมิกระเปาะเปียก ซึ่งจะวิเคราะห์หาค่าสมรรถนะดังสมการ 2.12



รูปที่ 2.20 แสดงการหาค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกจาก Psychrometric Chart

$$\eta_{CT} = \frac{T_{W,in}-T_{W,out}}{T_{W,in}-T_{wb}} \qquad \textbf{(2.12)}$$

โดยที่ :

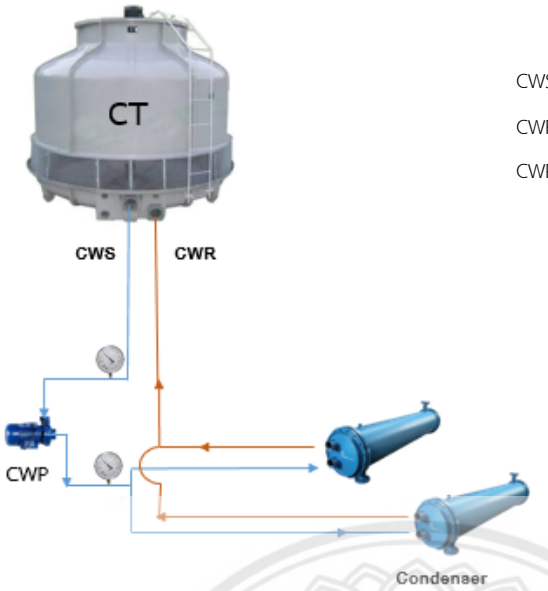
η_{CT} = สมรรถนะ

$T_{W,in}$ = อุณหภูมิน้ำเข้า (หน่วย˚C)

$T_{W,out}$ = อุณหภูมิน้ำออก (หน่วย˚C)

T_{wb} = อุณหภูมิกระเปาะเปียก (หน่วย˚C)

2.8.3 สมรรถนะเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump Performance: CwpP)



CWS = Condenser Water Supply

CWR = Condenser Water Return

CWP = Condenser Water Pump

รูปที่ 2.21 แสดงการทำงานของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น

จากรูปที่ 2.21 เราจะทำการหาค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นจากสมการ 2.14 เพื่อวิเคราะห์ค่าสมรรถนะจากสมการ 2.15 โดยค่าสมรรถนะจะบ่งบอกถึง 1 กิโลวัตต์จะสามารถส่งน้ำได้กี่ลูกบาศก์เมตร

$$CwpP = \frac{\dot{V}_{CWP}}{W_{CWP}} \qquad \textbf{(2.13)}$$

โดยที่ :

CwpP = สมรรถนะเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (หน่วย CMH/kW)

$\dot{V}_{CWP}$= อัตราการไหลเชิงปริมาตร (หน่วย CMH)

W_{CWP} = กำลังไฟฟ้าที่ตรวจวัด (หน่วย kW)

พิจารณาหาอัตราการไหลของสารทำความเย็น ($\dot{m}_r$)

$$\dot{m}_r = \frac{W_C}{h_2 - h_1} \qquad \textbf{(2.14)}$$

โดยที่

$\dot{m}_r$ = อัตราการไหลของสารทำความเย็น (หน่วย kg/s)

W_C = กำลังไฟฟ้าที่ตรวจวัดโดยตรงจากคอมเพรสเซอร์ (หน่วย kW)

h_1 = เอนทัลปีของสารทำความเย็นทางเข้าคอมเพรสเซอร์ (หน่วย kJ/kg)

h_2 = เอนทัลปีของสารทำความเย็นทางออกคอมเพรสเซอร์ (หน่วย kJ/kg)

พิจารณาหาความร้อนที่ถูกถ่ายเทสู่บรรยากาศ ($\dot{Q}_{Hr}$)

$$\dot{Q}_{Hr}=\dot{m}_r(h_2-h_3) \quad \textbf{(2.15)}$$

โดยที่

h_3 = เอนทัลปีของสารทำความเย็นออกจากคอนเดนเซอร์ (หน่วย kJ/kg)

$\dot{Q}_{Hr}$ = ความร้อนที่ถูกถ่ายเทสู่บรรยากาศ (หน่วย kW)

สารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์จะระบายความร้อนให้กับน้ำหล่อเย็นโดยที่ค่าการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นออกจากคอนเดนเซอร์พิจารณาให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนที่น้ำหล่อเย็นรับ ($\dot{Q}_{Hr}=\dot{Q}_{Hcw}$)

พิจารณาหาอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น ($\dot{m}_{CW}$)

$$\dot{m}_{CW}=\frac{\dot{Q}_{Hcw}}{C_p\Delta T} \quad \textbf{(2.16)}$$

โดยที่ :

$\dot{m}_{CW}$ = อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น (หน่วย kg/s)

C_p = ค่าความจุความร้อนของน้ำ (หน่วย kJ/kg-K)

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำออกคูลลิ่งทาวเวอร์ (หน่วย °F)

พิจารณาหาอัตราการไหลเชิงปริมาตร ($\dot{V}_{CWP}$)

$$\dot{V}_{CWP}=\frac{\dot{m}_{CW}}{\rho} \quad \textbf{(2.17)}$$

โดยที่ :

$\dot{m}_{cw}$ = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (หน่วย kg/s)

ρ = ปริมาตรจำเพาะของน้ำมีค่าเท่ากับ 1,000 kg/m^3

*หมายเหตุ 1 ชั่วโมง เท่ากับ 3,600 วินาที

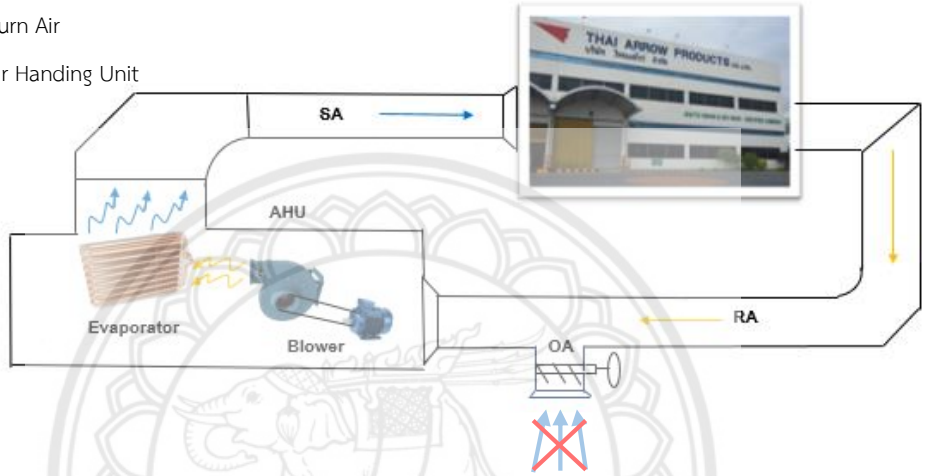
2.8.4 สมรรถนะของพัดลมส่งลมเย็น (Air Handing Unit Performance : AhuP) ของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

OA = Outside Air

SA = Supply Air

RA = Return Air

AHU = Air Handing Unit



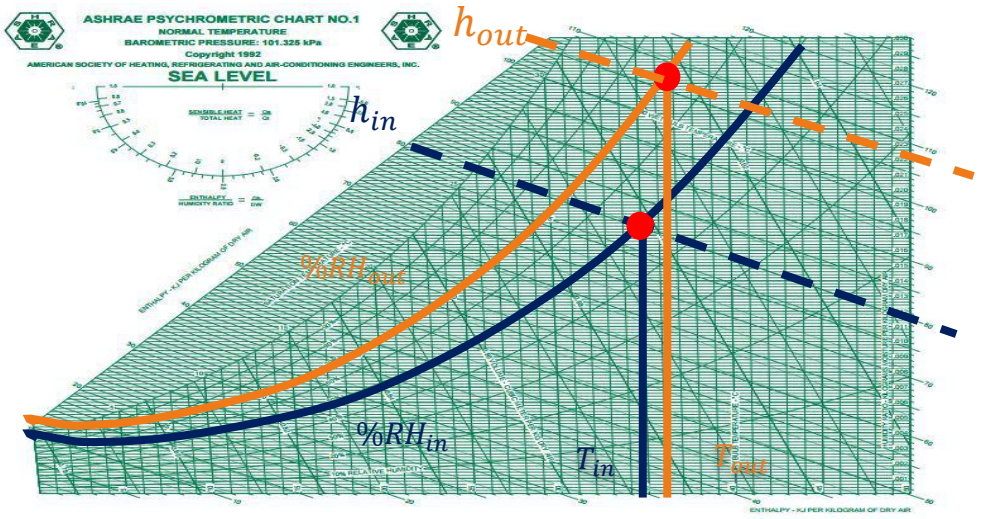
รูปที่ 2.22 แสดงการทำงานของ AHU

จากรูปที่ 2.22 โดยจะทำการหาค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรจากสมการที่ 2.7 เพื่อวิเคราะห์หาค่าสมรรถนะโดยค่าสมรรถนะจะบ่งบอกว่า 1 กิโลวัตต์จะสามารถส่งลมเย็นได้กี่ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงดังสมการที่ 2.8

2.9 การวิเคราะห์หาการลดอัตราการรั่วไหลของม่านประตูพลาสติก

รูปที่ 2.23 ตรวจวัดความเร็วลม ความชื้น และความเร็วลมบริเวณประตูม่านพลาสติก

จากรูปที่ 2.23 เราได้ทำการตรวจวัดความเร็วลม ความชื้น และความเร็วลมบริเวณประตูม่านพลาสติกทั้งด้านนอกและด้านในโรงงาน



h_{out} = เอนทัลปีภายนอกพื้นที่ปรับอากาศบริเวณประตูม่านพลาสติก

h_{in} = เอนทัลปีภายในพื้นที่ปรับอากาศบริเวณประตูม่านพลาสติก

$\%RH_{out}$ = ความชื้นภายนอกพื้นที่ปรับอากาศบริเวณประตูม่านพลาสติก

$\%RH_{in}$ = ความชื้นภายในพื้นที่ปรับอากาศบริเวณประตูม่านพลาสติก

T_{in} = อุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศบริเวณประตูม่านพลาสติก

T_{out} = อุณหภูมิภายนอกพื้นที่ปรับอากาศบริเวณประตูม่านพลาสติก

รูปที่ 2.24 แสดงการหาค่าเอนทัลปีด้านนอกและเอนทัลปีด้านในของประตูม่านพลาสติกจาก Psychrometric Chart

จากรูปที่ 2.24 โดยเราจะตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นบริเวณพื้นที่ปรับอากาศของม่านประตูพลาสติกแล้วมาพิจารณา Psychrometric Chart หาค่าเอนทัลปีภายในและภายนอกพื้นที่ปรับอากาศ

$$\dot{Q}=(\dot{m}_a)(h_{out}-h_{in}) \qquad (2.18)$$

โดยที่

$\dot{Q}$= พลังงานความร้อน (หน่วย kW_{th})

h_o = เอนทัลปีภายนอกประตูม่านพลาสติก (หน่วย kJ/kg)

h_i = เอนทัลปีภายในประตูม่านพลาสติก (หน่วย kJ/kg)

$$\dot{m}_a = \frac{AV}{v} \quad (2.19)$$

โดยที่

$\dot{m}_a$ = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (หน่วย kg/s)

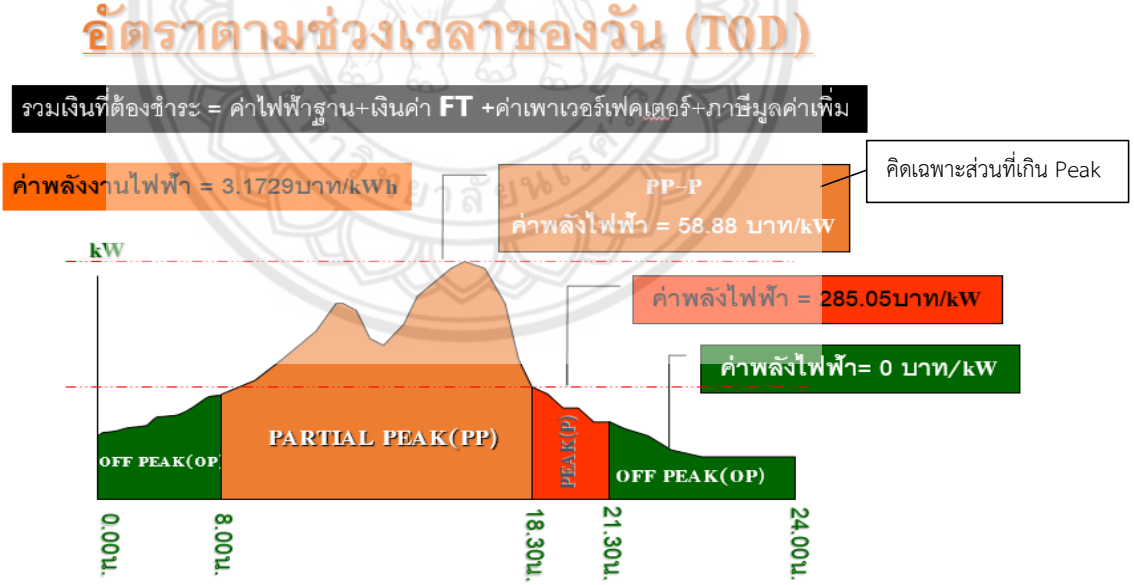
V = ความเร็วลม (หน่วย m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดประตู (หน่วย m^2)

v=ปริมาตรจำเพาะ (หน่วย m^3/kg)

2.10 การคำนวณค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

แผนโยบายการกำหนดโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของประเทศไทย เริ่มตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน 2558 เป็นต้นไป จำแนกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็น 8 ประเภทคือ 1. บ้านอยู่อาศัย 2 .กิจการขนาดเล็ก 3. กิจการขนาดกลาง 4. กิจการขนาดใหญ่ 5. กิจการเฉพาะอย่าง 6. องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร 7. กิจการสูบน้ำเพื่อการเกษตร และ 8. ผู้ใช้ไฟฟ้าชั่วคราว สำหรับการคำนวณค่าไฟฟ้าของบริษัทจัดเป็นกิจการขนาดใหญ่หรือ Time of Day : TOD



รูปที่ 2.25 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าตามช่วงเวลาและอัตราการค่าใช้บริการของ ช่วงเวลาแบบ TOD

ในที่นี้บริษัทผลิตชุดสายไฟในรถยนต์แห่งหนึ่ง จังหวัดพิษณุโลก อยู่ในประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ ขนาดแรงดันอยู่ในช่วง 22-33 kV ใช้อัตราการคำนวณตามช่วงเวลาของวัน (Time of day tariff: TOD) ดังแสดงรูปที่ 2.25

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า: แบบอัตราตามช่วงเวลาของวัน ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ละเดือนคือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็น kW เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On peak และช่วงเวลา Partial peak เฉพาะส่วนที่เกินจากช่วงเวลา On peak ในรอบเดือน 2 แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ละเดือนคือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็น kW เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On peak ในรอบเดือน ถ้าเศษของ kW ไม่ถึง 0.5 kW ให้ตัดทิ้ง ถ้ามีค่าตั้งแต่ 0.5 kW ขึ้นไป ให้คิดเป็น 1 kW

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด: ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่า 70% ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

ค่าตัวประกอบกำลัง: สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีตัวประกอบกำลังล้าหลัง ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้าจินตภาพเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็น kVAR เกินกว่า 61.97% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าจริงเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็น kW แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังในอัตรา kVAR ละ 56.07 บาท

สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น ถ้าเศษของ kVAR ไม่ถึง 0.5 kVAR ให้ตัดทิ้ง ถ้ามีค่าตั้งแต่ 0.5 kVAR ขึ้นไปให้คิดเป็น 1 kVAR

2.11 การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า

การวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าจะวัดกำลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ และคิดช่วงเวลาเป็นชั่วโมง ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าจึงวัดได้เป็น kWh (กิโลวัตต์ – ชั่วโมง) หรือเรียกว่า หน่วยหรือยูนิต

เนื่องจากกำลังไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์เท่ากับ 1,000 วัตต์ ดังนั้น ถ้าใช้พลังงานไฟฟ้าไป 1 kWh จึงหมายถึง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าไป 1,000 วัตต์ เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง

สมการหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้ต่อปี (Energy Use : EU)

$$EU = P \times Hr \times D \qquad \textbf{(2.20)}$$

โดยที่ :

EU = พลังงานไฟฟ้า (หน่วย kWh/ปี)

P = กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (หน่วย kW)

Hr = ชั่วโมงการทำงานต่อวัน (หน่วย ชั่วโมง/ปี)

D = วันทำงานต่อปี (หน่วย วัน/ปี)

สมการหาค่าใช้จ่ายที่ใช้ต่อปี (Cost Use : CU)

$$CU=EU\times CE \quad (2.21)$$

โดยที่ :

CU = ค่าใช้จ่ายที่ใช้ต่อปี (บาท)

CE = ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.173 บาท/kWh ตามรายงานการจัดการด้านพลังงานของบริษัทปี 2560

ระยะเวลาการคืนทุน (payback period : PB หน่วย ปี)

$$PB=\frac{I}{CE} \quad (2.22)$$

โดยที่ :

PB = ระยะเวลาคืนทุน (หน่วย ปี)

I = มูลค่าการลงทุน (หน่วย บาท)

2.12 ก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซที่เป็นองค์ประกอบของบรรยากาศโลกห่อหุ้มโลกไว้เสมือนเรือนกระจก ก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิของโลกให้คงที่ ซึ่งอาจแบ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกตามธรรมชาติและก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม โดยองค์ประกอบที่สำคัญของก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO2), มีเทน (CH4), ไนตรัสออกไซด์ (N2O), ซีเอฟซี (CFCs), ไฮโดรฟลูโรคาร์บอนคาร์บอน (HFCs), เพอร์ฟลูโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออร์ไรด์ (SF6)

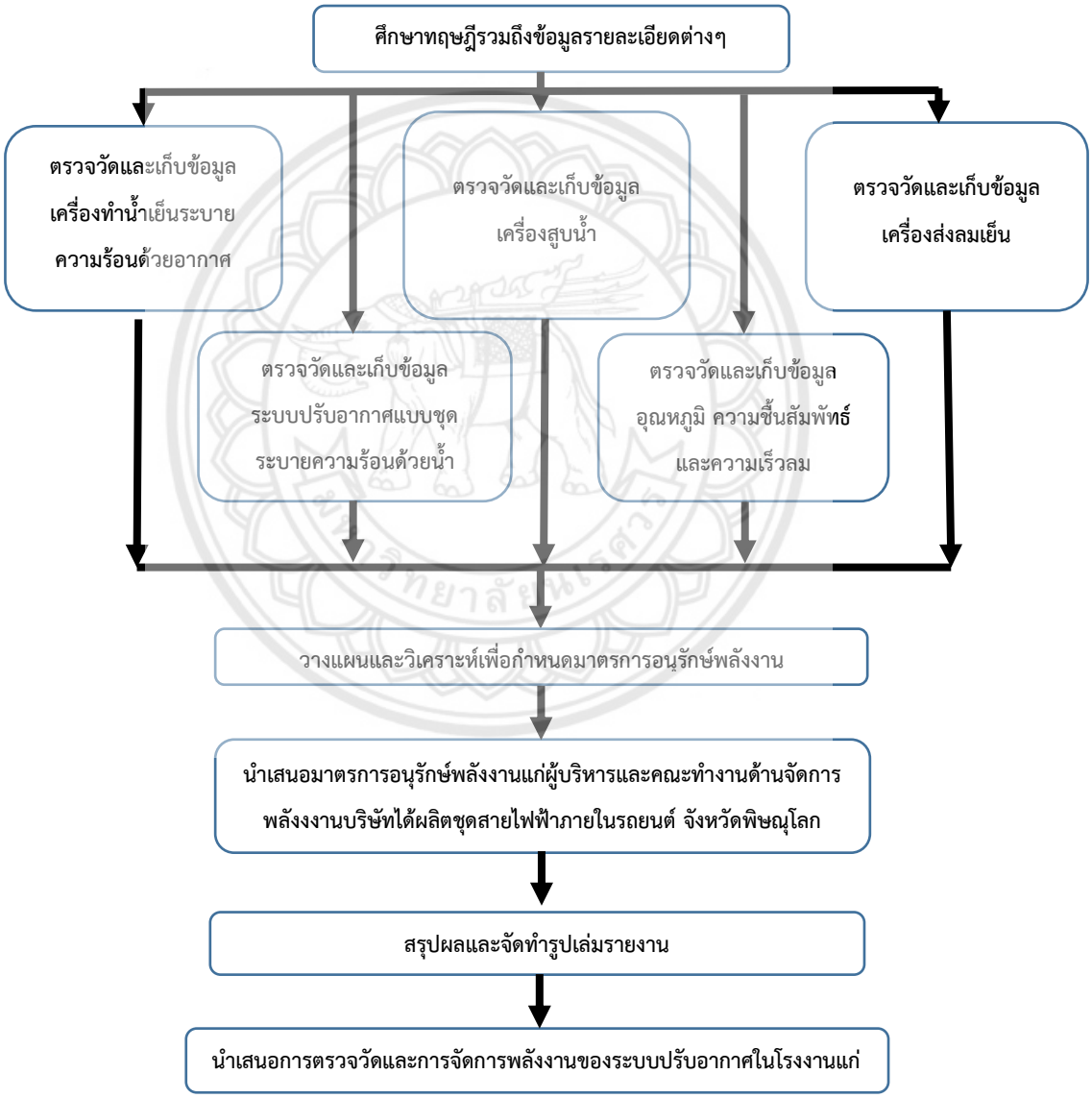
$$1\ \text{kWh} = 0.5610\ \text{kg}CO_2 \quad (2.23)$$

COP 21 (Conference of Parties) เป็นการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ *21* โดยในการประเมินการแสดงเจตจำนงของแต่ละประเทศจะมีการทบทวนทุก *5* ปี ซึ่งสำหรับของประเทศไทยนั้นมีเป้าหมายว่าจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ ร้อยละ *22-25* ในปี 2573 ซึ่งคาดการณ์แล้วว่า ประเทศไทยจะปล่อยก๊าซเรือนกระจก *555*

ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นประเทศไทยจะต้องพยายามลดการปล่อยลงให้ได้ 111-139 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในปี 2573

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

คณะจัดทำได้ดำเนินงานดำเนินงานตามระบบการจัดการพลังงานตามขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 5 ของกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพการดำเนินงาน

3.1 เครื่องมือวัด

ในการตรวจวัดเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Package) และระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package) มีการใช้เครื่องมือวัดทั้งหมด 4 เครื่อง

3.1.1 แคมป์มิเตอร์ (clamp meter)

เป็นเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าดังรูปที่ 3.2 โดยใช้หลักการของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าคือจะทำหน้าที่ตรวจจับสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบริเวณรอบสายไฟ แล้วนำสัญญาณที่ได้ส่งผ่านไปยังวงจรต่างๆ แล้วส่วนสุดท้ายคือส่งไปยังหน้าจอแสดงผล

รูปที่ 3.2 แคลมป์มิเตอร์ (clamp meter)

ที่มา : http://kyoritsu-thailand.net/

3.1.2 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด (Infrared Thermometer)

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิโดยวัดพลังงานที่ปล่อยออกของวัตถุจะแสดงผลของอุณหภูมิทางหน้าจอดิจิตอลดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด (Infrared Thermometer)

ที่มา : https://www.ponpe.com/infrared-thermometer/amf005-detail.html

3.1.3 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (Hygrometer)

เป็นเครื่องมือที่วัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยในการวัดอุณหภูมิจะวัดได้ 2 หน่วย คือ องศาเซลเซียส (°C) และองศาฟาเรนไฮน์ (°F) ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (Hygrometer)

ที่มา : http://www.voake.com/

3.1.4 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความเร็มลมโดยหลักการของเครื่องนี้คือ เมื่อลมเคลื่อนที่ผ่านเครื่องนี้ ใบพัดของเครื่องจะหมุนและจากนั้นอัตราการไหลของอากาศจะแสดงผลยังหน้าจอดิจิตอลของเครื่อง ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

ที่มา : https://www.ponpe.com

3.2 การตรวจวัด

3.2.1 การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศจะตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเข้าอุณหภูมิน้ำออกโดยการตรวจวัดจากเครื่องและกำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลของน้ำเย็นนำค่าการตรวจวัดจากบริษัท DAIKIN AIR ดังรูป 3.6

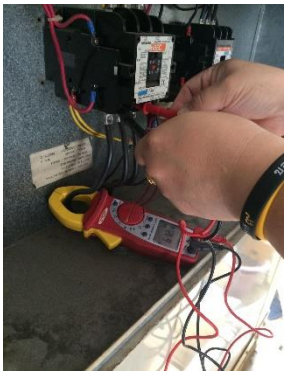
รูปที่ 3.6 การตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเข้าอุณหภูมิน้ำออก

3.2.2 การตรวจวัดพัดลมส่งลมเย็น (AHU)

การตรวจวัดพัดลมส่งลมเย็นทำการตรวจวัดใน 2 ระบบ คือ ระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศและระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยจะทำการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าโดยใช้แคมป์มิเตอร์ดังรูปที่ 3.7 และตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศ

(ก) วัดกระแสไฟฟ้า

(ข) วัดแรงดันไฟฟ้า



(ค) วัดกำลังไฟฟ้า

รูปที่ 3.7 การตรวจวัดกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของพัดลมส่งลมเย็น

3.2.3 การตรวจวัดเครื่องสูบน้ำ

การตรวจวัดเครื่องสูบน้ำจะทำการตรวจวัดเครื่องสูบน้ำทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศและระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ จะทำการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าโดยดูจากตู้ควบคุมเครื่องสูบน้ำและตรวจวัดอัตราการไหล

3.2.4 การตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

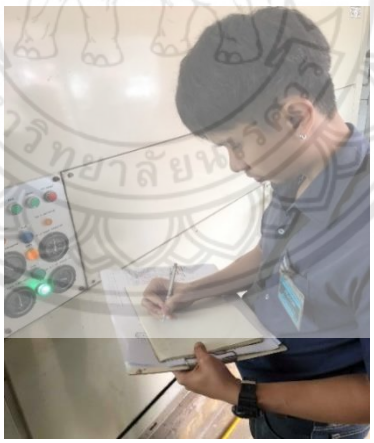
การตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำจะทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเข้าและอุณหูมิน้ำออกโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด (Infrared Thermometer) โดยมีภาพการตรวจวัดดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 การตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำ

ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นทั้งทางเข้าและทางออกโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (Hygrometer) โดยมีภาพการตรวจวัดดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศขาเข้าและขาออก

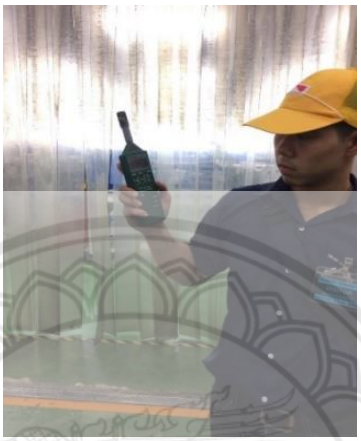
ตรวจวัดความดันด้านสูงและความดันด้านต่ำโดยตรวจวัดจากเกจความดัน โดยมีภาพการตรวจวัดดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การตรวจวัดความดันด้านสูงและความดันด้านต่ำ

3.2.5 การตรวจวัดอุณหภูมิ ความเร็วลมและความชื้น ด้านในและด้านนอกอาคารส่วนผลิต

การตรวจวัดอุณหภูมิ ความเร็วลมและความชื้น ด้านในอาคารส่วนผลิตและด้านนอกอาคารส่วนผลิตทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (Hygrometer) โดยมีภาพการตรวจวัดดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นด้านในและด้านนอกอาคารส่วนผลิต

ทำการตรวจวัดความเร็วลมโดยใช้ใช้เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) โดยทำการวัดความเร็วลมด้านในอาคารส่วนผลิตและด้านนอกอาคารส่วนผลิต โดยมีภาพการตรวจวัดดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 การตรวจวัดความเร็วลม

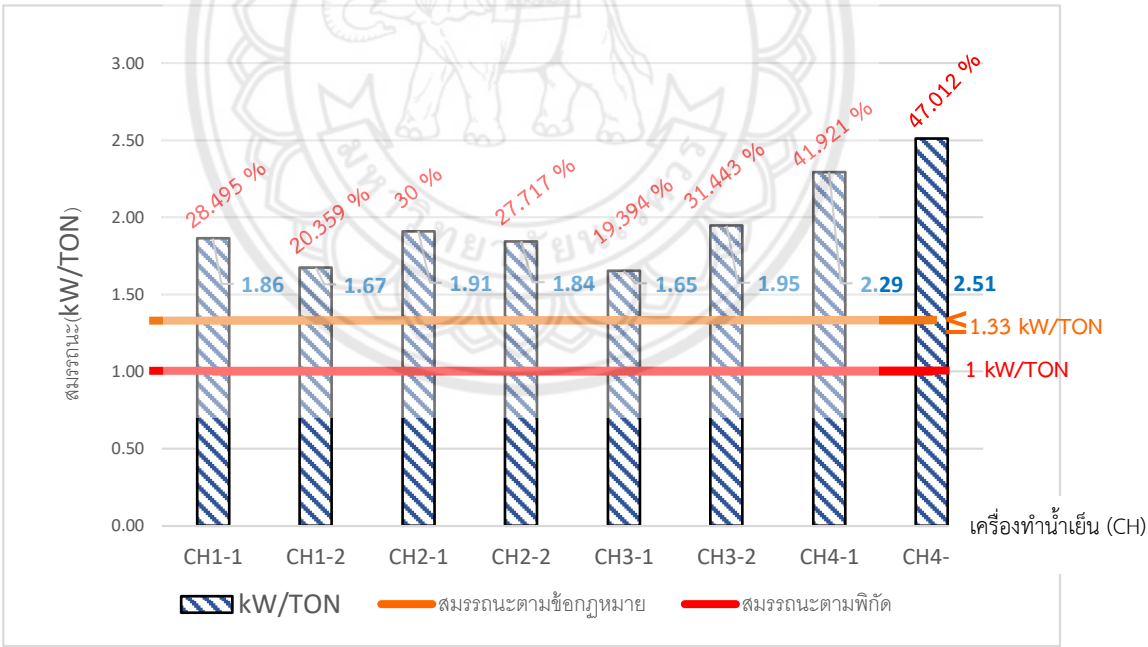
บทที่ 4
การดำเนินงานและวิเคราะห์ผล

จากการดำเนินการตรวจวัดสมรรถนะของระบบปรับอากาศและเครื่องจักรต่างๆ ในระบบปรับอากาศภายในโรงงาน จะเห็นได้ว่าระบบปรับอากาศของทางโรงงานแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ประกอบด้วย ระบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศและเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ ได้ผลการดำเนินงานและสมรรถนะดังนี้

4.1 สมรรถนะระบบปรับอากาศทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ

ในระบบนี้มีการตรวจวัดสมรรถนะของเครื่องจักรทั้งหมด 3 เครื่อง คือ เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ เครื่องสูบน้ำเย็นและเครื่องส่งลมเย็น

4.1.1 สมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (ChP)

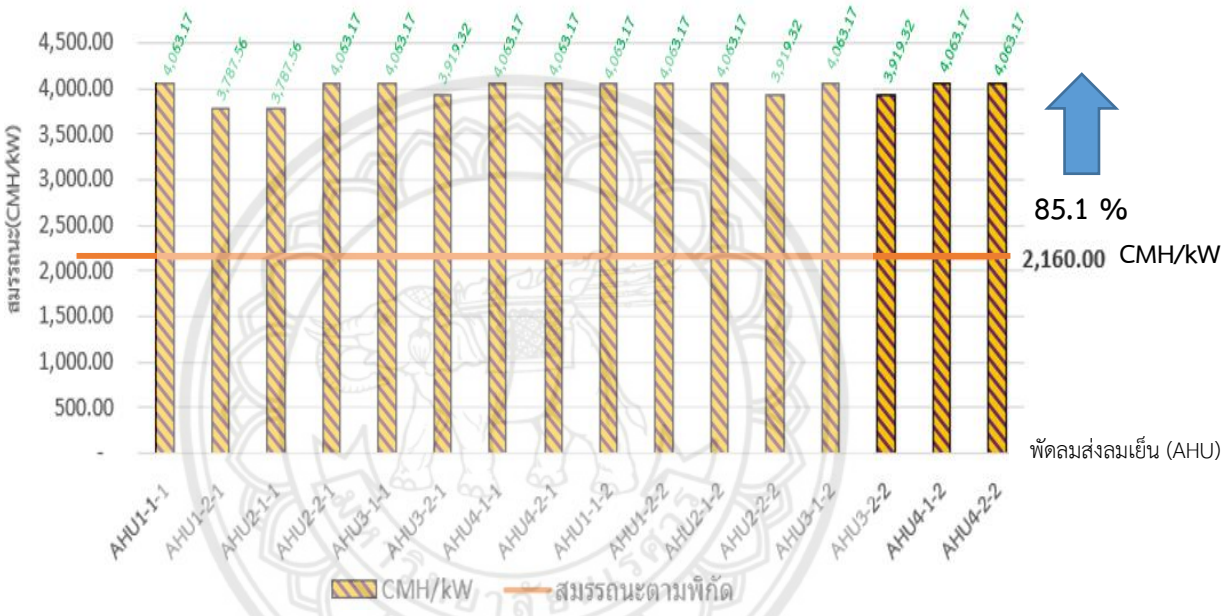


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

จากรูปที่ 4.1 พิกัดสมรรถนะของทั้ง 8 เครื่อง 1 TON ใช้กำลังไฟฟ้า 1 kW ซึ่งมีสมรรถนะดีกว่าสมรรถนะตามข้อกฎหมายกำหนดโดยสมรรถนะตามข้อกฎหมายกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำนั้นมีค่า 1 TON ใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกิน 1.33 kW จากการตรวจวัดและวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น

แต่ละเครื่อง พบว่ามีสมรรถนะสูงเกินกว่าข้อกฎหมายทุกเครื่อง ซึ่งสมรรถนะที่ดีนั้นไม่ควรเกินข้อกฎหมายกำหนด จะเห็นได้ว่าสมรรถนะมีค่าเกินกว่ากฎหมายกำหนดตั้งแต่ร้อยละ 19.394 - 47.012 โดย CH4-2 มีสมรรถนะการทำความเย็น 1 TON ใช้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดถึงร้อยละ 47.012 และ CH3-1 มีค่าสมรรถนะการทำความเย็น 1 TON ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำสุดเพียงร้อยละ 19.394 สาเหตุที่สมรรถนะต่ำอาจจะเกิดจากเครื่องทำน้ำเย็นมีอายุการใช้งาน 10 ปี

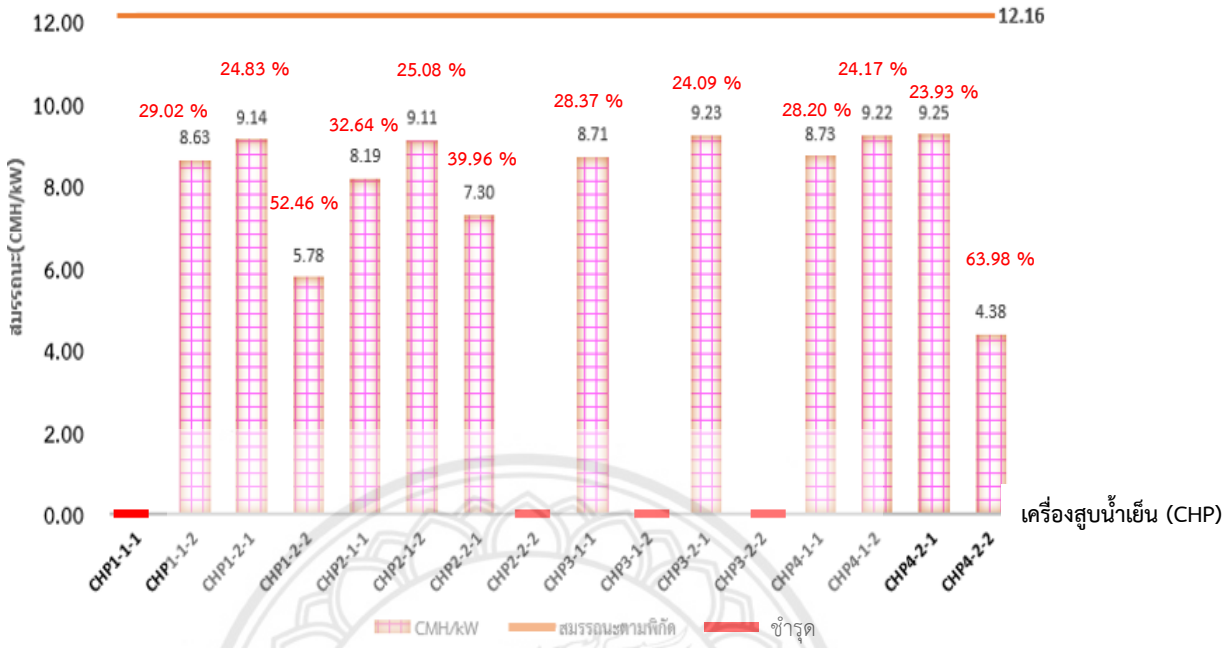
4.1.2 สมรรถนะเครื่องส่งลมเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (AhuP)



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงสมรรถนะพัดลมส่งลมเย็น

จากรูปที่ 4.2 พิกัดสมรรถนะของเครื่องส่งลมเย็นทั้ง 16 เครื่อง มีค่าเท่ากับ 2,160.00 CMH/kW จากการตรวจวัดและวิเคราะห์พบว่าสมรรถนะการส่งลมเย็นของเครื่องส่งลมเย็นมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ที่ 4,063.17 CMH/kW ซึ่งมีค่าสูงกว่าสมรรถนะของพิกัดถึงร้อยละ 85.1 สาเหตุเพราะว่าทางโรงงานมีการปรับเปลี่ยนขนาดของพูเลย์ เพื่อปรับการส่งลมเย็นให้เข้ากับสภาพในการทำงาน

4.1.3 สมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (ChpP)



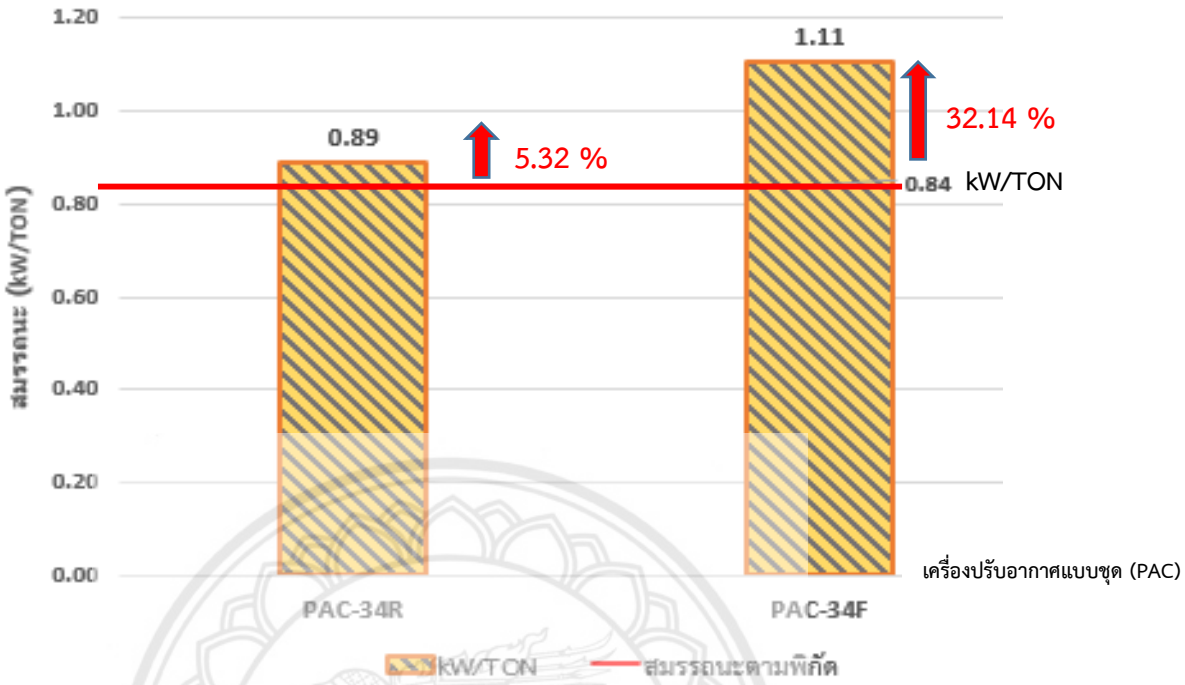
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงสมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็น

จากรูปที่ 4.3 เครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละเครื่องนั้นจะประกอบไปด้วยเครื่องสูบน้ำเย็น จำนวน 2 ชุด รวม 16 เครื่อง ชำรุด 4 เครื่อง ได้แก่ CHP 1-1-1, CHP 2-2-2 , CHP 3-1-2 , CHP 3-2-2 ค่าพิกัดสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำเย็นมีค่าเท่ากับ 12.16 CMH/kW จากการตรวจวัดและวิเคราะห์พบว่าค่าสมรรถนะมีค่าต่ำกว่าพิกัดคิดเป็นร้อยละ 63.98 – 24.09 เมื่อเทียบกับสมรรถนะของพิกัด สาเหตุที่ค่าสมรรถนะต่ำกว่าค่าพิกัดนั้นอาจเกิดจากเครื่องสูบน้ำเย็นมีอายุการใช้งานมา 10 ปี

4.2 สมรรถนะระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ในระบบนี้มีการตรวจวัดสมรรถนะของเครื่องจักรทั้งหมด 4 เครื่อง คือ ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ เครื่องส่งลมเย็น เครื่องสูบน้ำ และหอผึ่งน้ำ

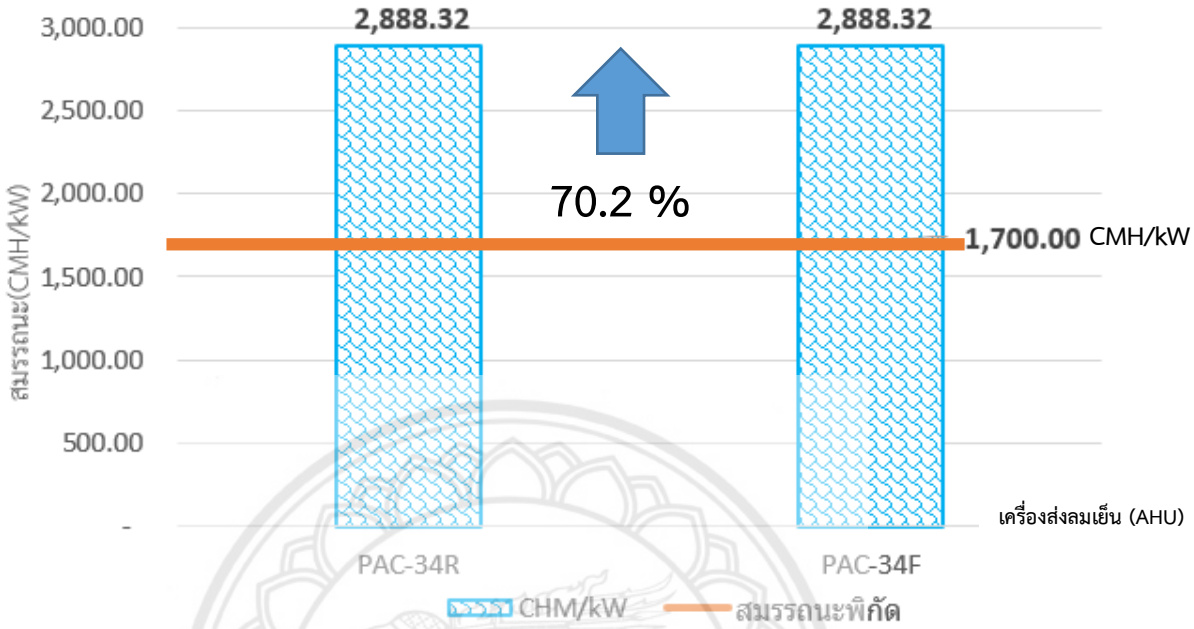
4.2.1 ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (ChP)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงสมรรถของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

จากรูปที่ 4.4 ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำมี 2 ชุด ซึ่งพิกัดสมรรถนะของมีค่าเท่ากับ 0.84 kW/TON จากการตรวจวัดและวิเคราะห์พบว่า สมรรถนะของทั้ง 2 เครื่อง 1 TON มีการใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่า 0.84 kW โดยเครื่อง PAC-34F มีสมรรถนะ 1.11 kW/TON คิดเป็นร้อยละ 32.14 เมื่อเทียบกับสมรรถนะพิกัด และ เครื่อง PAC-34R มีสมรรถนะ 0.89 kW/TON คิดเป็นร้อยละ 5.32 เมื่อเทียบกับสมรรถนะพิกัด สาเหตุที่สมรรถนะสูงกว่าสมรรถนะพิกัดนั้นอาจจะเกิดจากในคอยล์ร้อนมีตะกรันตามท่อเป็นจำนวนมากทำให้การระบายความร้อนของคอลย์ร้อนไม่ดีเท่าที่ควร

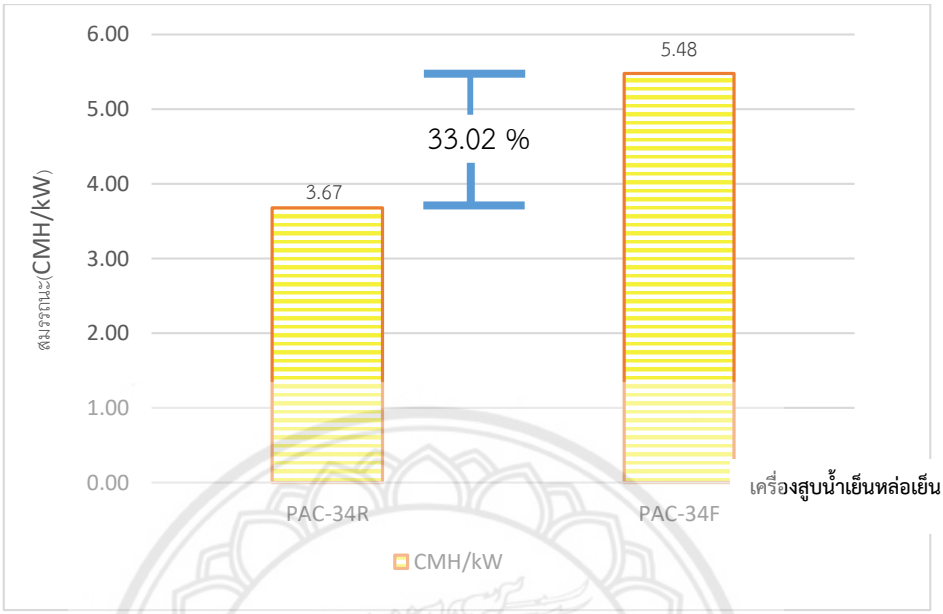
4.2.2 สมรรถนะเครื่องส่งลมเย็นของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (AhuP)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงสมรรถนะพัดลมส่งลมเย็น

จากรูปที่ 4.5 สมรรถนะพิกัดของเครื่องส่งลมเย็นเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำทั้ง 2 เครื่อง มีค่าเท่ากับ 1,700.00 CMH/kW จากการตรวจวัดและวิเคราะห์พบว่าสมรรถนะการส่งลมเย็นของเครื่องส่งลมเย็นมีค่าเท่ากันอยู่ที่ 2,888.32 CMH/kW ซึ่งมีค่าสูงกว่าสมรรถนะของพิกัดถึงร้อยละ 70.2 เนื่องจากทางโรงงานอาจจะมีการปรับเปลี่ยนขนาดของพูเลย์ เพื่อปรับการส่งลมเย็นให้เข้ากับสภาพในการทำงาน

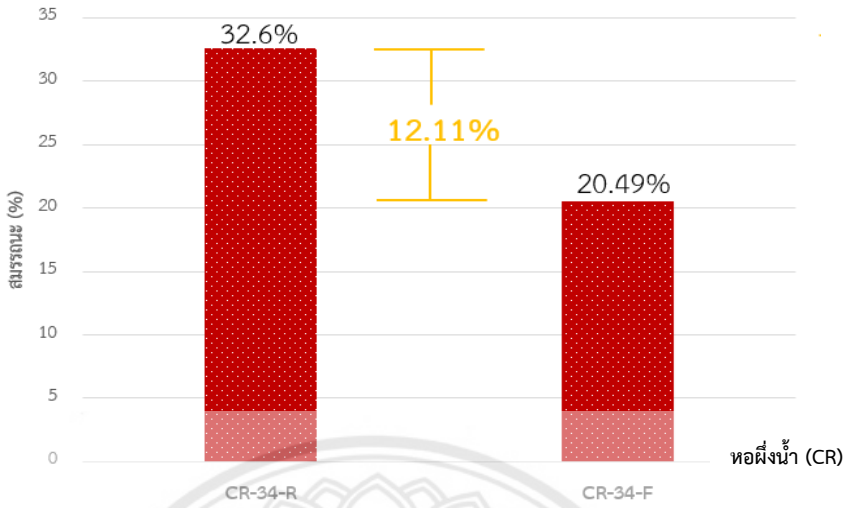
4.2.3 สมรรถนะเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (CwpP)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงสมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็นหล่อเย็น

จากรูปที่ 4.6 เครื่องสูบน้ำเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำมีทั้งหมด 2 ชุด ในที่นี้ทางโรงงานไม่มีข้อมูลพิกัดสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น จึงทำการเปรียบเทียบทั้ง 2 เครื่อง จากการตรวจวัดและวิเคราะห์พบว่าสมรรถนะเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นแต่ละเครื่องมีค่าต่างกัน จะสังเกตเห็นว่าเครื่องสูบน้ำเย็นเครื่อง PAC-34F มีสมรรถนะ 5.48 CMH/kW และเครื่อง PAC-34R มีสมรรถนะ 3.67 CMH/kW เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 เครื่อง มีสมรรถนะต่างกันถึงร้อยละ 33.02 สาเหตุที่สมรรถนะต่ำอาจเกิดจากเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นมีอายุการใช้งานมานาน

4.2.4 สมรรถนะหอผึ่งน้ำของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (η_{CT})



รูปที่ 4.7 กราฟสมรรถนะของหอผึ่งน้ำเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

จากรูปที่ 4.7 หอผึ่งน้ำของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำมีทั้งหมด 2 เครื่อง ในที่นี้ทางโรงงานไม่มีข้อมูลพิกัดสมรรถนะของหอผึ่งน้ำ จึงขอเทียบจากสมรรถนะทั้ง 2 เครื่อง จากการตรวจวัดและวิเคราะห์พบว่าหอผึ่งน้ำของเครื่อง PAC-34F มีค่าสมรรถนะเท่ากับร้อยละ 20.49 และเครื่อง PAC-34R ที่มีค่าสมรรถนะเท่ากับร้อยละ 32.6 เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 เครื่อง มีสมรรถนะต่างกันถึงร้อยละ 12.11 สาเหตุที่สมรรถนะต่ำอาจเกิดจากแผ่นฟิลเลอร์มีตระไคร่เกาะเป็นจำนวนมาก ทำให้ประสิทธิภาพการกระจายฝอยน้ำลดลง

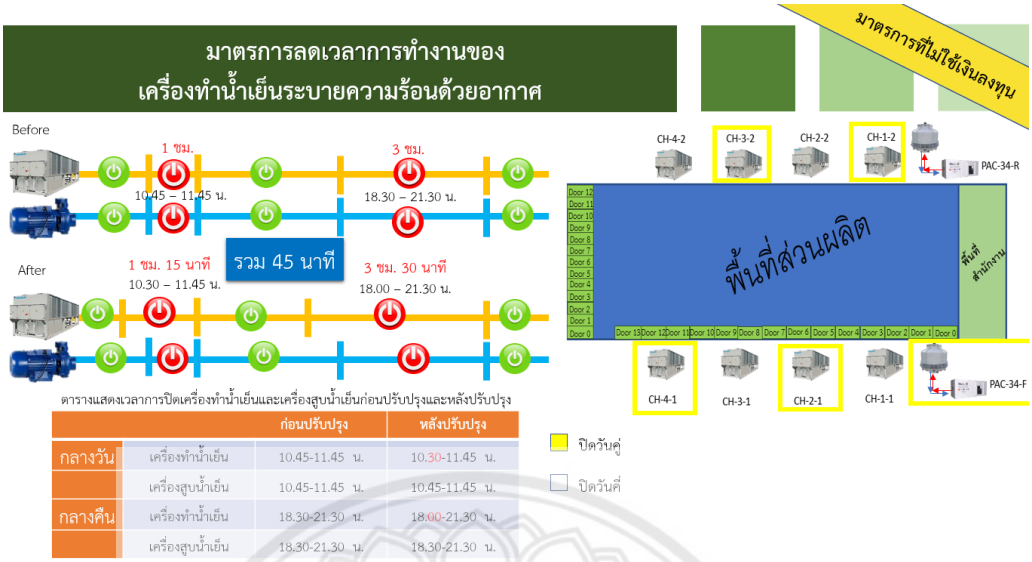
4.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุง

มาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่นำเสนอจะประกอบไปด้วย 2 ประเภท คือ มาตรการที่ใช้เงินลงทุน และมาตรการที่ไม่ใช้เงินลงทุน แบ่งออกได้เป็น 8 มาตรการ ดังนี้

4.3.1 การลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

เบื้องต้นทางบริษัทได้มีการปิดการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศพร้อมปิดเครื่องสูบน้ำเย็นพร้อมกัน ในเวลากลางวันเวลา 10.45-11.45 น. และในเวลากลางคืนเวลา 18.30-21.30 น. โดยทางผู้จัดทำโครงงานได้เล็งเห็นว่าหากปิดพร้อมกันจะเป็นการเสียโอกาสในการส่งน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำไปหมุนเวียนกับพัดลมส่งลมเย็น จึงเสนอให้ปิดเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อน

ด้วยอากาศก่อนปิดเครื่องสูบน้ำเย็น ในช่วงเวลากลางวัน 15 นาที และช่วงเวลากลางคืน 30 นาที รวมทั้งสิ้น 45 นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 มาตรการลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

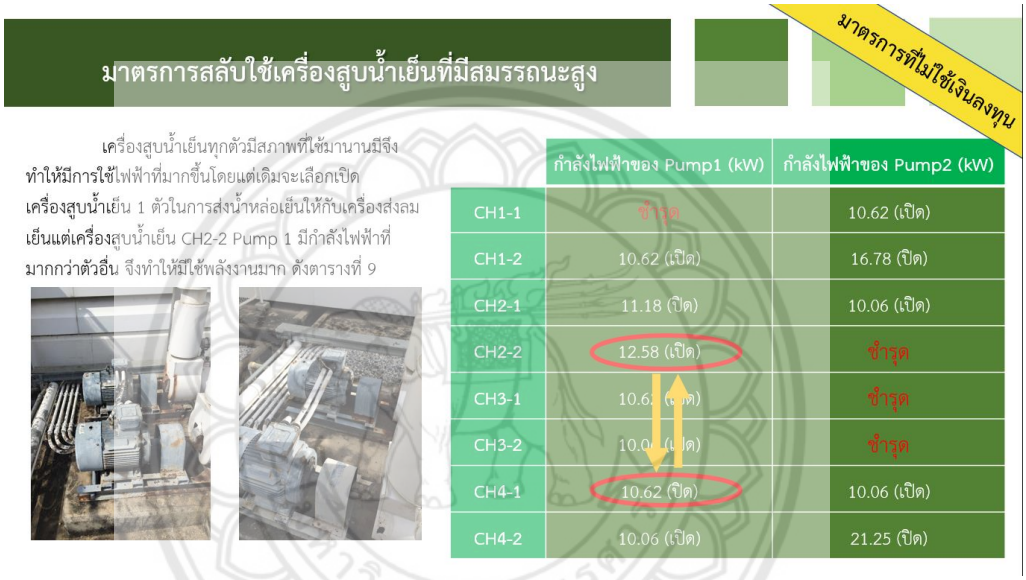
มาตรการลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ สามารถคิดผลประหยัดเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้จากตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง
มาตรการลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kWh/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ก่อนปรับปรุง	1,514.37	4,883,669.77	15,495,395.80
หลังปรับปรุง	1,514.37	4,684,915.76	14,864,769.23
ผลประหยัด		198,754	630,626.57
ลดปริมาณการปลดปล่อย CO_2 (kg CO_2)		111,501.00	
เปอร์เซ็นต์การประหยัด (%)		1.54	
เงินลงทุน (บาท)		0	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)		0	

4.3.2 การสลับใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีสมรรถนะสูง

เครื่องทำน้ำเย็น 1 ชุด ประกอบไปด้วยเครื่องสูบน้ำเย็นจำนวน 2 ตัว โดยจะเลือกเปิดทำงานเพียง 1 ตัว จากการตรวจวัดกำลังไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 10 กิโลวัตต์ แต่จะมีเครื่องสูบน้ำเย็นตัวที่ 1 ของ CH 2-2 มีค่าสมรรถนะเท่ากับ 7.30 CMH/kW และการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าค่าเฉลี่ย และเครื่องสูบน้ำเย็นของ CH 4-1 มีค่าสมรรถนะเท่ากับ 8.73 CMH/kW และการใช้พลังงานอยู่ในค่าเฉลี่ยทั้ง 2 เครื่องและยังทำงานได้ตามปกติ ซึ่งจะเลือกที่จะสลับเครื่องสูบน้ำเย็น เพื่อลดการใช้พลังงาน ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 มาตรการสลับใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีสมรรถนะสูง

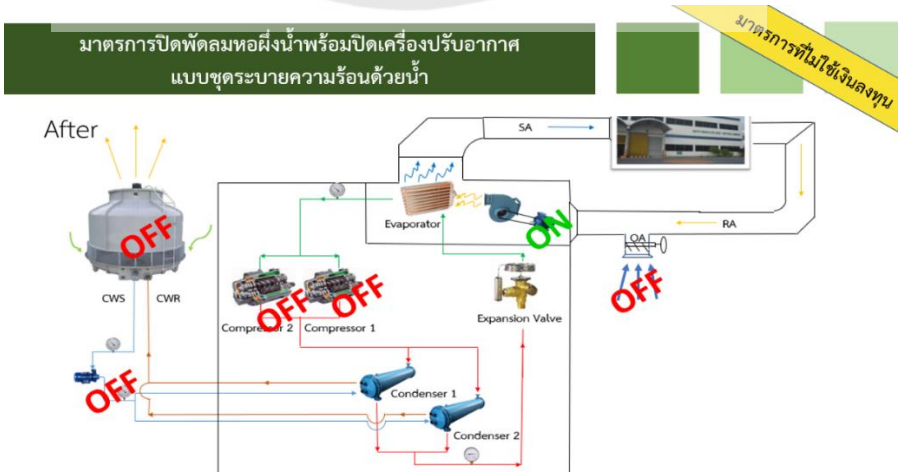
มาตรการสลับใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีสมรรถนะสูง สามารถคิดผลประหยัดเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้จากตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการสลับใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีสมรรถนะสูง

	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kWh/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ก่อนปรับปรุง	12.58	77,838.75	246,974.57
หลังปรับปรุง	10.06	62,246.25	197,501.13
ผลประหยัด	2.52	15,592.50	49,473.44
ลดปริมาณการปลดปล่อย CO_2 (kg CO_2)		8,761.43	
เปอร์เซ็นต์การประหยัด (%)		0.12	
เงินลงทุน (บาท)		0	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)		0	

4.3.3 ปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

จากการสำรวจพบว่าทางบริษัทได้มีการปิดระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยจะปิดคอมเพรสเซอร์และปิดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น แต่เปิดพัดลมส่งลมเย็นเพื่อไหลเวียนอากาศภายในโรงงานและเปิดพัดลมของหอผึ่งน้ำทิ้งไว้ ซึ่งการเปิดพัดลมหอผึ่งน้ำทิ้งไว้ในขณะที่ปิดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น ในส่วนของระบบหล่อเย็นก็จะก็จะไม่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับหอผึ่งน้ำ ดังนั้นก็ไม่มีความจำเป็นต้องเปิดพัดลมหอผึ่งน้ำทิ้งไว้ ดังรูป 4.10



รูปที่ 4.10 มาตรการปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

มาตรการปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ สามารถคิดผลประหยัดเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้จากตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kWh/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ก่อนปรับปรัง	6.09	39,304.56	124,709.40
หลังปรับปรุง	6.09	30,773.34	97,640.72
ผลประหยัด		8,531.20	27,608.72
ลดปริมาณการปลดปล่อย CO_2 (kg CO_2)		4,786.01	
เปอร์เซ็นต์การประหยัด (%)		0.06	
เงินลงทุน (บาท)		0	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)		0	

4.3.4 ซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

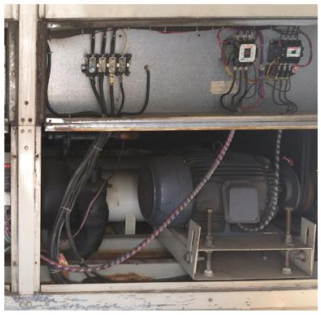
จากการสำรวจและตรวจวัดสมรรถนะการใช้พลังงานของพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำพบว่า ในส่วนของพัดลมส่งลมเย็นของเครื่อง PAC- 34F มีการใช้พลังงานอยู่ที่ 8.43 กิโลวัตต์ PAC-34R มีการใช้พลังงานอยู่ที่ 6.41 กิโลวัตต์ จะเล็งเห็นว่าพัดลมส่งลมเย็นทั้ง 2 เครื่อง มีอายุการใช้งานและสภาพในการทำงานเท่ากัน หากสามารถซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของ PAC-34F ได้เทียบเท่า PAC-34R จะสามารถประหยัดพลังงานได้ 2.02 กิโลวัตต์ ดังรูปที่ 4.11

มาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของ
เครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

มาตรการนี้ใช้เงินลงทุน

จากการตรวจวัดการใช้พลังงานของพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุด ผลที่ได้คือ พัดลมส่งลมเย็นมีการใช้พลังงานที่มากอาจจะเกิดจากการชำรุดต่างๆ ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องซ่อมบำรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับพัดลมส่งลมเย็น

	FAN-Blower (kW)
PAC-34R	6.41
PAC-34F	8.43



รูปที่ 4.11 มาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

มาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ สามารถคิดผลประหยัดเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้จากตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kWh/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ก่อนปรับปรุง	8.43	543,86.56	172,563.10
หลังปรับปรุง	6.41	41,363.30	131,241.40
ผลประหยัด	2.02	13,023.34	41,321.75
ลดปริมาณการปลดปล่อย CO_2 (kg CO_2)		7,306.09	
เปอร์เซ็นต์การประหยัด (%)		0.10	
เงินลงทุน (บาท)		15,750	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)		0.38	

4.3.5 เพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ทางโรงงานได้มีการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำจำนวน 2 เครื่อง จากการสำรวจพบว่าสภาพของแผ่นฟิลเลอร์ภายในหอผึ่งน้ำดังกล่าวมีสภาพชำรุดและมีตะไคร่เกาะจำนวนมาก ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการกระจายฝอยน้ำลดลง ส่งผลให้ไม่สามารถระบายความร้อนของน้ำได้ดีเท่าที่ควร ส่งผลให้สารทำความเย็นทีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้สมรรถนะการทำความเย็นของระบบลดลง จึงเสนอมาตรการเปลี่ยนแผ่นฟิลเลอร์และทำความสะอาดคอยล์ร้อนเพื่อเพิ่มสมรรถนะ ดังรูปที่ 12

รูปที่ 4.12 มาตรการเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

มาตรการเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถคิดผลประหยัดเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้จากตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาตรการเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kWh/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ก่อนปรับปรัง	33.72	217,546.25	690,252.48
หลังปรับปรุง	22.50	139,230.14	441,763.30
ผลประหยัด	11.22	78,316.11	248,489.19
ลดปริมาณการปลดปล่อย CO_2 (kg CO_2)		43,935.33	
เปอร์เซ็นต์การประหยัด (%)		0.61	
เงินลงทุน (บาท)		42,000	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)		0.16	

4.3.6 ลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก

จากการสำรวจประตูม่านพบว่ามีม่านที่มีริ้วขนาด 3x3 m จำนวนทั้งหมด 8 ประตู ซึ่งมีอากาศรั่วไหลเข้ามาจากข้างนอกเป็นจำนวนมากซึ่งทำให้เกิดภาระของระบบปรับอากาศภายในโรงงาน หากสามารถลดพื้นที่รั่วไหลของอากาศได้ก็จะสามารถประหยัดพลังงานได้มากเช่นกัน โดยเราจะปรับปรุงริ้วจากขนาด 3x3 m ให้เหลือ ขนาด 2.2x1.6 m เพื่อลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ดังรูปที่ 4.13

รูปที่ 4.13 มาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก

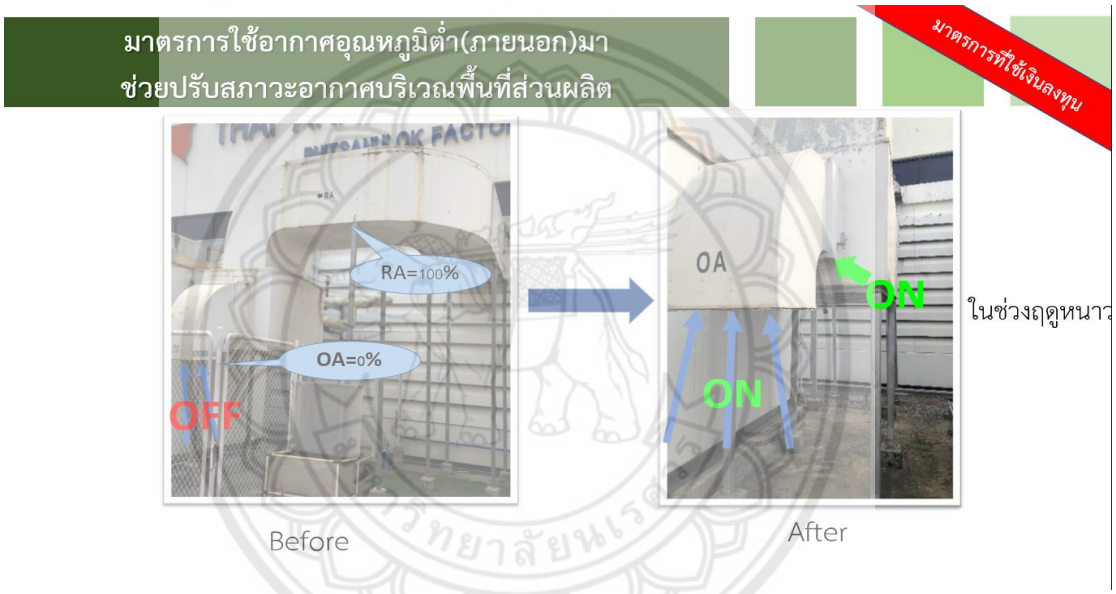
มาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติกสามารถคิดผลประหยัดเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้จากตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงหลังปรับปรุงมาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก

	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kWh/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ก่อนปรับปรุง	14.91	34,712.101	110,141.497
หลังปรับปรุง	6.28	14,580.844	441,763.30
ผลประหยัด	8.63	20,131.257	54,876.480
ลดปริมาณการปลดปล่อย CO_2 (kg CO_2)		11,293.635	
เปอร์เซ็นต์การประหยัด (%)		0.41	
เงินลงทุน (บาท)		10,134	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)		0.18	

4.3.7 การใช้อากาศในฤดูหนาวจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต

จากการสำรวจระบบปรับอากาศของทางบริษัทพบว่า ทางบริษัทได้มีการติดตั้งท่อรับอากาศจากภายนอก (OA) แต่ได้ปิดการใช้งานลงได้เพราะทาง ทางบริษัทได้เล็งเห็นว่า อากาศจากภายนอกนั้น มีความชื้นสูงและอุณหภูมิสูงทำให้เกิดภาระกับระบบปรับอากาศ ทางบริษัทจึงปิดท่อดูดอากาศจากภายนอก (OA) 0 % และใช้ท่อดูดอากาศกลับทั้งหมด (RA) 100 % จะเล็งเห็นว่า ในฤดูหนาวเราสามารถเปิดท่อรับอากาศจากภายนอกมาใช้ เพราะในฤดูหนาวนั้นมีอุณหภูมิที่ต่ำ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยจะปิดการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นทั้งหมดและเปิดเพียงท่อรับอากาศจากภายนอก ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 มาตรการใช้อากาศในฤดูหนาวจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต

มาตรการใช้อากาศในฤดูหนาวจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต สามารถคิดผลประหยัดเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้จากตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงหลังปรับปรุงมาตรการใช้อากาศในฤดูหนาวจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต

	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kWh/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ก่อนปรับปรัง	1,768.54	8,068,301.535	25,599,913.540
หลังปรับปรุง	1,768.54	7,217,972.688	22,901,905.540
ผลประหยัด		637,746.635	2,698,008.400
ลดปริมาณการปลดปล่อย CO_2 (kg CO_2)		357,775.862	
เปอร์เซ็นต์การประหยัด (%)		7.14	
เงินลงทุน (บาท)		171,252.00	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)		0.06	

4.3.8 การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีสมรรถนะสูง

จากการสำรวจและตรวจวัดสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศจำนวน 8 เครื่อง พบว่าเครื่องทำน้ำเย็นทุกเครื่องมีค่าสมรรถนะเกินกว่าสมรรถนะตามข้อกฎหมายโดยสมรรถนะข้อกฎหมายนั้นได้กำหนดไว้ว่า ค่าความสามารถในการทำความเย็นต่อการใช้พลังงาน 1 ตัน นั้นไม่ควรเกิน 1.33 kW/TON จึงเสนอให้มีการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ที่มีสมรรถนะสูง ซึ่งความสามารถในการทำความเย็นอยู่ที่ 1 kW/TON โดยจะมีค่าไม่เกินข้อกฎหมายประกาศกระทรวงพลังงานเรื่องการกำหนดสมรรถนะขั้นต่ำ

รูปที่ 4.15 มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีสมรรถนะสูง

มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีสมรรถนะสูง สามารถคิดผลประหยัดเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้จากตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงหลังปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีสมรรถนะสูง

	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kWh/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ก่อนปรับปรุง	1,514.370	7,027,623.28	110,141.497
หลังปรับปรุง	1,200.000	5,568,750	17,669,087
ผลประหยัด	314.370	1,458,873.28	4,628,859.03
ลดปริมาณการปลดปล่อย CO_2 (kg CO_2)		818,427.966	
เปอร์เซ็นต์การประหยัด (%)		18.95	
เงินลงทุน (บาท)		22,600,000.000	
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)		4.88	

บทที่ 5
สรุป

5.1 การตรวจวัดและวิเคราะห์สมรรถนะ

5.1.1 ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ

1. เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศที่ได้จากการตรวจวัดและวิเคราะห์เพื่อหาค่าสมรรถนะ ทั้ง 8 เครื่อง พบว่าค่าสมรรถนะเฉลี่ยของแต่ละเครื่องสูงกว่าสมรรถนะของกว่ากฎหมายกำหนดตั้งแต่ร้อยละ 19.394 - 47.012 โดยสมรรถนะของพิกัด มีค่า 1 kW/TON

2. พัดลมส่งลมเย็นมีทั้งหมด 16 เครื่อง จาการตรวจวัดและวิเคราะห์พบว่าสมรรถนะของพัดลมส่งลมเย็นมีค่าใกล้เคียงกันโดยสมรรถนะของพัดลมส่งลมเย็นมีค่าสูงกว่าร้อยละ 85.1 เมื่อเทียบกับสมรรถนะของพิกัด สาเหตุเพราะว่าทางโรงงานมีการปรับเปลี่ยนขนาดของพูเลย์ เพื่อปรับการส่งลมเย็นให้เข้ากับสภาพในการทำงาน

3. เครื่องสูบน้ำเย็นมีทั้งหมด 16 เครื่อง มีเครื่องที่ชำรุด 4 เครื่อง (CHP 1-1-1, CHP 2-2-2 , CHP 3-1-2 , CHP 3-2-2) จากการตรวจวัดและวิเคราะห์พบว่าค่าสมรรถนะมีค่าต่ำกว่าพิกัดคิดเป็นร้อยละ 63.98 – 24.09 เมื่อเทียบกับสมรรถนะของพิกัด สาเหตุที่ค่าสมรรถนะต่ำกว่าค่าพิกัดนั้นอาจเกิดจากเครื่องสูบน้ำเย็นมีอายุการใช้งานมา 10 ปี

5.1.2 ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

1. ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำมี 2 ชุด จากการตรวจวัดและวิเคราะห์สมรรถนะพบว่าสมรรถนะของทั้ง 2 เครื่องมีค่าสูงกว่าสมรรถนะของพิกัดร้อยละ 5.32 และร้อยละ 32.14

2. สมรรถนะของพัดลมส่งลมเย็นของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำมีทั้งหมด 2 เครื่อง จากการตรวจวัดและวิเคราะห์พบว่าสมรรถนะของเครื่องส่งลมเย็นมีสมรรถนะเท่ากันทั้ง 2 เครื่อง โดยมีค่าสมรรถนะสูงกว่าสมรรถนะพิกัดร้อยละ 70.2

3. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำมีทั้งหมด 2 เครื่อง ในที่นี้ทางโรงงานไม่มีข้อมูลพิกัดสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น จึงขอเทียบจากสมรรถนะทั้ง 2 เครื่อง จาการตรวจวัดและวิเคราะห์พบว่าสมรรถนะเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นแต่ละเครื่องมีค่าต่างกันร้อยละ 33.02

4.หอผึ่งน้ำของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำมีทั้งหมด 2 เครื่อง ในที่นี้ทางโรงงานไม่มีข้อมูลพิกัดสมรรถนะของหอผึ่งน้ำ จึงขอเทียบจากสมรรถนะทั้ง 2 เครื่อง จากการตรวจวัดและวิเคราะห์พบว่าสมรถถนะของหอผึ่งน้ำทั้ง 2 เครื่อง มีค่าต่างกันร้อยละ 12.11

จะสามารถสรุปสมรรถนะเฉลี่ยตามรายกงานการจัดการพลังงาน ตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงาน พ.ศ. 2552 ในขั้นตอนที่ 4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานโดยประเมินระดับเครื่องจักร/อุปกรณ์ ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แบบบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีนัยสำคัญของเครื่องจักร/อุปกรณ์

ระบบที่ใช้พลังงาน	ชื่อเครื่องจักร/อุปกรณ์หลัก	พิกัด		อายุการใช้งาน (ปี)	จำนวน (เครื่อง)	ชั่วโมงใช้งานเฉลี่ยต่อปี	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	ค่าสมรรถนะ				ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	หมายเหตุ
		ขนาด	หน่วย					ค่าพิกัด	หน่วย	ใช้งานจริง	หน่วย		
ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ	เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ	150	TON	12	8	6,187	7,027,623.28	1	kW/TON	1.96	kW/TON	1514	-
	พัดลมส่งลมเย็น	15	kW	12	16	6,187	589,559.23	2,160	CMH/kW	4,000	CMH/kW	95.29	-
	เครื่องสูบน้ำเย็น	7.5	kW	12	16	6,187	894,083.37	12.16	CMH/kW	9	CMH/kW	144.51	ชำรุด 4 เครื่อง
ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ	ระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ	75	TON	10	2	6,187	357,299.25	0.84	kW/TON	0.77	kW/TON	57.75	-
	หอผึ่งน้ำ*	-	TON	10	2	6,187	37,122	-	%	26	%	6	-
	เครื่องส่งลมเย็น	15	kW	10	2	6,187	91,567.60	1700	CMH/kW	2,888.32	CMH/kW	14.8	-
	เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น*	-	kW	10	2	6,187	340,285	-	CMH/kW	4.57	CMH/kW	55	-

* หมายเหตุ : ทางโรงงานไม่มีข้อมูลพิกัดของเครื่องจักรและอุปกรณ์

5.2 กำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

มาตรการอนุรักษ์พลังงานรวมทั้งหมด 8 มาตรการ แบ่งเป็นมาตรการไม่ใช้เงินลงทุน 3 มาตรการ ได้แก่ 1.ลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ 2.สลับใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีสมรรถนะสูง 3.ปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ และมาตรการที่ใช้เงินลงทุน 5 มาตรการ ได้แก่ 1.ซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 2.เพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ 3.ลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก 4.ใช้อากาศอุณหภูมิต่ำภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต 5.เปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีสมรรถนะสูง ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 สรุปมาตรการไม่ใช้เงินลงทุนและใช้เงินลงทุน 8 มาตรการ

แผนอนุรักษ์พลังงาน	มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	การลงทุน (บาท)	ผลประหยัด (บาท/ปี)	ลดปริมาณการปลดปล่อย CO_2 (kg CO_2)	เปอร์เซ็นต์การประหยัด (%)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
ไม่ใช้เงินลงทุน	1.ลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ	0	630,626.57	111,501	1.54	0
	2.สลับใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีสมรรถนะสูง	0	49,473.44	8,761.43	0.12	0
	3.ปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ	0	27,608.72	4,786.01	0.06	0
	รวม	0	707,708.73	125,048.44	1.68	0
ใช้เงินลงทุน	4.ซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ	15,750	41,321.75	7,306.09	0.10	0.38
	5.เพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ	42,000	248,489.15	43,935.33	0.61	0.16
	6.ลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก	10,134	169,491.15	14,983.11	0.41	0.18
	7.ใช้อากาศในฤดูหนาวจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต	171,252	2,698,008.4	357,775.86	7.04	0.06
	8.เปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีสมรรถนะสูง	22,600,000	4,628,859.03	818,427.97	15.95	4.88
	รวม	22,839,136	7,786,169.52	1,242,428.36	24.11	2.93
	รวมมาตรการไม่ใช้เงินลงทุนและใช้เงินลงทุน	22,839,136	8,493,876.25	1,367,476.80	25.79	2.69

เอกสารอ้างอิง

ณัฐกรณ์ เก่ดระกูล และธวัชชัย อนาวัน. (2553). **วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศกรณีศึกษา อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาวิทยาลัยนเรศวร , พิษณุโลก.

วงศ์ประกริช แก้วประเสริฐและคณะ. (2554). **การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

มนตรี ยืนสา. (2556). **การศึกษาความคุ้มค่าของการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเพื่อประหยัดพลังงาน ไฟฟ้าหอชาย 3 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่** ปริญญานิพนธ์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กัญญ์ณณัฐ และคณะ. (2558). **รายงานการจัดการพลังงานกรณีศึกษา โรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

พระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. (23 มีนาคม 2535) **กฎกระทรวงพลังงานการจัดการพลังงาน**

กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงาน. (2552) **กระทรวงพลังงานบริหารหลักเกณฑ์ระบบปรับอากาศ**

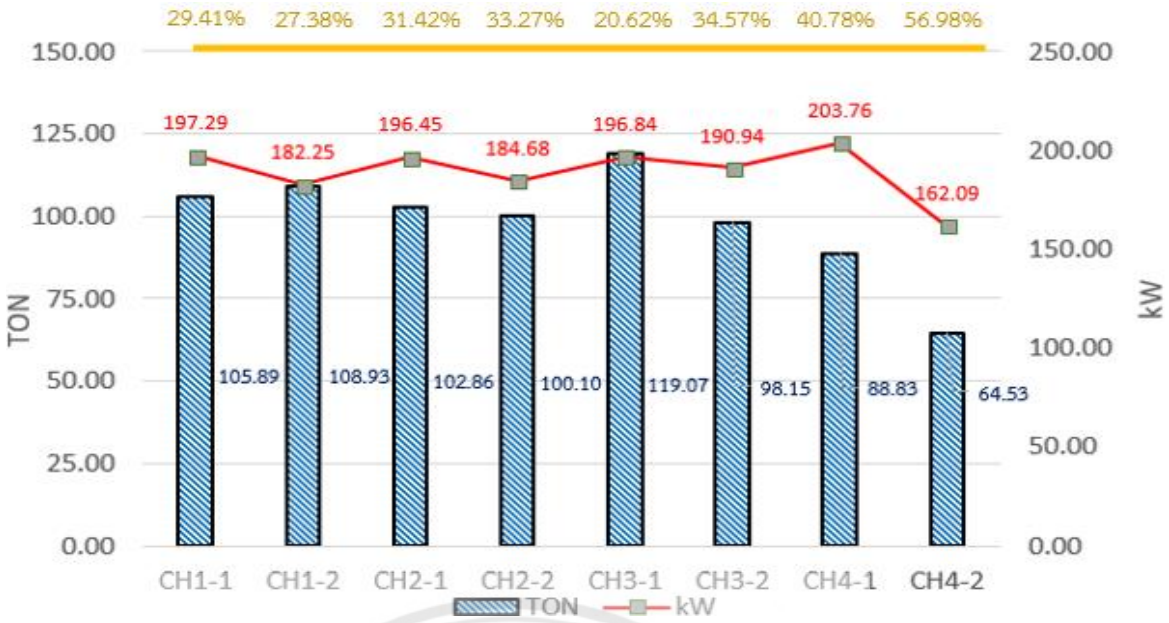
กระทรวงพลังงาน. (2535)**. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในระบบน้ำเย็น.** สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มกราคม 2560, จาก http://www.emcei.com/Default.aspx?pageid=33

ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา. (2551) **เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมปรับอากาศและการระบายอากาศ**. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องคล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

กราฟแสดงผลการตรวจวัดระบบปรับอากาศ และตัวอย่างการคำนวณสมรรถนะ



รูปที่ ก.1 กราฟของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

<u>ตัวอย่าง</u> การคำนวณสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

ยกตัวอย่างเครื่อง CH1-1 ; Compressor 1&2 :$(\dot{V})$ = 244.094 GPM $T_{Water,in}$= 53.6 °F

$T_{Water,out}$ = 47.3 °F

Compressor 3 :$(\dot{V})$ = 159.296 GPM $T_{Water,in}$= 53.6 °F

$T_{Water,out}$ = 47.3°F

ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่อง (W_c) = 197.29 kW

จากสมการที่ 2.5

$$Q_L = 1.19(\dot{V})(T_{Water,in} - T_{Water,out})$$

แทนค่า Compressor 1&2

$$Q_L = 1.19(244.094)(53.6-47.3)$$

$$Q_L = 64.07 \text{ TON}$$

แทนค่า Compressor 3

$$Q_L = 1.19(159.296)(53.6-47.3)$$

$$Q_L = 41.81 \text{ TON}$$

ความสามารถในการทำความเย็น = Compressor 1&2 + Compressor 3

=64.07+41.81

= 105.89 TON

หาสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศจากสมการที่ 2.6 $ChP = \frac{W_c}{Q_L}$

แทนค่า $ChP = \frac{197.29}{105.89}$

$Chp = 1.86$ kW/TON

รูปที่ ก.2 กราฟของเครื่องสูบน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

<u>ตัวอย่าง</u> การคำนวณสมรรถนะเครื่องสูบน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

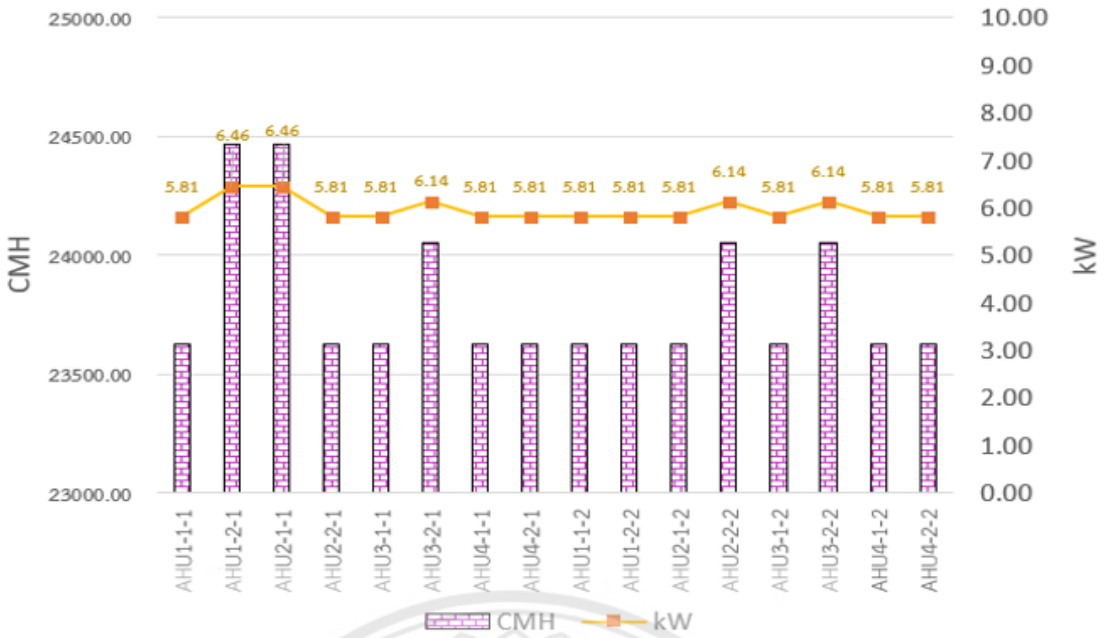
ยกตัวอย่างเครื่อง CHP 1-1-2 ; อัตราการไหลเชิงปริมาตร ($\dot{V}_{CHP}$) = 91.62 CMH

กำลังไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำเย็น (W_P) = 8.63 kW

จากสมการที่ 2.9 สมรรถนะเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ ; $ChpP = \frac{\dot{V}_{CHP}}{W_P}$

$ChpP = \frac{91.62}{10.62}$

$= 8.63$ CMH/kW



รูปที่ ก.3 กราฟของเครื่องส่งลมเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

<u>ตัวอย่าง</u> การคำนวณสมรรถนะพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

ยกตัวอย่างเครื่อง AHU 1-1-1 ; W_{F1} = กำลังไฟฟ้าที่ตรวจวัดของพัดลมส่งลมเย็น = 5.81 kW

W_{F2} = กำลังไฟฟ้าตามพิกัด = 15 kW

Q_2= อัตราการไหลเชิงปริมาตรตามพิกัดมีค่าเท่ากับ 32,400 CMH

Q_1= อัตราการไหลเชิงปริมาตรที่ต้องการทราบ

จากสมการที่ 2.7 Law of Fan

$$\frac{W_{F1}}{W_{F2}} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^3$$

$$\frac{5.81}{15} = \left(\frac{Q_1}{32,400}\right)^3$$

$$Q_1 = 23,623.25 \text{ CMH}$$

หาสมรรถนะพัดลมส่งลมเย็นเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศจากสมการที่ 2.8

$$AhuP = \frac{Q_1}{W_{F1}}$$

$$AhuP = \frac{23,623.25}{5.81}$$

$$AhuP = 4,063 \text{ CMH/kW}$$

<u>ตัวอย่าง</u> การคำนวณสมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ยกตัวอย่างเครื่อง PAC - 34F ; $h_1 = 405$ kJ/kg

$h_2 = 440.5$ kJ/kg

$h_3 = h_4 = 269$ kJ/kg

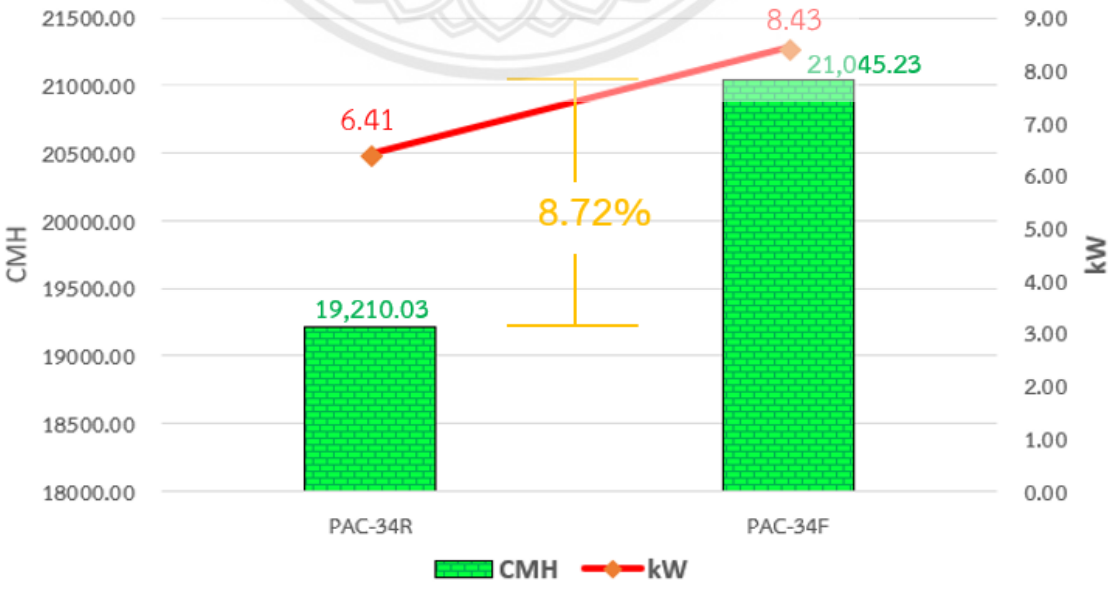
จากสมการที่ 2.11 $COP = \frac{h_1-h_4}{h_2-h_1}$

แทนค่า

$$COP = \frac{406-269}{440.5-406} = 3.97$$

สมรรถนะเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ $ChP = \frac{3.52}{COP}$

$$ChP = \frac{3.52}{3.97} = 0.89 \text{ kW/TON}$$



รูปที่ ก.4 กราฟของพัดลมส่งลมเย็นของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

<u>ตัวอย่าง</u> การคำนวณสมรรถนะพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อน ด้วยน้ำ

ยกตัวอย่างเครื่อง PAC-34R ; W_{F1} = กำลังไฟฟ้าที่ตรวจวัดของพัดลมส่งลมเย็น = 6.41 kW

W_{F2} = กำลังไฟฟ้าตามพิกัด = 15 kW

Q_2= อัตราการไหลเชิงปริมาตรตามพิกัดมีค่าเท่ากับ 25,500 CMH

Q_1= อัตราการไหลเชิงปริมาตรที่ต้องการทราบ

จากสมการที่ 2.7 Law of Fan

$$\frac{W_{F1}}{W_{F2}} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^3$$

$$\frac{6.41}{15} = \left(\frac{Q_1}{25,500}\right)^3$$

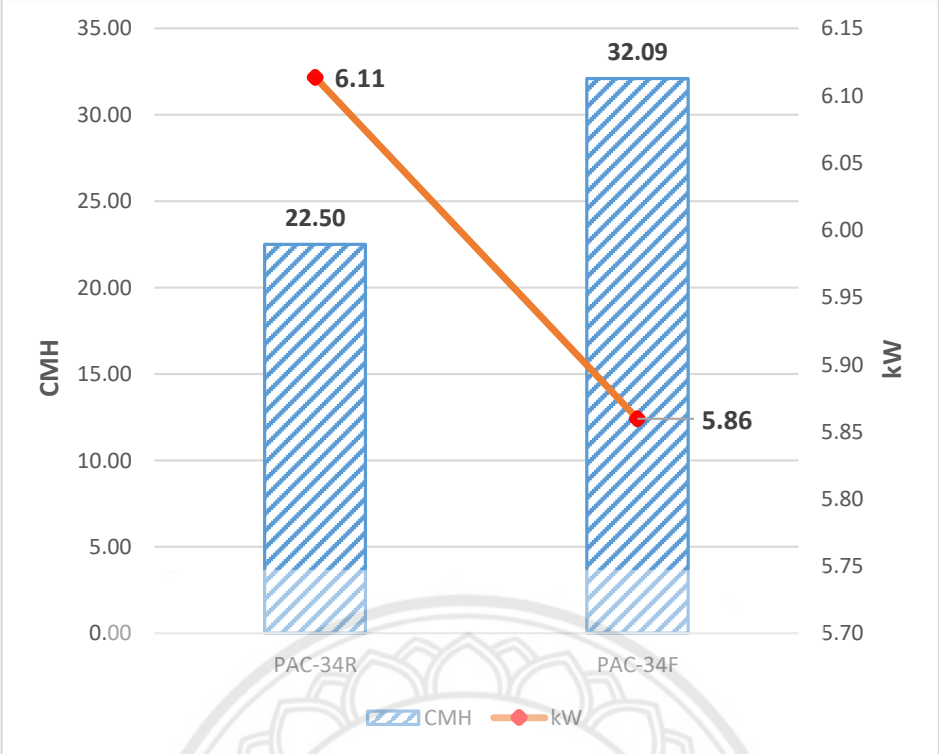
$$Q_1 = 19210.03 \text{ CMH}$$

หาสมรรถนะพัดลมส่งลมเย็นเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศจากส**มการที่** 2.8 ;

$$AhuP = \frac{Q_1}{W_{F1}}$$

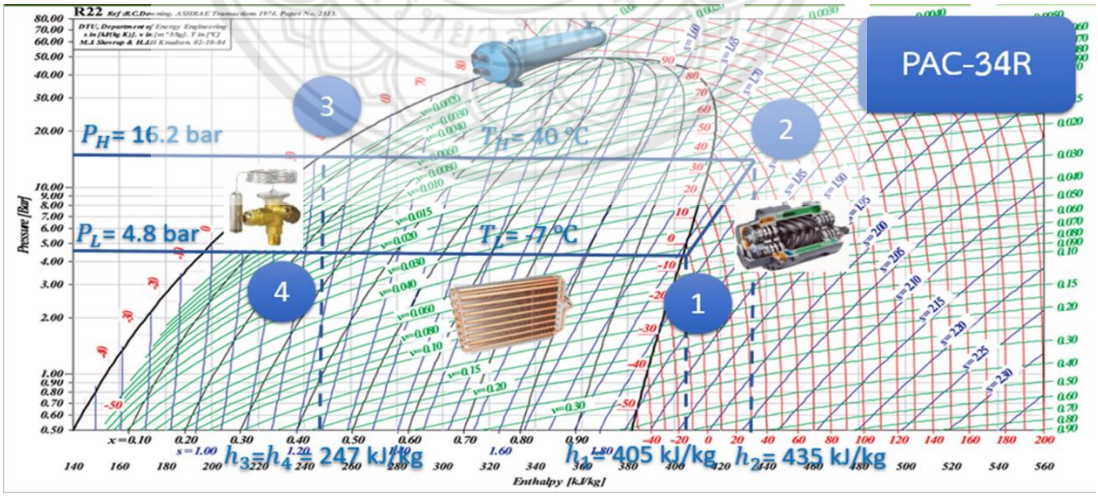
$$AhuP = \frac{25,500}{6.41}$$

$$AhuP = 2,888.32 \text{ CMH/kW}$$



รูปที่ ก.5 กราฟของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

<u>ตัวอย่าง</u> การคำนวณสมรรถนะเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นของระบบปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ



รูปที่ ก.6 แผนภาพ P-H diagram

ยกตัวอย่างเครื่อง PAC-34R ; W_C = 22.51 kW ได้จากการตรวจวัด

h_1 = 405 kJ/kg ได้จากการเปิด P-H diagram

h_2 = 435 kJ/kg ได้จากการเปิด P-H diagram

h_3 = 247 kJ/kg ได้จากการเปิด P-H diagram

h_4 = 247 kJ/kg ได้จากการเปิด P-H diagram

หา $\dot{m}_r$ จากสมการที่ 2.14

$$\dot{m}_r = \frac{W_C}{h_2 - h_1}$$

แทนค่า $$\dot{m}_r = \frac{22.51}{435-405}$$

$$\dot{m}_r = 0.75 \text{ kJ/s}$$

นำ $\dot{m}_r$ แทนค่าจากสมการที่ 2.15 $\dot{Q}_{Hr} = \dot{m}_r(h_2 - h_3)$

$$\dot{Q}_{Hr} = 0.75(435-247)$$

$$\dot{Q}_{Hr} = 141.06 \text{ kW}$$

สารทำความเย็นไหลเข้าคอนเดนเซอร์จะระบายความร้อนให้กับน้ำหล่อเย็น

ค่าความร้อนจึงมีค่าเท่ากัน ($\dot{Q}_{Hr} = \dot{Q}_{Hcw}$)

แทนค่า อุณหภูมิขาเข้า 89.6 °F อุณหภูมิขาออก 95 °F C_p = 4.18

จากสมการที่ 2.16

$$\dot{m}_{CW} = \frac{\dot{Q}_{Hcw}}{C_p \Delta T}$$

$$\dot{m}_{CW} = \frac{141.06}{4.18(95 - 89.6)}$$

$$\dot{m}_{CW} = 6.25 \text{ kg/s}$$

หาค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรจากสมการที่ 2.17 $\dot{V}_{CWP} = \frac{\dot{m}_{CW}}{\rho}$

แทนค่า $$\dot{V}_{CWP} = \frac{6.25}{1,000}$$

$$\dot{V}_{CWP} = 0.01 \text{ CMS}$$

แปลงหน่วย CMS เป็น CMH โดย 1 ชั่วโมงเท่ากับ 3,600 วินาที

$$\dot{V}_{CWP} = 0.01 \times 3,600$$

$$\dot{V}_{CWP} = 22.50 \text{ CMH}$$

กำหนดให้ W_{CWP} = 6.11 kW

ค่าสมรรถนะหาได้จากสมการที่ 2.13 $CwpP = \frac{\dot{V}_{CWP}}{W_{CWP}}$

$$CwpP = \frac{22.50}{6.11}$$

$$CwpP = 3.67 \text{ CMH/kW}$$

<u>ตัวอย่าง</u> การคำนวณสมรรถนะของหอผึ่งน้ำ

ยกตัวอย่างเครื่อง PAC-34R ; T_{Win1} =35 ℃ T_{Wout1} = 32 ℃ T_{wb1} = 25.8 ℃

จากสูตรหาสมรรถนะของหอผึ่งน้ำ

$$\eta_{CT} = \frac{T_{Win1} - T_{Wout1}}{T_{Win1} - T_{wb1}}$$

แทนค่า

$$\eta_{CT} = \frac{35-32}{35-25.8}$$

$$\eta_{CT} = 32.60\ \%$$

ภาคผนวก ข

รายละเอียดมาตรการอนุรักษณ์พลังงาน ที่ไม่ใช้เงินลงทุนและตัวอย่างการคำนวณ

MISSING

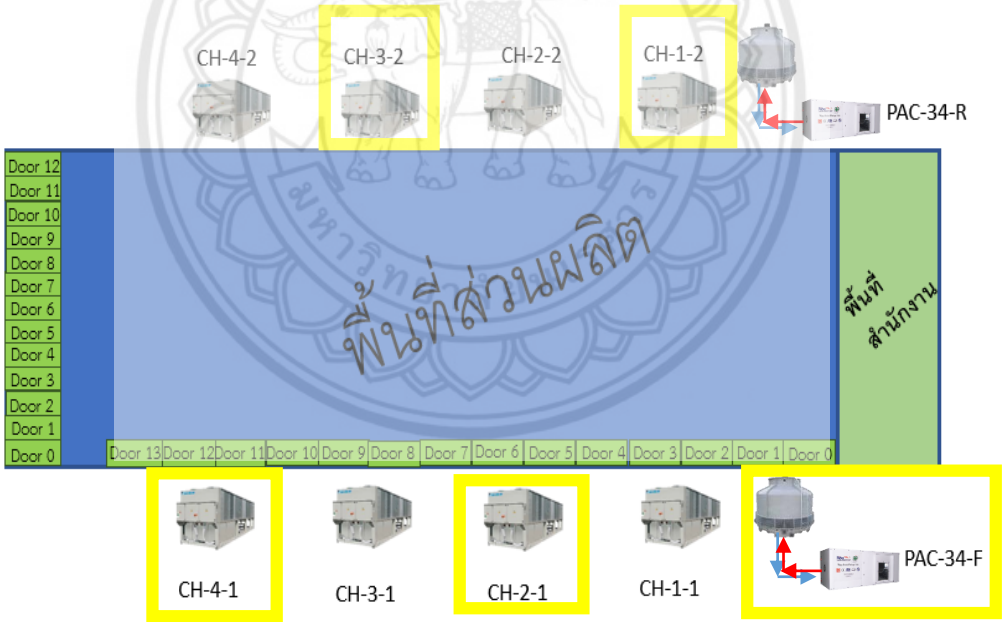
1) ชื่อมาตรการ : ลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องทำน้ำเย็น

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องทำน้ำเย็น 8 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : เครื่องทำน้ำเย็น 8 ชุด CH1-1 , CH1-2 , CH2-1 , CH2-2 , CH3-1 , CH3-2 , CH4-1 , CH4-2

5) สภาพก่อนปรับปรุง : ที่โรงงานได้มีการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาด 150 ตัน จำนวน 8 เครื่อง เบื้องต้นโรงงานได้ดำเนินมาตรการลดเวลาทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็นตามตารางที่ ข.1 โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มสีเหลืองปิดในวันคี่ และกลุ่มสีขาวปิดในวันคู่ เป็นเวลากลางวันลด 1 ชั่วโมง และเวลากลางคืนลด 3 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ ข.1 (มีการดำเนินการเปิด-ปิดเครื่องทำน้ำเย็นพร้อมกับเครื่องสูบน้ำเย็นในเวลาเดียวกัน)



รูปที่ ข.1 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น

ตารางที่ ข.1 แสดงเวลาการปิดเครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็นก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง
กลางวัน	เครื่องทำน้ำเย็น	**10.45**-11.45 น.	**10.30**-11.45 น.
	เครื่องสูบน้ำเย็น	10.45-11.45 น.	10.45-11.45 น.
กลางคืน	เครื่องทำน้ำเย็น	**18.30**-21.30 น.	**18.00**-21.30 น.
	เครื่องสูบน้ำเย็น	18.30-21.30 น.	18.30-21.30 น.

6) สภาพหลังปรังปรุง : จากมาตรการปิดเครื่องทำน้ำเย็นพร้อมกับเครื่องสูบน้ำเย็นเบื้องต้นนั้น แต่จากการสำรวจพบว่าน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นยังคงมีอุณหภูมิต่ำและมีศักยภาพที่จะนำไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศที่เครื่องส่งลมเย็นภายในอาคาร ดังนั้นในช่วงเวลากลางวันทางโรงงานควรเพิ่มโอกาศในการลดการใช้พลังงานด้วยการปิดเครื่องทำน้ำเย็นก่อนปิดเครื่องสูบน้ำเย็นเป็นเวลา 15 นาที และในช่วงกลางคืนปิดเครื่องทำน้ำเย็นก่อนปิดเครื่องสูบน้ำเย็นเป็นเวลา 30 นาที ดังแสดงในตารางที่ ข.1 สรุปได้ว่าสามารถการลดระยะเวลาทำงานเครื่องทำน้ำเย็นก่อนปิดเครื่องสูบน้ำเย็นทั้งหมดเป็นเวลา 45 นาที

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ตรวจวัดใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ตารางที่ ข.2 ตารางเปรียบเทียบผลประหยัดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงลดเวลาการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
ก่อนปรับปรัง	1,514.37	4,883,669.77	15,495,395.80
หลังปรับปรุง	1,514.37	4,684,915.76	14,864,769.23
ผลต่างก่อนและหลังการปรับปรุง		198,754	630,626.57
เงินลงทุน		0	บาท
ระยะเวลาคืนทุน		0	ปี

9) วิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นที่ปิดในวันคู่

; CH1-1 , CH2-2 , CH3-1 , CH4-2 = 197.29 + 184.68 + 196.85 + 162.08

P1 = 740.90 kW

กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นที่ปิดในวันคี่

; CH1-2 , CH2-1 , CH3-2 , CH4-1 = 182.25 + 196.45 + 190.94 + 203.76

P2 = 773.40 kW

ชั่วโมงการทำงานก่อนปรับปรุง ; Hr1(Mon-Th) = 21+(30/60) ชั่วโมง

Hr1(Fri) = 17 ชั่วโมง

Hr1(Sat-Sun) = 13 ชั่วโมง

ชั่วโมงการทำงานหลังปรับปรุง ; Hr2(Mon-Th) = 20+(45/60) ชั่วโมง

Hr2(Fri) = 16+(15/60) ชั่วโมง

Hr2(Sat-Sun) = 12+(15/60) ชั่วโมง

วันทำงาน

ตารางที่ ข.3 ตารางวันทำงาน

	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง		
วัน	จ-พฤ	ศ	ส-อา	จ-พฤ	ศ	ส-อา
ชั่วโมง/วัน	21+(30/60)	17	13	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี	200	50	100	200	50	100

ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ; CE = 3.1729 บาท/kWh

ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุงในวันคู่

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = P x Hr1 x D

ตารางที่ ข.4 คำนวณก่อนปรับปรุงวันคู่ลดเวลาการทำงานของมาตรการเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr1)	21+(30/60)	17	13
วัน/ปี (D)	100	25	50
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	1,592,956.16	314,886.68	481,591.40

ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงในวันคู่

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = P x Hr2 x D

ตารางที่ ข.5 คำนวณก่อนปรับปรุงวันคู่ของมาตรการเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr2)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี (D)	100	25	50
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้(kWh/ปี)	1,537,387.92	300,994.62	453,807.28

ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงในวันคู่

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = P2 x Hr1 x D

ตารางที่ ข.6 คำนวณหลังปรับปรุงวันคู่ของมาตรการเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr1)	21	17	13
วัน/ปี (D)	100	25	50
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	1,662,823.69	328,697.71	502,714.14

ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงในวันคี่

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = P2 x Hr2 x D

ตารางที่ ข.7 คำนวณหลังปรับปรุงวันคี่ของมาตรการเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน(Hr2)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี(D)	100	25	50
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	1,604,818.21	314,196.34	473,711.40

ค่าพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = 2,389,434.24+2,494,235.53 kWh/ปี

= 4,883,669.77 kWh/ปี

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = 2,292,189.82+2,494,235.53 kWh/ปี

= 4,684,915.76 kWh/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง-พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

= 4,883,669.77 – 4,684,915.76 kWh/ปี

= 198,754 kWh/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ x CE

= 198,754 x 3.1729 บาท/kWh

= 630,626.57 บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

เงินลงทุน = 0 บาท (ไม่มีการลงทุน)

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้

= 0 / 630,626.57

= 0 ปี

1.ชื่อมาตรการ : เปลี่ยนใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง

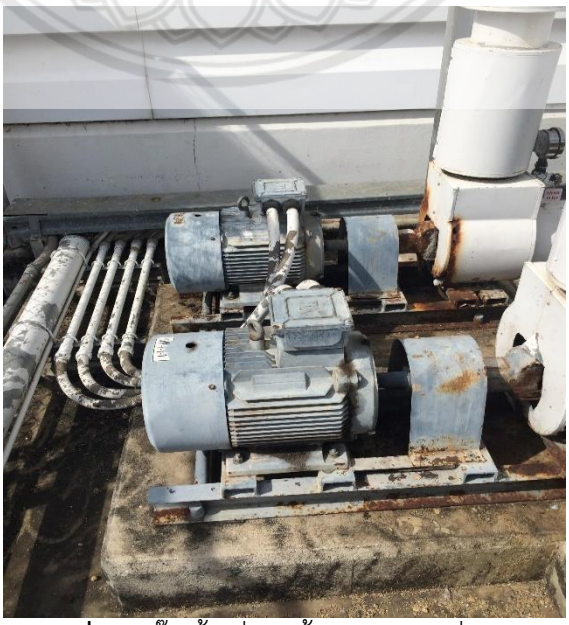
2.อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องสูบน้ำเย็น CH2-2 Pump1

3.จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องสูบน้ำเย็น 1 ตัว

4.สถานที่ปรับปรุง : บริเวณปั๊ม CH2-2 Pump 1

5.สภาพก่อนปรับปรุง

<u>สภาพเดิม</u> เครื่องสูบน้ำเย็นทุกตัวมีสภาพที่ใช้มานานมีจึงทำให้มีมีการใช้ไฟฟ้าที่มากขึ้นดังรูปที่ ข.2 โดยแต่เดิมจะเลือกเปิดเครื่องสูบน้ำเย็น 1 ตัวในการส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องส่งลมเย็น



รูปที่ ข.2 ปั๊มน้ำเพื่อส่งน้ำหล่อเย็นไปที่ AHU

<u>ปัญหาที่พบ</u> ปั๊ม CH2-2 มีกำลังไฟฟ้าที่มากกว่าปั๊มตัวอื่น จึงทำให้มีการกินไฟ ดังตารางที่ ข.2 แสดงกำลังไฟฟ้าของปั๊มแต่ละตัว

ตารางที่ ข.8 แสดงกำลังไฟฟ้าของปั๊มแต่ละตัว

	กำลังไฟฟ้าของ Pump1 (kW)	กำลังไฟฟ้าของ Pump2 (kW)
CH1-1	ชำรุด	10.62
CH1-2	10.62	16.78
CH2-1	11.18	10.06
CH2-2	12.58	ชำรุด
CH3-1	10.62	ชำรุด
CH3-2	10.06	ชำรุด
CH4-1	10.62	10.06
CH4-2	10.06	21.25

สภาพหลังปรับปรุง ได้มีการย้ายปั๊มจาก CH4-1 Pump 2 ไป CH2-2 Pump 1

ตารางที่ ข.9 แสดงการย้ายปั๊มที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ

	กำลังไฟฟ้าของ Pump1 (kW)	กำลังไฟฟ้าของ Pump2 (kW)
CH1-1	ชำรุด	10.62
CH1-2	10.62	16.78
CH2-1	11.18	10.06
CH2-2	10.06	ชำรุด
CH3-1	10.62	ชำรุด
CH3-2	10.06	ชำรุด
CH4-1	10.62	ย้ายไป CH2-2 Pump1
CH4-2	10.06	21.25

วิธีการตรวจสอบผลประหยัดพลังงานหลังปรับปรุง ทำการตรวจวัดค่าก่อนและหลังดำเนินการของปั๊ม และทำการคำนวน สามารถประหยัดพลังงานลงได้มาก

ข้อมูลเบื้องต้น

กำลังไฟฟ้าของปั๊มทั้ง 2 ตัวก่อนปรับปรุง P1 = 12.58 kW

กำลังไฟฟ้าของปั๊มทั้ง 2 ตัวหลังปรับปรุง P2 = 10.06 kW

ชั่วโมงการทำงาน จ-พฤ Hr1(Mon-Th) = 20+(45/60) ชั่วโมง/วัน

ศ. Hr1(Fri) = 16+(15/60) ชั่วโมง/วัน

ส-อ Hr1(Sat-Sun) = 12+(15/60) ชั่วโมง/วัน

วันทำงาน จันทร์-พฤหัสบดี D1 = 200 วัน/ปี

ศุกร์ D2 = 50 วัน/ปี

เสาร์-อาทิตย์ D3 = 100 วัน/ปี

ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย CE = 3.17 บาท/kWh

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง

ตารางที่ ข.10 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr1)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี (D)	200	50	100
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	52,207.00	10,221.25	15,410.50
รวม (kWh/ปี)	77,838.75		
คิดเป็นเงิน (บาท/ปี)	246,974.57		

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

ตารางที่ ข.11 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr1)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี (D)	200	50	100
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	41,749.00	8,173.75	12,323.50
รวม (kWh/ปี)	62,246.25		
คิดเป็นเงิน (บาท/ปี)	197,501.13		

<u>ผล</u>ประหยัดที่เกิดขึ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง-พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

= 77,838.75 – 62,246.25

= 15,592.5 kWh/ปี

คิดเป็นเงิน = 15,592.5 x 3.1729

= 49,473.44 บาท/ปี

ตารางที่ ข.12 เปรียบเทียบพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนใช้เครื่องสูบน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง

รายการ	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kW/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ก่อนปรับปรุง	12.58	77,838.75	246,974.57
หลังปรับปรุง	10.06	62,246.25	197,501.13
พลังงานที่ประหยัดได้	2.52	15,592.5	49,473.44
เงินลงทุน		0	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน		0	ปี

1) ชื่อมาตรการ : ปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : พัดลมหอผึ่งน้ำ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 2 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : เครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ PAC-34F , PAC-34R

5) สภาพก่อนปรับปรุง : ทางโรงงานได้มีการปิดการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำตามเวลาใน**ตารางที่.ข.3** แต่กลับเปิดพัดลมหอผึ่งน้ำทิ้งไว้ตลอดเวลาทั้ง 2 เครื่อง ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน ทั้งนี้เนื่องจากหลังจากที่โรงงานได้ทำการปิดเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำและเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นแล้ว ก็ไม่มีความจำเป็นที่จะเปิดพัดลมหอผึ่งน้ำ

6) สภาพหลังปรังปรุง : ปิดพัดลมหอผึ่งน้ำทั้ง 2 ชุด พร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงาน

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของพัดลมหอผึ่งน้ำ

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ตารางที่ ข.13 เปรียบเทียบพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงมาตรการปิดพัดลมหอผึ่งน้ำ พร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
ก่อนปรับปรัง	6.09	39,304.56	124,709.4
หลังปรับปรุง	6.09	30,773.34	97,640.72
ผลต่างก่อนและหลังการปรับปรุง		8,531.20	27,608.72
เงินลงทุน		0	บาท
ระยะเวลาคืนทุน		0	ปี

9) วิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

กำลังไฟฟ้าของพัดลมหอผึ่งน้ำ ; PAC-34R + PAC34F = 3.16 + 2.93 kW

P = 6.09 kW

ชั่วโมงการทำงาน ; Hr1(Mon-Th) = 21.5 ชั่วโมง

Hr1(Fri) = 17 ชั่วโมง

Hr1(Sat-Sun) = 13 ชั่วโมง

ชั่วโมงการทำงาน ; Hr2(Mon-Th) = 17+(30/60) ชั่วโมง

Hr2(Fri) = 13 ชั่วโมง

Hr2(Sat-Sun) = 19 ชั่วโมง

วันทำงาน (ดังตารางที่ ข.3)

ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ; CE = 3.1729 บาท/kWh

<u>ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง</u>

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = P x Hr1 x D

ตารางที่ ข.14 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุงมาตรการปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	จ-พฤ	ศ	ส-อ
ชั่วโมง/วัน(Hr1)	21+(30/60)	17	13
วัน/ปี(D)	200	50	100
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	23,203.04	5,179.67	7,921.85

ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = P x Hr2 x D

ตารางที่ ข.15 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุงมาตรการปิดพัดลมหอผึ่งน้ำพร้อมปิดเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	จ-พฤ	ศ	ส-อ
ชั่วโมง/วัน(Hr2)	17+(30/60)	13	9
วัน/ปี(D)	200	50	100
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	21,328.06	3,960.96	5,484.36

ค่าพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = 23,203.04+5,179.67+7,921.85 kWh/ปี

= 39,304.56 kWh/ปี

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = 21,328.06+3,960.96+5,484.36 kWh/ปี

= 30,773.34 kWh/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง-พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

= 39,304.56– 30,773.34 kWh/ปี

= 8,531.22 kWh/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ x CE

= 8,531.22x 3.1729

= 27,068.72 บาท/ปี

ภาคผนวก ค

รายละเอียดมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ใช้เงินลงทุนและตัวอย่างการคำนวณ

1) ชื่อมาตรการ: ซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็น (Air Handling Unit)ของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : พัดลมส่งลมเย็น

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : พัดลมส่งลมเย็น

4) สถานที่ปรับปรุง : เครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยน้ำ PAC-34F

5) สภาพก่อนปรับปรุง : จากการตรวจวัดการใช้พลังงานของพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุด ผลที่ได้คือ พัดลมส่งลมเย็นมีการใช้พลังงานที่มากอาจจะเกิดจากการชำรุดต่างๆ ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องซ่อมบำรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับพัดลมส่งลมเย็น

6) สภาพหลังปรังปรุง : หลังจากดำเนินซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็น ทำให้การใช้พลังงานน้อยลงและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ตรวจวัดกระแสและแรงดันของพัดลมส่งลมเย็น

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ตารางที่ ค.1 เปรียบเทียบพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงมาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
ก่อนปรับปรัง	8.43	543,86.56	172,563.1
หลังปรับปรุง	6.41	41,363.3	131,241.4
พลังงานที่ประหยัดได้	2.02	13,023.34	41,321.75
เงินลงทุน		15,750	บาท
ระยะเวลาคืนทุน		0.38	ปี

9) วิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

กำลังไฟฟ้าของพัดลมส่งลมเย็นก่อนปรับปรุง P1 = 8.43 kW

กำลังไฟฟ้าของพัดลมส่งลมเย็นหลังปรับปรุง P2 = 6.41 kW

ชั่วโมงการทำงาน Hr(Mon-Th) = 21+(30/60) ชั่วโมง/วัน

Hr(Fri) = 17 ชั่วโมง/วัน

Hr(Sat-Sun) = 13 ชั่วโมง/วัน

วันทำงาน

ตารางที่ ค.2 ตารางวันทำงาน

	จ-พฤ	ศ	ส-อ
ชั่วโมง/วัน (Hr)	21+(30/60)	17	13
วัน/ปี(D)	200	50	100

ค่า

พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย CE = 3.1729 บาท/kWh

ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = P1 x Hr x D

ตารางที่ ค.3 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุงมาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	จ-พฤ	ศ	ส-อ
ชั่วโมง/วัน (Hr1)	21+(30/60)	17	13
วัน/ปี(D)	200	50	100
ผลการคำนวณ (kWh/ปี)	36,257.71	7,167.222	10,961.63

ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = P2 x Hr x D

ตารางที่ ค.4 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุงมาตรการซ่อมบำรุงพัดลมส่งลมเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	จ-พฤ	ศ	ส-อ
ชั่วโมง/วัน (Hr2)	21+(30/60)	17	13
วัน/ปี(D)	200	50	100
ผลการคำนวณ (kWh/ปี)	27,575.48	5,450.96	8,336.77

ค่าพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = 36,257.71+7,167.22+10,961.63

= 54,386.56

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = 27,575.48+5,450.96+8,336.77

= 41,363.23

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง-พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

= 54,386.56– 41,363.23

= 13,023.34

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ x CE

= 13,023.34 x 3.1729

= 41,321.75 บาท

การลงทุน

เงินลงทุน = 15,750 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้

= 15,750 / 41,321.75

= 0.38 ปี

1) ชื่อมาตรการ : การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Package Water Cooled)

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ชุดคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบชุดและหอผึ่งน้ำ

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : แผ่นฟิลเลอร์ในหอผึ่งน้ำจำนวน 1 ชุด และชุดคอยล์ร้อน 1 ชุด

4) สถานที่ปรับปรุง : PAC-34F

5) สภาพก่อนปรับปรุง : ในโรงงานได้มีการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด 75 ตัน จำนวน 2 พบว่าสภาพของแผ่นฟิลเลอร์ภายในหอผึ่งน้ำดังกล่าวมีสภาพชำรุดและมีตะไคร่เกาะจำนวนมาก ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการกระจายฝอยน้ำลดลง ส่งผลให้ไม่สามารถระบายความร้อนของน้ำได้ดีเท่าที่ควร ส่งผลให้สารทำความเย็นทีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นของระบบลดลง ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ และความดันในการอัดสารทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์สูงเกินค่าพิกัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น R-22 ซึ่งมีค่าความดันอยู่ที่ ความดันด้านสูง (P_H) = 200-220 psi ความดันด้านต่ำ (P_L) = 50-60 psi ค่าที่ตรวจวัดจากตัวเครื่องมีค่าดังตารางที่ ค.5

ตารางที่ ค.5 ค่าความดันที่คอมเพรสเซอร์

	P_H (psig)	P_L (psig)
PAC-34F	330	60
PAC-34R	220	55

6) สภาพหลังปรังปรุง : หลังจากดำเนินการเปลี่ยนแผ่นฟิลเลอร์ของหอผึ่งน้ำและทำความสะอาดคอยล์ร้อน ทำให้การระบายความร้อนดีขึ้นและใช้พลังงานน้อยลง

รูปที่ ค.1 สภาพแผ่นฟิลเลอร์ก่อนปรับปรุง

รูปที่ ค.2 ความดันด้านสูงและความดันด้านต่ำ

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : อ่านค่าความดันด้านสูงและด้านต่ำของคอมเพรสเซอร์ วัดค่าความดันไฟฟ้าและตรวจวัดหอผึ่งน้ำ

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ตารางที่ ค.6 เปรียบเทียบพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	กิโลวัตต์	กิโลวัตต์ ชั่วโมง/ปี	บาท/ปี
ก่อนปรับปรัง	33.72	217,546.25	690,252.48
หลังปรับปรุง	22.50	139,230.14	441,763.30
ผลต่างก่อนและหลังการปรับปรุง	11.22	78,316.11	248,489.19
เงินลงทุน		42,000.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน		0.17	ปี

9) วิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลทั่วไป

กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบชุดก่อนปรับปรุง ; P1 = 33.72 kW

กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบชุดหลังปรับปรุง ; P2 = 22.50 kW

ชั่วโมงการทำงานก่อนปรับปรุง ; Hr1(Mon-Th) = 21+(30/60) ชั่วโมง

Hr1(Fri) = 17 ชั่วโมง

Hr1(Sat-Sun) = 13 ชั่วโมง

ชั่วโมงการทำงานหลังปรับปรุง ; Hr2(Mon-Th) = 20+(45/60) ชั่วโมง

Hr2(Fri) = 16+(15/60) ชั่วโมง

Hr2(Sat-Sun) = 12+(15/60) ชั่วโมง

วันทำงาน (ดังตารางที่ ข.1)

ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ; CE = 3.1729 บาท/kWh

ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = P1 x Hr1 x D

ตารางที่ ค.7 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุงมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	จ-พฤ	ศ	ส-อ
ชั่วโมง/วัน(Hr1)	21+(30/60)	17	13
วัน/ปี(D)	200	50	100
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	145,030.83	28,668.89	43,846.53

ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = P2 x Hr2 x D

ตารางที่ ค.8 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุงมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

	จ-พฤ	ศ	ส-อ
ชั่วโมง/วัน(Hr2)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี(D)	200	50	100
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้(kWh/ปี)	93,382.64	18,282.75	27,564.75

ค่าพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = 145,030.83+28,668.89+43,846.53 kWh/ปี

= 217,546.25 kWh/ปี

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = 93,382.64+18,282.75+27,564.75 kWh/ปี

= 139,230.14 kWh/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง-พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

= 217,546.25– 139,230.14 kWh/ปี

= 78,316.11 kWh/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ x CE

= 78,316.11x 3.1729 บาท/kWh

= 248,489.19 บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ราคาฟิลเลอร์พร้อม ติดตั้ง = 35,000 บาท

*ราคาทำความสะอาดคอยล์ร้อนล้างตะกรัน = 5,200 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้

= 42,000.00 / 248,489.19

= 0.17 ปี

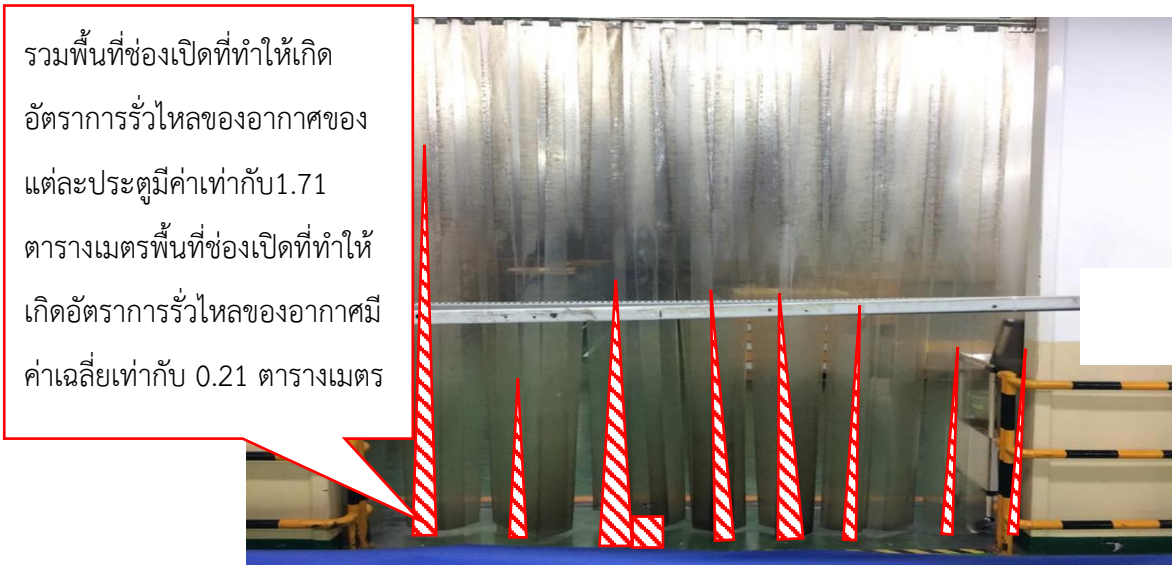
1) ชื่อมาตรการ : ลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก

2) อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ม่านประตูพลาสติก

3) จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ม่านประตูพลาสติกจำนวน 8 ประตู

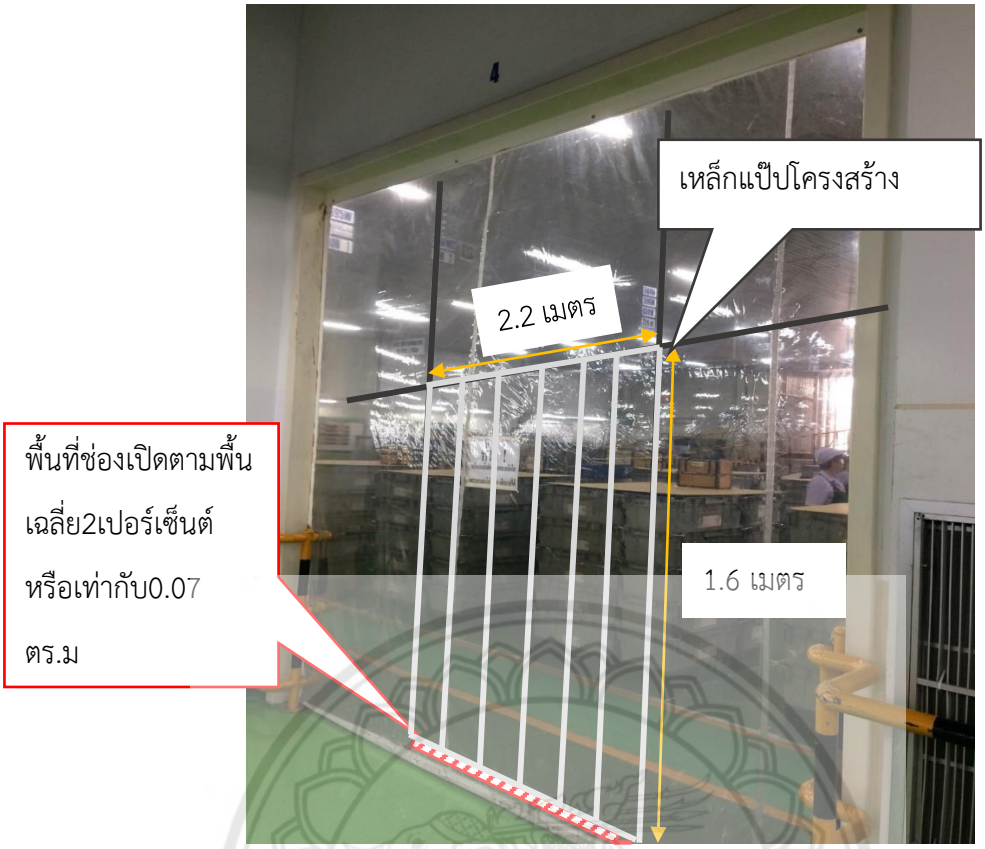
4) สถานที่ปรับปรุง : ประตูฝั่งซ้ายหมายเลข 0,2,6 และประตูฝั่งขวาหมายเลข 1,2,5,9,11

5) สภาพก่อนการปรับปรุง : เนื่องจากม่านประตูพลาสติกขนาด 3x3 เมตรมีช่องว่างทำให้อากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิสูง ความชื้นสูงเข้าไปสัมผัสกับอากาศภายในโรงงาน ส่งผลให้มีการสิ้นเปลืองพลังงาน



รูปที่ ค.3 ม่านก่อนปรับปรุง

6) สภาพหลังปรับปรุง : จากการสำรวจพื้นที่ที่มีช่องว่างตามม่านประตูพลาสติกจึงทำการหาวัดพื้นที่ช่องเปิดของม่านประตูพลาสติกแต่ละประตูพบว่าพื้นที่ช่องเปิดของแต่ละประตูคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21 เปอร์เซ็นต์ จึงทำการปรับปรุงโดยติดตั้งม่านพลาสติกใสปิดสนิท ขนาด 3x3 เมตร และเว้นช่องว่างเพื่อขนของเข้า-ออกประตูขนาด 2.2x1.6 ตารางเมตร ซึ่งจะใช้ม่านพลาสติกเป็นริ้วเหมือนเดิมแต่มีการปิดที่ไม่ให้อากาศผ่านได้ บริเวณม่านประตูพลาสติกอาจมีช่องเปิดอยู่บ้าง เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะมีค่าประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ม่านประตูพลาสติก โดยโครงสร้างจะทำเหมือนประตูเปิด-ปิดอัตโนมัติที่โรงงานได้ทำไว้บางประตูดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ ค.4 ติดประตูหลังปรับปรุง

7) วิธีการตรวจสอบผลการประหยัดหลังปรับปรุง : ตรวจวัดค่าความเร็วลมบริเวณประตู และพื้นที่ที่มีอากาศรั่วจากนั้นนำค่าที่ตรวจวัดมาคำนวณผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้จากสมการ ต่อไปนี้

จากสมการ $\dot{Q} = (\frac{AV}{\vartheta})\Delta h$ .....(1)

โดยที่ $\dot{Q}$ = พลังงานความร้อน หน่วย kW

h= เอนทราปี หน่วย kJ/kg

ϑ = ปริมาตรจำเพาะ หน่วย m^3/kg

A = พื้นที่หน้าตัดประตู หน่วย m^2

V = ความเร็วลม หน่วย m/s

8) เปรียบเทียบการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง :

ตารางที่ ค.9 เปรียบเทียบพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงมาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก

	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kWh/ปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ก่อนปรับปรุง	14.917	46,149.469	292,864.53
หลังปรับปรุง	6.284	19,441.125	123,373.378
ผลประหยัด	8.633	26,708.344	169,491.152
ปริมาณ CO_2 ที่ลดได้ ($kg\ CO_2$)		14,983.381	47,542.268
เงินลงทุน		10,134	บาท
ระยะเวลาคืนทุน		0.06	ปี

(ค่า Emission Factor สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2561 , www.inmu.mahidol.ac.th)

เงินลงทุน

- ม่านริ้วพลาสติกขนาด 2.2 x 1.6 เมตร จำนวน *1* ชุด ราคา 4,400 บาท
- ม่านพลาสติกใสปิดทึบขนาด 3x3 เมตร จำนวน *1* ชุด ราคา 5,500 บาท
- เหล็กเส้นโครงสร้างขนาด 3/4 นิ้ว หนา 1.2 มิลลิเมตร จำนวน 2 เส้น ราคา 234 บาท

(ค้นหาเมื่อ 17 มีนาคม 2561;(www.onestockhome.com,www.onestockhome.com)

9) แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

ข้อมูลเบื้องต้น

ตารางที่ ค.10 ช่วงเวลาทำงานในโรงงาน

วันคู่	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์	วันคี่	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)	ชั่วโมง/วัน	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี	100	25	50	วัน/ปี	100	25	50

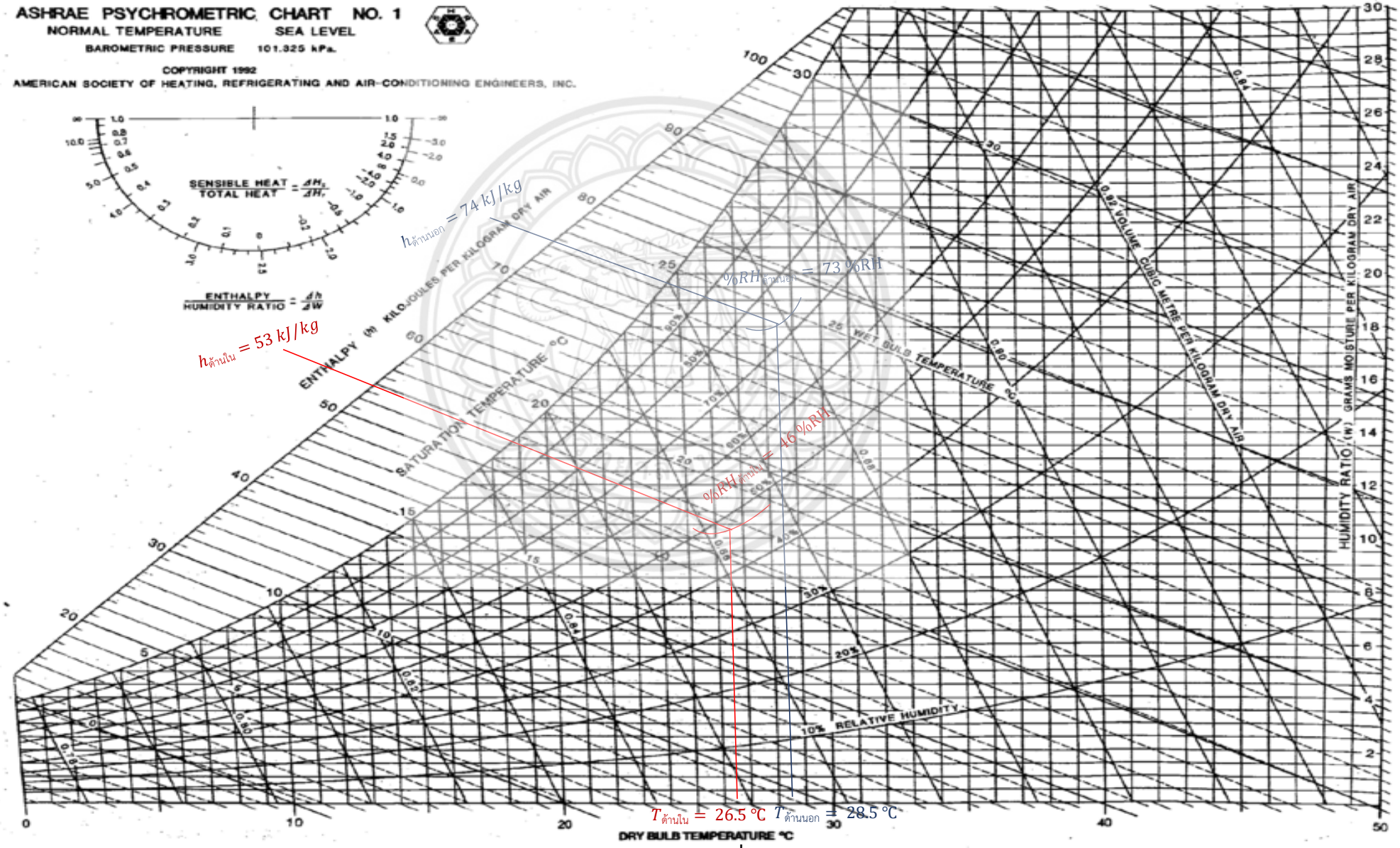
รูปที่ ค.5 แสดงตำแหน่งของประตูของโรงงาน

ตารางที่ ค.11 ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดเฉลี่ย

หมายเลขประตู	ความเร็วลมเฉลี่ย	อุณหภูมิด้านในเฉลี่ย	อุณหภูมิด้านนอกเฉลี่ย	ความชื้นด้านในเฉลี่ย	ความชื้นด้านนอกเฉลี่ย	ขนาดของพื้นที่ช่องเปิดตามม่านพลาสติก
ฝั่งขวา						
0	0.696 m/s	26.5 ℃	28.5 ℃	46 %RH	73 %RH	0.02 ตร.ม
2	0.696 m/s	26.8 ℃	28.4 ℃	45 %RH	76 %RH	0.18 ตร.ม
6	0.696 m/s	26.7 ℃	28 ℃	44 %RH	65 %RH	0.24 ตร.ม
ฝั่งซ้าย						
1	0.694 m/s	26.1 ℃	28.2 ℃	46 %RH	56 %RH	0.19 ตร.ม
2	0.198 m/s	26 ℃	28.8 ℃	46 %RH	57 %RH	0.37 ตร.ม
5	0.798 m/s	26.2 ℃	28.1 ℃	50 %RH	58 %RH	0.45 ตร.ม
9	1.697 m/s	26.4 ℃	28.7 ℃	50 %RH	61 %RH	0.03 ตร.ม
11	1.097 m/s	26.1 ℃	28 ℃	48 %RH	58 %RH	0.23 ตร.ม
รวมขนาดของพื้นที่ช่องเปิดตามม่านพลาสติก						1.71 ตร.ม

วิธีการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง

นำข้อมูลจากตารางที่ 3 ข้างต้นเปิดตาราง psychrometric chart จะยกตัวอย่างของประตูหมายเลข 0 ฝั่งขวา



รูปที่ ค.6 ข้อมูล

ตารางที่ ค.12 ข้อมูลทั้งหมดก่อนปรับปรุง

หมายเลขประตู	$h_{\text{ด้านใน}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{ด้านนอก}}$ (kJ/kg)	$\vartheta_{\text{ด้านนอก}}$ (m^3/kg)	A (m^2)	V (m/s)	$Q = AV$ (m^3/s)	$\dot{Q} = (\frac{AV}{\vartheta})\Delta h$ (W_{th})	เปลี่ยน kW_{th} เป็น TON	กิโลวัตต์สูญเสีย เมื่อเทียบกับสมรรถนะการทำความเย็น ของ Air cooled chiller (kW)	กิโลวัตต์สูญเสีย เมื่อเทียบกับ สมรรถนะการทำความเย็น ของ Package water cooled (kW)
ฝั่งซ้าย										
0	53	74	0.878	0.02	0.696	0.014	0.335	0.095	0.188	0.074
2	46	76	0.88	0.18	0.696	0.125	4.261	1.212	2.391	0.939
6	51	67	0.874	0.24	0.696	0.167	3.057	0.869	1.715	0.674
ฝั่งขวา										
1	51	63	0.873	0.19	0.694	0.132	1.814	0.516	1.018	0.400
2	51	65	0.875	0.37	0.198	0.073	1.168	0.332	0.655	0.257
5	53	64	0.873	0.45	0.798	0.359	4.523	1.286	2.538	0.997
9	54	67	0.876	0.03	1.697	0.051	0.757	0.215	0.425	0.167
11	52	63	0.873	0.23	1.097	0.252	3.175	0.903	1.781	0.700
	รวม								10.710	4.207

หมายเหตุ : จาก 1W = 3.412 Btu/hr , 1 TON = 12,000 Btu/h , Air cooled chiller มี kW/TON เฉลี่ย 1.97, Package water cooled มี kW/TON เฉลี่ย 0.775

กิโลวัตต์สูญเสียรวมระหว่าง Air cooled chiller และ Package water cooled ก่อนปรับปรุง (P1) = 10.710+4.207

= 14.917 kW

พลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุง = P1 x Hr x D

ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย(CE) = 3.173 บาท/kWh

คิดค่าใช้จ่าย (บาท/ปี) = พลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุง (kWh/Year) x CE

ตารางที่ ค.13 คำนวณค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุงมาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก

วันคู่	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์	วันคี่	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)	ชั่วโมง/วัน(Hr)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี(D)	100	25	50	วัน/ปี(D)	100	25	50
พลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุง (kWh/ปี)	30,952.775	6,060.031	9,136.663	พลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุง (kWh/ปี)	30,952.775	6,060.031	9,136.663
คิดค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	98,213.155	19,228.478	28,990.632	คิดค่าใช้จ่าย(บาท/ปี)	98,213.155	19,228.478	28,990.632
รวมค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	146,432.265			รวมค่าใช้จ่าย(บาท/ปี)	146,432.265		
รวมค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุง (บาท/ปี)	292,864.53						

ตารางที่ ค.14 ข้อมูลทั้งหมดหลังปรับปรุง

หมายเลขประตู	$h_{\text{ด้านใน}}$ (kJ/kg)	$h_{\text{ด้านนอก}}$ (kJ/kg)	$\vartheta_{\text{ด้านนอก}}$ (m^3/kg)	$A\,(m^2)$	V (m/s)	$Q = AV$ (m^3/s)	$\dot{Q} = (\frac{AV}{\vartheta})\Delta h$ (kW_{th})	เปลี่ยน kW_{th} เป็น TON	กิโลวัตต์สูญเสีย เมื่อเทียบกับสมรรถนะการทำความเย็นของ Air cooled chiller	กิโลวัตต์สูญเสีย เมื่อเทียบกับ สมรรถนะการทำความเย็นของ Package water cooled
ฝั่งซ้าย										
0	53	74	0.878	0.07	0.696	0.049	1.165	0.331	0.654	0.257
2	46	76	0.88	0.07	0.696	0.049	1.661	0.472	0.932	0.366
6	51	67	0.874	0.07	0.696	0.049	0.892	0.254	0.500	0.197
ฝั่งขวา										
1	51	63	0.873	0.07	0.694	0.049	0.668	0.190	0.375	0.147
2	51	65	0.875	0.07	0.198	0.014	0.222	0.063	0.124	0.049
5	53	64	0.873	0.07	0.798	0.056	0.704	0.200	0.395	0.155
9	54	67	0.876	0.07	1.697	0.119	1.763	0.501	0.989	0.388
11	52	63	0.873	0.07	1.097	0.077	0.968	0.275	0.543	0.213
								รวม	4.512	1.772

กิโลวัตต์สูญเสียรวมระหว่าง Air cooled chiller และ Package water cooled หลังปรับปรุง (P2) = 4.512+1.772

= 6.284 kW

พลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุง = P2 x Hr x D

ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย(CE) = 3.173 บาท/kWh

คิดค่าใช้จ่าย (บาท/ปี) = พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุง (kWh/Year) x CE

ตารางที่ ค.15 คำนวณค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุงมาตรการลดอัตราการรั่วไหลอากาศของม่านประตูพลาสติก

วันคู่	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์	วันคี่	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)	ชั่วโมง/วัน(Hr)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี(D)	100	25	50	วัน/ปี(D)	100	25	50
พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุง (kWh/ปี)	13,039.3	2,552.875	3,848.95	พลังงานที่ใช้หลังปรับปรุง (kWh/ปี)	13,039.3	2,552.875	3,848.95
คิดค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	41,373.699	8,100.272	12,212.718	คิดค่าใช้จ่าย(บาท/ปี)	41,373.699	8,100.272	12,212.718
รวมค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	61,686.689			รวมค่าใช้จ่าย(บาท/ปี)	61,686.689		
รวมค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุง (บาท/ปี)	123,373.378						

1.ชื่อมาตรการ : การใช้อากาศจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต

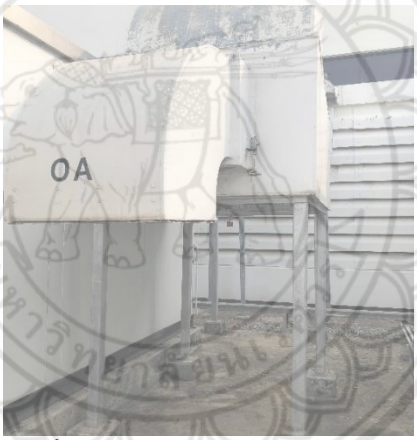
2.อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : ท่ออากาศภายนอก (Outside Air)

3.จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 18 ชุด

4.สถานที่ปรับปรุง : ท่ออากาศที่นำอากาศผ่านเครื่องส่งลมเย็นเข้าสู่บริเวณพื้นที่ในส่วนผลิต

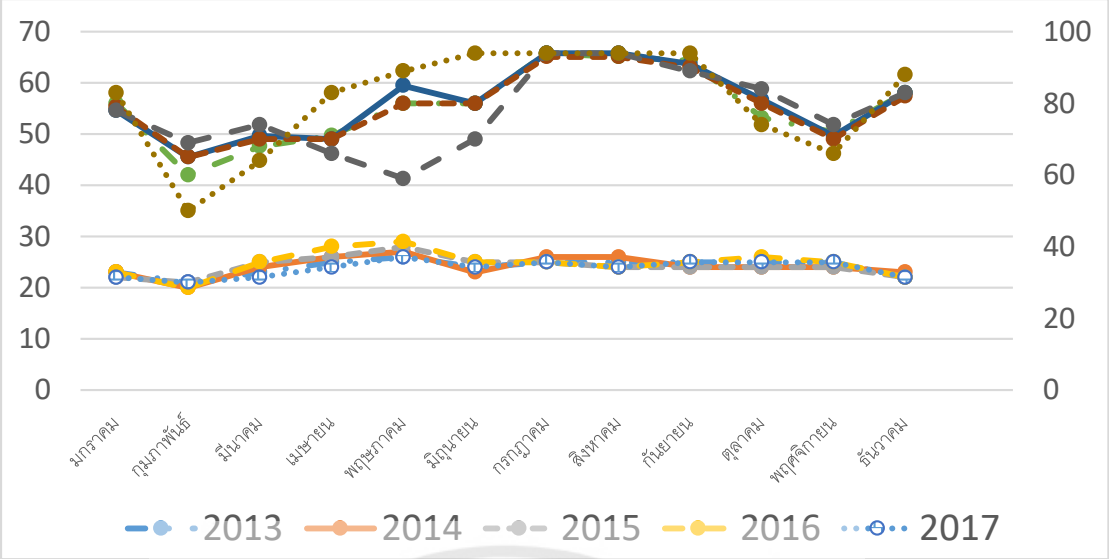
5.สภาพก่อนปรับปรุง

<u>สภาพเดิม</u> ในโรงงานมีเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศและแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยเปิดใช้งานโดยพิจารณาปรับเปลี่ยนชั่วโมงการทำงานลดเวลาดังตารางที่ ... แต่เดิมจากการออกแบบเบื้องต้นมีการนำอากาศจากภายนอกมาหมุนเวียนภายในโรงงาน ต่อมาทางบริษัทต้องการลดการใช้พลังงานจึงทำการปิดท่อดูดอากาศจากภายนอก ดังรูปที่ ข.9 และ รูปที่ ข.10



รูปที่ ค.7 ท่อดูดอากาศจากภายนอก

รูปที่ ค.8 ท่อดูดอากาศจากภายนอก



รูปที่ ค.9 แสดงอุณหภูมิของอากาศ 5 ปีย้อนหลังในจังหวัดพิษณุโลก

จากรูปอุณหภูมิของอากาศ 5 ปีย้อนหลังในจังหวัดพิษณุโลก ในตอนกลางคืนพบว่าในฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤษจิกายนไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์มีอุณหภูมิค้อนข้างต่ำโดยมีอุณหภูมิต่ำสุดถึง 21 องศาเซลเซียสในเดือนกุมภาพันธ์ และ มีอุณหภูมิสูงสุดถึง 26 องศาเซลเซียสในเดือนพฤษภาคม ในปี 2560 (สืบค้นจาก https://www.wunderground.com)

สภาพหลังปรับปรุง ได้ทำการเปิดท่ออากาศภายนอกในช่วงระหว่าง เดือนพฤศจิกายน ไปถึงเดือนกุมภาพันธ์ ในตอนกลางคืนโดยมีการติดตั้ง แดมเปอร์บริเวณท่ออากาศจากภายนอกโดยมีมอเตอร์ในการขับเคลื่อนเปิด – ปิด โดยมีการตรวจสอบราคาพบว่า แดมเปอร์ราคา 2,800 บาทต่อชิ้น มอเตอร์ขับราคา 3,900 บาทต่อเครื่อง (สอบถามราคาจาก บริษัท ซาปะ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ณ วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2561)

วิธีการตรวจสอบผลประหยัดพลังงานหลังปรับปรุง ทำการตรวจวัดค่าก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุง ซึ่งมีผลให้ระบบปรับอากาศปิดได้ และสามารถประหยัดพลังงานลงได้มาก

<u>ก่อนปรับปรุง</u>

ข้อมูลเบื้องต้น

กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น		P1	= 1,768.54 kW
ชั่วโมงการทำงานก่อนปรับปรุง	จ-พฤ	Hr1(Mon-Th)	= 20+(45/60) ชั่วโมง/วัน

	ศ.	Hr1(Fri)	= 16+(15/60) ชั่วโมง/วัน
	ส-อ	Hr1(Sat-Sun)	= 12+(15/60) ชั่วโมง/วัน
วันทำงานก่อนปรับปรุง จันทร์-พฤหัสบดี		D1	= 200 วัน/ปี
ศุกร์		D2	= 50 วัน/ปี
เสาร์-อาทิตย์		D3	= 100 วัน/ปี
ชั่วโมงการทำงานหลังปรับปรุง	จ-พฤ	Hr2(Mon-Th)	= 11+(15/60) ชั่วโมง/วัน
	ศ.	Hr2(Fri)	= 11+(15/60) ชั่วโมง/วัน
	ส-อ	Hr2(Sat-Sun)	= 11+(15/60) ชั่วโมง/วัน
วันทำงานหลังปรับปรุง จันทร์-พฤหัสบดี		D1	= 200 วัน/ปี
ศุกร์		D2	= 50 วัน/ปี
เสาร์-อาทิตย์		D3	= 100 วัน/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย		CE	= 3.1729 บาท/kWh
เงินลงทุน			= 7,200 บาท/เครื่อง
รวม			= 129,600 บาท

ตารางที่ ค.16 แสดงการคำนวนก่อนปรับปรุงมาตรการใช้อากาศจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr1)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี (D)	200	50	100
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	7,339,441	1.436,983.75	2,166,461.5
รวม (kWh/ปี)	10,942,886.25		
คิดเป็นเงิน (บาท/ปี)	34,720,683.78		

วันพลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = P1 x Hr1(Mon-Th)x D1

= 1,768.54 x 20+(45/60) x 200

= 7,339,441 kWh/ปี

= P1 x Hr1(Fri) x D1

= 1,768.54 x 16+(15/60) x 50

= 1.436,983.75 kWh/ปี

= P1 x Hr1(Sat-Sun) x D1

= 1,768.54 x 12+(15/60) x 100

= 2,166,461.5 kWh/ปี

รวม =7,339,441+1.436,983.75 + 2,166,461.5

= 10,942,886.25 kWh/ปี

= 9,921,718.13 kWh/ปี x 3.1729 บาท/kWh

= 34,720,683.78 บาท/ปี

ตารางที่ ค.17 แสดงการคำนวนหลังปรับปรุงมาตรการช่วงฤดูหนาวใช้อากาศจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr1)	11+(15/60)	11+(15/60)	11+(15/60)
วัน/ปี (D)	49	13	24
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	974,907.68	258,648.98	477,505.8
รวม (kWh/ปี)	1,711,062.46		

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงฤดูหนาว = 1,768.54 x 11+(15/60) x 49

= 974,907.68 kWh/ปี

= 1,768.54 x 11+(15/60) x 13

= 258,648.98 kWh/ปี

= 1,768.54 x 11+(15/60) x 24

= 477,505.8 kWh/ปี

รวม = 974,907.68 + 258,648.98 + 477,505.8

= 1,711,062.46 kWh/ปี

ตารางที่ ค.18 แสดงการคำนวณก่อนปรับปรุงมาตรการช่วงฤดูหนาวของเครื่องส่งลมเย็นมาตรการใช้อากาศจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr1)	7	2+(30/60)	0
วัน/ปี (D)	49	13	0
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้(kWh/ปี)	56,606.32	5,363.57	0
รวม (kWh/ปี)	61,969.89		

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงฤดูหนาว = 165.033 x 7 x 49

= 56,606.32 kWh/ปี

= 165.033 x 2+(30/60) x 13

= 5,363.57 kWh/ปี

รวม = 56,606.32 + 5,363.57

= 61,969.89 kWh/ปี

รวมกลางวันกับกลางคืน = 1,711,062.46 + 61,969.89

= 1,773,032.35 kWh/ปี

ตารางที่ ค.19 แสดงการคำนวนหลังปรับปรุงมาตรการช่วงฤดูร้อนมาตรการใช้อากาศจากภายนอกมาช่วยปรับสภาวะอากาศบริเวณพื้นที่ส่วนผลิต

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr1)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี (D)	151	37	76
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	5,541,277.96	1,063,334.68	1,646,510.74
รวม (kWh/ปี)	8,251,123.38		

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน = 1,768.54 x 20+(45/60) x 151

= 5,541,277.96 kWh/ปี

= 1,768.54 x 16+(15/60) x 37

= 1,063,334.68 kWh/ปี

= 1,768.54 x 12+(15/60) x 76

= 1,646,510.74 kWh/ปี

รวม = 5,541,277.96+ 1,063,334.68 + 1,646,510.74

= 8,251,123.38 kWh/ปี

รวมทั้งปี = 8,251,123.38 + 1,773,032.35

= 10,024,155.73 kWh/ปี

= 10,024,155.73kWh/ปี x 3.17 บาท/kWh

= 31,805,643.72 บาท/ปี

ผลประหยัดที่เกิดขึ้น

ค่าไฟที่ประหยัดได้ = 34,720,683.78 - 31,805,643.72

= 2,915,040.06 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน/เงินจำนวนที่ประหยัดได้

= 158,400/2,915,040.06

= 0.054 ปี

1 ชื่อมาตรการ : การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) ประสิทธิภาพสูง

2 อุปกรณ์ที่ปรับปรุง : เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ

3 จำนวนอุปกรณ์ที่ปรับปรุง : 8 ชุด

4 สถานที่ปรับปรุง : เครื่องทำน้ำเย็น 8 ชุด CH1-1 , CH1-2 , CH2-1 , CH2-2 , CH3-1 , CH3-2 , CH4-1 , CH4-2

5 สภาพก่อนปรับปรุง

<u>สภาพเดิม</u> เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาด 150 ตันความเย็น จำนวน 8 เครื่อง เปิดใช้งานโดยพิจารณาปรับเปลี่ยนชั่วโมงการทำงานลดเวลาดังตารางที่ ... เครื่องทำน้ำเย็นมีการใช้งานมานานกว่า 12 ปี มีสภาพที่เก่าและมีสนิมดังรูปที่ ค.9 และรูปที่ ค.10 ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าสูงขึ้น

รูปที่ ค.10 เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ**สภาพเดิม**

รูปที่ ค.11 เกจวัดความดันด้านสูงและด้านต่ำ เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ สภาพเดิม

<u>ปัญหาที่พบ</u> เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ มีการใช้งานนานถึง 12 ปี จึงมีสมรรถนะการทำความเย็นที่ต่ำ จากการตรวจวัดพบว่าเครื่องมีสมรรถนะทั้ง 8 เครื่อง ดังตารางที่ ... ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน ซึ่งหากมีการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่จะทำให้มีสมรรถนะการทำความเย็นสูงขึ้น และช่วยลดการประหยัดพลังงานขึ้นอีกด้วย

ตารางที่ ค.20 สมรรถนะการทำความเย็นแล้วกำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศทั้ง 8 เครื่อง

	kW	TON	kW/TON
CH1-1	197.29	105.89	1.86
CH1-2	182.25	108.93	1.67
CH2-1	196.45	102.86	1.90
CH2-2	184.68	100.10	1.84
CH3-1	196.84	119.07	1.65
CH3-2	190.94	98.14	1.94
CH4-1	203.76	88.82	2.29
CH4-2	162.09	64.53	2.51

สภาพหลังปรับปรุง ทำการพิจารณาเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศขนาด 150 TR จำนวน 8 เครื่อง โดยเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศชุดใหม่มีกำลังไฟฟ้า 1120 kW ราคาเครื่องละ 2,500,000 บาท (สอบถามข้อมูลจาก บริษัท คอมพาส เอ็นจิเนียริ่ง 53 จำกัด ณ วันที่ 14 มีนาคม 2561) เปิดใช้งานโดยพิจารณาปรับเปลี่ยนชั่วโมงการทำงานลดเวลาดังตารางที่ ... เหมือนเดิม

วิธีการตรวจสอบผลประหยัดพลังงานหลังปรับปรุง ทำการตรวจวัดค่าก่อนและหลังดำเนินการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายอากาศด้วยความร้อน ซึ่งมีผลให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นที่สูงขึ้น และสามารถประหยัดพลังงานลงได้มาก

แสดงวิธีการคำนวณประกอบ

ข้อมูลเบื้องต้น

กำลังไฟฟ้าเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศรวม

CH1-1,CH1-2,CH2-1,CH2-2,CH3-1,CH3-2CH4-1,CH4-2 P1= 1,514.37 kW

กำลังไฟฟ้าเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศใหม่ P2 = 1,200.00 kW

ชั่วโมงการทำงาน จ-พฤ Hr1(Mon-Th) = 20+(45/60) ชั่วโมง/วัน

ศ. Hr1(Fri) = 16+(15/60) ชั่วโมง/วัน

ส-อ Hr1(Sat-Sun) = 12+(15/60) ชั่วโมง/วัน

วันทำงาน จันทร์-พฤหัสบดี D1 = 200 วัน/ปี

ศุกร์ D2 = 50 วัน/ปี

เสาร์-อาทิตย์ D3 = 100 วัน/ปี

ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย CE = 3.17 บาท/kWh

เงินลงทุน = 2,500,000.00 บาท/เครื่อง

ค่าติดตั้ง = 2,600,000 บาท

รวมเงินลงทุน = 22,600,000.00 บาท

ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง

ตารางที่ ค.21 แสดงการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศประสิทธิภาพสูง

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr1)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี (D)	200	50	100
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	6,284,635.5	1,230,425.63	1,855,103.25
รวม (kWh/ปี)	9,370,164.38		
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานต่อปี (บาท/ปี)	29,730,594.56		

วิธีการคำนวนการใช้พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = P1 x Hr1(Mon-Th)x D1

= 1,514.37 x 20+(45/60) x 200

= 6,284,635.5 kWh/ปี

= P1 x Hr1(Fri)x D2

= 1,514.37 x 16+(15/60) x 50

= 1,230,425.63 kWh/ปี

= P1 x Hr1(Sat-Sun)x D3

= 1,514.37 x 12+(15/60) x 100

= 1,855,103.25 kWh/ปี

= 6,284,635.5 + 1,230,425.63 + 1,855,103.25

= 9,370,164.38 kWh/ปี

= 9,370,164.38 kWh/ปี x 3.1729 บาท/kWh

= 29,730,594.56 บาท/ปี

ตารางที่ ค.22 แสดงการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศประสิทธิภาพสูง

	จันทร์-พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์-อาทิตย์
ชั่วโมง/วัน (Hr1)	20+(45/60)	16+(15/60)	12+(15/60)
วัน/ปี (D)	200	50	100
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh/ปี)	4,648,000	910,000	1,372,000
รวม (kWh/ปี)	6,930,000		
คิดเป็นเงิน (บาท/ปี)	21,988,197		

วิธีการคำนวนการใช้พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = P2 x Hr1(Mon-Th)x D1

= 1,120 x 20+(45/60) x 200

= 4,648,000 kWh/ปี

= P2 x Hr1(Fri)x D2

= 1,120 x 16+(15/60) x 50

= 910,000 kWh/ปี

= P2 x Hr1(Sat-Sun)x D3

= 1,120 x 12+(15/60) x 100

= 1,372,000 kWh/ปี

= 4,648,000 + 910,000 + 1,372,000

= 6,930,000 kWh/ปี

= 6,930,000 kWh/ปี x 3.1729 บาท/kWh

= 21,988,197 บาท/ปี

<u>ผลประหยัดที่เกิดขึ้น</u>

ค่าไฟที่ประหยัดได้ = 29,730,594.56 - 21,988,197

= 7,742,397.56 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน/เงินจำนวนที่ประหยัดได้

= 20,000,000/7,742,397.56

= 2.58 ปี

ก๊าซเรือนกระจก

ตารางที่ ค.23 ค่าแฟกเตอร์ กิโลกรัมของก๊าซคาร์บอนไดร์ออกไซด์

ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟกเตอร์($kgCO_2$)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
น้ำประปา	m^3	0.0264	Metropolian Waterworks Authority(Thailand)
ไฟฟ้า	kWh	0.7350	TC Common data
กระดาษ	kg	0.5200	Simapro
น้ำมันดีเซล	kg	0.6800	BUAWAL250
ก๊าซโซลีน	kg	2.93	BUAWAL250
ก๊าซโซฮอล์	L	2.93	TGO CFP Guideline
ก๊าซหุงต้ม (LPG)จากก๊าซธรรมชาติ	kg	0.4980	Thai LCI data