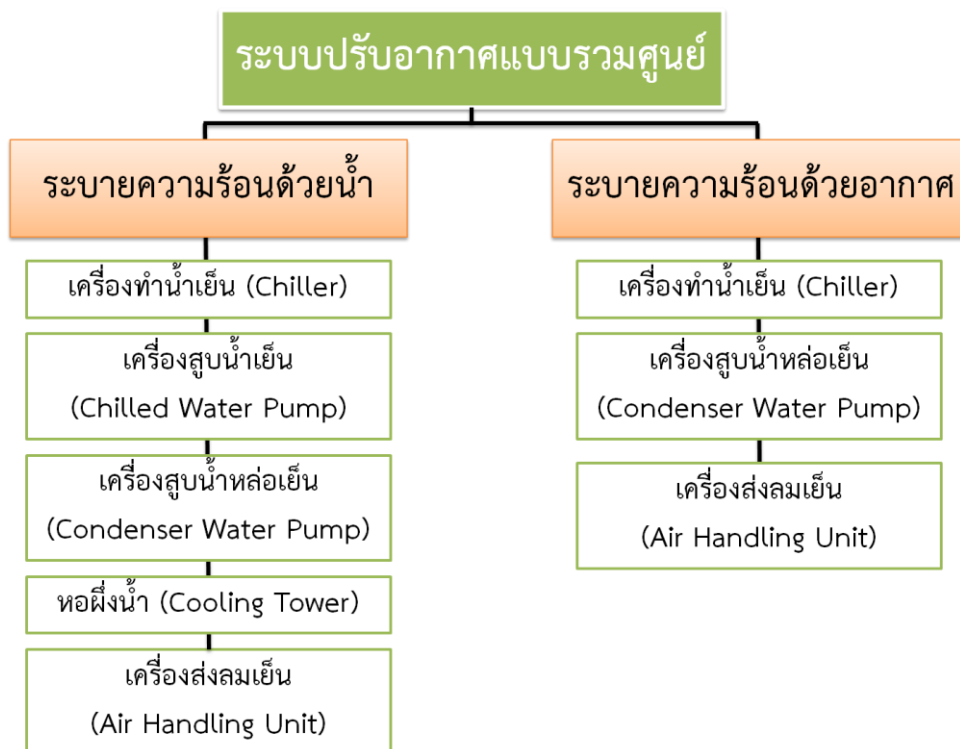


บทที่ 6 เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์

6.1 องค์ประกอบของระบบ

เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ หรือเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใช้ในการทำน้ำเย็นเพื่อใช้ในการปรับอากาศ ซึ่งเป็นกระบวนการควบคุมสถานะของอากาศเพื่อให้เป็นไปตามความต้องการ โดยทั่วไปปัจจัยหรือพารามิเตอร์ของอากาศที่ต้องควบคุมประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด การกระจายลม และปริมาณลม การปรับอากาศมุ่งให้เกิดความรู้สึกสบายต่อผู้อยู่อาศัย อย่างไรก็ตามในอุตสาหกรรม การทำน้ำเย็นอาจจะใช้ในการระบายความร้อนให้เครื่องจักรหรือการปรับอากาศใช้เพื่อควบคุมสถานะอากาศในกระบวนการผลิต

เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เป็นองค์ประกอบหนึ่งในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ซึ่งมีองค์ประกอบทั้งหมดดังนี้



รูปที่ 6.1 แผนผังแสดงองค์ประกอบของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์



รูปที่ 6.2 แผนผังแสดงวงจรการทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์โดยทั่วไปชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ



รูปที่ 6.3 แผนผังแสดงวงจรการทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์โดยทั่วไปชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

สัดส่วนการใช้พลังงานในระบบแต่ละระบบของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ดังนี้

ระบายความร้อนด้วยน้ำ	% พลังงาน	ระบายความร้อนด้วยอากาศ	% พลังงาน
เครื่องทำน้ำเย็น	50 – 60 %	เครื่องทำน้ำเย็น	75 – 85 %
เครื่องสูบน้ำเย็นและน้ำหล่อเย็น	15 – 25 %	เครื่องสูบน้ำเย็น	5 – 10 %
หอผึ่งน้ำ	4 – 8 %	เครื่องส่งลมเย็น	10 – 20 %
เครื่องส่งลมเย็น	15 – 25 %		

6.2 นิยามประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ

การหาค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นโดยทั่วไปนิยมอยู่ 2 วิธี คือการหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) และการหาค่ากำลัง ไฟฟ้าต่อตันความเย็น (CHP) โดยแต่ละวิธีมีนิยามในการหา ดังนี้

6.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องทำน้ำเย็น (Q_e) หน่วยเป็นวัตต์ กับ กำลังไฟฟ้า (W) หน่วยเป็นวัตต์

$$COP = \frac{Q_e}{W}$$

6.2.2 ค่ากำลัง ไฟฟ้าต่อตันความเย็น (CHP) คืออัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) กับขีดความสามารถทำความเย็นสุทธิรวมของเครื่องทำน้ำเย็น หน่วยเป็นตัน (Ton)

$$CHP = \frac{kW}{Ton}$$

6.3 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ประกาศกระทรวง เรื่อง การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร พ.ศ. 2552 กำหนดค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นขั้นต่ำสำหรับอาคารที่ก่อสร้างหรือดัดแปลงที่มีพื้นที่รวมกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ดังตาราง

ประเภทเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ		ขนาดความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระพิกัดของเครื่องทำน้ำเย็น (ตันความเย็น)	ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	
ชนิดการระบายความร้อน	แบบของเครื่องอัด	น้อยกว่า 300	1.33	
		มากกว่า 300	1.31	
ระบายความร้อนด้วยอากาศ	ทุกชนิด	น้อยกว่า 300	1.33	
		มากกว่า 300	1.31	
	แบบลูกสูบ	ทุกชนิด	1.24	
		แบบโรตารี แบบสกูหรือแบบสโครอลล์	น้อยกว่า 150	0.89
			มากกว่า 150	0.78
แบบแรงเหวี่ยง	น้อยกว่า 500	0.76		
	มากกว่า 500	0.62		

นอกจากข้อบังคับตามกฎหมาย มาตรฐานประสิทธิภาพหรือสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นสามารถอ้างอิง ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2010 ได้ดังรูป

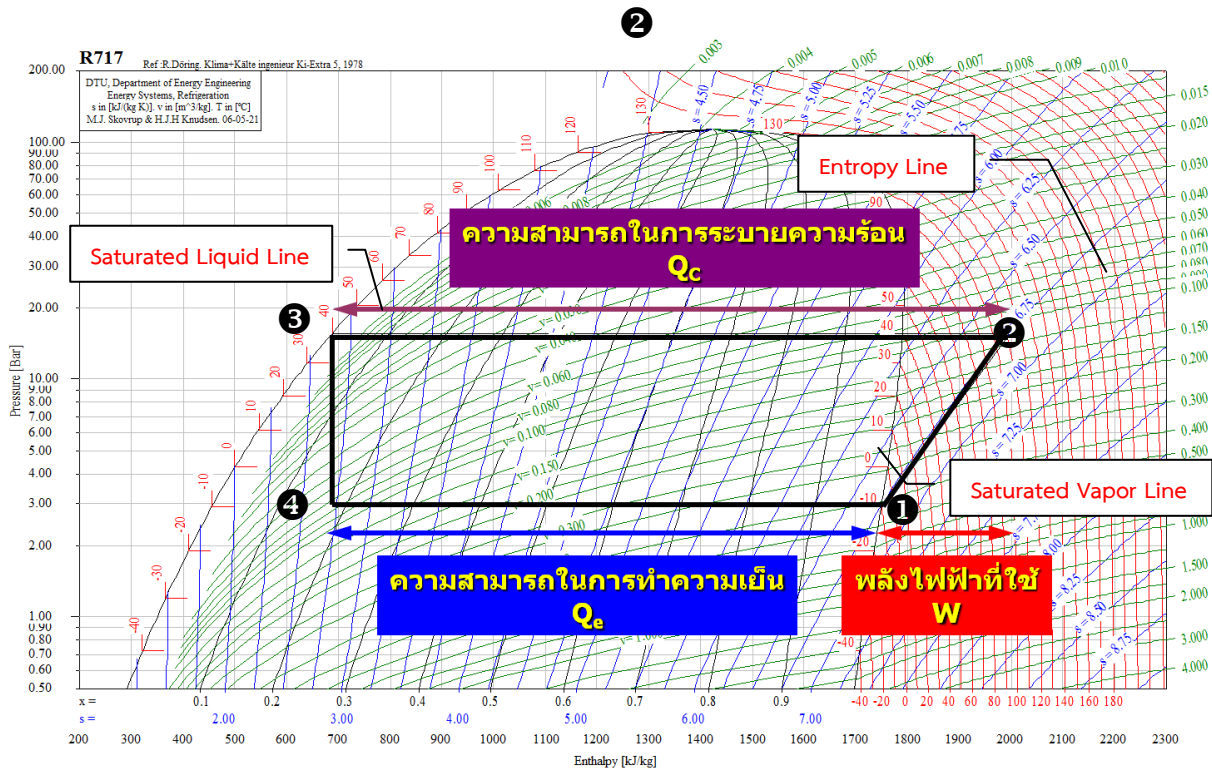
TABLE 6.8.1C Water Chilling Packages—Efficiency Requirements^a

Equipment Type	Size Category	Units	Path A		Path B		Test Procedure ^c
			Full Load	IPLV	Full Load	IPLV	
Air-Cooled Chillers	<150 tons	EER	≥9.562	≥12.750	NA ^d	NA ^d	
	≥150 tons	EER	≥9.562	≥12.750	NA ^d	NA ^d	
Air-Cooled without Condenser, Electrically Operated	All Capacities	EER	Air-cooled chillers without condensers must be rated with matching condensers and comply with the air-cooled chiller <i>efficiency</i> requirements.				
Water-Cooled, Electrically Operated, Reciprocating	All Capacities	kW/ton	Reciprocating units must comply with water-cooled positive displacement <i>efficiency</i> requirements				
Water-Cooled, Electrically Operated, Positive Displacement	<75 tons	kW/ton	≤0.780	≤0.630	≤0.800	≤0.600	AHRI 550/590
	≥75 tons and <150 tons	kW/ton	≤0.775	≤0.615	≤0.790	≤0.586	
	≥150 tons and <300 tons	kW/ton	≤0.680	≤0.580	≤0.718	≤0.540	
	≥300 tons	kW/ton	≤0.620	≤0.540	≤0.639	≤0.490	
Water-Cooled, Electrically Operated, Centrifugal	<150 tons	kW/ton	≤0.634	≤0.596	≤0.639	≤0.450	
	≥150 tons and <300 tons	kW/ton	≤0.634	≤0.596	≤0.639	≤0.450	
	≥300 tons and <600 tons	kW/ton	≤0.576	≤0.549	≤0.600	≤0.400	
	≥600 tons	kW/ton	≤0.570	≤0.539	≤0.590	≤0.400	

รูปที่ 6.4 ตารางกำหนดค่ามาตรฐานสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นตาม ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2010

6.4 แนวทางการสำรวจและเก็บข้อมูลวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

6.4.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) ค่า COP คืออัตราส่วนพลังงานระหว่างความสามารถในการทำความเย็นสุทธิ (Q_e) ต่อการใช้พลังงาน (W) ดังรูป



รูปที่ 6.5 รูปแสดงวงจรการทำงานของสารทำความเย็น

เครื่องมือหรือมาตรวัดที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย

1. แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Enthalpy (h) และความดัน (P) ของสารทำความเย็น Refrigerant P-h Diagram
2. มาตรวัดค่าความดัน หรืออุณหภูมิ ของสารทำความเย็นด้านดูด (Suction) และด้านจ่าย (Discharge) เมื่ออ่านค่าความดันหรืออุณหภูมิของสารทำความเย็นด้านดูดและด้านจ่ายได้แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่า COP ได้ดังนี้ต่อไป
 - (1) จากค่าความดันหรืออุณหภูมิด้านดูดและด้านจ่ายที่อ่านได้ ลากเส้นตรงในแนวระนาบ จะได้จุดตัดกับ Saturate Vapor Line คือจุดที่ 1 และจุดตัด Saturate Liquid Line คือจุดที่ 3
 - (2) จากจุดที่ 1 ลากเส้นให้ขนานกับ Entropy Line ไปตัดกับเส้น ของความดันด้านจ่าย จะได้จุดที่ 2
 - (3) จากจุดที่ 3 ลากเส้นตรงในแนวตั้งลงมาตัดกับเส้นของความดันด้านดูดก็จะได้จุดที่ 4
 - (4) อ่านค่า Enthalpy ของแต่ละจุดจากนั้นหาค่า COP จากสมการ

$$COP = \frac{Q_e}{W}$$

หรือ

$$COP = \frac{m \cdot (h_1 - h_4)}{m \cdot (h_2 - h_1)}$$

หรือ

$$COP = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

การหาค่าสมรรถนะ (COP) ดังกล่าวเป็นการหาจากกราฟ P-h Diagram แบบอุดมคติ ซึ่งไม่มีการถ่ายเทความร้อนในกระบวนการที่ 2 ไป 3 (Isentropic Efficiency = 100 % หรือ 1.0) แต่ในความเป็นจริงจะมีการสูญเสียความร้อนจากแรงเสียดทาน (Isentropic Efficiency < 1.0) ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงต้องรู้ค่า Isentropic Efficiency ด้วย และเพื่อความแม่นยำควรใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการประเมิน

6.4.2 การหาค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/Ton)

ในการตรวจวัดและวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/Ton) มีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

- (1) ใช้เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) วัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็น หน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) หรือใช้ Data Logger ในกรณีที่ต้องการวัดแบบต่อเนื่อง
- (2) วัดอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ผ่านเครื่องสูบน้ำเย็นในรูปของ ลิตรต่อวินาที (L/s) หรือ แกลลอนต่อวินาที (GPM)
- (3) วัดค่าอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกเครื่องทำน้ำเย็นในรูปของ หน่วยขององศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) หรือองศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$)
- (4) คำนวณหาการทำความเย็นสุทธิ (Ton) โดยสมการ

$$Q_e (\text{Ton}) = 1.19 \times F \times (T_{in} - T_{out})$$

โดยที่ F = อัตราการไหลของน้ำเย็น (ลิตร/วินาที)

T_{in} = อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็น ($^{\circ}\text{C}$)

T_{out} = อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาออกเครื่องทำน้ำเย็น ($^{\circ}\text{C}$)

หรือสมการ

$$Q_e (Ton) = \frac{F \times (T_{in} - T_{out})}{24}$$

โดยที่ F = อัตราการไหลระบบน้ำเย็น (GPM)
 T_{in} = อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาเข้า เครื่องทำน้ำเย็น (°F)
 T_{out} = อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาออก เครื่องทำน้ำเย็น (°F)

(5) คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (CHP)

$$CHP = \frac{kW}{Ton}$$

ตัวอย่างตารางการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

รายการ	หน่วย	สัญลักษณ์	No.	แหล่งที่มา
หมายเลขเครื่อง	-	-		
สถานที่ใช้งาน	-	-		
เวลาเปิดใช้งาน	-	-		ข้อมูลเปิด-ปิด
ปีที่ติดตั้งใช้งาน	-	-		ปีที่ติดตั้ง
ยี่ห้อ	-	-		Name Plate
รุ่น	-	-		Name Plate
ลักษณะ/ระยะการบำรุงรักษา	-	-		ช่วงเวลาการบำรุงรักษา
ค่าพิกัด	Cooling Capacity	Ton	-	Name Plate
	Power Consumption	kW	-	Name Plate
	ชนิดสารทำความเย็น	-	-	Name Plate
	พิกัดอัตราการไหลของน้ำเย็น	gpm	-	Name Plate
	พิกัดอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น	gpm	-	Name Plate
	ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ	kW/Ton	-	Name Plate
Setting Point	Leaving Water Temperature	°F	-	ค่า Set Point
	% Load Amp.	%	-	ค่า Set Point
ผลการตรวจวัด				
Ambient Condition	อุณหภูมิ / % RH	°C / %RH	AT	ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ณ เวลาที่ตรวจวัด
สารทำความเย็น	Suction Pressure	psig	P_s	Panel Bord หรือ Pressure Gauge
	Suction Temperature	°F	T_e	Panel Bord หรือ Pressure Gauge
	Evaporator Approach Temp.	°F	ΔT_e	$\Delta T_e = CHS - T_e$
	Discharge Pressure	psig	P_d	Panel Bord หรือ Pressure Gauge
	Discharge Temperature	°F	T_c	Panel Bord หรือ Pressure Gauge
	Condenser Approach Temp.	°F	ΔT_c	$\Delta T_c = T_c - CDS$
น้ำเย็น	อุณหภูมิเข้า	°F	CHR	Panel Bord หรือ Thermometer
	อุณหภูมิออก	°F	CHS	Panel Bord หรือ Thermometer
	อัตราการไหล	gpm	F	ตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหล
	Pressure Drop	psig	ΔP_e	Pressure Gauge
	TR	Ton	Q_e	$Q_e = F \times (CHR - CHS) / 24$
	% Inlet/Outlet Valve Open	%	-	ตำแหน่งการเปิดวาล์วขณะตรวจวัด
น้ำหล่อเย็น	อุณหภูมิเข้า	°F	CDR	Panel Bord หรือ Thermometer
	อุณหภูมิออก	°F	CDS	Panel Bord หรือ Thermometer
	อัตราการไหล	gpm	F_c	ตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหล
	Pressure Drop	psig	ΔP_c	Pressure Gauge
	TC	Ton	Q_c	$Q_c = F_c \times (CDS - CDR) / 24$
	% Inlet/Outlet Valve Open	%	-	ตำแหน่งการเปิดวาล์วขณะตรวจวัด
ไฟฟ้า	V	Volt	V	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	A1	Amp.	I1	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	A2	Amp.	I2	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	A3	Amp.	I3	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	kW	kW	W	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	P.F.	-	PF	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	% Load Amp.	%	%Amp	Panel Bord หรือกระแสที่วัดได้ต่อ กระแสพิกัด
ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ	kW/Ton	Eff.		$Eff. = W / Q_e$
หมายเหตุ				

ตัวอย่างตารางการตรวจวัดและเก็บข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

รายการ	หน่วย	สัญลักษณ์	No.	แหล่งที่มา
หมายเลขเครื่อง	-	-		
สถานที่ใช้งาน	-	-		
เวลาเปิดใช้งาน	-	-		ข้อมูลเปิด-ปิด
ปีที่ติดตั้งใช้งาน	-	-		ปีที่ติดตั้ง
ยี่ห้อ	-	-		Name Plate
รุ่น	-	-		Name Plate
ลักษณะ/ระยะการบำรุงรักษา	-	-		ช่วงเวลาการบำรุงรักษา
ค่าพิกัด	Cooling Capacity	Ton	-	Name Plate
	จำนวน Compressor	set	-	Name Plate
	Power Consumption of Compressor	kW	-	Name Plate
	จำนวนพัดลม	set	-	Name Plate
	Power Consumption of Fan	kW	-	Name Plate
	ชนิดสารทำความเย็น	-	-	Name Plate
	พิกัดอัตราการไหลของน้ำเย็น	gpm	-	Name Plate
	ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ	kW/Ton	-	Name Plate
Setting Point	Leaving Water Temperature	°F	-	ค่า Set Point
	% Load Amp.	%	-	ค่า Set Point
ผลการตรวจวัด				
Ambient Condition	อุณหภูมิ / % RH	°C / %RH	AT	ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ณ เวลาที่ตรวจวัด
สารทำความเย็น	Suction Pressure	psig	P_s	Panel Bord หรือ Pressure Gauge
	Suction Temperature	°F	T_s	Panel Bord หรือ Pressure Gauge
	Evaporator Approach Temp.	°F	ΔT_e	$\Delta T_e = CHS - T_s$
	Discharge Pressure	psig	P_d	Panel Bord หรือ Pressure Gauge
	Discharge Temperature	°F	T_d	Panel Bord หรือ Pressure Gauge
	Condenser Approach Temp.	°F	ΔT_c	$\Delta T_c = T_c - CDS$
น้ำเย็น	อุณหภูมิเข้า	°F	CHR	Panel Bord หรือ Thermometer
	อุณหภูมิออก	°F	CHS	Panel Bord หรือ Thermometer
	อัตราการไหล	gpm	F	ตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหล
	Pressure Drop	psig	ΔP_e	Pressure Gauge
	TR	Ton	Q_e	$Q_e = F \times (CHR - CHS) / 24$
	% Inlet/Outlet Valve Open	%	-	ตำแหน่งการเปิดวาล์วขณะตรวจวัด
อากาศ	อุณหภูมิเข้า	°F	CDR	Panel Bord หรือ Thermometer
	อุณหภูมิออก	°F	CDS	Panel Bord หรือ Thermometer
	พื้นที่อากาศเข้า	ft ²	A	ตรวจวัดหรือ Name Plate
	ความเร็วอากาศเข้า	m/s	V_{in}	ตรวจวัด
	TR	Ton	Q_c	$Q_c = Q_e + (W / 3.517)$
ไฟฟ้า	V	Volt	V	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	A1	Amp.	I1	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	A2	Amp.	I2	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	A3	Amp.	I3	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	kW	kW	W	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	P.F.	-	PF	ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter
	% Load Amp.	%	%Amp	Panel Bord หรือกระแสที่วัดได้ต่อ กระแสพิกัด
ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ	kW/Ton	Eff.		Eff. = W / Q_e
หมายเหตุ				

6.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

ตัวอย่างที่ 1 : เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำชนิด Centrifugal สารทำความเย็น R-123 พิกัดขนาด 550 ตัน กำลังไฟฟ้า 330 กิโลวัตต์ ทำการตรวจวัดได้ข้อมูลดังนี้

- อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า Chiller 56.0 °F
- อุณหภูมิน้ำเย็นออกจาก Chiller 48.8 °F
- อุณหภูมิสารทำความเย็นด้านดูด (Suction) 47.5 °F
- อุณหภูมิสารทำความเย็นด้านจ่าย (Discharge) 103.9 °F
- อัตราการไหลของน้ำเย็น 1,571 gpm
- กำลังไฟฟ้า 327 kW

จงหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/Ton)

วิธีการคำนวณ

จากสมการ

$$CHP = \frac{kW}{Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{ความสามารถในการทำน้ำเย็นสุทธิ (Ton)} &= F \times (T_{in} - T_{out}) / 24 \\ &= 1,571 \text{ gpm} \times (56 - 48.8) \text{ }^{\circ}\text{F} / 24 \\ &= 471.3 \text{ Ton} \\ \text{ประสิทธิภาพ Chiller (CHP)} &= 327 \text{ kW} / 471.3 \text{ Ton} \\ &= 0.694 \text{ kW/Ton} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2 : เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศแบบลูกสูบ สารทำความเย็น R-22 พิกัดขนาด 100 ตัน กำลังไฟฟ้า 125 กิโลวัตต์ ทำการตรวจวัดได้ข้อมูลดังนี้

- อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า Chiller 13.0 °C
- อุณหภูมิน้ำเย็นออกจาก Chiller 10.5 °C
- อัตราการไหลของน้ำเย็น 23.34 l/s
- กำลังไฟฟ้า 85.7 kW

จงหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/Ton)

วิธีการคำนวณ

จากสมการ

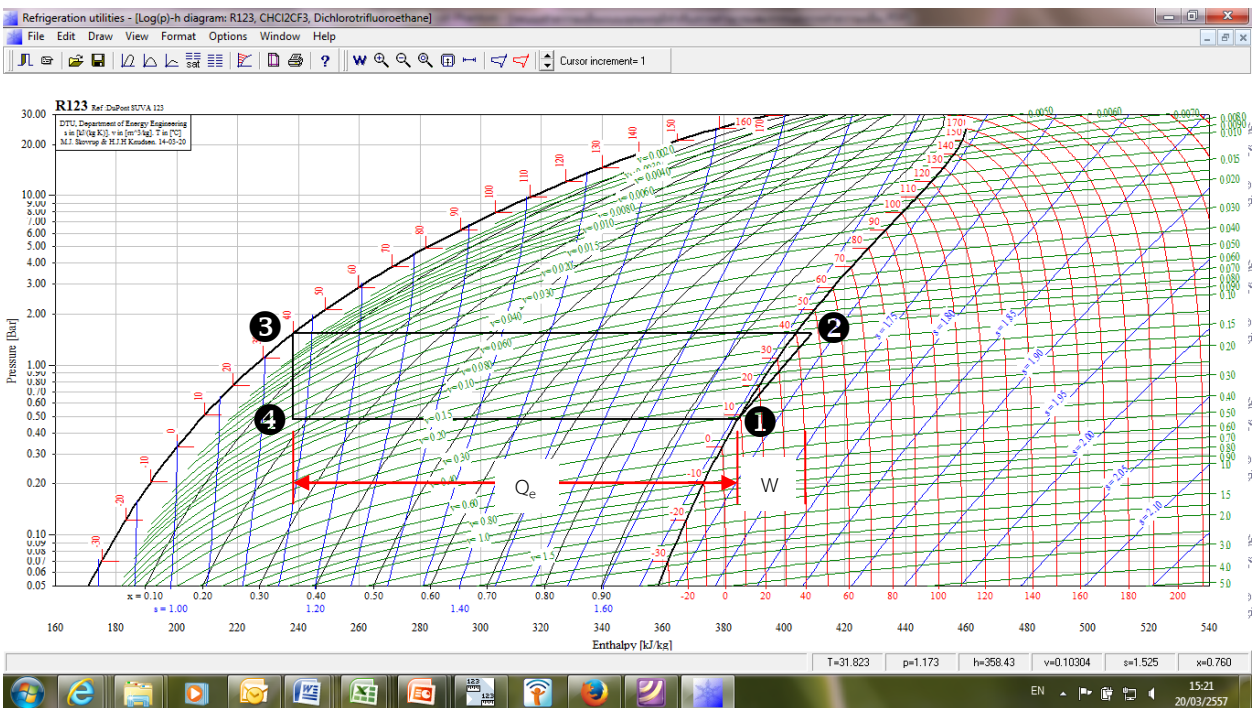
$$CHP = \frac{kW}{Ton}$$

ความสามารถในการทำความเย็นสุทธิ (Ton) = 1.19 x F x (T_{in} - T_{out})
 = 1.19 x 23.34 Vs x (13.0-10.5) °C
 = 69.4 Ton
 ประสิทธิภาพ Chiller (CHP) = 85.7 kW / 69.4 Ton
 = 1.235 kW/Ton

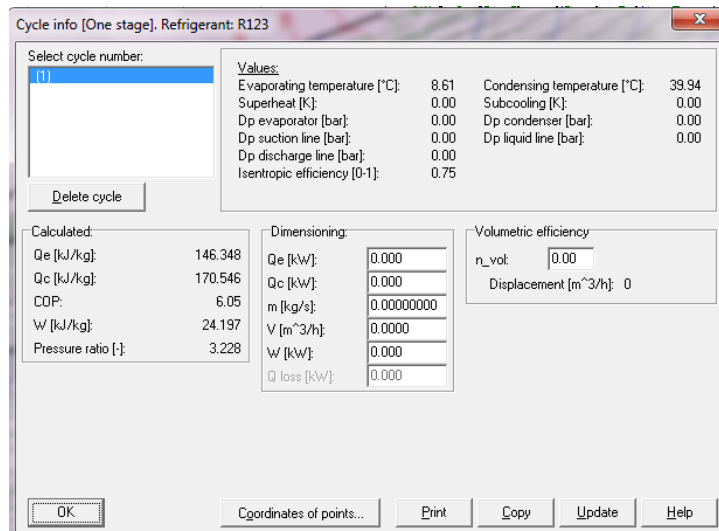
ตัวอย่างที่ 3 : จากตัวอย่างที่ 1 ให้คำนวณหาค่า COP และ kW/Ton โดยใช้ P-h Diagram โดยกำหนดค่า Isentropic Efficiency เท่ากับ 0.75 ประสิทธิภาพมอเตอร์ 90% และประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำและสารทำความเย็นเท่ากับ 95%

วิธีการคำนวณ

จาก P-h Diagram ของสารทำความเย็นที่อุณหภูมิสารทำความเย็นด้านดูดและด้านจ่ายที่อ่านได้ ป้อนค่าในโปรแกรมคำนวณ “Refrigeration Utilities” โดยกำหนดค่า Isentropic Efficiency เท่ากับ 0.75 จะได้ดังรูป



รูปที่ 6.6 โปรแกรมคำนวณ Refrigeration Utilities



จากโปรแกรม

$$\begin{aligned} \text{COP} &= 6.05 \\ \text{kW/Ton} &= 3.517 / \text{COP} \\ &= 0.581 \text{ kW/Ton} \end{aligned}$$

ค่า COP หรือ kW/Ton ที่ได้จากโปรแกรมเป็นค่าสมรรถนะของวงจรสารทำความเย็น ซึ่งยังไม่รวมการสูญเสียของมอเตอร์และการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นและน้ำ ดังนั้นถ้าจะหาประสิทธิภาพหรือสมรรถนะรวมของเครื่องทำน้ำเย็นจะได้

$$\begin{aligned} \text{CHP} &= (\text{kW/Ton}) / (\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์} \times \text{ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน}) \\ \text{ดังนั้น} \\ \text{CHP} &= 0.581 / (0.90 \times 0.95) \\ &= 0.679 \text{ kW/Ton} \end{aligned}$$

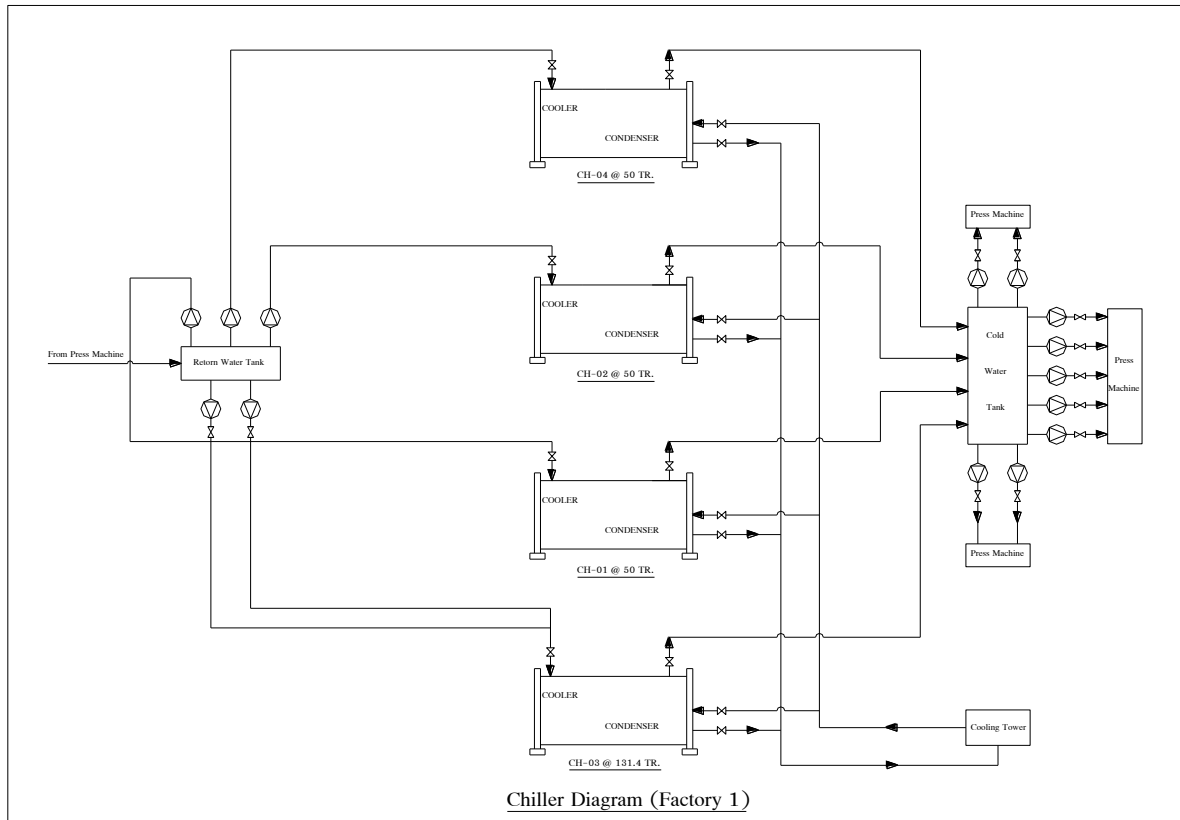
จากตัวอย่างที่ 1 และ 3 จะมีค่าแตกต่างกัน 2.08% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ แต่การคำนวณด้วยวิธีที่ 3 จะมีค่าแม่นยำมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับข้อกำหนดค่า Isentropic Efficiency ซึ่งจะต้องสอบถามทางผู้ผลิตโดยตรงจึงจะได้ค่าที่ชัดเจน

6.6 ตัวอย่างมาตรการที่ประสบความสำเร็จ

ตัวอย่างที่ 1 : ปรับเพิ่ม Set Point เครื่องทำน้ำเย็น (โรงงาน 1)

ความเป็นมาและลักษณะการใช้พลังงาน

โรงงาน 1 มีเครื่องทำความเย็นแบบรวมศูนย์ทั้งหมด 4 ชุด โดยใช้ในการทำน้ำเย็นเพื่อใช้ระบายความร้อนให้กับน้ำมันไฮดรอลิกของเครื่อง Press โดยปัจจุบันมีการปรับตั้งอุณหภูมิ Set point ของเครื่องทำน้ำเย็นไว้ที่ 10 °C ในขณะที่อุณหภูมิของน้ำมันไฮดรอลิกที่เครื่อง Press ต้องการหลังจากระบายความร้อนแล้วจะอยู่ที่ประมาณ 5-40 °C



รูปที่ 6.7 Flow Chart Diagram

ผังการทำงาน (Flow Chart Diagram)

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง มีการตั้งค่าอุณหภูมิน้ำที่ใช้ระบายความร้อนให้กับน้ำมันไฮดรอลิกไว้ต่ำเกินไป

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

จากการทดลองปรับ Set Point ของเครื่องทำความเย็นหมายเลข CH-02 เป็น 18 °C ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง และอุณหภูมิของน้ำมันไฮดรอลิกหลังจากปรับ Set Point เท่ากับ 39 °C โดยหลังจากการปรับ Set Point ไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและ Press Machine

สภาพหลังปรับปรุง

หลังดำเนินการสามารถปรับเพิ่ม Set Point น้ำเย็นของ Chiller เป็น 18 °C โดยไม่กระทบกับการใช้งานปกติ



รูปที่ 6.8 Chiller, อุณหภูมิ Set Point และอุณหภูมิน้ำเย็นด้านออก

ข้อเสนอแนะ

ไม่มี

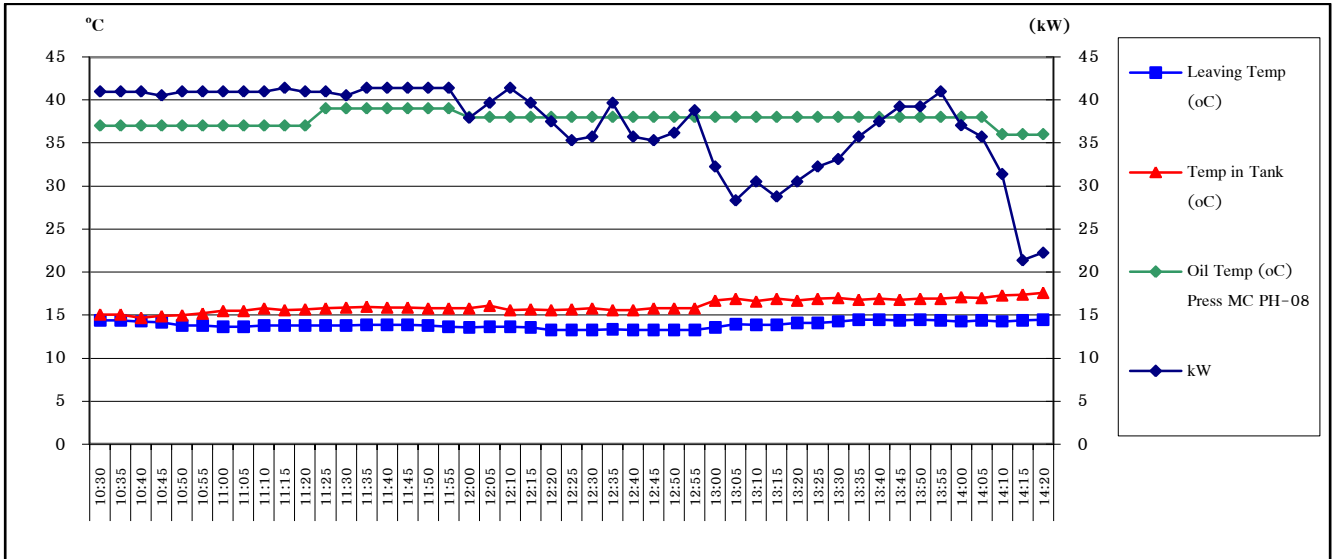
แนวทางการขยายผล

ยังมีแนวโน้มที่จะสามารถปรับเพิ่มอุณหภูมิได้อีก และมีความเป็นไปได้ในการที่จะยกเลิกการใช้ Chiller ทำน้ำเย็นเพื่อระบายความร้อนให้น้ำมันไฮดรอลิกเป็นระบายความร้อนโดยใช้อากาศแทน โดยตอนนี้อยู่ระหว่างศึกษารายละเอียด

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

หมายเลข	พิกัด (kW)	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		เวลาใช้งาน		ผลการประหยัด		
		Set Point (°C)	(kW)	Set Point (°C)	(kW)	ชม./วัน	วันปี	kW	kWh/ปี	บาท/ปี
CH-01	37.00	10	39.90	18	24.60	24	365	15.30	134,028.00	320,326.92
CH-02	37.00	10	41.01	18	23.40	24	365	17.61	154,263.60	368,690.00
CH-04	37.00	10	39.60	18	22.90	24	365	16.70	146,292.00	349,637.88
Total	111.00	-	120.51	-	70.90	-	-	49.61	434,583.60	1,038,654.80

ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 2.39 บาท/kWh



รูปที่ 6.9 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้า, อุณหภูมิน้ำเย็นด้านออก ระหว่างการทดลองปรับ Set Point ครึ่งละ 1 °C

ตัวอย่างที่ 2 : การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่มีสมรรถนะต่ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

อาคารติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง ระบายความร้อนด้วยน้ำขนาด 1000 TR จำนวน 6 ชุด และขนาด 500 TR จำนวน 2 ชุด มีการเดินใช้งานขนาด 1000 TR จำนวน 5 ชุด และขนาด 500 TR จำนวน 2 ชุด เครื่องทำน้ำเย็น ใช้สารทำความเย็น R-11 และ R-12 ซึ่งปัจจุบันไม่มีการผลิตสารทำความเย็นชนิดนี้แล้ว และเครื่องทำน้ำเย็นบางชุด มีสมรรถนะต่ำและมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูง ดังนั้นจึงควรทำการเปลี่ยนใหม่

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เครื่องทำน้ำเย็นที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี และมีค่า kW/TR สูง ควรพิจารณาเปลี่ยนใหม่จะส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มาก



เครื่องทำน้ำเย็น	ขนาดพิกัด (TR)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	ความสามารถในการทำความเย็น	ค่า kW/TR
CH-1	1,000	628.64	712	0.88
CH-2	1,000	697.59	784	0.89
CH-3	1,000	699.53	707	0.99
CH-4	1,000	-	-	-
CH-5	1,000	663.76	888	0.75
CH-6	1,000	691.73	817	0.85
CH-7	500	329.90	394	0.84
CH-8	500	325.90	340	0.96

แนวคิดและขั้นตอนดำเนินการ

เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 1,2 และชุดที่ 3 มีค่า kW/TR สูง จึงสมควรที่จะทำการเปลี่ยนใหม่ไปใช้เครื่องทำน้ำเย็นที่มีสมรรถนะสูง โดยมีค่า kW/TR ประมาณ 0.6 kW/TR ซึ่งเมื่อทำการเปลี่ยนใหม่จำนวน 3 ชุด อาคารควรจะ สามารถหยุดเดินเครื่องทำน้ำเย็นเดิมได้อีก 1 ชุด

เครื่องทำน้ำเย็น	ขนาดพิกัด (TR)	ความสามารถในการทำความเย็น (TR)		ค่า kW/TR		กำลังไฟฟ้าที่ใช้	
		ชุดเดิม	ชุดใหม่	ชุดเดิม	ชุดใหม่	ชุดเดิม	ชุดใหม่
CH-1	1,000	712	1000	0.88	0.6	628.64	427.2
CH-2	1,000	784	1000	0.89	0.6	697.59	470.4
CH-3	1,000	707	1000	0.99	0.6	699.53	424.2
CH-4	1,000	-	-	-	-	-	-
CH-5	1,000	888	-	0.75	-	633.76	-
CH-6	1,000	817	-	0.85	-	691.73	-
CH-7	500	394	-	0.84	-	329.90	-
CH-8	500	340	-	0.96	-	325.90	-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ความสามารถในการทำความเย็นรวมเดิม = 4,642 TR

(เดิน 1000 TR x 5 ชุด และเดิน 500 TR x 2 ชุด)

ความสามารถในการทำความเย็นรวมใหม่ = 4,622 TR

(เดิน 1000 TR ชุดใหม่ 3 ชุด, เดิน 1000 TR ชุดเก่า 1 ชุด และเดิน 500 TR 2 ชุด โดยหยุดเดิน CH-6)

กำลังไฟฟารวมเดิม = 4,037.05 kW

กำลังไฟฟารวมใหม่ = 3,333.09 kW

กำลังไฟฟ้าที่เครื่องทำน้ำเย็นใช้ลดลง = (4,037.05 - 3,333.09) x 0.8

= 703.96 kW

= 703.96 x 12

= 8,447.52 kW/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องทำน้ำเย็นใช้ลดลง = 703.96 x 12 x 365 x 0.8

= 2,466,675.84 kW/ปี

ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง = 2,466,675.84 x 2.83

= 6,980,692.63 บาท/ปี