บทที่ 4

วิธีการศึกษา

น้ำแข็งที่มีขายในท้องตลาดทั่วไปมี 2 แบบ คือ น้ำแข็งซองและน้ำแข็งหลอด ทั้งสองอย่าง มีระบบทำความเย็นเป็นองค์ประกอบหลักเหมือนกัน แต่จะต่างกันที่ขั้นตอนการขึ้นรูปน้ำแข็งเท่านั้น ในที่นี้จึงเลือกศึกษาระบบทำความเย็นในกระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง การเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาได้ขอความร่วมมือจากโรงงานผลิตน้ำแข็ง 2 โรง ที่มีการใช้ระบบทำความเย็นแตกต่างกัน 3 แบบ คือ

1.แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Condenser)

2.แบบระเหยด้วยลมธรรมชาติ (Natural-Draft Evaporative Condenser)

4.1 แนวทางการศึกษา

4.1.1 ข้อพิจารณาที่นำมาเปรียบเทียบ

ตารางที่ 4.1 ข้อพิจารณาในการเปรียบเทียบ

	ข้อพิจารณา	ค่าบ่งชี้
1	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น	COPr
2	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการใช้ไฟฟ้ารวมในการทำความเย็น	COPt
3	การบำรุงรักษา	วิธีการ, ความถี่

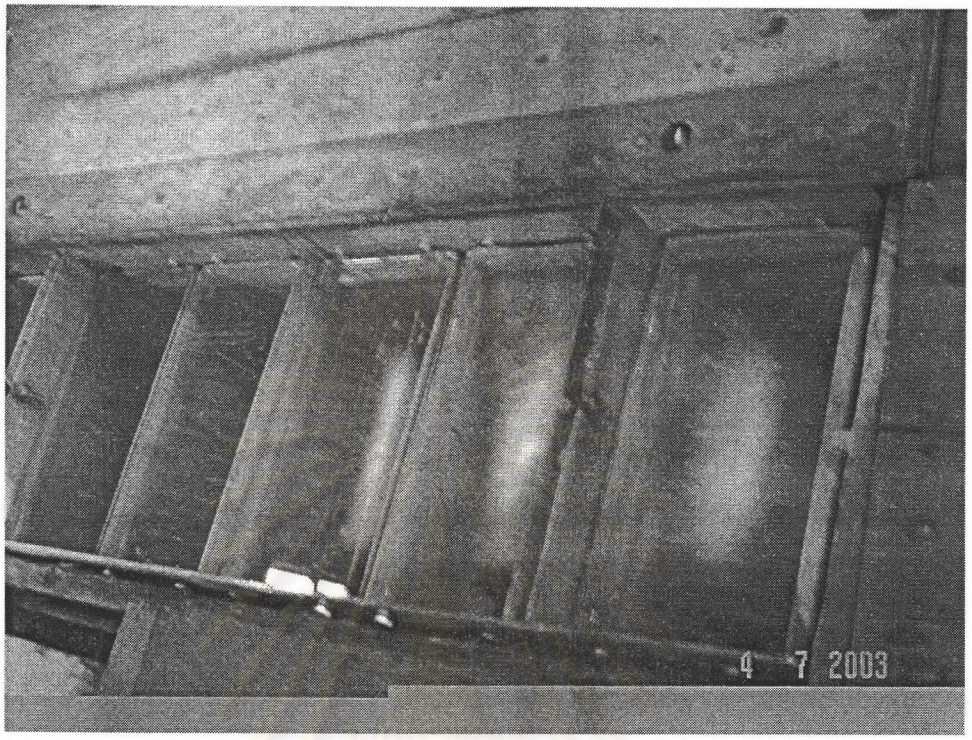
4.1.2 การตรวจสอบเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบทำความเย็น

1. ตรวจสอบอุปกรณ์ในระบบ
2. ตรวจสอบสภาพของการทำงานในระบบ

4.2 **กระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง** (block-ice manufacturing)

น้ำดิบอุณหภูมิบรรยากาศที่ผ่านกระบวนการปรับสภาพและฆ่าเชื้อโรคแล้ว ทำการบรรจุในถังทรงสี่เหลี่ยมขนาดมาตรฐานปีนถังสแตนเลสหรือถังเหล็กชุบสังกะสีขนาด10"x20"x60" ที่ปากถังจะกว้างกว่าฐานเล็กน้อยเพื่อให้ง่ายต่อการนำน้ำแข็งออก ซองน้ำแข็งจะแช่อยู่ในบ่อน้ำเกลือที่มีอุณหภูมิประมาณ - 7 °C ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำซึ่งจะทำให้ความร้อนถ่ายเทจากน้ำผ่านน้ำเกลือและเข้าสู่ระบบทำความเย็น น้ำในซองจะแข็งตัวจากผิวด้านนอกจนกระทั่งแข็งตัวหมดทั้งซอง น้ำแข็งจะยังถูกแช่ในบ่อน้ำเกลือจนกระทั่งเมื่อมีลูกค้ามาซื้อก็จะใช้เครนยกซองน้ำแข็งที่แต่ละซองมีน้ำหนักประมาณ 250 กิโลกรัม มาจุ่มน้ำเพื่อให้น้ำแข็งแยกออกจากซองโลหะ นำน้ำแข็งมาตัดย่อยให้มีขนาดเล็กลงหรือบดย่อยตามความต้องการของลูกค้า ซองโลหะที่นำน้ำแข็งออกแล้ว ก็จะนำไปบรรจุน้ำเพื่อทำน้ำแข็งซองใหม่ต่อเนื่องกันไป การซื้อขายน้ำแข็งจะไม่ได้จำกัดเวลา ผู้ซื้อสามารถซื้อได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยทั่วไปช่วงเวลาเช้าจะมีการซื้อขายมาก

รูปที่ 4.1 บ่อน้ำเกลือ



รูปที่ 4.2 ซองน้ำแข็ง

รูปที่ 4.3 ลำเลียงน้ำแข็งออกจากโรงงาน

4.3 ข้อมูลเบื้องต้นของระบบทำความเย็นของโรงน้ำแข็ง

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลของระบบทำความเย็น

		โรงงาน WCC	โรงงาน EVC	หมายเหตุ
1	ชนิดของเครื่องควบแน่น	ระบายความร้อนด้วยน้ำ(water-cooled condenser)	แบบไอระเหย ด้วยลมธรรมชาติ (Natural Draft Evaporative Condenser)	และForced Draft Evap Condenser
2	เครื่องอัดไอ (แบบลูกสูบ)	3 เครื่อง ต่อขนาน กำลังรวม 490 kW	2 เครื่องต่อขนาน กำลังรวม 310 kW	เดินเครื่องตามภาระความเย็น
3	สารทำความเย็น	แอมโมเนีย	แอมโมเนีย	
4	Flow Controller	manual expansion valve	manual expansion valve	
5	เครื่องระเหย	Flooded Evaporator	Flooded Evaporator	
6	จำนวนซองน้ำแข็ง	1,728 ซอง	1,152 ซอง	
7	น้ำหล่อเย็น	น้ำปรับสภาพแล้วที่ใช้ทำน้ำแข็ง, หมุนเวียน	น้ำจากสระน้ำธรรมชาติ ไม่หมุนเวียน	

4.3.1 ข้อควรระวังเกี่ยวกับแอมโมเนีย (Ammonia)

แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นที่มีพิษและสามารถจุดระเบิดได้ แต่มีความสามารถในการทำความเย็นสูงสุด เมื่อเทียบกับสารทำความเย็นอื่นๆ ในระบบทำความเย็นที่มีภาระความร้อนแอมโมเนียมีจุดเดือดต่ำประมาณ - 2.2 ^{o}C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ สามารถออกแบบสภาวะการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอที่เครื่องระเหยอุณหภูมิ -15 ^{o}C ความดัน 2.37 bar เครื่องควบแน่นอุณหภูมิ 30 ^{o}C ความดัน 11.67 bar ตามปรกติแอมโมเนียแห้งจะไม่กัดกร่อนโลหะ แต่เมื่อถูกความชื้นแอมโมเนียจะกัดโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น ทองเหลือง ทองแดง ดังนั้นในระบบที่ใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นจึงไม่ใช้โลหะเหล่านี้เป็นอุปกรณ์ถึงแม้ว่าจะมีค่านำความร้อนดีกว่า การติดตั้ง เครื่องมือวัดที่ต้องสัมผัสแอมโมเนียโดยตรงจึงใช้เครื่องมือที่เป็น

แสตนเลส เช่น มาตรวัดความดัน โพรบวัดอุณหภูมิ เป็นต้น เมื่อมีการสัมผัสไม่ควรล้างด้วยน้ำ เพราะจะทำให้มีฤทธิ์กัดผิวมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

คอมเพรสเซอร์				
รุ่น		8AS17	6AW17	4AV17
การจัดสูบ		VV	W	V
จำนวนสูบจังหวะหนึ่ง	สูบ	8	6	4
ขนาดลูกสูบ	มม.	170	170	170
ช่วงชัก	มม.	140	140	140
ปริมาตรสูบจังหวะหนึ่ง	ลบ.ม./ชม.	1100	825	505
จังหวะการควบคุม		0, $^1/_4$, $^2/_4$, $^3/_4$, 1	0, $^1/_3$, $^2/_3$, 1	0, $^1/_2$, 1
ขนาดท่อทางดูดที่ใช้	มม.	150	125	100
ขนาดท่อทางส่งที่ใช้	มม.	125	100	80
กำลังความเย็น (ที่ -15/+35 ^{0}ซ)	กิโลวัตต์	511	383	255
กำลังความเย็น (ที่ -15/+35 ^{0}ซ)	Kcal/hr.	440,000	330,000	220,000
ตันบีทียู (ที่ -15/+35 ^{0}ซ)	t_{BTU}/hr.	145	110	75
กำลังผลิตน้ำแข็งซอง	ซอง/วัน	450	350	250
กำลังผลิตน้ำแข็งหลอด	ตัน/วัน	60	45	30
มอเตอร์				
กำลัง	กิโลวัตต์	190	132	95
	แรงม้า	255	180	130
ความเร็วรอบ	รอบ/นาที	740	740	735
กำลังไฟ	แอมแปร์	357	256	188
ขนาด				
กว้าง	มม.	1520	1460	1270
ยาว	มม.	3245	3133	2984
สูง	มม.	1934	1910	1622
น้ำหนัก	กิโลกรัม	5932	5110	3750

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดอุปกรณ์ประกอบในการทำความเย็น

เครื่องสูบน้ำ	3 เฟส		
	กำลัง	กิโลวัตต์	15
		แรงม้า	20
	ความเร็วรอบ	รอบ/นาที	1460
หอทำความเย็น	(Cooling Tower)		
	ขนาด	RTon	300
	suction pipe	มม.	100
	delivery pipe	มม.	200
	อัตราไหลของน้ำ	ลิตร/นาที	3,350
	อัตราไหลของลม	ลบ.ม./นาที	2,260
พัดลม	3 เฟส		
	กำลัง	กิโลวัตต์	7.5
		แรงม้า	10

4.4 การตรวจวัด

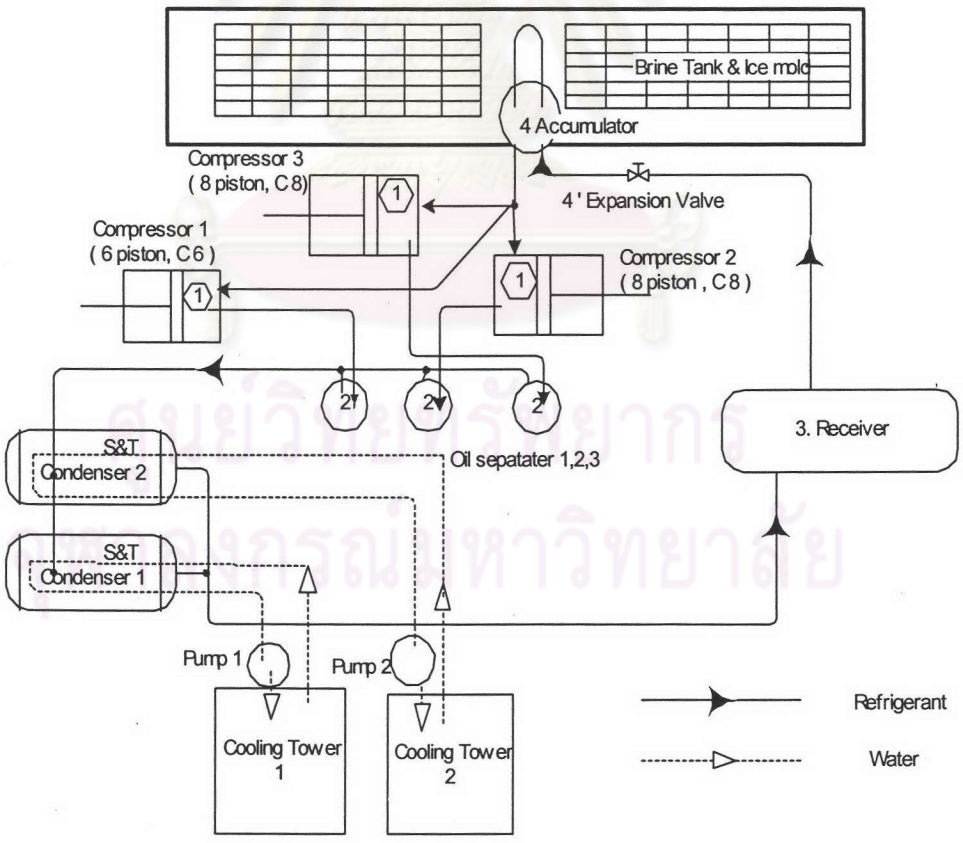
ในการตรวจวัดข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ระบบ ได้วางแผนการติดตั้งเครื่องมือวัดค่าสภาวะของระบบเพื่อให้ได้ข้อมูลในการวิเคราะห์ระบบด้วย p-h diagram แต่เนื่องจากในโรงงานเป็นระบบเพื่อการผลิตจึงมีการติดตั้งเครื่องมือวัดในบางจุดที่จำเป็นในการควบคุมเท่านั้น โดยจะมีแค่ pressure gage แต่ในการวิเคราะห์ข้อมูลต้องใช้ค่าอุณหภูมิประกอบด้วย จึงใช้การวัดค่าอุณหภูมิที่ผิวท่อสารทำความเย็นด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ลหุ้มด้วยฉนวนเพื่อลดผลจากอุณหภูมิอากาศภายนอก และทำการปรับค่าความถูกต้องของอุณหภูมิด้วยการคำนวณจากสมการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวท่อ นอกจากที่ตำแหน่งถังเก็บแอมโมเนียที่สามารถติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ได้

4.4.1 แผนผังโรงงานผลิตน้ำแข็งที่ใช้เครื่องควบแน่นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

(Water-Cooled Condenser ,WCC)

ในโรงงานที่ใช้เครื่องควบแน่นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ มีวงจรการไหลของสารทำความเย็น(แอมโมเนีย)ที่ขับเคลื่อนวัฏจักรด้วยเครื่องอัดไอ และวงจรการไหลของน้ำหล่อเย็นที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องสูบน้ำระหว่างเครื่องควบแน่นแบบเปลือกและท่อกับหอทำความเย็น สารทำความเย็นในระบบไหลออกจาก Flooded Evaporator แยกเข้าเครื่องอัดไอที่ทำงาน (จำนวนเครื่องที่ใช้ ขึ้นกับภาระความร้อนหรือการหยุดเพื่อบำรุงรักษา) เมื่อออกจากเครื่องอัดไอจะต่อเชื่อมกันบริเวณถังแยกน้ำมัน (2) เข้าสู่เครื่องควบแน่น ถังเก็บแอมโมเนียเหลว วาล์วลดความดันและกลับไปที่ Flooded Evaporator ส่วนวงจรของน้ำระหว่างเครื่องควบแน่นแบบเปลือกและท่อกับหอทำความเย็น 2 ชุด จะแยกกันไหล

หมายเลข 1,2,3,4,4′ แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดข้อมูลเพื่อทำการคำนวณทางเทอร์โมไดนามิกส์ ข้อมูลที่ทำการบันทึกและค่าการคำนวณต่างๆ ใน ภาคผนวก ก.

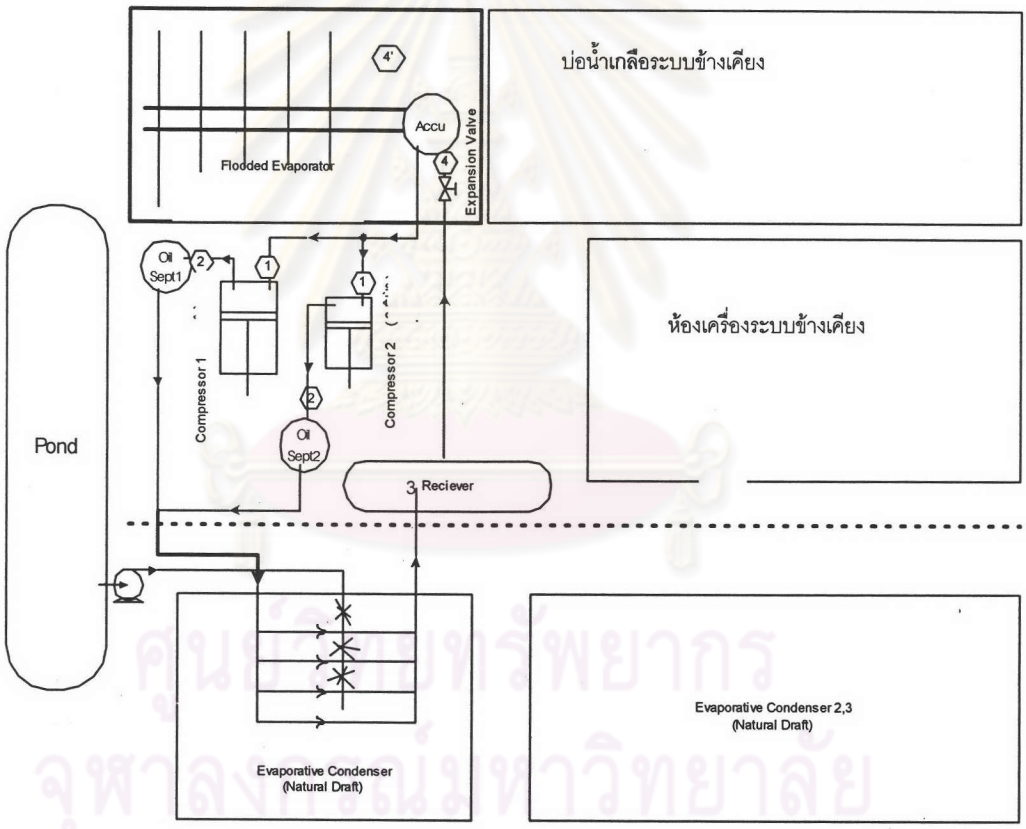


รูปที่ 4.4 แผนผังระบบทำความเย็นโรงงาน WCC (Water-Cooled Condenser)

I22208069

4.4.2 แผนผังโรงงานผลิตน้ำแข็งที่ใช้เครื่องควบแน่นแบบระเหย (Natural-Draft Evaporative Condenser , NDEC)

โรงงาน EVC นี้มีการออกแบบ เครื่องจักร เหมือนกับโรง WCC แต่มีการแบ่งบ่อน้ำแข็งออกเป็น 3 บ่อที่มีระบบทำความเย็นแยกจากกัน จึงเลือกทำการศึกษาจากระบบของบ่อที่ 1 มีจำนวนน้ำแข็งในบ่อ 1,152 ซอง มีเครื่องอัดไอ 2 เครื่อง ขนาด 8 ลูกสูบและขนาด 6 ลูกสูบ แต่ในการทำงานปรกติจะใช้เครื่อง 8 สูบเพียงเครื่องเดียว ส่วนของการระบายความร้อนที่ใช้เครื่องควบแน่นแบบระเหยด้วยลมธรรมชาตินั้น น้ำที่ใช้ฉีดพ่นระบายความร้อนเป็นน้ำจากสระน้ำที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติ



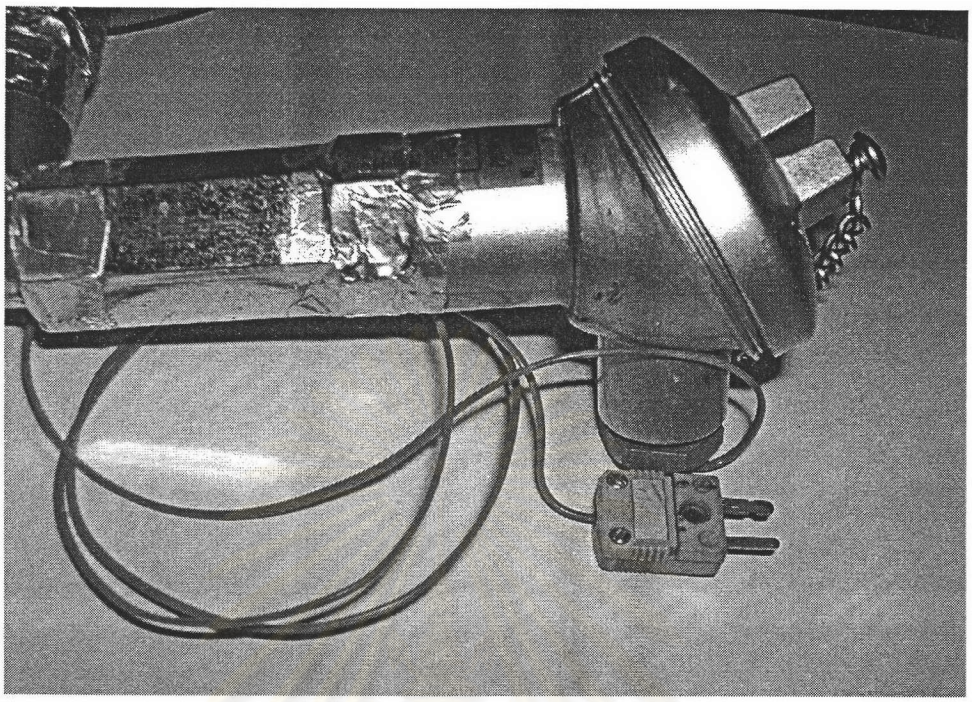
รูปที่ 4.5 แผนผังระบบทำความเย็นโรงงาน NDEC
(Natural-Draft Evaporative Condenser)

4.4.3 เครื่องมือวัด

1. Thermocouple Type k และเครื่องมือแสดงผล (รูปที่ 4.6)
2. เครื่องวัดความชื้น (รูปที่ 4.8)
3. มาตรวัดความดัน (รูปที่ 4.9)
4. เครื่องมือวัดอัตราการไหลด้วยอัลตร้าโซนิค
5. Power meter (รูปที่ 4.12)
6. เครื่องมือวัดความเร็วลมแบบใบพัด (รูปที่ 4.10)
7. เครื่องมือวัดความเร็วรอบ (รูปที่ 4.11)

รูปที่ 4.6 เทอร์โมมิเตอร์และเทอร์โมคัปเปิล type K

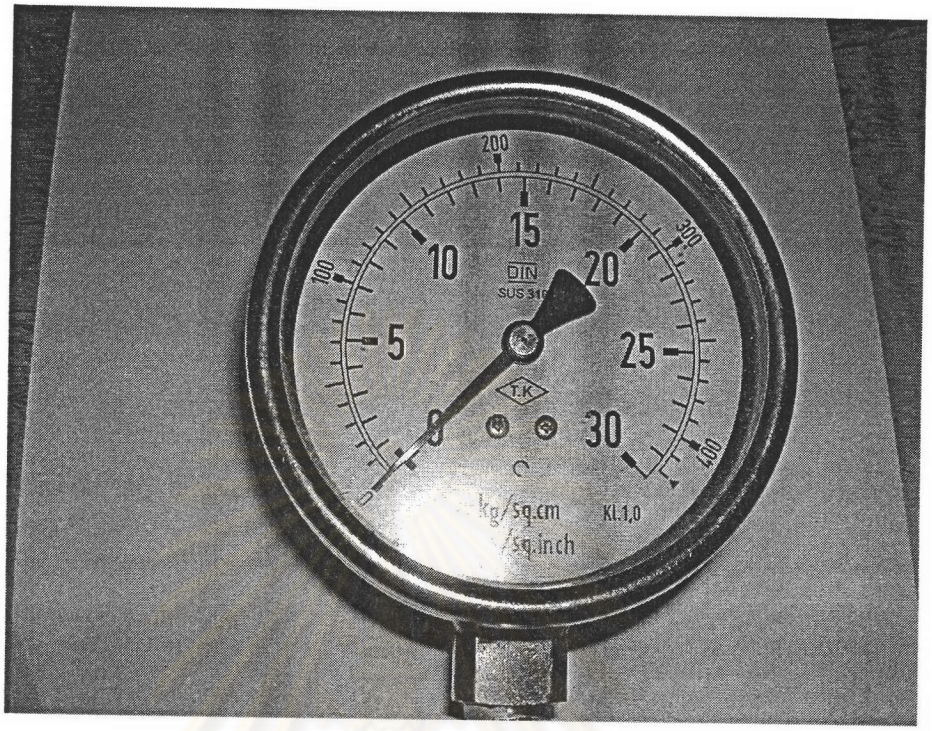
Resolution 0.1 °C



รูปที่ 4.7 โพรบวัดอุณหภูมิในของเหลว

รูปที่ 4.8 เครื่องมือวัดความชื้น (Hygrometer)

Resolution 0.1 % RH



รูปที่ 4.9 มาตรวัดความดัน (Pressure gauge)

Resolution 1 kg/cm^2

รูปที่ 4.10 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด

Resolution 0.1 m/s

รูปที่ 4.11 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ

Resolution 0.1 rpm

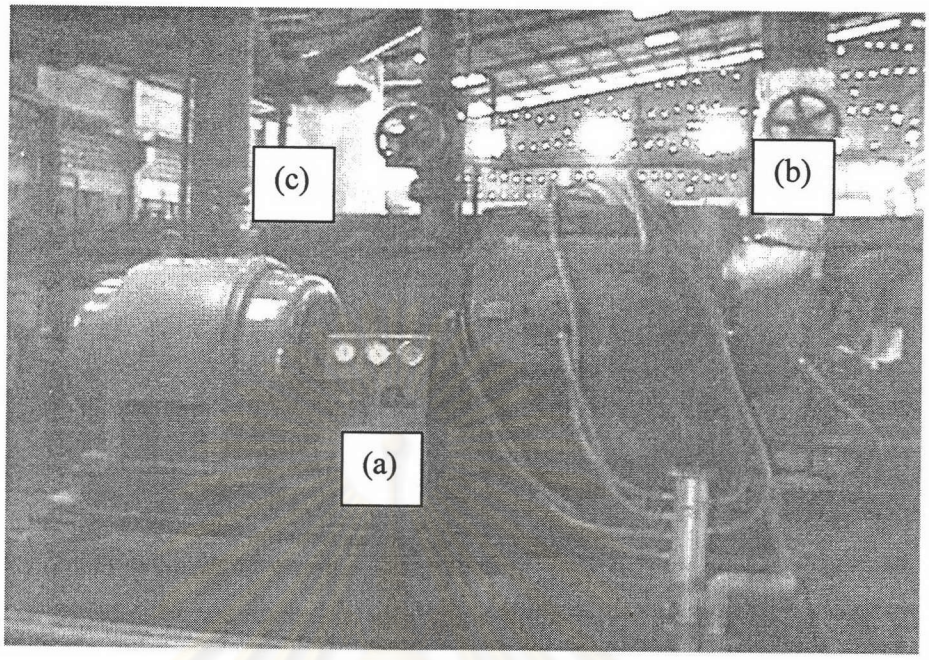
4.12 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า

Resolution 0.1 kW

4.4.4 ข้อมูลที่ตรวจวัดในระบบการทำความเย็น

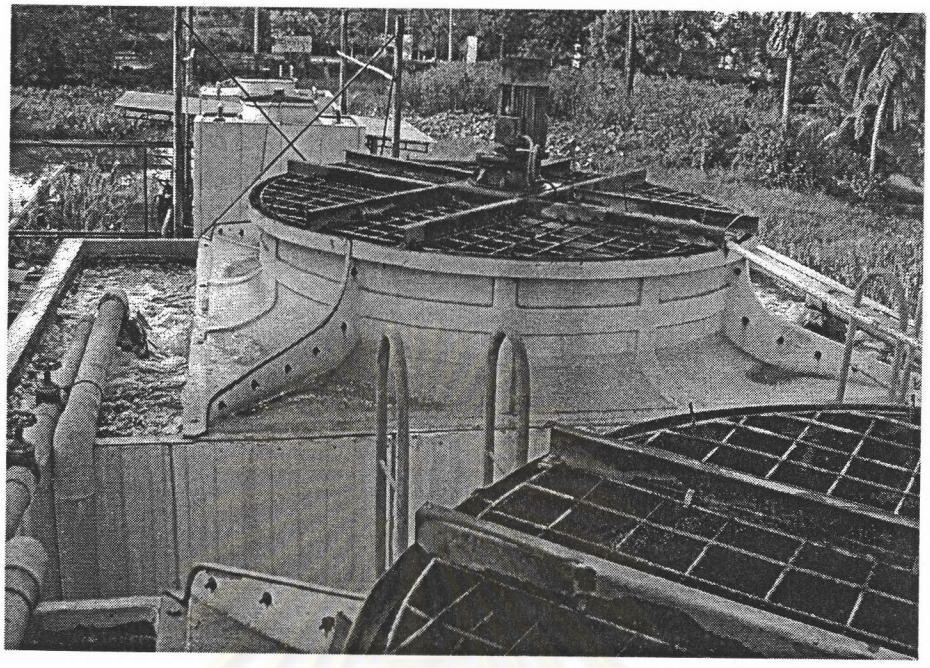
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลที่ตรวจวัดในระบบการทำความเย็น

	สาร	ตำแหน่ง	ค่าที่ตรวจวัด	ขนาดท่อ Inch. (mm.)	หมายเหตุ
1	แอมโมเนีย	ถังเก็บแอมโมเนียเหลวด้านความดันสูง (Receiver)	P,T	-	
		ทางออกวาล์วลดความดัน (expansion valve)	T	1.50 (0.0381)	
		ทางออกเครื่องระเหย (Accumulator)	T	8.75 (0.2222)	
		ทางเข้าเครื่องอัดไอ (แต่ละเครื่อง)	P,T	7.00 (0.1770)	
		ทางออกเครื่องอัดไอ (แต่ละเครื่อง)	P	-	
		ถังแยกน้ำมันหล่อลื่น (แต่ละเครื่อง)	T	5.00 (0.1270)	
2	น้ำเกลือ	ในบ่อน้ำแข็ง	T	-	
	น้ำหล่อเย็น	ทางเข้าและทางออกหอทำน้ำเย็น(แต่ละเครื่อง)	T, m_w	-	CT1, CT2
3	อากาศ	ทางออกหอทำความเย็น	T,RH,m_a		CT1, CT2
4	อากาศแวดล้อม	บริเวณบ่อน้ำแข็ง	T,RH	-	
		บริเวณห้องเครื่องควบแน่น	T,RH	-	
		บริเวณหอทำน้ำเย็น	T,RH	-	
5	กำลังไฟฟ้า	คอมเพรสเซอร์	V,A,P,pf	-	
		เครื่องสูบน้ำ	V,A,P,pf	-	
		พัดลม	V,A,P,pf	-	



รูปที่ 4.13 ตำแหน่งการวัดข้อมูล
(a) ความดันดูด-จ่ายในเครื่องอัดไอ (b) อุณหภูมิเข้าเครื่องอัดไอ (c) อุณหภูมิที่เครื่องระเหย

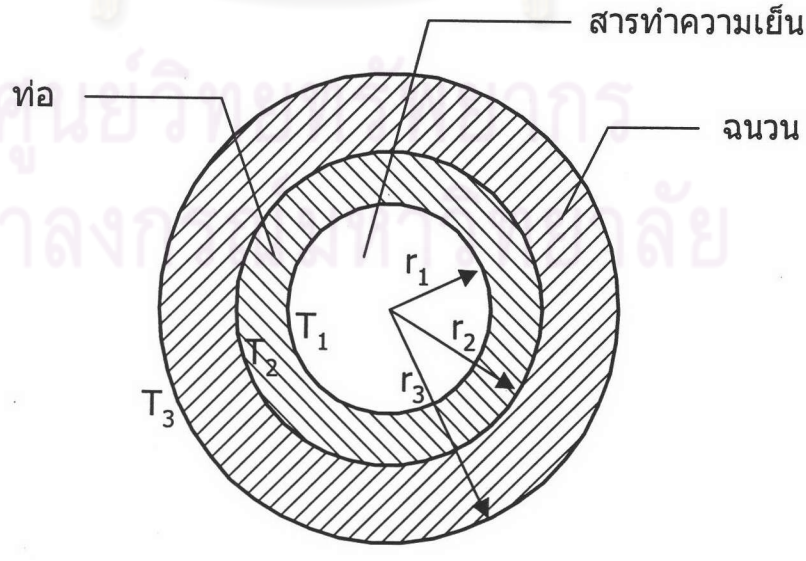
รูปที่ 4.14 การวัดกำลังไฟฟ้าที่แผงควบคุมไฟฟ้า



รูปที่ 4.15 หอทำความเย็น CT1,CT2

4.4.5 อุณหภูมิของสารทำความเย็น

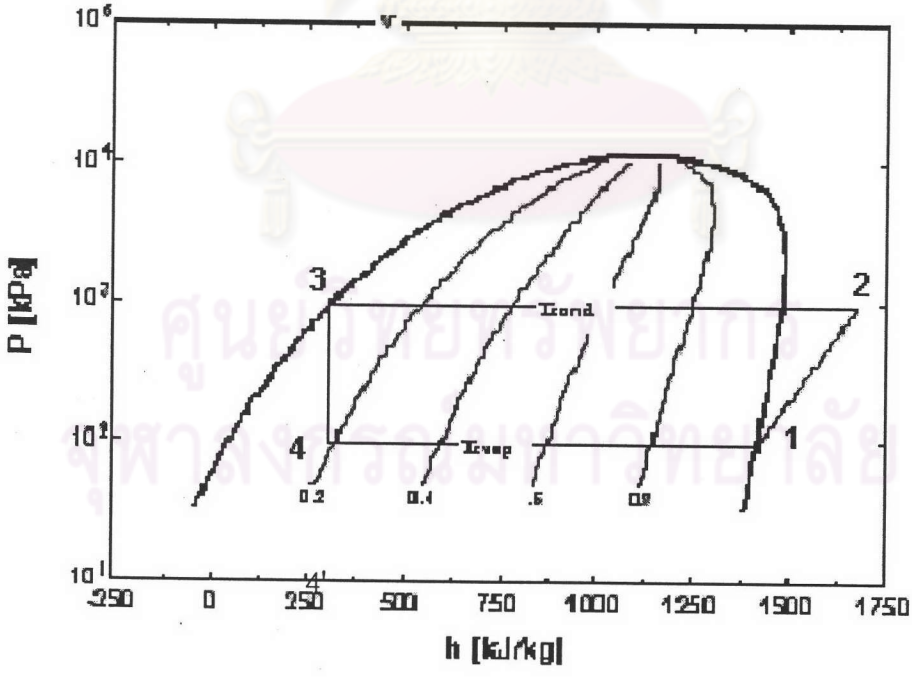
เนื่องในระบบการทำความเย็นบางตำแหน่งไม่สามารถวัดค่าอุณหภูมิของสารทำความเย็นในระบบได้โดยตรง จึงต้องทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวท่อด้านนอกและกำหนดให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิผิวท่อด้านในและสารทำความเย็น



รูปที่ 4.16 ภาพตัดขวางท่อสารทำความเย็นหุ้มฉนวน

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติทางความร้อนของท่อเหล็กและฉนวน

	ความหนา (m)	สภาพนำความร้อน,K (W/m. °C)	หมายเหตุ
ท่อเหล็กกล้า (C=0.5%)	0.0063	54 (ที่ 27 °C)	เส้นผ่านศูนย์กลางคำนวณจากเส้น รอบวงที่วัดได้
		50.9 (ที่ 127 °C)	
ฉนวน Aeroflex	0.0254 (1นิ้ว)	0.035 (ที่ 0 °C)	ช่วงการทำงาน -57 °C ถึง 125 °C ASTM C177
		0.040 (ที่ 40 °C)	



รูปที่ 4.17 P-h diagram แสดงคุณสมบัติสารทำความเย็นตามตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด

ตารางที่ 4.6 ค่าการวัดและการคำนวณคุณสมบัติของสารทำความเย็นในระบบ

ตำแหน่ง	ความดัน,P (kPa)	อุณหภูมิ,T (^{o}C)	เอนทัลปี ,h (kJ/kg)	สถานะ	หมายเหตุ
1	ตรวจวัด	ตรวจวัด	คำนวณ	คำนวณ	Comp,in
2	ตรวจวัด	ตรวจวัด	คำนวณ	คำนวณ	Comp,out
3	ตรวจวัด	ตรวจวัด	คำนวณ	คำนวณ	Receiver
4′	คำนวณ	ตรวจวัด	h4′=h3	คำนวณ	Throttling
4	คำนวณ	ตรวจวัด	h4=h3	คำนวณ	Throttling

ความดันที่ใช้ในการคำนวณต้องเป็นความดันสัมบูรณ์ เป็นค่าความดันเกจรวมกับค่าความดันบรรยากาศของสภาวะแวดล้อม ในความเป็นจริงความดันบรรยากาศต้องคำนึงถึงระดับความสูงของพื้นที่เทียบจากค่าเฉลี่ยระดับน้ำทะเล (altitude) ที่altitude = 0 m มีความดันบรรยากาศ 101.325 kPa โรงงานที่ทำการศึกษาอยู่ในเขตปริมณฑลดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงอ้างอิงระดับความสูงเหนือน้ำทะเลของกรุงเทพมหานครเฉลี่ยที่ 12 เมตร และได้ความดันบรรยากาศ 101.181 kPa เพื่อใช้ในการคำนวณความดันสัมบูรณ์ตามสมการที่ (5.1) และ สมการที่ (5.2)

$$P_{abs} = P_{gauge} + P_{atm} \quad \text{...(4.1)}$$

$$P_{abs} = P_{gauge} + 101.181 \text{ kPa} \quad \text{...(4.2)}$$

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EES เพื่อคำนวณคุณสมบัติของแอมโมเนีย และใช้โปรแกรม Psychrometric analysis CD ของ ASHRAE เพื่อคำนวณคุณสมบัติของอากาศชื้น

4.5 ตัวแปรควบคุมเพื่อการเปรียบเทียบ

ตาราง 4.7 ตัวอย่างของสภาวะในระบบทำความเย็นเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรควบคุม

วันที่	เวลา	Tacc	Tb	Troom	Ta	RH	Wm
		(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	%	(kW)
1 มิถุนายน 47	13:00	-9.2	-6.3	35.0	37.0	56	182
	15:40	-9.2	-7.6	33.8	35.0	50	182
(Calibrated)	16:45	-9.2	-7.6	33.8	35.0	50	183
	19:30	-7.7	-7.2	28.7	29.3	75	187
	20:00	-9.8	-7.8	28.4	29.0	75	185
	21:20	-13.0	-7.8	27.2	28.7	86	181
	21:40	-13.1	-7.8	27.1	28.5	85	180
	23:00	-13.7	-8.8	26.0	28.2	91	179
	0:20	-12.6	-8.5	27.0	28.2	93	174
	2:00	-14.9	-9.5	26.9	28.2	92	175
	2:30	-15.0	-9.2	26.6	28.3	92	175

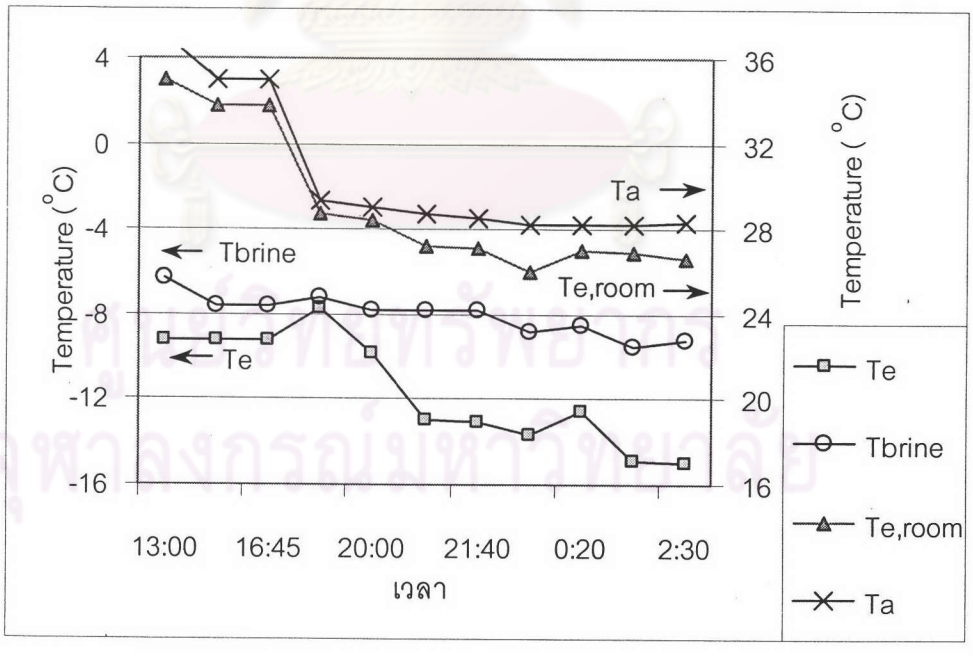
เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องควบแน่น 2 ชนิด คือเครื่องควบแน่นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำและเครื่องควบแน่นแบบระเหย จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 สภาวะการทำงานมีผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบทำความเย็นอย่างเป็นวัฏจักร ดังนั้นเพื่อการเปรียบเทียบอย่างมีประสิทธิผลจึงควรควบคุมตัวแปรที่สำคัญ แต่ในกรณีนี้เป็นการศึกษาจากระบบการผลิตจริงในโรงงานไม่สามารถควบคุมตัวแปรได้อย่างครบถ้วน ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลที่บันทึกได้มาเลือกสภาวะที่ใกล้เคียงกัน จากทฤษฎีตัวแปรที่มีความสำคัญและความสัมพันธ์กันมีดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิเครื่องระเหย (Evaporating Temperature,Te) แสดงถึง ภาระการทำความเย็น
2. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature,WB) ของอากาศแวดล้อม

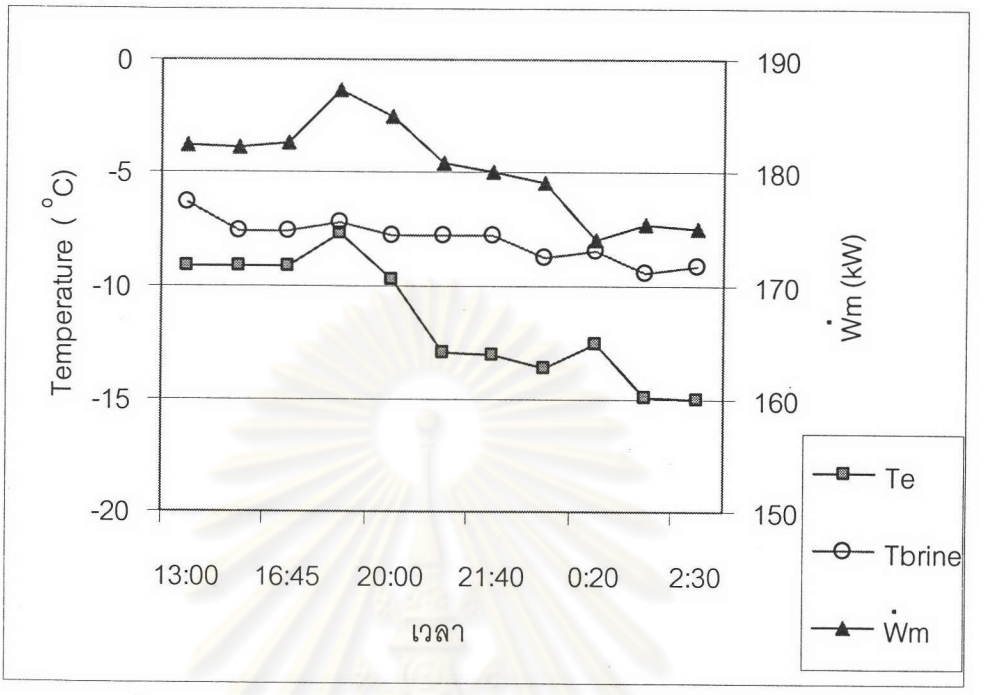
4.5.1 อุณหภูมิเครื่องระเหย (Evaporating Temperature,Te)

กำหนดให้อุณหภูมิของเครื่องระเหยที่ทำการวัดบริเวณตำแหน่งถังพักสารทำความเย็นทางด้านความดันต่ำ (Accumulator) เป็นตัวชี้วัดปริมาณภาระการทำความเย็น เนื่องจากเป็นสภาวะของสารทำความเย็นในระบบโดยตรง การตรวจวัดในรูปที่ 4.6 อุณหภูมิของเครื่องระเหย(Te) มีแนวโน้มเดียวกับค่ากำลังไฟฟ้าจากการวัดของคอมเพรสเซอร์ ($\dot{W}_m$) อย่างชัดเจน ถึงแม้ว่าอุณหภูมิของน้ำเกลือสามารถแสดงถึงปริมาณภาระการทำความเย็นได้เช่นกันแต่จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิน้ำเกลือจะมีการเปลี่ยนแปลงชัดเจนน้อยกว่าอุณหภูมิของเครื่องระเหย

- เวลาที่ทำการตรวจวัด ถึงแม้ว่าแนวโน้มของรูปที่ 4.19 กลางวันมีภาระการทำความเย็นมากกว่า แต่พบว่าในบางข้อมูลจากตาราง ค. 1 เวลากลางวันแต่เครื่องระเหยมีอุณหภูมิต่ำมากเช่นกัน ดังนั้นเวลาจึงไม่ใช่สิ่งกำหนดภาระการทำความเย็น



รูปที่ 4.18 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเครื่องระเหย(Te) อุณหภูมิน้ำเกลือ(Tbrine) อุณหภูมิลานบ่อน้ำแข็ง(Te,room) และอุณหภูมิอากาศ(Ta) ในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

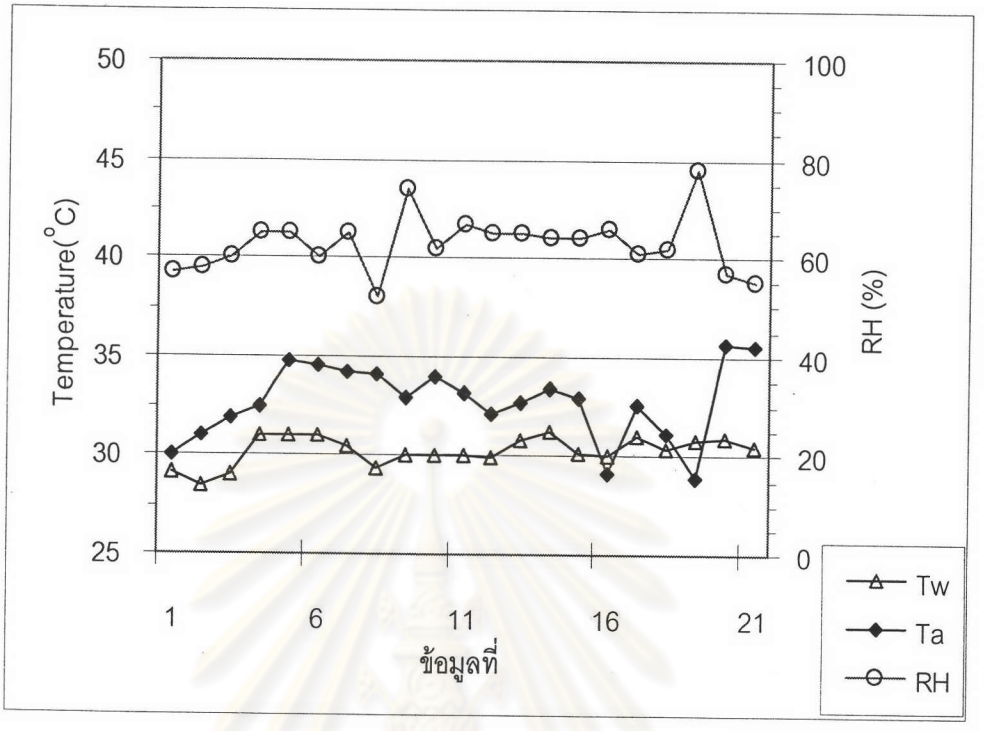


รูปที่ 4.19 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเครื่องระเหย(Te) อุณหภูมิน้ำเกลือ(Tbrine) และกำลังไฟฟ้าจากการวัดของคอมเพรสเซอร์ ($\dot{W}_m$) ในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

4.5.2 สภาพอากาศแวดล้อม

ในการถ่ายเทความร้อนของเครื่องควบแน่นทั้งแบบระบายความร้อนด้วยน้ำและแบบระเหยนั้นมีแหล่งรับความร้อนสุดท้ายคืออากาศ โดยเครื่องควบแน่นทั้งสองแบบมีการถ่ายเทความร้อนขั้นสุดท้ายออกสู่อากาศด้วยการถ่ายเทมวลและความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศ ดังนั้นอุณหภูมิกระเปาะเปียกจึงมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องควบแน่น จึงกำหนดอุณหภูมิกระเปาะเปียกเป็นตัวแปรควบคุมตัวที่ 2

เพื่อตรวจสอบผลของสภาพอากาศแวดล้อมต่ออุณหภูมิน้ำดิบ ซึ่งน้ำดิบถือเป็นแหล่งความร้อนขั้นแรกสุดที่เข้าสู่ระบบทำความเย็น พิจารณาผลของอุณหภูมิอากาศแวดล้อมต่ออุณหภูมิน้ำดิบ พบว่าไม่มีผลที่ชัดเจนต่อแสดงได้โดยรูปที่ 4.20 และจากรูปที่ 6.3 อุณหภูมิน้ำดิบไม่เปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศมากนัก ดังนั้นปริมาณภาระการทำความเย็นจึงเกิดจากปริมาณความมากน้อยของน้ำดิบที่เติมลงไปในบ่อน้ำแข็ง



รูปที่ 4.20 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำดิบ(Tw) กับสภาพอากาศแวดล้อม คืออุณหภูมิอากาศ(Ta) กับความชื้นสัมพัทธ์ (RH)

นอกจากสภาพอากาศจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเครื่องควบแน่นแล้ว แนวโน้มปริมาณการบริโภคน้ำแข็งของผู้บริโภคก็สัมพันธ์กับสภาพอากาศด้วยเช่นกันเพราะสภาพการถ่ายเทความร้อนของร่างกายมนุษย์ผ่านผิวหนังเป็นการถ่ายเทมวลและความร้อนระหว่างเหงื่อและอากาศแวดล้อม ดังนั้นในสภาพอากาศร้อนชื้นหรือสภาวะที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกสูงนั้นจะมีการบริโภคน้ำแข็งมาก เมื่อจำหน่ายน้ำแข็งมาก การเปลี่ยนน้ำดิบลงในบ่อเป็นปริมาณมากทำให้มีภาระการทำความเย็นในระบบมาก