คู่มือแนวทางการอนุรักษ์พลังงานในระบบน้ำเย็น
โครงการจัดตั้งศูนย์การเผยแพร่แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม

BY

DR. PAITOON TERMSINVANICH

GM and consultant - Energenius co.,Ltd

Senior Committee Prime Minister Industrial Awards (Energy Management)

Invited Lecturer Technology Promotion Association(Thailand-Japan)

Invited Lecturer Chulalongkorn University

Invited Lecturer Dhurakijbundit University

ENERGENIUS

Content

- องค์ประกอบของระบบน้ำเย็น
- ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอัดอากาศ และค่าเกณฑ์ที่แนะนำของปัจจัยต่างๆ (Criteria)

นายไพฑูรย์ ติมสินธุ์ณิช
ENERGENIUS

วัตถุประสงค์ของหลักสูตร

- เพื่อให้ทราบและเข้าใจถึง ภาพรวมและหลักการทำงานขององค์ประกอบ และหน้าที่อุปกรณ์ในระบบน้ำเย็น
- เพื่อให้ทราบและเข้าใจถึง ตัวแปร ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบฯ และเกณฑ์ของปัจจัยต่างๆ (Criteria) ได้

นายไพฑูรย์ ติมสินธุ์ณิช
ENERGENIUS

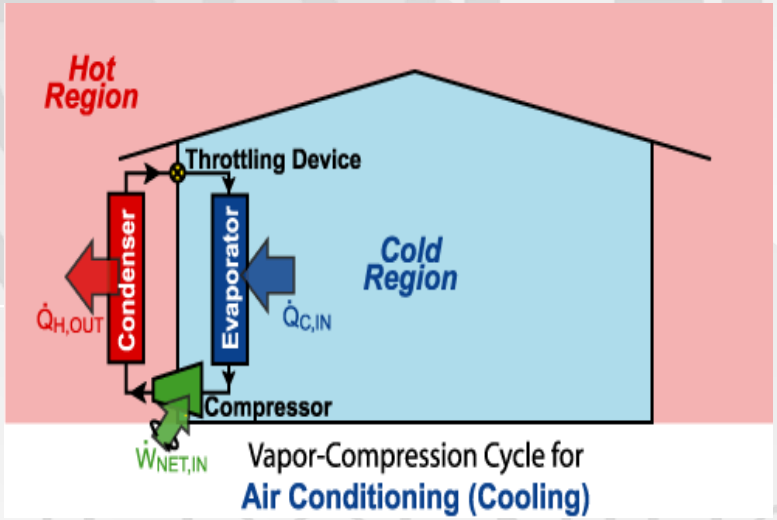
ความจำเป็นในการปรับอากาศ และสภาวะน่าสบายของคน

นายไพฑูรย์ ติมสินารณิช

ENERGENIUS

การปรับอากาศ

การทำความเย็น หรือการปรับอากาศในประเทศไทยที่เป็นเมืองร้อน เป็นการขนย้ายความร้อนออกจากวัตถุหรือบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ส่งให้ภายนอกที่มีอุณหภูมิสูง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้เรียกว่า เครื่องทำความเย็น ระบบทำความเย็นที่นิยมใช้ คือระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ตัวอย่างดังรูป



นายไพฑูรย์
ENERGENIUS

สภาวะน่าสบาย (Comfort Zone)

- สภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) ของมนุษย์ คือสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่ทำให้มนุษย์รู้สึกสบาย ซึ่งมีสภาวะต่างๆ ดังนี้
- อุณหภูมิ (Temperature) : ช่วงอุณหภูมิ 22-27 องศาเซลเซียส
- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) : ช่วง 40-60% ถ้าความชื้นต่ำกว่า 30% ผิวหนังแห้งและถ้าสูงกว่า 70% จะรู้สึกเหนียวตัวเพราะเหงื่อไม่ระเหย
- ความเร็วลม 0.2 เมตรต่อวินาที
- เสียงและความสะอาดของอากาศ
- แต่ในสภาพแวดล้อมภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องมีการปรับอากาศ เพื่อให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย

นายไพฑูรย์ ติมสินธุ์ณิช
ENERGENIUS

การปรับอากาศสำหรับอุตสาหกรรม

สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ก็มีความจำเป็นในการปรับอากาศเพื่อวัตถุประสงค์ด้านการผลิตเป็นหลัก ควบคุมสภาวะการทำงานให้เป็นไปตามมาตรฐานด้านคุณภาพการผลิต เช่น อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมอาหาร และอื่นๆ

ในโรงงานอุตสาหกรรมอาจจะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแตกต่างจากสภาวะน่าสบายของมนุษย์

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ได้แนะนำ ค่าอุณหภูมิและความชื้น ของอุตสาหกรรมประเภทต่างไว้ ดังนี้

นายไพศรย์ ตันติวัฒนกิจ
ENERGENIUS

ค่าอุณหภูมิและความชื้นแนะนำสำหรับอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ

ประเภทอุตสาหกรรม	กรรมวิธี	DRY-BULB (°F)	RH (%)
ขนมปัง	การผสมแป้ง	75-80	60-65
	การปล่อยขนมปังเย็น	70-80	80-85
	การทำขนมปังกรอบ	60-65	50
ลูกกวาด-ช็อกโกแลต	บริเวณทำลูกกวาด	80-85	40-50
	ห้องบรรจุห่อ	75-80	55-60
	การเก็บรักษาทั่วไป	65-70	40-50
ลูกกวาด (แข็ง)	การผสม	75-80	30-40
	การบรรจุหีบห่อ	65-75	60-65
	การเก็บรักษา	65-75	45-50
หมากฝรั่ง	การผสม	77	33
	การทำให้เป็นแผ่นยาว	72	53
	การห่อ	74	58
การกลั่น (สุรา)	การเก็บรักษา		
	เมล็ดข้าว	60	35-40
	มอลต์เขตร้อน	32-34	-
	การผสม	60-75	45-60
	การบ่ม	65-72	50-60
เภสัชกรรม	การเก็บผงยา		
	ก่อนผสม	70-80	30-35
	หลังผสม	75-80	15-35
	ห้องบดยา	80	35
	การอัดเม็ดยา	70-80	40
	การเคลือบเม็ดยา	80	35
	การผสมยาฉีด	80	35
	การเก็บยาปฏิชีวนะ	75	35-40

ENERGENIUS

แผนภาพ ไซโครเมตริก (Psychometric)

แผนภาพ ไซโครเมตริก เป็นแผนภาพที่แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ และความร้อนของอากาศซึ่งประกอบด้วยสารผสมในสถานะไอ คือ อากาศแห้ง และไอน้ำ คุณสมบัติต่างๆที่เราสนใจ คือ

1. อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature, db) คือ อุณหภูมิที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะแห้ง

2. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature, wb) คือ อุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะหุ้มด้วยผ้าสำลีที่ชื้นโดยมีกระแสลมพัดผ่านกระเปาะเปียกที่ความเร็วไม่น้อยกว่า 5 m/s

ENERGENIUS

แผนภาพ ไซโครเมตริก (Psychometric)

4. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative Humidity, RH) คือ อัตราส่วนความดันระหว่างความดันของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศชื้นและความดันอิ่มตัวของไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

5. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point, DP) คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มควบแน่นเป็นหยดน้ำเมื่ออากาศชื้นถูกทำให้เย็นลง

6. ความร้อนจำเพาะของอากาศ (Specific Enthalpy, h) คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้อากาศแห้ง 1 กิโลกรัมและน้ำ X กิโลกรัมร้อนขึ้นจาก 0 องศาเซลเซียส เป็น t องศาเซลเซียส และทำให้น้ำ X กิโลกรัมระเหยกลายเป็นไอหมด

นายไพฑูรย์ ตินสินธ์ อิช
ENERGENIUS

แผนภาพ ไซโครเมตริก (Psychometric)

- การหา คุณสมบัติของอากาศ
- Program Psychometric
- แผนภาพ Psychometric

นายไพฑูรย์ ติมสินธุ์ณิช
ENERGENIUS

แผนภาพ ไซโครเมตริก (Psychometric)

Carrier

PSYCHROMETRIC CHART

NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101.325 kPa

SEA LEVEL

Dry Bulb Temperature °C

Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

Volume m^3/kg Dry Air

Copyright © Carrier Corporation 1975
Cat. No. 794-002 Printed in U.S.A.

Reproduced courtesy of Carrier Corporation

แผนภาพไซโครเมตริก

คุณสมบัติที่ได้จากแผนภาพไซโครเมตริก สามารถนำไปวินิจฉัย ระบบปรับอากาศ และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพระบบ ดังนี้

1. อุณหภูมิผิวขดท่อ เครื่องแลกเปลี่ยนลมเย็น (Fan Coil Unit : FCUหรือ Air Handling Unit :AHU) ที่อากาศผ่านจะต้องต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point : DP) ของอากาศที่เข้าจึงจะทำให้ความชื้นในอากาศกลั่นตัวเป็นของเหลวได้

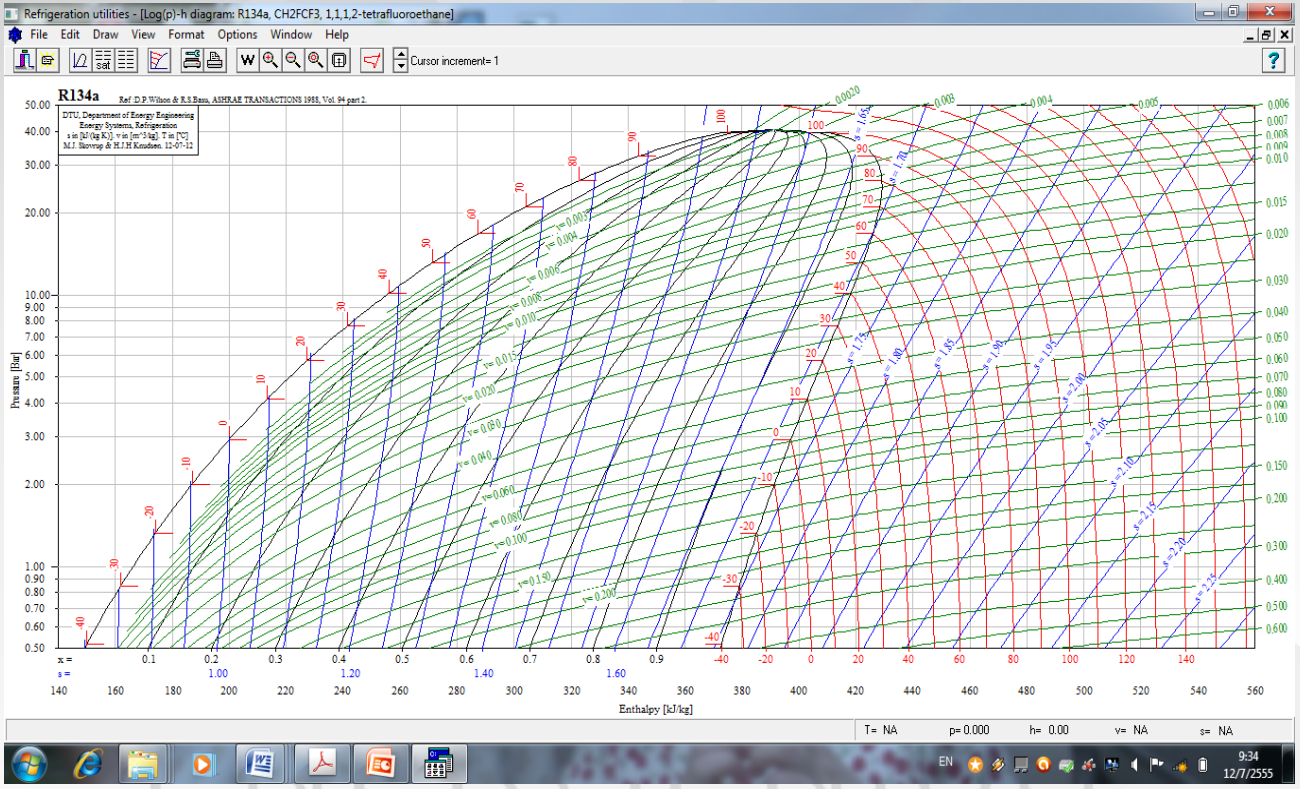
2. อุณหภูมิน้ำที่ได้จากหอผึ่งเย็น (Cooling Tower) มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่เข้าหอผึ่ง ถ้าอุณหภูมิน้ำที่ได้จากหอผึ่งเย็น ต่างจากอุณหภูมิกระเปาะเปียกมาก แสดงว่า หอผึ่งเย็นมีปัญหาเรื่องประสิทธิภาพ

3. ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องแลกเปลี่ยนลมเย็น แสดงให้เห็นจากผลต่างของเอนทาลปีของอากาศที่เข้าและออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนลมเย็น

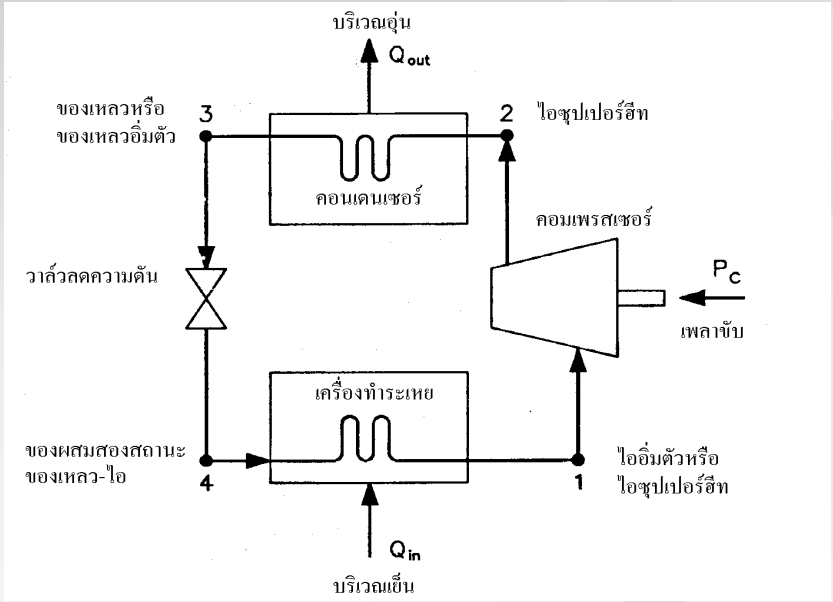
นายไพฑูรย์ ติมสินรานิช
ENERGENIUS

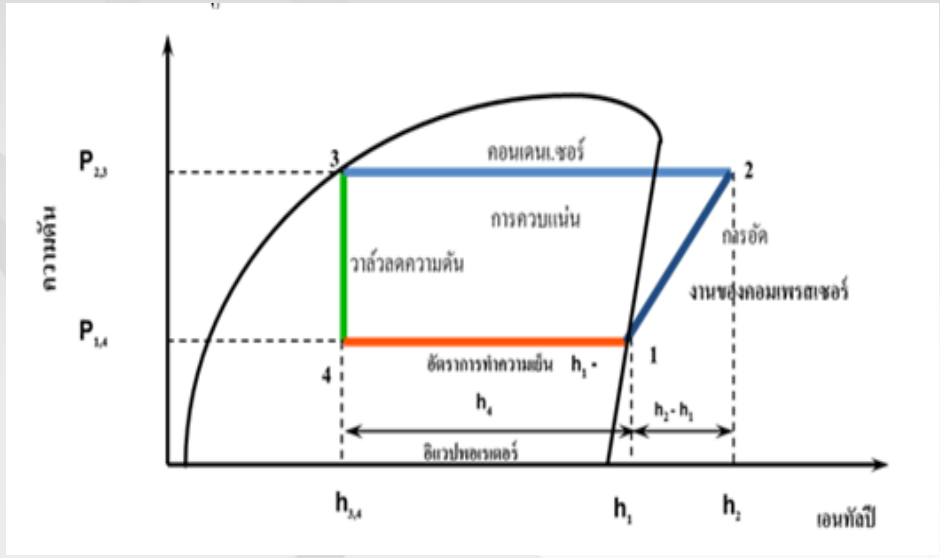
แผนภาพความดัน-เอนทาลปี (P-h diagram)

- เป็นแผนภาพที่แสดงคุณสมบัติของสารทำความเย็น ที่แสดงความสัมพันธ์ของความดันและพลังงานความร้อนดังตัวอย่างรูป



แผนภาพความดัน-เอนทาลปีและจุดทำงานของระบบปรับอากาศ





ENERGENIUS

สัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็น (Coefficient of Performance; COP)

สัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็น (COP) = ความเย็นที่เครื่องสามารถทำได้

พลังงานที่ใช้ขับคอมเพรสเซอร์

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

ค่า COP ของระบบทำความเย็นยิ่งสูงเท่าใดก็จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบสูงขึ้น และประหยัดพลังงานมากขึ้นเท่านั้นการดำเนินการให้ระบบปรับอากาศ มี COP สูงขึ้นดำเนินการได้โดย

ลดความดันด้านคอนเดนเซอร์ (Condenser)

เพิ่มความดันด้านเครื่องระเหย (Evaporator)

ENERGENIUS

องค์ประกอบของระบบผลิตน้ำเย็น

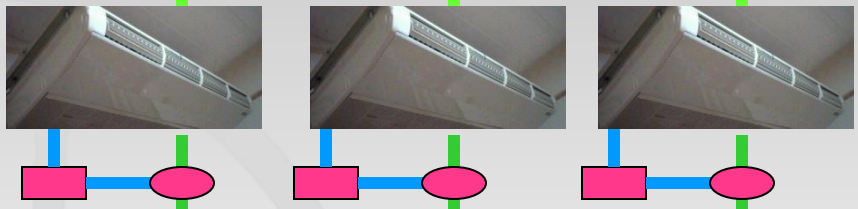
นายไพฑูรย์ เติมสินวณิช

ENERGENIUS

องค์ประกอบของระบบ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ

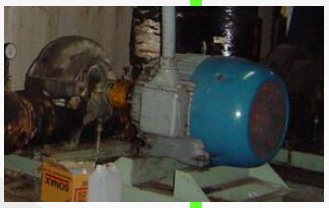
Cooling tower

AHU or FCU



Chill Water Pump

Condensing Pump

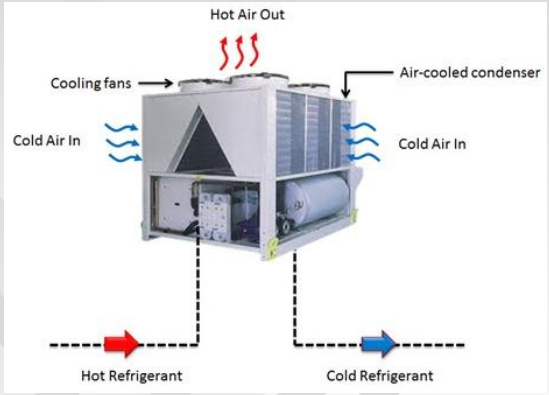


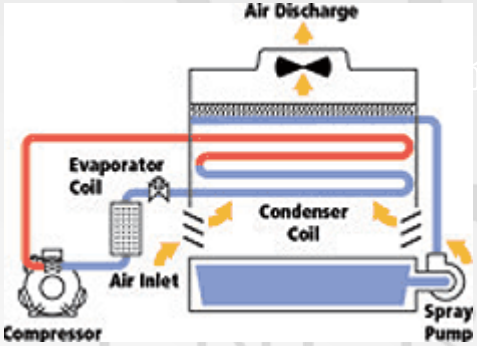
Chiller

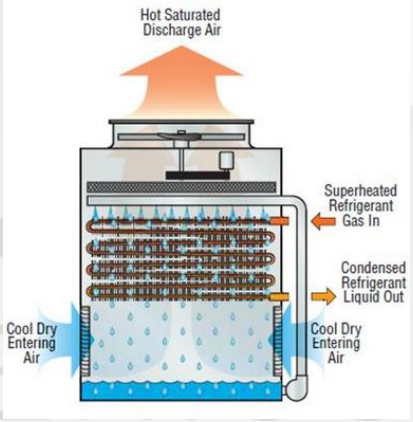
ENERGENIUS

องค์ประกอบของระบบ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ

- ระบบระบายความร้อน

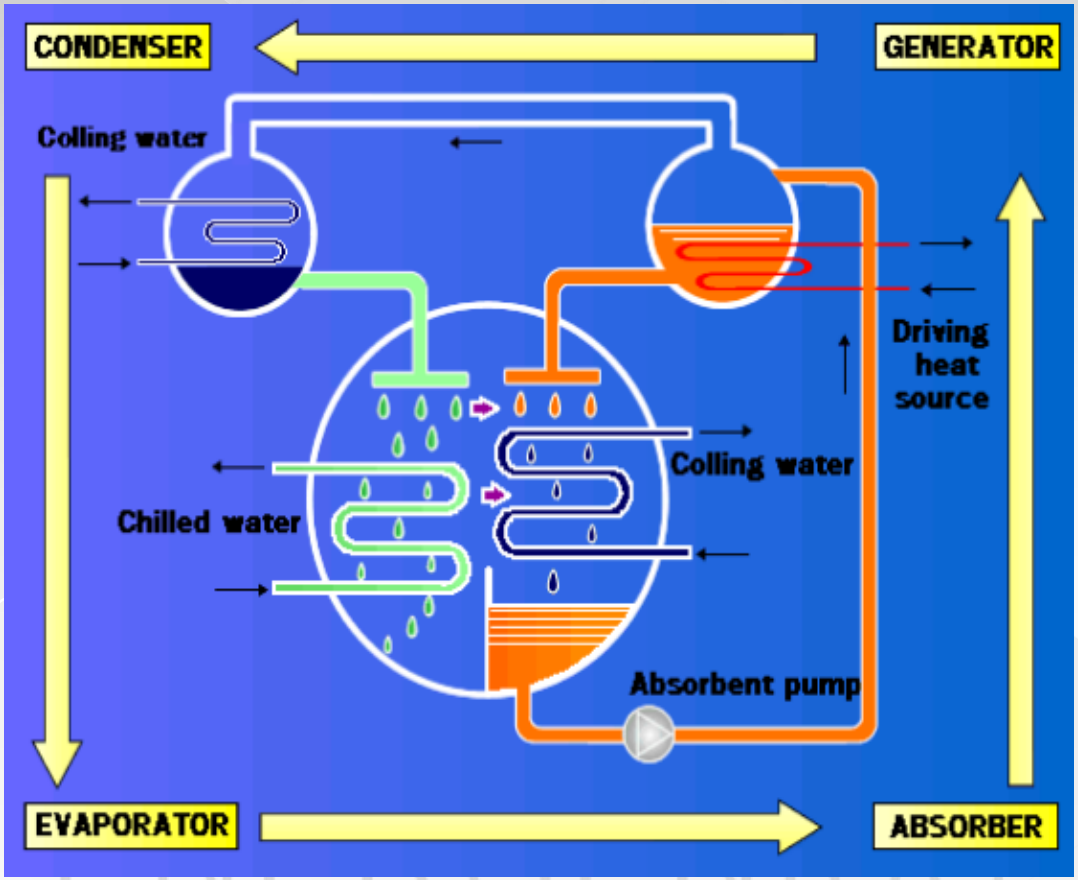






ระบบปรับอากาศแบบดูดซับ

(Absorption Refrigeration)



ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพระบบผลิตน้ำเย็นและค่าเกณฑ์ที่แนะนำของปัจจัยต่างๆ (Criteria)

นายไพฑูรย์ เติมสินวณิช

ENERGENIUS

Work Shop ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพระบบฯ

- เวลา ประมาณ 15 นาที
- แบ่งกลุ่ม
- สมาชิกในกลุ่ม ช่วยกันคิดว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลต่อประสิทธิภาพระบบฯ
- นำเสนอ

นายไพฑูรย์ ติมสินธุ์ณิช

ENERGENIUS

ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอัดอากาศ และค่าเกณฑ์ที่แนะนำของปัจจัยต่างๆ (Criteria)

1. ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องผลิตน้ำเย็น (ค่าการใช้พลังงานกิโลวัตต์ ต่อ ตันความเย็น (kW/TR) ควรมากกว่า 80% ของประสิทธิภาพพลังงานเครื่องผลิตน้ำเย็น ซึ่งแสดงอยู่ในตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานเครื่องผลิตน้ำเย็น

2. ห้องปรับอากาศ ตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมไม่ต่ำกว่า 24 °C หรือ ตามความต้องการกระบวนการ

3. อุณหภูมิน้ำเย็นที่เครื่องผลิตน้ำเย็นไม่ต่ำกว่า 50 °F (10°C)หรือ ต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dewpoint : DP) ของห้องที่ต้องการ ไม่เกิน 5 °F (หรือ 2.7 °C)

4.ค่าอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อน เข้า AHU หรือ FCU หรือ Heat Exchanger สูงกว่าที่ออกจากเครื่องผลิตน้ำเย็น ไม่เกิน 2 °F (หรือ ประมาณ 1.1 °C) ทุกเครื่อง

5. อุณหภูมิของสารทำความเย็นด้าน Evaporator ต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิต ไม่เกิน 4 °F

นายไพฑูรย์ ติมสินธุ์ณิช
ENERGENIUS

ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอัดอากาศ และค่าเกณฑ์ที่แนะนำของปัจจัยต่างๆ (Criteria)

6. ระบบระบายความร้อน

6.1 หอผึ่งเย็น (Cooling Tower)

6.1.1 อุณหภูมิน้ำหอผึ่งเย็นที่ออกจากหอผึ่งเย็น และก่อนเข้าเครื่องผลิตน้ำเย็น สูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกบริเวณหอผึ่งเย็น ไม่เกิน 6 °F (หรือ3.3 °C)

6.1.2 อุณหภูมิของสารทำความเย็นด้าน Condensing สูงกว่าอุณหภูมิน้ำหอผึ่งเย็น (Cooling Water) ที่เข้าด้าน Condensing ไม่เกิน 16°F (หรือ 8.8°C)

6.2 อีวาพอเรทีฟคอนเดนเซอร์ (Evaporative Condenser) อุณหภูมิของสารทำความเย็นด้าน Condensing สูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกบริเวณอีวาพอเรทีฟคอนเดนเซอร์ (Evaporative Condenser) ไม่เกิน 16 °F (หรือ 8.8 °C)

ENERGENIUS

ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอัดอากาศ และค่าเกณฑ์ที่แนะนำของปัจจัยต่างๆ (Criteria)

6. ระบบระบายความร้อน

6.3 ระบายความร้อนด้วยอากาศ (ขอให้พิจารณาเปลี่ยนระบบระบายความร้อนเป็น ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ)

อุณหภูมิของสารทำความเย็นด้าน Condensing สูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบ ไม่เกิน 18°F (10°C)

นายไพฑูรย์ ติมสินธุ์ณิช

ENERGENIUS

เกณฑ์ข้อที่ 1 ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องผลิตน้ำเย็น

ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องผลิตน้ำเย็น (ค่าการใช้พลังงาน ตันความเย็น ต่อกิโลวัตต์ต่อ (TR/kW) ควรมากกว่า 80% ของประสิทธิภาพพลังงานเครื่องผลิตน้ำเย็น ซึ่งแสดงอยู่ในตารางประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

นายไพฑูรย์ ติมสินธุ์ณิช
ENERGENIUS

เกณฑ์ข้อที่ 1 ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องผลิตน้ำเย็น

ประเภท และขนาด	Kw/TR	TR/kW
เครื่องทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 250 ตัน ความเย็น	0.75	1.33
ขนาด 250-500 ตัน ความเย็น	0.7	1.43
ขนาดเกิน 500 ตัน ความเย็น	0.67	1.49
เครื่องทำน้ำเย็น แบบสกรู (Screw Type Chiller)	0.7	1.43
เครื่องทำน้ำเย็น แบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 35 ตัน ความเย็น	0.98	1.02
ขนาดเกิน 35 ตัน ความเย็น	0.91	1.10
เครื่องทำน้ำเย็นแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ	0.88	1.14

ENERGENIUS

การคำนวณ ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น

แบบฟอร์มที่ 1 การคำนวณ ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น			
	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
กำลังไฟฟ้าที่ใช้			
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton	600.00	ตันความเย็น
วัดกำลังไฟฟ้าที่ เครื่องผลิตน้ำเย็น ใช้	Pw	420.00	kW
ระบบระบายความร้อน		น้ำ	
การวัด ความเย็นที่ผลิตได้			
ตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็น (45 F หรือ 7.22 C)	Tc	45	F
เพิ่มโหลด ให้น้ำเย็นด้านกลับให้ได้อุณหภูมิ 55 F (12.7 C)	Tr	53	F
วัดอัตราการไหลน้ำเย็น (หน่วยเป็น gallon per minut:GPM)	Fc	1440	GPM
อัตราการไหลของ น้ำเย็น ควรเป็น 2.4 x ตันความเย็น เครื่อง			
ความเย็นที่ ผลิตได้ (น้ำเย็น) (Chill Water Energy)	CWE	480	ตันความเย็น
CWE = 500 x Fc x (Tr-Tc) /12,000			ton Ref.
ความเย็นที่ ผลิตได้ / กำลังไฟฟ้า	Eff1	1.14	Ton Ref./kW
Eff1 = CWE / Pw			
จากตารางในภาคผนวก ชนิดและขนาด เครื่องผลิตน้ำเย็น	Effs	1.49	Ton Ref./kW
เปรียบเทียบประสิทธิภาพ เครื่องผลิตน้ำเย็น เทียบ ค่าแนะนำ	C Eff.	77%	
C eff. = Eff1/Effs			
พิจารณา เปลี่ยน เครื่องถ้า Eff.ต่ำกว่า 80%			

การคำนวณ ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น

ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็นควร มากกว่า 80% ของค่าตามตาราง เปรียบเทียบเครื่องผลิตน้ำเย็นประเภทต่างๆ ในช่องประสิทธิภาพพลังงานเครื่องผลิตน้ำเย็น (TR/kW)

จากตัวอย่างเครื่องผลิตน้ำเย็นขนาดมากกว่า 500 ตันความเย็นได้ค่าประสิทธิภาพ = 1.14/1.49= 77%

ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ 80 % ดังนั้นมีโอกาสในการปรับปรุง พิจารณาเปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำเย็น

ENERGENIUS

การคำนวณ การเปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำเย็น

แบบฟอร์มที่ 2 การคำนวณ การเปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำเย็น			
	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
เครื่องผลิตน้ำเย็น หรือ เครื่องที่ต้องการเปลี่ยน(เดิม)			
ระบบระบายความร้อน		น้ำ	
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น(เดิม)	Eff1	1.14	kW/ton Ref.
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton	600.00	ตันความเย็น
วัดกำลังไฟฟ้าที่ เครื่องผลิตน้ำเย็น ใช้	Pw	420.00	kW
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	H	24.00	ชม.ต่อวัน
จำนวนวันทำงานต่อปี	DY	300.00	วันต่อปี
ตัวประกอบโหลด	LF	80%	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
Eu=LF x H x DY x Pw	Eu	2,419,200.00	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย
ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า	สัญลักษณ์	ค่า	
cost=Eu x B	cost	8,709,120.00	บาทต่อปี
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็นใหม่	สัญลักษณ์	ค่า	
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น (ใหม่)	Eff1	1.49	Ton Ref./kW
พลังงานไฟฟ้าประหยัดได้ (Energy Saving)			
ES = Eu x (1-Eff1/Eff2)	ES	566,784.00	หน่วยต่อปี
ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าประหยัดได้ (Cost Saving)	สัญลักษณ์	ค่า	
CS = ES x B	CS	2,040,422.40	บาทต่อปี
เงินลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศใหม่	I	8,000,000.00	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	สัญลักษณ์	ค่า	
PB = I / CS	PB	3.92	ปี

ปัจจัยที่ 2 การตั้งค่าอุณหภูมิห้องปรับอากาศ

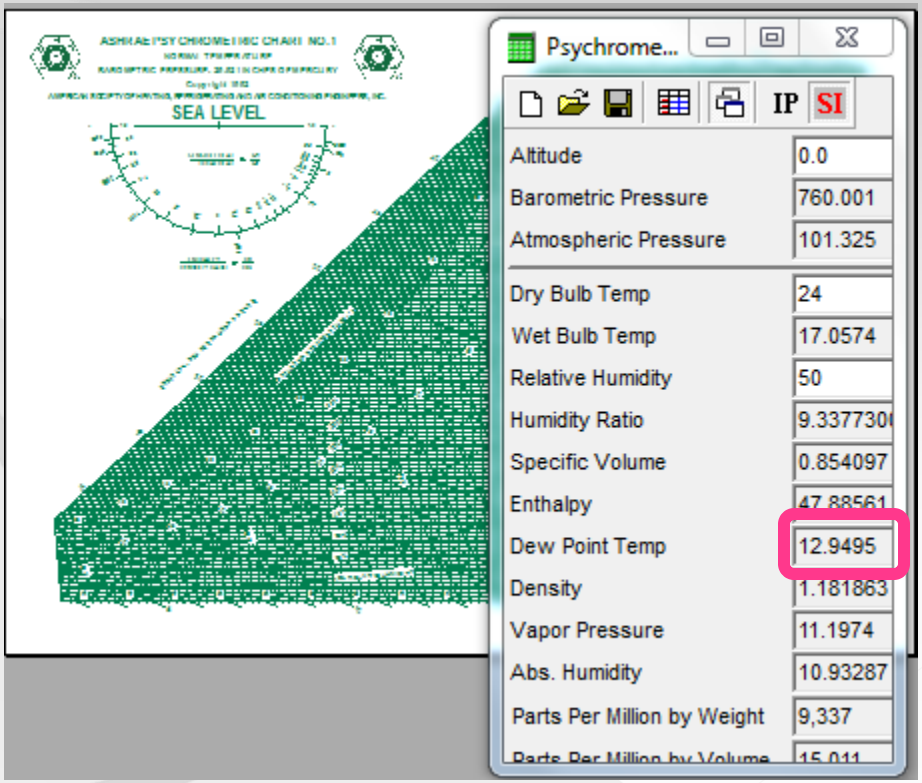
ห้องปรับอากาศ ตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมไม่ต่ำกว่า24 °C หรือ ตามความต้องการกระบวนการ

ประเภทอุตสาหกรรม	กรรมวิธี	DRY-BULB (°F)	RH (%)
ขนมปัง	การผสมแป้ง	75-80	60-65
	การปล่อยขนมปังเย็น	70-80	80-85
	การทำขนมปังกรอบ	60-65	50
ลูกกวาด-ช็อกโกแลต	บริเวณทำลูกกวาด	80-85	40-50
	ห้องบรรจุห่อ	75-80	55-60
	การเก็บรักษาทั่วไป	65-70	40-50
ลูกกวาด (แข็ง)	การผสิต	75-80	30-40
	การบรรจุทีบห่อ	65-75	40-65
	การเก็บรักษา	65-75	45-50
หมากฝรั่ง	การผสิต	77	33
	การทำให้เป็นแผ่นยาว	72	53
	การห่อ	74	58
การกลั่น (สุรา)	การเก็บรักษา		
	เมล็ดข้าว	60	35-60
	มิสท์เทศ	32-34	-
	การผสิต	60-75	45-60
	การบ่ม	65-72	50-60
เภสัชกรรม	การเก็บยงยา		
	ก่อนผสิต	70-80	30-35
	หลังผสิต	75-80	15-35
	ห้องบดยา	80	35
	การอัดเม็ดยา	70-80	40
	การเคลือบเม็ดยา	80	35
	การผสิตยาฉีด	80	35
	การเก็บแคปซูล	75	35-40

นายไพฑูรย์ ติมสินธุ์ณิช

ปัจจัยที่ 3 การตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็น

อุณหภูมิน้ำเย็นที่เครื่องผลิตน้ำเย็นไม่ต่ำกว่า 50 °F (10 °C) หรือต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dewpoint) ของห้องที่ต้องการไม่เกิน 5 °F (2.7 °C)



นายไพฑูรย์ ติมสินธุ์ณิช
ENERGENIUS

ปัจจัยข้อที่ 4 อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator

อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นด้าน Evaporator ต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิต ไม่เกิน 4 °F

จากค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ทางโรงงานตั้ง ถ้าอุณหภูมิสารทำความเย็นและอุณหภูมิน้ำเย็นต่างกันเกินกว่า 4 °F แสดงว่า ระบบปรับอากาศ ระบบน้ำเย็นของโรงงานมีปัญหา แสดงถึงโอกาสในการปรับปรุงแก้ไข ขอให้ตรวจสอบแก้ไขดังนี้

1. ตรวจสอบการทำงานของวาล์วลดความดันของเครื่องผลิตน้ำเย็น
2. ทำความสะอาด หรือเปลี่ยน Evaporator
3. อัตราการไหลของน้ำเย็น

ENERGENIUS

ปัจจัยที่ 4 อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator

แบบฟอร์มที่ 3 การคำนวณ การปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็น และสารทำความเย็น			
	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ข้อมูลการใช้เครื่องผลิตน้ำเย็น			
ระบบระบายความร้อน		น้ำ	
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น(เดิม)	Eff1	1.14	kW/ton Ref.
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton	600.00	ตันความเย็น
กำลังไฟฟ้าเครื่องผลิตน้ำเย็น	Pw	420.00	kW
หมายเลขสารทำความเย็น		R134a	
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	H	24.00	ชม.ต่อวัน
จำนวนวันทำงานต่อปี	DY	300.00	วันต่อปี
ตัวประกอบโหลด	LF	80%	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
Eu=LF x H x DY x Pw	Eu	2,419,200.00	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย

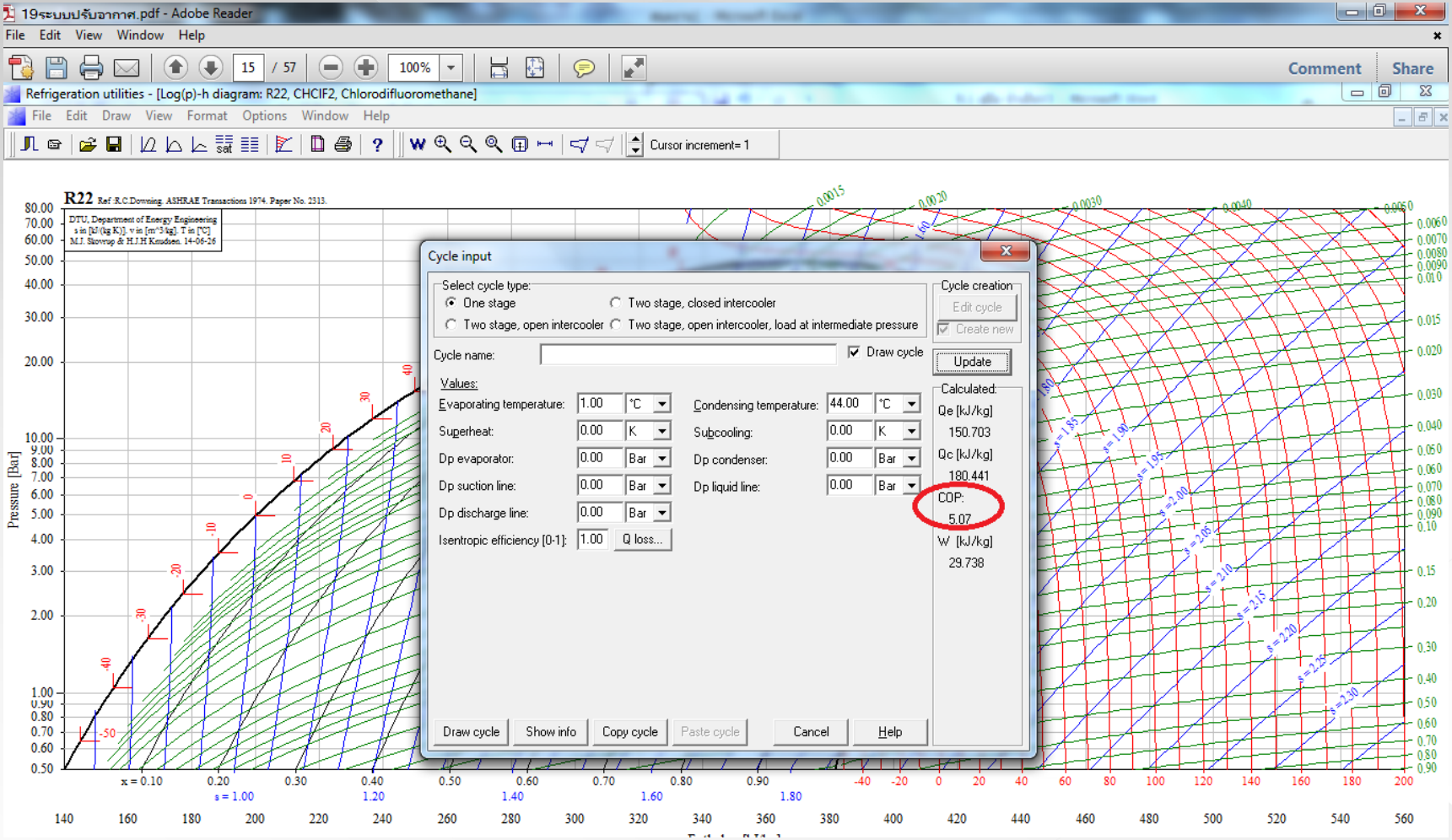
ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า	สัญลักษณ์	ค่า	
cost=Eu x B	cost	8,709,120.00	บาทต่อปี

ENERGENIUS

ปัจจัยที่ 4 อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator

ข้อมูลก่อนการปรับปรุง			
ค่าตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อนการปรับปรุง	T11	42	F
ความดัน สารทำความเย็นด้าน Evaporator	P11	3	บาร์
อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator (อ่านค่าจาก ตาราง R134a)	Ref.T11	1.00	C
		33.8	F
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น(ท่อผึ่งเย็น Cooling Tower)	Tct1	35	C
ความดัน สารทำความเย็นด้าน Condensing	P21	11	บาร์
อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Condensing (อ่านค่าจาก ตาราง R134a)	Ref.T21	44.00	C
		111.2	F
ป้อนข้อมูล อุณหภูมิสารทำความเย็น ด้าน Evaporator (Ref.T11)			
และ condensing (Ref.T21) (ป้อนข้อมูลหน่วยเป็น องศาเซลเซียส)			
เข้า Program การคำนวณ COP ของ Program Coolpack			
ดูภาคผนวก 4 วิธีหาค่า COP จาก Program Coolpack			
COP ก่อนการปรับปรุง (ป้อนข้อมูลหน่วยเป็น องศาเซลเซียส)	COP1	5.07	

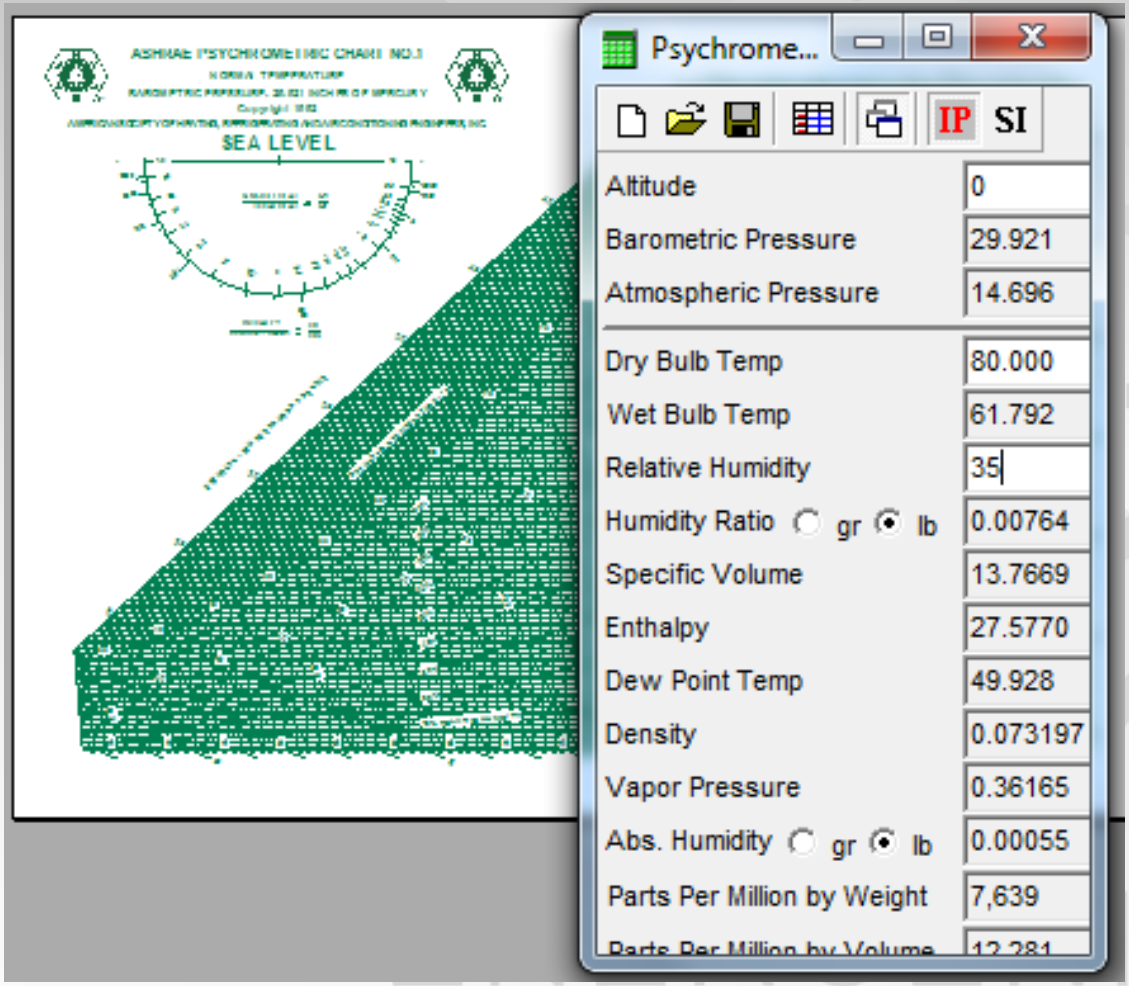
ปัจจัยที่ 4 อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator



ปัจจัยที่ 4 อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator

ข้อมูลหลังการปรับปรุง			
ห้องปรับอากาศ(ดูค่าแนะนำแต่ละกระบวนการประกอบ (ภาคผนวก)			
อุณหภูมิ		80	F
		26.67	C
ความชื้น		35%	
อุณหภูมิจัดน้ำค้าง (Dew Point) ห้องที่ต้องการปรับอากาศ	DP	49.92	F
ดูภาคผนวก 3 การหา Dew Point จาก Program Psychomatic			
ค่าตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น หลังปรับปรุง(ต่ำกว่าอุณหภูมิ Dew Point 5 F)	T12	44.92	F
T12 = DP-5 (เกณฑ์ ข้อ 3)			
อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator หลังปรับปรุง(ต่ำกว่า ค่า	Ref.T12	40.92	F
(ต่ำกว่า ค่าตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นไม่เกิน 4 F)(เกณฑ์ ข้อ 4)	หรือ	4.96	C
Ref.T12 = T12 - 4 (หน่วยเป็น องศา ฟาเรนไฮต์)			
ป้อนข้อมูล อุณหภูมิสารทำความเย็น ด้าน Evaporator ด้วย Ref.T12 หรือ ค่าจริงหลังการปรับปรุง			
ป้อนข้อมูล อุณหภูมิสารทำความเย็น ด้าน Condensing ด้วย Ref.T21 (ยังไม่มีการปรับปรุงด้าน Condensing)			
เข้า Program การคำนวณ COP ของ Program Coolpack			
ดูภาคผนวก 4 วิธีหาค่า COP จาก Program Coolpack			
COP หลังการปรับปรุง	COP2	5.76	

ปัจจัยที่ 4 อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator

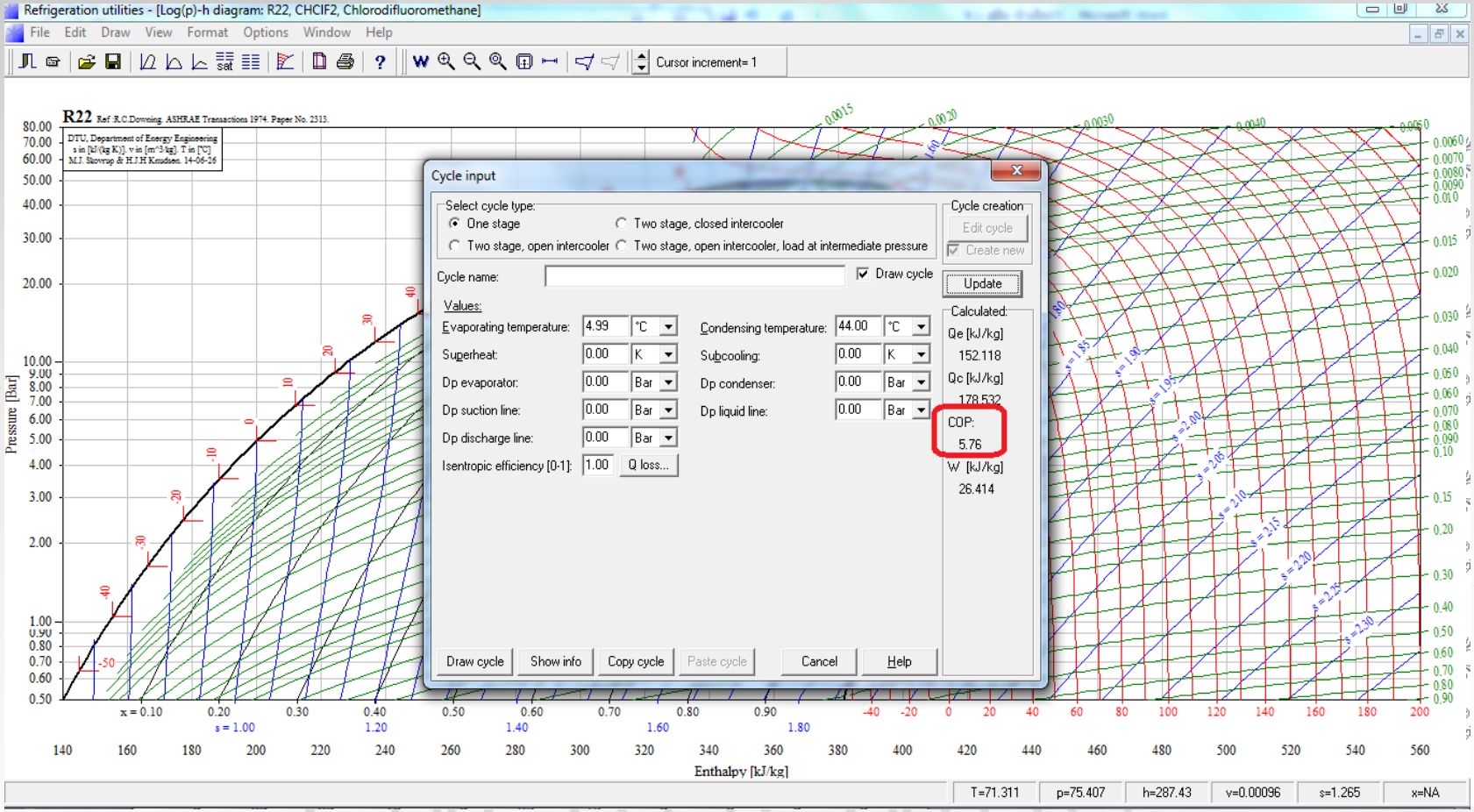


เลือก IP เป็นหน่วย อังกฤษ

หน่วยเป็น °F

ความชื้นสัมพัทธ์ เป็น %

ปัจจัยที่ 4 อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator



ปัจจัยที่ 4 อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator

Energy saving			
ES = EU x (1-COP1/COP2)	ES	289,800.00	
%ES = (1-COP1/COP2) x 100	%ES	12%	
Cost saving	CS	1,043,280.00	
CS = ES x B			
เงินลงทุนในการปรับปรุง	I	1,000,000.00	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	สัญลักษณ์	ค่า	
PB = I / CS	PB	0.96	ปี

ENERGENIUS

ปัจจัยที่ 5 ค่าอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อน เข้า AHU หรือ FCU หรือ Heat Exchanger

ค่าอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อน เข้า AHU หรือ FCU หรือ Heat Exchanger สูงกว่าที่ออกจากเครื่องผลิตน้ำเย็น ไม่เกิน 2 °F (หรือ ประมาณ 1.1 °C) ทุกเครื่อง

การสูญเสียความเย็นผ่านพื้นผิวท่อ คือ การสูญเสียความความเย็นผ่านพื้นผิวท่อที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิบรรยากาศทำให้น้ำเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นจึงควรหุ้มฉนวนท่อน้ำเย็น

ระบบน้ำเย็น เครื่องผลิตน้ำเย็น จะออกแบบให้อุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิตจะอยู่ที่ 45 °F และด้านกลับมาเข้ามีอุณหภูมิอยู่ที่ 55 °F คือการสูญเสียในท่อส่งน้ำเย็นไม่เกิน 1 °F หรือเกิน 10% ถ้ามีการสูญเสียอุณหภูมิในท่อส่งน้ำเย็น 2 °F หมายถึง 20% ของพลังงานที่เครื่องผลิตน้ำเย็น ซึ่งถือว่าสูง

นายไพฑูรย์ ตินกินร ณิช
ENERGENIUS

การสำรวจอุณหภูมิน้ำเย็น AHU

แบบฟอร์ม 4 ตรวจอุณหภูมิน้ำเย็น AHU			
อุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิต...45...F			วันที่ ...26.06.57...
หมายเลข AHU/FCU	ที่ตั้ง	อุณหภูมิน้ำเย็น ด้านเข้า (F)	อุณหภูมิน้ำเย็น ด้านออก (F)
AHU 201	ห้องบดยา1	48	58
AHU 202	ห้องบดยา2	49	57
AHU 203	ห้องบดยา3	48	59
AHU 204	ห้องผสม	49	56
AHU 205	ห้องเก็บยา	49	57
AHU 206	ห้องบรรจุ1	48	59
AHU 207	ห้องบรรจุ2	49	58
AHU 208	ห้องบรรจุ3	48	58
AHU 209	ห้องบรรจุ4	47	58
AHU 210	ห้องประชุม 1	48	57
AHU 211	ห้องประชุม 2	48	57
	เฉลี่ย	48.27	

ENERGENIUS

การคำนวณ การสูญเสียท่อส่งน้ำเย็น

แบบฟอร์มที่ 5 การคำนวณ การสูญเสียท่อส่งน้ำเย็น			
	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ข้อมูลการใช้เครื่องผลิตน้ำเย็น			
ระบบระบายความร้อน		น้ำ	
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น(เดิม)	Eff1	1.14	kW/ton Ref.
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton	600.00	ตันความเย็น
กำลังไฟฟ้าเครื่องผลิตน้ำเย็น	Pw	420.00	kW
หมายเลขสารทำความเย็น		R134a	
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	H	24.00	ชม.ต่อวัน
จำนวนวันทำงานต่อปี	DY	300.00	วันต่อปี
ตัวประกอบโหลด	LF	80%	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
Eu=LF x H x DY x Pw	Eu	2,419,200.00	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย

ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า	สัญลักษณ์	ค่า	
cost=Eu x B	cost	8,709,120.00	บาทต่อปี

ข้อมูลก่อนการปรับปรุง			
อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องผลิตน้ำเย็น	Tc	45	F
อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ยก่อนเข้าเครื่องส่งลมเย็น (AHU)	T_{AHU1}	48.27	F
หรือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (ดูจาก Form4)			
อุณหภูมิสูญเสียเฉลี่ยทางท่อส่งน้ำเย็น(Temperature loss)	TL	3.27	F
TL = T_{AHU1} - Tc			

การคำนวณ การสูญเสียท่อส่งน้ำเย็น

ข้อมูลหลังการปรับปรุง			
อุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องผลิตน้ำเย็น	Tc	45	F
อุณหภูมิน้ำเย็นที่เฉลี่ยนเข้าเครื่องส่งลมเย็น (AHU)	T_{AHU2}	47	F
เกณฑ์ข้อ 5 ค่าแตกต่างอุณหภูมิน้ำเย็นไม่เกิน 2 F			
อุณหภูมิสูญเสียเฉลี่ยทางท่อส่ง(Temperature loss)	TL	2	F
$TL = T_{AHU} - Tc$			
Energy saving (ท่อด้านจ่ายน่าเย็น ยังไม่รวมท่อด้านกลับ)			
$\%ES = (T_{AHU1}-T_{AHU2})/10x100$	%ES	13%	
$ES = Eu \times (T_{AHU1}-T_{AHU2})/10$	ES	307,238.40	หน่วย
Cost saving	CS	1,106,058.24	บาท
CS = ES x B			
เงินลงทุนในการปรับปรุง	I	500,000.00	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	PB	0.45	ปี
PB = I / CS			

ปัจจัยที่ 6 ระบบระบายความร้อน เครื่องผลิตน้ำเย็น

เครื่องผลิตน้ำเย็นที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีด้วยกัน 3 ระบบ ดังนี้

1. ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบ Cooling Tower
2. ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบ Evaporative Condenser
3. ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

นายไพฑูรย์ ติมสินธุ์ณิช
ENERGENIUS

ปัจจัยที่ 6.1 ระบบระบายความร้อนด้วยหอผึ่งเย็น (Cooling Tower)

ปัจจัยที่ 6.1.1 อุณหภูมิน้ำหอผึ่งเย็น

อุณหภูมิน้ำหอผึ่งเย็น ที่ออกจากหอผึ่งเย็น และก่อนเข้าเครื่องผลิตน้ำเย็น สูงกว่าอุณหภูมิกระเปราะเปียกบริเวณหอผึ่งเย็น ไม่เกิน 6 °F (หรือ 3.3 °C)

ปัจจัยที่ 6.1.2 อุณหภูมิสารทำความเย็นเทียบกับน้ำหล่อเย็นจากหอผึ่งเย็น (Cooling Tower)

อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นด้าน Condensing สูงกว่าอุณหภูมิน้ำหอผึ่งเย็น (Cooling Water) ที่เข้าด้าน Condensing ไม่เกิน 12 °F (หรือ 6.6 °C)

นายไพฑูรย์ ติมเสน ณิช

ENERGENIUS

การตรวจวัด ข้อมูลเบื้องต้น

แบบฟอร์มที่ 6 การตรวจวัด Cooling Tower และ condensor			
	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ข้อมูลการใช้เครื่องผลิตน้ำเย็น			
ระบบระบายความร้อน		น้ำ	
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น(เดิม)	Eff1	1.14	kW/ton Ref.
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton	600.00	ตันความเย็น
วัดกำลังไฟฟ้าที่ เครื่องผลิตน้ำเย็น ใช้	Pw	420.00	kW
หมายเลขสารทำความเย็น		R134a	
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	H	24.00	ชม.ต่อวัน
จำนวนวันทำงานต่อปี	DY	300.00	วันต่อปี
ตัวประกอบโหลด	LF	80%	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
Eu=LF x H x DY x Pw	Eu	2,419,200.00	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย

ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า	สัญลักษณ์	ค่า	
cost=Eu x B	cost	8,709,120.00	บาทต่อปี

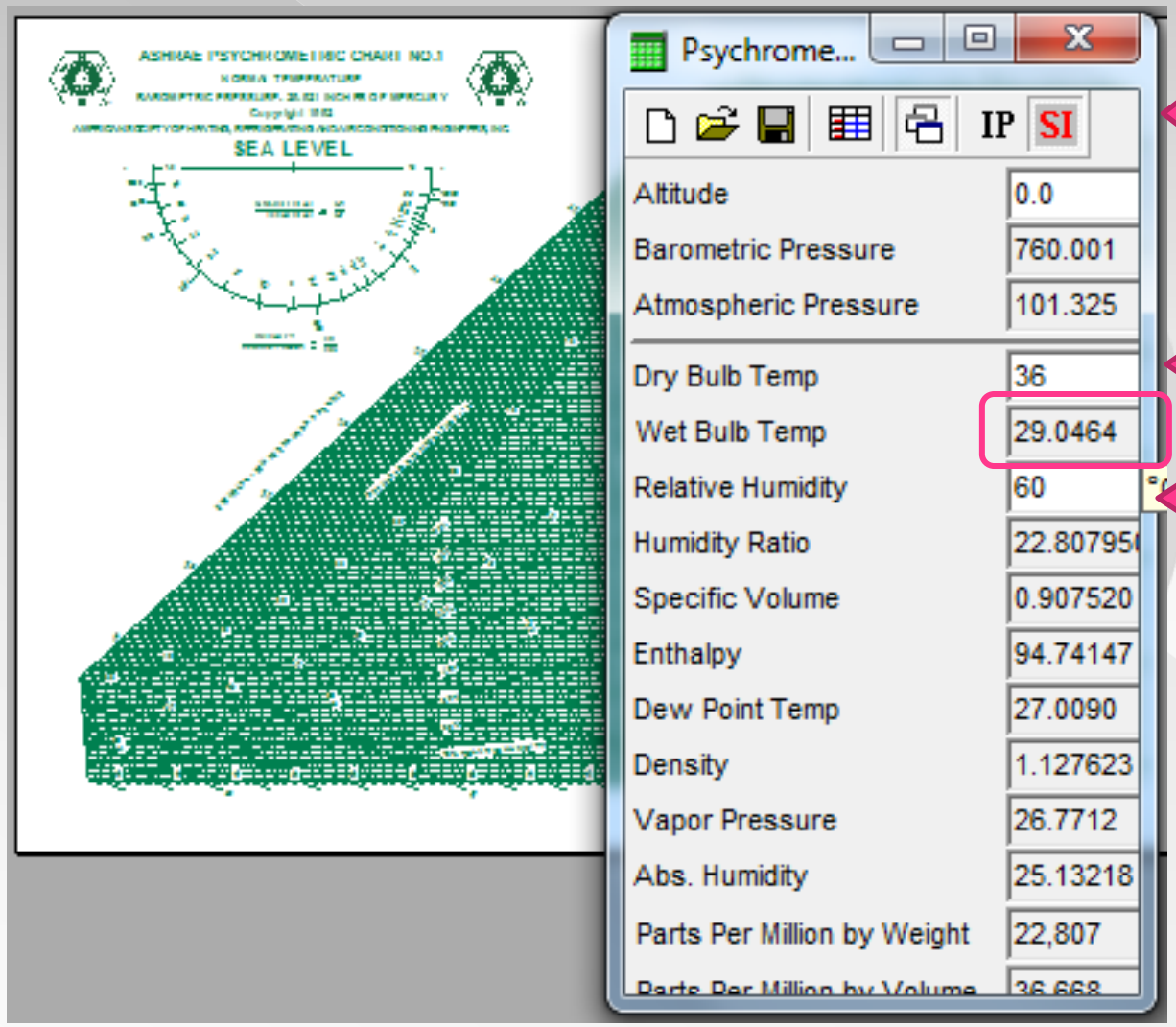
ENERGENIUS

ข้อมูลก่อนการปรับปรุง

- การวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (Cooling tower)
- การวัดอุณหภูมิอากาศรอบ (Cooling tower)

ข้อมูลก่อนการปรับปรุง			
ค่าตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อนการปรับปรุง	T11	45	F
ความดัน สารทำความเย็นด้าน Evaporator	P11	3.4	บาร์
อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator (อ่านค่าจาก ตาราง R134a)	Ref.T11	5	C
		41	F
วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น(ห่อผึ่งเย็น Cooling Tower)	Tct1	35	C
	Tct1	95.00	F
อุณหภูมิอากาศรอบ Colling tower			
อุณหภูมิ		36	C
		96.80	F
ความชื้น		60%	
อุณหภูมิประเปาะเปียก (wet bult) อากาศรอบ Cooling tower	Twb	29.04	C
ดูภาคผนวก 3 การหา อุณหภูมิ wet bult จาก Program Psychomatic		84.27	F
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นตามเกณฑ์ (ห่อผึ่งเย็น Cooling Tower)	Tct2	90.27	F
สูงกว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียกไม่เกิน 6 F (เกณฑ์ ข้อ 6.1.1)			
Tct2 = Twb+6			
ผลต่างอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจริง (Tct1) กับ อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นตามเกณฑ์ (Tct2)	Tct1-Tct2	4.73	F
หน่วยเป็น ฟาเรนไฮต์ ถ้า Tct1-Tct2 มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่า Cooing tower			
มีปัญหาควรปรับปรุง			

การหาอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb)



เลือกหน่วย SI

อุณหภูมิ 36 °C

ความชื้นสัมพัทธ์ 60%

การวัดความดันสารทำความเย็นด้าน Condensing และ คำนวณค่า COP

วัดความดัน สารทำความเย็นด้าน Condensing	P21	11.3	บาร์
อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Condensing (อ่านค่าจาก ตาราง R134a)	Ref.T21	44	C
		111.2	F
ผลต่างอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจริง (Tct1) กับ สารทำความเย็นด้าน Condensing(Ref.T21)			
หน่วยเป็น ฟาเรนไฮต์ ถ้า Tct1-Ref.T21 มีค่ามากกว่า 12 แสดงว่า Condensing	Ref.T21-Tct1	16.20	F
มีปัญหาควรปรับปรุง (เกณฑ์ข้อ 6.1.2)			
ป้อนข้อมูล อุณหภูมิสารทำความเย็น ด้าน Evaporator (Ref.T11)			
และ condensing (Ref.T21) (ป้อนข้อมูลหน่วยเป็น องศาเซลเซียส)			
เข้า Program การคำนวณ COP ของ Program Coolpack			
ดูภาคผนวก 4 วิธีหาค่า COP จาก Program Coolpack			
COP ก่อนการปรับปรุง	COP1	5.70	

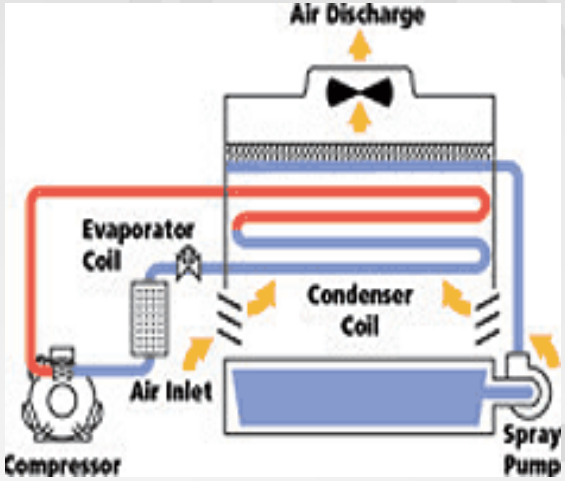
ข้อมูลหลังปรับปรุงและผลการประหยัดพลังงาน

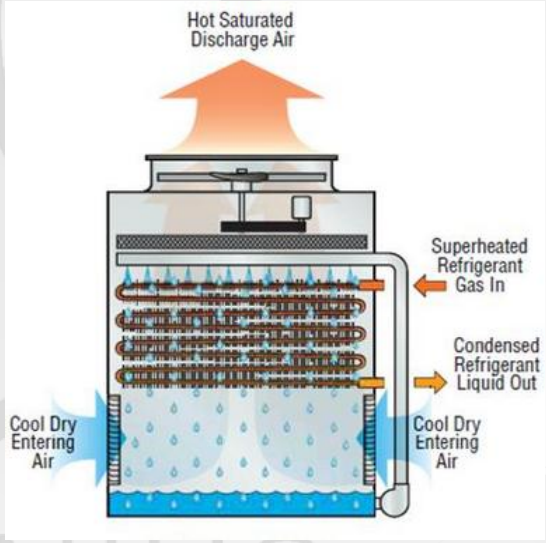
ข้อมูลหลังการปรับปรุง			
อุณหภูมิอากาศรอบ Colling tower			
อุณหภูมิ		36	C
		96.80	F
ความชื้น		60%	
อุณหภูมิประเปาะเปียก (wet bult) อากาศรอบ Cooling tower	Twb	29.04	C
ดูภาคผนวก 3 การหา Dew Point จาก Program Psychomatic		84.27	F
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น(ห่อผึงเย็น Cooling Tower)	Tct2	90.27	F
สูงกว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียกไม่เกิน 6 F (เกณฑ์ ข้อ 6.1.1)			
Tct2 = Twb+6			
อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Condensing	Ref.T22	102.27	F
สูงกว่า อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นไม่เกิน 12 F (เกณฑ์ ข้อ 6.1.2)		39.04	C
Ref.T22 = Tct2 + 12			
ป้อนข้อมูล อุณหภูมิสารทำความเย็น ด้าน Evaporator (Ref.T11)			
และ condensing (Ref.T22) (ป้อนข้อมูลหน่วยเป็น องศาเซลเซียส)			
เข้า Program การคำนวณ COP ของ Program Coolpack			
ดูภาคผนวก 4 วิธีหาค่า COP จาก Program Coolpack			
COP หลังการปรับปรุง (ป้อนข้อมูลหน่วยเป็น องศาเซลเซียส)	COP2	6.77	
Energy saving			
ES = EU x (1-COP1/COP2)	ES	382,355.10	หน่วย
%ES = (1-COP1/COP2) x 100	%ES	16%	
Cost saving	CS	1,376,478.35	บาท
CS = ES x B			
เงินลงทุนในการปรับปรุง	I	1,000,000.00	บาท

ระยะเวลาการคืนทุน	สัญลักษณ์	ค่า	
PB = I / CS	PB	0.73	ปี

ปัจจัยที่ 6.2 การตรวจวัด Evaporative Condenser

อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นด้าน Condensing สูงกว่าอุณหภูมิกระเปราะเปียกบริเวณอีวาพอเรทีฟคอนเดนเซอร์ (Evaporative Condenser) ไม่เกิน 14 °F (หรือ 7.7 °C)





ENERGENIUS

การตรวจวัดข้อมูลเบื้องต้น

แบบฟอร์มที่ 7 การตรวจวัด Evaporative Condensor

	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ข้อมูลการใช้เครื่องผลิตน้ำเย็น			
ระบบระบายความร้อน		น้ำ	
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น(เต็ม)	Eff1	1.14	kW/ton Ref.
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton	600.00	ตันความเย็น
วัดกำลังไฟฟ้าที่ เครื่องผลิตน้ำเย็น ใช้	Pw	420.00	kW
หมายเลขสารทำความเย็น		R134a	
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	H	24.00	ชม.ต่อวัน
จำนวนวันทำงานต่อปี	DY	300.00	วันต่อปี
ตัวประคอบโหลด	LF	80%	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
Eu=LF x H x DY x Pw	Eu	2,419,200.00	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย

ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า	สัญลักษณ์	ค่า	
cost=Eu x B	cost	8,709,120.00	บาทต่อปี

การตรวจวัดข้อมูลก่อนปรับปรุง

ข้อมูลก่อนการปรับปรุง			
ค่าตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อนการปรับปรุง	T11	45	F
ความดัน สารทำความเย็นด้าน Evaporator	P11	3.4	บาร์
อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator (อ่านค่าจาก ตาราง R134a)	Ref.T11	5	C
		41	F
อุณหภูมิอากาศรอบ Evaporative Condensor			
อุณหภูมิ		36	C
		96.80	F
ความชื้น		60%	
อุณหภูมิประเปาะเปียก (wet bult) อากาศรอบ Cooling tower	Twb	29.04	C
ดูภาคผนวก 3 การหา อุณหภูมิ wet bult จาก Program Psychomatic		84.27	F
อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Evaporative condensor	Tec	98.27	F
สูงกว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียกไม่เกิน 14 F (เกณฑ์ ข้อ 6.2)			
Tec = Twb+14			
วัดความดัน สารทำความเย็นด้าน Condensing	P21	11.3	บาร์
อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Condensing (อ่านค่าจาก ตาราง R134a)	Ref.T21	44	C
		111.2	F
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Twb) เทียบกับ อุณหภูมิCondensing จริง (Ref.T21)			
หน่วยเป็น ฟาเรนไฮต์ ถ้า Ref.T21 - Twb มีค่ามากกว่า 14 แสดงว่า Condensing	Ref.T21-Twb	26.93	F
มีปัญหาควรปรับปรุง (เกณฑ์ข้อ 6.2)			
ป้อนข้อมูล อุณหภูมิสารทำความเย็น ด้าน Evaporator (Ref.T11)			
และ condensing (Ref.T21) (ป้อนข้อมูลหน่วยเป็น องศาเซลเซียส)			
เข้า Program การคำนวณ COP ของ Program Coolpack			
ดูภาคผนวก 4 วิธีหาค่า COP จาก Program Coolpack			
COP ก่อนการปรับปรุง	COP1	5.70	

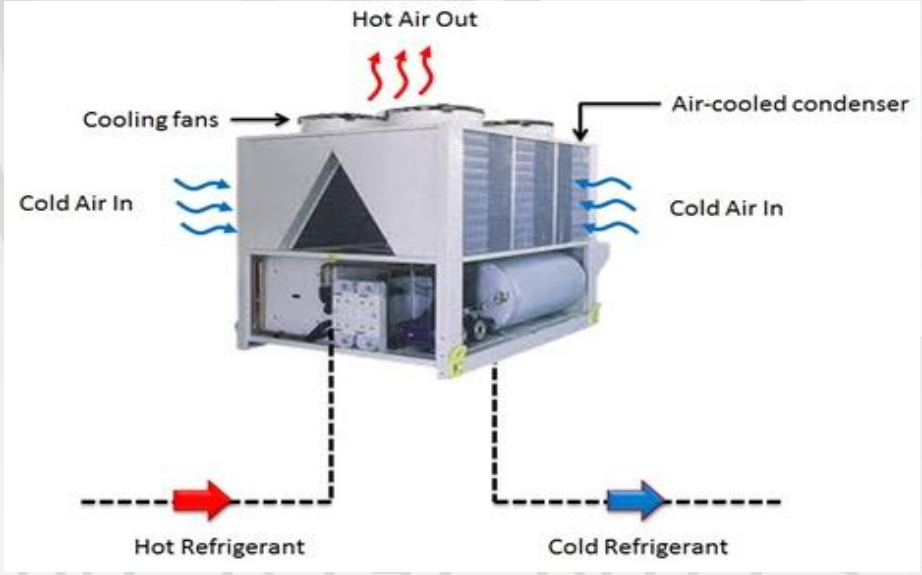
การตรวจวัดข้อมูลหลังปรับปรุง และผลการปรับประหยัดพลังงาน

ข้อมูลหลังการปรับปรุง			
อุณหภูมิอากาศรอบ Colling tower			
อุณหภูมิ		36	C
		96.80	F
ความชื้น		60%	
อุณหภูมิประเปาะเปียก (wet bult) อากาศรอบ Cooling tower	Twb	29.04	C
ดูภาคผนวก 3 การหา Dew Point จาก Program Psychomatic		84.27	F
อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Evaporative condensor	Ref.T22	98.27	F
สูงกว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียกไม่เกิน 14 F (เกณฑ์ ข้อ 6.2)		36.82	C
Ref.T22 = Twb+14			
ป้อนข้อมูล อุณหภูมิสารทำความเย็น ด้าน Evaporator (Ref.T11)			
และ condensing (Ref.T22) (ป้อนข้อมูลหน่วยเป็น องศาเซลเซียส)			
เข้า Program การคำนวณ COP ของ Program Coolpack			
ดูภาคผนวก 4 วิธีหาค่า COP จาก Program Coolpack			
COP หลังการปรับปรุง (ป้อนข้อมูลหน่วยเป็น องศาเซลเซียส)	COP2	7.36	
Energy saving			
ES = EU x (1-COP1/COP2)	ES	545,634.78	หน่วย
%ES = (1-COP1/COP2) x 100	%ES	23%	
Cost saving	CS	1,964,285.22	บาท
CS = ES x B			
เงินลงทุนในการปรับปรุง	I	2,500,000.00	บาท

ระยะเวลาการคืนทุน	สัญลักษณ์	ค่า	
PB = I / CS	PB	1.27	ปี

ปัจจัยที่ 6.3 การตรวจวัด ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ Condensing Unit

อุณหภูมิของสารทำความเย็นด้าน Condensing สูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบ ไม่เกิน 18 °F (10 °C) (ขอให้พิจารณาเปลี่ยนระบบระบายความร้อนเป็นระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ)



นายไพฑู
ENERGENIUS

การตรวจวัดข้อมูลเบื้องต้น

แบบฟอร์มที่ 8 การตรวจวัด ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ Condensing Unit			
	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ข้อมูลการใช้เครื่องผลิตน้ำเย็น			
ระบบระบายความร้อน		น้ำ	
ประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำเย็น(เดิม)	Eff1	1.14	kW/ton Ref.
ขนาดเครื่องผลิตน้ำเย็น	Ton	600.00	ตันความเย็น
วัดกำลังไฟฟ้าที่ เครื่องผลิตน้ำเย็น ใช้	Pw	420.00	kW
หมายเลขสารทำความเย็น		R134a	
จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน	H	24.00	ชม.ต่อวัน
จำนวนวันทำงานต่อปี	DY	300.00	วันต่อปี
ตัวประกอบโหลด	LF	80%	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้			
Eu=LF x H x DY x Pw	Eu	2,419,200.00	หน่วยต่อปี
อัตราค่าไฟฟ้า	B	3.60	บาทต่อหน่วย

ค่าใช้จ่ายไฟฟ้า	สัญลักษณ์	ค่า	
cost=Eu x B	cost	8,709,120.00	บาทต่อปี

การตรวจวัดข้อมูลก่อนปรับปรุง

ข้อมูลก่อนการปรับปรุง			
ค่าตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อนการปรับปรุง	T11	45	F
ความดัน สารทำความเย็นด้าน Evaporator	P11	3.4	บาร์
อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator (อ่านค่าจาก ตาราง R134a)	Ref.T11	5	C
		41	F
อุณหภูมิอากาศรอบ Condensing Unit			
อุณหภูมิ	Ta	36	C
		96.80	F
อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condensing Unit	Tcu	114.80	F
สูงกว่า อุณหภูมิอากาศรอบ 18 F (เกณฑ์ ข้อ 6.3)			
Tcu = Ta+18			
วัดความดัน สารทำความเย็นด้าน Condensing	P21	12.5	บาร์
อุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Condensing (อ่านค่าจาก ตาราง R134a)	Ref.T21	48	C
		118.4	F
อุณหภูมิอากาศรอบ (Ta) เทียบกับ อุณหภูมิCondensing จริง (Ref.T21)			
หน่วยเป็น ฟาเรนไฮต์ ถ้า Ref.T21 - Ta มีค่ามากกว่า 18 แสดงว่า Condensing	Ref.T21-Ta	21.60	F
มีปัญหาควรปรับปรุง (เกณฑ์ข้อ 6.3)			
ป้อนข้อมูล อุณหภูมิสารทำความเย็น ด้าน Evaporator (Ref.T11)			
และ condensing (Ref.T21) (ป้อนข้อมูลหน่วยเป็น องศาเซลเซียส)			
เข้า Program การคำนวณ COP ของ Program Coolpack			
ดูภาคผนวก 4 วิธีหาค่า COP จาก Program Coolpack			
COP ก่อนการปรับปรุง	COP1	5.01	

การตรวจวัดข้อมูลหลังปรับปรุง และผลการปรับประหยัดพลังงาน

ข้อมูลหลังการปรับปรุง			
อุณหภูมิอากาศรอบ Colling tower			
อุณหภูมิ	Ta	36	C
		96.80	F
อุณหภูมิสารทำความเย็นที่ Condensing Unit	Ref.T22	114.80	F
สูงกว่า อุณหภูมิอากาศรอบ 18 F (เกณฑ์ ข้อ 6.3)		46.00	C
Tcu = Ta+18			
ป้อนข้อมูล อุณหภูมิสารทำความเย็น ด้าน Evaporator (Ref.T11)			
และ condensing (Ref.T22) (ป้อนข้อมูลหน่วยเป็น องศาเซลเซียส)			
เข้า Program การคำนวณ COP ของ Program Coolpack			
ดูภาคผนวก 4 วิธีหาค่า COP จาก Program Coolpack			
COP หลังการปรับปรุง (ป้อนข้อมูลหน่วยเป็น องศาเซลเซียส)	COP2	5.34	
Energy saving			
ES = EU x (1-COP1/COP2)	ES	149,501.12	หน่วย
%ES = (1-COP1/COP2) x 100	%ES	6%	
Cost saving	CS	538,204.04	บาท
CS = ES x B			
เงินลงทุนในการปรับปรุง	I	50,000.00	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	สัญลักษณ์	ค่า	
PB = I / CS	PB	0.09	ปี

การบันทึกข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของระบบไอน้ำ

นายไพฑูรย์ เติมสินวณิช

ENERGENIUS

การบันทึกข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของระบบผลิตน้ำเย็น

ข้อ	เกณฑ์	ค่าตามเกณฑ์	ค่าจากการตรวจวัด	ผลการประเมิน (ผ่าน- ไม่ผ่าน)	แนวทางการแก้ไข
1	ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องผลิตน้ำเย็น (ค่าการใช้พลังงาน ต้นความเย็น ต่อกิโลวัตต์ต่อ (TR)/ kW) สูงกว่า 80% ของประสิทธิภาพพลังงานเครื่องผลิตน้ำเย็น ซึ่งแสดงอยู่ในภาคผนวก 1 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานเครื่องผลิตน้ำเย็น	ตารางเปรียบเทียบเครื่องผลิตน้ำเย็น =...1.49... TR/ kW	เครื่องผลิตน้ำเย็น =...1.14... TR/ kW เทียบตาราง เปรียบเทียบ .....77%.....	( ) ผ่าน (/) ไม่ผ่าน	เปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
2	ห้องปรับอากาศ ตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมไม่ต่ำกว่า 24 °C หรือ ตามความต้องการกระบวนการ	กระบวนการ..ผลิตอาหาร. ค่าตั้งอุณหภูมิ..80 °F ความชื้น...35%.....	ค่าตั้งอุณหภูมิ..75. °F. ความชื้น....30 %.....	( ) ผ่าน (/) ไม่ผ่าน	ปรับตั้งอุณหภูมิตามเกณฑ์
3	อุณหภูมิน้ำเย็นที่เครื่องผลิตน้ำเย็นไม่ต่ำกว่า 50 °F(10°C)หรือต่ำกว่า Dewpoint ของห้องที่ต้องการไม่เกิน 5 °F (2.7 °C)	จากอุณหภูมิความชื้นข้อ2 อุณหภูมิ Dewpoint = ...49.9°F (DP) อุณหภูมิน้ำเย็น ...44.9...°F (DP-5)	ค่าตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น ...42°F...	( ) ผ่าน (/) ไม่ผ่าน	1.ปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น 2.กรณีมีห้องปรับอากาศไม่สามารถทำอุณหภูมิได้ตามค่าตั้งอุรหภูมิ - ตรวจสอบ หรือแก้ไขอัตราการไหลอากาศและน้ำเข้าเครื่องส่งลมเย็น(AHU)หรือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน Heat Exchanger (กรณีใช้ในกระบวนการ) - เปลี่ยนหรือเติม เครื่องส่งลมเย็น(AHU) 3. ทำความสะอาด หรือเปลี่ยนStainerเครื่องส่งลมเย็น (AHU) 4. ฉนวนหุ้มท่อส่งน้ำเย็น (ถ้าข้อ 3 ไม่ผ่าน)

ENERGENIUS

การบันทึกข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของระบบผลิตน้ำเย็น

ข้อ	เกณฑ์	ค่าตามเกณฑ์	ค่าจากการตรวจวัด	ผลการประเมิน (ผ่าน- ไม่ผ่าน)	แนวทางการแก้ไข
4	อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นด้าน Evaporator ต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิต ไม่เกิน 4 °F	อุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิต...44.9....°F (T) อุณหภูมิของสารทำความเย็น...39.98. °F(T-4)	อุณหภูมิของสารทำความเย็น...33.8.. °F		1.ตรวจสอบการทำงานของ วาล์วลดความดันของเครื่องผลิตน้ำเย็น 2.ทำความสะอาด หรือเปลี่ยน Evaporator
5	ค่าอุณหภูมิน้ำเย็น ก่อน เข้า AHU หรือ FCU หรือ Heat Exchanger สูงกว่าที่ออกจากเครื่องผลิตน้ำเย็น ไม่เกิน 2 °F (หรือ ประมาณ 1.1 °C) ทุกเครื่อง	ค่าตั้งอุณหภูมิน้ำเย็น (จริง)...45. °F (SP) อุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้า AHU, FCU, Exchagner...47.. °F(SP+2)	อุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้า AHU, FCU, Exchagner สูงสุด ...48.27... °F	( ) ผ่าน (/) ไม่ผ่าน	ปรับปรุงเปลี่ยนฉนวนหุ้มท่อ
6	ระบบระบายความร้อน				
6.1	หอผึ่งเย็น (cooling tower)				
6.1.1	อุณหภูมิ น้ำหอผึ่งเย็น ที่ออกจากหอผึ่งเย็น และก่อนเข้าเครื่องผลิตน้ำเย็น สูงกว่าอุณหภูมิกระเปราะเปียกบริเวณหอผึ่งเย็น ไม่เกิน 6 °F (หรือ 3.3 °C)	อุณหภูมิกระเปราะเปียกบริเวณหอผึ่งเย็น84.27. °F (Twb) อุณหภูมิ น้ำหอผึ่งเย็น 90.27. °F(Twb+6)	อุณหภูมิ น้ำหอผึ่งเย็น...95. °F		ล้างทำความสะอาด หรือ เปลี่ยน filler หอผึ่งเย็น ตรวจสอบปรับตั้ง เปลี่ยน Sprinkler head ตรวจสอบปรับตั้ง เปลี่ยน Sprinkler pipe ตรวจสอบ ปรับปรุงอัตราการไหลของอากาศ เปลี่ยน Cooling Tower
6.1.2	อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นด้าน condensing สูงกว่าอุณหภูมิน้ำหอผึ่งเย็น(Cooling Water) ที่เข้าด้าน Condensing ไม่เกิน 12°F (หรือ 6.6°C)	อุณหภูมิ น้ำหอผึ่งเย็นเข้า...95°F(Tct1) อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็น.107.. °F (Tct1+12)	อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็น111.2 °F		ล้างทำความสะอาด Condensing unit

การบันทึกข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของระบบผลิตน้ำเย็น

ข้อ	เกณฑ์	ค่าตามเกณฑ์	ค่าจากการตรวจวัด	ผลการประเมิน (ผ่าน- ไม่ผ่าน)	แนวทางการแก้ไข
6.2	อีวาพอเรทีฟคอนเดนเซอร์ (Evaporative Condenser) อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นด้าน Condensing สูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกบริเวณอีวาพอเรทีฟคอนเดนเซอร์ (Evaporative Condenser) ไม่เกิน 14°F (หรือ 7.7°C)	อุณหภูมิกระเปาะเปียกบริเวณหอผึ่งเย็น 84.27. °F (Twb) อุณหภูมิของสารทำความเย็น.98.27.. °F (Twb+14)	อุณหภูมิของสารทำความเย็น111.2°F		ล้างทำความสะอาด อีวาพอเรทีฟคอนเดนเซอร์ ตรวจสอบ ปรับปรุงอัตราการไหลของอากาศ
6.3	อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นด้าน Condensing สูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบ ไม่เกิน 18 °F (10 °C) (ยกเว้นที่จำเป็นต้องเปลี่ยนระบบระบายความร้อนเป็น ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ)	อุณหภูมิโดยรอบ...96.8°F(Ta) อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็น..114.8°F (Ta+18)	อุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็น...118.4°F		ทำความสะอาดCondensing Unit ตรวจสอบ ปรับปรุงอัตราการไหลของอากาศ

ENERGENIUS

Thank you for your Attention

Dr.Paitoon Termsinvanich

Energenius Co.,ltd

www.energeniusth.com

Email: paitoontsv.eng@gmail.com

Tel.081-647-0229

นายไพฑูรย์ ศิริวินรัณ

ENERGENIUS