Department of Alternative Energy Development and Efficiency
MINISTRY OF ENERGY

"Case Study- M&V of Chiller"

Mr.Jirayut Charoenchatchai
Mr.Pongpan Watcharawisit

BRIGHT Management Consulting Co.,Ltd.

BRIGHT management consulting company limited
ensop ENERGY MANAGEMENT

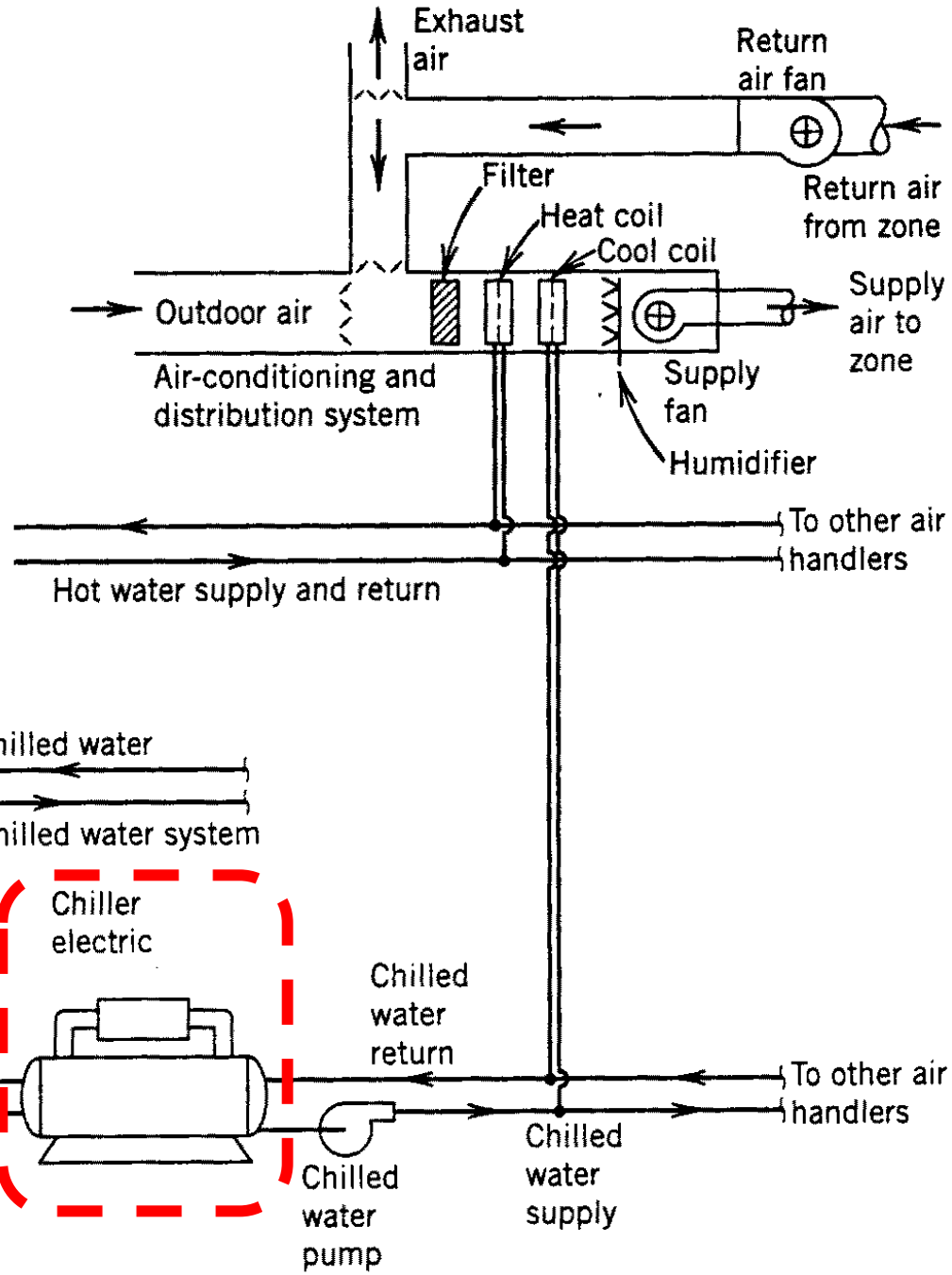
หัวข้อบรรยาย

1. การเปลี่ยนใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบปรับความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์

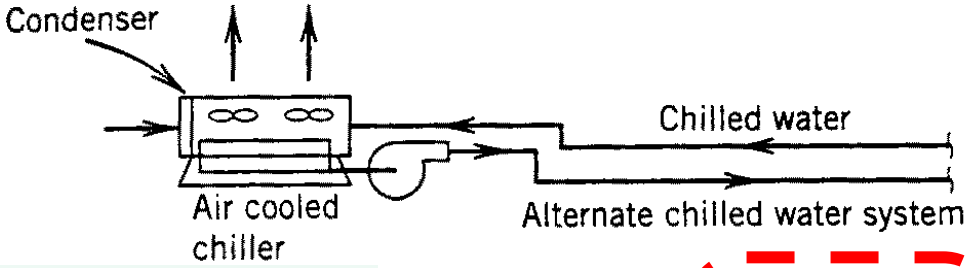
- การตรวจวัดค่าสมรรถนะการทำความเย็นก่อนและหลังปรับปรุง (kW/ton)
- ตัวแปรที่ต้องควบคุมในการตรวจวัด
- การวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะจริงและสภาวะมาตรฐาน
- กรณีศึกษาการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน (M&V)

2. ฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการทำความเย็น (kW/ton)

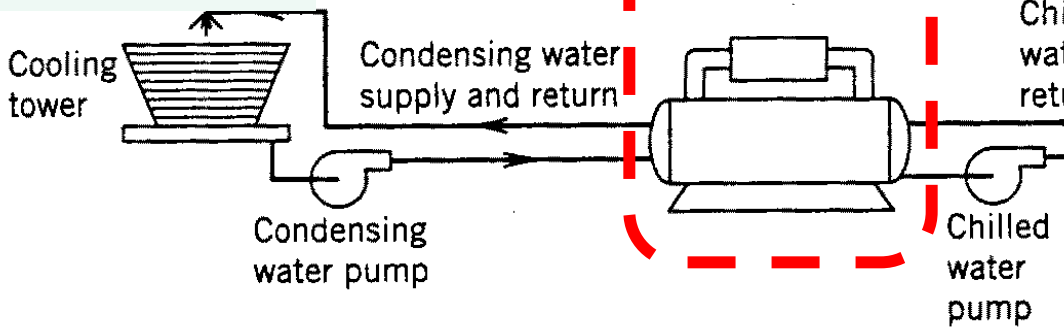
CHILLED WATER SYSTEM



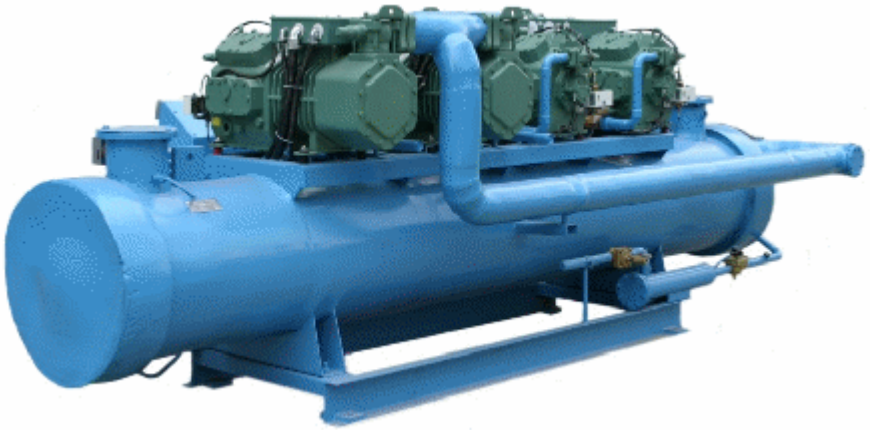
I . Air Cooled Chiller



II. Water Cooled Chiller



ประเภทเครื่องทำน้ำเย็นตามชนิดคอมเพรสเซอร์



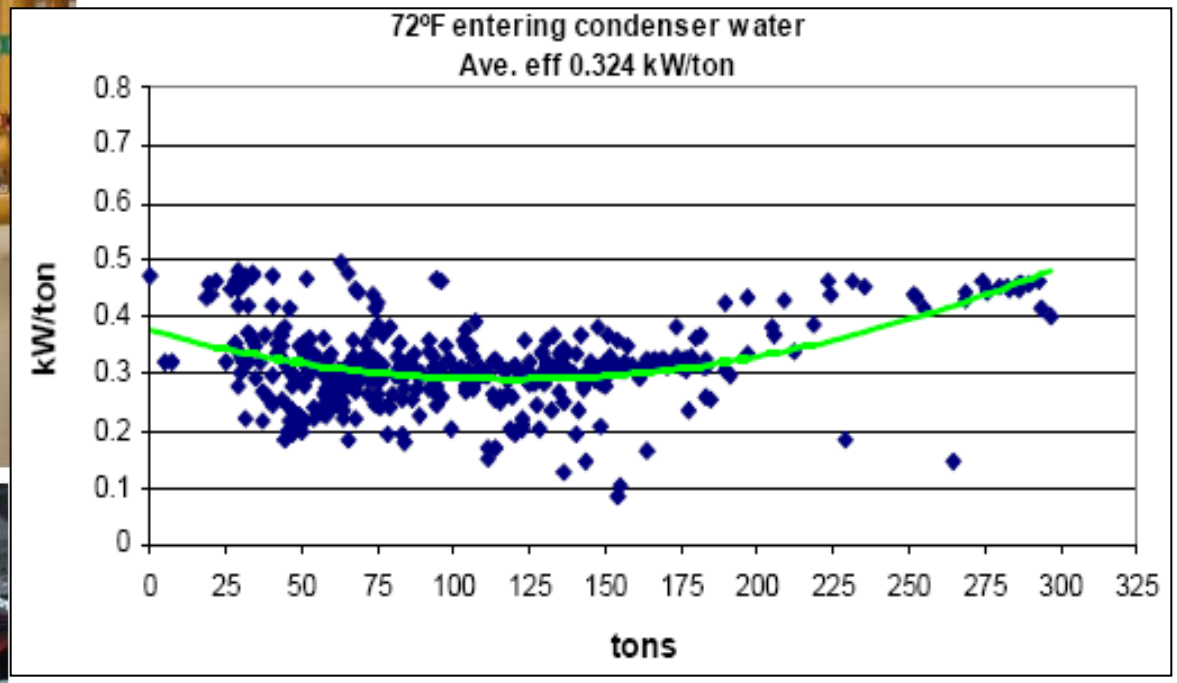
Reciprocating, Piston

Scroll

Screw

Centrifugal

เครื่องทำน้ำเย็นแบบปรับความเร็วรอบ (VSD Chiller)

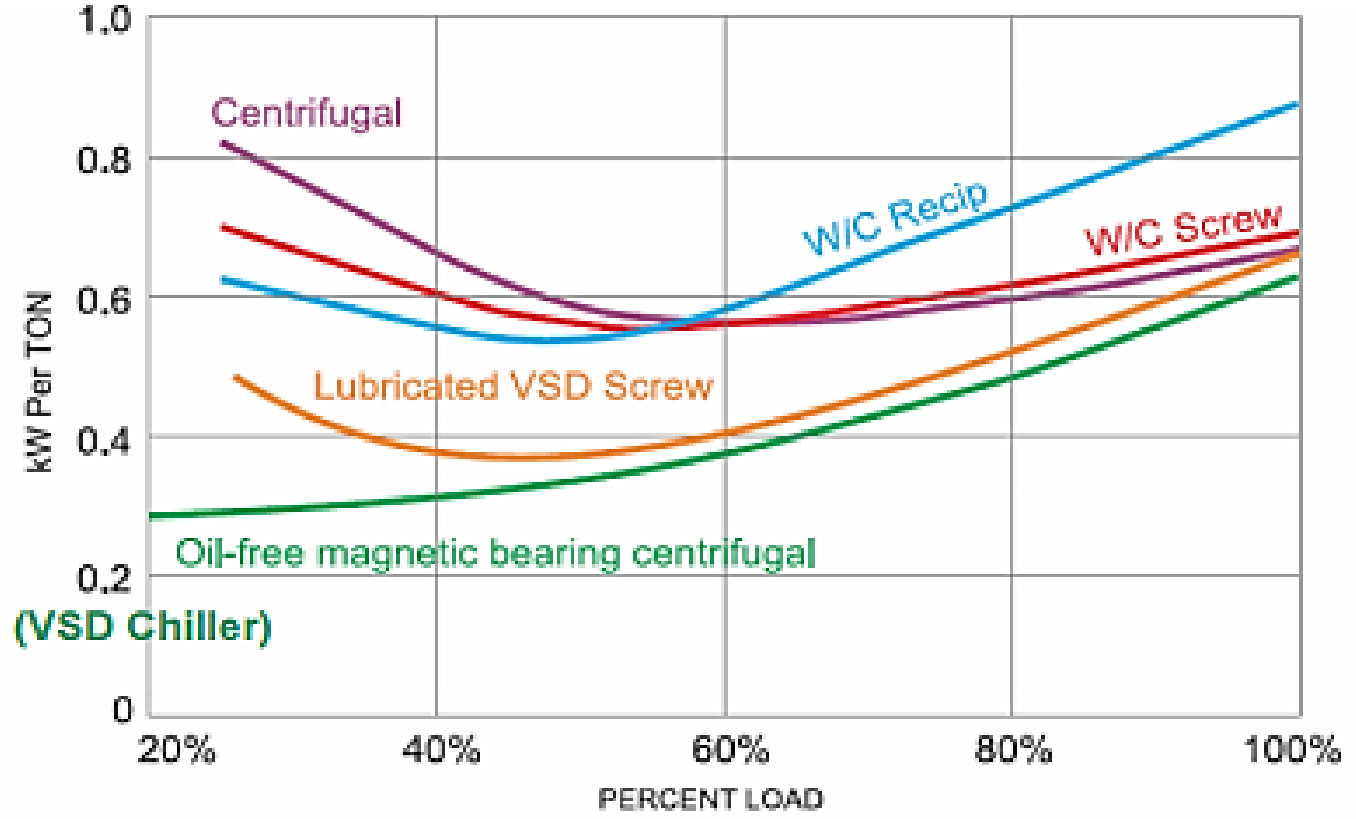


VSD Chiller

สมรรรถนะการทำความเย็น 0.3-0.5 kW/ton

เครื่องทำน้ำเย็นแบบปรับความเร็วรอบ (VSD Chiller)

- กราฟเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละประเภท



ศักยภาพการประหยัดพลังงาน : VSD Chiller สามารถประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 20-40

การตรวจวัดพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน

1. ข้อมูลที่จำเป็น

- พิกัดอุปกรณ์ / แผนผังระบบ / ชั่วโมงการใช้งานอุปกรณ์

2. เครื่องมือตรวจวัด

- อุปกรณ์ตรวจวัดที่ใช้งานต้องผ่านการสอบเทียบและได้รับใบรับรองผลการสอบเทียบ

3. วิธีการตรวจวัด

- วิธีการตรวจวัดและคำนวณก่อนและหลังปรับปรุง

4. การพิสูจน์ผลการประหยัด

- วิธีการคำนวณพิสูจน์ผลการประหยัด

การตรวจวัดพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน

การเปลี่ยนใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบปรับความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์

1. การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงาน ก่อนปรับปรุง (กำหนดค่าการใช้พลังงานฐาน)

2. การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงาน หลังปรับปรุง (ตรวจสอบผลการใช้พลังงานที่ประหยัดได้)

หมายเหตุ : ระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของอุปกรณ์เป็นเวลาอย่างน้อย 1 สัปดาห์

การเปลี่ยนใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบปรับความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์

ก่อนปรับปรุง

- การ**กำหนดตัวแปรควบคุม**การใช้พลังงานเพื่อตรวจวัดการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง
- ตรวจวัดการใช้**พลังงานฐาน**ก่อนปรับปรุง
- คำนวณ**ดัชนีการใช้พลังงานฐาน**ก่อนปรับปรุง (kW/ton)
- คำนวณ**ปริมาณการใช้พลังงานฐาน**ก่อนปรับปรุง (kWh/yr.)

หลังปรับปรุง

- การ**ตรวจสอบตัวแปรควบคุม**การใช้พลังงานเพื่อตรวจวัดการใช้พลังงานฐานหลังปรับปรุง
- ตรวจวัดการใช้**พลังงานหลัง**ปรับปรุง
- คำนวณ**ดัชนีการใช้พลังงานหลัง**ปรับปรุง (kW/ton)
- คำนวณ**ปริมาณการใช้พลังงานหลัง**ปรับปรุง (kWh/yr.)
- คำนวณ**ร้อยละการประหยัด**พลังงาน (%)
- คำนวณ**ผลประหยัดการใช้พลังงาน** (kWh/yr.)

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด

1. เครื่องบันทึกค่าพลังไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้า , กระแสไฟฟ้า , กำลังไฟฟ้า และเพาเวอร์แฟคเตอร์)
2. เครื่องวัด/บันทึกค่าอัตราการไหลของน้ำและเครื่องวัดค่าอุณหภูมิน้ำที่ผิวท่อ
3. เครื่องวัดค่าพลังไฟฟ้าแบบชั่วขณะ (แรงดันไฟฟ้า , กระแสไฟฟ้า , กำลังไฟฟ้า และเพาเวอร์แฟคเตอร์)
4. เครื่องวัดอุณหภูมิ , ความชื้นสัมพัทธ์และเครื่องวัดอุณหภูมิน้ำชนิดจุ่ม

หมายเหตุ : อุปกรณ์ตรวจวัดที่ใช้งานต้องผ่านการสอบเทียบและได้รับใบรับรองผลการสอบเทียบ

เครื่องบันทึกค่าพลังไฟฟ้า
(แรงดันไฟฟ้า , กระแสไฟฟ้า , กำลังไฟฟ้า
และเพาเวอร์แฟคเตอร์)

เครื่องวัด/บันทึกค่าอัตราการไหลของ
น้ำและเครื่องวัดค่าอุณหภูมิน้ำที่ผิวท่อ

เครื่องวัดค่าพลังไฟฟ้าแบบชั่วขณะ (แรงดันไฟฟ้า , กระแสไฟฟ้า , กำลังไฟฟ้า และเพาเวอร์แฟคเตอร์)

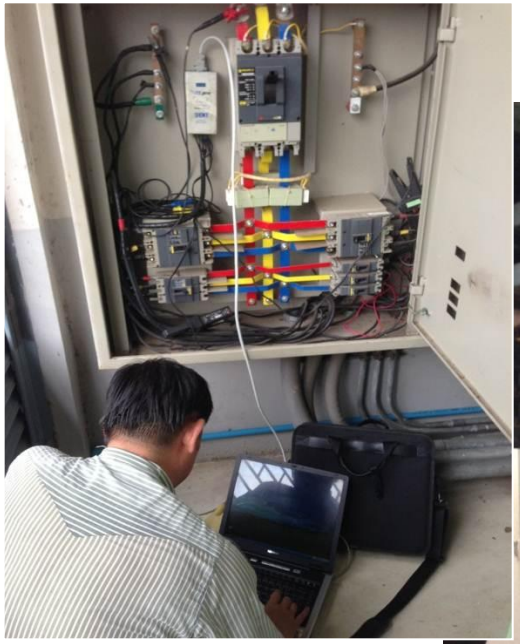
เครื่องวัดอุณหภูมิ , ความชื้นสัมพัทธ์และเครื่องวัดอุณหภูมิน้ำชนิดจุ่ม

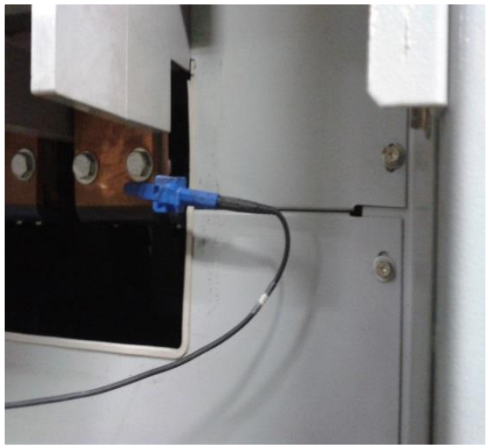
การปรับตั้งค่าการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นก่อนและหลังปรับปรุง

รูปแสดงการปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของเครื่องทำน้ำเย็นเดิมก่อนปรับปรุงที่ค่าการออกแบบ

รูปแสดงการปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ได้ (VSD Chiller) หลังปรับปรุง ให้เป็นค่าเดียวกับช่วงตรวจวัดการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง

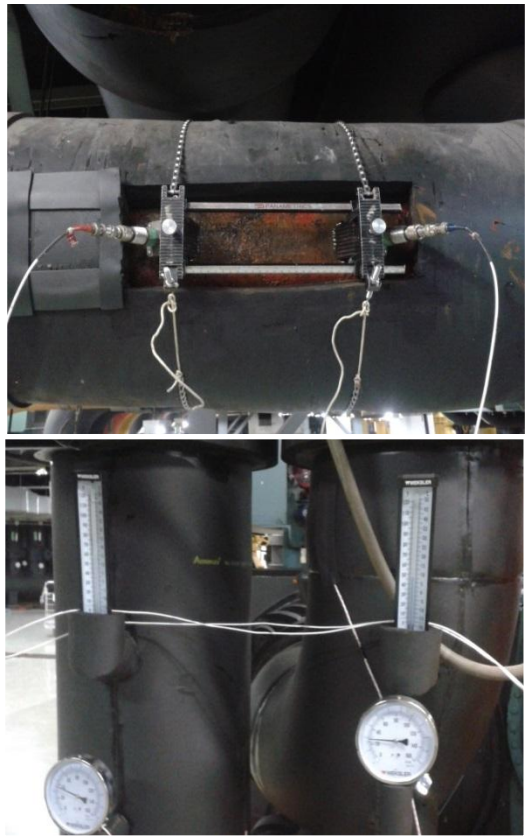
การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นก่อนและหลังปรับปรุง





รูปแสดงการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับคอมเพรสเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น

การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นก่อนและหลังปรับปรุง

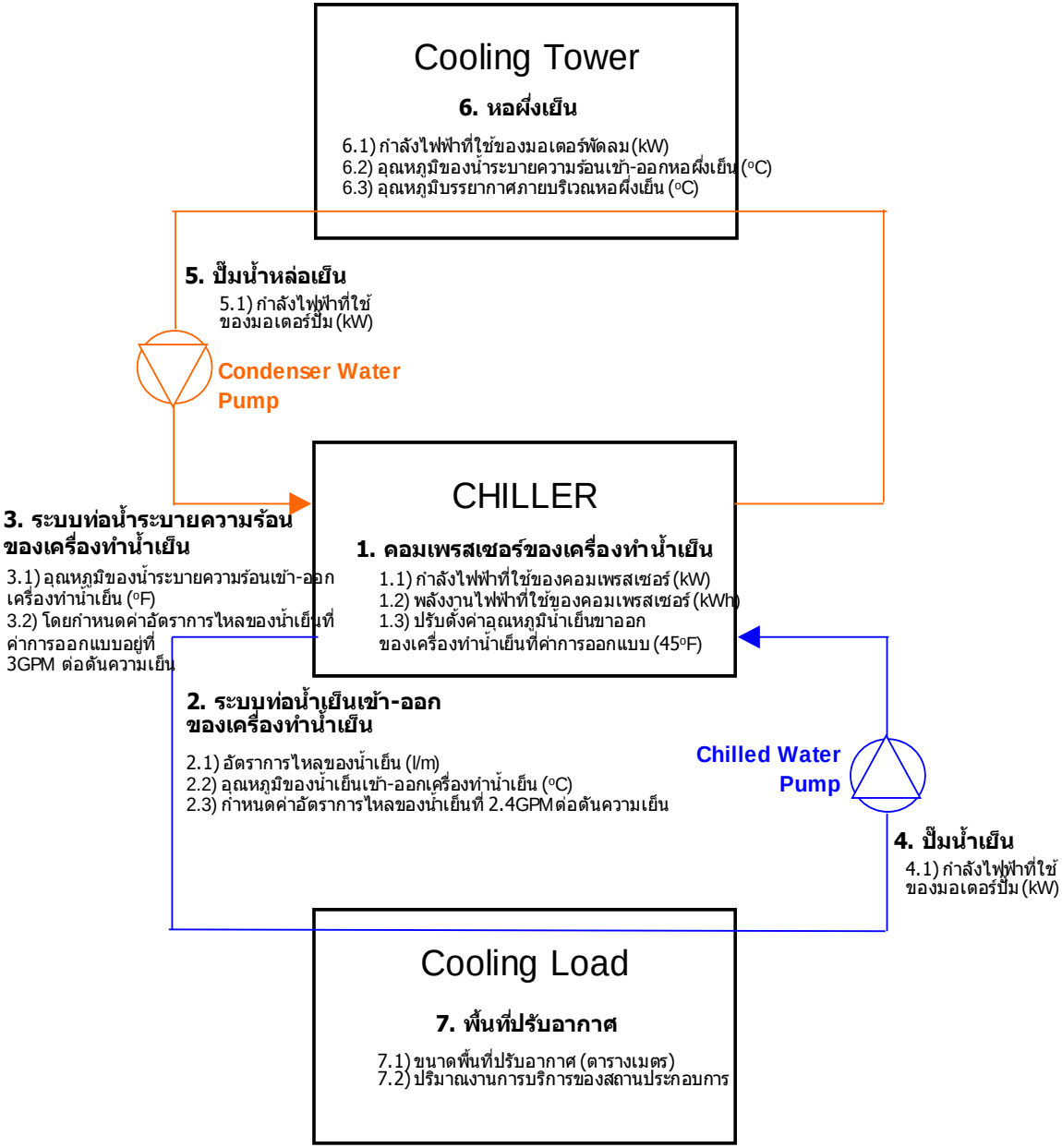


รูปแสดงการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเย็นและอุณหภูมิน้ำเข้า-ออกของเครื่องทำน้ำเย็น

ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

ตัวแปรควบคุม

เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง จึงต้องกำหนดค่าฐานสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเทคโนโลยีก่อน ในการตรวจวัดผลก่อนและหลังปรับปรุง จะต้องปรับตั้งค่าสำหรับตัวแปรต่างๆ ที่กำหนดนี้ให้มีค่าเท่ากัน <u>เพื่อให้การใช้งานเทคโนโลยีเดิมและเทคโนโลยีใหม่อยู่ในสภาวะการทำงานเดียวกัน</u>



ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานฐาน	หน่วย	แหล่งของข้อมูล
1. ค่าปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่เครื่องทำน้ำเย็น	°F	ตรวจสอบค่าการออกแบบ ของผู้ผลิตเครื่องทำน้ำเย็น
2. ภาระโหลดการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น	%	คำนวณร้อยละการใช้งานตันความเย็นจริง จากผลตรวจวัดที่สภาวะมาตรฐาน ในแต่ละการทำงาน
3. ค่าสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ย	kW/ton	ตรวจวัดค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น ที่สภาวะการใช้งานจริงที่สภาวะมาตรฐาน
4. ชั่วโมงการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น	hr/yr.	ตรวจสอบชั่วโมงการใช้งานต่อปี (ชั่วโมงการใช้งานต่อวัน,จำนวนวันใช้งาน ต่อปี)
5. อุณหภูมิน้ำระบายความร้อน	°C	ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็น
6. อุณหภูมิบรรยากาศ	°C , %RH	ตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ที่บริเวณหอผึ่งเย็น
7. การใช้งานของปั๊มน้ำเย็น	kW	ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย
	l/m	ตรวจวัดค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำเย็น
8. การใช้งานของปั๊มน้ำระบายความร้อน	kW	ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย
	l/m	ตรวจวัดค่าอัตราการไหลเฉลี่ย ของน้ำระบายความร้อน
9. การใช้งานของหอผึ่งเย็น	Unit	ตรวจสอบจำนวนการใช้งานของหอผึ่งเย็น
	kW	ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย

ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

- **ภาระการทำความเย็น**

$$\%Load = \frac{Tonnage\ of\ Refrigeration\ (\text{คำนวณ})}{Tonnage\ of\ Refrigeration\ (\text{ค่าพิกัดเครื่อง})} \times 100$$

ภาระจากความร้อนผ่านผนัง	ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังจากภายนอกเข้ามาภายในบริเวณทำความเย็น หรือห้องเย็น
ภาระจากอากาศอุ่นภายนอก	ในขณะที่เปิดประตูห้องเย็น (บริเวณทำความเย็นอากาศอุ่นจากภายนอกจะเข้าไปแทนที่อากาศเย็น)
ภาระจากตัวสินค้า	ความร้อนที่ต้องดึงออกจากตัวสินค้า เพื่อลดอุณหภูมิลงจนถึงระดับที่ต้องการ ในบางกรณีผลิตภัณฑ์อาจถูกแช่แข็งซึ่งจะต้องรวมความร้อนแฝงเข้าไปด้วย
ภาระอื่นๆ	ความร้อนจากคนที่กำลังทำงานภายในบริเวณทำความเย็น และความร้อนจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นตัวเกิดความร้อนที่อยู่ในบริเวณทำความเย็น เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ดวงไฟ อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์

วิธีการตรวจวัดค่าสมรรถนะการทำความเย็นก่อนและหลังปรับปรุง (kW/ton)

ตำแหน่งตรวจวัด ก่อนปรับปรุง	ข้อมูลที่ต้องทำการสำรวจหรือตรวจวัด	อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัด , ข้อมูลการใช้งาน	ความถี่ในการตรวจวัด	ค่าตรวจวัดที่ได้	การนำค่าตรวจวัด ที่ได้ไปใช้
1.เครื่องทำน้ำเย็น (ชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ไม่ได้)	1.1 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์	- เครื่องบันทึกค่าพลังไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า , กำลังไฟฟ้า และเพาเวอร์แฟคเตอร์)	- ข้อมูลในรอบ 7 วัน ต่อเนื่องทุก 5 นาที (ช่วงเวลาเดียวกับการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเย็นและอุณหภูมิน้ำเย็นเข้า-ออกของเครื่องทำน้ำเย็น)	- กำลังไฟฟ้า (kW)	- ใช้คำนวณหาสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/ton)
	1.2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์	- เครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า	- ข้อมูลในรอบ 7 วัน	- พลังงานไฟฟ้า (kWh/สัปดาห์)	- ใช้เป็นข้อมูลการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุงของเครื่องทำน้ำเย็น (kWh/ปี)
	1.3 ปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นขาออกของเครื่องทำน้ำเย็นที่ค่าการออกแบบของผู้ผลิต	- Log sheet	- ทุกชั่วโมง	- อุณหภูมิน้ำเย็น (°C)	- ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง
2. ท่อน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น	2.1 อัตราการไหลของน้ำเย็น	- เครื่องวัด/บันทึกค่าอัตราการไหลของน้ำ	- ข้อมูลในรอบ 7 วัน ต่อเนื่องทุก 5 นาที (ช่วงเวลาเดียวกับการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์)	- อัตราการไหลของน้ำเย็น (litre/min)	- ใช้คำนวณปริมาณการทำความเย็นที่ได้ของเครื่องทำน้ำเย็น (ton) - ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง
	2.2 อุณหภูมิของน้ำเย็นเข้า-ออกของเครื่องทำน้ำเย็น	- เครื่องวัดค่าอุณภูมิของน้ำเย็นที่ผิวท่อ	- ข้อมูลในรอบ 7 วัน ต่อเนื่องทุก 5 นาที (ช่วงเวลาเดียวกับการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์)	- อุณหภูมิของน้ำเย็นเข้า-ออกของเครื่องทำน้ำเย็น (°C)	- ใช้คำนวณหาปริมาณการทำความเย็นที่ได้จริงของเครื่องทำน้ำเย็น (ton) - ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง
3. ท่อน้ำระบายความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็น	3.1 อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนเข้า-ออกเครื่องทำน้ำเย็น	- เครื่องวัดค่าอุณภูมิของน้ำ - Log sheet	- ข้อมูลชั่วขณะพร้อมจดบันทึกอุณหภูมิใช้งานทุก 1 ชั่วโมง (ช่วงเวลาเดียวกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้	- อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนเข้า-ออกของเครื่อง	- ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง
	3.2 อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน	- เครื่องวัด/บันทึกค่าอัตราการไหลของน้ำ	- ข้อมูลชั่วขณะ	- อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน (litre/min)	- ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง

วิธีการตรวจวัดค่าสมรรถนะการทำความเย็นก่อนและหลังปรับปรุง (kW/ton)

ตำแหน่งตรวจวัด ก่อนปรับปรุง	ข้อมูลที่ต้องทำการสำรวจหรือตรวจวัด	อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัด , ข้อมูลการใช้งาน	ความถี่ในการตรวจวัด	ค่าตรวจวัดที่ได้	การนำค่าตรวจวัดที่ได้ไปใช้
4. ปั๊มน้ำเย็น	4.1กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของมอเตอร์ปั๊ม	- เครื่องวัดค่าพลังไฟฟ้าแบบชั่วขณะ (แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า , กำลังไฟฟ้า และเพาเวอร์แฟคเตอร์)	- ข้อมูลชั่วขณะพร้อมจดบันทึกการใช้งานของปั๊มทุก 1 ชั่วโมง (ช่วงเวลาเดียวกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์)	- กำลังไฟฟ้า (kW)	- ใช้ตรวจสอบการใช้งานของปั๊มน้ำเย็นในระบบ
		- Log sheet			- ใช้เป็นตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง
5. ปั๊มน้ำระบายความร้อนเย็น	5.1 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของมอเตอร์ปั๊ม	- เครื่องวัดค่าพลังไฟฟ้าแบบชั่วขณะ (แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า , กำลังไฟฟ้า และเพาเวอร์แฟคเตอร์)	- ข้อมูลชั่วขณะพร้อมจดบันทึกการใช้งานของปั๊มทุก 1 ชั่วโมง (ช่วงเวลาเดียวกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์)	- กำลังไฟฟ้า (kW)	- ใช้ตรวจสอบการใช้งานของปั๊มน้ำระบายความร้อนในระบบ
		- Log sheet			- ใช้เป็นตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง
6. หอระบายความร้อน	6.1 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของมอเตอร์พัดลม	- เครื่องวัดค่าพลังไฟฟ้าแบบชั่วขณะ (แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า , กำลังไฟฟ้า และเพาเวอร์แฟคเตอร์)	- ข้อมูลชั่วขณะพร้อมจดบันทึกการใช้งานของหอผึ่งเย็นทุก 1 ชั่วโมง (ช่วงเวลาเดียวกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์)	- กำลังไฟฟ้า (kW)	- ใช้ตรวจสอบการใช้งานของหอผึ่งเย็นในระบบ
		- Log sheet			- ใช้เป็นตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง
	6.2 อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนเข้า-ออกของหอผึ่งเย็น	- เครื่องวัดค่าอุณภูมิของน้ำชนิดจุ่ม - Log sheet	- ข้อมูลในรอบ 7 วัน พร้อมจดบันทึกทุก 1 ชั่วโมง (ช่วงเวลาเดียวกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของ	- อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้า-ออกของหอผึ่งเย็น (°C)	- ใช้เป็นตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง
	6.3 อุณหภูมิบรรยากาศภายนอก	- เครื่องวัดค่าอุณภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (°C,%RH) - Log sheet	- ข้อมูลชั่วขณะพร้อมจดบันทึกทุก 1 ชั่วโมง (ช่วงเวลาเดียวกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์)	- อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศบริเวณหอผึ่งเย็น (°C,%RH)	- ใช้เป็นตัวแปรควบคุมการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง

การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นก่อนและหลังปรับปรุง

ลำดับ	วัน-เวลา ที่ทำการตรวจวัด (Date-Time)	1.ค่าการตรวจวัดการใช้พลังไฟฟ้า				2.ค่าการตรวจวัดอัตราการไหลและอุณหภูมิน้ำเย็น					
		แรงดันไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amps)	กำลังไฟฟ้า (kW)	เพาเวอร์แฟคเตอร์ (P.F.)	อัตราการไหลของน้ำเย็น		อุณหภูมิน้ำเย็น			อุณหภูมิน้ำ
						L/M	GPM	Supply (°C)	Return (°C)	Diff (°C)	CDS (°C)
1	05/11/15 - 11:45	392.99	511.92	310.12	0.89	4,854.00	1,282.43	7.80	11.50	3.70	29.40
2	05/11/15 - 11:50	387.62	496.70	296.78	0.89	4,915.00	1,298.55	7.80	11.50	3.70	29.40
3	05/11/15 - 11:55	387.62	491.88	293.90	0.89	4,873.00	1,287.45	7.80	11.60	3.80	29.40
4	05/11/15 - 12:00	389.18	489.76	293.81	0.89	4,900.00	1,294.58	7.90	11.60	3.70	29.40
5	05/11/15 - 12:05	389.53	487.82	292.91	0.89	4,884.00	1,290.36	7.80	11.60	3.80	29.40
6	05/11/15 - 12:10	390.91	487.82	293.95	0.89	4,897.00	1,293.79	7.80	11.60	3.80	29.40
7	05/11/15 - 12:15	390.74	488.79	294.41	0.89	4,878.00	1,288.77	7.80	11.60	3.80	30.40
8	05/11/15 - 12:20	391.61	480.31	289.94	0.89	4,892.00	1,292.47	7.80	11.60	3.80	30.40
9	05/11/15 - 12:25	391.26	477.42	287.94	0.89	4,868.00	1,286.13	7.80	11.60	3.80	30.40
10	05/11/15 - 12:30	391.78	478.58	289.02	0.89	4,869.00	1,286.39	7.70	11.60	3.90	30.40

นำไปใช้คำนวณ
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำน้ำเย็น

นำไปใช้คำนวณ
ปริมาณการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น

การวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็น (kW/ton)

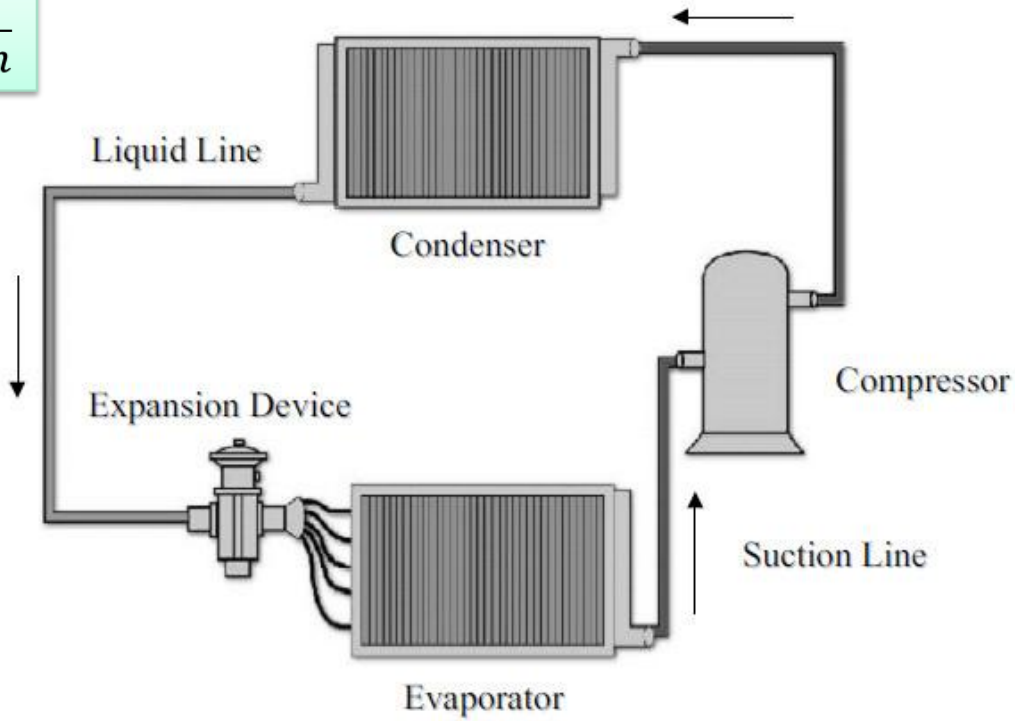
- **ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (kW/TR)**

✓ พลังงานไฟฟ้าที่ทั้งระบบใช้ในการทำความเย็น 1 ตันต่อ 1 ชั่วโมง
✓ เป็นตัวอ้างอิงที่ใช้ในการปรับค่าเพื่อดูสมรรถนะการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น
✓ ค่า kW/TR ยิ่งมีค่าน้อยประสิทธิภาพการใช้พลังงานยิ่งดี

$$\frac{\text{kW}}{\text{TR}} = \frac{\textit{Input Electrical Power}}{\textit{Tonnage of Refrigeration}}$$

kW/ton เป็นตัวแปรที่บ่งบอกถึงสัดส่วนการใช้พลังงานโดยตรง

- แหล่งกำเนิดวัฏจักร คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ Compressor
- ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ตันความเย็นจริงที่ได้จากเครื่องทำน้ำเย็น



การวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นก่อนและหลังปรับปรุง

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/ton)

= สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นเฉลี่ย (kW/ton)

= $\frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยของคอมเพรสเซอร์ในเครื่องทำน้ำเย็น (kW)}}{\text{ปริมาณการทำความเย็นเฉลี่ยที่ทำได้ของเครื่องทำความเย็น (ton)}}$

โดยที่

การการตรวจวัดและคำนวณสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่**สภาวะจริง (Actual Load)**

- ข้อมูลการใช้พลังงานต่อตันความเย็นที่ **Actual Load เป็นการระบุถึงสถานะการใช้งานจริงของ Chiller นั้นๆ**

- ถ้าสถานะเปลี่ยน **จะส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ Actual load เปลี่ยน**
  - อุณหภูมิน้ำเข้าออก Cooling Tower เปลี่ยน
  - อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าออก Chiller เปลี่ยน
  - อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกเปลี่ยน

การวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นก่อนและหลังปรับปรุง

โดยที่

การคำนวณสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่**สภาวะจริง (Actual Load)**

กำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยของคอมเพรสเซอร์ในเครื่องทำน้ำเย็น (kW)

= ค่าการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยของคอมเพรสเซอร์

ปริมาณการทำความเย็นเฉลี่ยที่ทำได้ของเครื่องทำความเย็น (ton)

= [ค่าอัตราการไหลของน้ำเย็น (kg/s) x ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg/°C) x ผลต่างของอุณหภูมิน้ำเข้า-ออก (°C)] / 3.517

โดยที่

ค่าอัตราการไหลของน้ำเย็น (kg/s) = ค่าการตรวจวัด (l/m) x 0.0167

ค่าผลต่างของอุณหภูมิน้ำเข้า-ออก = ค่าการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเข้า-ออกที่เครื่องทำน้ำเย็น (°C)

ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ = 4.187 kJ/kg/°C

หมายเหตุ : สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะจริง (Actual Load)

การวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นก่อนและหลังปรับปรุง

ลำดับ	วัน-เวลา ที่ทำการตรวจวัด (Date-Time)	1.ค่าการตรวจวัดการใช้พลังไฟฟ้า				2.ค่าการตรวจวัดอัตราการไหลและอุณหภูมิน้ำเย็น						3.การวิเคราะห์สมรรถนะทำความเย็นที่สภาวะจริง				
		แรงดันไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amps)	กำลังไฟฟ้า (kW)	เพาเวอร์แฟคเตอร์ (P.F.)	อัตราการไหลของน้ำเย็น L/M	อัตราการไหลของน้ำเย็น GPM	อุณหภูมิน้ำเย็น Supply (°C)	อุณหภูมิน้ำเย็น Return (°C)	อุณหภูมิน้ำเย็น Diff (°C)	อุณหภูมิน้ำ CDS (°C)	ภาระโหลดการทำความเย็น (kW_{th})	ตันความเย็นที่ทำได้จริง (Tonr)	ร้อยละเทียบพิกัด ($\%Load_{ton}$)	kW/tonr ที่สภาวะจริง kW/Tonr	kW/tonr ที่สภาวะจริง COP
1	05/11/15 - 11:45	392.99	511.92	310.12	0.89	4,854.00	1,282.43	7.80	11.50	3.70	29.40	1,253.29	356.35	71.27	0.87	4.04
2	05/11/15 - 11:50	387.62	496.70	296.78	0.89	4,915.00	1,298.55	7.80	11.50	3.70	29.40	1,269.04	360.83	72.17	0.82	4.28
3	05/11/15 - 11:55	387.62	491.88	293.90	0.89	4,873.00	1,287.45	7.80	11.60	3.80	29.40	1,292.21	367.42	73.48	0.80	4.40
4	05/11/15 - 12:00	389.18	489.76	293.81	0.89	4,900.00	1,294.58	7.90	11.60	3.70	29.40	1,265.17	359.73	71.95	0.82	4.31
5	05/11/15 - 12:05	389.53	487.82	292.91	0.89	4,884.00	1,290.36	7.80	11.60	3.80	29.40	1,295.12	368.25	73.65	0.80	4.42
6	05/11/15 - 12:10	390.91	487.82	293.95	0.89	4,897.00	1,293.79	7.80	11.60	3.80	29.40	1,298.57	369.23	73.85	0.80	4.42
7	05/11/15 - 12:15	390.74	488.79	294.41	0.89	4,878.00	1,288.77	7.80	11.60	3.80	30.40	1,293.53	367.79	73.56	0.80	4.39
8	05/11/15 - 12:20	391.61	480.31	289.94	0.89	4,892.00	1,292.47	7.80	11.60	3.80	30.40	1,297.24	368.85	73.77	0.79	4.47
9	05/11/15 - 12:25	391.26	477.42	287.94	0.89	4,868.00	1,286.13	7.80	11.60	3.80	30.40	1,290.88	367.04	73.41	0.78	4.48
10	05/11/15 - 12:30	391.78	478.58	289.02	0.89	4,869.00	1,286.39	7.70	11.60	3.90	30.40	1,325.12	376.78	75.36	0.77	4.58

ค่าจากการตรวจวัด

ค่าจากการวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็น (ที่สภาวะจริง)

การวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะจริง

- ตัวอย่างการคำนวณ

รายละเอียดการวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 1 : รหัสเครื่อง CH-01

<u>ค่าพิกัดอุปกรณ์</u> :

•ขนาดทำความเย็นติดตั้ง	=	500	ton
•กำลังไฟฟ้าติดตั้ง	=	335	kW
•สมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น	=	0.67	kW/ton

<u>ข้อมูลตรวจวัด</u> :

•อุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้า (T1)	=	11.50	oC
•อุณหภูมิน้ำเย็นด้านออก (T2)	=	7.80	oC
•อัตราการไหลของน้ำเย็นจากการตรวจวัด	=	4854	litre/min
	=	291.24	m3/h
•ความหนาแน่นของน้ำ	=	1,000	kg/ m3
•ความร้อนจำเพาะของน้ำ (Cw)	=	4.187	kJ/kg/oC
•อัตราการไหลของน้ำเย็น (Mcw)	=	$\frac{291.24 \text{ m3/h} \times 1{,}000 \text{ kg/m3}}{3{,}600}$	
	=	80.9	kg/sec
•กำลังไฟฟ้าในคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ (EC1actual)	=	310.12	kW

การวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะจริง

- ตัวอย่างการคำนวณ (ต่อ)

<u>ผลการวิเคราะห์</u> :

ที่สภาวะจริง

▪ปริมาณความเย็นที่น้ำเย็นได้รับ (Qe1) = Mcw x Cw x (T1-T2)
= 80.9 x 4.187 x (11.50-7.80)
= 1253.29 kWth

▪ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น (COP) = Qe1/EC1
= 1253.29/ 310.12
= 4.04

▪ค่าการทำความเย็นจริง (TRactual) = Qe1/3.517
= 1253 / 3.517
= 356.35 TRactual

▪กำลังไฟฟ้าต่อขนาดการทำความเย็น = EC1actual / TRactual
= 310.12 / 356.35
= 0.87 kW/ton (ที่สภาวะจริง)

▪คิดเป็น %Load เทียบพิกัดตันความเย็น = TRactual / TR rated
= (356.35 / 500) x 100
= 71.27 %

ค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

- **สภาวะมาตรฐาน (Standard Condition)**

ทำไมจึงต้องปรับค่าเข้าสู่สภาวะมาตรฐาน ?

- ข้อมูลจากการตรวจวัดมีค่าอุณหภูมิน้ำหลากหลาย จึงต้องปรับค่าเหล่านั้นให้อยู่ในเงื่อนไขเดียวกัน
- ง่ายต่อการเปรียบเทียบโดยตรงกับค่าออกแบบของผู้ผลิต

ดังนั้น !

เครื่อง Chiller ทำงานที่สถานะต่างกันจะเปรียบเทียบกันด้วยค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ Actual load ไม่ได้ ซึ่งต้องเปรียบเทียบกันด้วยค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

ค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

วิธีการคำนวณสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

สมรรถนะการทำความเย็นฐานก่อนปรับปรุงของเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

$$= \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยของคอมเพรสเซอร์ในเครื่องทำน้ำเย็น (kW) x ค่าแก้ไขพลังไฟฟ้า}}{\text{ปริมาณการทำความเย็นเฉลี่ยที่ทำได้ของเครื่องทำความเย็น (ton) x ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็น}}$$

ในการตรวจสอบการใช้พลังงานหลังปรับปรุงของเครื่องเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อให้ผลการทดสอบอยู่บนมาตรฐานเดียวกัน ดังนั้น

“ การทดสอบหาค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นจึงต้องทดสอบตามหลักเกณฑ์ โดยเปรียบเทียบที่ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน (Standard Condition) ซึ่งกำหนดให้อุณหภูมิน้ำเย็นด้านออกจาก Evaporator เท่ากับ 7.22°C (45°F) และอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนด้านเข้า Condenser ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ 32.2°C (90°F)”

ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็นและพลังไฟฟ้า
สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำเย็นด้านออก (องศาเซลเซียส)	ค่าแก้ไข		
		ขนาดทำความเย็น	พลังไฟฟ้า	พลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น
25	5	0.98	1.14	1.16
	6	0.95	1.14	1.19
	7	0.93	1.12	1.20
	7.2	0.93	1.12	1.20
	8	0.90	1.11	1.22
	9	0.88	1.10	1.24
	10	0.87	1.09	1.25
30	5	1.39	1.05	0.76
	6	1.01	1.04	1.04
	7	0.98	1.03	1.05
	7.2	0.97	1.03	1.06
	8	0.95	1.02	1.08
	9	0.93	1.01	1.09
	10	0.90	1.00	1.11
32.2	5	1.25	1.02	0.82
	6	1.03	1.01	0.98
	7	1.00	1.00	1.00
	7.2	1.00	1.00	1.00
	8	0.98	0.99	1.02
	9	0.95	0.98	1.03
	10	0.93	0.97	1.05
35	5	1.11	0.99	0.88
	6	1.06	0.97	0.92
	7	1.03	0.96	0.93
	7.2	1.03	0.96	0.93
	8	1.01	0.95	0.94
	9	0.98	0.94	0.96
	10	0.95	0.93	0.98
40	5	1.16	1.04	0.90
	6	1.12	0.92	0.81
	7	1.10	0.93	0.84
	7.2	1.10	0.92	0.84
	8	1.08	0.89	0.83
	9	1.04	0.88	0.85
	10	1.01	0.88	0.87
45	5	1.23	0.88	0.71
	6	1.20	0.86	0.72
	7	1.16	0.85	0.73
	7.2	1.16	0.85	0.74
	8	1.14	0.84	0.74
	9	1.10	0.83	0.76
	10	1.08	0.82	0.77

ค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

ลำดับ	วัน-เวลา ที่ทำการตรวจวัด (Date-Time)	การวิเคราะห์สมรรถนะทำความเย็นที่สภาวะจริง					ระดับการใช้พลังงานที่สภาวะมาตรฐาน					
		ภาระโหลดการทำความเย็น (kW_{th})	ตันความเย็นที่ทำได้จริง (Tonr)	ร้อยละเทียบพิกัด ($\%Load_{ton}$)	kW/tonr ที่สภาวะจริง		ค่าแก้ไข Correction Factor		กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	ตันความเย็นที่ทำได้ (Tonr)	ร้อยละเทียบพิกัด ($\%Load_{ton}$)	kW/tonr ที่สภาวะมาตรฐาน
					kW/Tonr	COP	kW	Tonr				
1	05/11/15 - 11:45	1,253.29	356.35	71.27	0.87	4.04	1.05	0.97	324.59	346.65	69.33	0.94
2	05/11/15 - 11:50	1,269.04	360.83	72.17	0.82	4.28	1.05	0.97	310.63	351.01	70.20	0.88
3	05/11/15 - 11:55	1,292.21	367.42	73.48	0.80	4.40	1.05	0.97	307.62	357.42	71.48	0.86
4	05/11/15 - 12:00	1,265.17	359.73	71.95	0.82	4.31	1.05	0.97	307.52	349.94	69.99	0.88
5	05/11/15 - 12:05	1,295.12	368.25	73.65	0.80	4.42	1.05	0.97	306.58	358.23	71.65	0.86
6	05/11/15 - 12:10	1,298.57	369.23	73.85	0.80	4.42	1.05	0.97	307.67	359.18	71.84	0.86
7	05/11/15 - 12:15	1,293.53	367.79	73.56	0.80	4.39	1.03	0.98	303.24	361.35	72.27	0.84
8	05/11/15 - 12:20	1,297.24	368.85	73.77	0.79	4.47	1.03	0.98	298.64	362.40	72.48	0.82
9	05/11/15 - 12:25	1,290.88	367.04	73.41	0.78	4.48	1.03	0.98	296.58	360.62	72.12	0.82
10	05/11/15 - 12:30	1,325.12	376.78	75.36	0.77	4.58	1.03	0.98	297.69	370.19	74.04	0.80

สภาวะจริง

Evap 7.8deg.C , Cond. 30deg.C

สภาวะมาตรฐาน

Evap 7.2deg.C , Cond. 32.2deg.C

การวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

- ตัวอย่างการคำนวณ

<u>ผลการวิเคราะห์</u> :

ที่สภาวะจริง

▪การทำความเย็นจริง (TRactual)	=	356.35	TRactual	
▪กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Elec,Compressor)	=	310.12	kWactual	
▪สมรรถนะการทำความเย็น		=	0.87	kW/TRactual

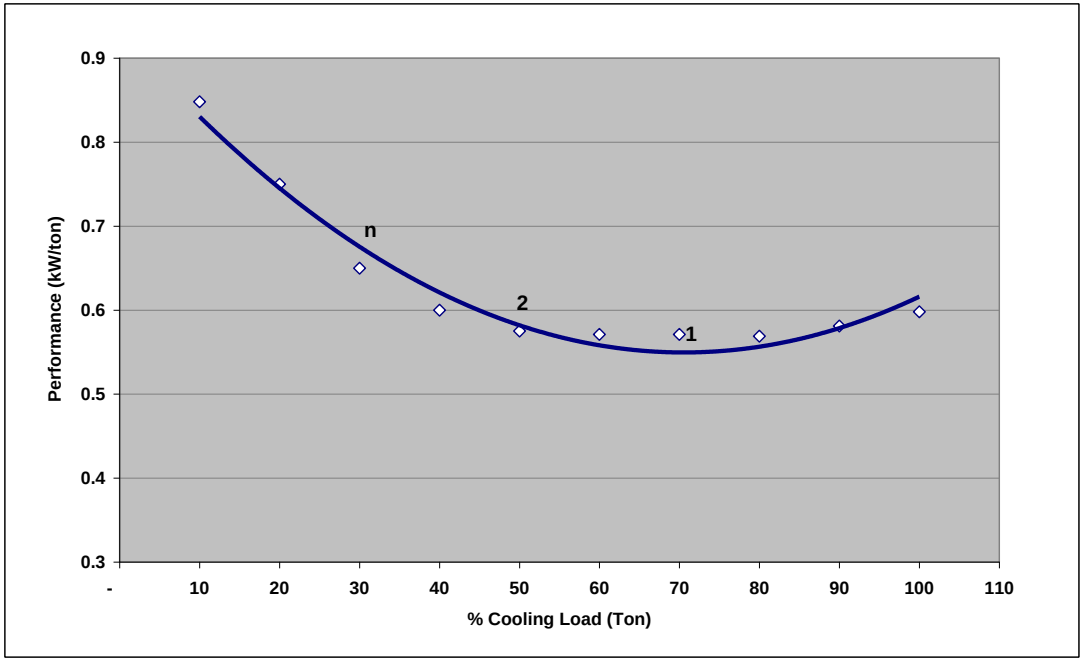
ปรับค่าที่สภาวะมาตรฐาน

▪ค่าแก้ไข Tonr	=	0.95
▪ค่าแก้ไข kW	=	1.02

คิดเป็น การทำความเย็นจริงที่สภาวะมาตรฐาน	=	356.35 x 0.95	
	=	338.53	TRstd.
คิดเป็น กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่สภาวะมาตรฐาน		= 310.12 x 1.02	
	=	316.32	kWstd.
คิดเป็น สมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน	=	316.32 / 338.53	
	=	0.93	kW/TRstd.

ค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

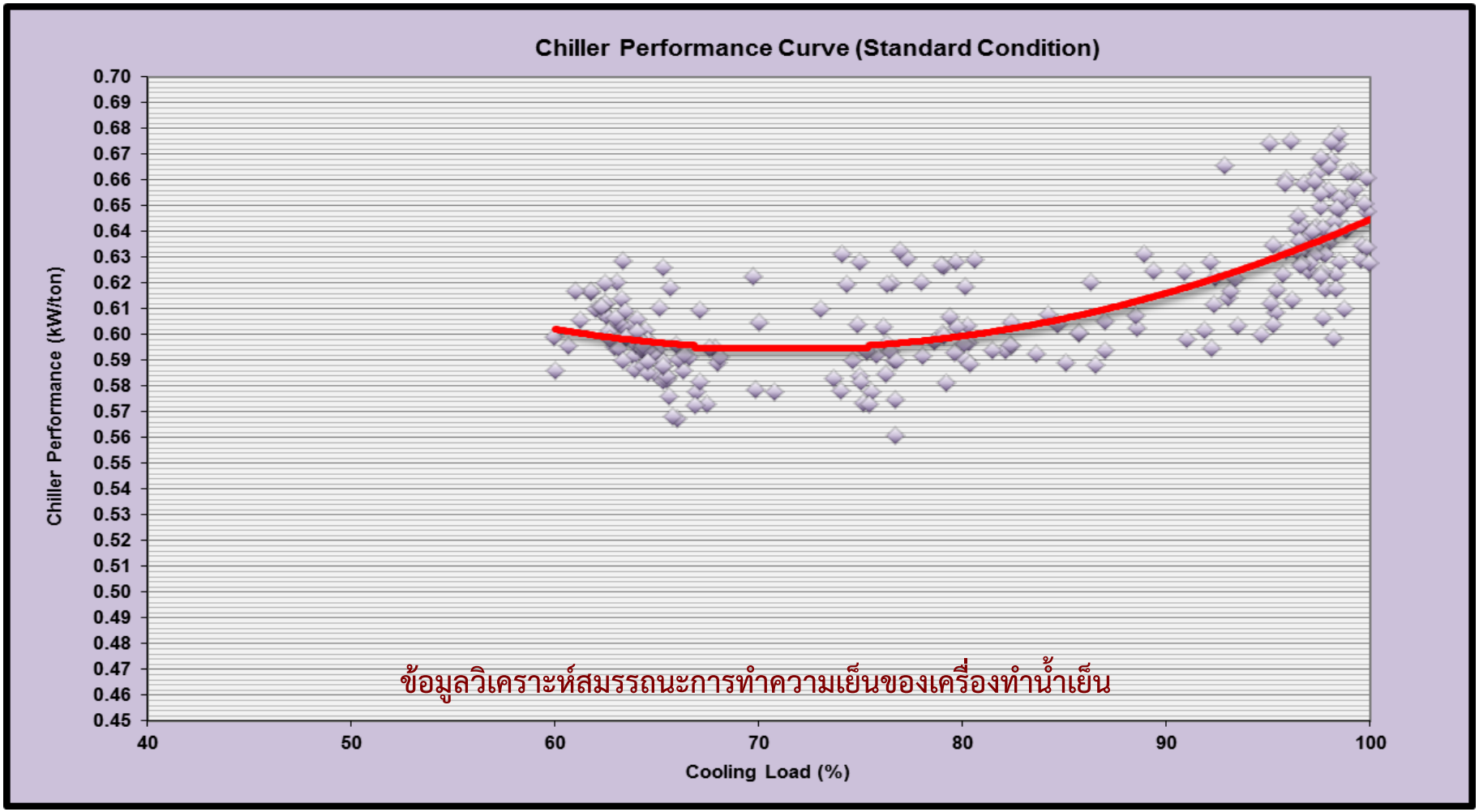
ผลจากการตรวจวัดการใช้พลังงานเครื่องทำน้ำเย็นมีการใช้กำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันในแต่ละภาระทำงาน ซึ่งการคำนวณสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นเฉลี่ยนั้นสามารถทำได้โดยการคำนวณโดยวิธีถ่วงน้ำหนักชั่วโมงการทำงานในแต่ละร้อยละการทำงาน ซึ่งตรวจสอบสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละภาระการทำงานที่ได้จากการตรวจวัดโดยแสดงเป็น Duration Curve ระหว่าง kW/ton เทียบ % Cooling Load ดังนี้



หมายเหตุ : กราฟแสดงค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐานเฉลี่ย (kW/ton) ในแต่ละร้อยละการทำงาน

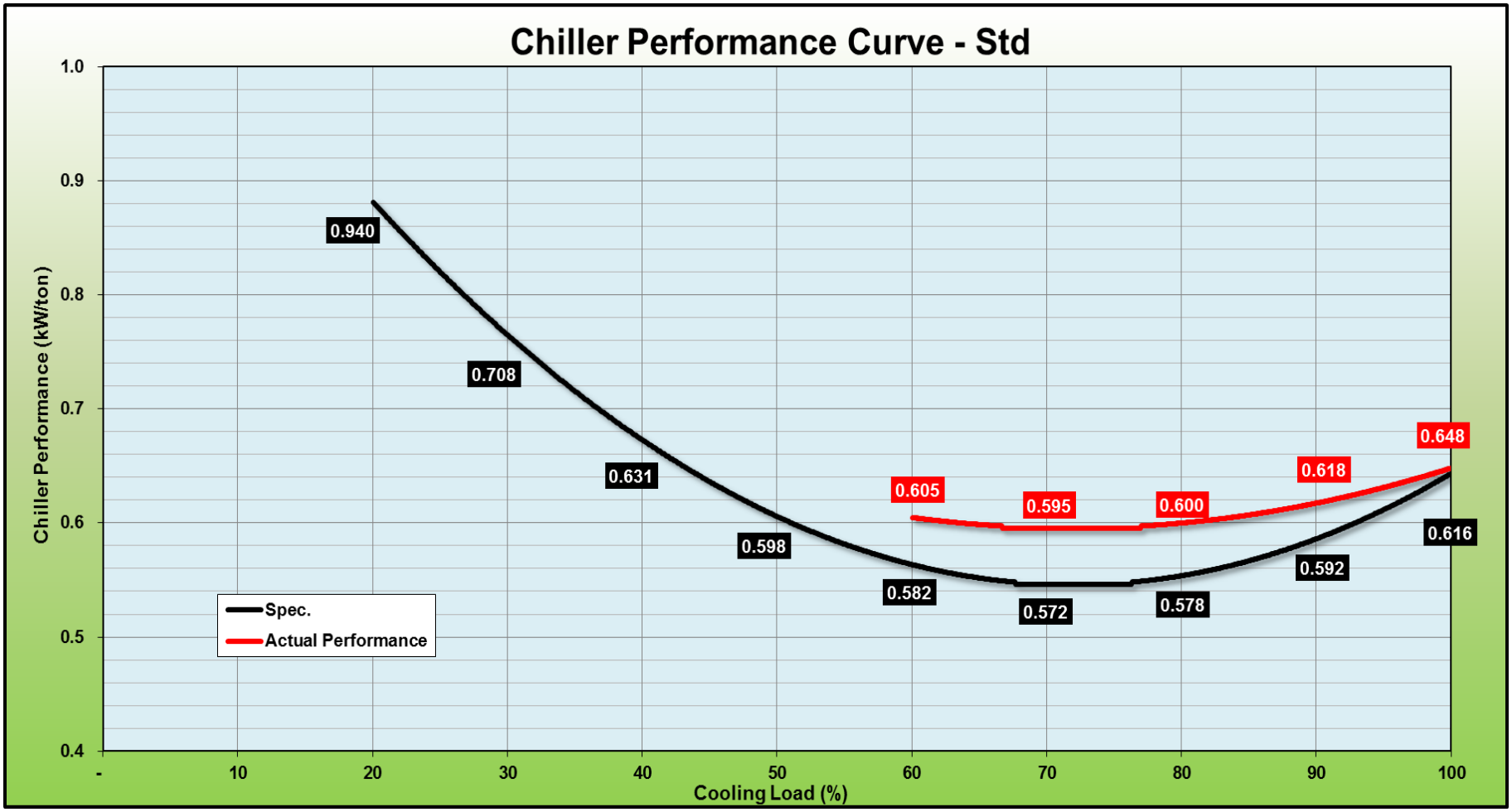
ค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

- สภาวะมาตรฐาน (Standard Condition)



ค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

- สภาวะมาตรฐาน (Standard Condition)



gef
UNDP
Department of Alternative Energy Development and Efficiency
MINISTRY OF ENERGY
ensop
BRIGHT

ค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

วิธีการคำนวณสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยโดยวิธีถ่วงน้ำหนักชั่วโมงการทำงานในแต่ละร้อยละการทำงาน

= [(สมรรถนะการทำความเย็น$^{(1)}$ x ชั่วโมงการใช้งาน$^{(1)}$)/ ชั่วโมงการใช้งานรวม$^{(1+2+n)}$] +
[(สมรรถนะการทำความเย็น$^{(2)}$ x ชั่วโมงการใช้งาน$^{(2)}$)/ ชั่วโมงการใช้งานรวม$^{(1+2+n)}$] +
[(สมรรถนะการทำความเย็น$^{(n)}$ x ชั่วโมงการใช้งาน$^{(n)}$)/ ชั่วโมงการใช้งานรวม$^{(1+2+n)}$]

หมายเหตุ : ค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน (kW/ton) ที่ชั่วโมงการทำงานในแต่ละร้อยละการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานเดียวกันของก่อนและหลังปรับปรุง

ตัวอย่าง สมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

ร้อยละการทำงาน 35-45% ,	66	ชั่วโมง/สัปดาห์	=	1.02
ร้อยละการทำงาน 60-70% ,	48	ชั่วโมง/สัปดาห์	=	0.81
ร้อยละการทำงาน 70-85% ,	30	ชั่วโมง/สัปดาห์	=	0.77

ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามชั่วโมงทำงาน = (1.02x(66/144))+((0.81x(48/144))+(0.77x (30/144)
= 0.47 +0.27 + 0.16
= 0.90 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

ดัชนีการใช้พลังงานฐานเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็น (ก่อนปรับปรุง) = 0.90 kW /ton

วิธีพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน

ร้อยละการพลังงานสำหรับการติดตั้งเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller) ทดแทนการใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดเดิมซึ่งไม่สามารถปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ได้ ดังนี้

ร้อยละการประหยัดพลังงาน (%)

$$= \frac{(\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง} - \text{ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง})}{\text{ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง}} \times 100$$

โดยที่

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุง แสดงถึง สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นเดิมซึ่งไม่สามารถปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ได้ก่อนปรับปรุงเฉลี่ย (kW/ton_{before}) ในแต่ละภาระการทำงาน

ดัชนีการใช้พลังงานหลังปรับปรุง แสดงถึง สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller) หลังปรับปรุงเฉลี่ย (kW/ton_{after}) ในแต่ละภาระการทำงาน

วิธีพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน

ผลประหยัดการใช้พลังงาน

= ผลรวมของผลประหยัดพลังงานในแต่ละภาระการทำงานในหนึ่งปี (kWh/ปี)

= ผลการใช้พลังงานฐาน**ก่อนปรับปรุง**ในแต่ละภาระการทำงานในหนึ่งปี (kWh/ปี) - ผลการใช้พลังงาน**หลังปรับปรุง**ในแต่ละภาระการทำงานในหนึ่งปี (kWh/ปี)

โดยที่

ผลการใช้**พลังงานฐานก่อนปรับปรุง**ในแต่ละภาระการทำงานในหนึ่งปี (kWh/ปี)

= [สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นก่อนปรับปรุงเฉลี่ย (kW/ton) ในแต่ละภาระการทำงาน] x ปริมาณตันความเย็นที่ทำได้จริงเฉลี่ย (ton) ในแต่ละภาระทำงาน x ชั่วโมงการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นต่อปี (ชั่วโมง/ปี) ในแต่ละภาระการทำงาน

ผลการใช้**พลังงานหลังปรับปรุง**ในแต่ละภาระการทำงานในหนึ่งปี (kWh/ปี)

= [สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นหลังปรับปรุงเฉลี่ย (kW/ton) ในแต่ละภาระการทำงาน] x ปริมาณตันความเย็นที่ทำได้จริงเฉลี่ย (ton) ในแต่ละภาระทำงาน x ชั่วโมงการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นต่อปี (ชั่วโมง/ปี) ในแต่ละภาระการทำงาน

วิธีพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน

ผลประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานต่อปี (บาท/ปี)

= ผลรวมของผลประหยัดพลังงานในแต่ละภาระการทำงาน (kWh/ปี) x อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยในรอบ 12 เดือนล่าสุด (บาท/kWh)

ผลตอบแทนการลุงทุน (ปี)

= จำนวนเงินลงทุนรวม (บาท) / ผลประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานต่อปี (บาท/ปี)

กรณีศึกษาการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัด (M&V)

ศูนย์การค้าเซ็นทรัลปิ่นเกล้า

VSD ขนาด 1000 TR (2ชุด)

ประหยัดพลังงาน 39 %

ลงทุน ~19ล้านบาท

คืนทุน ~4.8 ปี

- **สภาพการใช้งานปัจจุบัน**

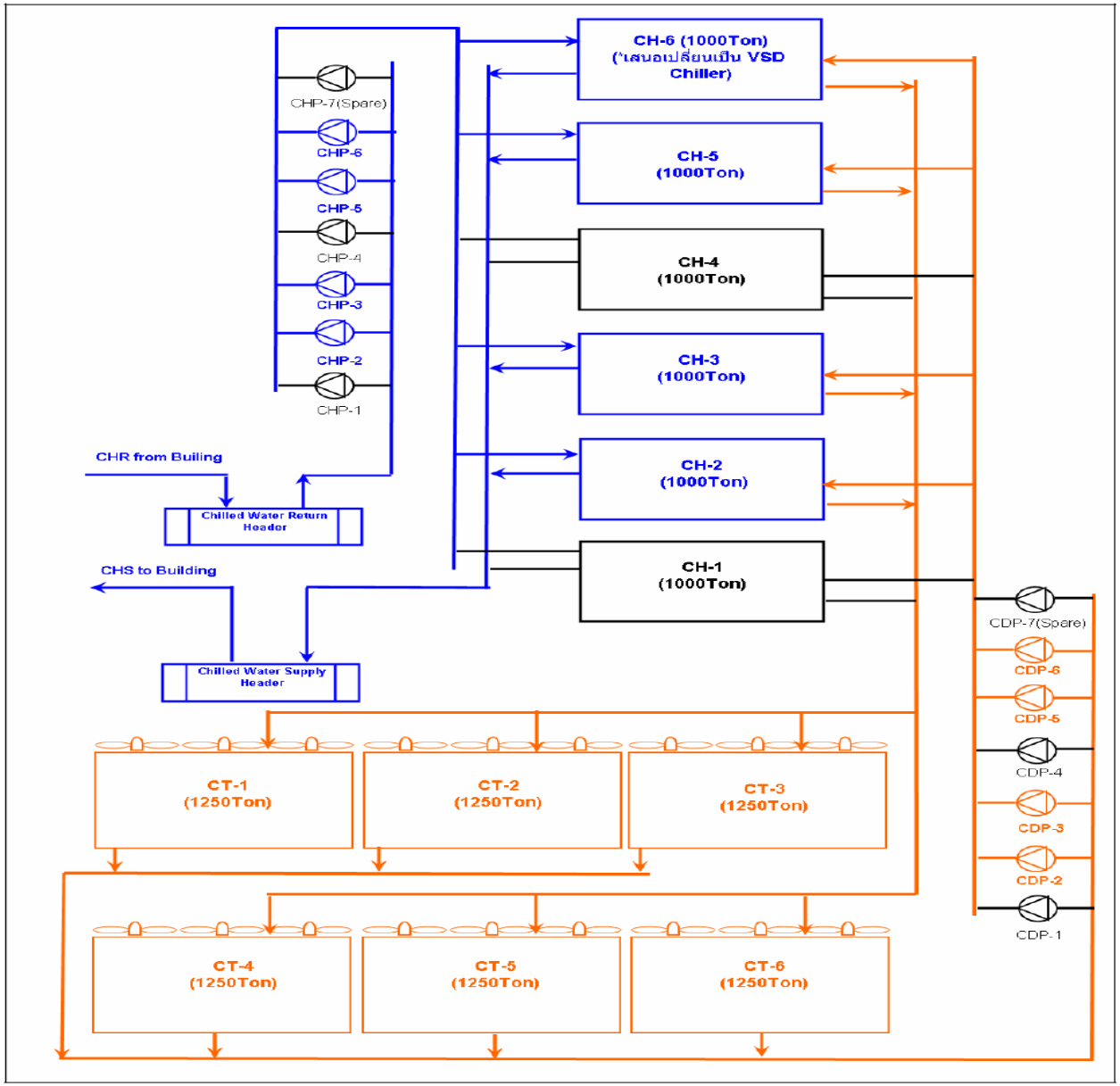
ปัจจุบัน อาคารฯ ติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น ขนาด 1000 ตัน จำนวน 6 เครื่อง โดยมีลักษณะการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 1000 ตัน ตามช่วงเวลาในรอบวัน คือ ใช้งานจำนวน 3-4 เครื่องต่อวันในช่วงเวลา 10:00 น.-20:30น.(สลับการใช้งาน) , ใช้งาน 1-2 เครื่องต่อวันในช่วงเวลา 20:30น.-23:00น.(สลับการใช้งาน) โดยผลิตน้ำเย็นเพื่อให้ความเย็นแก่พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคารฯ มีชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ย 13 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี

- สำหรับเครื่องที่เสนอเปลี่ยน VSD Chiller (CH-6) คิดเป็นการใช้งานเฉลี่ย 4,745 ชั่วโมง/เครื่อง/ปี
- สำหรับเครื่องที่เดินร่วมในระบบ/สลับการใช้งานต่อวัน (CH-1 ถึง CH-5) คิดเป็นการใช้งานเฉลี่ย 1,953 ชั่วโมง/เครื่อง/ปี

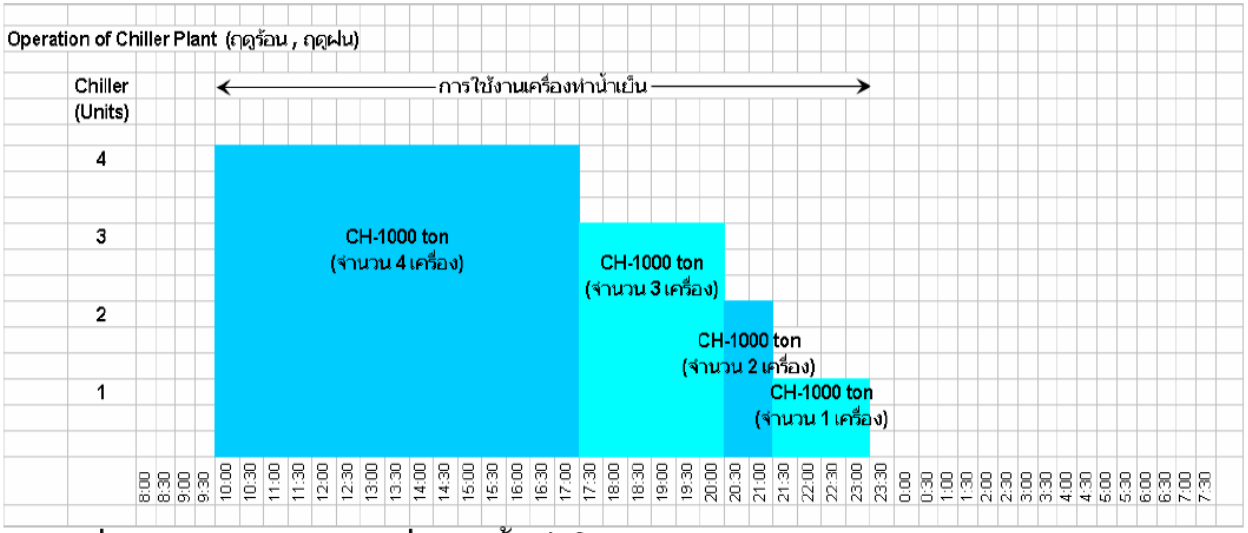
เครื่องที่	รหัสเครื่อง	พิกัดทำความเย็น (ตัน)	ผู้ผลิต	รุ่น	พิกัดกำลังไฟฟ้า (kW)	ประเภทคอมเพรสเซอร์	ชนิดการระบายความร้อน
1	CH-1	1000	York	YKQ2P2J15CXB	635	Centrifugal	น้ำ
2	CH-2	1000	York	YKQ2P2J15CXB	635	Centrifugal	น้ำ
3	CH-3	1000	York	YKQ2P2J15CXB	635	Centrifugal	น้ำ
4	CH-4	1000	York	YKQ2P2J15CXB	635	Centrifugal	น้ำ
5	CH-5	1000	York	YKQ2P2J15CXB	635	Centrifugal	น้ำ
6	CH-6	1000	York	YKQ2P2J15CXB	635	Centrifugal	น้ำ

หมายเหตุ : เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 6 (รหัส CH-6 ขนาด 1000 ตัน) เสนอเปลี่ยนเป็น VSD Chiller

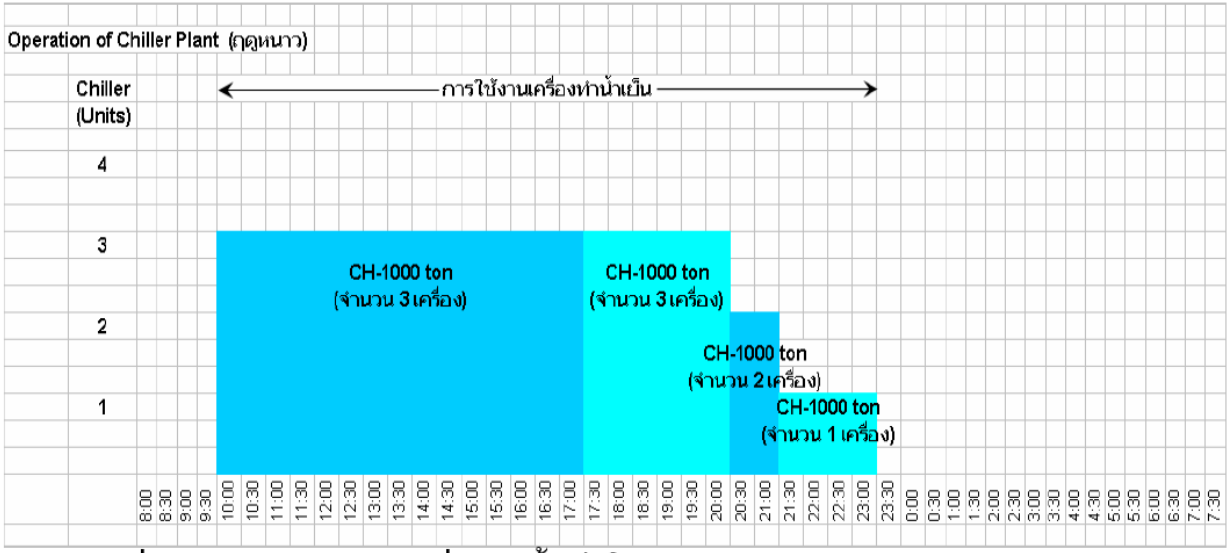
บริษัท เซ็นทรัลพัฒนา จำกัด (มหาชน) - เซ็นทรัลปิ่นเกล้า



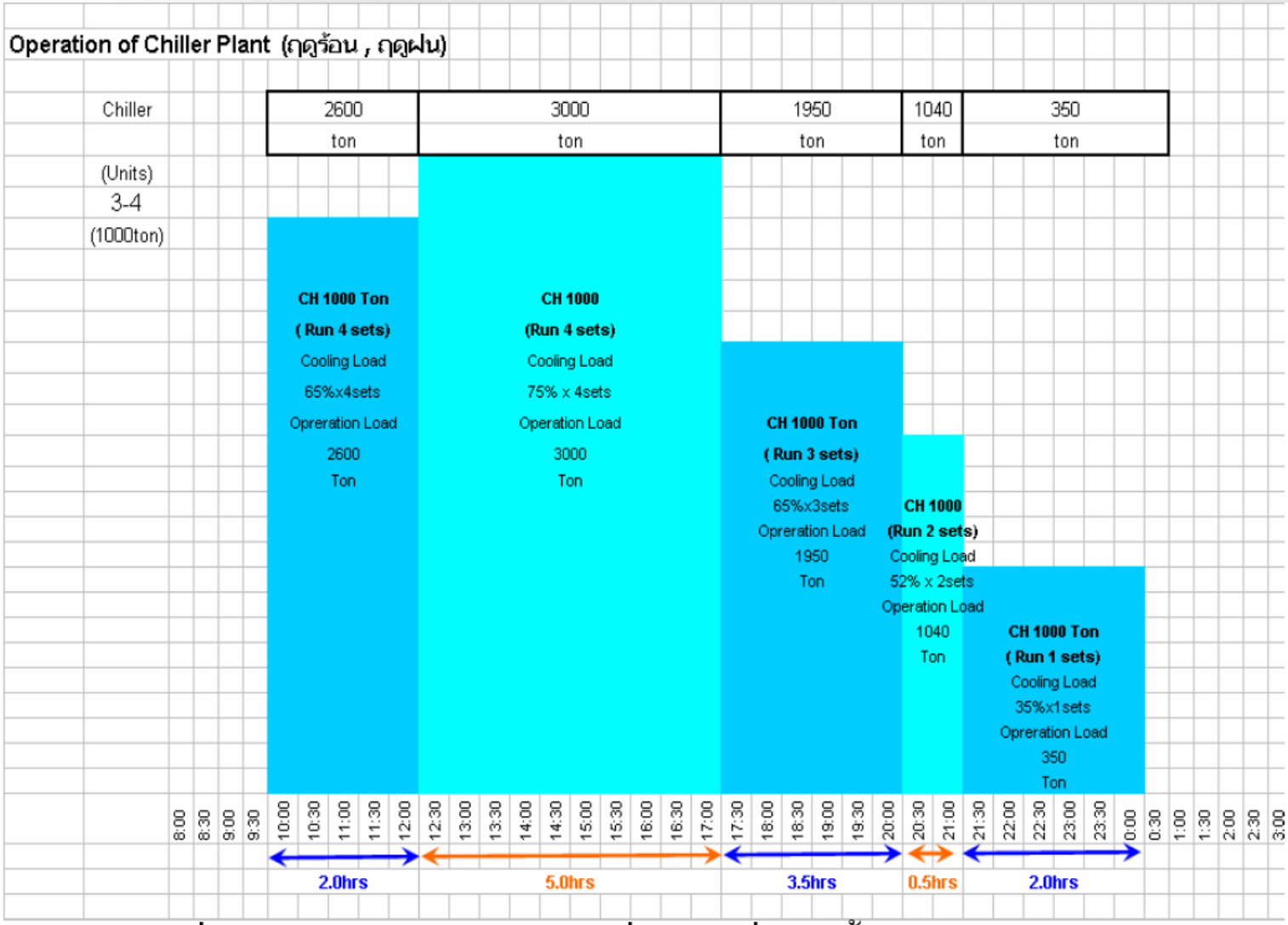
ลักษณะการเดินเครื่องทำน้ำเย็นใช้งานก่อนปรับปรุง



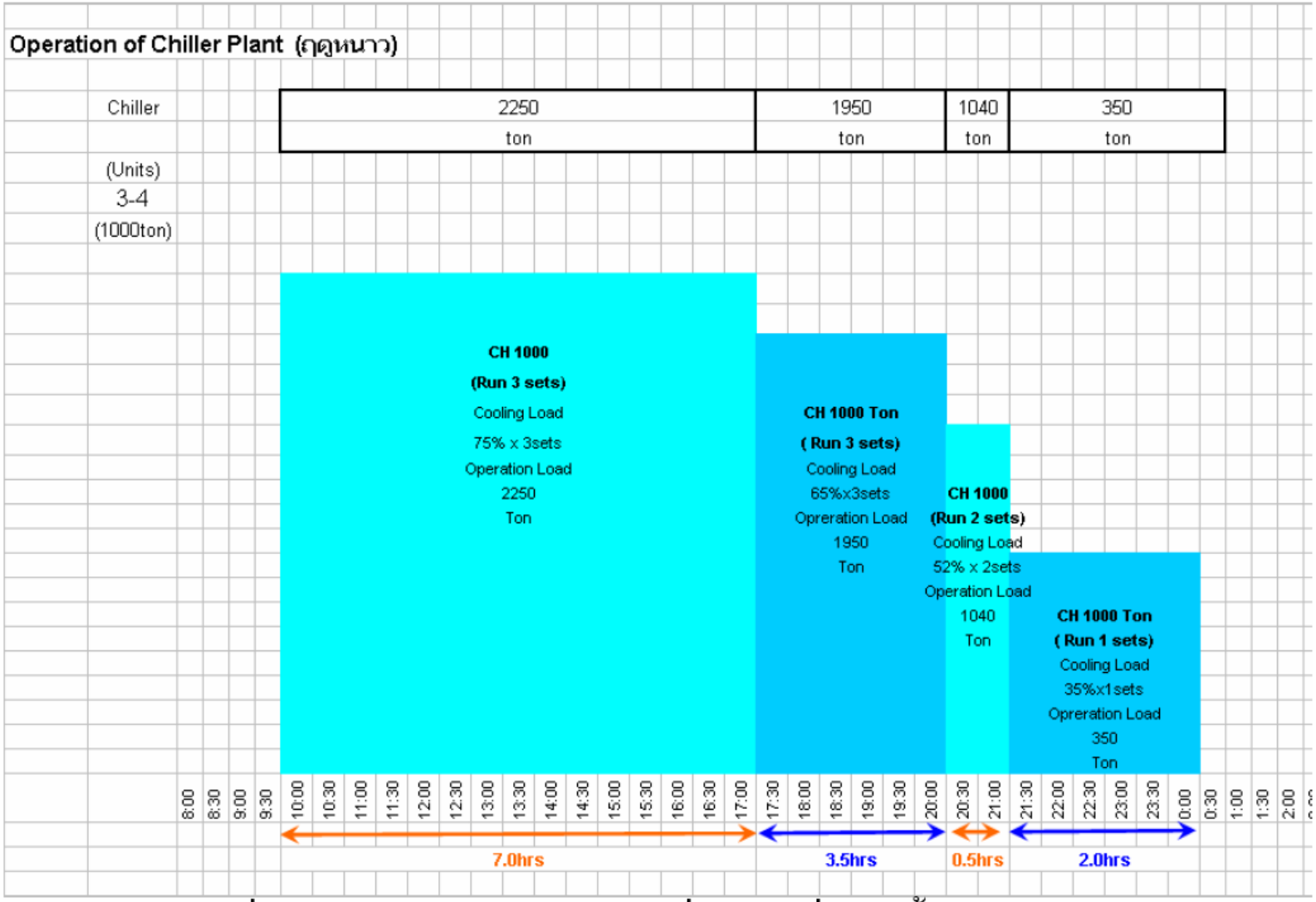
รูปที่ 3.1 ลักษณะการเดินเครื่องทำน้ำเย็นใช้งานของอาคารก่อนปรับปรุง (ฤดูร้อน , ฤดูฝน)



รูปที่ 3.2 ลักษณะการเดินเครื่องทำน้ำเย็นใช้งานของอาคารก่อนปรับปรุง (ฤดูหนาว)



รูปที่ 3.3 ภาระโหลดทำความเย็นเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็น (ฤดูร้อน , ฤดูฝน)

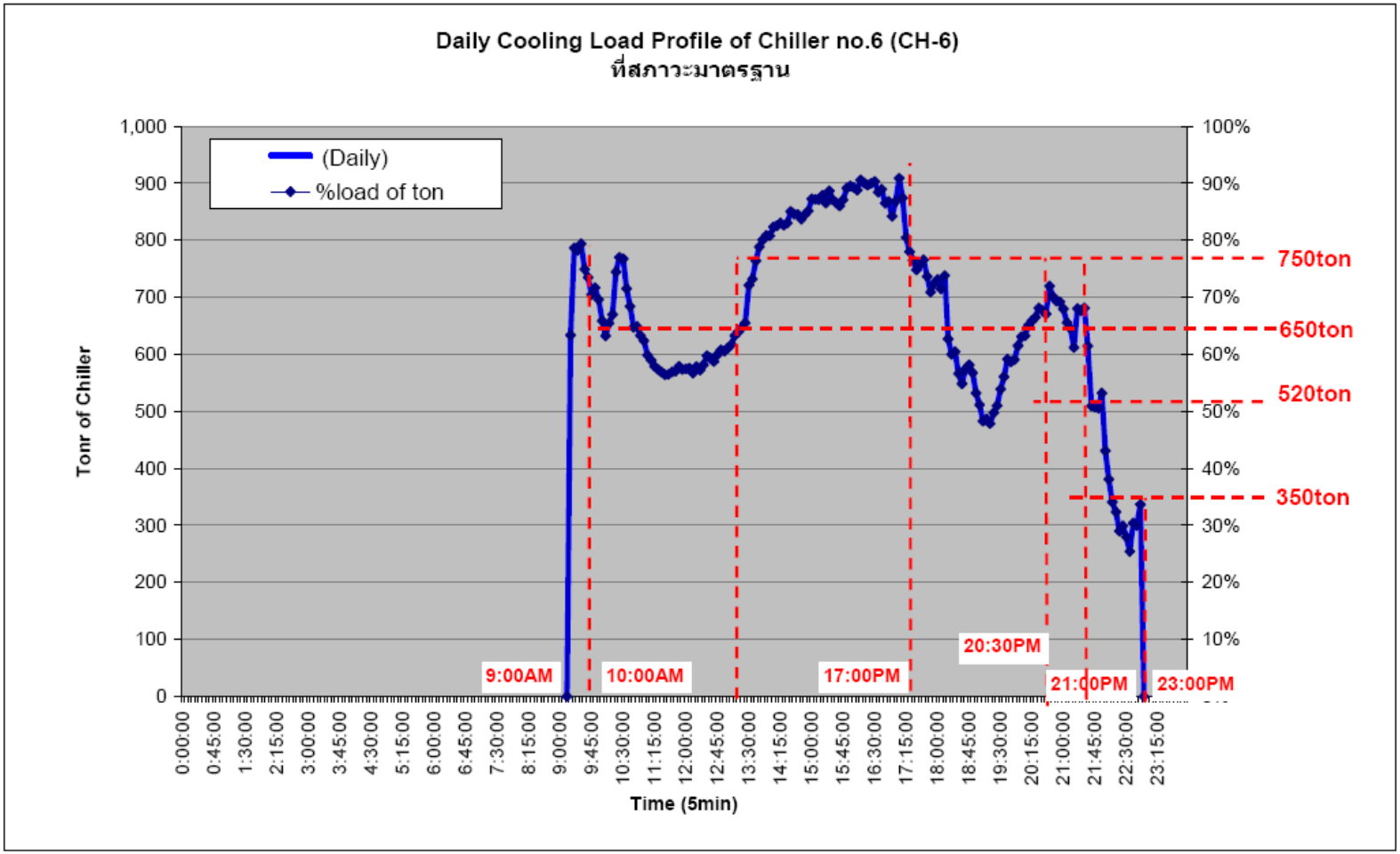


รูปที่ 3.4 ภาระโหลดทำความเย็นเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็น (ฤดูหนาว)

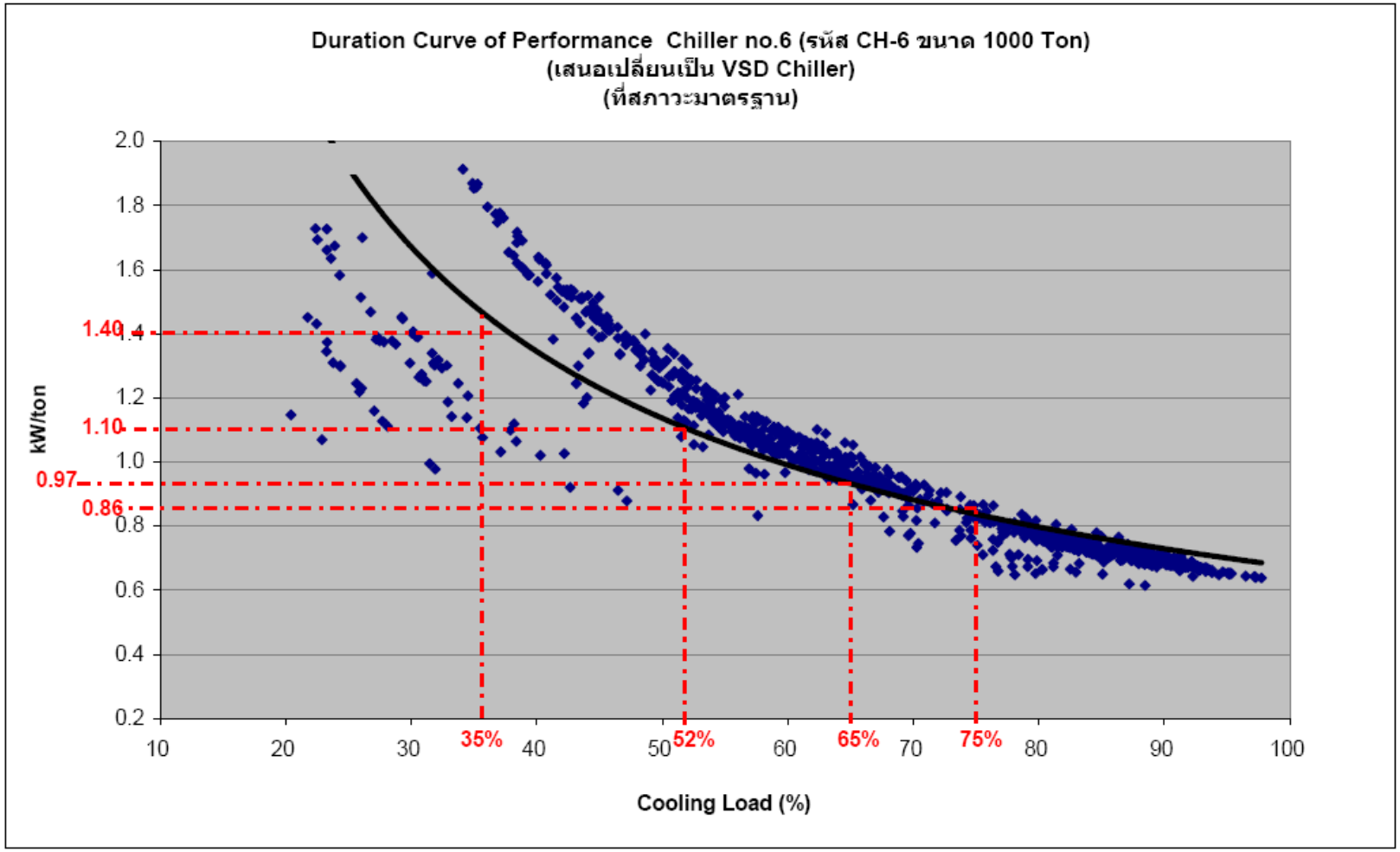
ตารางที่ 3.4 แสดงค่าฐานตัวแปรของการทำ Base line

ตัวแปรควบคุมการใช้พลังงาน	รายละเอียด
1. ค่าปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่เครื่องทำน้ำเย็น	ปรับตั้งที่ 45°F
2. ภาระโหลดการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น	Cooling Load 30-40% , Cooling Load 50-60% , Cooling Load 65-70% และ Cooling Load 30-40%
3. ค่าสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ย	คำนวณที่สภาวะมาตรฐาน ตามตารางที่ 4.2
4. ชั่วโมงการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น	13 ชั่วโมงต่อวัน , 365 วันต่อปี เครื่องทำน้ำเย็นที่เสนอเปลี่ยน VSD Chiller ใช้งาน 4,760 ชั่วโมงต่อปี และเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานร่วมในระบบ/สลับการใช้งานต่อวัน ใช้งาน 1,953 ชั่วโมงต่อปีต่อเครื่อง
5. อุณหภูมิน้ำระบายความร้อน	30 deg.C – 31 deg.C
6. อุณหภูมิบรรยากาศ	32.2 – 33.1 deg.C และค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ 61.8 – 64.2 %RH
7. การใช้งานของปั๊มน้ำเย็น	ช่วง 10:00น.-21:00น. กำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 54.32 kW /ชุด (พิกัดขนาด 90 kW/ชุด) (อัตราการไหลน้ำเย็นเฉลี่ย 9,031.38 l/m หรือเท่ากับ 2,386.10 GPM คิดเป็น 2.39 GPM/ton) ช่วง 21:00น.-23:00น. กำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 29.58 kW /ชุด (พิกัดขนาด 90 kW/ชุด) (อัตราการไหลน้ำเย็นเฉลี่ย 6,110.00 l/m หรือเท่ากับ 1,614.27 GPM คิดเป็น 1.62 GPM/ton)
8. การใช้งานของปั๊มน้ำระบายความร้อน	กำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 49.85 kW (พิกัดขนาด 90 kW) ค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำระบายความร้อน 10,976.5 l/m หรือเท่ากับ 2,900.00 GPM คิดเป็น 2.90 GPM/ton
9. การใช้งานของหอผึ่งเย็น	กำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 14.78 kW/ชุด (พิกัดขนาด 1250 ตัน/ชุด) (ใช้งาน 6 ชุดต่อวัน)

Cooling Load ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานหลัก (CH-6)



รูปที่ 3.29 ภาระโหลดตันความเย็นเฉลี่ยที่การทำงานต่อวันของเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 6 (CH-6) (ที่สภาวะมาตรฐาน) *เสนอเปลี่ยนเป็น VSD Chiller



รูปที่ 3.27 Duration Curve ของเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 6 (รหัสเครื่อง CH-6 ขนาด 1000 ตัน) ที่สภาวะมาตรฐาน (Standard Condition) *เสนอเปลี่ยนเป็น VSD Chiller

ดัชนีการใช้พลังงานฐานก่อนปรับปรุงของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/ton)

สมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐานเฉลี่ย (kW/ton) ของเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 6 (รหัสเครื่อง CH-6 ขนาด 1000 ตัน) ที่เสนอเปลี่ยนเป็น VSD Chiller จะใช้เป็นดัชนีการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง คำนวณเฉลี่ยจากค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่ร้อยละการทำงาน 30-40 , 50-60 , 65-70 และ 75-85 โดยถ่วงน้ำหนักชั่วโมงการทำงานในแต่ละร้อยละการทำงานได้ดังนี้

สมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

ร้อยละการทำงาน 30-40% ,14.0 ชั่วโมง/สัปดาห์	=	1.40
ร้อยละการทำงาน 50-60% , 3.5 ชั่วโมง/สัปดาห์	=	1.08
ร้อยละการทำงาน 65-70% , 38.5 ชั่วโมง/สัปดาห์	=	0.97
ร้อยละการทำงาน 75-85% , 14.0 ชั่วโมง/สัปดาห์	=	0.85

ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามชั่วโมงทำงาน = (1.40 x (14/91)) + ((1.08 x (3.5/91)) + ((0.97 x (38.5/91)) + ((0.85 x (35.0/91))

= 0.22 + 0.04 + 0.41 + 0.33

= 0.99 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น

ดัชนีการใช้พลังงานฐานเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็น (ก่อนปรับปรุง) = 0.99 kW /ton

รายละเอียด	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	
	ช่วงฤดูร้อน-ฤดูฝน (kWh/ปี)	ช่วงฤดูหนาว (kWh/ปี)
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 1 (CH-1)	1,016,691.08	256,388.78
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 2 (CH-2)	966,189.68	246,097.60
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 3 (CH-3)	955,781.70	239,890.78
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 4 (CH-4)	992,387.55	252,421.23
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 5 (CH-5)	1,029,798.23	261,633.83
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 6 (CH-6)	2,167,018.69	723,617.06
รวมทั้งสิ้น	7,127,866.91	1,980,049.26
	9,107,916.18	

ดังนั้น

คิดเป็นปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นต่อปี (ก่อนปรับปรุง)

= 9,107,916..18 kWh/ปี

คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้า = 9,107,916.18 kWh/ปี x 3.64 บาท/kWh

= 33,152,814.88 บาทต่อปี

หมายเหตุ :

ค่าพลังงานเฉลี่ย 3.19 บาท/kWh (12 เดือนล่าสุด ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555)

Specification ของ เครื่อง VSD Chiller ที่ติดตั้งใหม่

MODEL	YKKDKSH95CUG		(MOTOR SELECTED BY USER)	
REFRIGERANT (LB 134A)	1806		GEAR CODE	RN(SPEC)
RATED CAPACITY (TR)	1000		SPECIFIED CAPACITY (TR)	1000
INPUT POWER (KW)	597		MAX MOTOR LOAD (KW)	587
VOLTAGE / HZ	380 / 50			
ORIFICE (VARY)	VALVE:3		OPTISOUND CONTROL	YES
ISOLATION VALVE	NO			
FLA	1007		LRA	6313
MIN CIR. AMPS.	1259		MAX C.B.	2000
FULL LOAD (kW/TR)	0.597		NPLV	0.339

PART LOAD PERFORMANCE:

Pct Load	CAP (TR)	Pct Power	Inp Pwr (KW)	EEFT (°F)	ELFT (°F)	CEFT (°F)	CLFT (°F)	Sys Perf (KW/TR)
100.0	1000.0	100.0	597	54.99	45.00	90.00	99.29	0.597
90.0	900.0	86.9	519	53.99	45.00	90.00	98.32	0.577
80.0	800.0	75.7	452	52.99	45.00	90.00	97.38	0.565
70.0	700.0	65.7	392	51.99	45.00	90.00	96.44	0.560
60.0	600.0	56.6	338	50.99	45.00	90.00	95.53	0.563
50.0	500.0	48.6	290	49.99	45.00	90.00	94.62	0.580
40.0	400.0	40.5	242	48.99	45.00	90.00	93.71	0.605
30.0	300.0	32.8	196	48.00	45.00	90.00	92.80	0.653
20.0	200.0	25.3	151	47.00	45.00	90.00	91.90	0.755
15.0	150.4	21.3	127	46.50	45.00	90.00	91.45	0.845

ที่มา : Part Load Performance ของผู้ผลิตเครื่องทำน้ำเย็น York Model YKKDKSH95CUG

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ติดตั้งใช้งานหลังการปรับปรุง

เครื่องที่	รหัสเครื่อง	พิกัดทำความเย็น (ตัน)	ผู้ผลิต	รุ่น	พิกัดกำลังไฟฟ้า (kW)	ประเภทคอมเพรสเซอร์	ชนิดการระบายความร้อน
1	CH-1	1000	York	YKKDKSH95CUG	597	VSD	น้ำ
2	CH-2	1000	York	YKQ2P2J15CXB	635	Centrifugal	น้ำ
3	CH-3	1000	York	YKQ2P2J15CXB	635	Centrifugal	น้ำ
4	CH-4	1000	York	YKQ2P2J15CXB	635	Centrifugal	น้ำ
5	CH-5	1000	York	YKQ2P2J15CXB	635	Centrifugal	น้ำ
6	CH-6*	1000	York	YKKDKSH95CUG	597	VSD	น้ำ

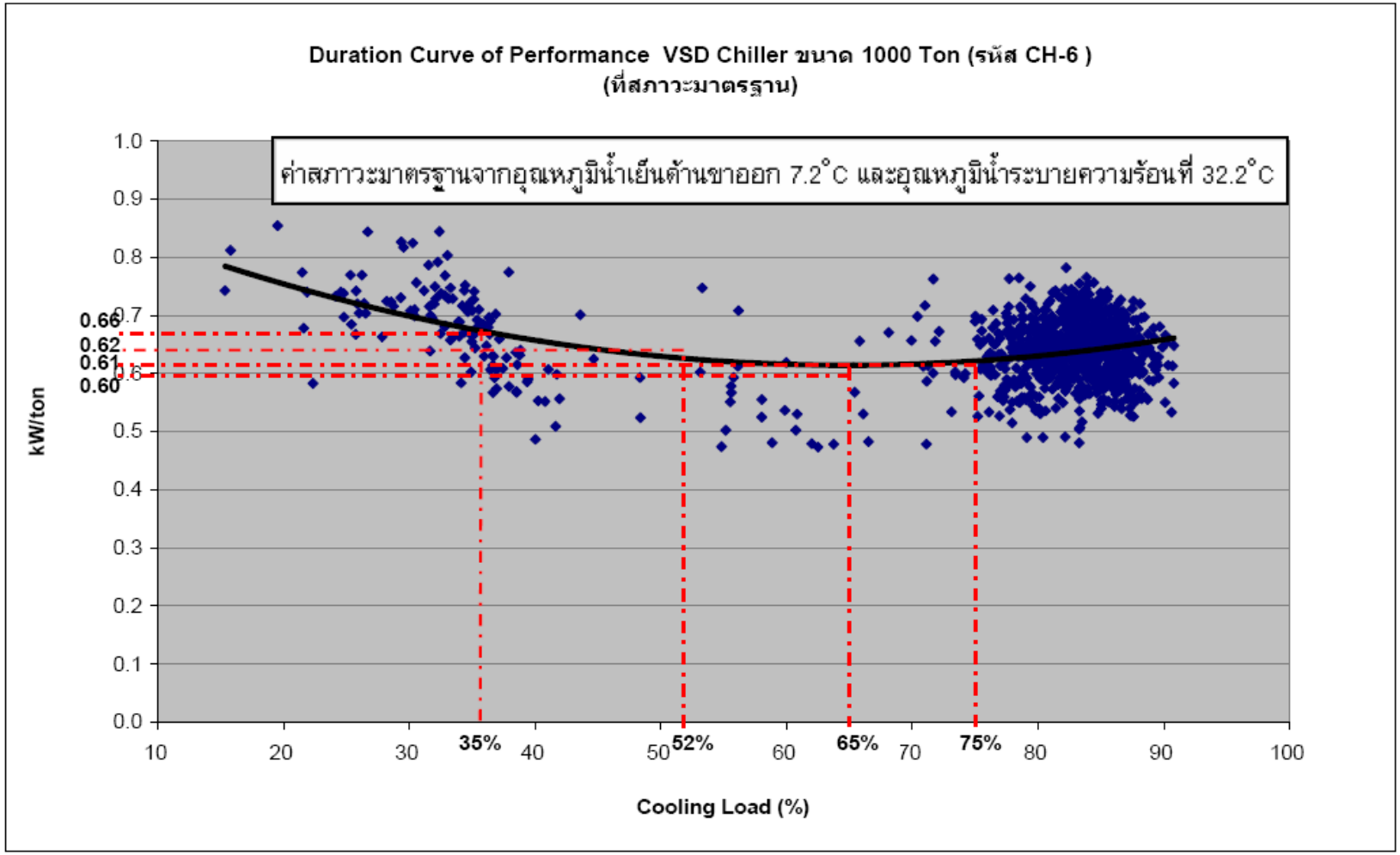
*หมายเหตุ :

- เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 1 (CH-1) VSD Chiller เป็นเครื่องที่สถานประกอบการซื้อเพิ่มเติมเอง
- เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 6 (CH-6) VSD Chiller เป็นเครื่องที่ขออนุมัติเงินสนับสนุนของโครงการฯ

เครื่องทำน้ำเย็นใหม่ (VSD Chiller)

และ ภาพการเข้าตรวจวัดการใช้พลังงาน

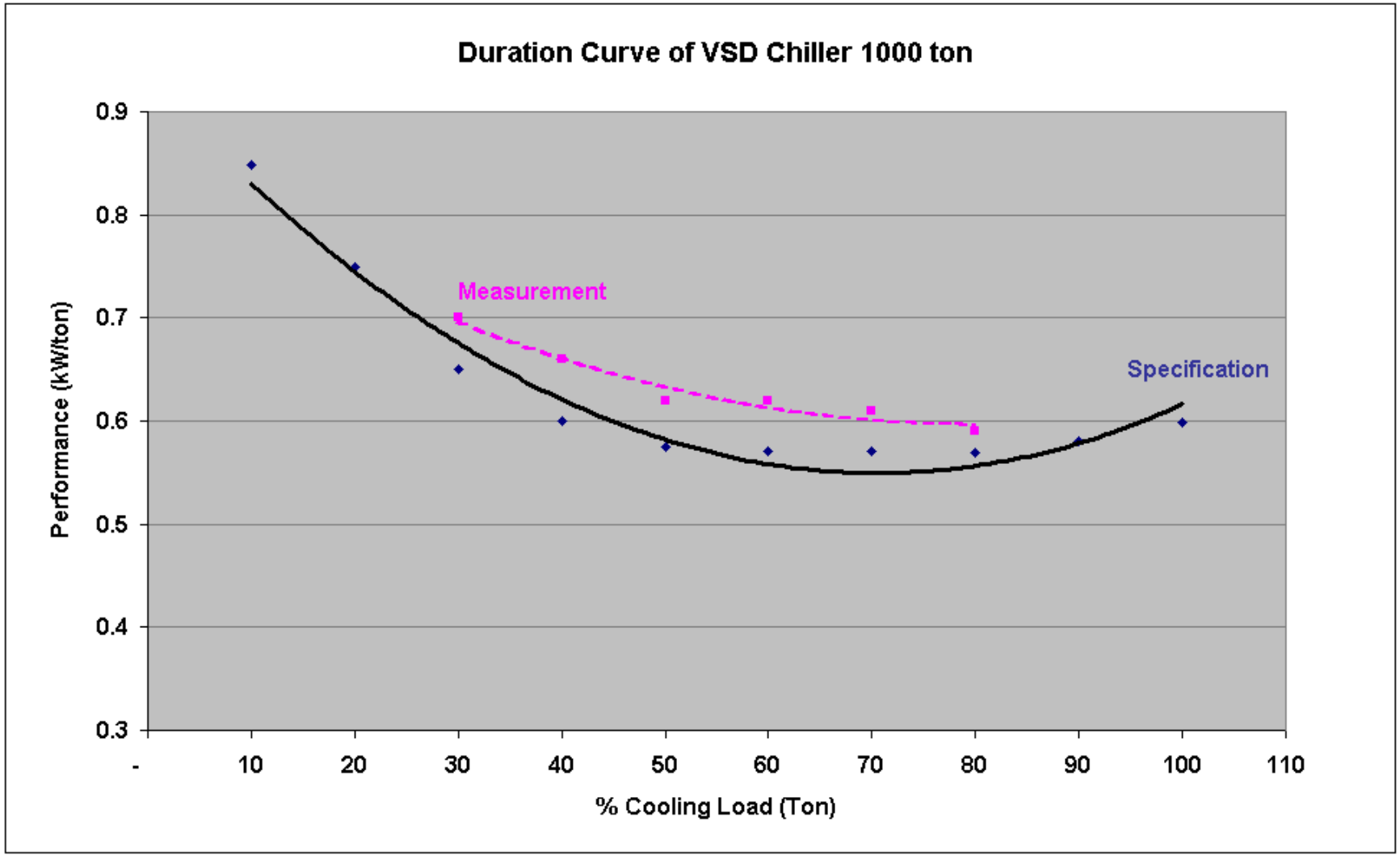
รูปที่ 4.1 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller)
รหัสเครื่อง CH-6 (1000Ton)



รูปที่ 4.4 Duration Curve ของเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 6 ขนาด 1000 ตัน (VSD Chiller)

รหัสเครื่อง CH-6 ที่สภาวะมาตรฐาน (Standard Condition)

เปรียบเทียบสมรรถนะการทำความเย็นที่ภาระโหลดต่าง ๆ ระหว่าง การทำงานของเครื่องจริง และข้อกำหนดของเครื่องฯ



คำนวณดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/ton) หลังปรับปรุง

สมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐานเฉลี่ย (kW/ton) ของเครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 6 ชนิด VSD Chiller ขนาด 1000 ตัน (รหัสเครื่อง CH-6) ที่จะใช้เป็นดัชนีการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง คำนวณเฉลี่ยจากค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่ร้อยละการทำงาน 30-40 , 50-60 , 65-70 และ 75-85 โดยถ่วงน้ำหนักชั่วโมงการทำงานในแต่ละร้อยละการทำงานได้ดังนี้

สมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน

ร้อยละการทำงาน 30-40% ,14.0 ชั่วโมง/สัปดาห์	=	0.66
ร้อยละการทำงาน 50-60% , 3.5 ชั่วโมง/สัปดาห์	=	0.62
ร้อยละการทำงาน 65-70% , 38.5 ชั่วโมง/สัปดาห์	=	0.60
ร้อยละการทำงาน 75-85% , 35 ชั่วโมง/สัปดาห์	=	0.61

ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามชั่วโมงทำงาน = (0.66 x (14/91)) + ((.62 x (3.5/91)) + ((0.60 x (38.5/91))

+ ((0.61 x (35.0/91))

= 0.10 + 0.02 + 0.25 + 0.23

= <u>0.60 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น</u>

ดัชนีการใช้พลังงานฐานเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็น (หลังปรับปรุง) = 0.60 kW /ton

ผลประหยัดพลังงาน

ดัชนีการใช้พลังงาน **ก่อน** ปรับปรุง = 0.99 กิโลวัตต์/ตันความเย็น

ดัชนีการใช้พลังงาน **หลัง** ปรับปรุง = 0.60 กิโลวัตต์/ตันความเย็น

ผลประหยัดพลังงาน = (0.99-0.60) x 100/0.99

= 39.39 %

บริษัท เซ็นทรัลพัฒนา จำกัด (มหาชน) - เซ็นทรัลปิ่นเกล้า

รายละเอียด	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	
	ช่วงฤดูร้อน-ฤดูฝน (kWh/ปี)	ช่วงฤดูหนาว (kWh/ปี)
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 1 (CH-1)*	691,998.94	236,825.69
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 2 (CH-2)	1,207,737.09	307,622.00
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 3 (CH-3)	1,194,727.13	299,863.47
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 4 (CH-4)	1,240,484.44	315,526.53
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 5 (CH-5)	1,287,247.78	327,042.28
เครื่องทำน้ำเย็นชุดที่ 6 (CH-6)*	691,998.94	236,825.69
รวมทั้งสิ้น	6,314,194.31	1,723,705.66
	8,037,899.97	

*หมายเหตุ : เครื่องทำน้ำเย็นชนิด VSD Chiller

ดังนั้น

คิดเป็นปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นต่อปี (หลังปรับปรุง)

= 8,037,899.97 kWh/ปี

คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้า = 8,037,899.97 kWh/ปี x 3.64 บาท/kWh

= 29,257,955.89 บาทต่อปี

หมายเหตุ :

หลังการปรับปรุงใช้ค่าพลังงานเฉลี่ย 3.64 บาท/kWh (12 เดือนล่าสุด ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2555) เพื่อในการเปรียบเทียบพิสูจน์ผลประหยัดของโครงการเทคโนโลยีเครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller)

ตารางที่ 4.7 แสดงสรุปผลการประหยัดพลังงานของโครงการที่ได้ดำเนินการจริง

รายละเอียด	พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	ค่าใช้จ่ายพลังงาน (บาท/ปี)
1. การใช้พลังงานก่อนปรับปรุงรวม (CH-1 ถึง CH-6)	9,107,916.18	33,152,814.88
2. การใช้พลังงานหลังปรับปรุงรวม (CH-1 ถึง CH-6)	8,037,899.97	29,257,955.89
ผลประหยัด	1,070,016.21	3,894,858.99

ผลตอบแทนการลงทุนและระยะเวลาคืนทุน

- **เงินลงทุน (2 เครื่อง) = 16,794,320.64 บาท**
- **ผลประหยัด = 3,894,858.99 บาท**
- **ระยะเวลาคืนทุน = 4.31 ปี**

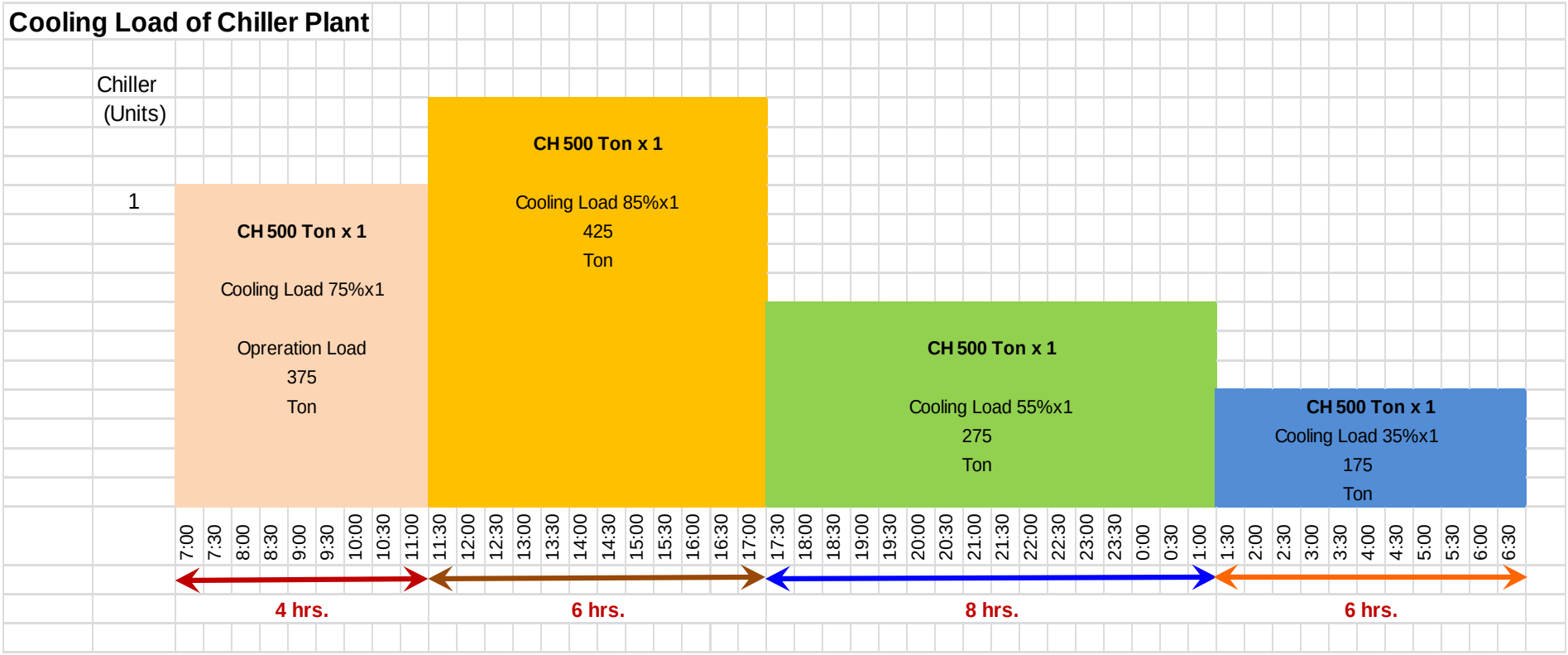
สรุปผลเทียบหลักเกณฑ์ของโครงการฯ

รายละเอียด	หลักเกณฑ์โครงการ	ผลการดำเนินโครงการ	สรุปผล
1.ผลประหยัดพลังงาน (%)	>20	40	ผ่านเกณฑ์
2. ผลประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน (บาท/ปี)	>200,000	3,894,858.99	ผ่านเกณฑ์
3. มีศักยภาพในการขยายผลเพื่อการอนุรักษ์พลังงานสูง	<5ปี	4.31	ผ่านเกณฑ์

WORK SHOP

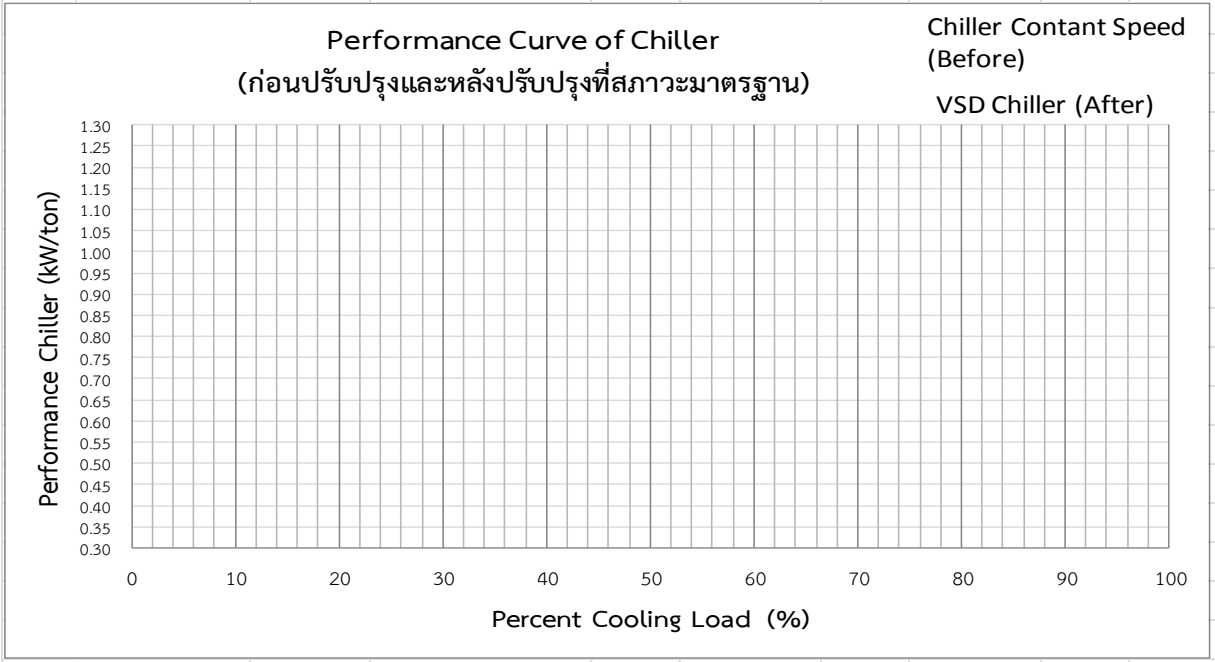
1.ให้วิเคราะห์หาสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นก่อนและหลังปรับปรุงที่สภาวะมาตรฐาน (kW/ton)

2. คำนวณร้อยละการประหยัดพลังงาน (%)



Workshop : การวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/ton) ที่สภาวะมาตรฐาน

การวิเคราะห์สมรรถนะการทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน



ก่อนปรับปรุง

ร้อยละการทำงาน	85	% , ที่ชั่วโมงการใช้งาน	4	ชั่วโมงต่อวัน	=		kW/ton	(1)
ร้อยละการทำงาน	70	% , ที่ชั่วโมงการใช้งาน	6	ชั่วโมงต่อวัน	=		kW/ton	(2)
ร้อยละการทำงาน	55	% , ที่ชั่วโมงการใช้งาน	8	ชั่วโมงต่อวัน	=		kW/ton	(3)
ร้อยละการทำงาน	35	% , ที่ชั่วโมงการใช้งาน	6	ชั่วโมงต่อวัน	=		kW/ton	(4)

ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามชั่วโมงการทำงาน = ((kW/ton(1)x(4/24))+(kW/ton(2)x(6/24))+((kW/ton(3)x(8/24)) +(kW/ton(4)x(6/24))

= kW/ton

gef
UNDP
Department of Alternative Energy Development and Efficiency
MINISTRY OF ENERGY
ensop ENERGY MANAGEMENT
BRIGHT management consulting company limited

หลังปรับปรุง										
	ร้อยละการทำงาน	85	% , ที่ชั่วโมงการใช้งาน	4	ชั่วโมงต่อวัน	=		kW/ton	(5)	
	ร้อยละการทำงาน	70	% , ที่ชั่วโมงการใช้งาน	6	ชั่วโมงต่อวัน	=		kW/ton	(6)	
	ร้อยละการทำงาน	55	% , ที่ชั่วโมงการใช้งาน	8	ชั่วโมงต่อวัน	=		kW/ton	(7)	
	ร้อยละการทำงาน	35	% , ที่ชั่วโมงการใช้งาน	6	ชั่วโมงต่อวัน	=		kW/ton	(8)	
ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามชั่วโมงการทำงาน			=	((kW/ton(5)x(4/24))+(kW/ton(6)x(6/24))+((kW/ton(7)x(8/24))						
				+(kW/ton(8)x(6/24))						
			=		kW/ton					
ร้อยละการประหยัด			=							
			=		%					

รายละเอียดการตรวจวัดหาสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น

ก่อนปรับปรุง

1. คำนวณหาสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น (ชนิดไม่สามารถปรับความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ได้)

ลำดับ	ช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด (Time)	ชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ยต่อวัน (hrs,/day)	1.ค่าการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Compressor) (kW)	2.ค่าการตรวจวัดอัตราการไหลและอุณหภูมิน้ำเย็น						การวิเคราะห์สมรรถนะทำความเย็นที่สภาวะจริง					ระดับการใช้พลังงานที่สภาวะมาตรฐาน					
				อัตราการไหลของน้ำเย็น		อุณหภูมิน้ำเย็น			อุณหภูมิน้ำ	ตันความเย็นที่ทำได้จริง	ภาระโหลดการทำความเย็น	ร้อยละเทียบพิกัด	kW/tonr ที่สภาวะจริง		ค่าแก้ไข Correction Factor		ตันความเย็นที่มาตรฐาน	กำลังไฟฟ้าที่มาตรฐาน	ร้อยละเทียบพิกัด	kW/tonr ที่สภาวะมาตรฐาน
				L/M	GPM	Supply (°C)	Return (°C)	Diff (°C)	CDS (°C)	(Tonr)	(kW_{th})	(%$Load_{ton}$)	kW/Tonr	COP	Tonr	kW	(Tonr)	(kW)	(%$Load_{ton}$)	
1	07:01-11:00น.	4hrs.	295.80	4,554.00	1,203.17	8.00	12.20	4.20	30.00											
2	11:01-17:00น.	6hrs.	353.30	4,568.00	1,206.87	7.20	11.90	4.70	32.20											
3	17:01-01:00น.	8hrs.	258.50	4,569.00	1,207.13	7.20	10.40	3.20	30.00											
4	01:01-07:00น.	6hrs.	212.50	4,515.00	1,192.87	7.20	9.20	2.00	30.00											
เฉลี่ย			280.03	4,551.50	1,202.51	7.40	10.93	3.53	30.55											
รวม																				

										1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.4	2.3	2.5	2.6

หลังปรับปรุง

2. คำนวณหาสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น (ชนิดปรับความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ได้)

ลำดับ	ช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด (Time)	ชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ยต่อวัน (hrs,/day)	1.ค่าการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Compressor) (kW)	2.ค่าการตรวจวัดอัตราการไหลและอุณหภูมิน้ำเย็น						การวิเคราะห์สมรรถนะทำความเย็นที่สภาวะจริง					ระดับการใช้พลังงานที่สภาวะมาตรฐาน					
				อัตราการไหลของน้ำเย็น		อุณหภูมิน้ำเย็น			อุณหภูมิน้ำ	ตันความเย็นที่ทำได้จริง	ภาระโหลดการทำความเย็น	ร้อยละเทียบพิกัด	kW/tonr ที่สภาวะจริง		ค่าแก้ไข Correction Factor		ตันความเย็นที่มาตรฐาน	กำลังไฟฟ้าที่มาตรฐาน	ร้อยละเทียบพิกัด	kW/tonr ที่สภาวะมาตรฐาน
				L/M	GPM	Supply (°C)	Return (°C)	Diff (°C)	CDS (°C)	(Tonr)	(kW_{th})	(%$Load_{ton}$)	kW/Tonr	COP	Tonr	kW	(Tonr)	(kW)	(%$Load_{ton}$)	
1	07:01-11:00น.	4hrs.	201.80	4,554.00	1,203.17	7.20	11.20	4.00	32.20											
2	11:01-17:00น.	6hrs.	238.60	4,569.00	1,207.13	7.20	12.00	4.80	30.00											
3	17:01-01:00น.	8hrs.	151.90	4,569.00	1,207.13	7.20	10.30	3.10	32.20											
4	01:01-07:00น.	6hrs.	88.20	4,515.00	1,192.87	7.20	9.25	2.05	30.00											
เฉลี่ย			170.13	4,551.75	1,202.58	7.20	10.69	3.49	31.10											
รวม																				

										1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.4	2.3	2.5	2.6

1. การวิเคราะห์สมรรถนะทำความเย็นที่สภาวะจริง		
	1.1 ความเย็นที่ทำได้จริง (Tonr)	= (อัตราการไหลน้ำเย็น (l/m) x ผลต่างอุณหภูมิน้ำ (deg.C)) / 50.4
	1.2 ภาระโหลดการทำความเย็น (kWth)	= ความเย็นที่ทำได้จริง (Tonr) x 3.517
	1.3 ร้อยละเทียบพิกัด (%)	= (ความเย็นที่ทำได้จริง (Tonr) / พิกัดทำความเย็นติดตั้ง) x 100
	1.4 สมรรถนะการทำความเย็น (kW/tonr)	= กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW) / ความเย็นที่ทำได้จริง (Tonr)
	1.5 สัมประสิทธิ์การทำความเย็น (COP)	= ภาระโหลดการทำความเย็น (kWth) / กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)

2. การวิเคราะห์สมรรถนะทำความเย็นที่สภาวะมาตรฐาน	
2.1 ค่าแก้ไข kW จากตารางค่าแก้ไข (เอกสารแนบ)	
2.2 ค่าแก้ไข Tonr จากตารางค่าแก้ไข (เอกสารแนบ)	
2.3 กำลังไฟฟ้าที่มาตรฐาน (kW)	= กำลังไฟฟ้าที่สภาวะจริง (kW) x ค่าแก้ไข kW
2.4 ความเย็นที่มาตรฐาน (Tonr)	= ความเย็นที่ทำได้จริง (Tonr) x ค่าแก้ไข Tonr
2.5 ร้อยละเทียบพิกัด (%)	= ความเย็นที่มาตรฐาน (Tonr) / พิกัดทำความเย็นติดตั้ง) x 100
2.6 สมรรถนะการทำความเย็น (kW/tonr)	= กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW) / ความเย็นที่ทำได้จริง (Tonr)

ขอบคุณครับ