

รายงานผลการสำรวจเครื่องทำน้ำเย็นอาคารพระจอมเกล้าราชานุสรณ์ 190 ปี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
กลุ่มวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (En Con Lab)

1. ขอบเขต

ตรวจวัดหาค่ากำลังไฟฟ้าต่อภาระการทำความเย็นของระบบทำน้ำเย็นขณะที่เครื่องทำงานอยู่ในสภาวะการใช้งานจริง

2. การวัดและเครื่องมือวัด

เครื่องมือวัดจะใช้สำหรับติดตามผลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้าต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น โดยจะทำการติดตั้งเครื่องมือเพื่อตรวจวัดข้อมูล ดังนี้

- การตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่เบรกเกอร์หลักของเครื่องทำน้ำเย็น
- ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกของเครื่องทำน้ำเย็นโดยใช้เซนเซอร์วัดที่ผิวของท่อน้ำเย็น
- ตรวจวัดอัตราการไหลโดยติดตั้งเซ็นเซอร์ของเครื่องวัดอัตราการไหลที่ท่อน้ำเย็น

คุณสมบัติของเครื่องมือวัด

เครื่องมือที่ใช้สำหรับตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นมีคุณสมบัติดังนี้



เครื่องตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

ยี่ห้อ : CHAUVIN ARNOUX

รุ่น : C.A 8332B

Voltage input : operating range 960 V_{L-L}

Current input : operating range 0-1 V

Power factor : (-1.000) to 1.000

Active power : 0 – 9999 kW (with AmpFLEX)

อุปกรณ์ประกอบ

AmpFLEX : Measurement range 10 to 6500 A AC



เครื่องตรวจวัดการอัตราการไหล

ยี่ห้อ : Micronics

รุ่น: Portaflow 330

Accuracy : $\pm 0.5\%$ to $\pm 2\%$ of flow reading for flow rate $> 0.2\text{m/s}$ and Pipe ID $> 75\text{mm}$.

$\pm 3\%$ of flow reading for flow rate $> 0.2\text{m/s}$ and Pipe ID in range 13mm - 75mm.

$\pm 6\%$ of flow reading for flow rate $< 0.2\text{m/s}$

Fluid Condition : Clean liquids or oils that have less than 3% by volume of particulate content. Applications include river water, sea water, potable water, glycol/water mix, hydraulic systems and diesel oil

Pipe Materials : Carbon Steel, Stainless Steel, Copper, Mild Steel, Glass, Rubber, Steel, Plastic.



เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ (Data logger)

ยี่ห้อ : YOKOGAWA

รุ่น : DX1012-3-4-2

Measured Items : connect DC voltage, thermocouple, RTD, and ON/OFF input and measure various values such as temperature and flow rate.

Data Storage Function : CF card, Ethernet

Display Function : Measured data can be displayed as trends, numeric values, and bar graphs for each group.

In addition, the overview display can be used to display and monitor all channels on a single screen.



เครื่องตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า

ยี่ห้อ	: CHAUVIN ARNOUX
รุ่น	: C.A 8210
AC Voltage	: 600 V
AC Current	: 5000 A สูงสุด 1000 A (Clamp รุ่น C191)
Frequency	: 1000 Hz
Power factor	: 0.00 – 1.00
Active power	: 30W-300kw max. 600kw (Clamp รุ่น C191)
Apparent power	: 30 VA-300 KVA max. 600 KVA (Clamp รุ่น C191)
Reactive power	: -300 + 300 KVAR max. 600 KVAR (Clamp รุ่น C191)

3. ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบ

ดำเนินการตรวจวัดและติดตามข้อมูลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นในช่วงวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2556 โดยข้อมูลที่ตรวจวัดประกอบด้วย :

เครื่องทำน้ำเย็น

- การใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นแต่ละเครื่อง
- อุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายและด้านกลับของเครื่องทำน้ำเย็น
- อัตราการไหลของน้ำเย็น





รูปที่ 1 แสดงภาพการตรวจวัดข้อมูลของเครื่องทำน้ำเย็น

รายละเอียดของการทำงานของระบบทำน้ำเย็น

อาคารมีการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น ขนาดพิกัดการทำความเย็น 150 ตัน จำนวน 2 เครื่อง เปิดใช้งานครั้งละ 2 เครื่อง เพื่อจ่ายความเย็นให้กับพื้นที่ของโรงพลศึกษา

รายละเอียดของเครื่องทำน้ำเย็น

จำนวนของเครื่องทำน้ำเย็น	2	เครื่อง
ใช้ทำงานหลัก	2	เครื่อง
ใช้สำรอง	-	เครื่อง
อุณหภูมิน้ำเย็นออกแบบด้านจ่าย/ด้านกลับของเครื่องทำน้ำเย็น	45/55	°F
อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนออกแบบด้านจ่ายและด้านกลับ	-	°F

เครื่องทำน้ำเย็น	รุ่น	ปีที่ติดตั้ง	สารทำความเย็น	ชนิด	ความสามารถในการทำความเย็น	ขนาดมอเตอร์
หมายเลข 1		-	R134a	ลูกสูบ	150 TR	194 kW
หมายเลข 2		-	R134a	ลูกสูบ	150 TR	194 kW

4. การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็น

4.1 ข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็นและผลการตรวจวัด

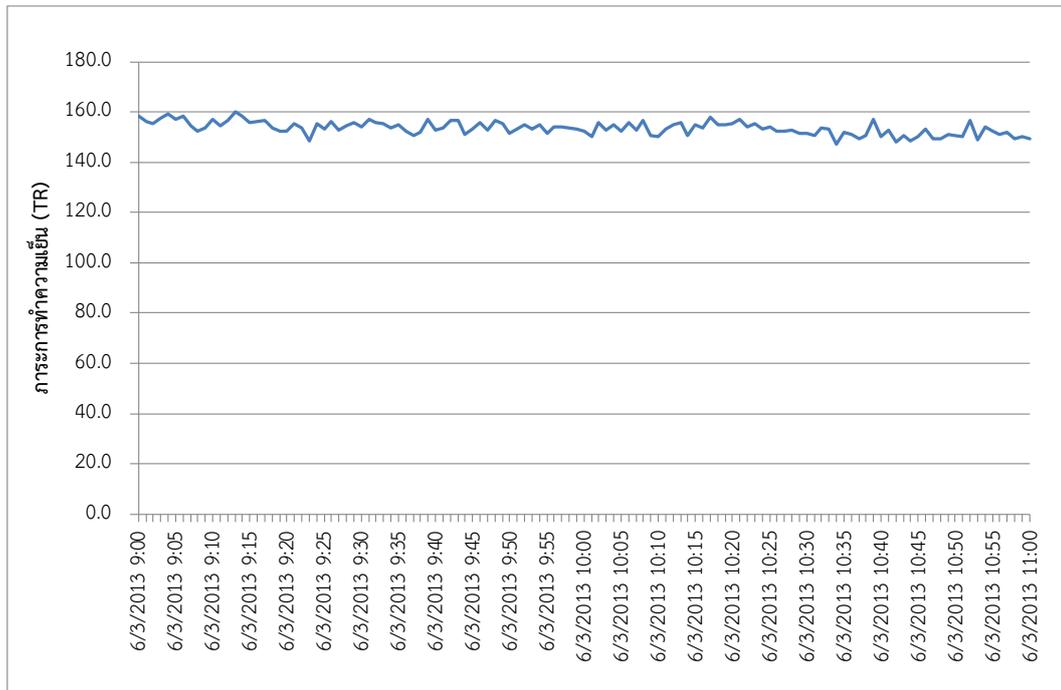
ตารางข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็น

ลักษณะจำเพาะของเครื่องทำน้ำเย็น		
	หมายเลข 1	หมายเลข 2
ยี่ห้อ	Carrie	Carrie
รุ่น	Ecological	Ecological
รหัส	0340-410-0093	0340-410-0094
ชนิดคอมเพรสเซอร์	ลูกสูบ	ลูกสูบ
ชนิดสารทำความเย็น	R134a	R134a
ชนิดการระบายความร้อน	อากาศ	อากาศ
แรงดันไฟฟ้า/ความถี่ไฟฟ้า/เฟส	400/50/3	400/50/3
กระแสไฟฟ้า (RLA)	400.3	400.3
กำลังไฟฟ้า (kW)	194	194
ความสามารถในการทำความเย็น	150	150
อัตราการไหลน้ำเย็น	360	360

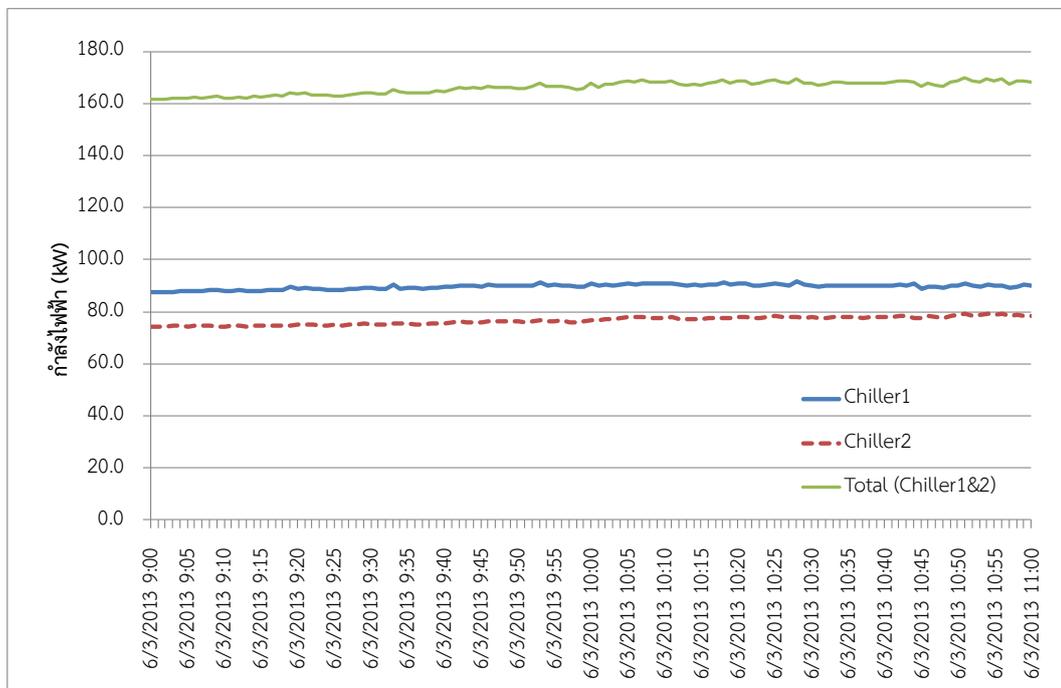
ตารางข้อมูลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

พารามิเตอร์	ตัวแปร/สมการ	หน่วย	ข้อมูล		
			เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
1. กำลังไฟฟ้า	$P_{CH} = P_{CH1} + P_{CH2}$	kW	166.04	169.71	161.69
● เครื่องทำน้ำเย็น 1	P_{CH1}	kW	89.62	91.68	87.50
● เครื่องทำน้ำเย็น 2	P_{CH2}	kW	76.42	79.02	74.08
2. อัตราการไหลน้ำเย็น	F	GPM	575.86	590.05	565.23
3. อุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่าย	ECHWT	°F	45.14	46.13	44.69
4. อุณหภูมิน้ำเย็นด้านกลับ	LCHWT	°F	51.54	52.79	51.26
5. ภาระการทำความเย็น	$T = (\Delta T \times GPM)/24$	TR	153.55	159.88	147.02

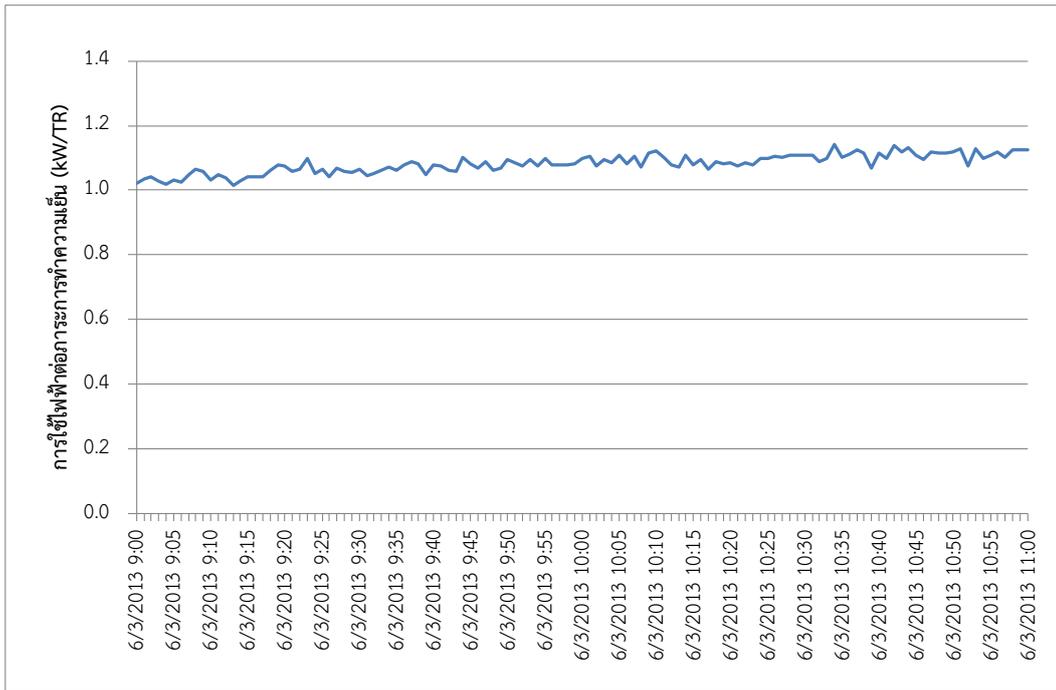
4.2 กราฟแสดงผลการตรวจวัด



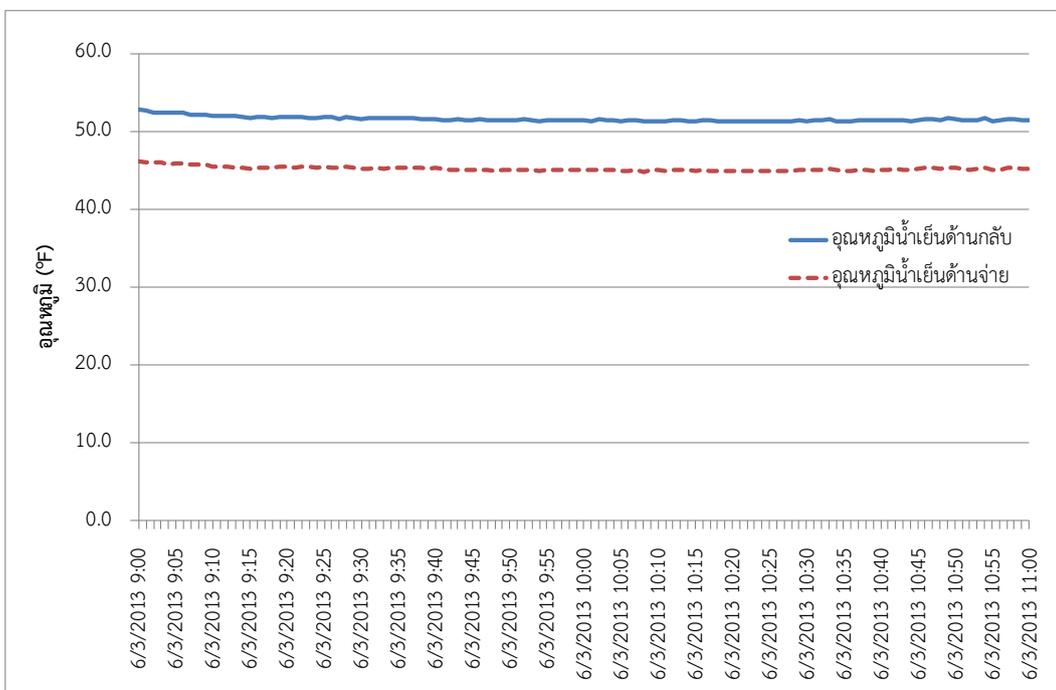
รูปที่ 2 การระงับความร้อนของระบบทำน้ำเย็น



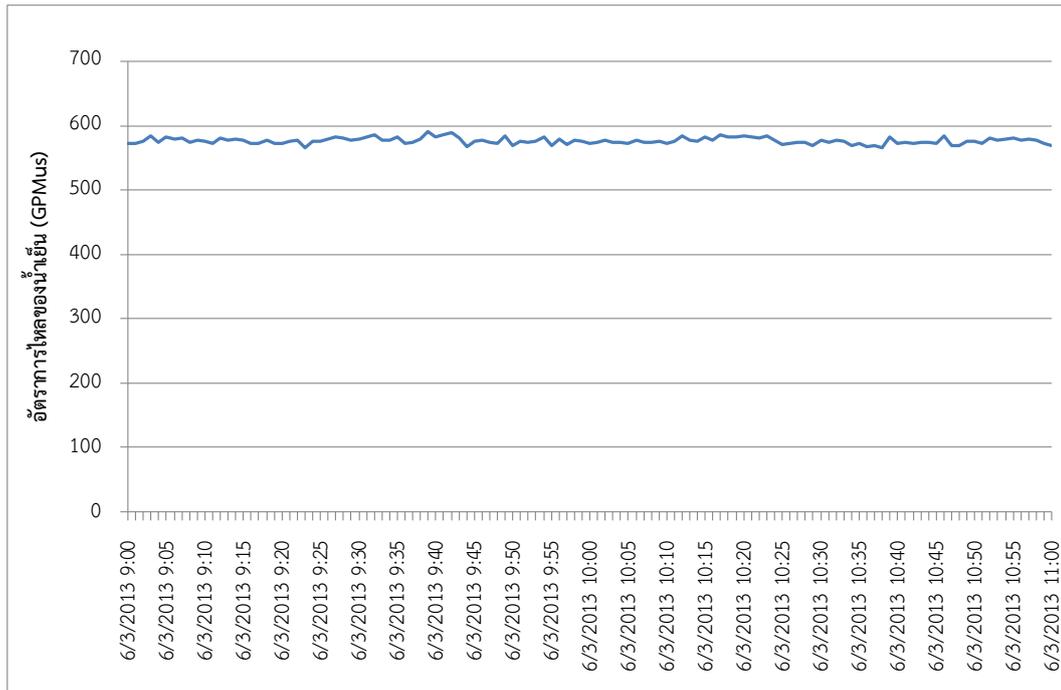
รูปที่ 3 การใช้ไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น



รูปที่ 4 ค่ากำลังไฟฟ้าต่อภาระการทำความเย็นของระบบทำน้ำเย็น



รูปที่ 5 อุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายและด้านกลับของระบบทำน้ำเย็น



รูปที่ 6 อัตราการไหลน้ำเย็นของระบบทำน้ำเย็น

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

- อัตราการไหลของน้ำเย็น

พารามิเตอร์ที่เกิดขึ้นจริง			
อัตราการไหลน้ำเย็น		575.86	GPM
มาตรฐานการออกแบบ @ 2.4 G.P.M/Tons		720.00	GPM
ความแตกต่างของอัตราการไหลน้ำเย็นที่ตรวจวัดต่อการออกแบบ		20.02	%

- อุณหภูมิน้ำและปริมาณต้นความเย็น

จากการตรวจวัดแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิปรับตั้งของเครื่องทำน้ำเย็น (Set-Point) ที่ 45°F และอุณหภูมิของน้ำเย็นที่กลับเข้าเครื่องทำน้ำเย็นโดยปกติไม่ควรเกิน 10°F ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างน้ำเย็นด้านจ่ายและด้านกลับเข้าเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าไม่เกินกว่า 10 °F ที่สภาวะทำความเย็นเต็มพิกัดและอัตราการไหลของน้ำตามที่ออกแบบไว้ ดังนั้นจะพบว่าความสามารถทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่ตรวจวัดจริงในช่วงระยะเวลาการสำรวจนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าพิกัดมาก

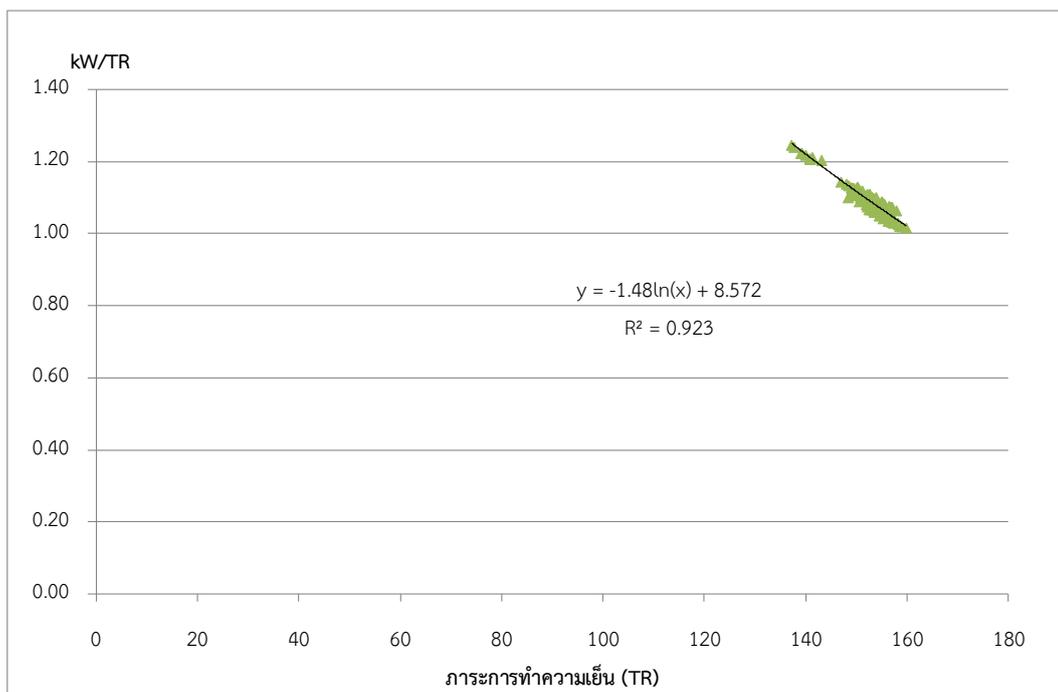
ค่าที่ได้จากการตรวจวัด

อุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายเครื่องทำน้ำเย็น	45.14	°F
อุณหภูมิน้ำเย็นด้านกลับเครื่องทำน้ำเย็น	51.54	°F
ผลต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายและด้านกลับเข้าเครื่องทำน้ำเย็น	6.40	°F
ตันทำความเย็น	153.55	Tons
กำลังไฟฟ้า	166.04	kW

- การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น

จากการวัดการใช้พลังงานเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็นรวมทั้ง 2 เครื่อง เท่ากับ 166.04 กิโลวัตต์ ในขณะที่ระบบทำน้ำเย็นนี้ทำงานเฉลี่ยที่ 71.06% จากข้อมูลตรวจวัดโดยเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณตันทำความเย็น ค่ากำลังไฟฟ้าต่อภาระการทำความเย็นของระบบทำน้ำเย็น เท่ากับ 1.08 กิโลวัตต์/ตัน

- ความสัมพันธ์ของค่ากิโลวัตต์ต่อตันเทียบกับภาระการทำความเย็น



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ของค่ากิโลวัตต์ต่อตันกับภาระการทำความเย็น

ข้อมูลผลการคำนวณค่ากิโลวัตต์ต่อตันทำความเย็นและภาระการทำความเย็นที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงวันที่ 6 มีนาคม 2556 เวลา 9:00น. - 11:00น. พบว่าภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นอยู่ในช่วง 147-160 ตัน เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถนำมาสร้างสมการถดถอยได้ดังนี้

$$y = -1.48 \ln(x) + 8.572$$

โดยที่

$$y = \text{ค่ากิโลวัตต์ต่อตันทำความเย็น (kW/TR)}$$

$$x = \text{ภาระการทำความเย็น (TR)}$$

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ภาระการทำความเย็น} = \frac{\text{อัตราการไหลน้ำเย็น (GPM)} \times \text{ผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายและด้านกลับ (F)}}{24}$$

ค่ากำลังไฟฟ้าต่อภาระการทำความเย็น หรือ กิโลวัตต์ต่อตัน

$$\text{KW/TR} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น (กิโลวัตต์)}}{\text{ภาระการทำความเย็น (ตันทำความเย็น)}}$$

$$\text{KW/ton} = 12/\text{EER}$$

$$\text{KW/ton} = 12/(\text{COP} \times 3.412)$$

$$\text{COP} = \text{EER}/3.412$$

$$\text{COP} = 12/(\text{KW/ton})/3.412$$

$$\text{EER} = 12/(\text{KW/ton})$$

$$\text{EER} = \text{COP} \times 3.412$$