

## กรณีศึกษาและวิธีการตรวจวัดและพิสูจน์ผล : เครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง

### มาตรการ ปรับปรุงการใช้พลังงานโดยการปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง

#### 1. รายละเอียดมาตรการ

บริษัท A ดำเนินธุรกิจด้านโรงแรม ก่อนการปรับปรุงใช้เครื่องผลิตน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศจำนวน 3 เครื่อง ขนาด 145.6 ตันความเย็น ทำงานครั้งละ 2 เครื่อง หลังปรับปรุงเปลี่ยนมาใช้เครื่องผลิตน้ำเย็นประสิทธิภาพสูงแบบระบายความร้อนด้วยน้ำขนาดเครื่องละ 280 ตันความเย็น ทำการติดตั้ง 2 เครื่อง การทำงานของเครื่องผลิตน้ำเย็น จะทำงานครั้งละ 1 เครื่องสลับกัน โดยทำงานตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี นอกจากนั้นยังทำการติดตั้งอุปกรณ์ประกอบระบบอื่นๆ เพิ่มเติม อาทิเช่น เครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น หอผึ่งน้ำ เป็นต้น รวมถึงระบบปั๊มความร้อน (Heat Pump) เพื่อใช้ในการผลิตน้ำร้อน ด้วยระบบฟื้นคืนความร้อน (Heat Recovery)

#### 2. แนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการประหยัดพลังงาน

การตรวจวัดการใช้พลังงาน จะเป็นการตรวจวัดแยกระบบผลิตน้ำเย็นและระบบผลิตน้ำร้อน (Heat Pump) การตรวจวัดในส่วนของระบบผลิตน้ำเย็นประกอบไปด้วยเครื่องผลิตน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำเย็นหลัก เครื่องสูบน้ำเย็นรอง เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นและหอผึ่งน้ำ ส่วนระบบผลิตน้ำร้อน ประกอบไปด้วย Heat Pump และเครื่องสูบน้ำไหลเวียน

##### 2.1 วิธีการตรวจวัด

วิธีการตรวจวัดและพิสูจน์การใช้พลังงานจะเป็นไปตามรายงานข้อตกลงวิธีการตรวจวัดและพิสูจน์การใช้พลังงาน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

| เครื่อง/อุปกรณ์    | มาตรการ   | วิธีการ M&V*  | สรุปแผน M&V  |
|--------------------|---|---|--|
| เครื่องผลิตน้ำเย็น | เปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำประสิทธิภาพสูง รวมทั้งติดตั้งอุปกรณ์ประกอบระบบอื่นๆ เช่นเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น หอผึ่งน้ำ เป็นต้น | ทางเลือก B ร่วมกับการทำนายด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ | ตรวจวัดพลังไฟฟ้าและภาระทำความเย็นที่ใช้ก่อนและหลังการปรับปรุงที่สภาวะต่างๆโดยเป็นการวัดรวมทั้งระบบ |

หมายเหตุ \* ทางเลือกในการทำ M&V อ้างอิงจาก International Performance Measurement and Verification Protocol, Volume 1, 2007

โดยใช้แนวทางการตรวจวัดแบบ Option B ร่วมกับการทำนายด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยทำการตรวจวัดพลังไฟฟ้าและภาระทำความเย็นของระบบผลิตน้ำเย็น ข้อมูลที่จะทำการวัดได้แก่ พลังไฟฟ้าของระบบผลิตน้ำเย็น และตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานของระบบผลิตน้ำเย็นโดยตรงเท่านั้น รวมถึงการตรวจวัดพลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ประกอบระบบ เช่น เครื่องสูบน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น หอผึ่งน้ำ เป็นต้น ข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ทุก 15 นาที ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน(ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการทำงานของอุปกรณ์ และข้อตกลงตรวจวัดและพิสูจน์ผลที่สร้างขึ้นระหว่างสถานประกอบการและESCO)

ในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลนี้ ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจะถูกนำไปใช้ในการจัดสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าความต้องการพลังไฟฟ้าของระบบผลิตน้ำเย็นต่อวัน จากนั้นจะนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ระบบใช้ตลอดทั้งปี โดยก่อนและหลังการปรับปรุงจะใช้ภาระทำความเย็นเดียวกัน ส่วนการใช้พลังงานของระบบผลิตน้ำร้อน จะใช้รูปการตรวจวัดและพิสูจน์ผลแบบเดียวกันกับระบบผลิตน้ำเย็น

### 3. การวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน

#### 3.1 การวิเคราะห์การใช้พลังงาน

การประเมินปริมาณการใช้พลังงานของระบบ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ การประเมินภาระทำความเย็น การประเมินพลังงานไฟฟ้าของระบบผลิตน้ำเย็น การประเมินพลังงานไฟฟ้าของระบบปั๊มความร้อน และการประเมินพลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำร้อนหมุนเวียน และการประเมินปริมาณพลังงานไฟฟ้ารวมของระบบ

##### 1) การประเมินภาระทำความเย็น

ภาระทำความเย็นที่ใช้ในการประเมินปริมาณการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง จะเป็นภาระทำความเย็นเดียวกันการประเมินการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง ซึ่งภาระทำความเย็นต่อวันดังกล่าวสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ton} \times \text{hr/day} = a_1 + a_2x + a_3y + a_4xy \quad (1.1)$$

โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังต่อไปนี้

- x = อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายวัน (F)
- y = จำนวนห้องพักกรายวัน (ห้องต่อวัน)
- a<sub>1</sub>,..., a<sub>4</sub> = ค่าคงที่ ดังแสดงในตาราง 1.1

ตารางที่ 1.1 ค่าคงที่สำหรับสมการ (1.1)

| a <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> | a <sub>4</sub> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 147460.8648    | -1777.1073     | -879.3995      | 10.8639        |

เมื่อนำค่าต่างๆของปีฐานแทนลงในสมการที่ 1.1 จะได้ภาระทำความเย็นรายวันของปีฐานแสดงดังรูปที่ 1.1

## 2) การประเมินพลังงานไฟฟ้าของระบบผลิตน้ำเย็น

การประเมินพลังงานไฟฟ้าของระบบผลิตน้ำเย็นจะทำอยู่ในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน (kWh/day) ด้วยวิธีการเดียวกันกับการคำนวณหาภาระทำความเย็นของระบบผลิตน้ำเย็น เนื่องจากข้อมูลจำนวนห้องพักเป็นข้อมูลรายวัน โดยนำค่าพลังไฟฟ้าคูณกับช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด แล้วนำมารวมกันจนครบ 1 วัน ตามสมการ (1.2) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ตามตารางที่ 1.2

$$\text{kWh/day} = \sum_{i=1}^{24} \text{kW}_i \frac{\Delta t}{60} \quad (1.2)$$

จะเห็นว่าพลังงานไฟฟ้าต่อวันจะเปลี่ยนแปลงไปตามภาระทำความเย็นต่อวัน อุณหภูมิน้ำเย็นและอุณหภูมิอากาศ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับสร้างความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าต่อวันกับตัวแปรที่มีผล ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลและการใช้สมการถดถอย พบว่าพลังงานไฟฟ้าต่อวันสามารถจำลองได้ด้วยสมการ

$$\text{kWh/day} = b_1 + b_2x + b_3y + b_4yz \quad (1.3)$$

โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังต่อไปนี้

- x = ภาระทำความเย็นต่อวัน (ton-hr/day)
- y = อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ยรายวัน (F)
- z = อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเฉลี่ยรายวัน (F)
- b1, ..., b5 = ค่าคงที่ ดังแสดงในตาราง 1.3

ตารางที่ 1.2 พลังงานไฟฟ้าต่อวัน

| วันที่    | ภาระทำความเย็น (ton-hr/day) | อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย (F) | อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเฉลี่ย (F) | พลังงานไฟฟ้า (kWh/day) |
|-----------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 14/9/2011 | 3,507.4                     | 51.5                      | 82.4                          | 3,918.2                |
| 15/9/2011 | 3,552.8                     | 51.6                      | 83.0                          | 4,148.4                |
| 16/9/2011 | 3,491.9                     | 51.8                      | 83.0                          | 4,098.7                |
| 17/9/2011 | 3,437.3                     | 52.1                      | 82.5                          | 3,993.0                |
| 18/9/2011 | 3,386.8                     | 51.9                      | 82.8                          | 4,007.2                |

| วันที่           | ภาระทำความเย็น<br>(ton-hr/day) | อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย<br>(F) | อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น<br>เฉลี่ย (F) | พลังงานไฟฟ้า<br>(kWh/day) |
|------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 19/9/2011        | 3,381.4                        | 51.9                         | 82.3                              | 3,977.2                   |
| 20/9/2011        | 3,092.8                        | 52.0                         | 81.4                              | 3,834.0                   |
| <b>ค่าเฉลี่ย</b> | <b>3,407.2</b>                 | <b>51.8</b>                  | <b>82.5</b>                       | <b>3,996.7</b>            |

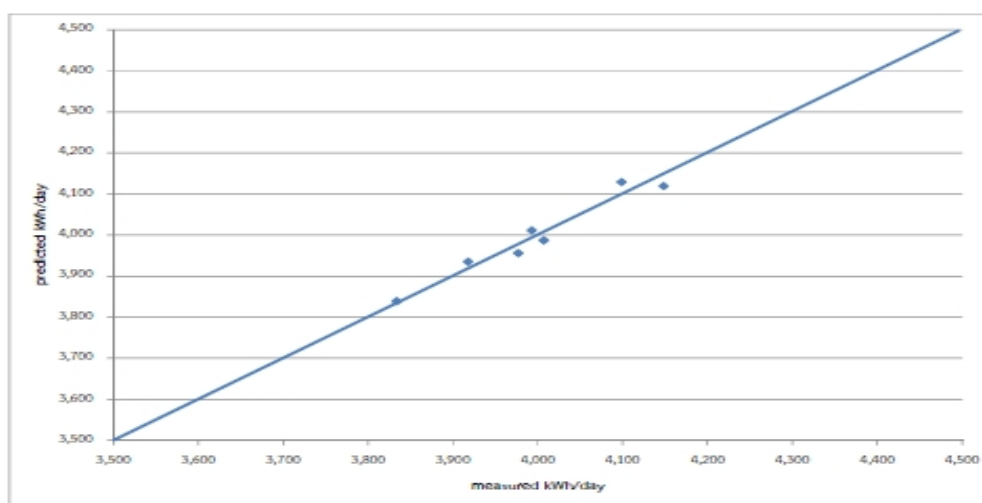
โปรแกรม SPSS 16.0 ถูกนำมาใช้เพื่อหาค่าคงที่  $b_1, \dots, b_5$  โดยค่าคงที่ของสมการแสดงไว้ในตารางที่ 1.3 มีค่า  $R^2=0.951$  ซึ่งสูงกว่าขั้นต่ำที่ระบุไว้ในข้อตกลง ( $R_2 > 0.75$ ) จึงสามารถนำมาใช้ในการประเมินพลังงานไฟฟ้าต่อวันของระบบได้ รูปที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง

ตารางที่ 1.3 ค่าคงที่สำหรับสมการ (1.3)

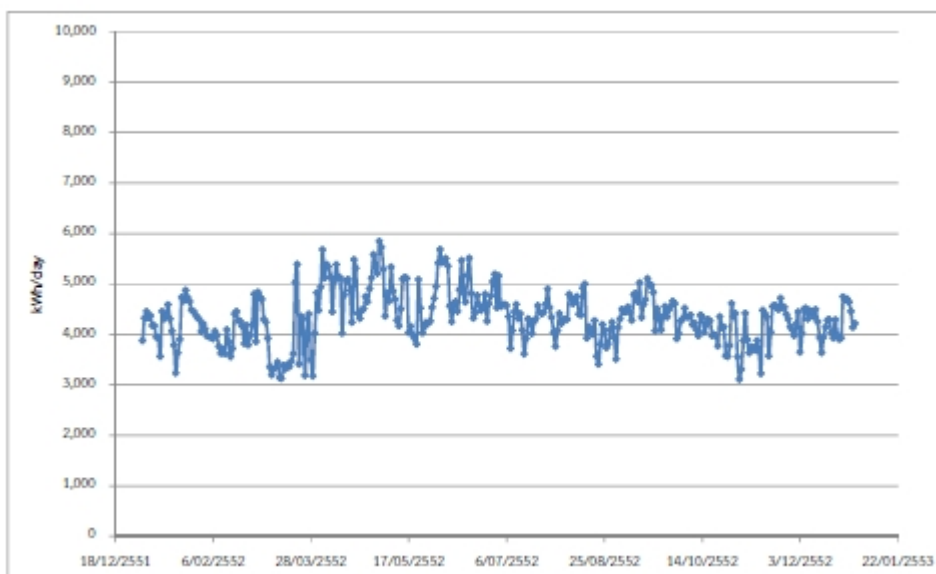
| $b_1$         | $b_2$  | $b_3$      | $b_4$      | $b_5$      |
|---------------|--------|------------|------------|------------|
| -4824925.6693 | 0.4645 | 92886.9441 | 58480.7992 | -1125.2811 |

ในการคำนวณพลังงานไฟฟ้ารายวันตลอดทั้งปีหลังการปรับปรุงตามสมการ 1.3 จะคิดที่สภาวะการทำงานความเดียวกันกับการประเมินก่อนการปรับปรุง กล่าวคือ มีภาระทำความเย็นต่อวัน และอุณหภูมิน้ำเย็นเดียวกันกับก่อนการปรับปรุง ส่วนอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจะได้รับการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามก็ดี เนื่องจากค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเฉลี่ยรายวันแต่ละค่าที่ตรวจวัดได้ แตกต่างจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 10% ดังแสดงในตาราง 1.2 ซึ่งจะถือว่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นมีค่าคงที่ตลอดทั้งปี ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยภายนอก และมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้ตามระบุข้อตกลงฯ

เมื่อนำค่าต่างๆ แทนลงในสมการ (1.3) จะได้พลังงานไฟฟ้ารายวัน เช่น วันที่ 10 มกราคม 2552 มีภาระทำความเย็นต่อวัน 2,019.2 ton-hr/day อุณหภูมิน้ำเย็นที่ 59.6 F และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ 82.5 F จะได้พลังงานไฟฟ้าต่อวันเท่ากับ 3,562.7 kWh/day รูปที่ 1.2 แสดงพลังงานไฟฟ้ารายวันของปีฐานสำหรับประเมินปริมาณการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง



รูปที่ 1.1 ผลการสร้างแบบจำลองด้วยสมการ (1.3) และค่าคงที่ตามตารางที่ 1.3



รูปที่ 1.2 พลังงานไฟฟ้ารายวันของปีฐาน

### 3) การประเมินพลังงานไฟฟ้าของระบบผลิตน้ำร้อน (Heat Pump)

การประเมินพลังงานไฟฟ้าของระบบผลิตน้ำร้อนจะทำอยู่ในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน (kWh/day) เช่นเดียวกับกับระบบผลิตน้ำเย็น เนื่องจากข้อมูลจำนวนห้องพักเป็นข้อมูลรายวัน โดยนำค่าพลังงานไฟฟ้าคูณกับช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด แล้วนำมารวมกันจนครบ 1 วัน ตามสมการ (1.4) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ตามตารางที่ 1.4

$$\text{kWh/day} = \sum_{i=1}^{24} kW_i \frac{\Delta t}{60} \quad (1.4)$$

ตารางที่ 1.4 พลังงานไฟฟ้าต่อวันของระบบ Heat Pump

| วันที่    | พลังงานไฟฟ้า (kWh/day) | อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าเฉลี่ย (°C) | อุณหภูมิน้ำร้อนออกเฉลี่ย (°C) | จำนวนห้องพัก (ห้อง/วัน) |
|-----------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 14/9/2011 | 584.7                  | 58.2                           | 63.3                          | 169                     |
| 15/9/2011 | 538.8                  | 58.4                           | 63.8                          | 165                     |
| 16/9/2011 | 590.6                  | 58.5                           | 63.7                          | 168                     |
| 17/9/2011 | 590.7                  | 58.5                           | 63.8                          | 174                     |
| 18/9/2011 | 583.6                  | 58.4                           | 63.8                          | 167                     |
| 19/9/2011 | 630.7                  | 58.4                           | 63.6                          | 170                     |
| 20/9/2011 | 616.7                  | 58.4                           | 63.6                          | 160                     |

|                | พลังงานไฟฟ้า<br>(kWh/day) | อุณหภูมิน้ำร้อนขา<br>เข้าเฉลี่ย (°C) | อุณหภูมิน้ำร้อนขา<br>ออกเฉลี่ย (°C) | จำนวนห้องพัก<br>(ห้อง/วัน) |
|----------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| ค่าเฉลี่ย      | 590.8                     | 58.4                                 | 63.6                                | 168                        |
| ค่าเฉลี่ย -10% | 531.7                     | 64.2                                 | 70.0                                | 151                        |
| ค่าเฉลี่ย +10% | 649.9                     | 64.2                                 | 70.0                                | 184                        |

จากข้อมูลพลังงานไฟฟ้าต่อวันของระบบ จะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าต่อวันที่ระบบใช้มีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวัน อย่างไรก็ตาม ค่าแต่ละค่าที่วัดได้แตกต่างจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 10% ซึ่งตามข้อตกลงของการตรวจวัดครั้งนี้จะถือว่าพลังงานไฟฟ้าต่อวันมีค่าคงที่เท่ากับค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้ หรือเท่ากับ 590.8 kWh/day การประเมินปริมาณการใช้พลังงานของระบบ Heat Pump จะได้จากผลคูณของค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันกับวันทำงาน ดังสมการที่ 1.5

$$\begin{aligned}
 kWh_{hp} &= kW_{avg} \times \text{hour/year} & (1.5) \\
 &= 590.8 \text{ kWh/day} \times 365 \text{ day/year} \\
 &= 215,647 \text{ kWh/year}
 \end{aligned}$$

#### 4) การประเมินพลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำร้อนหมุนเวียน

เครื่องสูบน้ำร้อนหมุนเวียนถูกใช้ในระบบ Heat Pump สำหรับไหลเวียนน้ำร้อนภายในถึงเก็บกับเครื่องผลิตน้ำร้อน ซึ่งจะทำการไหลเวียนตลอดเวลา 24 ชั่วโมงต่อวัน 365 วันต่อปี เครื่องสูบน้ำร้อนเป็นชนิดความเร็วรอบคงที่ และมีภาระการทำงานคงที่ ดังนั้น ปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องสูบน้ำร้อนจะคำนวณจากพลังไฟฟ้าเฉลี่ยคูณกับชั่วโมงการทำงาน ดังสมการที่ 1.6

$$\begin{aligned}
 kWh_{hw} &= kW_{avg} \times \text{hour/year} & (1.6) \\
 &= 1.77 \times 24 \text{ hr/day} \times 365 \text{ day/year} \\
 &= 15,488 \text{ kWh/year}
 \end{aligned}$$

#### 5) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง จะเท่ากับผลรวมของปริมาณการใช้พลังงานในระบบผลิตน้ำเย็น ระบบผลิตน้ำร้อนและพลังงานในเครื่องสูบน้ำร้อนหมุนเวียน ดังสมการ

$$kWh_{retrofit} = kWh_{chiller} + kWh_{hp} + kWh_{hw} \quad (1.7)$$

โดย  $kWh_{hp}$  และ  $kWh_{hw}$  จะได้จากสมการ 1.5 และ 1.6 ตามลำดับ ส่วนปริมาณ

พลังงานที่ใช้ในระบบผลิตน้ำเย็น จะได้จากผลรวมของพลังงานไฟฟ้าต่อวันของแต่ละวันที่ได้จากสมการ 1.3 ดังสมการ

$$kWh_{\text{retrofit}} = \sum_{i=1}^{365} (kWh/\text{day})_i \quad (1.8)$$

ซึ่งสามารถแสดงเป็นรายเดือนได้ดังตารางที่ 1.5 เมื่อนำพลังงานทั้งสามมารวมกันจะได้

$$\begin{aligned} kWh_{\text{retrofit}} &= kWh_{\text{chiller}} + kWh_{\text{hp}} + kWh_{\text{hw}} \\ &= 1,585,680 + 215,647 + 15,488 \\ &= 1,816,815 \text{ kWh/year} \end{aligned}$$

ดังนั้น ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังการปรับปรุงของมาตรการมีค่าเท่ากับ **1,816,815 kWh/year**

ตารางที่ 1.5 ปริมาณการใช้พลังงานของมาตรการ

| เดือน   | จำนวนห้องพัก (ห้อง/เดือน) | พลังงานไฟฟ้า (kWh/month) |
|---|---------------------------|--------------------------|
| Jan 09  | 4,214                     | 131,498                  |
| Feb 09  | 3,496                     | 112,253                  |
| Mar 09  | 3,950                     | 119,834                  |
| Apr 09  | 5,577                     | 148,138                  |
| May 09  | 5,577                     | 148,138                  |
| Jun 09  | 5,621                     | 146,476                  |
| Jul 09  | 5,224                     | 134,750                  |
| Aug 09  | 4,674                     | 130,669                  |
| Sep 09  | 5,584                     | 136,489                  |
| Oct 09  | 4,809                     | 128,768                  |
| Nov 09  | 3,859                     | 121,473                  |
| Dec 09  | 4,943                     | 131,589                  |
| <b>รวม พลังงานในระบบผลิตน้ำเย็น (kWh/year)</b>          |                           | <b>1,585,680</b>         |
| พลังงานในระบบ Heat Pump (kWh/year)                      |                           | 215,647                  |
| พลังงานในเครื่องสูบน้ำร้อนหมุนเวียน (kWh/year)          |                           | 15,488                   |
| <b>รวมปริมาณการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง (kWh/year)</b> |                           | <b>1,816,815</b>         |

### 3.2 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง

#### 1) คุณสมบัติของเครื่องจักร/อุปกรณ์

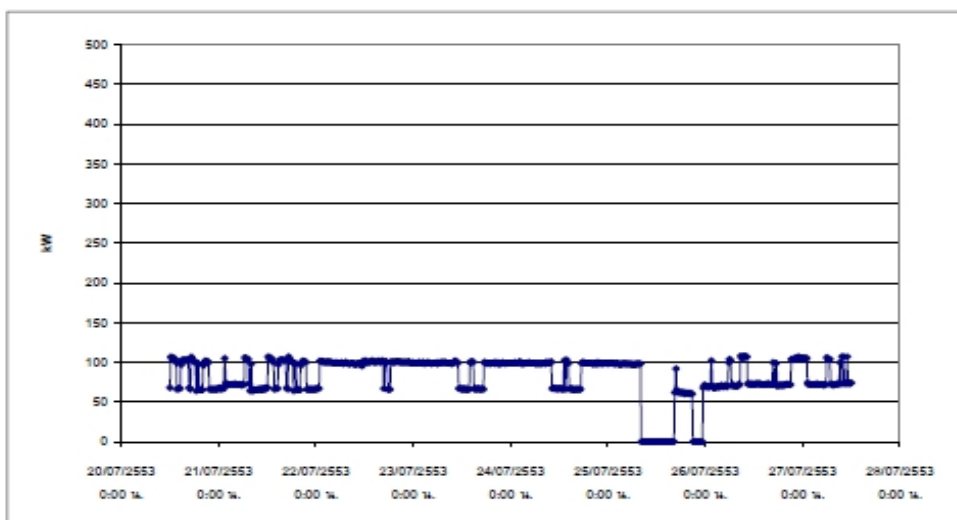
เครื่องจักรที่ทำการดำเนินการตามมาตรการมีดังต่อไปนี้

| เครื่องจักร           | ก่อนปรับปรุง  | หลังปรับปรุง   |
|-----------------------|---|--|
| เครื่องผลิตน้ำเย็น    | - แบบ Screw ระบายความร้อนด้วยอากาศจำนวน 3 เครื่อง 145.6 ตัน<br>ทำงานครั้งละ 2 เครื่อง | - แบบ Screw ระบายความร้อนด้วยน้ำจำนวน 2 เครื่อง 280 ตัน ทำงานครั้งละ 1 เครื่อง |
| เครื่องสูบน้ำเย็น     | - primary loop จำนวน 3 เครื่อง<br>- secondary loop จำนวน 10 เครื่อง                   | - primary loop จำนวน 2 เครื่อง<br>- secondary loop จำนวน 10 เครื่อง            |
| เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น | - ไม่มี   | - ขนาด 11 kW จำนวน 2 เครื่อง   |
| หอผึ่งน้ำ             | - ไม่มี   | - ขนาด 700 ตัน จำนวน 1 เครื่อง   |
| ระบบผลิตน้ำร้อน       | - Heat Recovery จากระบบผลิตน้ำเย็น  | - Heat Pump 3 เครื่องขนาด 40 kW  |

#### 2) สภาวะควบคุม

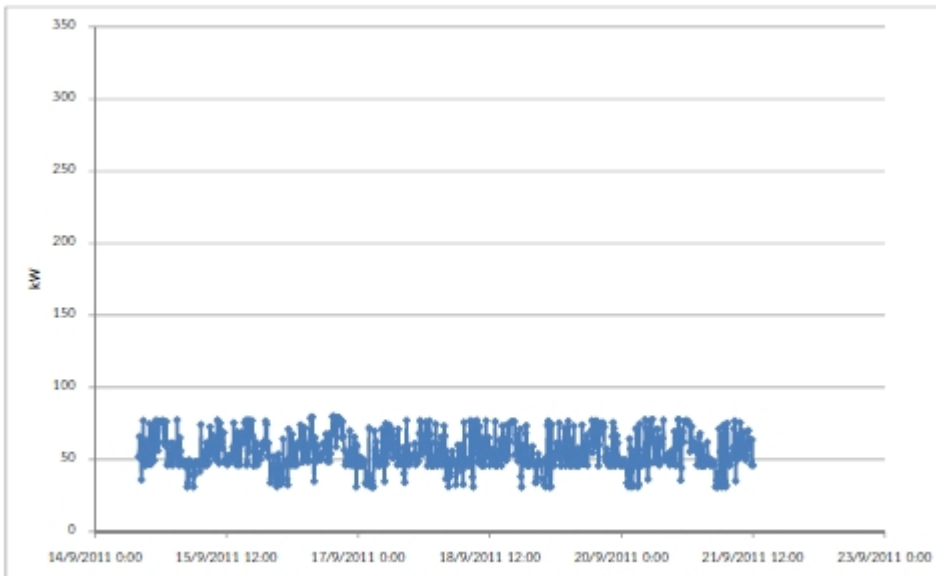
| ลำดับ | สภาวะที่ต้องควบคุม             | ค่าที่ควบคุม/ค่าที่กำหนดไว้                                       |
|-------|--------------------------------|---|
| 1     | ภาระทำความเย็น                 | ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนามาจากข้อมูลตรวจวัดก่อนการปรับปรุง |
| 2     | อุณหภูมิน้ำเย็น (set point)    | ตั้งค่าการทำงานที่ 45 F   |
| 3     | อุณหภูมิและความชื้นอากาศภายนอก | อ้างอิงฐานข้อมูล TMY  |

#### 3) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าของระบบผลิตน้ำเย็น (เครื่องที่ 1)



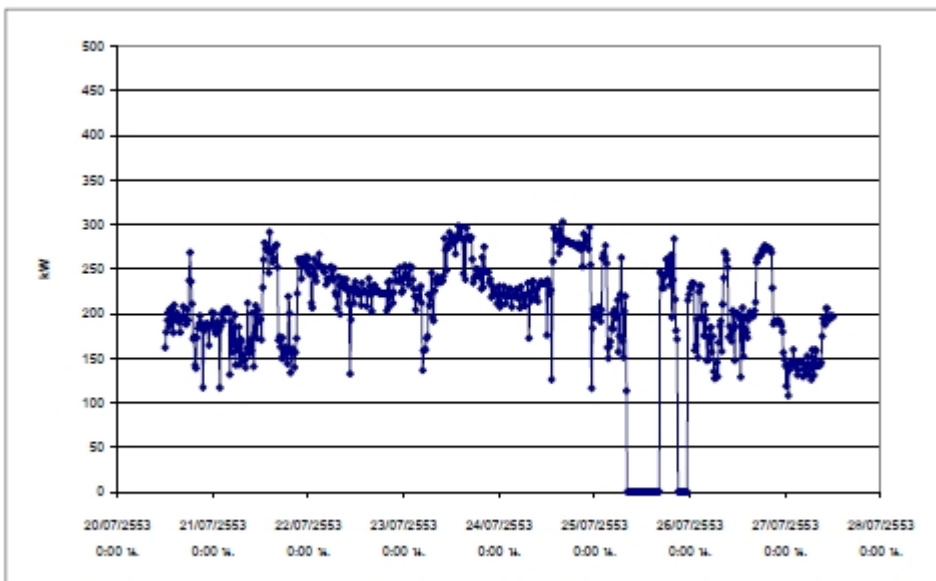
รูปที่ 2.1 พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง



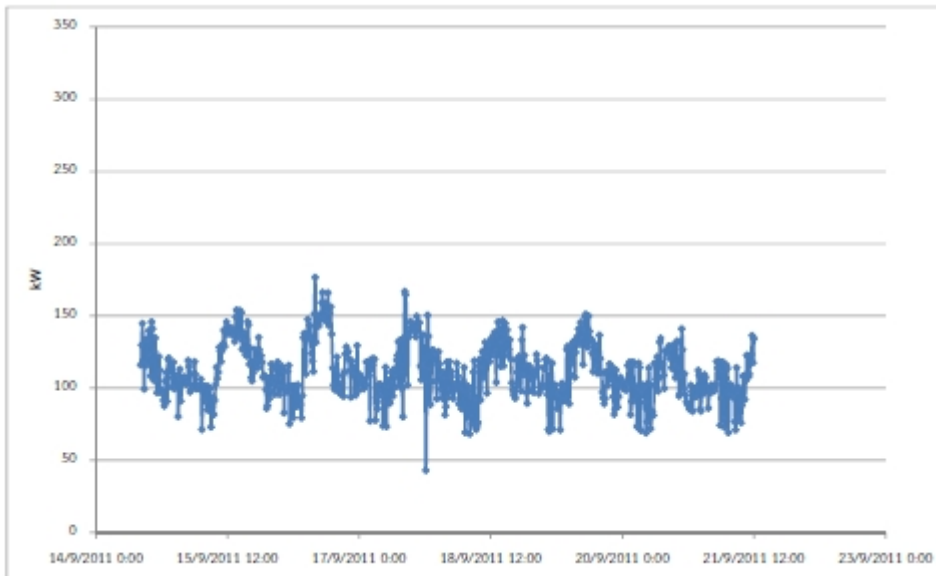


รูปที่ 2.2 พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

4) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าของระบบผลิตน้ำเย็น (เครื่องที่ 2)

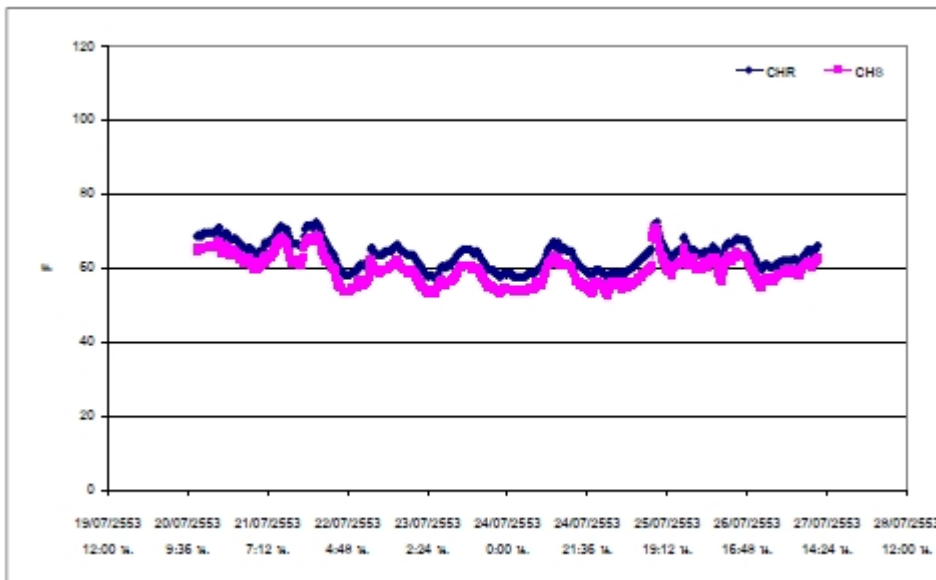


รูปที่ 2.3 พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง

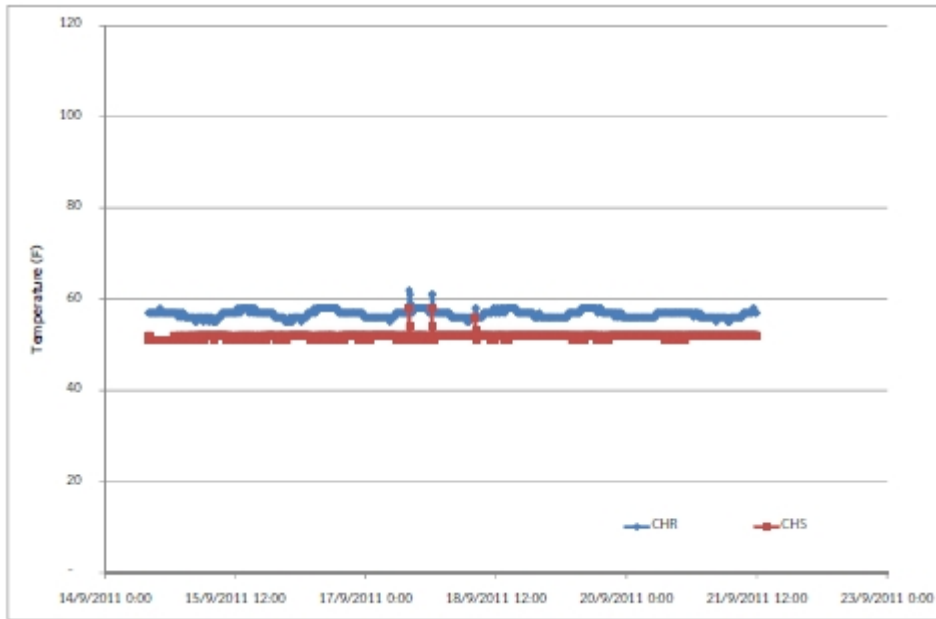


รูปที่ 2.4 พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

5) อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าและขาออกจากระบบผลิตน้ำเย็น

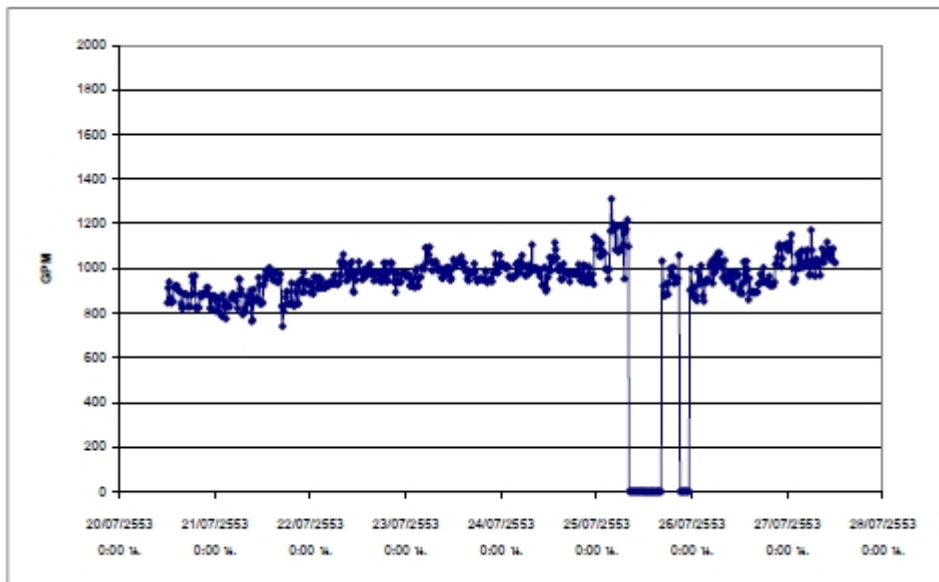


รูปที่ 2.5 อุณหภูมิน้ำ Supply และ Return ก่อนปรับปรุง

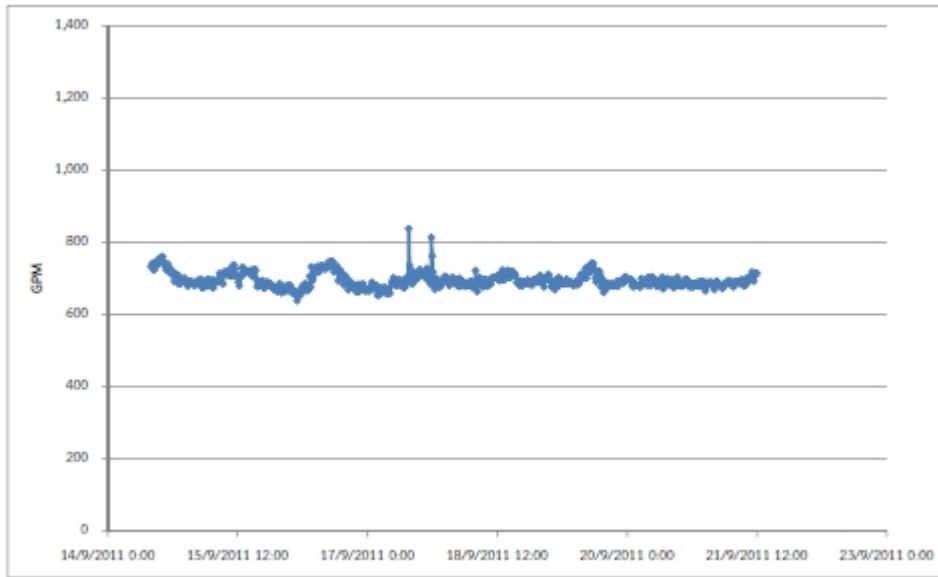


รูปที่ 2.6 อุณหภูมิน้ำ Supply และ Return หลังปรับปรุง

6) อัตราการไหลของน้ำเย็น

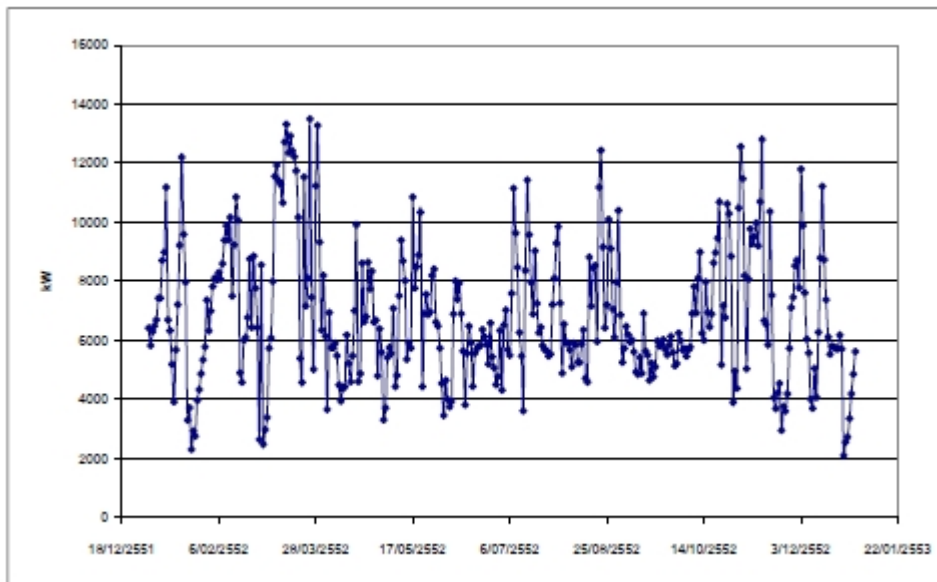


รูปที่ 2.7 อัตราการไหลของน้ำเย็นก่อนปรับปรุง

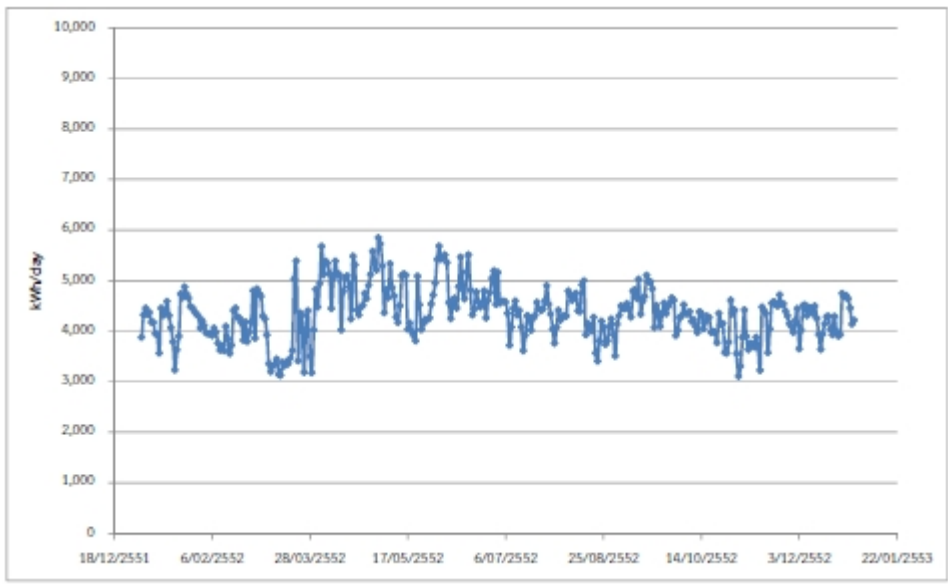


รูปที่ 2.8 อัตราการไหลของน้ำเย็นหลังปรับปรุง

7) พลังงานไฟฟ้ารายวันของปีฐาน

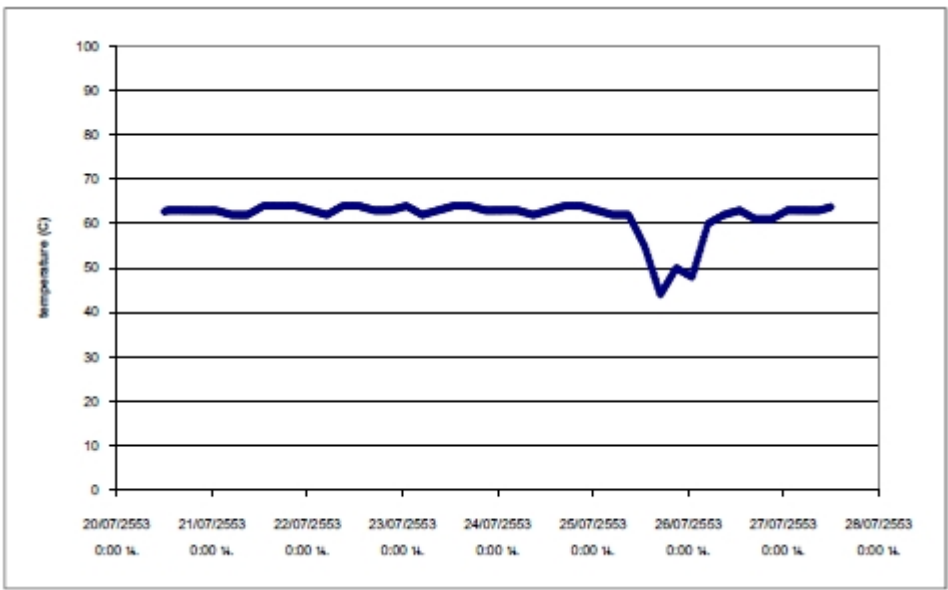


รูปที่ 2.9 ก่อนปรับปรุง

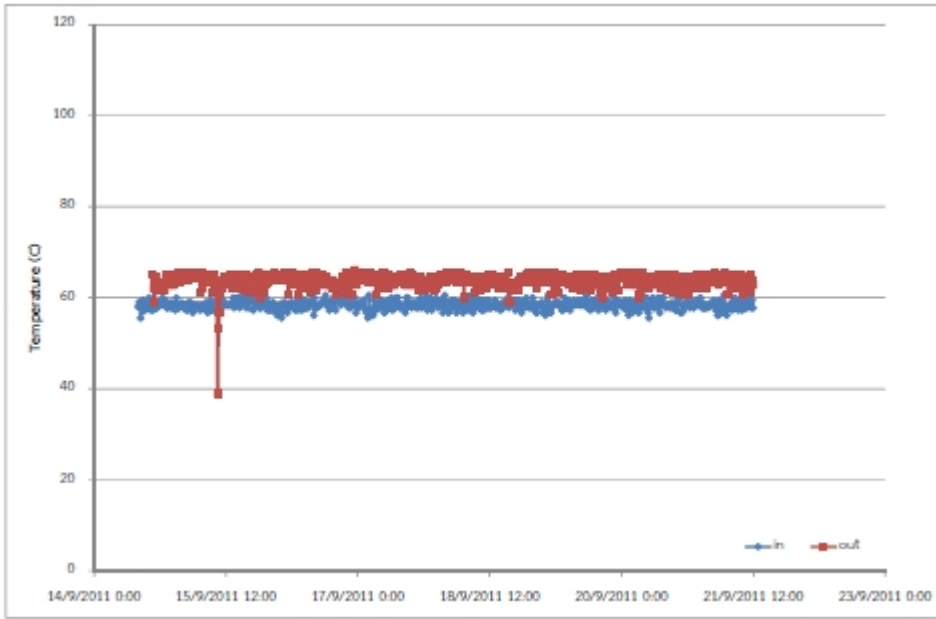


รูปที่ 2.10 หลังปรับปรุง

8) อุณหภูมิน้ำร้อน

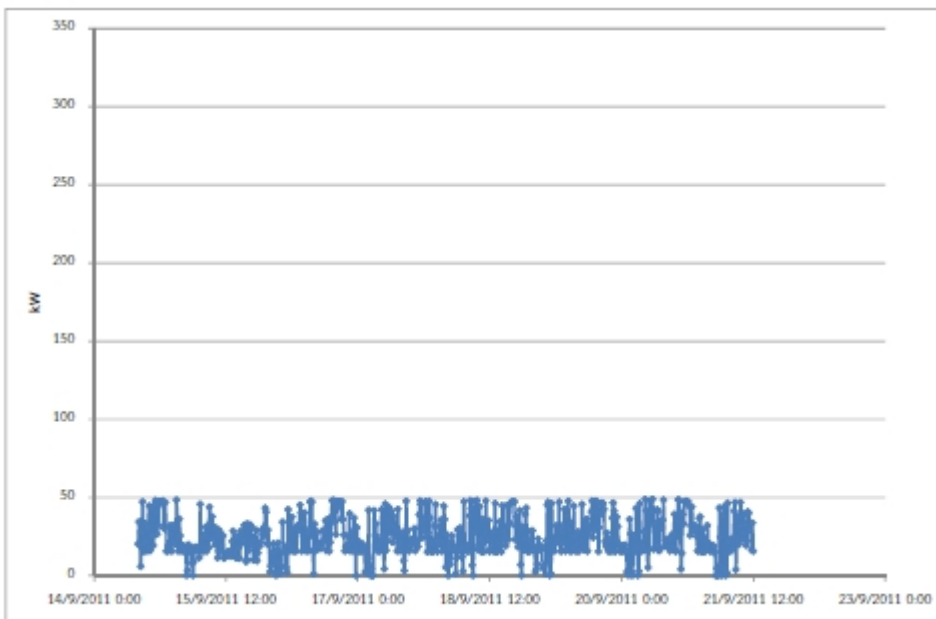


รูปที่ 2.11 อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผลิตใช้งานก่อนปรับปรุง



รูปที่ 2.12 อุณหภูมิน้ำร้อนที่ผลิตใช้งานด้วยปั๊มความร้อนหลังปรับปรุง

9) ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าของระบบ Heat Pump (หลังปรับปรุง)



รูปที่ 2.13 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับระบบปั๊มความร้อนหลังปรับปรุง

### 10) ปริมาณการใช้พลังงาน

| เดือน   | จำนวนห้องพัก (ห้อง/เดือน) | พลังงานไฟฟ้า (kWh/month) |                  |
|---|---------------------------|--------------------------|------------------|
|   |                           | ก่อนปรับปรุง             | หลังปรับปรุง     |
| Jan 09  | 4,214                     | 196,180                  | 131,498          |
| Feb 09  | 3,496                     | 216,611                  | 112,253          |
| Mar 09  | 3,950                     | 286,267                  | 119,834          |
| Apr 09  | 5,577                     | 184,197                  | 148,138          |
| May 09  | 5,577                     | 210,816                  | 143,744          |
| Jun 09  | 5,621                     | 166,148                  | 146,476          |
| Jul 09  | 5,224                     | 223,421                  | 134,750          |
| Aug 09  | 4,674                     | 221,167                  | 130,669          |
| Sep 09  | 5,584                     | 168,757                  | 136,489          |
| Oct 09  | 4,809                     | 219,734                  | 128,768          |
| Nov 09  | 3,859                     | 223,858                  | 121,473          |
| Dec 09  | 4,943                     | 188,604                  | 131,589          |
| <b>พลังงานในระบบผลิตน้ำเย็น (kWh/year)</b>              |                           | <b>2,505,762</b>         | <b>1,585,680</b> |
| <b>พลังงานในระบบ Heat Pump (kWh/year)</b>               |                           | <b>-</b>                 | <b>215,647</b>   |
| <b>พลังงานในเครื่องสูบน้ำร้อนหมุนเวียน (kWh/year)</b>   |                           | <b>14,874</b>            | <b>15,488</b>    |
| <b>รวมปริมาณการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง (kWh/year)</b> |                           | <b>2,520,636</b>         | <b>1,816,815</b> |

### 3.3 การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้

3.3.1 จากผลการตรวจวัดและวิเคราะห์สามารถสรุปผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ เครื่องทำน้ำเย็น 920,082 kWh/year หรือคิดเป็นผลประหยัด 36.71%

3.3.2 จากผลการตรวจวัดและวิเคราะห์สามารถสรุปผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าทั้งระบบที่ทำการปรับปรุงได้ 703,821 kWh/year หรือคิดเป็นผลประหยัด 27.92%

#### ตารางที่ 2.1 ผลประหยัดพลังงาน

| อุปกรณ์/เครื่องจักร        | พลังงานไฟฟ้า (kWh/year) |                  | ผลประหยัด      |
|----------------------------|-------------------------|------------------|----------------|
|                            | ก่อนปรับปรุง            | หลังปรับปรุง     |                |
| ระบบผลิตน้ำเย็น            | 2,505,762               | 1,585,680        | 920,082        |
| ระบบ Heat Pump             | -                       | 215,647          | -215,647       |
| เครื่องสูบน้ำร้อนหมุนเวียน | 14,874                  | 15,488           | -614           |
| <b>รวมปริมาณพลังงาน</b>    | <b>2,520,636</b>        | <b>1,816,815</b> | <b>703,821</b> |

