

Example of M&V Guideline Development for 8 Energy Conservation Measure (ECM)



- To understand about M&V example for 8 ECMs
- To understand about process and implementation of M&V and Reporting for ESCO project

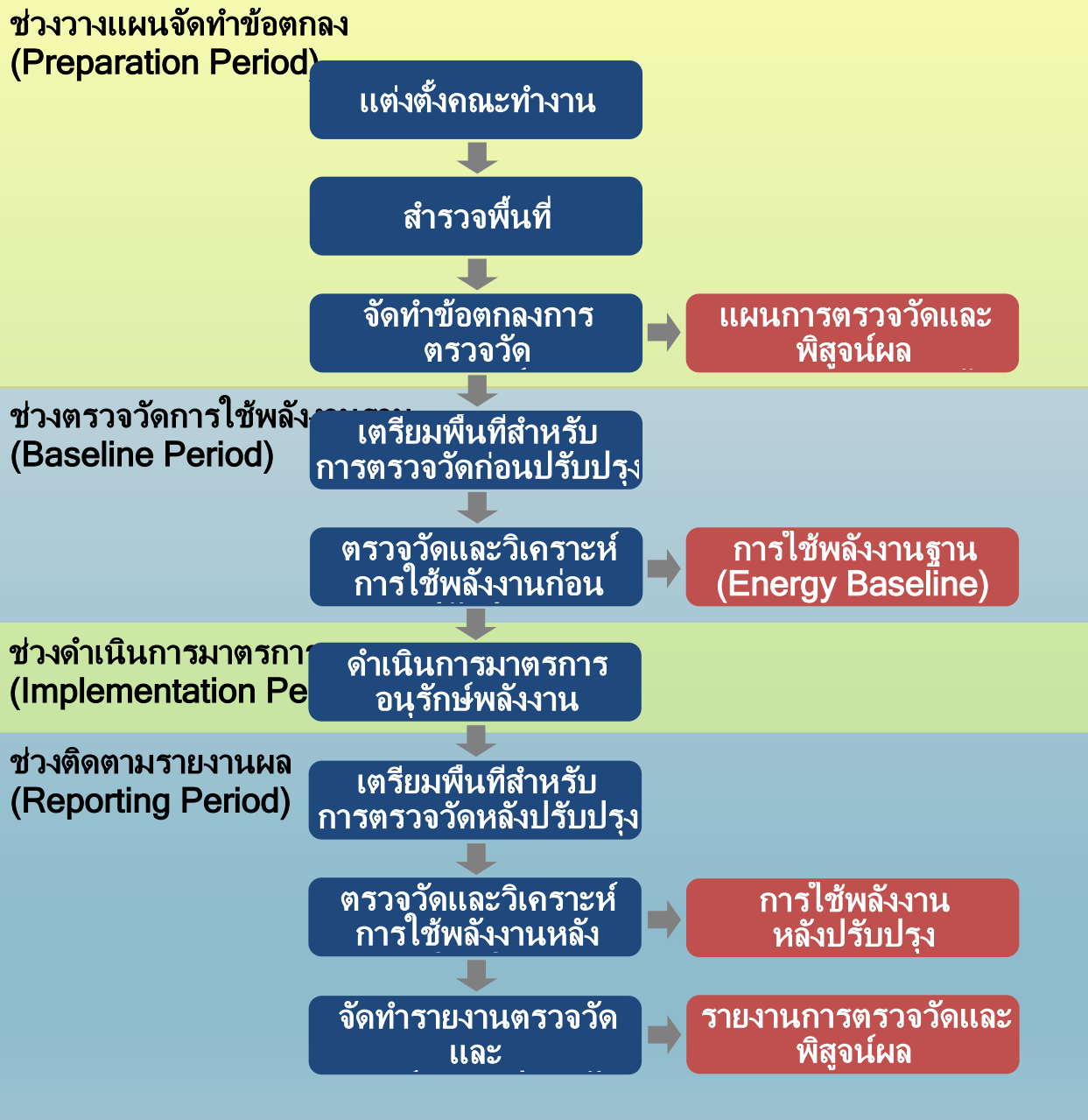
OBJECTIVES

$$\text{Energy Saving} = (\text{Baseline})_{\text{Adjustment}} - (\text{Energy Consumption After})$$

EVO IPMVP M&V Option

- Option A : Partially Measured Retrofit Isolation
- Option B : Retrofit Isolation
- Option C : Whole Facility
- Option D : Calibrated Simulation

Measure & Verification (M&V)



Measure & Verification (M&V)

1. Lamp Replacement in Lighting System
2. Variable Speed Drives for Fan & Pump
3. Voltage Regulator
4. High Efficiency Chiller
5. Split Type Air-conditioning (High EER)
6. High Efficiency Motor
7. Air Compressor Improvement
8. Ozone system for Cooling Tower

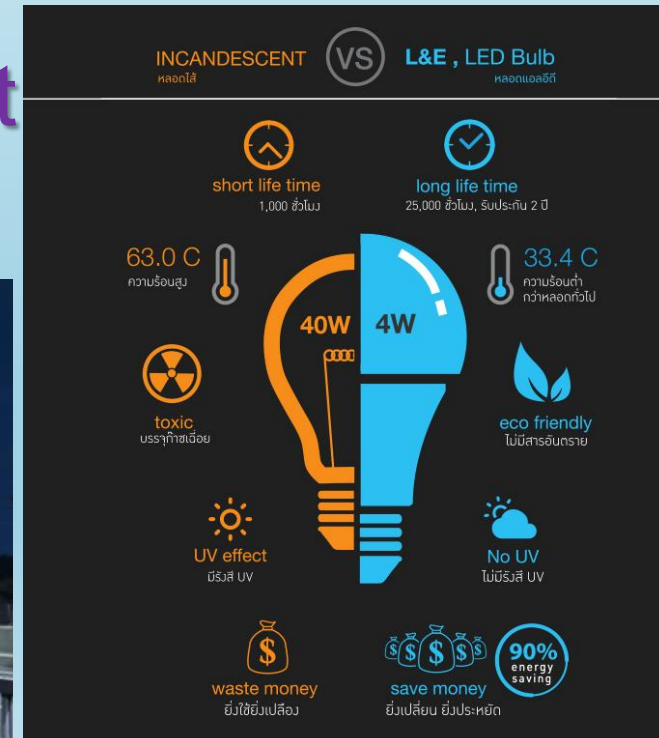
List of 8 ECMs for M&V Example

1. **Lamp Replacement in Lighting System**
2. Variable Speed Drives for Fan & Pump
3. Voltage Regulator
4. High Efficiency Chiller
5. Split Type Air-conditioning (High EER)
6. High Efficiency Motor
7. Air Compressor Improvement
8. Ozone system for Cooling Tower

List of 8 ECMs for M&V Example

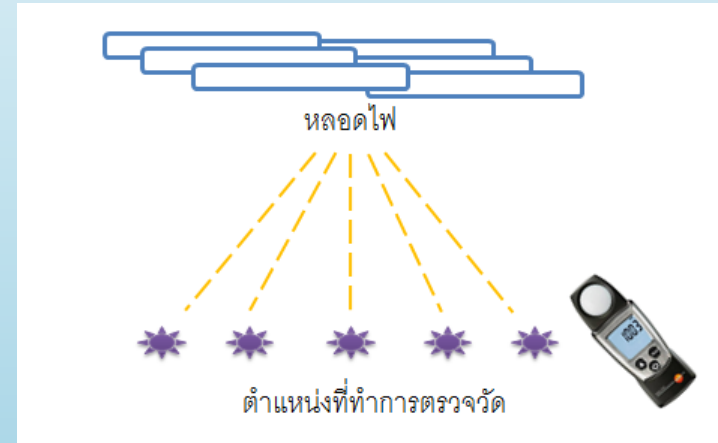
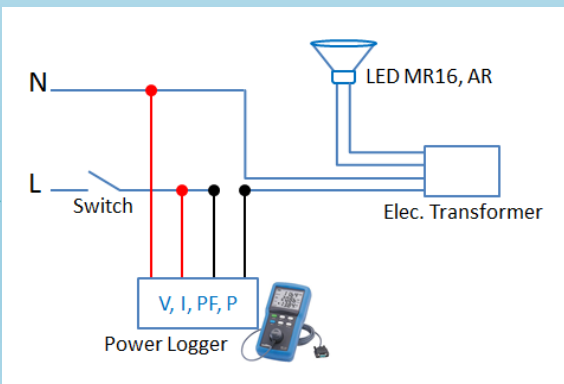
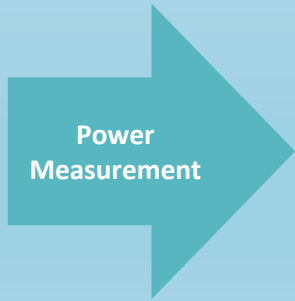
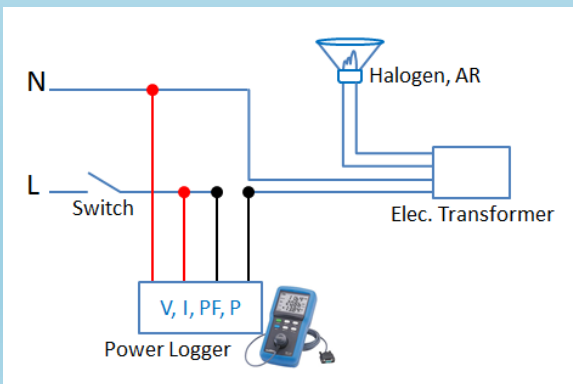
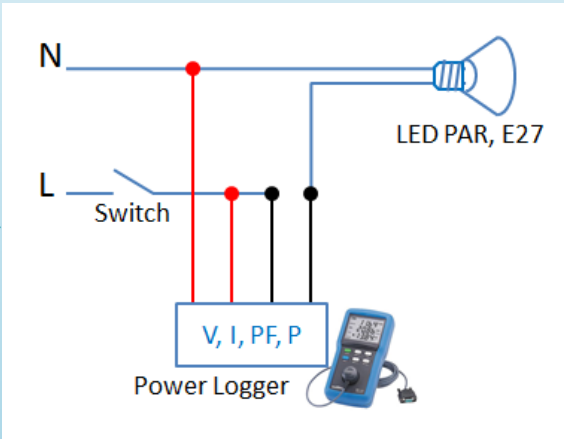
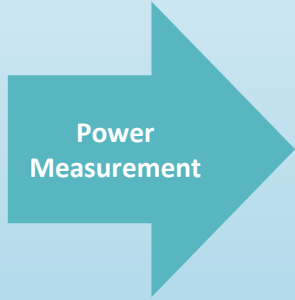
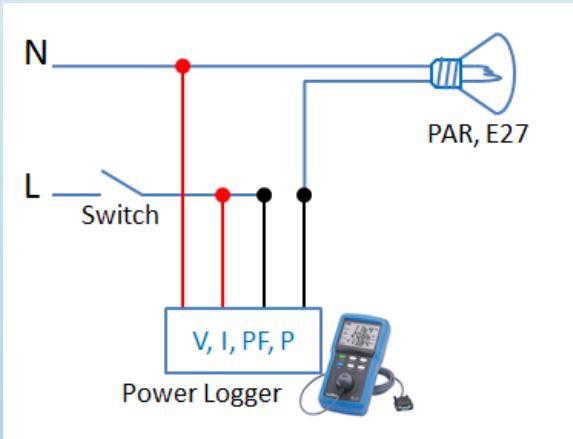
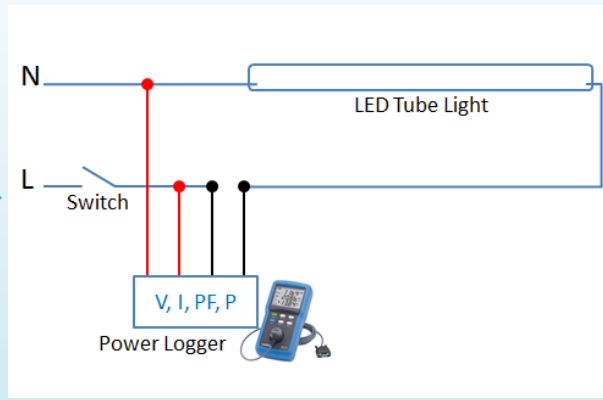
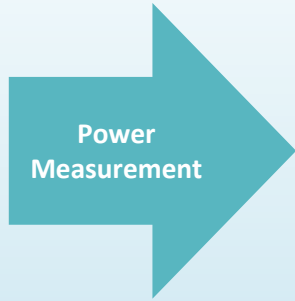
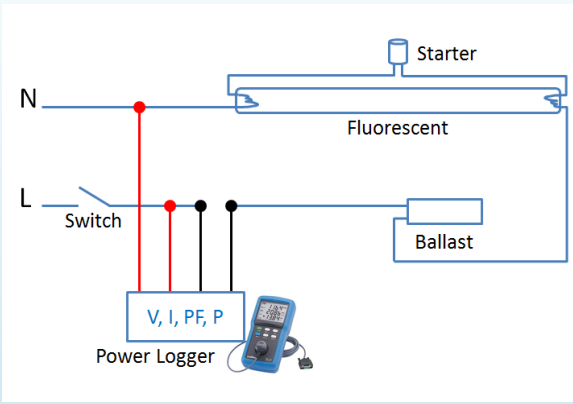
1. Lamp Replacement with High Efficiency Lamp (LED,CFL,Induction, etc.)
2. Operation hour reduction (Operation, Automatic Control)
3. Re-design of Lighting system (Skylight Lighting, etc.)

ECMs Descri



- **M&V Option A**
- **Major Measurement Parameters/ Variables**
 - Voltage(V), Current(A), Power Factor, Power(kW) : Power Meter, Power Logger
 - Illumination (Lux) : Lux Meter, Light Logger
- **Controlled Parameters/Variables**
 - Voltage (V) : 5%
 - Illumination (Lux) :10%
- **Operating Condition**
 - Operating Hours
- **Baseline Consumption Before and After and Saving Calculation**
 - Agree Baseline and M&V Methodology
- **Measurement/Data Analysis Before and After**
- **Reporting**

Lamp Replacement in Lighting System



Illumination Measurement

ระยะห่างจากผนัง 1.5 เมตร
และตรวจวัดทุกๆ 3 เมตร

ตรวจวัดแบบชั่วขณะไม่น้อยกว่า 10 ตัวอย่าง ต่อหนึ่งชนิดหลอด หรือ 100%

ลำดับ	ตัวแปร	หน่วย	ที่มาของข้อมูล
1.	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ “ก่อน” 1 E_{PRE}	$\frac{kWh}{y}$	$E_{PRE} = [(P_{H35} \times N_{H35-A} \times H_A) + (P_{H50} \times N_{H50-A} \times H_A) + (P_{AR70} \times N_{AR70-A} \times H_A) + (P_{AR111} \times N_{AR111-A} \times H_A) + (P_{Par20} \times N_{Par20-A} \times H_A) + (P_{Par38} \times N_{Par38-A} \times H_A) + (P_{C2Pin} \times N_{C2Pin-A} \times H_A) + (P_{IE27} \times N_{IE27-A} \times H_A) + (P_{CE27} \times N_{CE27-A} \times H_A) + (P_{FL36} \times N_{FL36-A} \times H_A)] + [(P_{H50} \times N_{H50-B} \times H_B) + (P_{CE5} \times N_{CE27-B} \times H_B)] + [(P_{FL18} \times N_{FL18-C} \times H_C) + (P_{FL36} \times N_{FL36-C} \times H_C)]$
2.	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ “หลัง” 1 E_{POST}	$\frac{kWh}{y}$	$E_{POST} = [(P_{LMR3} \times N_{LMR3-A} \times H_A) + (P_{LMR4} \times N_{LMR4-A} \times H_A) + (P_{LAR70} \times N_{LAR70-A} \times H_A) + (P_{LAR111} \times N_{LAR111-A} \times H_A) + (P_{LPAr20} \times N_{LPAr20-A} \times H_A) + (P_{LPAr38} \times N_{LPAr38-A} \times H_A) + (P_{L2Pin} \times N_{L2Pin-A} \times H_A) + (P_{LB7} \times N_{LB7-A} \times H_A) + (P_{LB9} \times N_{LB9-A} \times H_A) + (P_{L18} \times N_{L18-A} \times H_A)] + [(P_{LMR4} \times N_{LMR4-B} \times H_B) + (P_{LB5} \times N_{LB5-B} \times H_B)] + [(P_{L9} \times N_{L9-C} \times H_C) + (P_{L18} \times N_{L18-C} \times H_C)]$
3	พลังงานที่ประหยัดได้ E_{saving}	$\frac{kWh}{y}$	$E_{saving} = E_{PRE} - E_{POST}$
4	ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ประหยัดได้ $E_{SaveCost}$	$\frac{Bath}{y}$	$E_{SaveCost} = E_{saving} \times C_E$

Lamp Replacement in Lighting System

การรับรองแนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน

ผู้ตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน

ในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงานนี้จะเป็นคณะทำงานในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลฯ โดย เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานและเป็นผู้กำหนดข้อตกลงวิธีการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน ในฐานะผู้ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการในนามของ..... ขอรับรองว่าจะทำการตรวจวัดและพิสูจน์ผลฯ ตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง หัวหน้าคณะตรวจวัดฯ/ ผู้เชี่ยวชาญพลังงาน

วันที่.....

Lamp Replacement in Lighting System

การรับรองแนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน

สถานประกอบการ

บริษัท.....เป็นผู้ได้รับการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน ยอมรับในแนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผล และยินดีให้ผู้ตรวจวัดเข้ามาดำเนินการตรวจวัดและพิสูจน์การใช้พลังงานตามแนวทางที่ ผู้ตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน นำเสนอทุกประการ พร้อมกันนี้ยินดีให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานในโครงการ

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง ตัวแทนสถานประกอบการ

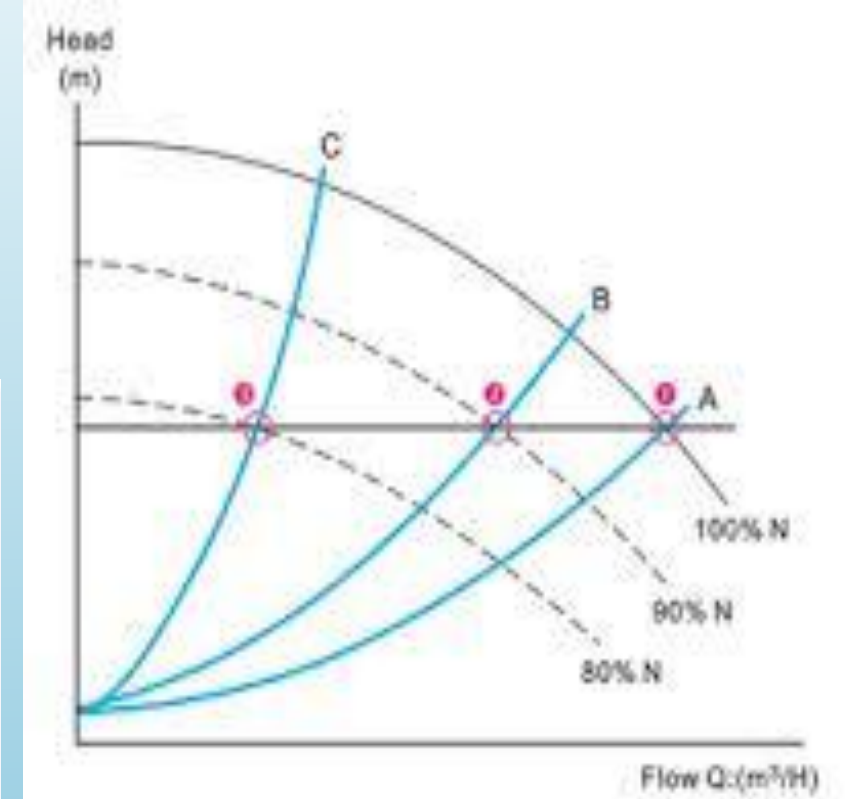
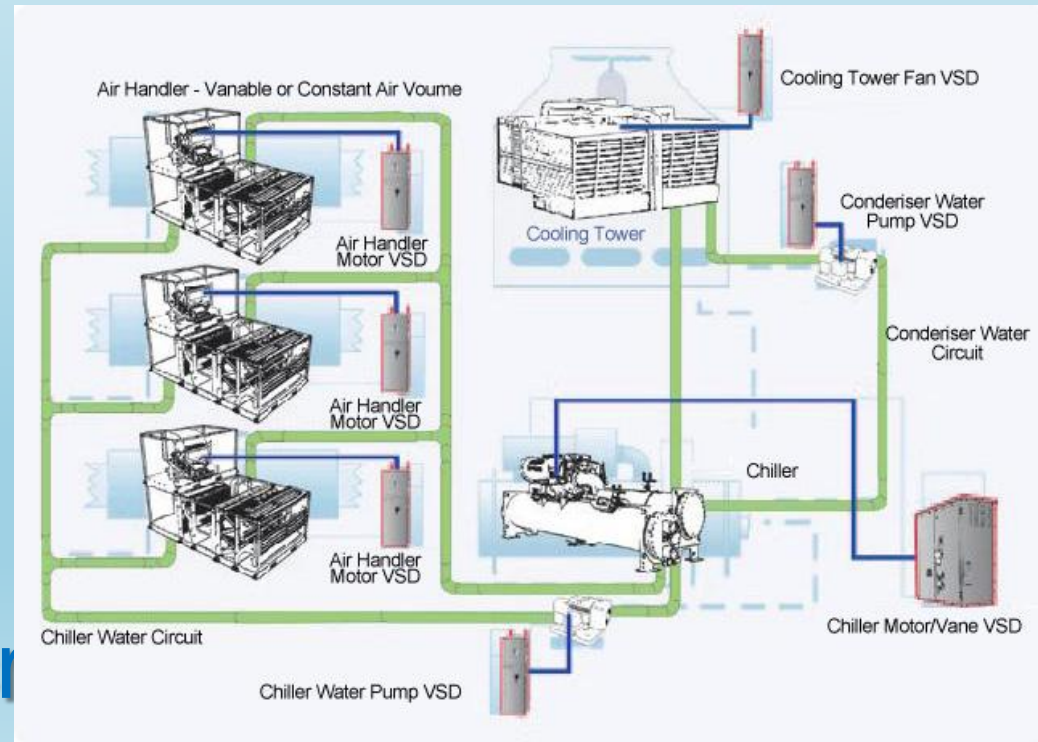
วันที่.....

Lamp Replacement in Lighting System

1. Lamp Replacement in Lighting System
2. **Variable Speed Drives for Fan & Pump**
3. Voltage Regulator
4. High Efficiency Chiller
5. Split Type Air-conditioning (High EER)
6. High Efficiency Motor
7. Air Compressor Improvement
8. Ozone system for Cooling Tower

List of 8 ECMs for M&V Example

1. VSD with Pump
2. VSD with Fan



$$\frac{Q1}{Q2} = \frac{N1}{N2} \quad \frac{H1}{H2} = \left(\frac{N1}{N2}\right)^2 \quad \frac{P1}{P2} = \left(\frac{N1}{N2}\right)^3$$

N=Speed
Q=Flow
H=Head
P=Energy

- M&V Option B
- Major Measurement Parameters/ Variables
 - Power(kW)
 - Flow Rate
- Controlled Parameters/Variables
 - Water Level , Flow Rate
 - Frequency of VSD
 - Valve Opening %
- Operating Condition
 - Operating Hours
- Baseline Consumption Before and After and Saving Calculation
 - Agree Baseline and M&V Methodology
- Measurement/Data Analysis Before and After
- Reporting

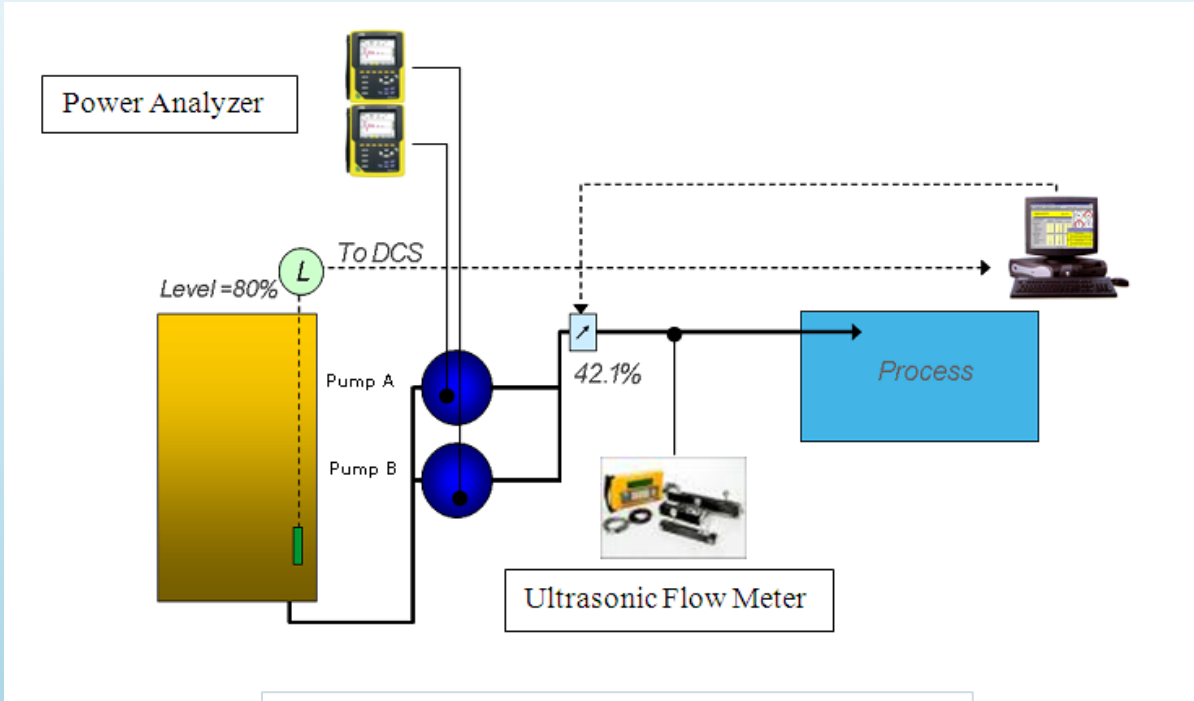
Variable Speed Drives for Fan & Pump

รายละเอียดมาตรการ

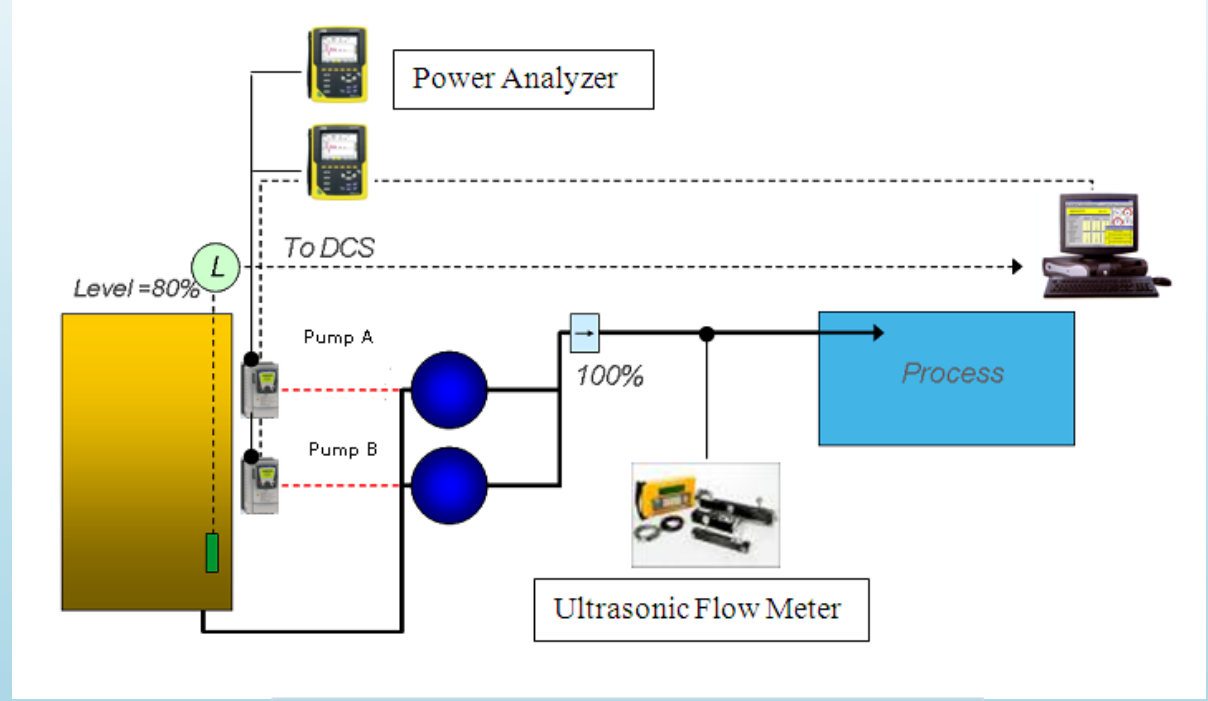
โรงงานแห่งหนึ่งเป็นโรงงานผลิตสารเคมี มีบ่อบำบัดน้ำเสียที่ใช้งานปั้มน้ำ 24 ชั่วโมงต่อวัน และโรงงานนี้ทำงาน 365 วันต่อปี ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานนี้จะมีปั้มน้ำ 2 ชุด ปกติใช้งานปั้มน้ำ 1 ชุด ส่วนอีก 1 ชุดให้เป็นปั้มสำรอง การทำงานของปั้มน้ำนี้มีหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของกระบวนการ โดยควบคุมปริมาณน้ำด้านขาออกด้วยวิธีการควบคุมแบบวงรอบปิด ตัวแปรควบคุมในกระบวนการผลิต(Process Control Variable) คือระดับน้ำในถังที่ 80% ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียทำงาน อุปกรณ์ควบคุมจะปรับหรือวาล์วไว้ที่ 42.1% ในเบื้องต้น บริษัทจัดการพลังงาน (ESCO) ได้ทำสำรวจศักยภาพในการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน โดยการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงพบว่ามีมอเตอร์ขับปั้มน้ำนี้มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 66.46 kW

มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่นำมาใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานนี้ จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (VSD) โดยควบคุมการทำงานเป็นระบบอัตโนมัติทดแทนการปรับหรือวาล์ว และตั้งค่าป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับมอเตอร์ โดยควบคุมระดับความถี่ไฟฟ้าไว้ไม่ต่ำกว่า 39 Hz ซึ่งอุปกรณ์ควบคุมต้องควบคุมระดับน้ำในถังได้เท่าเดิมที่ 80% ในการนี้บริษัทจัดการพลังงาน (ESCO) ได้ประกันผลประหยัดไว้ที่ 49.65% และผลจากโปรแกรมคำนวณของบริษัทผู้ผลิตได้ทำนายกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของปั้มน้ำหลังการปรับปรุงไว้ที่ 35.59 kW

Variable Speed Drive for a
 Pump(Example Case)



Before Measurement



After Measurement

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือ	ลักษณะที่ต้องมี
1	เครื่องวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้า (Power Quality Analyzer)	สามารถตรวจวัดค่าความถี่(Hz), แรงดันไฟฟ้า (V), กระแสไฟฟ้า (A), ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF), กำลังไฟฟ้า(kW) แบบต่อเนื่องได้
2	เครื่องวัดและบันทึกอัตราการไหลแบบใช้คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic Flow Meter)	สามารถวัดค่าความเร็วของเหลวในท่อ (m/s) หรือ วัดอัตราการไหลของของเหลวในท่อ (m ³ /s) โดยไม่ต้องตัดต่อท่อได้

Measurement Parameter

ลำดับที่	รายละเอียด	ระยะเวลา การบันทึกข้อมูล	Assigned Variable
1	แรงดันไฟฟ้า (Volt), กระแสไฟฟ้า (Amp), ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF), กำลังไฟฟ้า (kW) ตรวจสอบโดยติดตั้งเครื่องวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง (Power Quality Analyzer) ที่ตู้จ่ายไฟฟ้า MDB- Pump A และ MDB-Pump B	ตรวจวัดแบบต่อเนื่องทุก 15 นาที ไม่น้อยกว่า 7 วัน ต่อหนึ่งชุดอุปกรณ์	V (Volt), I (Amp), PF, P _e (kW)
2	ความเร็วน้ำที่ท่อทางออกของระบบน้ำเสีย (m/s) หรืออัตราการไหลของน้ำ (m ³ /s) โดยใช้เครื่องวัดและบันทึกอัตราการไหลแบบใช้คลื่นอัลตราโซนิก	ตรวจวัดแบบต่อเนื่องทุก 15 นาที ไม่น้อยกว่า 7 วัน ต่อหนึ่งชุดอุปกรณ์	C _w (m/s), Q _w (m ³ /s)

Variable Speed Drives for Fan & Pump (Example Case)

Control Parameter

ลำดับ	รายละเอียด	ค่าที่ควบคุม
1	ระดับน้ำในถัง Supply (%) เป็นการตั้งค่าอุปกรณ์ควบคุมให้คงสภาวะระดับน้ำในถัง Supply สัญญาณอยู่ในช่วง 0-100% โดยบันทึกสัญญาณเข้าสู่ Data Logger	Level: L (%) เป็นค่าสัญญาณทางไฟฟ้าที่ส่งออกมาจากเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (80%) การพิจารณาผลข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบกันได้ คือค่า L จากการตรวจวัด Baseline และค่า L จากการตรวจวัด Final ต้องใกล้เคียงกันต่างกันไม่เกิน 10%
2	ค่าสัดส่วนการเปิดวาล์ว (%) การเปิดวาล์วน้ำก่อนการปรับปรุง มีผลต่อการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าอันเนื่องมาจาก แรงดันตกคร่อม	Opening Valve Percent :OVP (%) เป็นค่าเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วที่สถานประกอบการใช้งานประจำ ระหว่างการตรวจวัดก่อนการปรับปรุงให้ควบคุมให้คงที่ 42.1% และหลังการปรับปรุงระบบสามารถปรับอัตราการไหลของน้ำได้อัตโนมัติโดยไม่ต้องใช้วาล์วควบคุม จึงเปิดวาล์ว 100% เพื่อลดแรงดันตกคร่อม
3	ค่าความถี่ต่ำสุด (Minimum Frequency, Hz) ใช้สำหรับการตรวจวัดหลังการปรับปรุง	Frequency: f (Hz) ภายหลังจากการปรับปรุงต้องทำการตั้งค่าความถี่ของ VSD ไม่ให้ต่ำกว่า 39 Hz (ตามข้อมูลของผู้ผลิต) ป้องกันการเสียหายของมอเตอร์
4	ภาระงานของระบบน้ำเสีย คือปริมาณน้ำ(m ³) ที่ถูกสูบผ่านระบบในการวิเคราะห์ข้อมูล ภาระงานก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงควรเท่ากัน ดังนั้นเวลาในการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงอาจไม่เท่ากัน โดยหลังการปรับปรุง M&V Unit ต้องเก็บข้อมูลจนกว่าปริมาณน้ำที่ผ่านระบบจะเท่ากับปริมาณน้ำก่อนการปรับปรุง	Waste Water Volume: V _w (m ³) การเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุง เก็บข้อมูลทุก 15 นาที เป็นระยะเวลา 7 วัน แล้วจึงกำหนดค่าดังกล่าวเป็นตัวแปรควบคุม ส่วนหลังการปรับปรุงเก็บข้อมูลไปจนกว่าจะได้ค่าตัวแปรควบคุมนี้ โดยไม่จำกัดเวลาที่ใช้

ลำดับ	ตัวแปร	ค่าจากสถานประกอบการ
1	จำนวนชั่วโมงการทำงานของปั๊มน้ำเสียในรอบวัน	h/d = 24 h/day
2	จำนวนชั่วโมงการทำงานของโรงงานปีฐาน (365 วัน)	H = 8,760 h/y

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนการปรับปรุง คำนวณได้จากกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยคูณชั่วโมงการทำงานในปี
ฐาน ดังสมการ

$$E_{e,pre} = P_{e,pre} \times H$$

$$E_{e,pre} = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนการปรับปรุง (kWh/y)}$$

$$P_{e,pre} = \text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง (kW)}$$

$$H = \text{ชั่วโมงการทำงานของเครื่องสูบน้ำปีฐาน (h/y)}$$

จากการกำหนดตัวแปรควบคุมเป็นภาระการใช้งาน(ปริมาณน้ำ) สามารถคำนวณหาค่าปริมาณการ
น้ำได้ ดังสมการ

$$V_{w,pre} = Q_{w,pre} \times h_{pre}$$

$$V_{w,pre} = \text{ปริมาณน้ำเสียที่ผ่านบิ๊มน้ำสูบ (m}^3\text{)}$$

$$Q_{w,pre} = \text{อัตราการไหลเฉลี่ยหลังการปรับปรุง (m}^3\text{/h)}$$

$$h_{pre} = \text{ชั่วโมงการทำงานของเครื่องสูบน้ำ (h)}$$

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังการปรับปรุงคำนวณรูปแบบเดียวกันกับการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้
หลังการปรับปรุง ดังสมการ

$$E_{e,post} = P_{e,post} \times H$$

$$E_{e,post} = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังการปรับปรุง (kWh/y)}$$

$$P_{e,post} = \text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยหลังการปรับปรุง (kW)}$$

$$H = \text{ชั่วโมงการทำงานของเครื่องสูบน้ำปีฐาน (h/y)}$$

Energy Cost Saving

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้คำนวณได้จากสมการ

$$E_{e,save} = E_{e,pre} - E_{e,post}$$

$$E_{e,save} = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kWh/y)}$$

จำนวนเงินที่ประหยัดได้คำนวณได้จากสมการ

$$M_{save} = E_{e,save} \times C_e$$

$$M_{save} = \text{จำนวนเงินที่ประหยัดได้ (Bath/y)}$$

$$C_e = \text{อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าฐานจาก EPC (Bath/kWh)}$$

Variable Speed Drives for Fan & Pump(Example Case)

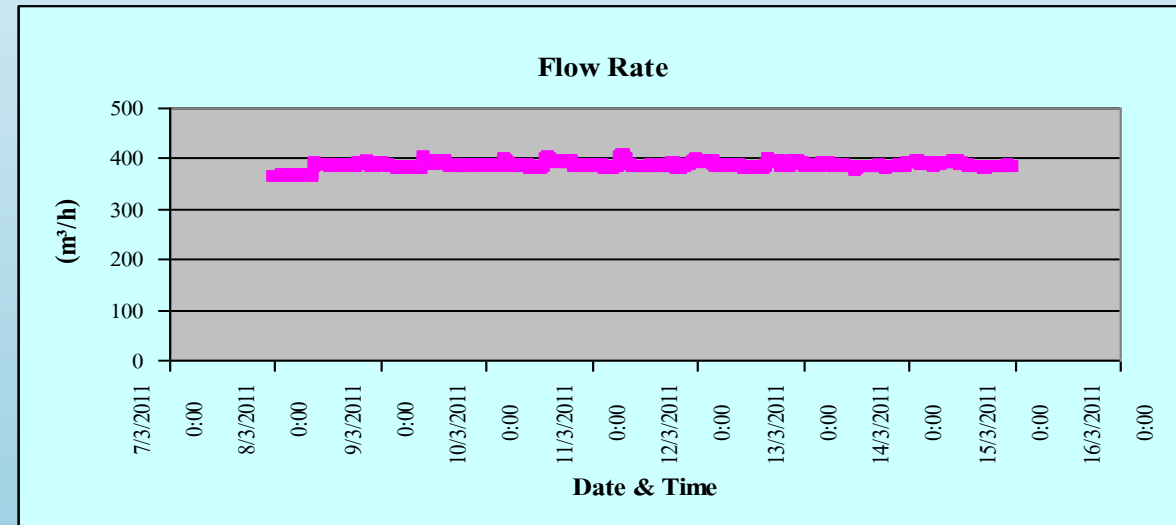
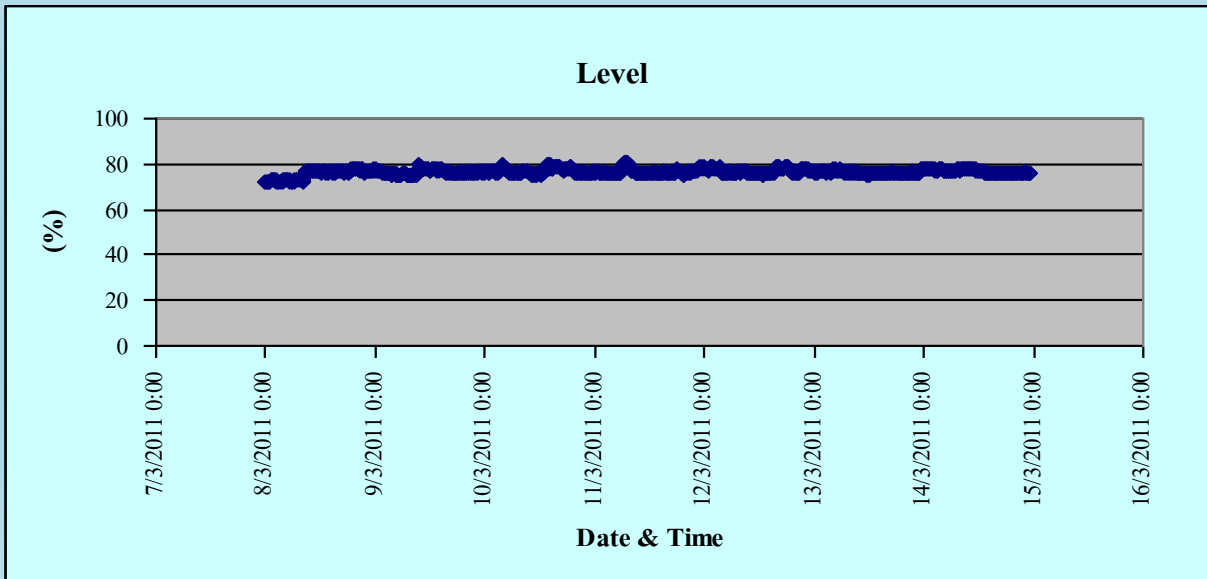
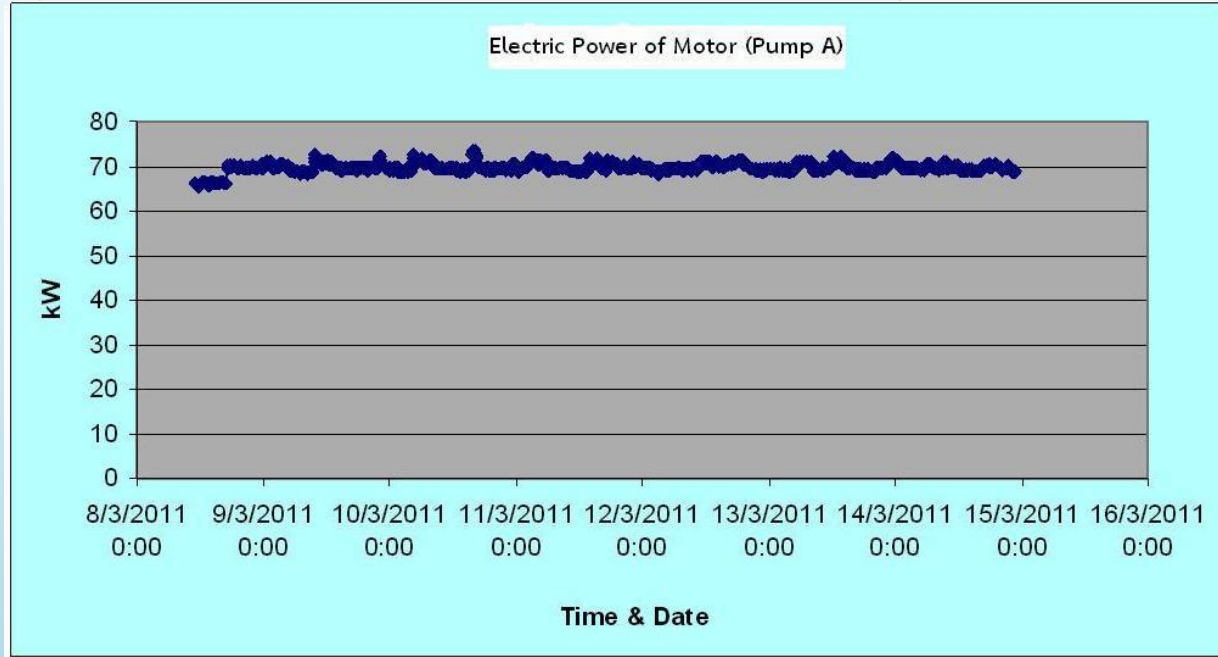
Measurement Record Sheet

No.	Date	Time	L1			L2			L3			Total	PF.
			Volt	Amp	kW	Volt	Amp	kW	Volt	Amp	kW	kW	

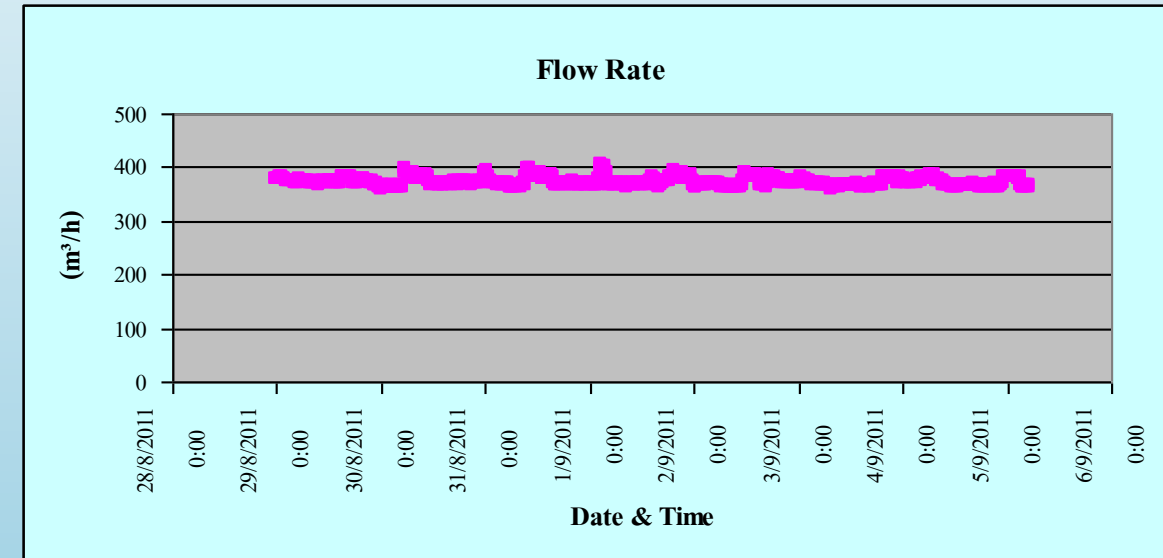
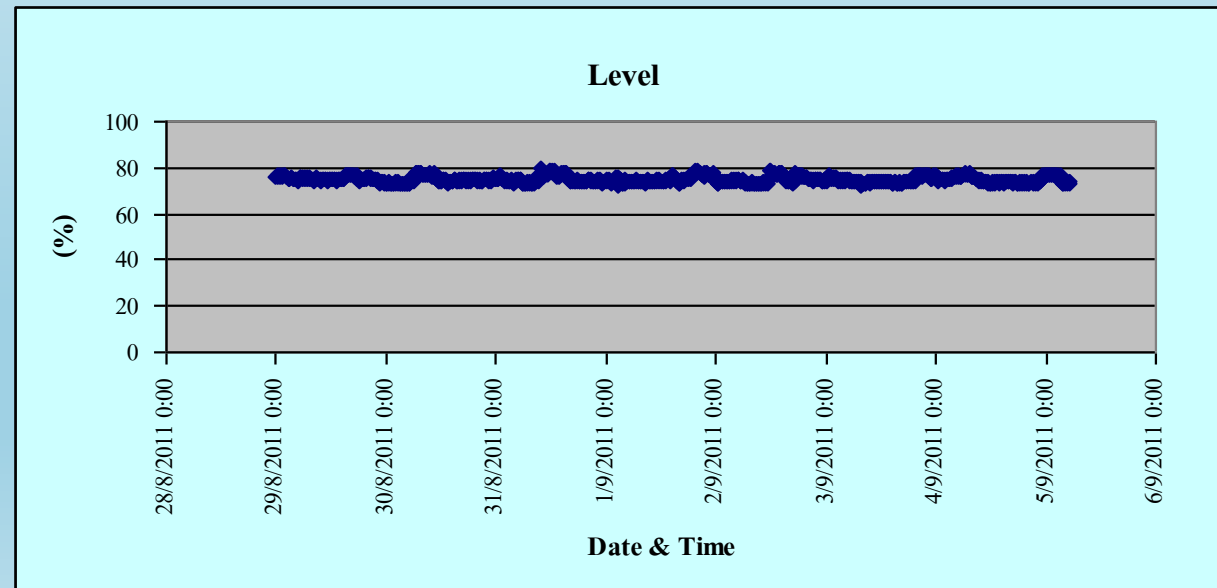
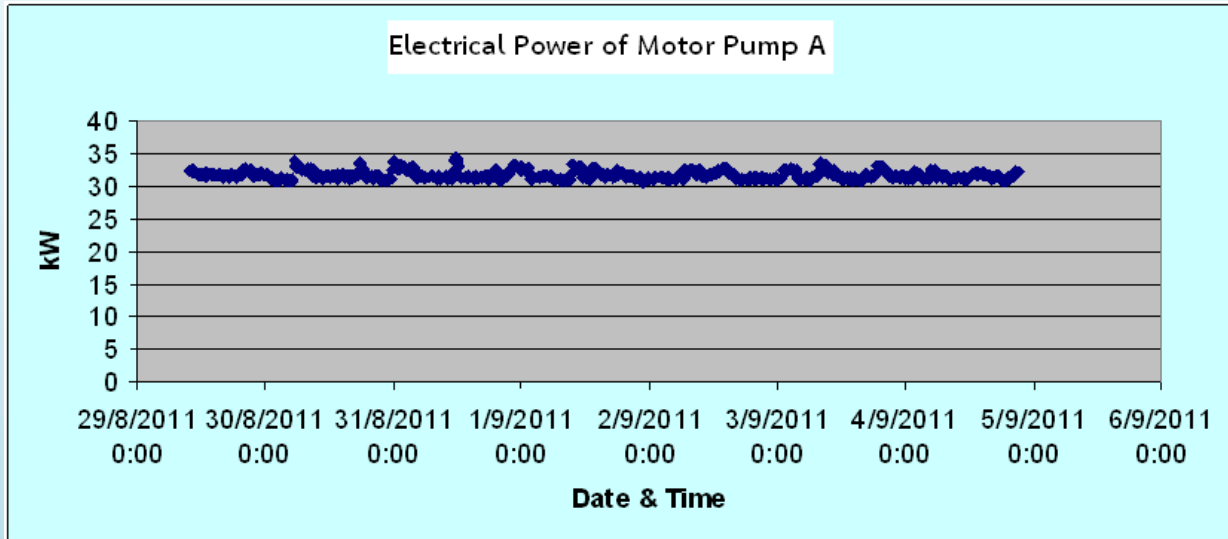
No.	Date	Time	Water Temperature	Velocity of Water	Flow Rate	Volume	Level
			°C	m/s	m ³ /s	m ³	%

Variable Speed Drives for Fan & Pump(Example Case)

Measurement Data (Before)



Measurement Data (After)



การรับรองแนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน

ผู้ตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน

ในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงานนี้จะเป็นคณะทำงานในการตรวจวัดและพิสูจน์ผลฯ โดย เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานและเป็นผู้กำหนดข้อตกลงวิธีการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน ในฐานะผู้ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการในนามของ..... ขอรับรองว่าจะทำการตรวจวัดและพิสูจน์ผลฯ ตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง หัวหน้าคณะตรวจวัดฯ/ ผู้เชี่ยวชาญพลังงาน

วันที่.....

Lamp Replacement in Lighting System

การรับรองแนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน

สถานประกอบการ

บริษัท.....เป็นผู้ได้รับการตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน ยอมรับในแนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผล และยินดีให้ผู้ตรวจวัดเข้ามาดำเนินการตรวจวัดและพิสูจน์การใช้พลังงานตามแนวทางที่ ผู้ตรวจวัดและพิสูจน์ผลการใช้พลังงาน นำเสนอทุกประการ พร้อมกันนี้ยินดีให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานในโครงการ

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง ตัวแทนสถานประกอบการ

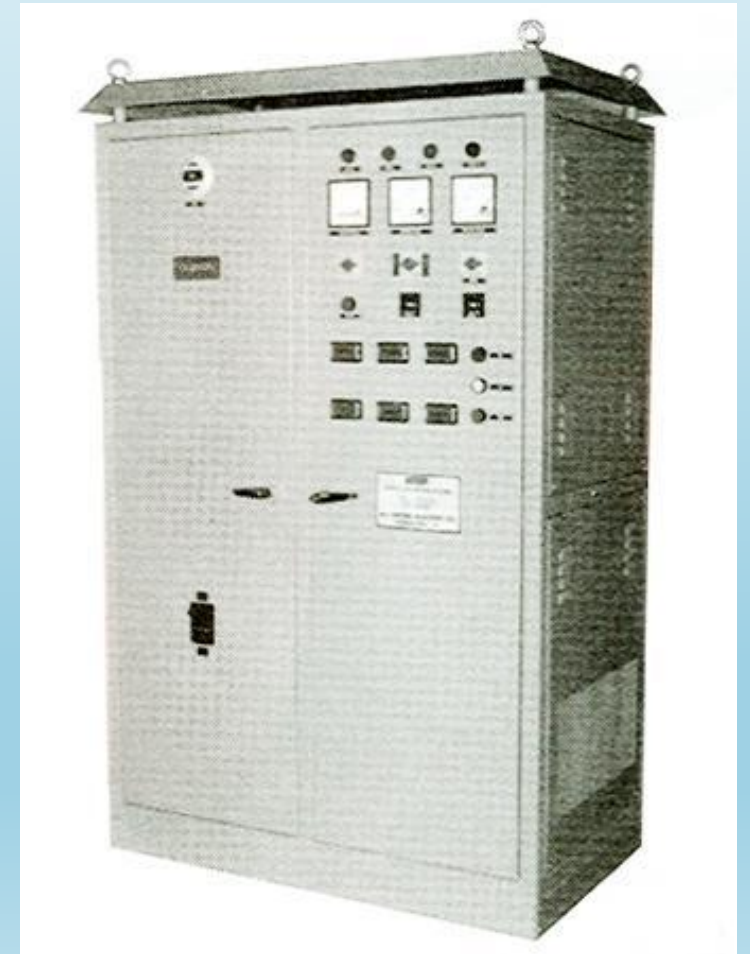
วันที่.....

Lamp Replacement in Lighting System

1. Lamp Replacement in Lighting System
2. Variable Speed Drives for Fan & Pump
3. **Voltage Regulator**
4. High Efficiency Chiller
5. Split Type Air-conditioning (High EER)
6. High Efficiency Motor
7. Air Compressor Improvement
8. Ozone system for Cooling Tower

List of 8 ECMs for M&V Example

1. Use Voltage Control Equipment to Minimize Distribution Loss



ECMs Descriptive

- M&V Option B
- Major Measurement Parameters/ Variables
 - Voltage (V), Power(kW), Energy (kWh/m)
 - Production Unit/ Production Rate
- Controlled Parameters/Variables
 - Voltage (V)
 - Illumination (Lux)
- Operating Condition
 - Operating Hours
- Baseline Consumption Before and After and Saving Calculation
 - Agree Baseline and M&V Methodology
- Measurement/Data Analysis Before and After
- Reporting

Voltage Regulator

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนการปรับปรุง และชั่วโมงการทำงานพื้นฐานของระบบไฟฟ้าตามมาตรการ โดยมีฟังก์ชันความสัมพันธ์ (f) ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนการปรับปรุงและตัวแปรหลัก ดังนี้

$$E_{BL} = f(PE_{Pre}, H)$$

โดยที่

$$E_{BL} = \text{พลังงานไฟฟ้าพื้นฐานที่ใช้ก่อนการปรับปรุง (kWh/y)}$$

$$PE_{Pre} = \text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง (kW)}$$

$$H = \text{ชั่วโมงการทำงานของมอเตอร์พื้นฐาน (h/y)}$$

1.1) กรณีใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเป็นตัวแปรหลัก

จากฟังก์ชันความสัมพันธ์ (f) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$E_{BL} = PE_{Pre} \times H$$

1.2) กรณีใช้ผลรวมการใช้พลังงานในรอบสัปดาห์เป็นตัวแปรหลัก

จากฟังก์ชันความสัมพันธ์ (f) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$E_{BL} = \left\{ \sum_{Mon}^{Sun} \left(\int_{0.25}^{24} PE_{Pre} dt \right) \right\} \times 52 \text{ Week}$$

$$\text{Mon} \rightarrow \text{Sun} = \text{วันแต่ละวันในรอบสัปดาห์ (วันจันทร์ ถึง วันอาทิตย์)}$$

$$52 \text{ Week} = \text{จำนวนสัปดาห์ในรอบปี}$$

การคำนวณภาระงาน

$$L_{Pre} = \text{ภาระงาน(Load)ตามสภาพการใช้งานก่อนการปรับปรุง} \\ (\text{m}^3/\text{h}, \text{Pcs}/\text{h}, \text{Pcs}, \text{m}^2, \text{Rooms}, \text{m}^3, \text{L}/\text{min}, \text{ ฯลฯ})$$

ความสัมพันธ์พลังงานเฉพาะก่อนปรับปรุง สามารถคำนวณได้จาก 2 กรณี ดังนี้

3.1) กรณีภาระงานสามารถบันทึกเป็นอัตราการผลิตหรืออัตราการไหล

$$SEC_{Pre} = f_1(PE, L)_{Pre}$$

โดยที่

$$SEC_{Pre} = \text{ความสัมพันธ์พลังงานเฉพาะก่อนปรับปรุง (kWh/m}^3, \text{kWh/Pcs, kWh/L)}$$

$$PE_{Pre} = \text{กำลังไฟฟ้าจากการตรวจวัดก่อนปรับปรุง Electrical Power (kW)}$$

$$L_{Pre} = \text{ภาระงานก่อนปรับปรุงในหน่วย อัตรา (m}^3/\text{h}, \text{Pcs}/\text{h}, \text{L}/\text{h})$$

3.2) กรณีภาระงานบันทึกเป็นปริมาณการผลิต หรือปริมาณ

$$\text{โดยที่ } SEC_{Pre} = f_2(E, L)_{Pre}$$

$$\text{ความสัมพันธ์พลังงานเฉพาะก่อนปรับปรุง (kWh/m}^3, \text{kWh/Pcs, kWh/L)}$$

$$E_{Pre} = \text{พลังงานไฟฟ้าจากการตรวจวัดก่อนปรับปรุง Electrical Energy (kWh)}$$

$$L_{Pre} = \text{ภาระงานก่อนปรับปรุงในหน่วยปริมาตรหรือปริมาณหรือพื้นที่ใช้งาน} \\ (\text{m}^3, \text{Pcs}, \text{Rooms}, \text{m}^2)$$

Voltage Regulator

รายละเอียดมาตรการ

โรงงาน A เป็นโรงงานผลิตเครื่องดื่มน้ำให้กำลังงาน ปัจจุบันทางโรงงานมีการติดตั้งใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นแบบชนิด Oil Type รับแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 22/33 kV โดยติดตั้งใช้งานที่โรงงาน 1 ขนาด 1,000 kVA จำนวน 1 ชุด และติดตั้งใช้งานที่โรงงาน 2 ขนาด 1,500 kVA จำนวน 1 ชุด จากการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานพบว่า ระดับแรงดันไฟฟ้าต้นทาง (ด้านทุติยภูมิ) ที่ตู้จ่ายไฟฟ้า (Main Distribution Board) ของทั้ง 2 โรงงาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 398.4 Volt ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่การไฟฟ้าฯ กำหนด โดยจะส่งผลให้อุปกรณ์ไฟฟ้า/เครื่องจักรกินพลังงานไฟฟ้ามากขึ้นและอายุการใช้งานสั้นลง

ดังนั้น ทางโรงงานจึงมีแนวความคิดที่จะติดตั้งอุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้า (Voltage Regulator) เพื่อปรับลดแรงดันไฟฟ้าต้นทาง (ด้านทุติยภูมิ) ที่ตู้จ่ายไฟฟ้า (Main Distribution Board) ของทั้ง 2 โรงงาน ให้อยู่ในระดับ 380 Volt หรือใกล้เคียง และไม่มีผลกระทบต่อโหลดปลายทาง ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้

Voltage Regulator (Example Case)

วิธีการตรวจวัด

ซึ่งในมาตรการนี้จะทำการตรวจวัดเก็บข้อมูลเฉพาะในส่วนของผู้จ่ายไฟฟ้า (Main Distribution Board) จำนวน 2 ชุด ได้แก่ MDB (โรงงาน 1) และ MDB (โรงงาน 2) โดยทำการตรวจวัดแยกแต่ละชุด ซึ่งมีรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องจัดเก็บดังนี้

1.1) กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับชุดตู้ MDB จะใช้เครื่องมือวัดตรวจวัดที่เบรกเกอร์ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าของชุดตู้ MDB โดยทำการตรวจวัดเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 7 วัน และทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 15 นาที ซึ่งจะทำการตรวจวัดทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง

1.2) แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับชุดตู้ MDB จะใช้เครื่องมือวัดตรวจวัดที่เบรกเกอร์ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าของชุดตู้ MDB โดยทำการตรวจวัดเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 7 วัน และทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 15 นาที ซึ่งจะทำการตรวจวัดทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง

1.3) อัตราการผลิตผลิตภัณฑ์ จะใช้ค่าจากการบันทึกปริมาณการผลิตในช่วงระยะเวลาที่ทำการตรวจวัดเก็บข้อมูล แล้วเฉลี่ยเป็นอัตราการผลิตต่อชั่วโมง ซึ่งจะทำการตรวจวัดทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง (จะต้องทำการควบคุมอัตราการผลิตผลิตภัณฑ์และจำนวนการเปิดใช้งานอุปกรณ์/เครื่องจักรทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงให้เหมือนหรือใกล้เคียงกัน)

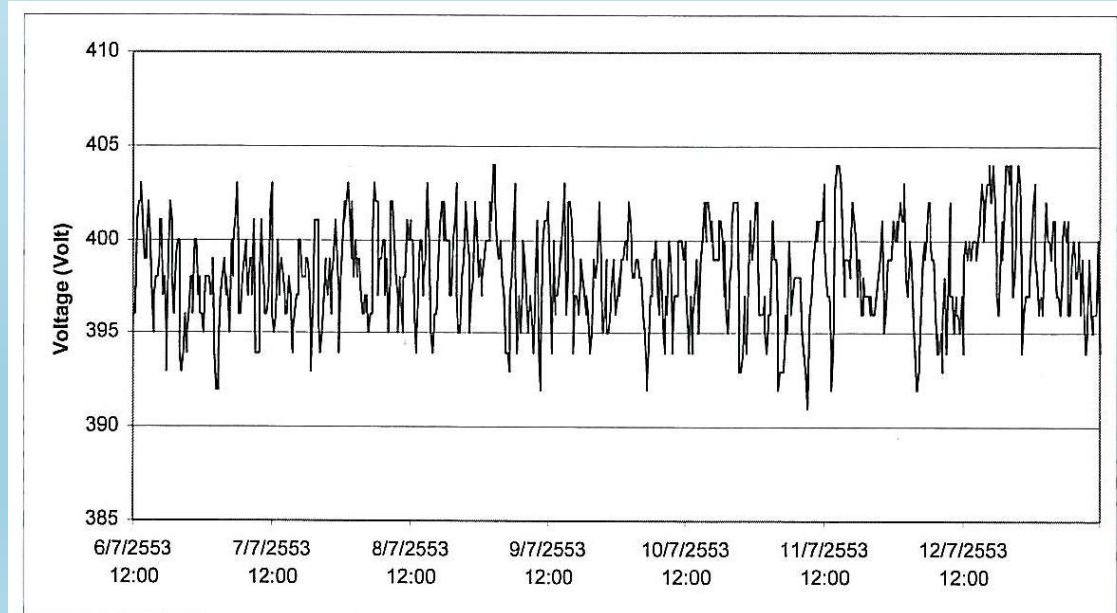
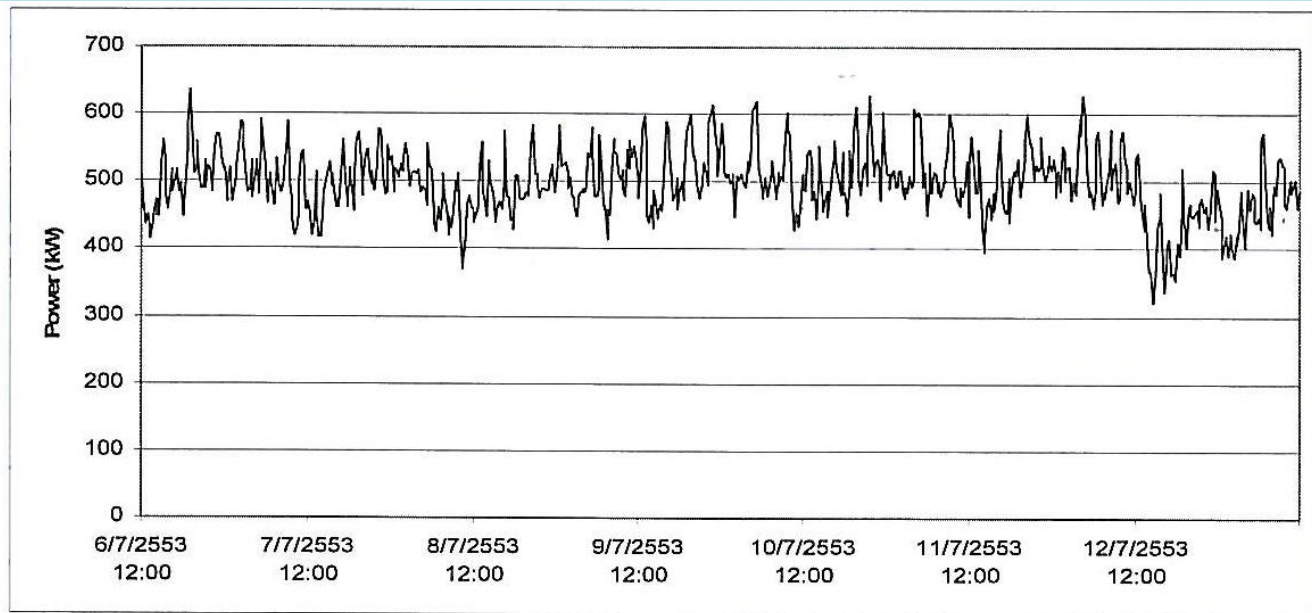
1.4) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ MDB ใน 1 ปี จะใช้ข้อมูลจากสถิติการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของชุดตู้ MDB ของทางโรงงานย้อนหลัง 1 ปี

หมายเหตุ ระดับแรงดันไฟฟ้าหลังการปรับปรุงไม่ควรต่ำกว่ามาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

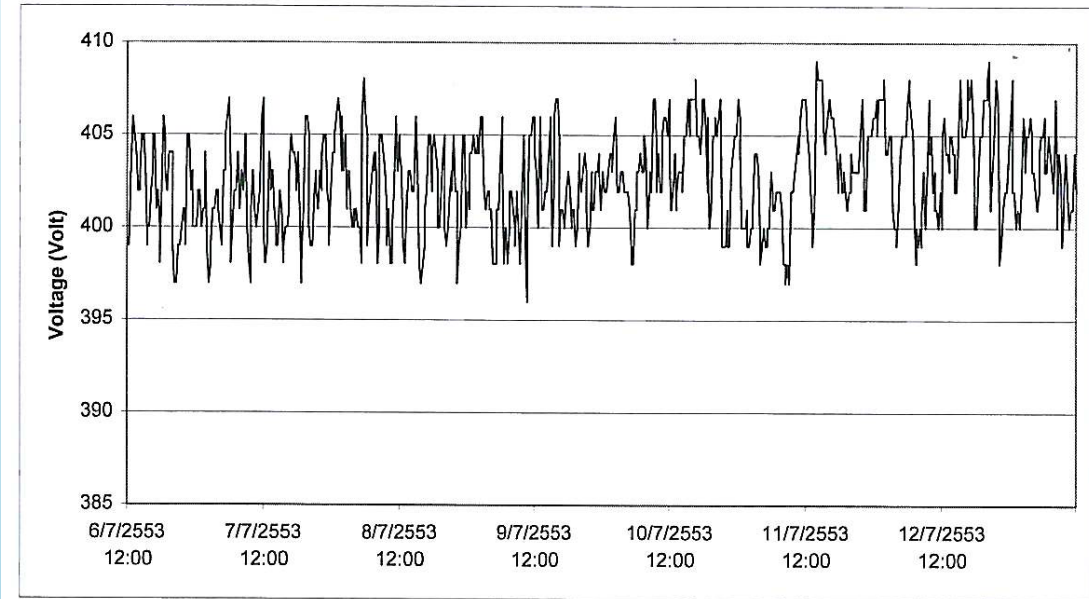
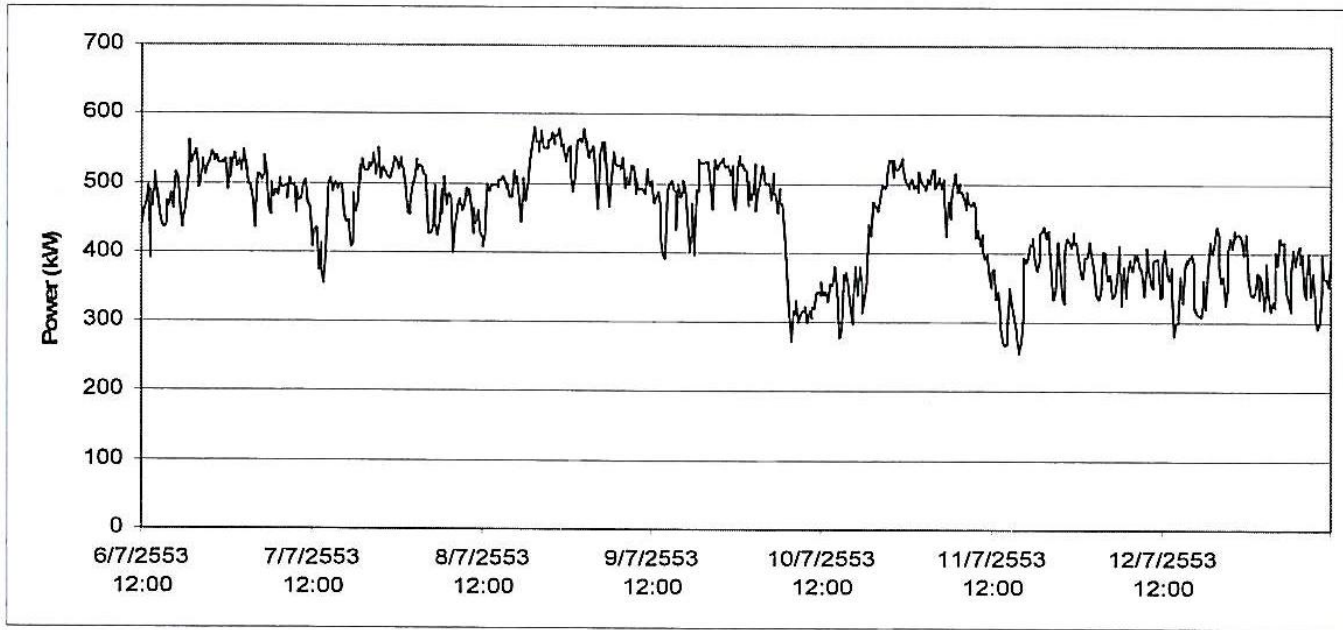
Voltage Regulator(Example Case)

ชุดตู้ MDB	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า (kVA)	แรงดันไฟฟ้า (Volt)			กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kW)
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	
โรงงาน 1	1,000	404	391	398	497.95
โรงงาน 2	1,500	409	396	403	447.55
รวม	-	-	-	-	945.50

FAC1 MDB1



FAC2 MDB2



SEC Daily(Before)

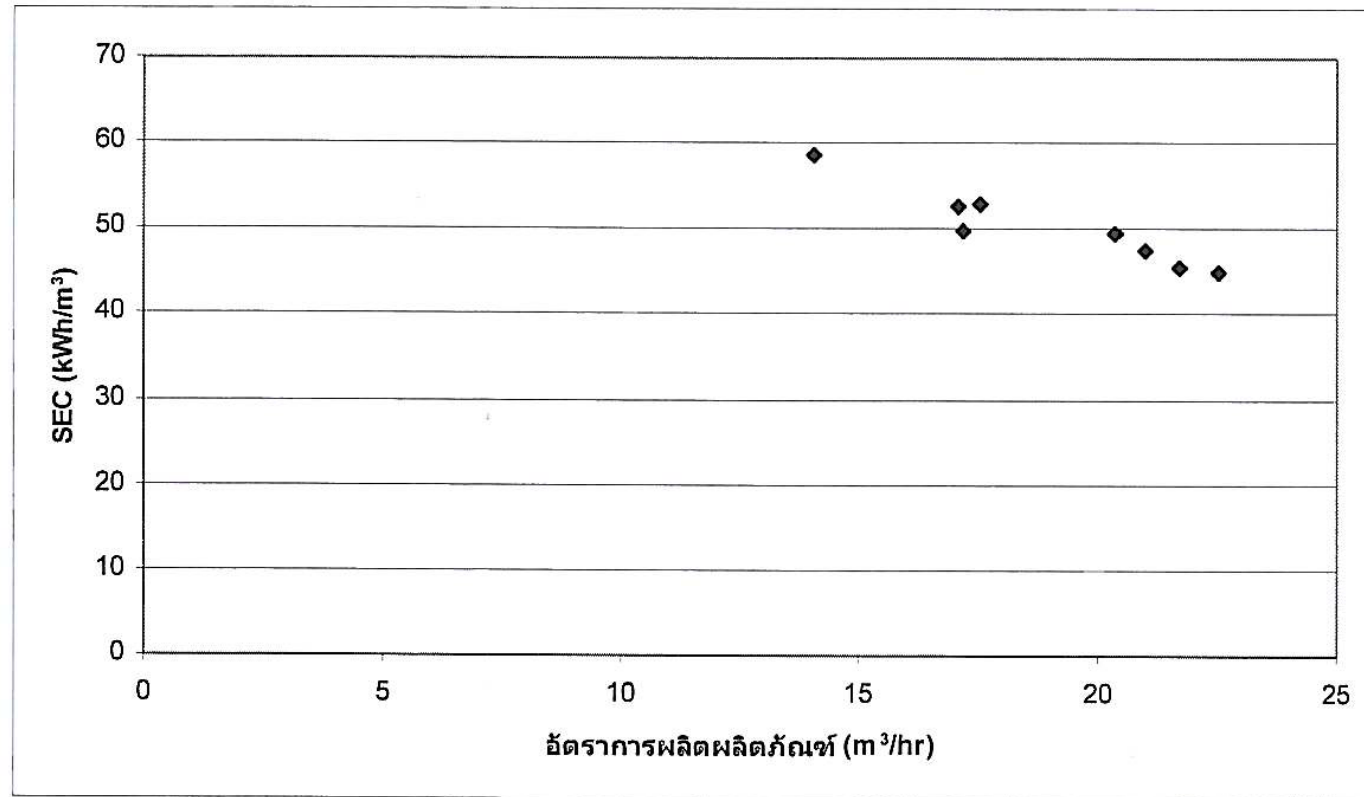
MDB	วันที่	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kW)	อัตราการผลิตเฉลี่ย (m ³ /hr)	ดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) (kWh/m ³)
โรงงาน 1 & 2	6/7/2553	1,010.39	20.38	49.58
	7/7/2553	986.07	21.70	45.44
	8/7/2553	995.46	20.98	47.45
	9/7/2553	1,015.08	22.52	45.07
	10/7/2553	929.30	17.54	52.98
	11/7/2553	897.28	17.07	52.56
	12/7/2553	822.45	14.06	58.50
	13/7/2553	856.35	17.18	49.85
เฉลี่ย	-	-	-	49.61

หมายเหตุ (1) ดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) = กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย / อัตราการผลิตเฉลี่ย

SEC Total (Before)

ชุดตู้ MDB	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า (kVA)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kW)	อัตราการผลิตเฉลี่ย (m ³ /hr)	ดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) (kWh/m ³)
โรงงาน 1	1,000	497.95	19.06	49.61
โรงงาน 2	1,500	447.55		
เฉลี่ย	-	945.5	19.06	49.61

SEC with Production Rate (Before)



SEC Total(Before)

ชุดตู้ MDB	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า (kVA)	ดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) (kWh/m³)	การใช้พลังงาน (kWh/ปี)
โรงงาน 1	1,000	49.61	7,154,132.75
โรงงาน 2	1,500		
เฉลี่ย	-	-	7,154,132.75

SEC Total (Before)

ชุดตู้ MDB	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า (kVA)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kW)	อัตราการผลิตเฉลี่ย (m ³ /hr)	ดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) (kWh/m ³)
โรงงาน 1	1,000	497.95	19.06	49.61
โรงงาน 2	1,500	447.55		
เฉลี่ย	-	945.5	19.06	49.61

SEC Total (After)

ชุดตู้ MDB	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า (kVA)	ดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)		%Save (%)	การใช้พลังงาน(kWh/ปี)	
		ก่อน (kWh/m ³)	หลัง (kWh/m ³)		ก่อน	หลัง
โรงงาน 1	1,000	49.61	46.59	6.09	7,154,132.75	6,718,446.07
โรงงาน 2	1,500					
เฉลี่ย	-	-	-	-	7,154,132.75	6,718,446.07

Energy Saving

ชุดตู้ MDB	การใช้พลังงาน (kWh/ปี)		พลังงานที่ประหยัดได้ (kWh/ปี)
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
โรงงาน 1	7,154,132.75	6,718,446.07	435,686.68
โรงงาน 2			
รวม	7,154,132.75	6,718,446.07	435,686.68


1. Lamp Replacement in Lighting System
2. Variable Speed Drives for Fan & Pump
3. Voltage Regulator
4. **High Efficiency Chiller**
5. Split Type Air-conditioning (High EER)
6. High Efficiency Motor
7. Air Compressor Improvement
8. Ozone system for Cooling Tower

List of 8 ECMs for M&V Example

1. Replace Existing Electric Chiller with Higher Efficiency Chiller

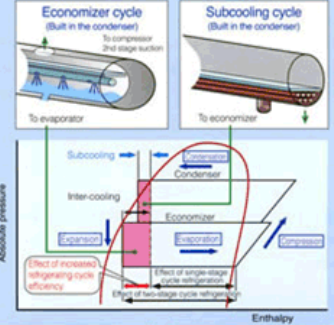
High-efficiency Compressor
Increased compressor efficiency

- (1) 3 dimensional blade impeller (2 stages)
- (2) Vaned diffuser
- (3) Low specific speed compressor enables the use of low-loss bearing structure



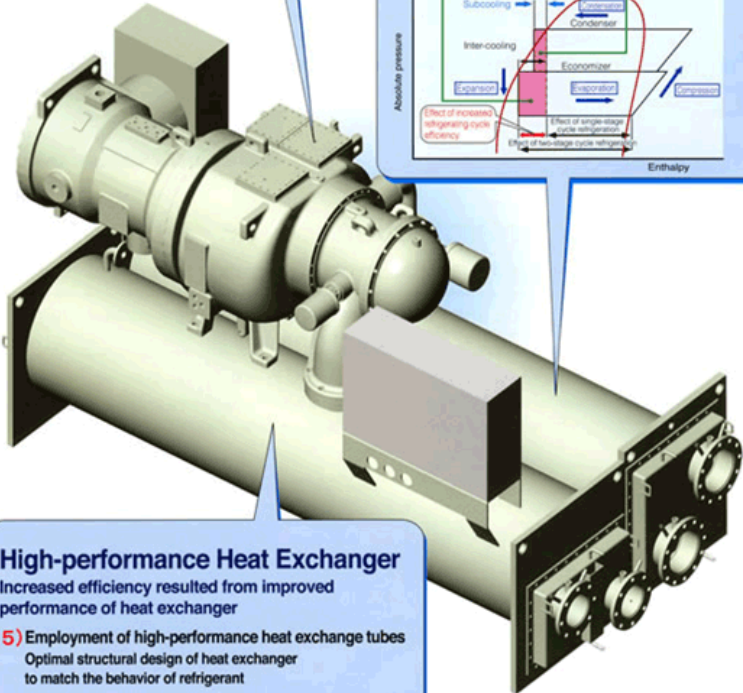
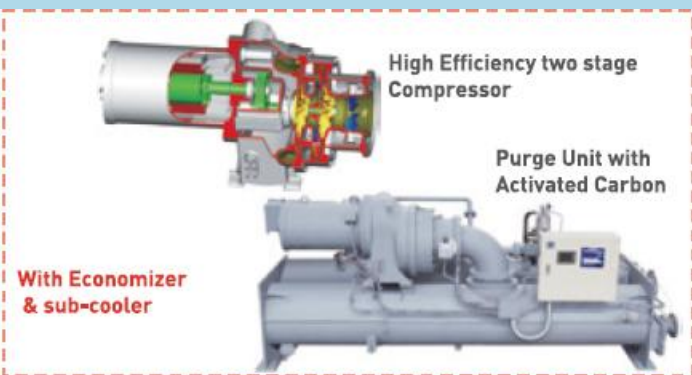
High-efficiency Refrigerating Cycle
Increased refrigerating cycle efficiency

- (4) Economizer cycle (intercooler)
- (4) Subcooler



High-performance Heat Exchanger
Increased efficiency resulted from improved performance of heat exchanger

- (5) Employment of high-performance heat exchange tubes
- Optimal structural design of heat exchanger to match the behavior of refrigerant

ECMs Descripti

- M&V Option B
- Major Measurement Parameters/ Variables
 - Power(kW)
 - Cooling Capacity (RT)
 - Chilled Water/Cooling Water Temperature (°C)
- Controlled Parameters/Variables
 - Cooling Capacity (RT)
 - Chilled Water Temperature (°C) , Cooling Water Temperature
- Operating Condition
 - Operating Hours
- Baseline Consumption Before and After and Saving Calculation
 - Agree Baseline and M&V Methodology
- Measurement/Data Analysis Before and After
- Reporting

High Efficiency Chiller

แนวทางการตรวจวัดและพิสูจน์ผล รูปแบบ B การตรวจวัดตามมาตรการที่ปรับปรุง (Retrofit Isolation) โดยการตรวจวัดและพิสูจน์ผลรูปแบบ B ตามมาตรฐานนี้ ยังแบ่งออกเป็นชนิดย่อยได้อีก 2 วิธีดังนี้

รูปแบบ B1 เป็นการให้การตรวจวัดด้วยเครื่องมือร่วมกับการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินผล โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะทำนายผลการใช้พลังงานของระบบทำน้ำเย็นจากตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงาน กำหนดรหัสเฉพาะของวิธีการตรวจวัดและพิสูจน์ผลด้วยอักษร “B1”

รูปแบบ B2 เป็นการให้การตรวจวัดด้วยเครื่องมือร่วมกับข้อมูลจากสถานประกอบการและการประมาณการด้านพฤติกรรมใช้งาน เช่น เวลาทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นตลอดปี การหาภาระทำความเย็นตลอดปีจากตัวแทนข้อมูลภาระทำความเย็นที่ได้จากการตรวจวัด โดยดัชนีที่ใช้ในการชี้วัดผลประหยัดจะพิจารณาจากค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของระบบทำน้ำเย็น (Specific Energy Consumption of Chiller System) ในหน่วย กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/Ton_R) กำหนดรหัสเฉพาะของวิธีการตรวจวัดและพิสูจน์ผลด้วยอักษร “B2”

หมายเหตุ ในเอกสารฉบับนี้เป็นการตรวจวัดและพิสูจน์ผลของระบบทำน้ำเย็นตาม รูปแบบ B1

High Efficiency Chiller

วิธีการหาค่าตัวแปรหรือข้อมูล

การได้มาซึ่งค่าตัวแปรหรือข้อมูล และนำตัวแปรหรือข้อมูลนั้นมาใช้ในการวิเคราะห์ผล ให้ระบุการได้มาซึ่งข้อมูลลงในข้อตกลงการตรวจวัดและพิสูจน์ผล โดยทั่วไปตัวแปรหรือข้อมูลได้มาจาก 7 วิธีการ ได้แก่

1) ตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัด

2) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

กรณีใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถทำได้โดยทดสอบการทำงานของระบบทำน้ำเย็นเพื่อให้ได้ค่าตัวแปรที่ต้องการเป็นตัวแปรตามเช่นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และภาระทำความเย็น จากนั้นบันทึกค่าตัวแปรอิสระที่มีผลให้เกิดค่าตัวแปรตามเช่น อัตราการไหล ความดัน อุณหภูมิ ฯลฯ แล้วนำข้อมูลมาสร้างสมการถดถอย(Regression) ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์หรือโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

หมายเหตุ ในกรณีที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาค่าตัวแปรให้ทำการทดสอบค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการตรวจวัดหรือบันทึกจากมิเตอร์แสดงผลของอุปกรณ์ แล้วนำมาสร้างเป็นตาราง(look up table) จากนั้นให้ใช้หลักการทางสถิติหาค่า R^2 และให้พิจารณาจากค่า R^2 โดยต้องมีค่ามากกว่า 0.75 ขึ้นไป

3) ข้อมูลจากสถานประกอบการ

4) ข้อมูลจากผู้ผลิต

5) ข้อมูลจากสถาบันการตรวจวัดหรือแหล่งข้อมูลอื่น

ตัวแปรหรือข้อมูลบางตัวสามารถหาได้จากสถาบันการตรวจวัดที่มีการตรวจวัดข้อมูลไว้ตลอดปีเช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ หรือเว็บไซต์ต่างๆ ที่เชื่อถือได้

6) ค่าสมมติฐานหรือค่าคงที่

7) ค่าแก้ไข หรือค่าปรับแก้

ให้ใช้ค่าแก้ไขที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เป็นแหล่งอ้างอิงที่มาของ “ค่าแก้ไขกำลังไฟฟ้า” และ “ค่าแก้ไขภาระทำความเย็น”

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) เพื่อใช้ในการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบฟื้นคืนความร้อน (Heat Recovery)

เครื่อง/อุปกรณ์	มาตรการ	วิธีการ M&V*	สรุปแผน M&V
เครื่องผลิตน้ำเย็น	เปลี่ยนเครื่องผลิตน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำประสิทธิภาพสูง รวมทั้งติดตั้งอุปกรณ์ประกอบระบบอื่นๆ เช่นเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น หอผึ่งน้ำ เป็นต้น	ทางเลือก B ร่วมกับการทำนายด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	ตรวจวัดพลังไฟฟ้าและภาระทำความเย็นที่ใช้ก่อนและหลังการปรับปรุงที่สถานะต่างๆ โดยเป็นการวัดรวมทั้งระบบ

High Efficiency Chiller (Example Case)

ภาระทำความเย็นต่อวันดังกล่าวสามารถคำนวณได้จาก

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

โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} x &= \text{อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายวัน (F)} \\ y &= \text{จำนวนห้องพักรายวัน (ห้องต่อวัน)} \\ a_1, \dots, a_4 &= \text{ค่าคงที่ ดังแสดงในตาราง 1.1} \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.1 ค่าคงที่สำหรับสมการ (1.1)

a_1	a_2	a_3	a_4
147460.8648	-1777.1073	-879.3995	10.8639

จะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าต่อวันจะเปลี่ยนแปลงไปตามภาระทำความเย็นต่อวัน อุณหภูมิน้ำเย็นและอุณหภูมิอากาศ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับสร้างความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าต่อวันกับตัวแปรที่มีผล ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลและการใช้สมการถดถอย พบว่าพลังงานไฟฟ้าต่อวันสามารถจำลองได้ด้วยสมการ

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

โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} x &= \text{ภาระทำความเย็นต่อวัน (ton-hr/day)} \\ y &= \text{อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ยรายวัน (F)} \\ z &= \text{อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเฉลี่ยรายวัน (F)} \\ b_1, \dots, b_5 &= \text{ค่าคงที่ ดังแสดงในตาราง 1.3} \end{aligned}$$

High Efficiency Chiller

ตารางที่ 4.2 พลังงานไฟฟ้าต่อวัน

วันที่	ภาระทำความเย็น (ton-hr/day)	อุณหภูมิน้ำเย็น เฉลี่ย (F)	อุณหภูมิน้ำหล่อ เย็น เฉลี่ย (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
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
ค่าเฉลี่ย	3,407.2	51.8	82.5	3,996.7

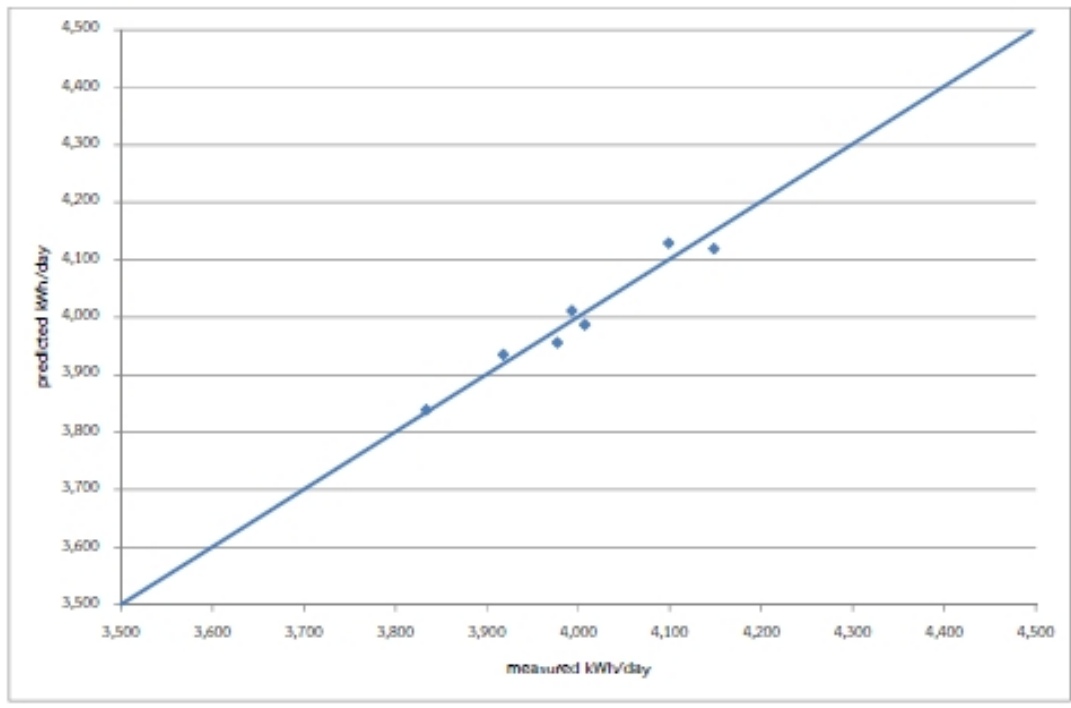
โปรแกรม SPSS 16.0 ถูกนำมาใช้เพื่อหาค่าคงที่ b_1, \dots, b_5 โดยค่าคงที่ของสมการแสดงไว้ในตารางที่ 1.3 มีค่า $R^2=0.951$ ซึ่งสูงกว่าขั้นต่ำที่ระบุไว้ในข้อตกลง ($R^2 > 0.75$) จึงสามารถนำมาใช้ในการประเมินพลังงานไฟฟ้าต่อวันของระบบได้ รูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง



ตารางที่ 4.3 ค่าคงที่สำหรับสมการ (1.3)

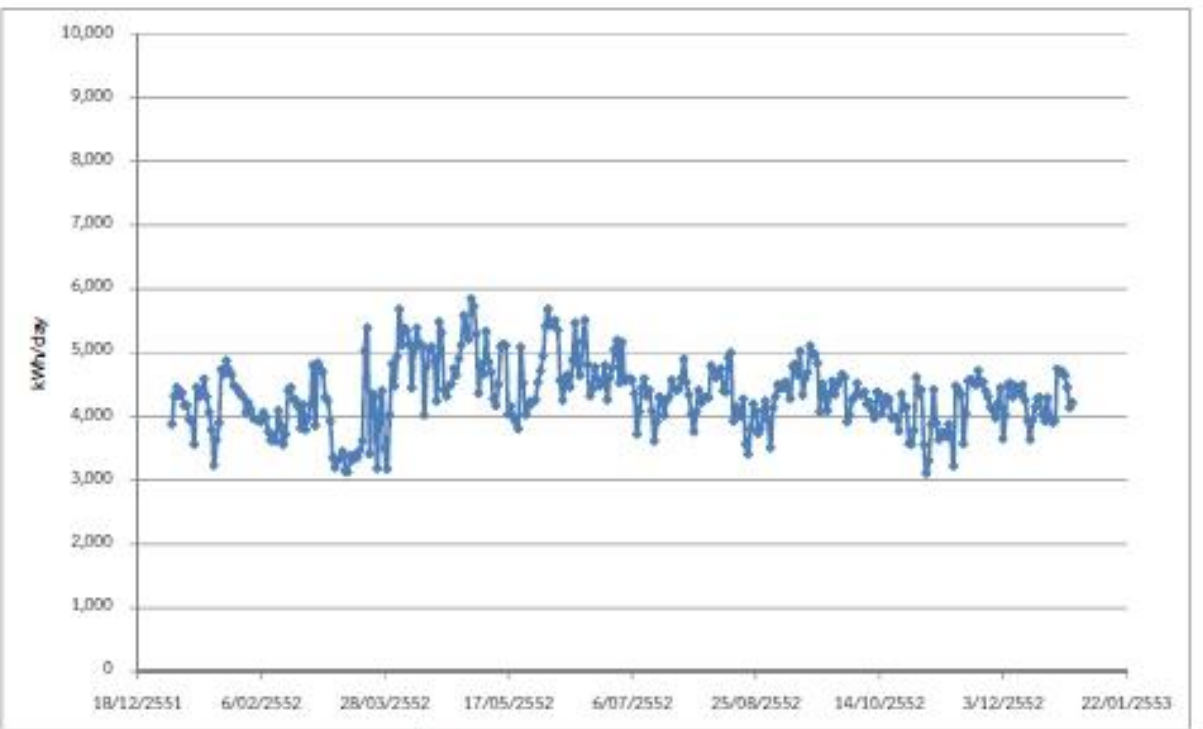
b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
-4824925.6693	0.4645	92886.9441	58480.7992	-1125.2811

High Efficiency Chiller



kWh/day (Forecast & Actual)

Baseyear kWh/day



High Efficiency Chiller

Heat Pump Energy Use

วันที่	พลังงานไฟฟ้า (kWh/day)	อุณหภูมิน้ำร้อนขา เข้าเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิน้ำร้อนขา ออกเฉลี่ย (°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
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

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

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

Energy Consumption (After)

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง จะเท่ากับผลรวมของปริมาณการใช้พลังงานในระบบผลิตน้ำเย็น ระบบผลิตน้ำร้อนและพลังงานในเครื่องสูบน้ำร้อนหมุนเวียน ดังสมการ

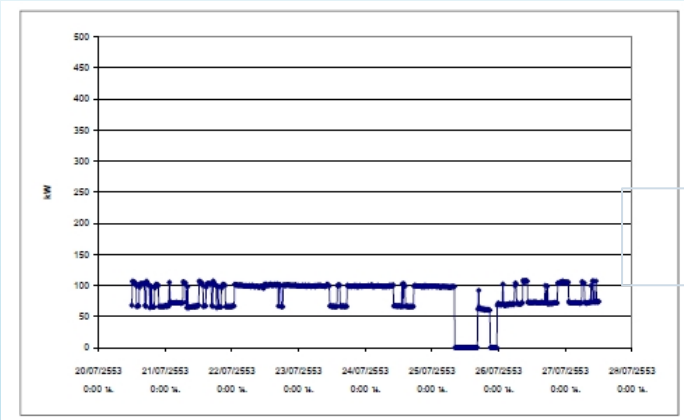
$$\text{kWh}_{\text{retrofit}} = \text{kWh}_{\text{chiller}} + \text{kWh}_{\text{hp}} + \text{kWh}_{\text{hw}} \quad (1.7)$$

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
รวม พลังงานในระบบผลิตน้ำเย็น (kWh/year)		1,585,680
พลังงานในระบบ Heat Pump (kWh/year)		215,647
พลังงานในเครื่องสูบน้ำร้อนหมุนเวียน (kWh/year)		15,488
รวมปริมาณการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง (kWh/year)		1,816,815

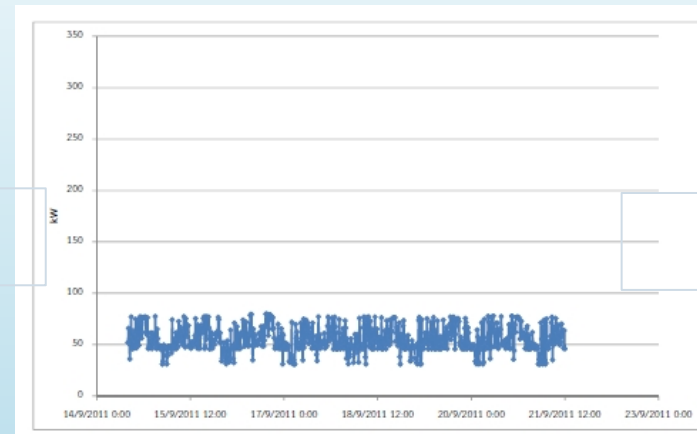
Equipment Summary

เครื่องจักร	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
เครื่องผลิตน้ำเย็น	- แบบ Screw ระบายความร้อนด้วยอากาศจำนวน 3 เครื่อง 145.6 ตัน ทำงานครั้งละ 2 เครื่อง	- แบบ Screw ระบายความร้อนด้วยน้ำจำนวน 2 เครื่อง 280 ตัน ทำงานครั้งละ 1 เครื่อง
เครื่องสูบน้ำเย็น	- primary loop จำนวน 3 เครื่อง - secondary loop จำนวน 10 เครื่อง	- primary loop จำนวน 2 เครื่อง - 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

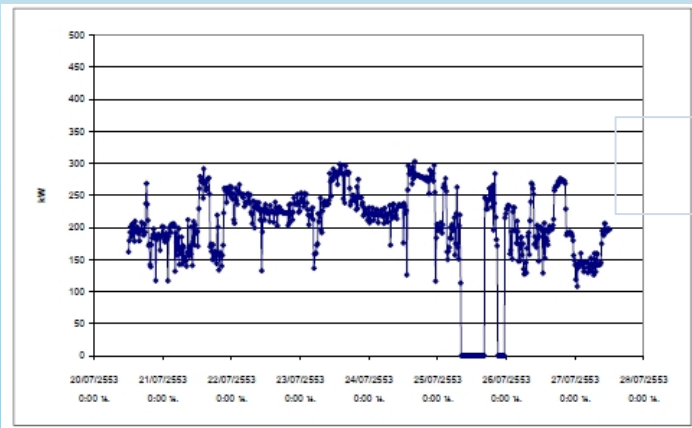
Chilled Water Power



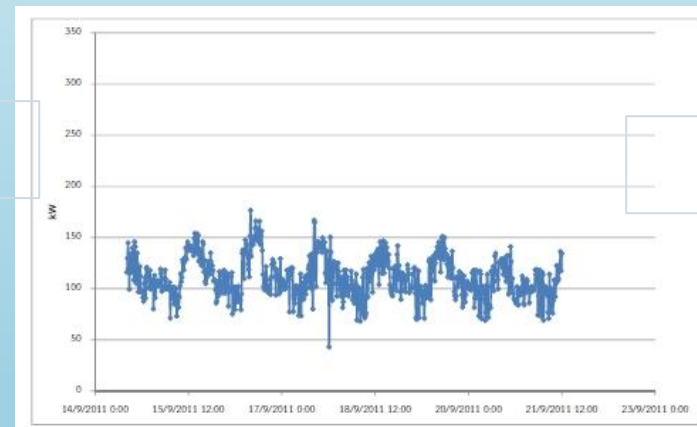
CH1(kW)(Before)



CH1(kW)(After)

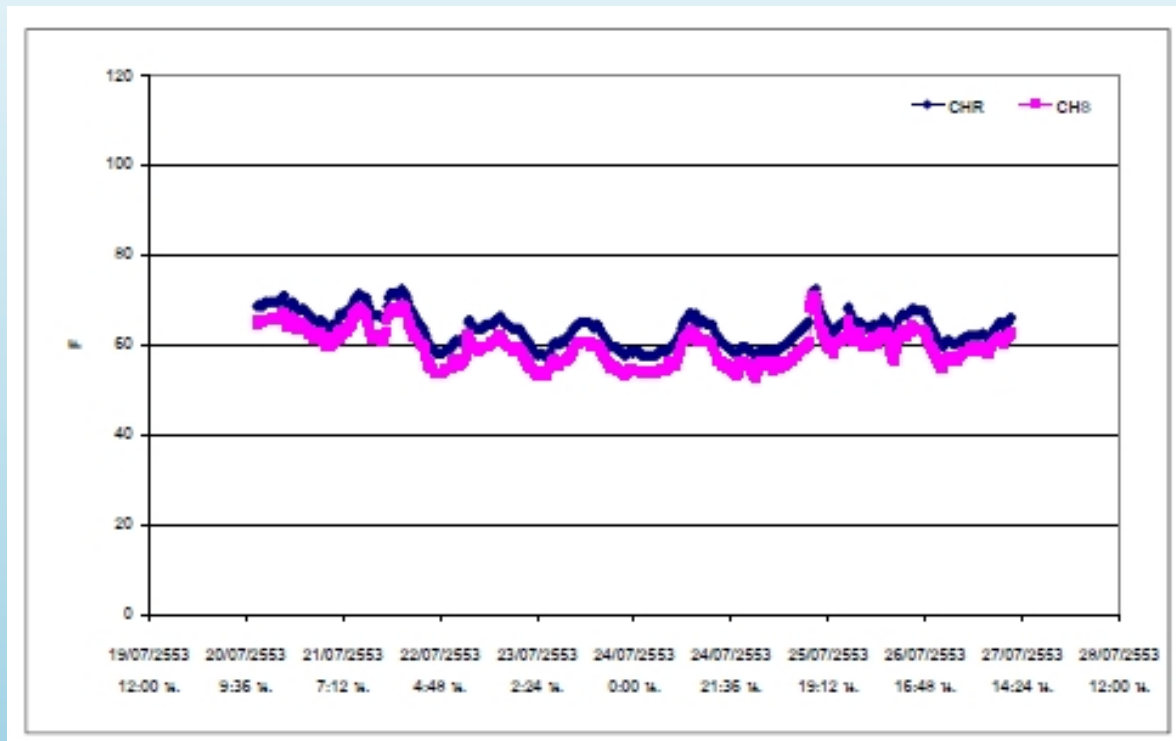


CH2(kW)(Before)

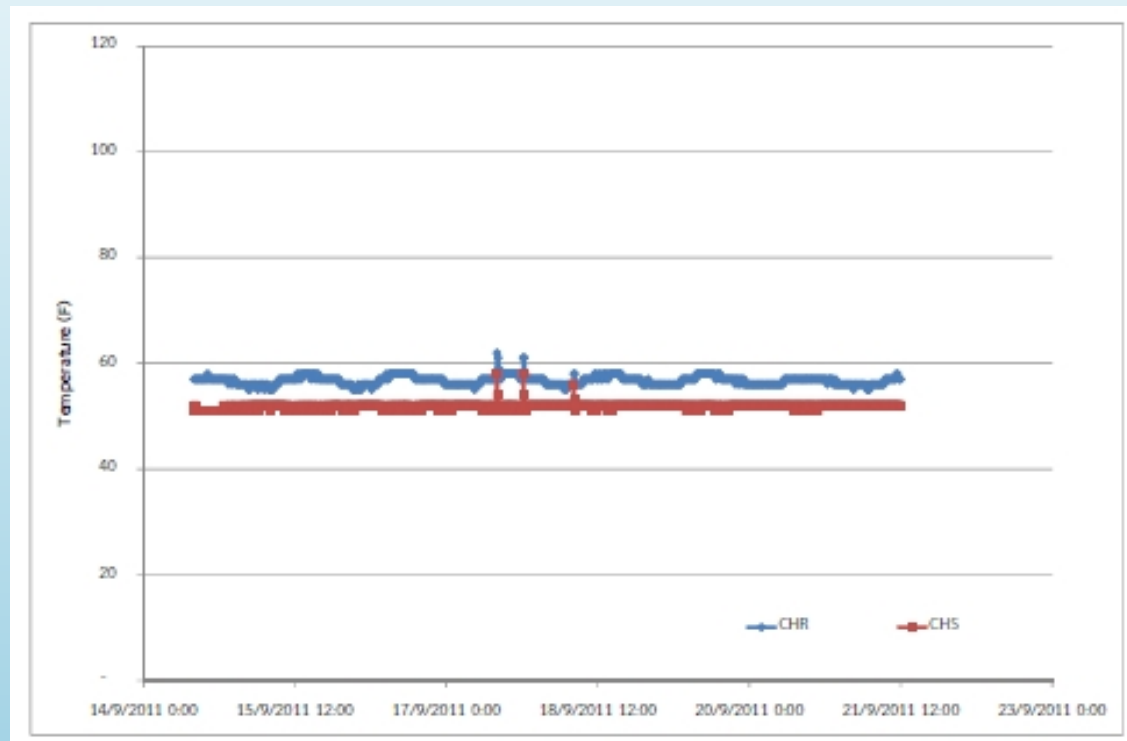


CH2(kW)(After)

Chilled Water Temp

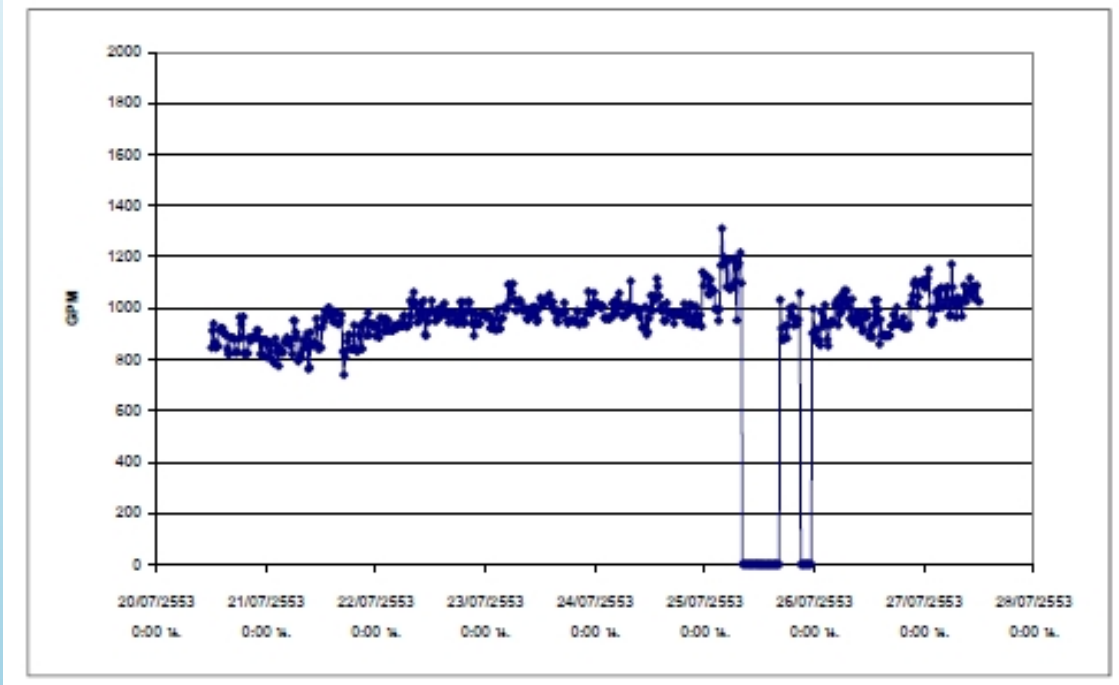


CHS/CHR(Before)

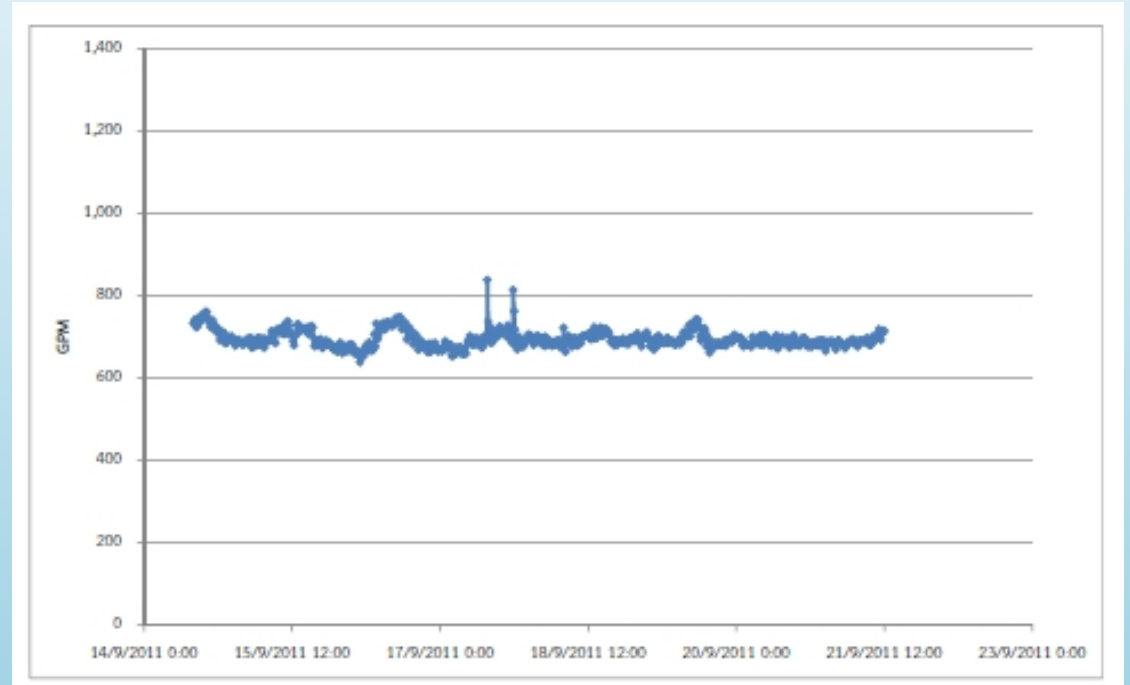


CHS/CHR (After)

Chilled Water Flow

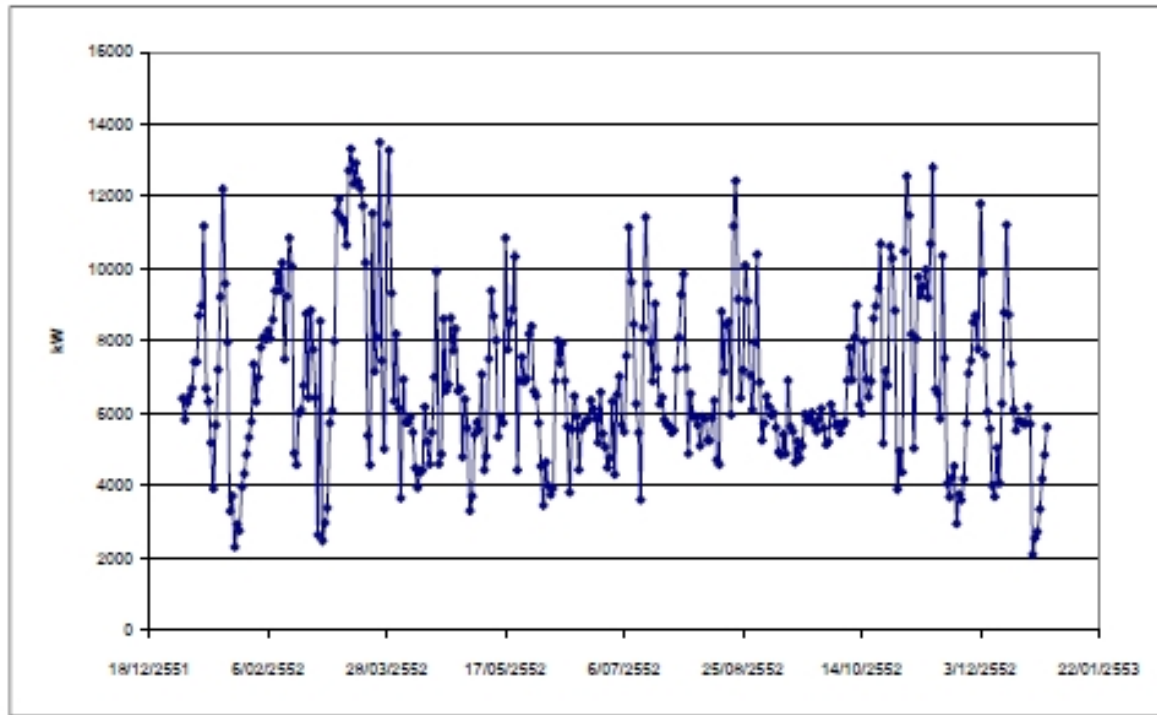


CHS/CHR(Before)

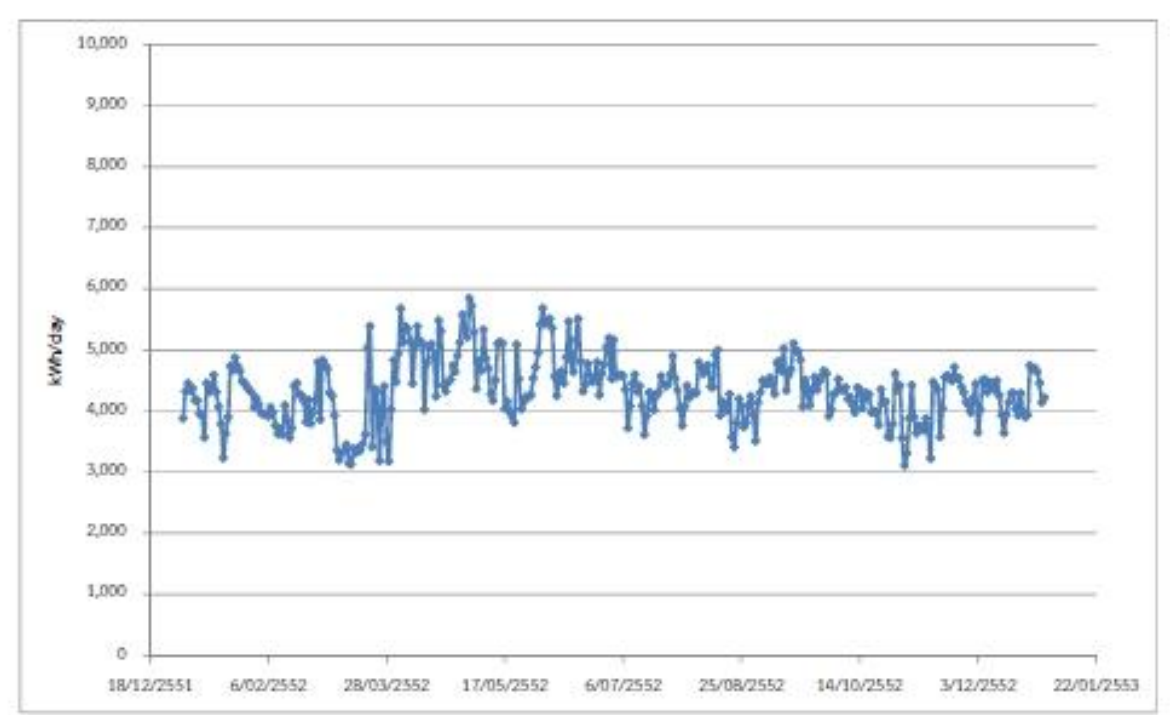


CHS/CHR (After)

Baseline Energy in Chiller System

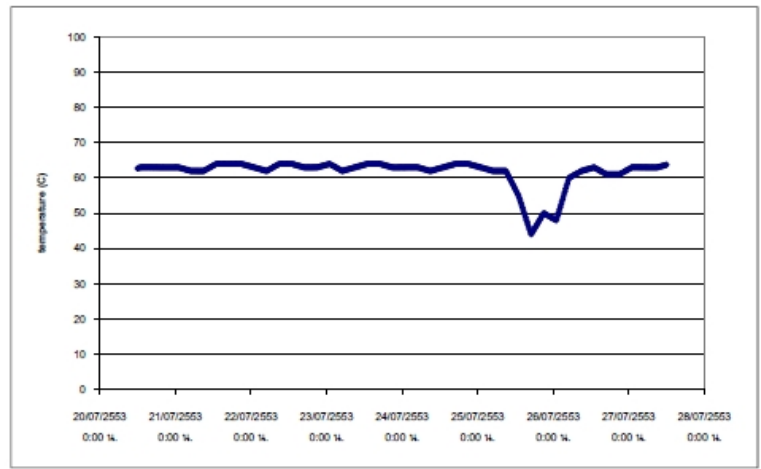


(Before)



(After)

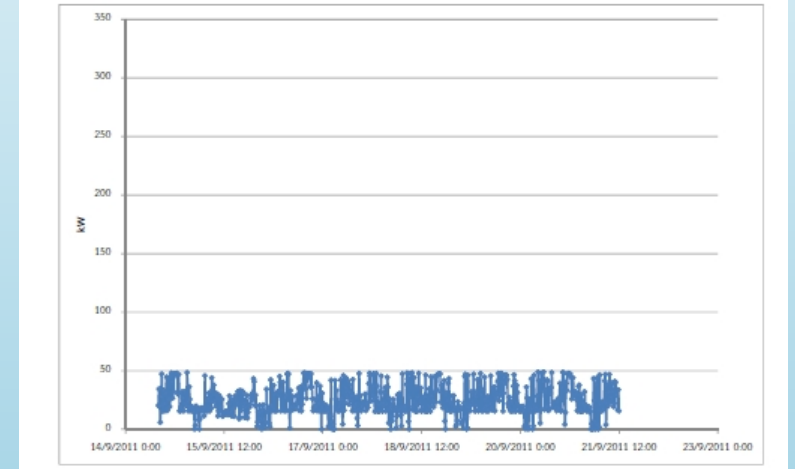
Heat Pump



HW Temp (Before)



HW Temp (After)



HP kWh (After)

Monthly Energy Consumption (Before/After)

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
พลังงานในระบบผลิตน้ำเย็น (kWh/year)		2,505,762	1,585,680
พลังงานในระบบ Heat Pump (kWh/year)		-	215,647
พลังงานในเครื่องสูบน้ำร้อนหมุนเวียน (kWh/year)		14,874	15,488
รวมปริมาณการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง (kWh/year)		2,520,636	1,816,815

Energy Saving

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
รวมปริมาณพลังงาน	2,520,636	1,816,815	703,821